

79 108



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTROMAGNETİK ALANIN
İNSANLAR ve HAYVANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ ve ALAN HESAPLARI**

Elk. Müh. Bayram TÜRKOĞLU

**Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nurettin UMURKAN

İSTANBUL, 1998

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON MERKEZİ**

29108

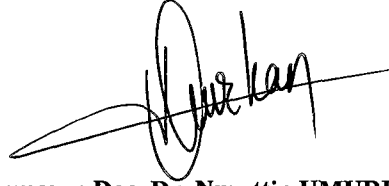
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTROMAGNETİK ALANIN
İNSANLAR ve HAYVANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ ve ALAN HESAPLARI**

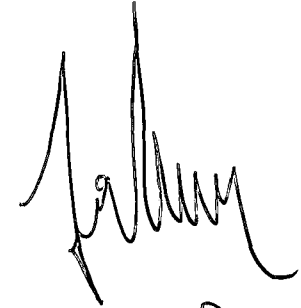
Elk. Müh. Bayram TÜRKOĞLU

**Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ



Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nurettin UMURKAN



Prof. Dr. Nurettin Aslan

İSTANBUL, 1998



**Yrd. Doç. Dr.
Ferit Altın**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
1. GİRİŞ	1
1.1. Elektromagnetik Alanların Ölçülmesi - Genel Terimler.	1
1.2. Biyolojik Dokuların Elektriksel Özellikleri	3
2. ELEKTROMAGNETİK ALANLARIN EPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALARI	5
2.1. Yüksek Gerilim İletim Hatları İçin Mevcut Güvenlik Standartları	7
2.1.1. Bazı Ülkelerde Yayınlanan Standartlar	8
2.1.1.1. Almanya	10
2.1.1.2. Japonya	11
2.1.1.3. Amerika Birleşik Devletleri	12
2.1.1.4. Rusya	14
2.2. Enerji Hatları Yakınında Yaşayan İnsanlar Üzerindeki Kanser Çalışmaları ve Çalışmaların Özet Listesi.	18
3. ELEKTRİK VE MAGNETİK ALANLARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ VE GÜVENLİK STANDARTLARI	20
3. 1. ELF Elektrik ve Magnetik Alanların Biyolojik Etkileri	20
3.2. Alan Etkisinde Çalışan Kişilerin Tıbbi Denetimi	26
3.2.1. Transformatör Merkezi Çalışan İşçiler	27
3.2.2. Yüksek Gerilim Hatlarında Çalışan Hat İşçileri	27
3.2.3. Bulgular	28
3.2.3.1. Transformatör Merkezlerin ve Ana Gerilim Hatlarında Çalışanlarda	28
I. Periyodik Çalışmalarda Kaydedilen Değişiklikler	28
II. Hastalık Sebebiyle Görevden Uzak Kalma	29
III. Hastalık Sebebiyle İzin Alanların Rahatsızlıklarına Göre Sınıflandırılması	29
3.2.3.2. Alçak Gerilim Hatları, Elektrik Ölçme Aletleri ve Arızalar	30
I. Periyodik Çalışmalarda Kaydedilen Değişiklikler	30
II. Hastalık Sebebiyle Görevden Uzak Kalma	30

III.	Hastalık Sebebiyle İzin Alanların Rahatsızlıklarına Göre Sınıflandırılması	31
3.2.4.	Değerlendirme	31
I.	İncelemelerin Sonuçları	31
II.	Sindirim Sistemi	31
III.	Lokomotif Sistem	32
IV.	Sinir Sistemi	32
V.	Hastalık Neden Gösterilerek Görevden Uzak Kalma	32
3.3.	İnsanlarda Görülen Hastalıklar	33
3.3.1.	İnsanların Büyümesi Üzerindeki Etkiler	35
3.3.2.	Kanser Oluşumu Üzerindeki Etkiler	36
3.3.3.	Üreme Üzerindeki Etkiler	40
3.3.4.	Alanların Sinir Sistemi Üzerindeki Etkileri	41
3.4.	Elektrik Alanının Hayvanlar Üzerindeki Biyolojik Etkileri	43
3.4.1.	İncelemeler	43
I.	Yiyecek Tüketimi	43
II.	Büyüme	44
III.	Hematoloji	47
IV.	Kanın Biyokimyası	46
V.	Üreme Üzerine Etkiler	46
3.4.2.	Bulgular	48
4.	500 KV'LUK BİR HATTIN YAKININDA BULUNAN EVLERİN ÇEVRESİNDE VE İÇİNDE YAPILAN ALAN ÖLÇÜMLERİ	49
4.1.	Yapılan Ölçümler	49
4.1.1.	Yerleşim Düzeni	49
4.1.2.	Kullanılan Aletler	50
4.1.3.	Alanları Oluşturan Kaynaklar	51
4.1.4.	Elektrik Alanı ve Uzay Potansiyeli	52
4.1.5.	Magnetik Alan	53
4.1.6.	Vücutta İndüklenen Akım ve Gerilimler	53
4.2.	İkinci Evde Elektrik Alanı ve Uzay Potansiyeli	53
4.3.	Birinci ve Üçüncü Evde Elektrik Alanı ve Uzay Potansiyeli	56

4.4.	Magnetik Alan	60
4.5.	Vücutta İndüklenen Akım ve Gerilimler	61
4.6.	Bulgular	62
4.7.	Alanların Ölçülmüş ve Hesaplanmış Değerleri	63
5.	ENERJİ İLETİM HATLARINDA SINIR DEĞERLERİ HESAPLAMALARI	66
5.1	Yük Benzetim Yönteminin Yüksek Gerilim Enerji İletim Hatlarına Uygulanması	66
5.2.	Her Hangi Bir Nokta Elektrik Alan Değerinin 1 kV/m Olması İçin Hat Yüksekliğinin Belirlenmesi	71
5.3.	Üç Fazlı Bir Yüksek Gerilim Hattının Herhangi Bir A Noktasında Oluşturduğu Potansiyel ve Elektrik Alan Şiddeti	72
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
	KAYNAKLAR	77
	EKLER	
Ek 1.	Terimler Listesi	88
Ek 2.	Elektrik Alan Değeri Belli Olan Bir Noktaya Göre Hattı Yüksekliğini Tayin Eden Program Listesi.	82
	ÖZGEÇMİŞ	88

ÖZET

Günümüzde insanlar zorunlu olarak veya bilinçsiz ve plansız kentleşme sebebiyle yüksek gerilim hatları , trafo merkezleri vs. yerlerde meydana gelen elektromagnetik alan içinde yaşamak zorunda kalıyorlar. Elektrik ve magnetik alanların insanlar ve hayvanlar üzerinde etkileri için 1960 yıllarından günümüze kadar çeşitli bilimsel çalışmalar, deneyler ve araştırmalar yapılmıştır.Bu konuda değişik yabancı kaynaklar bulmak mümkündür. Yalnız Türkçe kaynak yetersizdir.

Birinci bölümde temel kavramlara ve biyolojik dokuların elektriksel özelliklerine,

İkinci bölümde elektromagnetik alanların bazı ülkelerdeki standart değerlerine,

Üçüncü bölümde transformatör merkezleri veya yüksek gerilim hatlarında çalışan işçiler, laboratuvar şartlarında denek olarak kullanılan tavşanlar veya fareler üzerinde yapılan araştırmalara , elektrik ve magnetik alanın insanların büyümesi, kanser ve üreme üzerindeki etkisine,

Dördüncü bölümde 500 kV ‘ luk bir hattın yakınında bulunan evlerde elektrik ve magnetik alan ölçümlerine ,

Beşinci bölümde sınır değerleri hesaplarına,

Altıncı bölümde alan hesaplarına yer verilmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda elektromagnetik alanların organizma üzerindeki etkileri kesin olarak ortaya konulamamıştır. Bu konuda yapılan araştırmalar sonucunda , bazı ülkelerde güvenlik sınırı olarak magnetik ve elektrik alan için sınır değerleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler :

Elektrik, magnetik, elektromagnetik, alan, etki, yüksek, gerilim, hat, EMF, kanser, sınır, değer.

ABSTRACT

People are obligatory living in the electric and magnetic fields nowadays. Researchers have been studying involved electric and magnetic fields effects on organism since 1960. To find more foreign source about this subjects possible , Turkish source is not yet.

In the first chapter, base concepts and biological tissues electrical characteristics.

In the second chapter, limits of the electromagnetic field in some country.

In the third chapter, studied workers in the transformation centers or near the high voltage lines , electromagnetic fields effects on the human grow healthy, cancer and reproduction.

In the fourth chapter, measuring electric and magnetic fields in the homes near the 500 kV high voltage lines.

In the fifth chapter, calculation of the field limit values.

In the sixth chapter, results and suggestions.

Results of the studying, electric and magnetic fields effects are uncertain on organism. From results of the studies, the limitation of the electric and magnetic fields are determined in many country.

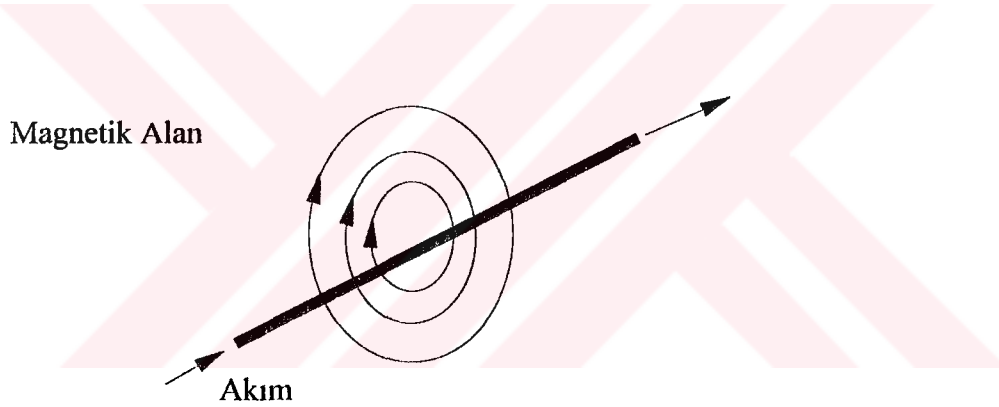
Keywords:

Electric, magnetic, electromagnetic, field, effect, high, voltage, line, EMF, cancer , limit, value.

1. GİRİŞ

Günümüzde insanlar bilerek veya bilmeyerek yaşam koşulları ve çalışma ortamına göre elektrik ve magnetik alana maruz kalmaktadırlar. İnsan sağlığına etkisi olabileceği düşünülerek elektrik ve magnetik alanların incelenmesi (özellikle yüksek gerilim hatlarında meydana gelen), ölçümler yapılması, sonuçların bir standart haline getirilmesi çeşitli ülkeler bilim adamları tarafından araştırılmaktadır.

Çevre üzerinde etkili olan elektrik ve magnetik alanlar enerji iletim hatlarında, meydana gelmektedir. Daha birçok elektromagnetik alanların ürettiği kaynaklar da vardır. Elektrik alanları gerilim ve gerilim artışına benzer enerjilerden meydana gelir. Elektrik alan birimi V/m' dir. Magnetik alanlar iletkenler veya elektrik aygıtları vasıtasıyla akımın akışından ve akım artışına benzer enerji artışıyla meydana gelir. Magnetik alan ölçüm birimi gauss (G) veya tesla (T)' dir.



Bir iletkende akan akım iletken etrafında dairesel formda magnetik alan meydana getirir. Elektrik enerjisi taşıyan her iletkende elektrik ve magnetik alan meydana getirir.

1.1. Elektromagnetik Alanların Ölçülmesi, Genel Terimler.

Elektrik Alanlar

Elektrik alan şiddeti metre başına volt veya kilovolt olarak ölçülür.

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

Magnetik Alanlar

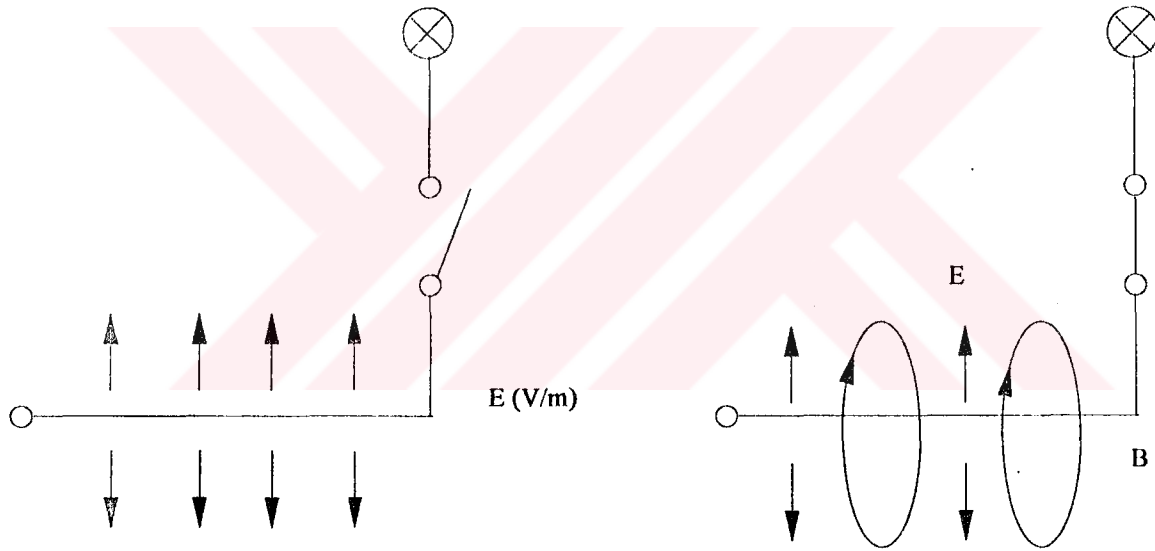
Magnetik alan yoğunluğu gauss (G) veya tesla (T) birimiyle ölçülür. Gauss birimi çoğunlukla Amerika' da kullanılır. Bir teslaya karşılık olarak 10.000 gauss denk gelir.

$$1\text{T} = 10.000\text{ G}$$

$$1\text{ G} = 1000\text{ mG}$$

$$1\text{ }\mu\text{T} = 10\text{ mG}$$

Elektrik ile magnetik alanın karşılaştırılmasına basit bir örnek.



- Lamba hattında gerilim var ama lamba yanmıyor. Bu durumda sadece elektrik alanı meydana gelir.
- Metre başına volt olarak ölçülebilir. (V/m)

- Lamba yanıyor. Bu durumda akımdan dolayı magnetik alan ve gerilimden dolayı elektrik alan meydana gelir.
- Gauss veya Tesla olarak ölçülebilir.

(Human Healt Studies ...)

1.2. Biyolojik Dokuların Elektriksel Özellikleri

Biyolojik maddelerin elektriksel özellikleri çok uzun süredir çeşitli nedenlerle incelenmektedir. 1. dünya savaşına kadar yapılan çalışmalar sonucunda, dokuların elektriği ilettiği, direncinin frekansla değiştiği, iletkenliğin iyon hareketinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Kas ve sinir dokularının elektriksel özellikleri ile ilgili bazı bilgiler o yıllarda elde edilmiştir. 1. dünya savaşından sonra dielektrik çalışmaları geniş frekans aralığında ve çeşitli malzemeler üzerinde yoğunlaştırılmıştır. 266 Hz - 2 MHz arasında kanın kapasite ve direnç özelliği incelenmiş ve 1948 yılında Rajewsky ve Schwan tarafından 1 GHz civarında kan dokusunun kompleks dielektrik sabiti bulunmuştur. 1950-1960 yılları arasında çeşitli dokuların DNA çözücüler ve protein içeren birçok malzemenin dielektrik özellikleri incelenmiştir.

Dokuların dielektrik özellikleri elektromagnetik dalganın etkisi altında kalma durumunda vücut içinde oluşan iç elektrik alanların hesaplanmasında ve elektromagnetik enerjinin tıbbi uygulamalarının geliştirilmesinde, bu elektromagnetik alanların olası zararlarının incelenmesinde önemlidir. Biyolojik dokuların dielektrik özelliklerinin bilinmesi ayrıca gıda işleme, tarımsal amaçlar, çeşitli ürünlerin kurutulması gibi birçok uygulama alanlarının gelişmesinde önemli rol oynar. Teorik çalışmalar şeklinde başlatılan ilk çalışmalar, bugün bilgisayar destekli deneysel çalışmalarla sürdürülmekte, dokuların ve diğer kompleks yapıların dielektrik özelliklerinin anlaşılmasında büyük ilerlemeler kaydedilmektedir. Artık geniş bir frekans aralığında dokuların dielektrik özellikleri bilinmektedir. Bu veriler elektromagnetik radyasyonun biyolojik etkilerinin analizinde bir başlangıç malzemesi olmaktadır.

Elektrik ve magnetik alanların insan vücuduna nüfuzu ve vücuttan geçişleri çok farklıdır. Vücudun gözönüne alınmadığı durumlarda elektrik alanları büyük bir doğrulukla ölçülebilir veya hesaplanabilir. Vücut, farklı iletkenlik ve geçirgenlik katsayıları olan çeşitli dokulardan oluşmuş karmaşık bir ortamdır. Böyle bir iletken ortam, gerçek dış elektrik alanını vücut içinde çok büyük katsayılar ile (iletim hatları frekanslarında bazen 100 milyon kez) azaltarak bozar. Bu çok büyük zayıflamadan elektrik alanları, vücutta ısı dalgalarının oluşturduğu doğal ortamın elektrik alanlarıyla karşılaştırıldığında ihmal

edilebilecek düzeyde küçük olan düzeylere düşürülürler. Örneğin, 2 mΩ öz dirençli 20 µm çaplı tipik bir hücre için ısı dalgalanmalarına bağlı alanlar, 100 Hz'lik bir band genişliğinde ve vücut sıcaklığında yaklaşık 0,02 V/m'ye varmaktadır. Bundan dolayı, bir hücre üzerinde, bu düzeyde bir alan oluşturabilmek için vücut dışında milyon V/m düzeylerinde alanlar gerekli olmaktadır.

Dış elektrik alanların aksine magnetik alanlar, insan vücudu tarafından bozulmazlar ve herhangi bir zayıflamaya uğramadan vücuda nüfuz ederler. Vücudun magnetik alanlara karşı olan bu geçirgenliği, hemen hemen hiç magnetik malzeme içermemesinden dolayıdır. Vücut içerisindeki elektrik alanları, zamanla değişen bu magnetik alanlardan dolayı Faraday etkisiyle oluşmaktadır

Çok alçak ve çok yüksek frekanslı elektromagnetik alanların etkisinde kalan biyolojik dokuların elektriksel özelliklerinin frekansa bağlı olarak değişim göstermesinin önemli bir nedeninin, dokulardaki su oranı ve hücre zarının kapasitif yapısı olduğu söylenebilir.

Elektromagnetik dalgaların biyolojik canlılarda oluşturduğu zarar derecelerinin araştırılmasında, vücudun her bölgesinde yer alan ve organlarımızı kat kat çevreleyen dokuların elektriksel davranışlarının bilinmesi önemlidir. Dokuların bu özelliklerinden yararlanılarak elektromagnetik alanda bulunan bir canlının alabileceği toplam enerji hesaplanabilir (Şeker, Ş.S. ve Çerezci, O, 1991)

2. ELEKTROMAGNETİK ALANLARIN EPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALARI

Yüksek gerilim güç hatlarından dolayı alternatif magnetik alan ikamet maruziyetinde olan kimselerdeki kanser üzerindeki vaka-kontrol çalışmaları aşağıda sıralanmıştır.

Wertheimer ve Leeper çalışması, Colorado doğumlu ve Denver bölgesinde bulunan, 1950 ve 1973 arasında Colorado' da 19 yaşından önce kanserden ölen kişileri içerir. Çalışma grubu doğum tarihi ve yeri işaretlenen 344 kanser ölümü ve 355 kontrol deneğinden oluşur. 472 kontrol birimi ile kanser hastalarının 491 ikameti karşılaştırıldı. Yüksek ve alçak akım taşıyan çeşitli hat tertibatlarında ve çalışma deneklerinin evlerinden 40 metrelik mesafe içinde güç frekanslı magnetik alana potansiyel maruziyet değerlendirilmiştir. Güç hatları civarında magnetik alan ölçümleri yapılmıştır. Yüksek akımlı hatlara kanserli hasta evlerinin, kontrol deneklerinin evlerinden önemli derecede daha yakın olduğu saptanmıştır. En fazla göze çarpan fark doğumdan ölüme yalnız bir adreste bulunan 128 kontrol deneği ve 109 vakanın evleri arasında görülmüştür. Leukemia, lymphoma ve sinir sistemi tümörlerinin 3 te 2 oranında fazla olduğu saptanmıştır.

1980 'de Fulton ve arkadaşları Rhode Island 'da, Wertheimer ve Leeper çalışmasının esasını tekrarlamak için, 1964-1978 arasında 20 yaşına kadar olanlarda sadece Leukemia vakalarıyla ilgilenilerek bir rapor hazırladılar. Rhode Island hastanesi dosyalarından 119 hasta ve onların 209 adresi seçilerek, bu hastalar ile ilgili rutin olarak tutulan kayıtlar ve tam adres hikayeleri tespit edilmiştir. Her hasta için aynı yıl doğan iki kontrol deneği ülke doğum kayıtlarından seçilerek 240 kontrol adresi elde edilmiştir. Leukemia hastalarının 209 adresi ve 240 kontrol adreslerinde bulunan her ikametın 50 metre civarında bulunan güç hatları işaretlenerek, maruziyet değerleri Wertheimer ve Leeper prosedürü takip edilerek oluşturuldu. İlk çalışmaların aksine çocukluk leukemiası ile ilişki kurulamadı.

Wertheimer ve Leeper 1980 'de, Rhode Island verileri ile tekrar çalışarak çocukluk leukemiası ve yüksek akımlı düzenler arasında zayıf ilişki bulmuştur. Wertheimer ve Leeper tarafından 1982 'de, evlerin yakınındaki yüksek akımlı elektrik hatları ile kanser ilişkisinin daha ileri bir araştırması, erişkin kanserlerinin vaka-kontrol çalışması yürütülmüştür. Çalışma grubu 1179 erişkin kanser deneği ve 1179 işaretli kontrol deneği

1967-1979 süresi için Denver 'ın büyük dört alanından seçilen dört örnekte düzenlenmiştir. Çocukluk çalışmalarından farklı olarak, toplam çalışma grubu bazı canlı kanser hastalarını (275) içerdi. Kanser ölümleri ölüm kayıtlarından çıkarıldı, kanser hastaları Colorado kanser kayıtlarından çıkarılmıştır. Yüksek akımlı hatların yakınında yaşayan 55 yaşın altındakilerde dört tip kanserde (sinir sistemi, rahim, göğüs ve lymphoma) önemli artış gözlenmiştir.

1986 'da Tomenius, bütün rapor edilen tümörleri kullanarak Sweden Colorado çocukluk vaka-kontrol çalışmasında, 1958 - 1973 arasında 18 yaşına kadar, İsviçre Kanser Kayıtları kullanılarak, kontrol denekleri kasaba ve ilçe doğum kayıtlarından, doğum günü ve cinsiyet işaretlenerek seçilmiştir. Çalışma ilçede doğan ve halen burada yaşayan 716 hasta ve bir o kadar kontrol denegi ile sınırlandı. 3 mG yada daha fazla magnetik alanlar 48 konutta ölçülmüştür. Konutlardaki magnetik alan ölçümlerinin değerlerinin 0.004 den 19 mG 'a kadar olduğu görülmüştür. İncelenen 150 metre sınır içerisinde bütün tümör vakalarının iki kat fazla olması ve sinir sistemi neoplasmlarında artış Wertheimer ve Leeper'in bulgularıyla uygundur.

Ev dışındaki hat konfigürasyonlarının ev içindeki direkt ölçümler ile ilişkisi Kaune ve arkadaşları tarafından 1987 'de bulundu. Hat konfigürasyonu ve kanser riskinin artışı arasındaki pozitif ilişki; bütün kanser türleri, özellikle leukemialar ve daha düşük olarak beyin tümörleri için bulundu (Gandhi, 1990; WHO; 1989; Carstensen,1987; Marino, 1988).

1988 'de Davit Savitz, Wertheimer ve Leeper çalışmasını daha iyi epidemiyolojik metot ile tekrarladı ve büyük magnetik alanlı iletim hatları ile çocukluk kanseri riskinin artması ile ilgili benzer sonuçları elde etti.

1991 'de yayınlanan bir raporda, ev tesisatı ve çocukluk leukemiası arasındaki ilişkiyi televizyon setleri ve elektrikli saç kurutucuları ile leukemia arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarıldı.

1992 'de İsviçre çalışmasında, 0.1 μT 'nın altında alanlı evde yaşayan çocuklara göre, 0.2

nT alanlı evde yaşayanların leukemia riski üç kat ve 0.4 μ T ve üzerindeki alanların riskinin dört kat olduğu ve böylece alan şiddetinin riskle direkt olarak bağlı olduğunu gösterildi.

1993 'de Danimarka çalışmasında, 0.4 μ T 'dan daha yüksek magnetik alana çocukların maruziyeti ile çocukluk kanserinin bütün ana tipleri arasındaki ilişki tespit edildi. 1993 'de tamamlanan iletim hatlarının 500 metre yakınında yaşayan çocuklar ile ilgili bir çalışmada, leukemia ve lymphoma da istatistiksel olmayan önemli bir artış tespit edildi. Bir başka çalışmada, alüminyum fabrikasındaki işçilerde, yüksek akım bulunan arıtma işleminde çalışanlarda, leukemia ve lymphomadan ölümlerin beş kat fazla olduğu bulundu. Telefon kablo çalışanlarında, diğer telefon çalışanlarına göre leukemianın yedi kat fazla olduğu tespit edildi. Elektrik işletmesi çalışanlarında telefon çalışanlarına göre yüzde 20 - 30 daha fazla leukemia gelişimi bulundu (Spectrum,1994).

2.1. Yüksek Gerilim İletim Hatları İçin Mevcut Güvenlik Standartları

Genel olarak kabul edilen tarife göre: Standart, tek yada topluluk olarak insanın güvenliğini tesis etmek için kanunlar yada şartnamelerin düzenlenmesini gösteren genel bir terimdir. Standartlar, düzenleyiciler ve yönetmeliklere bölünebilir, düzenleme zorunlu standardı meşru kanun altında yürürlüğe koymaktır, oysa yönetmelik genelde sadece şartlara göre yol göstermek için tavsiyelerden oluşan yayındır. Bir standart kabul edilebilir sınırlar içinde sağlık risklerini azaltmak için uyulan bir çeşit özel kanundur.

Bir sınır değeri; herhangi bir belirli eşik değeri olmadığına, ortaya konulan seviyelerin biyolojik yada sağlık etkileri arasındaki farkın uygun tespitinin yapılarak, fayda-risk analizleri üzerine kurulan kabul edilebilir risk boyutu belirlenerek kanımlalıdır.

Bu bölümde, 50/60 Hz elektrik ve magnetik alanlar için çeşitli ülkelerde mevcut standartlar incelenmiştir.

2.1.1. Bazı Ülkelerde Yayınlanan Standartlar

Elektriksel uygulamaların kullanımı birkaç on sene içinde yaygınlaşmasına ve de ortaya çıkan elektrik alanların sürekli olarak artmasına rağmen yüksek gerilim merkezi çalışanları tarafından subjektif şikayetlerin sayısı rapor edilip, Sovyet tıp gurubunun ilk çalışmaları yayınlanana kadar yani atmışlı yılların sonlarına kadar koruma problemlerine yaygın olarak önem verilmedi.

Sovyet araştırmacıların buldukları, elektrik alanların biyolojik sistem üzerindeki muhtemel etkilerinin çeşitleri üzerinde çok sayıda çalışmayı harekete geçirdi. Sonuçlar hala ihtilaflıdır ve sadece yüksek gerilim iletim hatları çevresinde maruz kalınan elektrik alan seviyelerinin gözlenmesiyle elde edilen biyolojik tepkiyi göstermektedir. Bu yüzden yayınlanan yada tasarlanmakta olan standartlar hemen hemen sadece yüksek gerilim trafo merkezleri ve enerji iletim hatları ile ilgili olmaktadır.

1986 'da, endüstrileşmiş ülkelerdeki güç iletim sistemlerinde meydana gelen elektrik ve magnetik alanlar ile ilgili problemlerin genel görünüşü olarak, Yüksek Gerilimli Elektrik Sistemleri Uluslararası Konferansının çalışma komitesi tarafından yapılan uluslararası tetkiklerin sonuçları verildi. Tetkiklerin hedefi; büyük yüksek gerilim şebekeleri ile gelişmiş ülkelerdeki bilgiye ulaşmak, kamuoyunun eğilimi, enerji iletim hatları tarafından üretilen alanlar ve alanların fiziksel etkisinin bilgisi, alan etkileri üzerindeki devam eden ya da planlanan çalışmalar hakkında genel bilgi elde etmektir. Çalışma komitesine üye 21 ülkenin yaklaşık yarısında (21 de 10) hatların altındaki elektrik alanları için sınır değerlerin verildiği düzenlemeler ya da yönetmelikler bulunmadığı gözlemlendi.

Biyolojik etkiler hakkında nispeten az bilgiden dolayı, sağlık etkisinin farklı değerlendirilmesi sonucunda verilen sınır değerler farklı olabilir. Bazı standartlarda; büyük cisimlerden deşarj akımının azaltılması ile ilgili sınır değerler, bir kısmında mikro şoklar ve benzer istenmeyen etkilerden uzak durulması, bazılarında yüksek alanlara uzun müddet maruz kalmanın sınırlandırılmasına dikkat edilir (Franceschetti et al, 1989).

Tablo 2.1 'de çeşitli ülkelerdeki ve Türkiye 'deki elektrik şebekelerinin çalışma gerilimi ve iletim hattı uzunluğu verilmiştir (Franceschetti et al, 1989; TEK, 1994).

Ülke	Gerilim (kV)	Uzunluk (km)	Ülke	Gerilim (kV)	Uzunluk (km)
Avustralya	500	1420	Hollanda	400	574
	330	4800	Norveç	420	1140
	275	3640		300	3570
Belçika	400	802	Polonya	750	114
Brezilya	750	570		400	2140
	500	9260	Güney Afrika	400	8926
	345	6800		275	5965
Kanada	750	9600	İspanya	380	8496
	500	9060	İsveç	400	8957
	345	7600	İsviçre	400	1000
Çekoslovakya	400	4500	İngiltere	275	1693
Danimarka	400	365	Amerika	765	3100
Türkiye	380	10512		500	32000
	154	22728		345	45000
F.Almanya	380	10250	Sovyetler Bir.	1150	800
Fiulandiya	400	3200		750	3800
İtalya	420	5300		500	34000
Japonya	500	3456		330	27000
	275	6776	Fransa	400	9013

Magnetik alan terimi olarak magnetik akı yoğunluğu (B) ve magnetik alan şiddeti (H) terimlerinden her ikisi de kullanılır. H 'nin birimi metre başına amper (A/m), B tesla (T) dır. Biyolojik materyaller ekseriya magnetik değildir ve magnetik geçirgenlik genellikle bioelektromagnetik etkileşiminde önemli bir faktör değildir. Bu durumda, 1 A/m yaklaşık 1.3 μ T 'ya ve diğer taraftan 1 μ T yaklaşık 0.77 A/m 'ye karşılık gelir.

2.1.1.1. Almanya

Almanya'da, 0 Hz den 3000 Ghz'e kadar frekansta elektromagnetik alanın tehlikelerine karşı insanları korumak için bir ulusal standart tasarısı Agustos 1986 da yayınlandı ve böylece itiraz ve fikir vermesi bakımından kamuoyuna sunuldu. Standartın 0 Hz ve 30 MHz arasındaki frekans ile ilgili bölümü onaylandı.

Bütün düşük frekans oranlarını içeren, 0 Hz ve 30 kHz frekans aralığında, elektrik alan şiddetinin rms değeri için sınır değer aşağıdaki ifade ile verilir.

$$E = a / f.b \quad (2.1)$$

Burada E, V/m olarak sınır değer, f Hertz cinsinden frekans, a ve b sabitleri Tablo 2.2 'de verilmiştir. Sınır değerler altında elektrik alanlara maruz kalmaya sınırsız zaman için izin verilir. Kısa zaman için (her çalışma günü için 2 saat), sınır değerinin 1.5 katına kadar üzerinde alan şiddetine maruz kalmalara izin verilir.

Tablo 2.2.ELF elektrik alan sınır değerleri için hesaplamalarda kullanılan parametre değerleri

Frekans (Hz)	a	b
0 - 10	40000	0
10 - 30000	102850	0.4101

Bazı insanları, 2 ile 10 kV/m yoğunluklu elektrik alanlarında rahatsızlık hissetmeleri mümkündür, yada elektrik alan içinde diğer insanlara veya yüklü objelere dokunduğu zaman hoş gitmeyen elektriksel deşarjlara maruz kalabilir, bu etkilerin varlığı kabul edilir, fakat günümüzde sağlık etkilerine bu duyarlılıkların ifadesini sağlayacak bilimsel veriler mevcut değildir. Standart, alçak frekans magnetik alanlar için ayrıca sınır değerleri düzenler. Temel kriter esas olarak ayırmadır. Ayrıca magnetik alan için, maksimum müsaade edilebilir seviye, 0 Hz - 30 kHz arasındaki frekanslarda aşağıdaki ifade ile bulunur.

$$H = c/fd \quad (2.2)$$

H, sınır değeri A/m; f, frekans Hertz, c ve sabit değerleri Tablo 2.3. 'de verildi.

Tablo 2.3.ELF magnetik alan, sınır değerleri için hesaplamalarda kullanılan parametre değerleri

Frekans (Hz)	c	d
0 - 2	önemsiz	0
2 - 30000	21593	0.4325

Yukarıdaki sınır değerler, tüm vücudun sınırsız maruz kalmaları için tasarlandı. Kısa süre için (her saat başına 5 dakika), sınır değerinin 1.5 katı fazlası alan şiddetine maruziyete izin verilir.

2.1.1.2. Japonya

Japonya'da, bütün elektriksel ekipmanlar 1973 de yayınlanan, Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığının düzenlediği Elektriksel Tesisatların Teknik Standartlarına mecbur tutulur. Kalabalık nüfuslu, %25 yada daha fazla yapıların kapladığı bölgelerde yüksek gerilim havai hatların yapımı yasaklanır. Standart ayrıca hat altında elektrik alan şiddeti için, toprak seviyesinden 1 m yükseklikte 3 kV/m 'yi aşmayan bir sınır değeri tayin eder. Bu sınır değeri güç hatları altındaki metal şemsiyeden deşarjdan dolayı insan üzerinde hoşagitmeyen hissin önlenmesi niyetiyle açıklanır. Böylece bu rahatsız etki sadece hat altından geçtiği esnada şemsiyenin metal parçasına dokunan insanda meydana gelir, tarlalar, ormanlar vs. gibi içinde insanların geliş ve gidişlerinin nadiren olduğu yerlerde şart uygulanmaz.

Metal şemsiye ile yanak yada parmağın temas ettiği zaman indüklenen akımın hissedilmesi yüzünden 3 kV/m olarak ortalama eşik değeri belirlenmesinde kullanılan bilimsel veriler 1976 'da Japon IEEE Konseyi tarafından rapor edildi. Tablo 2.4. ve 2.5. de gösterildiği gibi, hissedebilir, psikolojik faktörler, şemsiyenin karakteristiklerine bağlı olarak çeşitli

seviyelerde alanın algılanması meydana gelir. Zaten 3 kV/m 'ı altındaki alanlar sadece bazı insanlar tarafından hissedilebilir. Halbuki 4 - 5 kV/m 'lik alanlar rahatsız edici his verebilir. Yapılan araştırmada 48 de 7 kişi sadece 4 kV üzerindeki alanı algılamıştır.

Tablo 2.4 Şemsiyede indüklenen çeşitli gerilimler için yanakta hissetme

Elektrik Alan Şiddeti kV/m	Yanak şemsiye ile temas ettiği zaman hissedilen
0.5 - 1	Nadiren hissedilir.
1.5 - 2	Hissedilebilir ,
2.5 - 3	Dokunulduğu anda hafifçe uyarma hissedilebilir
>4	Tamamen iyi hissedilir

Tablo 2.5. 275 kV iletim hattı altında şemsiyeden hisseden insanların sayısı

Elektrik Alan Şiddeti (kV/m)	İnsanların sayısı kV/m
< 2	0
2.1 - 3	12
3.1 -4	22
4. 1 - 5	7
5.1 - 6	7

2.1.1.3. Amerika Birleşik Devletleri

Birleşik Devletler 'de, düzenlemeler bir eyaletten diğerine yaygın olarak farklıdır. Yeni hatların dizayn kriterleri için, havai besleme ve iletişim hatlarının bakımı ve onların ilgili ekipmanları, yapıdan meydana gelen tehlikelerden kişilerin pratik olarak korunma tedbirleri için, bütün eyaletler Ulusal Elektrik Güvenlik Kodu (NESC) 'nu yada onun bazı düzenlemelerini kabul eder. Eğer toprağa kısa devre edilmiş hattın altında büyük ekipman yada araç , kamyon bulunursa 5 mA'lik deşarj akımı sınır değeri olarak, hatlar dizaynının

yapılmasında göz önünde bulundurulur.

Hat güzergahı genişliği (ROW) kavramı bütün eyaletlerde elektrik şirketleri tarafından kabul edilir. Hat güzergahında ev kurmaya ve tam gün aktivitelere izin verilmez. Hat güzergahının genişliği şirket politikasına ve hattın gerilimine bağlıdır. Elektrik alanlar tipik değerleri Tablo 2.6. 'da verildi. Sadece maksimum müsaade edilebilir elektrik alan için tavsiye edilen birkaç yönetmelik vardır. Tablo 2.7. 'de görüldüğü gibi, standartlar birbirine uymaz, böylece her bir eyaletin hat güzergahı sınırında yada içinde farklı sınır değerler vardır. (Franceschetti et al, 1989).

Mevcut sınır değerler nüfusun korunmasını amaçlar. Trafo merkezlerinde çalışanlar için sabit olamayan kurallar mevcuttur. Benzer durum gerçekte, merkez otomasyonu ve koruyucu dizayndan dolayı yeterlidir, yüksek alanlarda çalışanların kaldığı süre azdır.

Tablo 2.6.ABD de maksimum elektrik alan değerleri ve hat güzergah genişlikleri

Gerilim (kV)	Maks. alan şiddeti (kV/m)	Hat güzergahı genişliği (m)
345	5	45
500	8	53
765	10	76

Tablo 2.7. ABD de iletim hatları altında tavsiye edilen elektrik alan şiddetinin sınır değerleri

Eyalet	Maks. alan şiddeti(kV/m)	Açıklama
Mirnesota	8	ROW içinde
Montana	7	Yol geçişinde
	1	ROW sınırında
New Jersey	3	ROW sınırında
New York	11.8	ROW içinde
	1 1	Özel yollarda
	7	Ulusal yollarda
	1.6	ROW sınırında
Kuzey Dakota	8	ROW içinde
Oregon	9	ROW içinde

2.1.1.4. Rusya

Sovyetler Birliği'nde (USSR), Asanova - Rakov ve Sazonova 'nın bulgularını ifade etmelerinin neticesi olarak, iletim hatları tarafından üretilen elektrik alanlar için resmi maruziyet standartlarını yayınlayan ilk ülkedir. 400, 500 ve 750 kV AC trafo merkezleri ve iletim hatlarına tatbik edilerek çalışanlar hakkında ilk yönetmelik dökümanı (USSR, 1970), 29 Ekim 1970 de Sovyetler Birliği Sağlık Bakanlığı tarafından onaylandı, 1971 de uygulamaya geçildi. Beş yıl sonra, standart yeni yönetmelik ile değiştirildi (USSR ,1975), yeni yönetmelik 400 kV ve üzeri iletim hatlarında ve yeni 1150 kV EHV sistemlerde çalışanları da kapsar. Standartta göre, elektrik alanlara maruziyet süresi, alan şiddetine bağlı olarak Tablo 2.8.'de verildiği gibi sınırlandırılmıştır. Elektrik alanın direkt etkisi hakkında, organizmanın reaksiyonu kesin değildir, nispeten uzun süreden (2 - 5 ay) sonra gelişebilir, uzun müddet maruziyetin belirgin birikerek çoğalan etkileri vardır ve yaygın olarak bireyin karakteristiklerine bağlıdır.

Yüksek alanlara maruziyetin sürdürülmesi kalp-damar sistemine ve merkezi sistemine, seksüel özelliklerin azalmasına, kan bileşimlerinde değişikliklere sebebi olarak fonksiyonel rahatsızlık verebilir.

Elektrik deşarjları, bir insan elektrik alan içindeki nesneye dokunduğu zaman maruz kalınabilir, beynin dış tabakalarında reflekslerin tutulması ve harekete geri rahatsızlığına yol açabilir. Büyük deşarjlar durumunda, kalp fibrilasyonuna engel olunamayabilir.

Tablo 2.8.USSR'de 500 kV ve üzeri, donanımlarda çalışanlar için elektrik alan maruziyet sınır değerleri (1975)

Elektrik alan şiddeti (kV/m)	İzin verilen günlük maruziyet süresi (dak)
5	sınırsız
10	180
15	90
20	10
25	5

Not: Eğer çalışanlar standart tarafından izin verilen tam süre 10 kV/m yada fazla elektrik alanlara maruz kalırsa, günün kalan kısmında 5 kV/m daha az alanlarda kalmak zorundadır.

Standart elektrik alan şiddetlerinin maksimum müsaade edilebilir seviyeleri Tablo 2.9. da listelendi. Elektrik alanın etkilerinden genel nüfusu korumak için ayrıca alan şiddetinin 1 kV/m 'yi aştığı iletim hattı güzergahı boyunca " sağlık koruma bölgesi" diye bilinen bölge oluşturulur. Dıştaki faz iletkeninin toprak üzerindeki iz düşümünden sağlık koruma bölgesinin sınırlarının maksimum müsaade edilebilir mesafeleri Tablo 2.10.da listelendi.

Dizayn aşamasında, enerji iletim hatlarının güzergahları evler, ulusal yapılar, parklar, araba servis istasyonları ve benzinlikler sağlık koruma bölgesinin dışında kalacak şekilde seçilir. Koruma bölgesinde mevcut evlerin kaldırılması sağlanır yapıların içinde Tablo 2.9 'daki sınır değerlerin altında alan şiddeti şart koşulur, yada metal çatılar, tel kafesler, çitler vb. ekranlama sistemleri ile alan büyüklükleri bu sınır değerlerin içine çekilir (Franceschetti et

al, 1989).

Tablo 2.9.USSR'de genel halk için elektrik alan şiddetinin
maksimum müsaade edilebilir seviyeleri

Bölgenin karakteristikleri	Elektrik alan şiddeti (kV/m)
İkamete ait bina içinde	0.5
İkamete ait yerleşim bölgesi	1
Kırsal ikamet bölgeleri,banliyö bölgeleri, sağlık başvuruları, muhtemel kentsel gelişim bölgeleri vs.	5
Anayollar ile hatların çapraz olduğu bölgede	10
İkamet edilmeyen girilebilir bölgeler,ekilebilir arazi	15
İkamet edilmeyen, kolayca girilemeyen bölgeler	20

Not: 1. Toprak seviyesinden yada odada kat seviyesinden 1.8 m yükseklikte alanlar için kendine özgü sınır değerler vardır.

2.1 kV/m üzerinde alan şiddetleri için elektriksel deşarjlar ve kaçak akımlar tarafından insanların etkilenmesinin önlenmesi için tedbir almak zorunludur.

Tablo 2.10. USSR'de sağlık koruma bölgesinin yarı genişliği

Çalışma gerilimi kV	Yarı-genişlik m
330	20
500	30
750	40
1150	55

Sonuç olarak, sağlık koruma bölgesinin bulunmasından başka ikamet edilen yerleşim bölgelerinin sınırından, iletim hattına minimum uzaklık dizayn aşamasında tespit edilir. Bu mesafe 750 kV hatlar için 250 m ve 1150 kV hatlar için 300 m dir ve sadece doğal engeller ile hat güzergahının sınırlandığı yerlerde yada istisnai durumlarda azaltılabilir. Eğer hatlar kırsal ikamet edilen yerleşim bölgelerine yukarıda gösterilenden daha az mesafeler içinde yaklaşırsa, iletkenler 5 kV/m alan şiddetinin altında olacak şekilde tertibatlanır, yani kararlı olmayan durumlar için Tablo 2.9. 'daki alan değerlerinden sınır ayarlanır.

Diğer bazı ölkelerde kullanılan sınır değerler ve uygulamalar şu şekilde sıralanabilir:

Avustralya 'da, enerji iletim hatlarının hat güzergahı genişliği sınırında elektrik alan şiddetinin 2 kV/m ve hat güzergahı içinde 5 kV/m değerini aşmaması istenir. Buna göre 330 kV hatlar için minimum hat güzergahı genişliği 60 metre ve 500 kV hatlar için 60-70 metredir. Bu bölge içinde yapılarla ve full-time aktivitelere izin verilmez.

Çekoslovakya 'da, elektrik alan şiddetinin hat güzergahı içinde 15 kV/m ve anayol geçişinde 10 kV/m 'yi aşmaması istenir. Ayrıca hat güzergahında tanıma sınırlı olan izin verilir. Arabalar ve tarım makinalarının hatların altında durmasına izin verilmez.

Polonya 'da, enerji iletim hatlarının elektrik alan şiddetinin 10 kV/m 'yi aşmaması istenir. Bu sınır değerin aşıldığı hat boyunca koruma kuşağı tayin edilir ve bu bölgeye çalışanlar dışında giriş yasaklanır. İkinci bir koruma kuşağı yerleşim merkezleri için kabul edilen maksimum 1 kV/m 'lik sınır değer ile 10 kV/m 'lik alan arasındaki bölge olarak tespit edilir. Bu bölgede ancak geçici aktivitelere izin verilir. Çalışanlar için 15 kV/m 'lik alan değerine maruz kalmaya izin verilir.

İngiltere 'de, elektrik alanlara mesleki olarak maruz kalmalara 30 kV/m, girilebilir bölgelerde 12 kV/m ve ikamet bölgesinde ise 2.6 kV/m 'lik sınır değerlere izin verilir.(Franceschetti et al, 1989; Spectrum, 1990).

2.2. Enerji Hatları Yakınında Yaşayan İnsanlar Üzerindeki Kansere Çalışmaları ve Çalışmaların Özet Listesi.

Burada 14 araştırma, çocukluk kanseri değişik tipleri ve enerji hatları arasındaki ilişkilerin mümkün olabileceğini analiz etmiştir. Bunlardan sekizi bazı kanser tiplerinin ve enerji hatlarının yakınlığı arasındaki ilişkiyi olumlu olarak rapor ettiler. 14 çalışmanın 4 ' ü ise kan kanseri ile önemli ilişkileri bir istatistiksel bilgi olarak gösterdiler.

İlk çalışma, kanser ve bir enerji hatları arasındaki ilişki 1979 da Denver'de Dr Nancy Wertheimer ve Ed Leeper tarafında rapor edilmiştir. Onlar yüksek akım enerji hatlarına yakın yaşayan çocukların nasıl öldüklerini buldular. Magnetik alanın etkili bir faktör olduğu bulgulara görüldü. Magnetik alanlar evlerde ölçülemedi. Onun yerine, araştırmacılar enerji hatlarıyla üretilen magnetik alanın ölçümü için bir metot belirlediler. Değerlendirmede enerji hatlarının sayısı ve ebatları ve enerji hatlarının aralarındaki mesafe ve evlerle olan mesafesi baz alındı.

İkinci Denver çalışması 1988 ve 1991 de Los Angeles 'da çocukluk kanseri oranları ve yüksek akım enerji hatlarına yakın yaşam arasındaki önemli ilişkilerini buldu. 1988 Denver çalışması tüm kanser oranları ile bir ilişki buldu. Kan kanseri ayrı ayrı analiz edildi. Bu iki çalışmanın hiç birisi analizlerde ve evlerde ölçülen magnetik alanda istatistiksel olarak önemli olabilir ilişkiler bulamadı. 1992 İsveredeki çalışmalarda ve 1993 Meksika araştırmalarında taşıma hatlarına yakın yaşayan çocuklar için kan kanseri oranlarında artışa neden rastlandı. Bir diğer araştırma ise erkeklerde sinir sistemi tümörleri ile bir ilişki buldu. Sekiz araştırma enerji hatlarına yakın yaşayan yetişkinler için kanser riskini araştırdı. Bunlar kanser ile ilgili iki önemli ilişki idi. Aşağıdaki tablo enerji iletim hatlarına yakın yaşayan insanlarda kanser durumunu gösterir.

Tablo 2. 11

ENERJİ HATLARININ KANSERLE OLAN İLİŞKİLERİ ÇALIRMALARI ÖZETİ			
ÇALIŞMA	BÖLGE	KAN KANSERİ	DİĞER KANSERLER
<i>çocukluk kanseri çalışmaları</i>			
Wertheimer ve Leeper 79	Denver	OR=2,35*	Tüm kanserler OR=2,22*
Falton et al 80	Rhode Adası	OR=1,09	Çalışma yok
Tomenios 86	İsviçre	OR=0,30	CNS Tümör OR=3,70*
Savitz et al 89	Denver	OR=1,54	Tüm kanserler OR=1,53*
Caleman et al 89	U.K.	OR=1,50	Çalışma yok
Lin ve Lu 89	Taiwan	OR=1,31	Tüm kanserler OR=1,30
Myers et al 90	U.K.	OR=1,14*	Tüm kanserler OR=0,98
London et al 91	Los Angeles	OR=2,15*	Çalışma yok
Lowenthal et al 93	Avusturalya	O/E=2,00	
Feychting ve Ahlbom 93	İsviçre	OR=3,8*	Tüm kanserler OR=1,30
Olsen et al 93	Danimarka	OR=1,50	Tüm kanserler OR=5,60*
Petridou et al 93	Yunanistan	OR=1,19	Çalışma yok
Verkasalo 93	Fillandiya	SIR= 1,60	Tüm kanserler SIR=1,50
Farajda - Gutierro 93	Meksika	OR=2,65*	Çalışma yok
<i>Yetişkinlerde kanser çalışmaları</i>			
Wertheimer ve Leeper 82	Denver	OR=1,00	Tüm kanserler OR=1,88*
Mc Dowell 86	U.K.	SIR= 1,43	SMR=215*
Severson et al 88	Seattle	OR=0,80	Çalışma yok
Coleman et al 89	U.K.	OR=0,90	Çalışma yok
Youngman et al 91	U.K.	Kan kanseri	OR=1,29
Eriksson ve Karlson	İsviçre	Çalışma yok	OR=0,94
Feychting ve Ahlbom 92	İsviçre	OR=1,00	OR=1,70
Schreier et al 93	Hollanda	Durum yok	SMR=85
OR= Düzensiz oranlar OR 1 üzerinde artma ve düşme riski			
SMR= Standartize edilmiş ölüm oranı, yüzde olarak			
SIR= Standart tekrar oranı 1.00 üzerinden azalma ve artma oranı.			
CNS= Genel sinir sistemi.			
* İstatiksel olarak önemli rakam			

3. ELEKTRİK VE MAGNETİK ALANLARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ VE GÜVENLİK STANDARTLARI

Endüstrileşme ve elektrifikasyonun gelişimi sonucunda, tüm frekanslarda yüksek değerlerdeki elektromagnetik (EM) alanlara insanların, hayvanların ve çevrenin maruziyeti sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu elektriksel çevre değişimine en önemli katkıda bulunan öğelerden biri elektrik güç üretimi ve iletim sistemlerinin büyümesi ile ilgili teknolojik gelişmelerdir. Buna ilaveten, EM alan üreten cihazların kullanımı toplumun her kesiminde artmıştır. EM alanlar, genellikle insanlar tarafından fark edilemez ve kaynaktan bir hayli uzağa yayılabilir. Geçmişte EM spektrumun oldukça düşük frekans (ELF) bölgesinde ki alanların biyolojik etkilerinin olup olmadığı konusunda önemli tartışmalar olmuştur. Bununla birlikte, alanların biyolojik etkilerine kolayca engel olunamayacağını araştırma ve klinik bilgiler göstermiştir, bunun nedeni de alanların farkına varılamamasıdır. Yeni verilerin bazıları, ELF alanların bazı biyolojik sistemlerde değişikliklere neden olabileceğini belirten önceki raporları desteklemektedir.

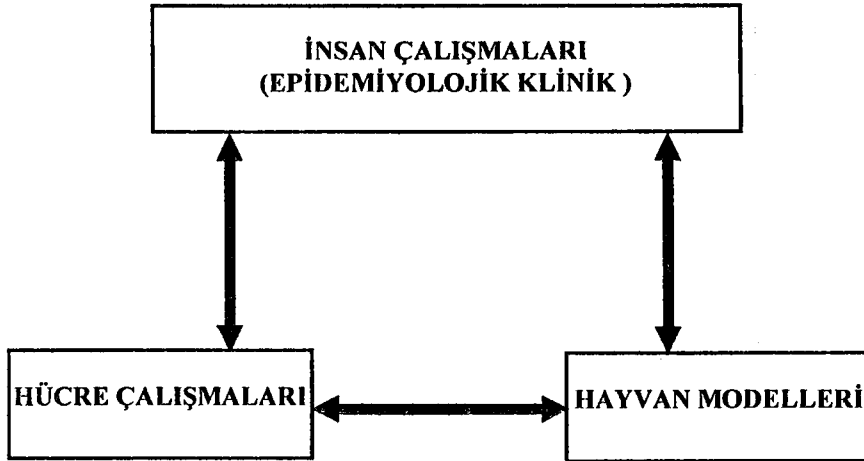
Bu bölümde ELF elektromagnetik alanların biyolojik etkileri, kanser ve elektromagnetik alanların epidemiolojik çalışmaları ve çeşitli ülkelerde uygulanmakta olan yüksek gerilim hatları için standartlar incelenmiştir.

3. 1. ELF Elektrik ve Magnetik Alanların Biyolojik Etkileri

Son yirmi yılda araştırma programları dünyanın her yerinde büyük miktarda artış göstermiştir. Hem ELF alanlar ile canlı organizmaların ve hem de biyolojik etkilerin anlatılmasında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu araştırmaların çoğu güç frekansındaki elektrik alanlarına doğru yönlendirilmiştir. Bugün ELF EM alanların biyolojik etkilere neden olduğu açık olarak bilinmektedir. Bu etkiler için esaslar ve etkileşim mekanizmalarını oluşturan unsurlarda büyük miktarda bilinmeyen mevcuttur.

Diğer bilimsel araştırma alanlarında olduğu gibi, ELF biyo etkileri üzerine yürütülen araştırmalar; insan üzerine çalışmalar (öncelikle epidemiolojik), hayvan deneyleri ve hücrelerle ilgili (mekanizma) çalışmaları olarak bir kaç seviyede düzenlenmiştir. Bu

çalışmalar arasındaki ilişki Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. ELF elektrik ve magnetik alan araştırmalarında
üç temel araştırma düzeyi

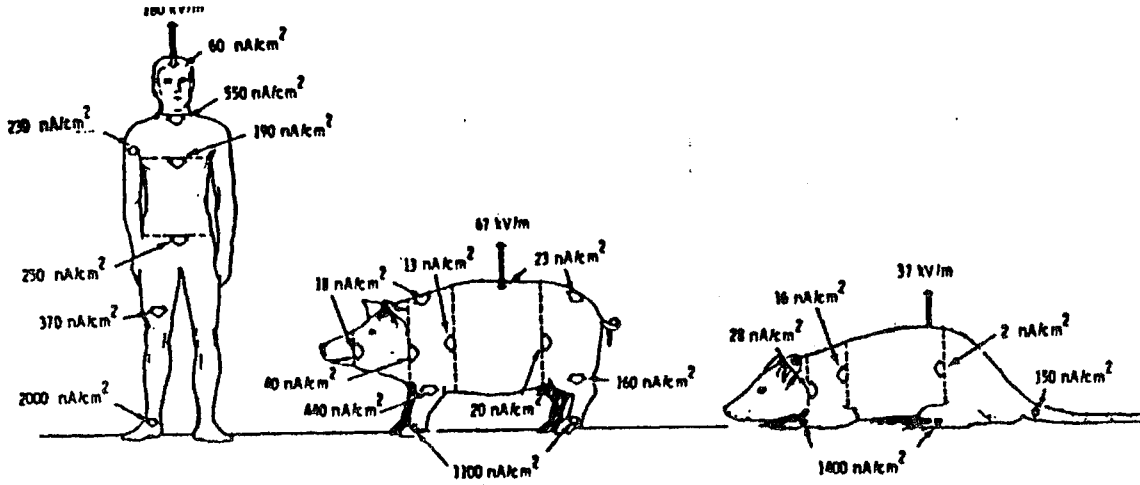
Biyolojik araştırmaların çoğunun hücre sistemleri ve hayvan modelleri ile yürütülmesi daha uygun ve etkili olmaktadır. Elektrik alana maruz kalan hayvanlarda ve modellerde bir kısa devre akımı indüklenir. İnsanlar ve çeşitli hayvanların sabit bir ELF elektrik alanlara maruziyetleri esnasındaki toplam indüklenen akımlar Tablo 3.1 'de verilmiştir.

Tablo 3.1 ELF Elektrik Alan Tarafından Hayvanlar ve İnsanlarda İndüklenen Akımlar

Türler	Akım (A)
İnsan	$5.0 \times 10^{-8} \cdot f \cdot W_2 / 3.E_0$
At	$8.5 \times 10^{-8} \cdot f \cdot W_2 / 3.E_0$
İnek	$8.6 \times 10^{-8} \cdot f \cdot W_2 / 3.E_0$
Domuz	$7.7 \times 10^{-8} \cdot f \cdot W_2 / 3.E_0$
Yaban Domuzu	$4.2 \times 10^{-8} \cdot f \cdot W_2 / 3.E_0$
Fare	$4.0 \times 10^{-8} \cdot f \cdot W_2 / 3.E_0$

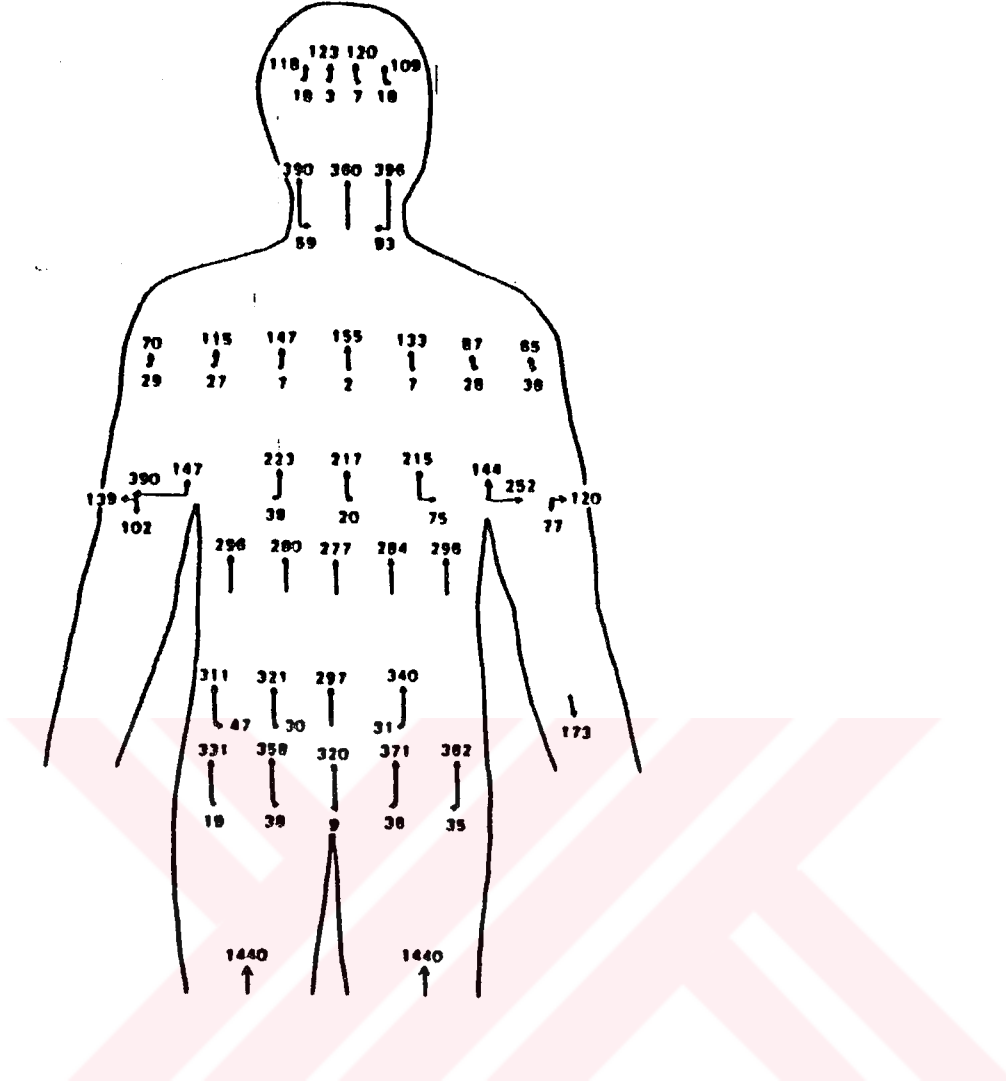
Burada; f , Hz olarak frekans, W , türlerin gram olarak ağırlığı, E_0 , ortamdaki V/m olarak elektrik alan şiddetidir (WHO, 1989).

10 kV/m 60 Hz'lik elektrik alanlara maruz bırakılan üç modelin yüzey elektrik alanları ve akım yoğunlukları Şekil 3.2 de verilmiştir (WHO, 1989 ve Gandhi, 1990). Verilerin değerlendirilmesiyle üç model tarafından maruz kalınan elektrik alanların dozajının tamamen farklı olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2 İnsan, domuz ve sıçanın yüzeyi üzerindeki en yüksek nokta için elektrik alan değerleri (WHO, 1989)

Doz, indüklenen akım yoğunluğu (vücudun uzunluğu boyunca) yada yüzeysel elektrik alan tepe değeri ile gösterilirse, değerler insanda hayvan modellerinden daha büyüktür. Bu nedenle eğer bir türden diğerine bilinen biyolojik verilerden bilinmeyen tahmin istenirse, düzenlemeler maruziyet parametrelerini ölçülendirmek için yapılmalıdır. Türler arasındaki farkları dengelemek için bir çarpan (ölçü faktörü) kullanılır. Örneğin vücudun üzerinde yüzey alanlar (sırasıyla, insan, domuz ve sıçan için 180, 67 ve 37 kV/m) bu türler için 1 : 2,7 : 4,9 ölçülendirme faktörü gerekir. Boyunda aksel akım yoğunluğunun karşılaştırılması durumunda ölçülendirme faktörü 1: 13,8: 13,6 'dır. Bu değerler karın altından geçen akım yoğunlukları için 1 : 12,5 : 125 olarak değişir. Karşı türlerin bilinen verilerinden bilinmeyenleri hassas olarak tahmin oranı için belirli biyolojik uç noktalarda etkinin özel durumu hakkında ilave bilgiler gerekir. Dikey olarak 10 kV/m elektrik alanına maruz kalan insan modeli için akım yoğunluğu Şekil 3.3 de gösterilmiştir. Benzer veriler hayvan modelleri için de araştırmacılar tarafından elde edilmiştir.



Şekil 3.3 10 kV/m, 60 Hz elektrik alana maruz kalan insan modelinde ölçülen akım (nA/cm²) yoğunlukları.

İnsanların yada hayvanların ELF magnetik alanlara kuplajı elektrik alan kuplajından farklıdır. Biyolojik organizmalar ELF magnetik alanlara bağlı rahatsızlık vermeseler de, indüklenen girdap akımında iletim yolu olarak görev yaparlar. Bu dolaşan akımlar gelen magnetik alanın doğrultusuna dik düzlem içinde oluşur. Dış magnetik alan tarafından indüklenen elektrik alanın büyüklüğü çevrim boyutuna bağlıdır. 10 kV/m elektrik alanı ile 30 x 10 T magnetik alanlar tarafından insan içinde indüklenen elektrik alanının bağlı büyüklüğü karşılaştırılırsa, elektrik alan tarafından indüklenen iç alanlar, magnetik alan tarafından indüklenenden daha büyüktür (Spiegel, 1977; Ghandi, 1990).

İnsan sağlığı üzerinde ELF EM alanların muhtemel sağlığa zararlı etkileri hakkında ilk incelemeler Sovyetler Birliğinde 1960' ların sonu 1970 'lerin başlarında çıktı. Bu çalışmalar ile, 26 kV/m 'ye kadar elektrik alana maruz kalan manevra anahtarlama işçilerinde baş ağrısı, sindirim bozukluğu, kardiyovasküler değişimler, libido (şehvet) azalması, uykusuzluk, sinirlilik artması gibi maruziyetle ilgili semptomlar ortaya atıldı. Bu bulgular, Sovyetler Birliğinde ve çeşitli ülkelerde araştırmaların artmasına neden oldu. ELF EM radyasyona insanların maruz kalmaları neticesinde potansiyel biyolojik olayların belirlenmesi için birçok araştırma başlatıldı. 50 Hz de 1, 15 ve 20 kV/m 'lik alanlara kısa periyotlar için maruz kalan 100 gönüllü için kapsamlı klinik değerlendirme neticesinde, alanla ilgili sadece beyaz kan hücrelerinde hafif artma, reaksiyon süresinde hafif azalma ve norepinephrine seviyesinde hafif yükselme gibi birkaç etki gözlemlendi.

Polonya 'da yürütölen bir çalışmada 35 gönüllü üzerinde 50 Hz elektrik alanlarda ışık ve ses uyarımına bilinçli reaksiyon ölçöldü. 10 kV/m 'den büyük alan şiddetlerinde her iki uyarım tipi içinde reaksiyon süresinin arttığı gözlemlendi. Bir başka çalışmada ise, 100 den fazla denek üzerinde zamanla değişen magnetik alanlara (5 Hz den 1 kHz'e, B 100 mT 'dan az) maruziyet gözlemlendi. EEG, elektro kardiyogram, kan basıncı ve vücut sıcaklığı ölçömleri maruziyetin etkisinin olmadığını göstermiştir. İnsanlarda magnetik alanlara maruziyetin biyolojik etkisi üzerine çalışmaların en yaygını " phosphenes " olarak bilinen görüntü ile ilgili olaydır. Bu olay, retinayı uyaran elektriksel akım indüksiyonunun meydana gelmesiyle görülür.

Elektrik ve magnetik alanlar ile insanların etkileşimleri esas hedef olsa da, çoğu biyolojik araştırma alanlarında çalışmaların çeşitli hayvan türleri üzerinde yürütölmesi daha uygun olmaktadır.

ELF alanlara maruz kalan hayvanlardaki biyolojik etkilerin çoğunluğunun direk yada dolaylı olarak sinir sistemiyle ilgili olduğu gözlenmiştir. Sinir sistemi, elektriksel sinyallere uyumlu işlemler ve dokulardan ibarettir. Çevresi ile hayvanın etkileşiminde bu sistem fonksiyonel ve yapısal olarak karmaşıktır. Dış uyarımdan duyum girişinin geçişi bu gibi bilgilerin merkezi işlemleri ve sonuç olarak dışarı götürölen dokunun ve organların canlandırılması gibi etkileşimin temel karakteristikleri ile, ELF maruziyeti ve gözlenen

biyolojik sonuçlar arasındaki muhtemel bağlantılar belirlenebilir.

İlk deneysel çalışmalarda, sinir sistemi fonksiyonu ile ilgili olan davranışlar öncelikle gözlenmiş ve arasına da sinir sistemi parametreleri ölçülmüştür. 1970 'lerin sonlarındaki ELF maruziyetin sinir sistemi fonksiyonları üzerindeki etkisi çalışmaları, genel olarak üç katagoride sınıflandırılabilir; aktivitenin değerlendirilmesi yada irkilme-tepki davranışı, stres ile ilgili hormonların değerlendirilmesi (corticosteroidler gibi), merkezi sinir sistem cevaplarının genel ölçümleri (EEG ve ana tepki süreleri gibi).

Canlı organizmaların metabolizma ve fonksiyonların statik olmadan uzak yani dinamik olduğu gösterilmiştir. Bu dinamiklerin ana elemanları değişken frekanslı endogeneous (örneğin: ultradian, circadian ve infradian) ritimlerdir. Dış etkilere bağlı olarak büyüyen çevresel etkileyici olaylara cevap veren bu biyolojik ritimler, genellikle p phase-locked ritimlerinin bir kompleks karşımıdır ve organizmanın fizyolojik ve psikolojik oluşumu üzerinde önemli etkileri vardır. Biokimyasal işlemler, hücrelerle ilgili bağlantılar ve fonksiyonel sistemler, çevreye tepki olarak bütün sisteme etki eden endogeneous ritimler ile ilgili dolaylı anlatımlar vardır. Bu ritimler altında uzuvların görevini yapmaması esashi olarak organizmanın bozulması ve biyolojik etkilerin değişimini gösterir. Araştırmaların çoğu doğal biyolojik ritimler üzerinde ELF elektromagnetik alanların etkisini araştırmaya yöneliktir. 1983 de yapılan bir araştırmada 60 Hz elektrik alanlara maruz bırakılan sıçan ve farelerde hem circadian ve hem de ultradian ritimler araştırmak için metabolik indikatörler kullanıldı. Sonuçta, sıçanlar üzerinde maruziyetin etkisi görülmedi, fakat erkek farelerde oxidative metabolizmanın ritimleri ve aktivitesi maruziyet ile faz kaymasının olabileceği görüldü.

Bir başka araştırmada, sıçanlarda indolaminlerin ve enzimlerin üretiminin ölçümü ile circadian aktivitenin görünüşü araştırıldı. 1.5 ... ~ 40 kV/m alana maruz bırakılan sıçanlarda beyin epifizinde melatonin ve biosynthetic enzimlerin artışında önemli azalma gözlemiştir. Sıçan ve farelerde nocturnal beyin bileşimlerinin dönel magnetik alanlara duyarlı olduğu saptanmıştır (Gandhi, 1990; Carstensen,1987).

3.2. Alan Etkisinde Çalışan Kişilerin Tıbbi Denetimi

Elektromagnetik alanların insanlar üzerindeki etkilerinin saptanmasında, gönüllü kişiler ya da çeşitli hayvan türleri üzerinde bir dizi deneysel incelemeler yapılmıştır. Gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri, organizma üzerinde zararlı etkilerin görülmeye başlanacağı şiddet eşiğini belirlemeyi ve alanın istenmeyen etkilerine uğramış kişilerin tedavisi için yöntemler geliştirilmesini olanaklı kılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarının, insan patolojisinin tümünü kapsayacak biçimde genelleştirilebilmesi ise tartışma konusudur. Bu nedenle laboratuvar deneylerinin yanı sıra, elektromagnetik alanların etkisi altında çalışan kişilerde görülebilecek değişimleri bizzat incelemek gerekmektedir. Bu konuda ise iki farklı yol izlenmiştir:

1. Bir yanda Amerikalılar, elektromagnetik alanların etkisinde kalan işçilerde olası organik değişimleri periyodik muayenelerle saptamaya çalışmaktadırlar.
2. Öte yandan diğer araştırmacılar, işçilerin çeşitli organlarında ve sistemlerinde ortaya çıkabilecek işlevsel ve organik değişimleri doğrudan işyerinde, alan içinde kalış süresinin uzunluğuna bağlı olarak ve çalışma süreci içerisinde ya da sonunda incelemeyi tercih etmektedirler.

Burada sunulacak olan veriler, Amerikalıların araştırmalarına benzer bir araştırma ile ilgilidir (izlenen yol açısından) ve hastalıkların nedenlerini belirlemek için yapılan periyodik incelemelerin sonucudur. Bu veriler, transformatör merkezlerinde ve yüksek gerilim hatlarında çalışan 84 işçiden oluşan deney grubu ile alçak gerilim hava hatlarında çalışan 94 işçinin yer aldığı denetim grubu üzerinde yapılan araştırmalardan elde edilmiştir.

Verilerin incelenmesine geçmeden önce, transformatör merkezlerinde ve yüksek gerilim hatlarında çalışan işçilerin yaptıkları işlerin niteliğinden kısaca söz edelim.

3.2.1. Transformatör Merkezinde Çalışan İşçiler

I. Sekizer saatlik üç vardiyanın yapıldığı günlük normal çalışma, esas olarak arızaların gözlendiği denetim kabini içerisindeki gösterge panolarının izlenmesinden oluşur. Her saat başında bu göstergeler gözden geçirilerek okunan değerler ilgili defterlere kaydedilir. Yükün durumuna bağlı olarak gerilimin ayarlanması için de bir uzak denetim birimi devreye sokulur. Her vardiyada ilgili işçi, transformatörlerin sıcaklığını denetlemek için dışarıya çıkar.

Sabah vardiyasında, yüksek gerilim taşıyan aletlerin incelenmesi, korunma odalarına girilerek yapılır. Transformatör merkezine dört tane 400 kV'luk, üç tane 220 kV'luk ve altı tane de 138 kV'luk hat gelmektedir. Adı geçen hatların yakınında çalışan işçi, burada en fazla on beş dakika kalır.

II. Bir boşalma olay görüldüğünde (bunun yılda en fazla 10-13 kez olduğu belirtilmektedir) normal olarak otomatik kapama devresi çalışır, eğer sonuç alınmazsa gerekli önlemlerin alınması için işletme dairesine haber verilir. Daha sonra koruma odalarındaki koruma aletlerinin hangilerinin bozulduğu saptanır.

3.2.2. Yüksek Gerilim Hatlarında Çalışan Hat İşçileri

I. Hat işçilerinin görevleri, hattın denetimi için yapılan çalışmaların bütününden oluşur. Hattın denetimi için hat işçisi tekerlekli bir araç kullanarak ustabaşının göstereceği yerlere gider. Buralarda arabanın dışında (ayakta) en fazla 10 km uzunluğundaki hattın denetim ve ölçmelerine başlar. İşçi, yolu üzerindeki direklerde, yalıtımda ya da iletkenlerde bir arıza olup olmadığını araştırır. Olağanın dışında bir durumla karşılaşırsa, kendisi hiçbir şey yapmadan ustabaşıya haber vermek zorundadır. Bu tür çalışma haftada 3-4 kez tekrarlanır. Denetlenecek yerler ustabaşınca saptanır.

II. Arızaların giderilmesi çalışmaları kapsamında izolatörlerin değiştirilmesi,

- İletkenlerdeki arızaların giderilmesi,
- İşe yaramayan (kırılmış) direklerin yenilenmesi gerçekleştirilir.

Bir ay içinde üç ya da dört arıza görülmektedir. Onarım işleri, bir ustabaşı veya idareci yönetiminde, koruma grubunun elemanlarından oluşan bir ekip tarafından yürütülmektedir.

Ana gerilim hatlarında çalışan işçiler, aşağıdaki hatların bakımını yapmaktadırlar (parantez içindeki sayılar çalışma süreleridir):telefon hatları (toplam çalışma süresinin % 10' u), 11 kV'luk hatlar (% 5' i), 66 kV'luk hatlar (% 25' i), 132 kV' luk hatlar (% 25' i), 220 kV' luk hatlar (% 20' si) ve 400 kV'luk hatlar (% 15' i).

3.2.3. Bulgular

Bu bölümde, elde edilen bulguların ayrıntılı olarak incelenmesi, birbirleriyle olan ilişkilerinin saptanması yer almaktadır. Bu bulgular, dört yıllık bir döneme ilişkindir ve aşağıdaki plana göre yapılan incelemelerin sonucunda elde edilmişlerdir:

- İşçi tarafından yanıtlanmak üzere, onun kalıtsal ve kişisel geçmişi, beslenme alışkanlıkları, sigara ve içki kullanıp kullanmaması, hareketlilik derecesi, kalıtsal ve kişisel olarak şişmanlık eğilimi, fiziksel gücü, kalp ve beyin gibi organları bakımından atardamar yetmezliği gibi konulara ilişkin bir dizi soru hazırlamak,
- Doktor tarafından kaydedilen anamnezler,
- Klinik incelemeleri; vücut ölçüleri, ağırlık, gerçek yaşını ne ölçüde gösterdiği, atardamar atışı, osilometrik endeks, vb.,
- Gözün ağ tabakasının incelenmesi. Göğsün röntgen muayenesi,
- Elektrokardiyografik inceleme,
- Biyolojik inceleme; glikoz, kolesterol, trigliseridler, üre, kandaki ürik asit,
- Kanla ve idrarla ilgili muayeneler.

3.2.3.1. Transformatör Merkezlerin ve Ana Gerilim Hatlarında Çalışanlarda

I. Periyodik Çalışmalarda Kaydedilen Değişiklikler

Lokomotif sistemde	%27,9
Sindirim sisteminde	%25,0

Sinir sisteminde	%16,7
Kulak - burun - boğaz	%13,1
Dolaşım sisteminde	%11,9
Solunum sisteminde	%10,7
Oftalmolojide	% 4,5
Genito - üriner sistem	% 3,6
Dermatolojide	% 2,3
Endokrin sistemde	% 0,8

Sağ yarıda gösterilen sayılar, adı geçen değişikliklerin gözlendiği işçi sayısının, incelemeye katılan toplam işçi sayısına oranını yüzde olarak vermektedir.

Kan çözümlemesi (sayılar incelenen gruba ilişkin ortalamalardır):

Üre	% 27,2	mg
Glikoz	% 94,5	mg
Ürik asit	% 4,7	mg
Kolesterol	% 225,0	mg
Trigliseridler	% 154,6	mg

84 kişilik grubun yaş ortalaması 47,7' dir.

II. Hastalık Sebebiyle Görevden Uzak Kalma

Hastalanıp izin alanların sayısı	121,0
Kaybedilen süre (gün cinsinden)	2541,0
Ortalama sıklık	35,12

III. Hastalık Sebebiyle İzin Alanların Rahatsızlıklarına Göre Sınıflandırılması

Bronşit - grip	% 41,1
Sindirim hastalıkları	% 16,3
Lokomotör sistem hastalıkları	% 19,4
Otorinolojik hastalıklar	% 9,7
Genito - üriner hastalıklar	% 6,9

Sinir sistemi hastalıkları	% 2,5
Cilt hastalıkları	% 0,8
Göz hastalıklar	% 0,8
Adlandırılmayan teşhisler	% 2,5

3.2.3.2. Alçak Gerilim Hatları, Elektrik Ölçme Aletleri ve Arızalar

I. Periyodik Çalışmalarda Kaydedilen Değişiklikler

Lokomotif sistem	% 14,8
Sindirim sistemi	% 20,8
Kulak - burun - boğaz	% 19,9
Dolaşım sistemi	% 11,1
Sinir sistemi	% 11,1
Solunum sistemi	% 11,1
Oftalmoloji	% 3,7
Genito - üriner sistem	% 4,4
Dermatoloji	% 1,8
Endokrin sistem	% 1,8

Kan çözümlemesi (sayılar incelenen gruba ilişkin ortalamalardır):

Üre	% 26,5 mg
Glikoz	% 96,0 mg
Ürik asit	% 4,7 mg
Kolesterol	% 220 mg
Trigliseridler	%148,4 mg
94 işçinin yer aldığı grubun yaş ortalaması	43,78' dir.

II. Hastalık Sebebiyle Görevden Uzak Kalma

Hazırlanıp izin alanların sayısı	177,0
Kaybedilen süre (gün cinsinden)	3881,0

Ortalama sıklık 47,07

III. Hastalık Sebebiyle İzin Alanların Rahatsızlıklarına Göre Sınıflandırılması

Bronşit - grip	%45,5
Sindirim hastalıkları	%11,4
Lokomotif sistem hastalıkları	%17,1
Otorinolojik hastalıklar	%14,2
Dolaşım hastalıkları	% 4,5
Genito - üriner hastalıklar	% 3,4
Cilt hastalıkları	% 1,1
Göz hastalıkları	% 1,1
Adlandırılmayan teşhisler	% 1,7

3.2.4. Değerlendirme

I. İncelemelerin Sonuçları

Gözlenen düzensizliklerin yüzdesi, birinci grupta daha yüksek bulunmuştur. Bu grubun yaş ortalamasının ikinci grubunkinden 3,5 yıl fazla olması ve aşağıda sayılan nedenler bu farklılığı açıklayabilir. Aşağıdaki üç sistemde de, birinci gruptaki kişiler için (ikinci gruba göre) oldukça yüksek düzensizlik oranı görülmüştür.

II. Sindirim Sistemi

Beslenme alışkanlıkları hem zamanlama hem de yiyeceklerin cinsi açısından bir gruptan diğerine değişiklik göstermektedir. Birinci grupta, ana gerilim hattında çalışanlardan bir kısmı ara sıra piknik tipi soğuk yiyecekleri tercih etmişlerdir. İkinci gruptaki işçilerin hemen hepsi, yiyeceklerini evde yada ev yemeklerine benzer yemeklerin bulunacağı yerlerde yemektirler.

III. Lokomotif Sistem

Kaydedilmiş olan düzensizliklerin hemen hepsi romatizma cinsi rahatsızlıklardır. Ana gerilim hatlarında çalışan işçiler, diğer gruptakilere göre daha fazla soğuk ve nemin etkisinde kalmaktadırlar.

IV. Sinir Sistemi

En fazla görülen düzensizlikler şiddetli baş ağrıları olmuştur. Bu ağrıların yapılan iş ile ilgisi olup olmadığını saptamak için araştırmaları sürdürmek gerekmektedir. Biyokimyasal incelemelerin sonunda, iki grup arasında önemli sayılabilecek farklılıklara rastlanmamıştır.

V. Hastalık Neden Gösterilerek Görevden Uzak Kalma

İncelemelere ve görevden uzak kalış sıklığına ilişkin sayılar arasında bir çelişki varmış gibi görünmektedir; birinci grupta daha fazla rahatsızlık kanıtlarına fakat daha az hastalık nedeniyle izne çıkma olaylarına rastlanmaktadır. Bunun nedeni şöyle açıklanabilir; ana gerilim hatlarında çalışan işçiler bedensel olarak daha kuvvetlidirler, bu, yaptıkları işin gereğidir. Hastalık nedeniyle izne ayrılmalar hatlarda çalışan işçilerde, sürekli olarak istasyonda çalışan işçilere göre daha az sayıdadır.

İzne ayrılanların hastalıklarının nedeni bakımından, iki grup arasında sindirim hastalıklarının oluş sıklığındaki farklılık, daha önce inceleme sonuçlarında açıklanmıştı; otorinolojik hastalıkların belirme sıklığında ise iki grup arasında önemli bir ayrılığa rastlanmamıştır.

Bu incelemede yer alan verilerden, elektromagnetik alanların işçiler üzerinde uzun süreli patolojik etkilerinin olmadığı sonucu çıkarılabilir. Ancak, işçilerin alan etkisinde kalış sürelerinin, özellikle çok yüksek gerilim söz konusu olduğunda (400 kV], oldukça kısa olduğunu unutmamak gerekir.

Burada incelenmesi gereken bir sorun olarak, baş ağrılarının yapılan iş ile ilgisinin olup

olmadığının saptanması görülmektedir (Malyboysson, E. 1977)

3.3.İnsanlarda Görülen Hastalıklar

Elektrik ve magnetik alanlarla bir hastalığın oluşumu arasında herhangi bir ilişkinin söz konusu olup olmadığı konusundaki en önemli bulgular epidemiolojik çalışmalar sonucunda elde edilmiştir.

Epidemiolojik çalışmaların amacı, bağıl riski hesaplayarak, elektrik ve magnetik alan gibi belirli bir etkiye maruz kalma ile belirli bir hastalık veya diğer sağlık sorunları arasında bir bağıllığın olup olmadığını saptamaktır.

Bağıl risk, bir etkiye maruz kalan kişiler arasındaki hastalık riskinin, bu etkiye maruz kalmayan genellikle kontrol topluluğu olarak gösterilen kişiler arasındaki hastalık riskine oranıdır.

Etkiye maruz kalan kişilerdeki risk

Bağıl risk=Etkiye maruz kalmayan kişilerdeki risk

(Etkiye maruz kalan kişilerdeki risk)

$$\text{Bağıl risk} = \frac{\text{(Etkiye maruz kalan kişilerdeki risk)}}{\text{(Etkiye maruz kalmayan kişilerdeki risk)}} \quad (3.1)$$

Eğer bağıl risk birden önemli derecede büyükse, çalışmanın gerçekleştirilmesinde veya düzenlenmesindeki bir bozukluktan ortaya çıkan bir ön yargı nedeniyle hastalık ile etki arasındaki ilişki yapay mı yoksa gerçek mi diye düşünülebilir. Örneğin, gözlemlenen bağıllık eğer uygun olarak toplanmayan verilerden ortaya çıkmışsa sahte bir bağıllık olabilir. Hatta gözlemlenen bağıllık gerçek olduğu zaman bile, bir etkiye maruz kalma sonucu mu hastalık ortaya çıkmıştır, yoksa hem bir etkiye maruz kalma hem de başka bir faktörün ortaya çıkması mı, yoksa sadece bu başka faktör mü hastalığın nedenidir? Böyle bir bağıllık diğer, sık olarak dikkate alınmayan faktörler yüzünden sahte bir bağıllık

değildir fakat şartsız bir bağılıktır. Elektrik veya magnetik alanlara maruz kalma sonucu artan kanser riski ile ilgili yayınlar ve bulgular özel bir durum olarak, bu duruma göre tekrar gözden geçirilmelidir. (Davis , J.G. , Mills, W.A. 1993)

Elektrik ve magnetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileriyle ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen elde edilen bulgular tatmin edici değildir.

Konuyla ilgili olarak 1984 ve 1987 yılları arasında yayınlanan birçok raporda biyolojik sistemlerin şebeke frekansındaki elektrik ve magnetik alanlara karşı duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Biological ..., September (1989)

Yayınlanan bu raporlardan biri olan New York Güç Hatları Danışma Komitesi'nin (NYS) raporunda elektrik ve magnetik alanlara maruz kalmadan kaynaklanan biyolojik etkilerin mümkün olacağı, ayrıca çocuk kanserlerindeki artışla birlikte başka sağlık sorunlarına da yol açabileceğinin muhtemel olduğu sonucuna varılmıştır. Biology Effects... (1987)

Konuyla ilgili iki rapor da Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) tarafından yayınlanmıştır. Bu raporların ilkinde elektrik alanının 10 kV/m'yi aştığı yerleşim ve işyeri sahalarında elektrik alanlarına maruz kalmanın sınırlandırılması gerektiği belirtilmiştir. Bu sınırlamaya 1 kV/m'ya kadar alan şiddetleri için uyulması önerilmiştir. Environmental Healt..., (1984) İkinci WHO raporu zamanla değişen magnetik alanların insan üzerindeki etkileri konusunda mevcut verilerle ilgilidir. Raporda 50 - 60 Hz frekanslar için şu sonuçlara varılmıştır:

- a) 5 mT'nin altındaki magnetik alanlara maruz kalan insanlarda önemli biyolojik etkiler görülmemiştir.
- b) 5 mT'le 50 mT arasındaki alanlara kısa süreli maruz kalmalarda küçük geçici sağlık sorunlarına neden olabilen biyolojik etkiler görülmüştür. Fakat uzun süreli (birkaç saat, gün veya hafta maruz kalmalarda sağlık sorunlarının neler olabileceği bilinmemektedir.
- c) 50 mT'dan büyük alanlara maruz kalma, değişik sağlık sorunları meydana getiren çeşitli

hücre uyarı seviyelerinin aşılmasına neden olur. Environmental Healt..., (1984)

Bahsedilen NYS ve WHO raporlarının vardığı sonuç kullanılan verilerin güvenli veya güvensiz olan seviyelerini belirlemek için yetersiz olduğudur. Biological ..., September (1989)

3.3.1. İnsanların Büyümesi Üzerindeki Etkiler

Elektrik ve magnetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda 1989 yılında Amerika'da düzenlenen bir panelde sunulan çalışmalarda alanların biyolojik etkilerinin özellikle hücreler ve dokular üzerinde olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla kanser, üreme sorunları ve hastalıkların oluşumu sistematik olarak büyüme kontrolündeki düzensizlikler nedeniyle meydana gelmektedir. (Davis , J.G 1993)

Çalışmaların hedefi, elektrik ve magnetik alanlardan etkilenebilen hücreleri kontrol eden düzenleyici proseslerdeki bileşenlerin nicel ve nitel olarak belirlenmesidir. Buna göre yapılan araştırmalar iskelet dokuları da dahil memeli hayvanların doku ve hücrelerini geniş bir spektrumda inceleyerek sürdürülmekte olan deneysel çalışmalardır. Biyokimyasal ve moleküler parametreler üzerindeki etkiler, hücre fonksiyonlarıyla ilgili olarak hücre şekli ve yapısı dikkate alınarak incelenmiştir.

Biyolojik etkiler hakkında ilk bilgiler, bakteriler ve daha küçük yapıdaki hücreler üzerinde yapılan araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Bu ön çalışmalar elektrik ve magnetik alanların hücreler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde faydalı olmuştur. Bununla birlikte bu bilgiler insana uygulanırken aradaki fark dikkate alınmalıdır. Çünkü bu organizmalar memelilere göre daha basit yapıya sahiptir. (Davis , J.G 1993)

Thomas S. Tenforde tarafından yapılan bir çalışmada elektrik ve magnetik alanların özellikle hücre zarında yapılan ve Ca^{2+} iyonu tarafından meydana getirilen işaret yolunda oluşturacağı değişiklikler incelenmiştir. Yine bu çalışmada birçok duruma göre elektromagnetik alan etkisi altındaki hücrelerin değişen fonksiyon özellikleri araştırılmıştır. (Tenforde , T.S. 1993.)

A.B.D. Teknoloji Değerlendirme Bürosunun (OTA) iletim hatlarının ürettiği elektrik ve magnetik alanların halk sağlığı üzerindeki etkileri konulu raporunda elektrik ve magnetik alanlar ile hücrenin etkileşiminin hücre zarında olduğunu ve elektromagnetik alanların vücudun elektrik düzeninde oluşturabileceği küçük bir işaret değiştirmesinin bile hücrenin çalışmasında kritik öneme sahip biyokimyasal değişiklikler için yeterli olduğunu belirtmektedir.

Ayrıca elektromagnetik alanlar normal büyüme işlemini yürüten hücrelere etki ederek özelliklerini bozmaktadır. (Şeker, S 1994.)

Yapılan bir başka çalışmada da, oluşturacağı risk dikkate alınarak, hergün kısa bir süre hastalar magnetik alana maruz bırakıldığında magnetik alanın hücre yapısına veya dokulara zarar vermediği gözlenmiştir. Fakat bu, uzun süre etki altında kalındığında aynı sonuçların alınacağını göstermez. Biological ..., September (1989)

3.3.2. Kanser Oluşumu Üzerindeki Etkiler

Yüksek gerilimli sistemlerin avantajı ekonomikliği ve mühendislik motivasyonuna uygun oluşudur. Örneğin, tek bir 765 kV'luk hattın konstrüksiyon maliyeti 30 adet 138 kV'luk hattın konstrüksiyon maliyetinin onda biridir. Aynı zamanda kilovat başına müsaade edilen kablo geçiş mesafesinin sadece 1/13'ünü kullanarak 30 adet 138 kV'luk hattın oluşturduğundan fazladır. (Denno, K. 1992)

Douglas tarafından yapılan bir çalışmada 765 kV'luk bir hattın bir - iki yüz metre uzakta bulunan bir insan 2 kV/m'lik bir elektrik alana maruz kalırken, hattın altında bulunan bir insanın 10 kV/m'lik bir alana maruz kaldığı gözlenmiştir. (Douglas, J., Male, R., Kavet, R., Newell, G., Perhac, R., Sagan, L., 1984)

1977'de Mirnesota ve Kuzey Dakota arasında düşünülen + - 400 kV'luk doğru gerilim hattının yapımı esnasında halkın muhalefeti yoğun olmuştur. 1978'de hat tamamlandıktan sonra çevrede oturanlar burun kanamaları , çocuk düşürmeleri, deri tahrişleri ve stres gibi sağlık problemlerinden şikayet etmişlerdir. Bu şikayetler sonucu Mirnesota Çevresel

Özellikler Kurulu'nun başlattığı araştırmalarda elektromagnetik alanların meydana getirdiği söylenen olumsuz etkilerle ilgili hiçbir kanıt bulunamamıştır. (Denno, K. 1992)

Bu konudaki ilk çalışmalar 1979'da Kolerado Üniversitesinde araştırma yapan Nancy Wertheimer tarafından başlatılmış ve aynı yıl yapılan Epidemoloji dergisinde Wertheimer ve Ed Leeper'in elektromagnetik alanların kanser riski üzerindeki etkileri konusunda yaptıkları araştırmalara yer verilmiştir. Bu araştırma raporunda güç hatları tarafından üretilen 300 nT seviyesindeki alanların çocuk kanserlerinde önemli bir şekilde etkili olduğu belirtilmiştir. (MacLanane, D.1994)

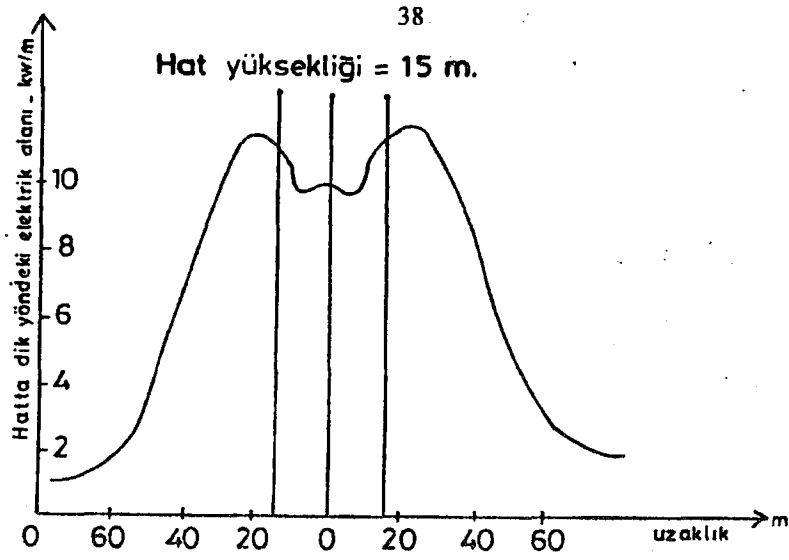
Bununla birlikte Brown Üniversitesi araştırmacılarından bir grup aynı konuyla ilgili yaptıkları araştırmada Wertheimer ve Leeper tarafından bulunan sonuçları destekleyici hiçbir veriye rastlamamışlardır.

H.Daniel Roth, Elektrik Gücü Araştırma Enstitüsü için Wertheimer ve Leeper'in çalışmalarını kritik ederek kanserin gizli sebeplerinden olan kirlilik, kalıtım ve diyet gibi sebeplerin çalışmaları esnasında dikkate alınmadığı sonucuna varmıştır

Roth tarafından yapılan kritik sonucu, Brown Üniversitesindeki araştırmacılarda kanser oluşumunda etkili olabileceği belirtilen nedenleri göz ardı ettiklerinden çalışmalarını geri çekmek zorunda kaldılar. (Denno, K. 1992)

Şekil 3.4'de bir iletim hattı altında orta fazdan uzaklığı göre alan dağılımı gösterilmektedir.

1980'de, Wertheimer ve Leeper tarafından yapılan çalışmaya benzer bir çalışma daha başlatıldı ve bunun sonucunda yüksek gerilim hatlarının meydana getirdiği elektromagnetik alanlarla hatlara yakın yerlerde yaşayan çocuklarda görülen kanser arasında zayıf bir ilişki olduğu belirtildi. (Denno, K. 1992)



Şekil 3.4

1987'de Danver'da David Savitz, yüksek gerilim hatlarının oluşturduğu elektromagnetik alanlarla çocuk kanserleri arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek ve Wertheimer tarafından yapılan çalışmaları incelemek üzere yaptığı araştırmalarda yüksek magnetik alan etkisi altında kalan çocuklarda görülen kanserin, etki altında kalmayanlara göre 1,6 kez daha fazla olduğunu tesbit etmiştir.

1990 yılında, bu bulgular üzerinde yapılan iki yıllık çalışmadan sonra Amerikan Çevre Koruma Ajansı tasarı halinde yayınladığı raporunda magnetik alanların kanserojen etkisinin muhtemel olduğu ve bunların DDT ve formaldehit maddeleriyle aynı risk kategorilerinde yer aldığını belirtmiştir. (MacLanline, D.1994)

Ancak rapor Amerikan Hükümeti tarafından incelenmiş, verilerin yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır.

İngiltere'de Ulusal Radyolojik Koruma Komitesi (NRPB) tarafından yaptırılan bir araştırmada çok düşük frekanslı alanların kanserojen etkilerinin kesin olduğunu gösteren bir veri olmadığı belirtilmiştir. Sonuçlar farklı olmasına karşın bu sonuçları destekleyen bazı zayıf bulgular da vardır. Bu bulgular beyin kanseri ihtimalinin lösemiden daha zayıf olduğunu göstermektedir.

Son olarak 1994 Nisan ayında beş yıllık bir ulusal çalışma başlatıldı. Çalışma minimum 1000 çocuk kanseri üzerinde yapılacak ve 2000 sağlıklı çocuktan elde edilecek sonuçlarla

karşılaştırılacaktır. Her evdeki elektromagnetik alan bir detektörle, çocuğun yastığı üzerinde, yatağın ortasında ve odanın ortasında olacak şekilde ölçülüp, geçici olarak 150 nT ve yukarısının tehlikeli olduğu kabul edilerek ölçümler minimum 48 saat tekrarlanacak. Fakat sonuçta elektromagnetik alanlarla kanser arasında kesin bir ilişki bulunursa ne yapılacak sorusu ortaya çıkıyor. İlk olarak İngiltere Ulusal Şebeke Şirketi maruz kalmanın yeni sınırlarının belirlenmesi gerektiğini, Ulusal Radyolojik Koruma Komitesi ise şebeke frekansındaki magnetik alan limitinin 200 nT civarında olması gerektiğini belirtmiştir. Bununla birlikte Ulusal Şebeke Şirketine göre elektrik direklerinin yerleşim yerlerinden uzak tutulması da gerekmektedir.

İsveç Ulusal Enerji Merkezi de yeni kurulacak okul ve oyun merkezleri gibi yerlerin 200 nT'yi geçen bölgelerden uzak yerlerde kurulmasının gerektiğini belirtmiştir. (MacLanine, D.1994)

Üç mesleki çalışma, elektromagnetik alanların etkisi altında kalmış insanlarda göğüs kanserinin nadiren oluştuğunu göstermesine rağmen bir telefon firmasının, hatlarda çalışan işçileri arasında yaptığı bir başka çalışmada göğüs kanseri bulgusuna rastlanmamıştır.

Elektromagnetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda yapılan epidemiolojik çalışmalar sonucunda elektromagnetik alanlar kanser oluşumunda etkilidir şeklinde bir sonuç çıkmamıştır. (Davis , J.G 1993)

Elektromagnetik alanların kanser oluşumu üzerinde etkisi varsa kanser vakalarının bağıl riskten fazla olması gerekirdi. Ayrıca elektromagnetik alanların bütün yeryüzüne etkisi söz konusu olmasına ve uygulama alanlarının da hızla artmasına rağmen kanser vakalarında önemli bir artış yoktur.

Fakat bu sonuçlar elektromagnetik alanların olumsuz etkilerinin göz ardı edileceği anlamına gelmemelidir.

3.3.3. Üreme Üzerindeki Etkiler

Elektromagnetik alanların üreme üzerindeki etkileri incelenirken araştırmacıları en fazla uğraştıran konu üremeyle ilgili her problemin birçok nedeni olması ve bu nedenlerin genellikle birbiriyle ilişkili olmasıdır. Dolayısıyla çalışmalar rastlantı sonucu oluşan üreme problemleriyle elektromagnetik alan etkisiyle oluşan problemler arasındaki fark üzerinde yoğunlaşmıştır.

Örneğin, elektromagnetik alan gibi çevresel etkilerin embriyonun gelişimi üzerinde meydana getireceği etkileri tahmin etmek önemli bir problem teşkil eder. Embriyonun büyük bir oranı hamileliğin başlangıç dönemlerinde kaybedilir. Bunların % 50'si ilk üç haftada olur.

Dünyaya gelen bebeklerin % 3 ve % 6 arasındakilerde çeşitli sakatlıklar görülmektedir. Fakat bunların değişik sebepler sonucu olduğu bilinmektedir.

Embriyonun gelişimini etkileyen birçok faktör şu şekilde sıralanabilir:

- a) Embriyonik safhalar
- b) Başlangıç olayları
- c) Tür farkları

Elektromagnetik alanla türde bir değişme olur veya olmaz. Ancak etkinin oluşturacağı değişikliklerin organizmanın büyüklüğüyle ilişkili olduğu açıktır. Farklı türler arasında karşılaştırma yapıldığında doz-tepki ilişkisinin son derece önemli olduğu anlaşılmıştır.

Elektromagnetik alanların üreme üzerinde olumsuz etkileri olduğunu veya böyle bir potansiyele sahip olduğunu iddia etmek için konuyu tutarlı ve güvenilir nedenlere dayandırmak gerekir. (Tenforde , T.S. 1993.)

İnsan üremesine etkileri konusunda yapılan çalışmalarda elektrik ve magnetik alanları meydana getiren üç kaynak üzerinde durulmuştur. Bunlar;

- a) Televizyon ve bilgisayar ekranları
- b) Enerji hatları ve elektrikli aletler
- c) Tıbbi teşhislere ait cihazlar

Televizyon ve bilgisayar ekranlarının meydana getirdiği alanların üreme üzerindeki etkisi konusunda yapılan çalışmalar neticesinde herhangi bir zararlı etkilerinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Üreme problemleriyle ilgili olarak hayvanlar üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. En fazla kullanılırsa civciv embriyosu olmuştur. Çalışma mekanizması bakımından civciv embriyosu uygun olmakla birlikte insanlar üzerindeki muhtemel üreme etkilerinin tayininde daha güvenilir bulgular için çalışmaların memeliler üzerinde tekrarlanması gerekir. Civciv embriyoları üzerinde yaklaşık 15 deney yapılmış, ancak tutarlı veriler elde edilemediğinden alan etkilerinin üreme problemi oluşturduğuna dair bir sonuca varılamamıştır.

Bir başka çalışma da inekler üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada inekler dört ay gibi bir süre yüksek gerilim hatları altında bırakılmalarına rağmen üreme özelliklerinde hiç bir bozukluk görülmemiştir. Benzer bir araştırma da fareler üzerinde yapılmış, onlarda da herhangi bir üreme problemine rastlanmamıştır. (Davis , J.G 1993)

Bazı araştırmacılar elektromagnetik alanların mutajenik etkilerinin olduğundan söz etmesine rağmen çoğunluk, alanların bu tür etkilerinin olmadığı görüşünde birleşmektedir. (Davis , J.G 1993), (Denno, K. 1992)

3.3.4. Sinir Sistemi Üzerindeki Etkileri

Davranış değişiklikleri, sinir sistemi problemlerinin başlangıcına işaret olabilir. Davranışlar, sinir sistemi faaliyetlerine oranla gözlemlenebilir olduğundan elektromagnetik alanların etkisi konusunda daha fazla bilgi edinilmesini sağlar. Çoğu zaman büyük davranış değişiklikleri olmasına rağmen sinir sisteminde yapısal bir zarar tesbit etmek mümkün olmayabilir. Elektromagnetik alanların hem davranışlar hem de sinir sistemi

üzerindeki etkileri belli koşullar altında incelenmiş fakat bu iki durum içinde veriler son derece sınırlı kalmıştır.

Elektrik alanının öğrenilmiş davranışlar üzerindeki etkileri, laboratuvar hayvanları üzerinde incelenmiştir. Ayrıca bu konuda yapılan kapsamlı literatür araştırmaları da göstermiştir ki küçük istisnalar dışında elektrik alanının öğrenilmiş davranışlar üzerindeki etkisi çok azdır. (Davis , J.G 1993)

Elektrik alanın etkileri arasında en önemlisi beyin dokusunda bulunan kalsiyum iyonları üzerindeki olumsuz etkileridir. Yapılan yeni çalışmalar elektrik alanın kalsiyumlu dokular üzerindeki etkisinin özellikle alanın frekansına ve şiddetine bağlı olduğunu göstermiştir. (Şeker, S 1994.), (Davis , J.G 1993)

Son yirmi yılda magnetik alanın etkileri konusunda yapılan birçok araştırmada magnetik alanın genel davranışlar üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır. Fakat laboratuvarlarda insanlar üzerinde yapılan incelemeler magnetik alanların genel davranışlar üzerinde herhangi bir etkisi olduğuna dair bir sonuç vermemiştir. (Davis , J.G 1993)

Magnetik alanın sinir sistemi üzerinde etkili olduğunu gösteren birçok çalışma olmasına rağmen sonuçlar arasında çelişkiler görülmektedir. (Tenforde , T.S. 1993.)

Araştırmalar magnetik alanın, elektrik alandan daha etkili olduğunu göstermektedir. Şöyle ki, ciddi bir magnetik etki altında kalan mekanizmalarda beyindeki dalgaları ölçen bir cihazın (EEG) bazı bileşenlerinde kısa süreli değişimler gözlenmiştir. Fakat insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda önemli bir etki görülmemiştir.

Elektrik ve magnetik alanların ayrı ayrı olan etkilerinin incelenmesinden başka birlikte olmaları durumu için de çalışmalar yapılmış ancak yeterli sonuçlar elde edilmemiştir.

Bu konuda hayvanlar üzerinde yapılan bir deneyde hayvanlar belli bir süre hem elektrik hem de magnetik alan etkisi altında bırakılmış fakat herhangi bir davranış bozukluğu görülmemiştir.

Fareler üzerinde yapılan bir başka araştırmada ise fareler önce ödüllendirilecek şekilde eğitilip daha sonra elektrik ve magnetik alanların etkisi altında bırakılmıştır. Bu alanların etkisi altında kalan farelerin etki altında kalmayanlara göre cevap verme oranlarında bir azalma görülmüştür.

Elektrik ve magnetik alanlar hayvanlar tarafından fark edilebildiğinden, hayvanlar üzerinde kısa süreler için hafif bir stres görülmüş olmasına rağmen aynı sonuç uzun süreler için geçerli olmamıştır. (Davis , J.G 1993)

İnsan davranışları üzerindeki etkisi ele alındığında ise, günlük yaşantı içindeki kompleks fonksiyonlar arasında çok da önemli bir etkisi olmadığı anlaşılmıştır. (Tenforde , T.S. 1993.)

3.4. Elektrik Alanının Hayvanlar Üzerindeki Biyolojik Etkileri

Burada, 50 kV/m'lik bir alan şiddeti altında çeşitli süreler bırakılan fare ve tavşanlar üzerinde yapılan deneyler özetlenmektedir. Tavşanlar ve fareler, alan etkisi sonucu ortaya çıkabilecek olası biyolojik etkilerin incelenmesinde kullanılmışlardır. Bu etkilerin bazıları, 24 saat sürekli ya da 5 güne yayılmış olarak 70 saat toplam süreli kısa dönem etkidirler; bazıları da 30-180 gün süreli ve günde 8 saat olmak üzere uzun dönem etkidirler. Araştırma, özellikle hayvanların en duyarlı yaşamsal işlevleri üzerinde yoğunlaştırılmış, örneğin yiyecek tüketimi, büyüme, hematoloji, kanın biyokimyası, üreme ve embriyogenesiz incelenmiştir.

3.4.1. İncelemeler

I. Yiyecek Tüketimi

Bu test tavşanın, çevresindeki herhangi bir rahatsız edici etki karşısında daha az yiyecek tükettiği gerçeği göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Deney, 24 saat sürekli alan etkisinde kalan tavşanın yiyecek tüketme durumunda bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Ancak, hayvanların günde 8 saatten 180 gün boyunca alan etkisinde kalmaları

sonucu şunlar gözlenmiştir:

a) İlk haftalarda, alan etkisindeki hayvanlar, denetim hayvanlarından daha az yiyecek tüketmişlerdir;

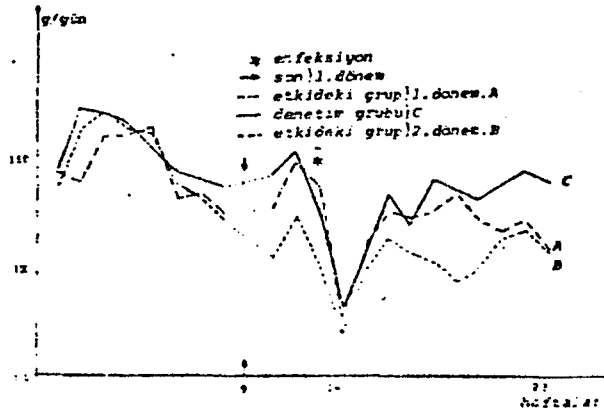
<u>Her Hayvanın Günlük Yiyecek Tüketimi</u>			
	Grup A	Grup B	
	(Alan etkisinde)	(Denetimde)	Grup C
1.hafta	141 ±45	165±35	175±31
2.hafta	163±32	170±31	173±32

Bu alıştırma döneminden sonra, daha ikinci haftada denetim hayvanları ile alan etkisinde kalan hayvanlar arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. (Şekil 3.5)

b) Bu deneyler sırasında bütün hayvanları (denetim hayvanları ve alan etkisinde kalanlar) etkileyen bir hastalık meydana gelmiştir. Bunun sonucunda, doğal olarak. bütün hayvanların yedikleri yiyeceklerin miktarında bir düşüş olmuştur. Daha sonra, alan etkisinde kalmış olan hayvanların eski durumlarını almaları, denetim hayvanlarındakinden daha güç olmuştur. Deneyin ilk dörtte birlik süresi boyunca alan etkisinde kalan Grup A'nın yiyecek tüketimi olağan olmuş, ancak son üç hafta boyunca Grup A, Grup B'ye benzer bir davranış göstermiştir.

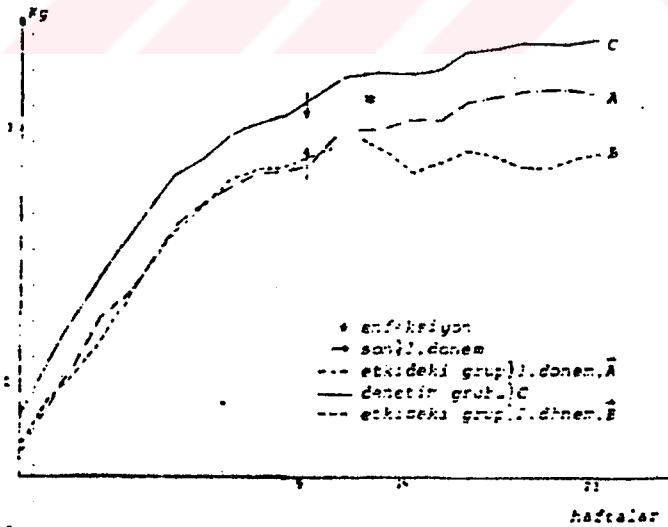
II. Büyüme

Büyüme, günde 8 saatten 180 gün süreyle alan etkisinde tutulan tavşanlarda gözlenmiştir. Hayvanların sağlıklı olduğu dönemlerde her üç grupta da aşağı yukarı aynı düzeyde büyüme gözlenmiştir.(Şekil 3.6) Ancak bulaşıcı bir hastalığı izleyen dönemde alan etkisine uğrayan hayvanların büyüme eğrisinde belirli bir düşüş olmuştur.Aynı sonuçlar, aynı koşullar altında, farelerde daha küçük ölçüde görülmüştür.



Şekil 3.5

23 Haftalık bir deney boyunca tavşanların yiyecek tüketimindeki değişim. İlk evrede hayvanlar büyüme sürelerinin sonuna gelirler ve 9. haftaya doğru deneyin başlangıcındakinden daha az yerler. 10. hafta boyunca hayvanlar farklı kafeslere konulur (hem grup A hem grup B). Yalnızca B grubundaki hayvanların yiyecek tüketiminde görülür bir düşüş saptanmıştır. 14. haftada hastalık salgını her gruptaki hayvanların yedikleri miktarda değişiklik meydana getirir.



Şekil 3.6

23 haftalık deney süresince tavşanların ağırlarındaki değişim.

III. Hematoloji

Tavşanların alanda kısa süreli bırakılması (24 saat sürekli ya da 5 güne yayılmış toplam 70 saat), lökosit ve alyuvarların sayısında, kan damlasının ortalama hacminde, hemoglobinin oranında ve kanın bileşiminde önemli sayılabilecek herhangi bir değişiklik yapmamıştır.

Fareler, günde 8 saatten 180 gün süreyle alan etkisinde kalmışlar, ancak yukarıdaki parametrelerde herhangi bir değişiklik olmamıştır. Tavşanların, günde 8 saatten 180 gün süren uzun dönemli alan etkisinde kalmaları ise şu değişikliklere yol açmıştır:

- a) Alan etkisinde kalan hayvanın lökosit sayısında önemli bir artış (ilk dönemde Grup A, ikinci dönemde de Grup B).
- b) İkinci dönem sırasında, A grubunda alan etkisinde tutulan hayvanlardaki lökosit artışı sürmekte, ancak bu artışın şiddeti öncekine göre daha az gerçekleşmektedir (Şekil 3.7). Bunun dışında, denetim hayvanlarıyla karşılaştırıldığında, alan etkisinde kalan hayvanlarda önemli değişiklikler olmamıştır.
- c) B grubu da aynı dönem içinde lökosit sayısında önemli bir artış gösterir. Bu artış, bu dönem içinde A grubunda kaydedilene benzerdir.
- d) Denetim hayvanlarının lökosit sayısı tüm deney süresi boyunca oldukça az değişmektedir.
- e) Alan etkisinde kalan hayvanların lökosit bileşimindeki değişim önemli ölçüde limfopeni ve nötrofili olarak görülmüştür.
- f) Bu süre boyunca, alyuvarların sayısındaki önemli düşüşün yol açtığı anemi de kaydedilmiştir.

IV. Kanın Biyokimyası

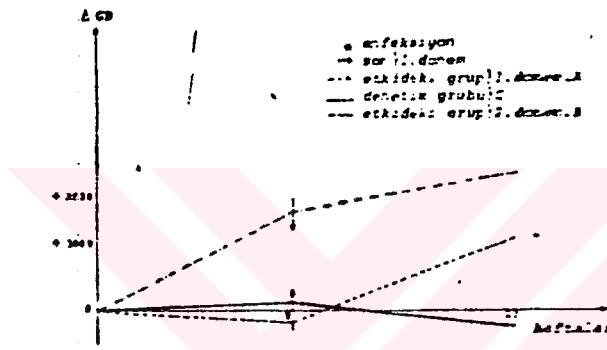
Gözlenen önemli değişiklikler olarak şunlar belirtilmektedir:

a) Üre miktarındaki artış

- Tavşanda (24 saat sürekli alan etkisi sonucu)
- Farede (günde 8 saatten 180 gün süreyle alan etkisi sonucu)

b) 5 güne yayılmış 70 saat süreyle alan etkisinde kalan tavşanlarda hafif bir hiperkalsemi ve hipoglisemi.

c) Günde 8 saat süreyle 180 gün alan etkisinde bırakılan farelerde, cinsiyete göre değişen bazı klinik belirtiler. Bunlar yeni deneyler yapılarak daha belirgin duruma getirilmelidir.



Şekil 2.7

23 haftalık deney süresince tavşandaki lökosit sayısının değişimi. Lökosit sayısındaki artış, alan etkisinde kalan her iki hayvan grubunda da aynı biçimde olmuştur.

Günde 8 saatten 180 gün alanda kalan tavşanlara ilişkin sonuçların ise çözümlenmediği belirtilmiştir.

V. Üreme Üzerine Etkiler

a) Üreme Süresi Üreme süresi, dişi farelerde incelenmiştir. Bu süre, ortalama olarak alan etkisinin olmadığı durumda 4,26 gün olarak ölçülmüş. Günde 8 saatten bir ay süreyle alan etkisinde tutulan 20 hayvanda ise üreme süresinin uzunluğu (4,47 gün) bakımından önemli bir değişiklik görülmemiştir.

b) Embriyojenez:Günde 8 saatten, tüm gebelik süresince alan etkisinde kalan dişi fareler üzerinde, elektrik alanının olası teratojenik etkileri gözlenmiştir. Hayvanlar gebelik dönemi sona ermeden önce otopsi yoluyla incelenmişlerdir (sakat yavruların doğma olasılığına karşı). Denetim hayvanları ve alan etkisinde kalanlar arasında cenin sayısı bakımından bir farklılık gözlenmemiştir.

3.4.2 Bulgular

Yapılan çeşitli deneyler, istatistiksel olarak genellenebilecek önemdeki sonuçların, yalnızca alan etkisinde uzun süreli kalındığında ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Gerçekten, alanın etkimeye başladığı ilk hafta dışında (bu bir haftalık) süre, alana uyum haftası olarak adlandırılabilir) hayvanların yeme alışkanlıklarında, ağırlıklarında ve büyüme hızlarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Ancak bu, ister fare ister tavşan olsun, hastalığa yakalanmış bir hayvan için geçerli değildir. Deney pratiğinden dolayı istatistiksel hesaplamalar fareler için önemli sonuçlar vermemiş olabilir; tavşanlar için ise durum farklıdır.

Hematolojik açıdan, lökosit sayısında önemli artış gözlenmiştir. Bu, hem yetişkin hem de büyümekte olan tavşanlarda böyledir. Bu sonuç, daha önce yapılmış olan başka bir araştırmayla uyum içerisinde.

Halen çalışmaların devam ettiği ve gelecekte alan etkisine kısa dönemli bırakılmış fare ve tavşanlardan elde edilen sonuçların değerlendirilmesini sağlayacak olan biyokimyasal çözümlemelerin önemi tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Deneylerin sonucuna göre, elektrik alanlarının biyolojik etkilerinin olduğu söylenebilir; yine de örneklerde görülen kararsızlıkları göz önüne almak gerekir. Sonuçlardan birçoğu, alan etkilerinin olmadığını gösterdiğinden, alan etkisinin olduğunu gösterir kabul edilen sonuçların daha dikkatli incelenmesi zorunluluğu vardır (Bars , H. , Andre G. 1977)

4. 500 KV'LUK BİR HATTIN YAKININDA BULUNAN EVLERİN ÇEVRESİNDE VE İÇİNDE YAPILAN ALAN ÖLÇÜMLERİ

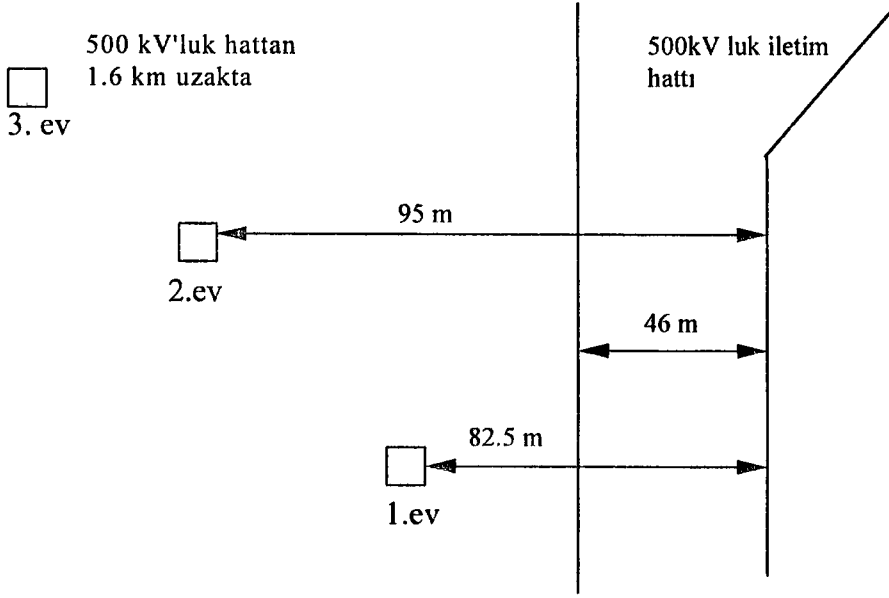
Günümüz insanının artık yaşadığı çevreyi etkileyen faktörleri yakından tanımak isteyen ve bu konuda bir kamuoyu oluşturup baskı unsuru haline gelmesi, elektrik enerjisinin kullanıldığı pek çok endüstri dalında da kendisini hissettirmiştir. Yüksek gerilimle enerji iletimiyle ilgili olarak, elektrik ve magnetik alanların biyolojik etkilerini ortaya çıkarmak için yürütülmüş olan son araştırmalar, halktaki bu ilginin ve çeşitli kuruluşların çabalarının bir sonucudur. Çevreyle ilgili yapılan bu araştırmaların ilk aşaması, elektromagnetik alanların varolan seviyelerini ve bunların indükleyeceği gerilim ve akımlar belirlemektir. Bu amaçla Amerika'da New Jersey'de yapılmış olan bir çalışmada, 500 kV 'luk bir iletim hattı yakınında yaşayan insanların dile getirdikleri, endişelerine karşılık olarak, bu insanların yaşadıkları evlerin çevresinde ve içindeki alanların belirlenmesi amacıyla ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerin sonuçları, evlerin duvarlarının elektrik alanlarına karşı bir ekran görevi gördüğünü ve evlerdeki elektrik tesisatlarından dolayı oluşan elektrik alanlarının evin içindeki toplam alanın önemli bir kısmını oluşturduğunu göstermiştir. Özel olarak ölçümler; elektrik ve magnetik alanların aşağıda sıralanan karakteristiklerini açıklamak için yapılmıştır:

1. Bu alanların, evlerin çevresindeki seviyeleri
2. Bu alanların, evlerin içine nüfuzu.
3. İletim hatlarının ve ev tesisatlarının oluşturdukları alanların bağıl büyüklükleri.
4. Bu alanların matematiksel hesaplamalarla önceden belirlenebilirlikleri.
5. Bu alanların, alanların içerisinde bulunan insanların vücutlarında akım ve gerilim indüklemeye yeterlikleri.

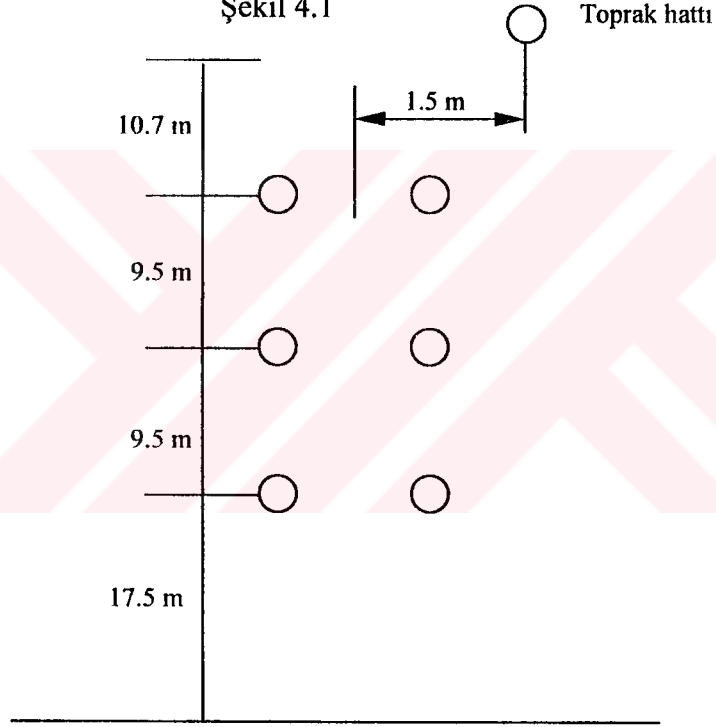
4.1. Yapılan Ölçümler .

4.1.1. Yerleşim Düzeni

Ölçümler New Jersey-Hightstown'daki New Freedom-Deans 500 kV'luk iletim hattı yakınındaki üç evde, iki gün süresince yapılmıştır. Evlerde ikisi (1 ve 2) iletim hattına yakın ve üçüncüsü de hattan uzakta olarak düşünülmüştür. Her evdeki ölçümler, ev içinde ve ev dışında alınmıştır. İletim hattının ve evlerin birbirlerine göre konumları Şekil 4.1' de ve hattın yandan görünüşü Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1



Şekil 4.2 500 kV ' luk iletim hattının yandan görünüşü

4.1.2. Kullanılan Aletler

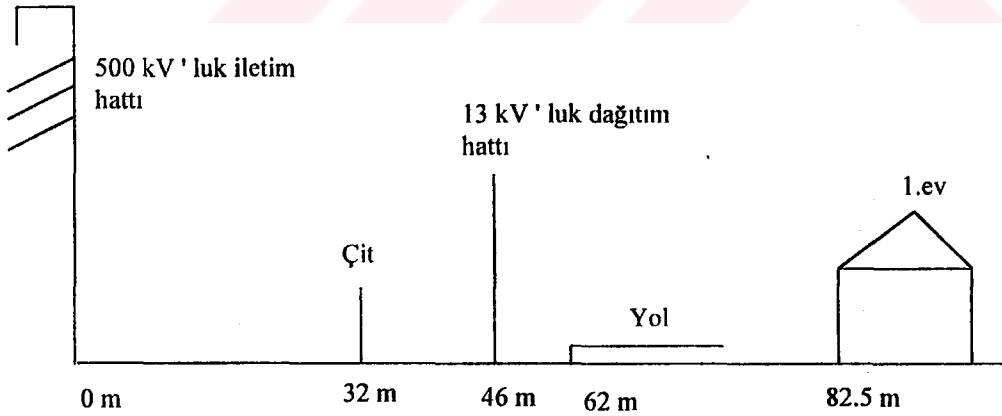
Elektrik alanları, magnetik alanlar, uzay potansiyelleri, akımlar ve gerilimler bir firmanın imal ettiği özel ölçüm aygıtlarıyla ölçülmüştür. Evlerin dışındaki elektrik alanların ölçümleri sırasında, varolan elektrik alanını mümkün olduğu kadar bozmamak için alan ölçü aleti 2 m'lik bir sap yardımıyla tutulmuş, içeride ise yeteri kadar geniş alanın olmamasından dolayı

genellikle daha kısa bir sap kullanılmıştır. Magnetik alanların ölçümünde kullanılan alet döner bobinli olarak seçilmiştir.

4.1.3. Alanları Oluşturan Kaynaklar

İletim hattı yakınındaki evlerde araştırılan elektrik ve magnetik alanlar pek çok kaynaktan yayılmaktadır. Asıl ilgilenilen ise, 500 kV'luk iletim hattının ürettiği alanlar olmuştur. Bir diğer kaynak, iletim hattıyla evler arasında kalan ve iletim hattına paralel olan 13 kV'luk dağıtım şebekesi olmuştur. Bu dağıtım şebekesinin, elektrik ve magnetik alanlar üzerine olan etkilerini ayırmak için deneyi gerçekleştirenler özel bir çaba göstermemişlerdir (nitekim ölçümler, bu dağıtım şebekesinin çok küçük bir elektrik alan etkisinin olduğunu göstermiştir). Üçüncü bir kaynak olarak ise, evlerde bulunan elektrik tesisatları alınmıştır. Bu üç kaynağın ve diğer etkisi olabilecek kaynakların birbirlerine göre konumları Şekil 4.3' de gösterilmiştir (elektrik alanlarıyla magnetik alanlardan daha fazla ilgilenilmiş, dolayısıyla daha fazla ölçüm yapılmıştır)

Ölçümlerin yapıldığı üç evin de görünüş olarak birbirine benzediği, evlerin içerisindeki alanları etkileyebilecek faktörler olarak yapı farklılıklarının ve tesisat döşeme yöntemlerinin ayrıca araştırılmadığı belirtilmektedir.



Şekil 4.3 İletim hattıyla 1. Ev arasındaki alanın yandan görünüşü

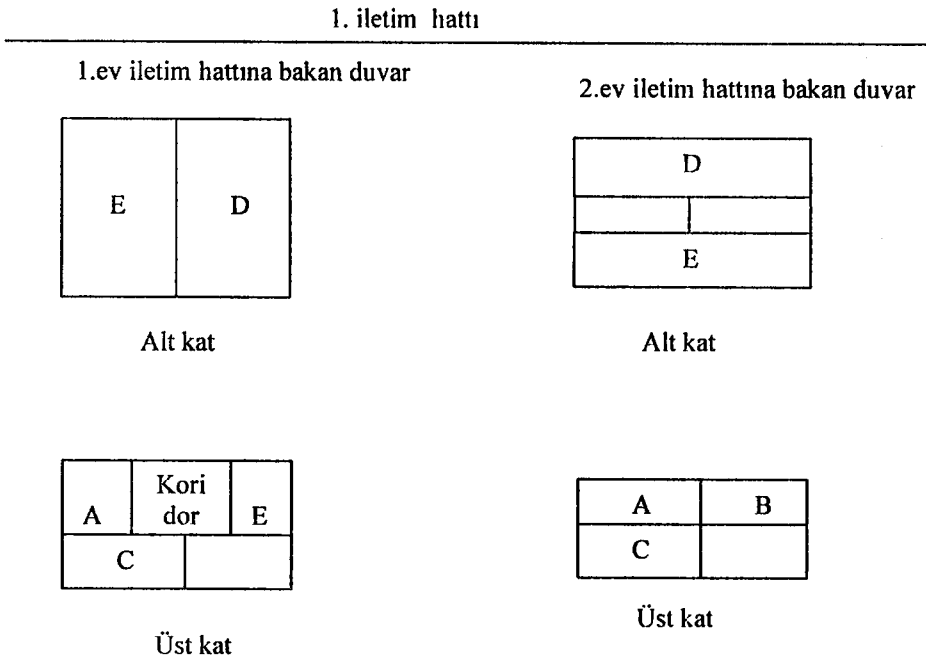
4.1.4. Elektrik Alanı ve Uzak Potansiyeli

Elektrik alanı ölçümleri, iletim hattından başlayıp evlere doğru genişleyen kesitler içermiştir. İletim hattı ve evler arasındaki alanı bozacak şekilde etkiyen pek çok cisim olduğu için, alanın bozulmadığı ters yönde bir kesit daha düzenlenmiştir.

Evlerin içinde, elektrik alanların yatay ve dik bileşenlerinin her ikisi birden ölçülmüştür. Okunan değerler, evlerin iletim hattına bakan duvarlarının hemen yanında ve odaların ortalarında alınmıştır. Şekil 4.4' de, 1. ve 2. evdeki odaların iletim hattına göre durumları gösterilmiştir. Her evde ölçümler, ev elektrik tesisatı enerjileşmişken ve enerji kesilmişken yapılmıştır (evin enerjisinin kesilmesi, şalterin açılmasıyla gerçekleştirilmiştir). 2. evde ölçümler sadece evin enerjisinin olması ve olmaması durumları için yapılmamış, aynı zamanda iletim hattında enerji varken ve yokken de yapılmıştır. Bu durumda da aşağıda gösterilen 4 farklı ölçüm şekli ortaya çıkmıştır:

- 1 . Hatta ve evde enerji varken toplam elektrik alanı ölçülmüştür.
- 2 . Hatta enerji varken, evde enerji yokken; hattan dolayı oluşacak elektrik alanı ölçülmüştür.
3. Hatta enerji yokken, evde enerji varken; ev elektrik tesisatından dolayı oluşacak elektrik alanı ölçülmüştür.
4. Hatta ve evde enerji yokken; diğer bütün kaynaklardan dolayı oluşan elektrik alanı ölçülmüştür.

Böylece çeşitli kaynaklardan dolayı oluşan elektrik alanları ölçülmüştür.



Şekil 4.4 Odaların konumlarıyla beraber 1. Ve 2.

Evin üst kat ve alt kat planları

Uzay potansiyeli ölçümleri, elektrik alanı ölçümleri için destek sağlamaktadır. 1. evde eş potansiyel çizgilerinin ölçülmesi, evin iletim hattına bakan duvarının hemen dışında yapılmıştır. Veriler, elektrik alanının bu sınırdaki davranışını belirlemede yardımcı olmuştur. Evin içindeki uzay potansiyelleri ise, hatta bakan duvarlar boyunca, evde enerji varken ve yokken ölçülmüştür.

4.1.5. Magnetik Alan

Magnetik alan ölçümlerinin bir tanesi iletim hattıyla evler arasında, diğeri de evlerin içinde, seçilen odaların ortalarında yapılmıştır. Okunan bütün değerler iletim hattında ve evde enerji varken alınmıştır.

4.1.6. Vücutta İndüklenen Akım ve Gerilimler

Bu ölçümler sadece 1.evde yapılmıştır. Bir ölçüm, iletim hattı ile ev arasında hattın güzergahında (geçiş hakkının bulunduğu bölgede) alınmıştır. Ayrıca ölçümler, evlerde mutfaklarda çalışılan kısımlarda da yapılmıştır.

4.2. İkinci Evde Elektrik Alanı ve Uzay Potansiyeli

Yapılan ölçümlerde elde edilmiş olan en önemli gözlem, iletim hattının yakınında bulunan evlerdeki elektrik alanı ve uzay potansiyeli düzeylerinin, evlerdeki elektrik tesisatı devrelerinin enerjileşmesinden (beslenmesinden) epeyce etkilenmiş olduğudur. İletim hattında enerji varken ve yokken evin enerjisinin olması ve olmaması durumlarındaki ölçümler bu noktayı açıkça ortaya koymuştur. 2.evde elde edilen sonuçlar Tablo 4.1'de verilmiştir. Tablo 4.1 aşağıdaki ana noktaları açıklamaktadır:

İletim Hattında Gerilim Yokken: İletim hattında gerilim yokken elektrik alanı, eve enerji verildiğinde büyüklük olarak bir ile iki basamak arasında artmıştır. Bu durum, evin elektrik tesisatının elektrik alanı üzerine olan büyük etkisini göstermektedir. Ayrıca, lambaların açık veya kapalı olması da bazı bölgelerde önemli derecede etkili olmuştur.

İletim Hattında Gerilim Varken: İletim hattında gerilim varken elektrik alanı enerji verildiğinde onbeş ölçüm yerinden onikisinde en az %60 oranında değişmiştir. Bu durum iletim hattı enerjilenmiş olsa bile, evin enerjisinin etkisinin açık olduğunu göstermiştir. Ayrıca şunu da belirtmek gerekir ki, elektrik alanının büyüklüğü, evde enerji olması halinde, iletim hattında enerji olması halinde veya her ikisinde birden enerji olması halinde 0,8 ile 24 V/m arasında kalmıştır.

Bu ölçümlerin sonuçları, 500 kV'luk iletim hattının yakınındaki bu evde, varolan elektrik alanlarının hem iletim hattından hem de evin elektrik tesisatından ileri geldiğini göstermektedir.



Tablo 4.1 İkinci evin içindeki elektrik alanı değeri

	İletim Hattında Enerji Varken			İletim Hattında Enerji Yokken		
	Evde enerji var		Evde enerji yok	Evde enerji var		Evde enerji yok
	Işıklar kapalı	Işıklar açık		Işıklar kapalı	Işıklar açık	
ODA A						
Dik Elektrik Alanı (V/m)						
Dış duvarda:						
1 m yüksekte	3,5	-	2,2	5,3	5	0,6
Tavanda	8,5	-	18	15	6,5	0,15
Odanın ortasında:						
1 m yüksekte	2,5	-	3,6	-	-	-
Yatay Elektrik Alanı (V/m)						
Tavanda:						
Dış duvardan						
1 m uzakta	7,2	-	12	3	9	0,1
Odanın ortasında	3	-	5.0	-	-	-
ODA B						
Dik Elektrik Alanı (V/m)						
Dış duvarda:						
1 m yüksekte	1,7	-	3	2,3	2	0.15
Tavanda	14	,-	20	7,3	6	0.25
Odanın ortasında:						
1 m yüksekte	2,2	-	3,5	-	-	
Yatay Elektrik Alanı (V/m)						
Tavanda:						
Dış duvardan						
1 m uzakta	7,5	-	16	24	8	0,4
Odanın ortasında	3,5	-	12.0	-	-	-
ODA D						
Dik Elektrik Alanı (V/m)						
Dış duvarda:						
1 m yüksekte	0, 8	-	1.6	-	-	-
Tavanda	5	-	15.0	-	-	-
Odanın ortasında:						
1 m yüksekte	2,1	-	3,5	-	-	-
Yatay Elektrik Alanı (V/m)						
Tavanda:						
Dış duvardan						
1 m uzakta	6,5	5	5,5	-	-	-
Odanın ortasında	9,5	9,3	1	-	-	-

Not: " Dış duvar " ile iletim hattına bakan duvar kastedilmektedir.

4.3. Birinci ve Üçüncü Evde Elektrik Alanı ve Uzak Potansiyeli

2. evde elde edilmiş olan sonuçlar ile 1. ve 3. evde elde edilmiş olan sonuçlar benzerdir. 1. evde enerji varken ölçülmüş olan elektrik alanları, onbeş ölçüm yerinden onüçünde, evde enerji yokken ölçülen değerlerden daha büyüktür ve onbeş yerin onunda bu büyüklük, değeri iki veya daha fazla olan bir katsayı ile gerçekleşmiştir (bu ölçümlerde iletim hattında enerji hep olmuştur). Sonuçlar Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Birinci evin içindeki elektrik alanı değerleri.

	ODA A		ODA C		ODA D		ODA E	
	Evde Enerji		Evde Enerji		Evde Enerji		Evde Enerji	
	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var
Dik Elektrik Alanı (V/m)								
<u>Dış duvarda:</u>								
1 m yüksekte	1,0	5,0	-	-	0,35	1,0	0,50	1,5
Tavanda	6,0	20,0	-	-	0,60	3,5	0,60	1,1
<u>Odanın ortasında:</u>								
1 m yüksekte	-	-	3,5	2,3	0,50	2,5	1,00	7,0
Yatav Elektrik Alan (V/m)								
<u>Tavanda:</u>								
Dış duvardan								
1 m uzakta	7,0	10,0	-	-	1,10	5,5	0,75	5,0
Odanın ortasında	7,0	6,0	-	-	0,90	3,5	1,50	1,8

Hattan uzakta olan 3. evde, evde enerji yokken elektrik alanı değerleri çok küçük olmuştur. Bu durumda elektrik alanı değerleri, 2. evde hattın ve evin enerjisi kesilmişken ölçülen değerler gibi, bütün ölçüm yerlerinde 1 V/m'nin altında olarak ölçülmüştür. Evdeki devreler enerjilendiğinde elektrik alanı seviyeleri, diğer evlerdeki enerji varken oluşan seviyelere benzer şekilde, büyüklük bakımından 1 ile 2 basamak arasında artmıştır. Bu noktada tekrar, D odasında, bir lambayı açmanın sebep olacağı değişimler görülebilmektedir. İletim hattının

1. evin duvarlarının sağladığı korumayı işaret etmektedir. Yoldan itibaren evin duvarına kadar bir profil oluşturabilmek için eve bitişik meydana elektrik alanının dik ve yatay bileşenlerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlere ilişkin sonuçlar Şekil 4.5' de gösterilmiştir. Duvara yaklaşırken alanın dik bileşeni kararlı bir şekilde azalarak duvarda sifıra ulaşmıştır. Bununla birlikte yatay alan duvara yaklaştıkça kararlı bir şekilde artmıştır. Bu oldukça önemli bir tespittir; çünkü duvar, sabit gerilimdeki bir düzlem olarak ortaya çıkmakta ve elektrik alan çizgilerinin, onun üzerinde yatay olarak sona ermelerine sebep olmaktadır. Şekil 4.6 bu noktayı biraz farklı bir yoldan açıklamaktadır. Burada 52 V'luk eş potansiyel çizgi gösterilmektedir.

Elektrik alan çizgileri eş potansiyel çizgilerine daima dik olacağından Şekil 4.6 elektrik alanının genellikle dik olarak başlayıp duvara yaklaştıkça genel davranış olarak yataya doğru değişimini grafik olarak açıklamaktadır. Bu, ayrıca duvarın sabit gerilimli bir düzlem olarak ortaya çıkmasını da göstermektedir. Yatay elektrik alanıyla ilgili son ölçüm, evden 1,5 m uzakta 90 V/m'lik bir elektrik alanı vermiştir. Bununla birlikte, Tablo 4.2' den alınan yatay alan değerleri 90 V/m'ye hiçbir yakınlık göstermemektedir. Bu ölçümler duvarın elektrik alanlarına karşı bir koruma sağladığını göstermektedir. Şekil 4.7, 1 . ve 2. ev için iletim hattına bakan duvarların yandan görünüşünü göstermektedir.

Tablo 4.3. Üçüncü evdeki elektrik alanı değerleri.

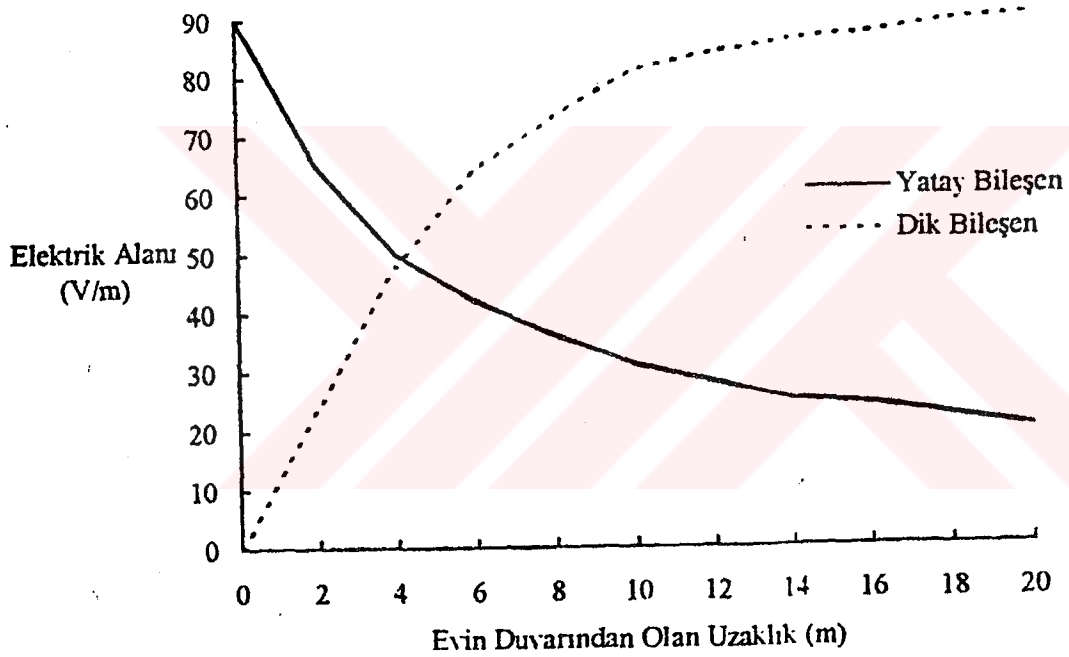
	<u>ODA A</u>			<u>ODA D</u>		
	Evde Enerji Var Evde enerji Yok			Evde Enerji Var Evde Enerji Yok		
	Işıklar	Işıklar		Işıklar	Işıklar	
	Kapalı	Açık		Kapalı	Açık	
<u>Dik Elk.Alanı. (V/m)</u>						
<u>Dış duvarda:</u>						
1 m yüksekte	6,0	3,0	0,30	4,5	4,0	0,40
Tavanda	12,0	12,0	0,45	16,0	13,0	0,80
<u>Odanın ortasında:</u>						
1 m Yüksekte	3,0	3,0	, 0,30	8,0	4,0	0,45

Dış duvardan

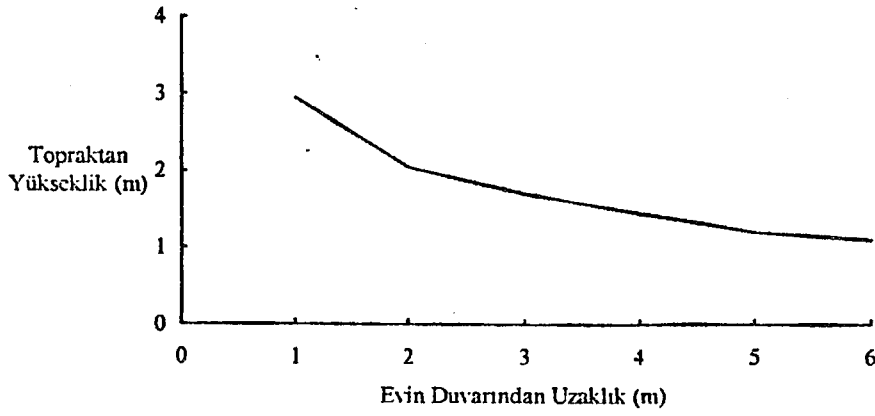
1 m uzakta	5,5	5,5	0,30	8,0	4,5	0,15
Odanın ortasında	1,8	1,9	0,20	3,0	4,5	0,12

Not: " Dış duvar " ile iletim hattına bakan duvar kastedilmektedir.

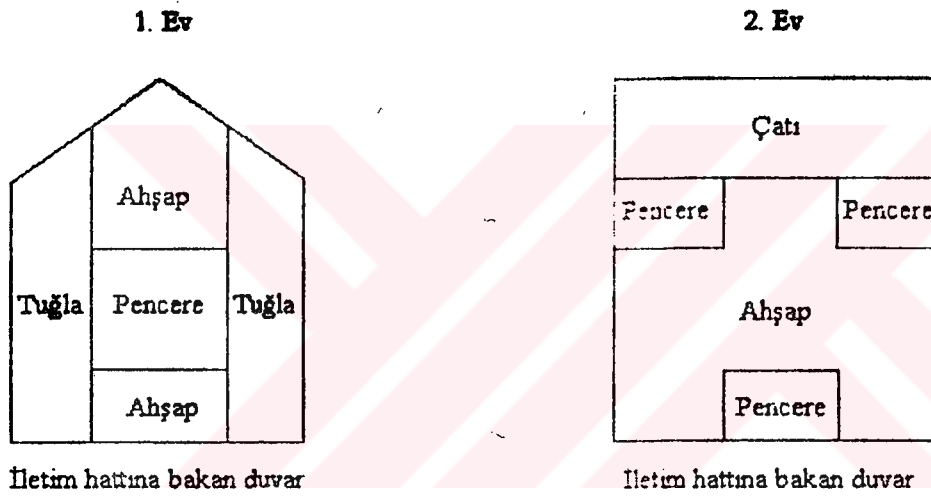
Evlerin elektrik alanlarına karşı sağladığı korumanın (ekran etkisinin) derecesi, evin içinde ölçülen elektrik alanının (evde enerji yokken), evin hemen dışında ölçülen elektrik alanıyla karşılaştırılmasıyla da kabaca belirlenebilir. 1. eve bitişik olarak ölçülen dik elektrik alanı yaklaşık olarak 80 V/m'dir (bkz. Şekil 4.8). 1. ve 2. evlerin içinde, evlerde enerji yokken ölçülen elektrik alanı değerleri 0,5 V/m'den 20 V/m'ye kadar uzanmaktadır. Ortalama değer olarak 10 V/m alacak olursak, evin sağladığı koruma 1 /8, yani ev dışındaki 80 V/m, ev içinde 10 V/m olarak ölçülecektir.



Şekil 2.5 Birinci evin yanından elektrik alanına dik ve yatay bileşenlerin değişimi.



Şekil 4.6 Birinci evin duvarında ölçülen 53 voltluk uzay potansiyeli çizgisi.



Şekil – 4.7 1. Ve 2. Ev için iletim hattına bakan duvarların düzeni ve yandan görünüşü

1.evde merdiven sahanlığında ölçülen elektrik alanları ve uzay potansiyelleri, evin içinde diğer yerlerde ölçülen bütün değerlerinden daha büyüktür. Buna sebep ise, iletim hattına bakan geniş bir pencerenin, duvarın geri kalan kısmından daha az bir koruma sağlamasıdır. Bu etki, iletkenliği az olan malzemeler için genellikle doğrudur. Cam, tuğla veya tahtaya göre daha iyi bir yalıtıcıdır. Camdan farklı olarak tuğla ve tahta nemi emer ve böylece biraz daha iletken duruma gelir. Şekil 4.7 1. Ve 2. Ev için iletim hattına bakan duvarların düzeni ve yandan görünüşü.

Tablo 4.4. 60 Hz frekanslı elektrikli ev aletlerinin oluşturacağı elektrik alanları.

Alet	Elektrik Alanı (V/m)
Elektrikli battaniye	250
Elektrikli ızgara	130
Ütü	60
Buzdolabı	60
El mikseri	50
Kızartma makinası	40
Renkli televizyon	30
Kahve makinası	30
Aspiratör	16
Saat	15
Flüoresan lamba	10
Elektrikli ocak	4
Akkor telli lamba	2

4.4.Magnetik Alan

Magnetik alan ölçümleri, evlerin dışında ve içinde bulunan seviyelerin karşılaştırılması için yapılmıştır. 1. evde, evin bitişiğindeki otopark alanında varolan alan 0,0025 Gauss civarında bulunmuştur. İçeride ise ortalama en yüksek magnetik alan 0,0024 Gauss (bütün ölçümler ya 0,0025 ya da 0,0023 Gauss bulunmuştur) olarak bulunmuştur. Bu sırada hattın geçen akımının ortalama 1172 A olduğu belirtilmektedir. 2. evde benzer seviyeler, hat akımı 1124 A iken ölçülmüştür. Hattan uzaktaki 3. evde, evin içindeki ortalama en yüksek magnetik alan 0,0015 Gauss olmuştur. Bu ölçümler sırasında ise hat akımı 650 A olarak belirlenmiştir. Bütün durumlarda ölçümler yapılırken evlerde enerji olduğu için, evlerin elektrik tesisatlarından akan akımın magnetik alana önemli bir katkısının olup olmadığını belirlemek zordur. Magnetik alan konusunda evlerin duvarlarının mıknatıslanmayan ve iletken olmayan

İnsan vücudunda indüklenmiş akım ve gerilimlerin ölçülmesi, 500 kV'luk hattan yaklaşık 33 m uzakta, hat güzergahı içinde ayakta duran iki kişiyle yapılmıştır (bkz. Tablo 4.5). Ölçülen akımlar ve gerilimler elektrik alanının indüklediği akımlar ve gerilimlerdir ve vücudun bir iletkenle toprağa bağlanmasıyla ölçülmüşlerdir. Bir durumda okunan değerler 0,70 μ A ve 15 volt, bir diğesinde 0,73 μ A ve 16 voltur. Ölçülen değerlerin kontrolü, yaklaşık bir hesap ile aşağıda verilmiştir.

İyi topraklanmış bir insanın vücudu boyunca akacak akımın ifadesi,

$$I = 5,4 \times 10^{-9} \times E \times h_2 \quad [A] \quad (4.1)$$

dir. Burada E [V/m] olarak bozulmamış elektrik alanını ve h de [m] olarak kişinin boyunu göstermektedir. Veriler, dik elektrik alanının 25 V/m ve 60 V/m olduğu noktalar arasında duran kişi için elde edilmiştir. Ortalama olarak,

$$E = (60 + 25)/2 = 43 \text{ V / m}$$

ve h =1,8 m ile beraber

$$I = 5,4 \times 10^{-9} \times 43 \times 0.752 = 0,75 \quad \mu A$$

olarak bulunur.

Toprak dirençlerini göz önünde bulundurmadan, gerilim şu şekilde hesaplanır:

$$U = I/\omega C \quad (4.2)$$

bulunur. Burada bir örnekle düzgün alanlar için gösterilmiş olan bu basit bağıntı, alanın insan vücudunda indükleyeceği akımları ve gerilimleri büyük bir yaklaşıklıkla vermektedir.

Ölçümler 1 . evin mutfağında da yapılmıştır. Buna ilişkin sonuçlar Tablo 4.5' de gösterilmektedir. Evde enerji varken ve yokken yapılan ölçümler, elektrik alanının artmasıyla vücuttan akan akımın da arttığını göstermektedir. Diğer ölçümler elektrikli aletlerin oluşturabileceği kaçak akımların büyüklüklerini vermektedir. Elektrikli aletlerde oluşan kaçak akımların en yüksek değeri için ANSI(Amerikan) standardında 750 A verilmektedir. Bu akım, mutfakta ölçülen bütün akımlardan çok daha büyüktür.

4.6. Bulgular

a) Ev elektrik tesisatından dolayı ev içinde oluşan elektrik alanlarının büyüklükleri, iletim hattı tarafından evlerde oluşturulan elektrik alanlarının büyüklükleriyle aynı sınırlar içindedir.

b) 1. ve 2. evde elektrik tesisatlarının enerjileşmesi, 30 ölçüm yerinden 16'sında elektrik alanını 2 veya daha büyük bir katsayıyla değiştirmiştir (bkz. Tablo 4.1 İletim hattında enerji varken - ve Tablo 4.2).

c) Evlerin duvarları, evlerin içini dışarıdan gelecek elektrik alanı etkilerine karşı koruyacak şekilde davranmıştır. Bununla birlikte geniş pencereci duvarlar, penceresiz duvarlar kadar etkin bir koruma sağlayamamıştır.

d) Elektrik alanının hesaplanan ve ölçülen değeri mükemmel bir uyum göstermiş, bu uyum özellikle iletim hattının alanının bozulmamış olduğu bölgelerde görülmüştür.

e) Mutfaktaki elektrikli aletlere dokunmakla vücutta oluşabilecek akımlar, evin içinde varolan elektrik alanlarının indükleyeceği akımlardan çok daha büyüktür.

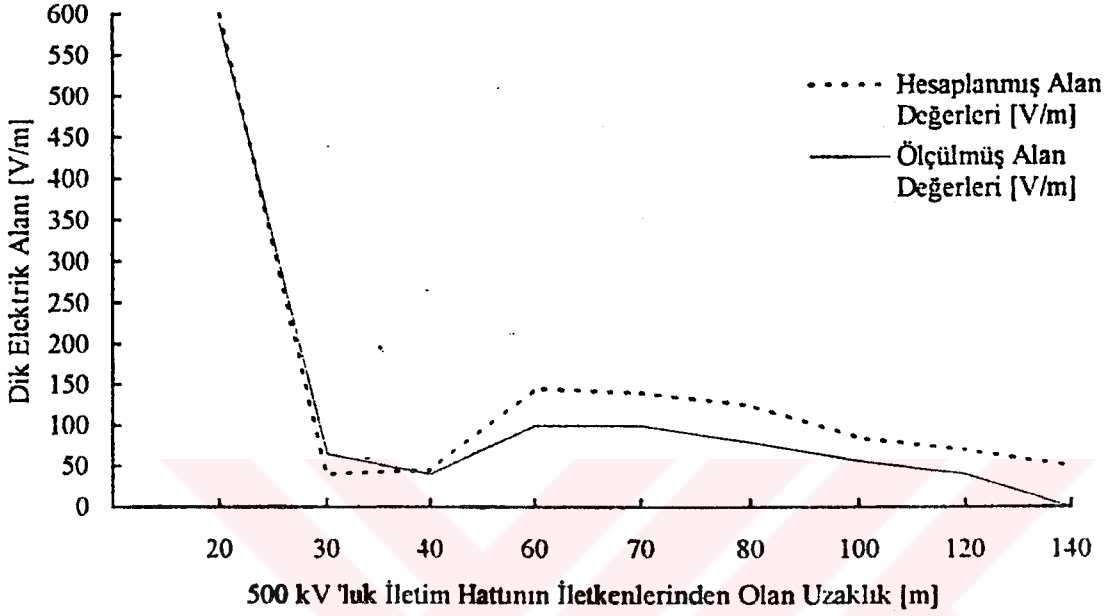
Kişinin Vücudu Boyunca*		Vücut Üzerindeki Bulunulan Yer
Akan Akım [A]		Gerilim [V]
Çitin Yakını		
Denek 1	0,70	15,0
Denek 2	0,73	16,0
Mutfağın Ortası:		
Evde enerji varken		
(Denek 1)	0,35	-
Evde enerji yokken		
(Denek 1)	0,008	0,20
Evde Enerji Varken:		
Lavaboya ve buzdolabına dokunma durumu		
(Denek 1)	76,0	35,0
(Denek 2)	77,0	45,0

* Erkekler için zamanla değişen akımların algılanmasına ait ortalama eşik değeri 1,1 mA'dir.

4.7. Alanların Ölçülmüş ve Hesaplanmış Değerleri

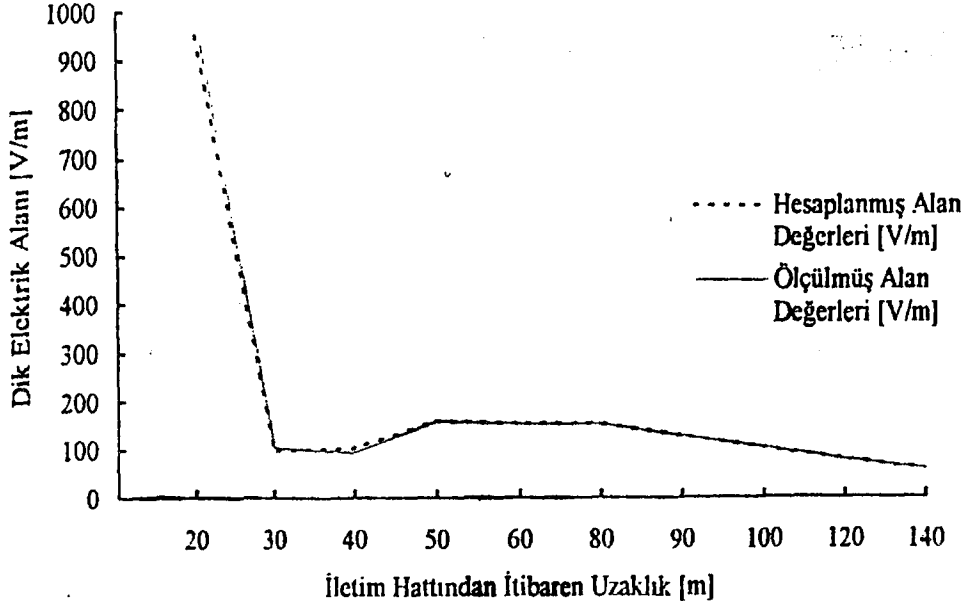
Şekil 4.8 ve Şekil 4.9, dik elektrik alanının ölçülmüş ve hesaplanmış değerlerinin karşılaştırmasını göstermektedir. İlk şekil, bu değerleri, iletim hattından başlayıp evlere doğru genişleyen bir kesit için vermektedir. Bu çözümleme için kullanılmış olan bilgisayar programında iletim hattı, çit ve dağıtım hattı bir arada modellenmiştir. Ölçülmüş değerlerin 50 m'den sonra hesaplanmış değerlerden daha küçük olmasının sebebi, evlerin koruma (ekranlama) etkisinin modellenmemiş olmasıdır. Yerden yüksekliği fazla olan cisimlerin, önemli uzaklıklardan itibaren yer seviyesinde elektrik alanlarını bozabildiği unutulmamalıdır.

Bir diğer kesit, iletim hattının alanını bozabilecek cisimlerin veya gerilim kaynaklarının olmadığı aksi yönde düzenlenmiştir. Bu ölçümler, hattan itibaren 140 m uzaklığa kadar hesaplanmış alan değerleriyle çok büyük uyum göstermektedir. Sonuçlar Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Elektrik alanının dik bileşeninin hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerinin karşılaştırılması.
(kesit, 1. eve doğru genişlemektedir).

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9' u oluşturan ölçümler değişik zamanlarda yapıldığından, toprak seviyesinden itibaren hattın yüksekliği ve gerilim değerleri iki durum arasında değişikliğe uğramıştır. Şekil 4.8 için en alttaki faz hattının yüksekliği yaklaşık 18 m ve hat gerilimi 510 kV iken Şekil 4.9 için bu değerler 17 m ve 507 kV'tur. Hat yükseklikleri, hattın yükünü ve çevre sıcaklığını hesaba katan tahminlerdir. Gerilimler ve hat yükleri yerel transformatör merkezlerinden alınmıştır (Caola, R.J. , Deno, D.W. Dymek, V.S.W.,1992)



Şekil 4.9 Elektrik alanının dik bileşeninin hesaplanmış ve ölçülmüş değerlerinin karşılaştırılması (kesit, hattın itibaren evlerin olmadığı aksi yöne doğru genişlemektedir)

elektrik ve magnetik alan hesaplarının yapılması için gerekli bağıntılar verilecektir. Önce, elektrik alan hesabı için YBY enerji iletim hatlarına uygulanacak ve ilgili bağıntılar çıkarılacaktır. Burada üç fazlı sistemler için potansiyel ifadeleri verilecektir.

5.1 Yük Benzetim Yönteminin Yüksek Gerilim Enerji İletim Hatlarına Uygulanması.

YG enerji iletim hatlarında YBY ile elektrik alan hesabı için önce uygun bir yük tipi belirlenir. İletim hatlarının meydana getirdiği alanlar için benzetim yükü olarak, sonsuz çizgisel yük tipi seçilir. Bir iletken üzerindeki yükün, sonsuz uzunluktaki çizgisel yüklerle benzetilmesi, silindrsel iletkenlerin elektrostatik alanlarının hesabı için bilinen bir yoldur.

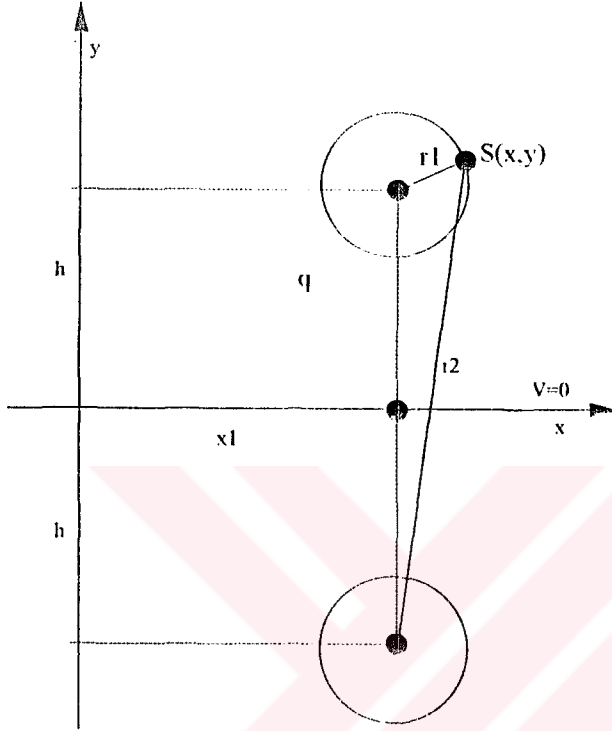
Yarıçapı sonsuz küçük olan düzgün yüklü, çok uzun, dorusal bir iletken çizgisel yük kaynağı olarak alınabilir. Böyle bir kaynağın alanı, eksenel simetriden dolayı radyal doğrultuda olacağından, alan çizgileri iletken yüzeyini dik olarak keser. Çizgisel yük kaynağına dik paralel düzlemlerdeki alan şekilleri birbirinin aynı olur.

İletkenlerin yerini alacak benzetim yük tipi belirlendikten sonra, iletim hatlarında elektrik alan hesabı için bu benzetim yükünün sayısal değerinin hesaplanması için gerekir. Bunu için de iletken kesiti üzerinde benzetim yükünün, sınır noktasının ve kontrol noktasının yerleri belirlenir. Buna bir örnek Şekil 5.1 de verilmiştir.



Şekil 5.1. İletken kesit yüzeyi üzerinde yük, sınır noktası ve kontrol noktası.

Benzetim yüklerinin sayısal değerlerinin bulunması için sıfır potansiyeli referans noktasına göre sınır noktası potansiyeli kullanılır. Burada sınır noktası potansiyeli iletken gerilimine eşittir. Sıfır potansiyeli referans noktası olarak toprak yüzeyi alınır. Teorik olarak toprak yüzeyi potansiyelini sıfır yapmak için, toprak yüzeyi simetri düzlemi olarak kabul edilerek benzetim yüklerinin, ters işaretli görüntü yükleri kullanılır. Potansiyel ifadesinin çıkarılmasının daha kolay anlaşılabilmesi için bir iletken ve onun görüntüsünden oluşan bir sistem seçilmiştir. Bu sistemde iletken tek bir sonsuz çizgisel q yükü ile benzeştirilmiştir ve bu sistem Şekil 5.2 de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Görüntü yükü ve sıfır potansiyelli düzlem .

Sonsuz çizgisel yükün potansiyel katsayısı ifadesinin Şekil 5.2. deki çizgisel yük ve görüntüsüne uygulanması ile q yükü ve görüntü yükünün S noktasındaki potansiyel ifadesi,

$$V_s = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{h}{r_1} = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{h} \quad (5.1)$$

$$V_s = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (5.2)$$

Şeklinde elde edilir. (5.2) ifadesi yükün ve görüntüsünün S kontrol noktasındaki potansiyel ifadesidir. İlerideki hesaplamalarda yükün potansiyel ifadesi ve görüntüsünün potansiyel ifadesinin ayrı ayrı hesaplanması yerine ikisinin birleştirildiği (5.2) potansiyel ifadesi kullanılacaktır. Burada r_1 , q yükünün S noktasına uzaklığıdır ve r_2 ise $-q$ yükünün S noktasına uzaklığıdır. Potansiyel katsayısı ise,

$$p_s = \frac{1}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (5.3)$$

olur. Burada r_1 ve r_2 Şekil 5.2 ' den q yükü ve onun görüntüsü ile S noktasının koordinatına göre

$$r_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \quad (5.4)$$

$$r_2 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y + y_1)^2} \quad (5.5)$$

(5.4), (5.5) ifadeleri (5.2)' de yerine yazıldığında ,

$$V_s = \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y + y_1)^2}} \quad (5.6)$$

potansiyel ifadesi açık olarak elde edilir. Bu ifadede V_s sınır noktası potansiyeli bilinmektedir ve iletken gerilimine eşittir. Yük görüntüsü kartezyen koordinat eksenine oturtulur, bu durumda bilinmeyen sadece q değeridir ve q yük değeri de denklem çözülerek bulunur.

YG enerji iletim hatlarında gerilim değeri kompleks bir büyüklük olduğundan (5.6) ifadesinde potansiyel değeri olarak her bir faz için, gerilim kompleks ifadesi kullanılır. YG enerji iletim sisteminde birden fazla iletken bulunmaktadır. n adet iletken için ve her bir iletkenin benzetiminde bir tek benzetim yükü kullanıldığında (5.6) potansiyel ifadesinin genelleştirilmiş hali,

$$V_j = \sum_{i=1}^n \frac{q}{2\pi\epsilon} \ln \frac{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y+y_i)^2}} \quad (5.7)$$

Bu denklem yardımıyla n sayıda iletkenin bilinen sınır noktası potansiyellerinden n sayıda bilinmeyen yüklerin bulunması için bir denklem sistemi oluşturulur. Bu sistem

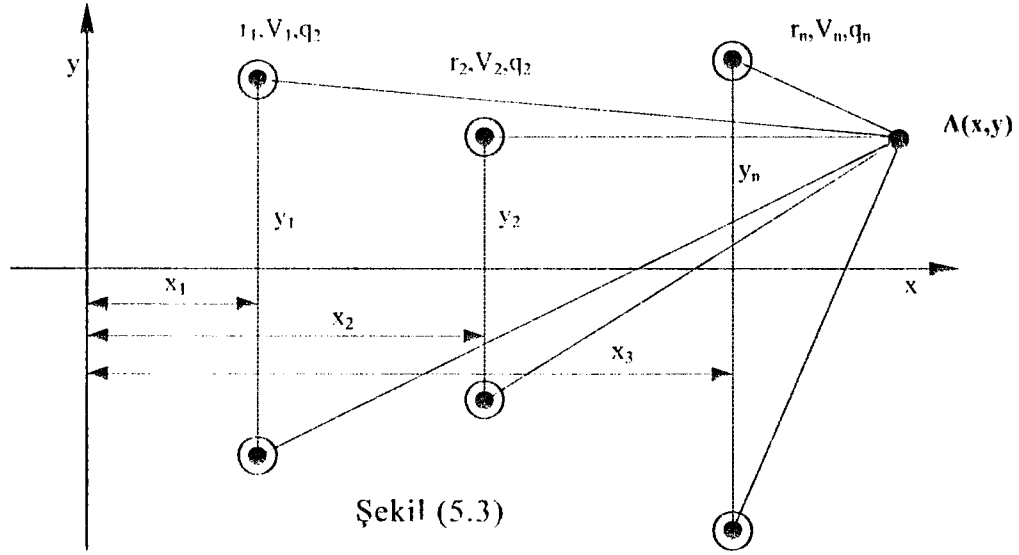
$$\begin{aligned} V_1 &= q_1.P_{11} + q_2.P_{12} + \dots + q_n.P_{1n} \\ V_2 &= q_1.P_{21} + q_2.P_{22} + \dots + q_n.P_{2n} \\ &\dots \\ &\dots \\ V_n &= q_1.P_{n1} + q_2.P_{n2} + \dots + q_n.P_{nn} \end{aligned} \quad (5.8)$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ \dots \\ V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} + P_{12} + \dots + P_{1n} \\ P_{21} + P_{22} + \dots + P_{2n} \\ \dots \\ P_{n1} + P_{n2} + \dots + P_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \dots \\ q_n \end{bmatrix} \quad (5.9)$$

Şeklinde. n sayıda denklemden oluşan bu sistem uygun bir sayısal hesaplama yöntemlerinden birinin kullanımı ile hesaplanır ve q yüklerinin kompleks değerleri bulunur.

Yönetimin doğruluğunu belirlemek için , hesaplanan q yük değerleri kullanılarak kontrol noktası potansiyelleri hesaplanır. Kontrol noktası koordinatları (x,y) ise denklem (5.7) kullanılarak , koordinatlardaki kontrol noktasının potansiyelleri hesaplanır. Sınır noktaları potansiyelleri arasındaki fark benzetim doğruluğunun bir ölçüsüdür. Bu fark tolerans sınırı içinde ise işleme devam edilir. Hata tolerans sınırının dışında ise o zaman, benzetim

Yük değerlerini elde ettikten sonra YG enerji iletim sisteminin herhangi bir A noktasındaki Şekil (5.3) potansiyel ve elektrik alan hesabına geçilebilir.



Şekil (5.3)

Şekil (5.3) daki a noktasında potansiyelin değeri denklem (5.1) den

$$V_A = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \ln \frac{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y+y_i)^2}}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}} \quad 5.10$$

bağıntısıyla elde edilir.

Sistemdeki n iletken dolay A noktasındaki elektrik alan şiddetinin değerini hesaplamak için elektrik alan ifadesi, (5,10)' a uygulandığında ,

$$E_{Ax} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i(x-x_i)}{2\pi\epsilon} \left[\frac{1}{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} - \frac{1}{(x-x_i)^2 + (y+y_i)^2} \right] \quad 5.11$$

$$E_{Ay} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \left[\frac{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}{(x-x_i)^2 + (y+y_i)^2} \right] \quad 5.12$$

Olarak elde edilir. Buradan.

$$E_A = \sqrt{E_{Ax}^2 + E_{Ay}^2}$$

Elde edilir. (5.13) ifadesi A noktasındaki bileşke elektrik alan ifadesidir. (Abdel – Salam 1990; Abdel – Salam et al. 1990; Malik 1989)

5.2. Her Hangi Bir Nokta Elektrik Alan Değerinin 1 kV/m Olması İçin Hat Yüksekliğinin Belirlenmesi.

Her hangi bir A noktasının elektrik alan değerinin (E_{Ay}) 1 kV/m olması için hat yüksekliğinin tespitini yapalım.

$E_A = 1$, E_{Ax} yaklaşık olarak sıfır kabul edilirse E_{Ay} ifadesi kullanılarak hat yüksekliği (y_i) bulunur.

$$E_{Ay} = f(y_i) \Rightarrow f(y_i) - E_{Ay} = 0 \quad 5.14$$

(5.14) ifadesine Newton Raphson yöntemi uygulayarak y_i nin yaklaşık değerini bulabiliriz.

$$y_{i+1} = y_i - \frac{f(y_i) - E_{Ay}}{(f(y_i) - E_{Ay})'} \quad 5.15$$

$$f(y_i) = E_{Ay} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \left[\frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right] \quad 5.16$$

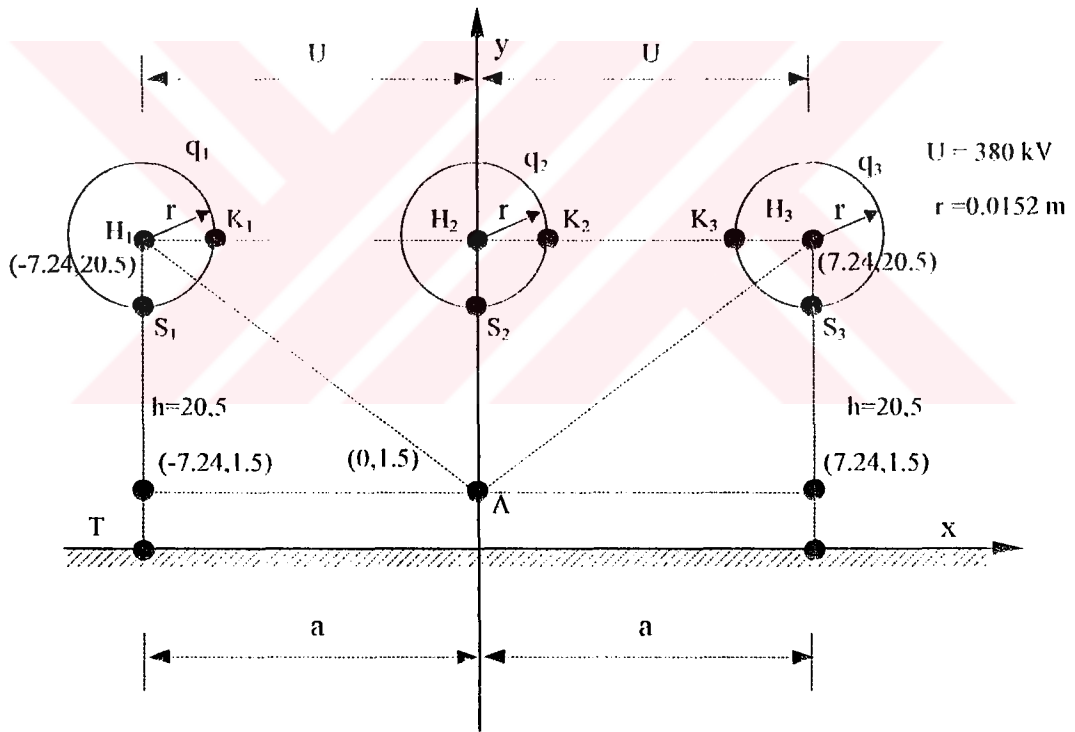
$$5.17$$

$$f(y_i)' = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon} \left[\frac{(y-y_i)^2 - (x-x_i)}{\left((y-y_i)^2 + (x-x_i)\right)^2} - \frac{(y+y_i)^2 - (x-x_i)}{\left((y+y_i)^2 + (x-x_i)\right)^2} \right]$$

Hat gerilimi U , hat yüksekliği y_i , hattın x bileşeni x_i , ölçüm yüksekliği y , ölçüm noktasının x bileşeni x , hat yükü q_i . A ölçüm noktasının elektrik alanı E_A , elektrik alanı x bileşeni E_{Ax} , elektrik alanı y bileşeni E_{Ay} olsun. (5.16), (5.17) ifadeleri (5.15) de kullanılarak y_i değeri hesaplanır. q_i değerleri sınır değerlerinden hesaplanır.

5.3. Üç Fazlı Bir Yüksek Gerilim Hattının Herhangi Bir A Noktasında Oluşturduğu Potansiyel ve Elektrik Alan Şiddeti.

Her hangi bir A noktasındaki potansiyel ve elektrik alan ifadelerini yazalım.



Şekil 5.4

Yüklerin Hesabı, (q_1, q_2, q_3) ;

S_1 , S_2 , S_3 sınır noktalarında meydana gelen potansiyel ifadeleri elde ederek q_1, q_2, q_3 bilinmeyenlerini matrisel yöntemle bulabiliriz.

$$\frac{1}{2\pi\epsilon} = \frac{1}{2\pi \times 8.86 \times 10^{-12}} = 0.0179 \times 10^{12}$$

Üç hat için ,

V_S değerleri (5.10) kullanılarak yazılır.

S_1 = noktası için H_1 referans alınarak H_2 ve H_3 koordinatları belirlenir.

$$V_{S1} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left(\ln \frac{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y+y_1)^2}}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} q_1 + \ln \frac{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y+y_2)^2}}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} q_2 + \ln \frac{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y+y_3)^2}}{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2}} q_3 \right)$$

S_2 = noktası için H_2 referans alınarak H_1 ve H_3 koordinatları belirlenir.

$$V_{S2} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left(\ln \frac{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y+y_1)^2}}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} q_1 + \ln \frac{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y+y_2)^2}}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} q_2 + \ln \frac{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y+y_3)^2}}{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2}} q_3 \right)$$

S_3 = noktası için H_3 referans alınarak H_1 ve H_2 koordinatları belirlenir.

$$V_{S3} = \frac{1}{2\pi\epsilon} \left(\ln \frac{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y+y_1)^2}}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} q_1 + \ln \frac{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y+y_2)^2}}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} q_2 + \ln \frac{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y+y_3)^2}}{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2}} q_3 \right)$$

V_{S1}, V_{S2}, V_{S3} değerleri için

$$V_1 = \frac{U}{\sqrt{3}} e^{j0} \quad V_2 = \frac{U}{\sqrt{3}} e^{j\frac{2\pi}{3}} \quad V_3 = \frac{U}{\sqrt{3}} e^{j\frac{4\pi}{3}}$$

Bağıntıları kullanılır.

$V_3 = 110 - j190$ V bulunur.

V_1, V_2, V_3 değerleri kompleks olarak bulunup V_{S1}, V_{S2}, V_{S3} , eşitliklerinde yerlerine yazılırsa buradan q_1, q_2, q_3 değerleri matrissel yöntemle hesaplanabilir. Benzetim yüklerini bulduktan sonra her hangi bir A noktasındaki potansiyel ve elektrik alanı bulmak kolaydır.

$$q_1 = 1.882 \times 10^{-11} - j 1.497 \times 10^{-12}$$

$$q_2 = -1.010 \times 10^{-11} + j 1.749 \times 10^{-11}$$

$$q_3 = -1.099 \times 10^{-12} - j 1.905 \times 10^{-11}$$

değerleri elde edilir.

Her hangi bir A noktasındaki elektrik alanı;

Bulduğumuz q_1, q_2, q_3 yüklerini (5.11) ve (5.12) bağıntılarında kullanılarak E_{Ax}, E_{Ay} ve E_A değerlerini hesaplayabiliriz.

A noktasında $E_{Ax} = 0.060$ kV/m, $E_{Ay} = 1.006$ kV/m olarak bulunur.

$$E_A = \sqrt{E_{Ax}^2 + E_{Ay}^2}$$

$$E_A \cong E_{Ay} = 0.2129 \text{ kV/m.}$$

Ek 2 ' de Elektrik alan değeri belli olan bir noktaya göre hat yüksekliğini hesaplayan bilgisayar programı verilmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektrik ve magnetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileri dünyanın pek çok ülkesinde birçok araştırmacı tarafından yıllardır incelenmektedir. Yapılan bu araştırmalar sonucunda elektromagnetik alanların etkilerine dair bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Son on yılda yapılan yoğun araştırmalar sonucu elektromagnetik alanların % 100 kansere yol açan bir faktör olduğu ispatlanamamıştır. Ayrıca çocuklarda görülen lösemi ve diğer kanser oluşumlarında da etkili olduğuna dair yeterince tutarlı veri bulunamamıştır.

- Moleküler ve kimyasal bağları bozacak kadar kuvvetli olmadığı anlaşılan elektromagnetik alanların hücrelerin büyüme ve normal olarak çoğalmalarına etki yapıp yapmadığı ise hala araştırılmaktadır.

- Yapılan araştırmalarda elektromagnetik alanların kusurlu doğumlara veya üreme problemlerine neden olduğuna dair yeterli bulgular elde edilememiştir.

- Elektromagnetik alanların sinir sistemi üzerinde de kesin etkileri olduğuna dair bir sonuç çıkarılamamıştır.

- Bazı araştırmalara göre elektromagnetik alanların hücre zarındaki kalsiyum akısını etkileyerek adale kasılmasına, yumurta kısırlaşmasına, hücre bölünmesine ve büyümesine etki yaparak kansere neden olduğu belirtilse de bunu tam olarak ispatlayacak herhangi bir kanıt bulunamamıştır.

- Elektromagnetik alanlar üzerinde yapılan epidemiksel ve biyolojik çalışmalar sonucunda elektromagnetik alanların insan vücudunun oluşturduğu termal alanlara oranla çok küçük olduğu neticesine varılmıştır.

- Elektromagnetik alanların belli sağlık problemlerine neden olduğuna dair kesin bulgular olmamasına rağmen kemik yapısında a hormonlar üzerinde etkili olduğunu gösteren ciddi veriler vardır.

Daha önce de belirtildiği gibi epidemiksel çalışmalar özel olarak maruz kalmayan bireylerle maruz kalanlar üzerinde yapılan araştırmaları içerir.

Ancak elektrik ve magnetik alan maruziyetleri için anlamlı epidemiolojik çalışma yapmak oldukça zordur. Çünkü dünyanın her yerinde güç kullanımı söz konusu olduğundan 50 veya 60 Hz'lik alanlara maruz kalmamış bir bireyin bulunması hemen hemen mümkün değildir. Fakat bu demek değildir ki elektromagnetik alanların biyolojik etkilerinin araştırılmasına devam edilmeyecektir. Aksine elektromagnetik alanlar hakkında kesin ve istikrarlı bir sonuç çıkarabilmek için daha yoğun çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmalar, alan şiddetinin rolü, alana maruz kalma süresi ve sürekli maruz kalma durumundaki periyot dikkate alınarak yapılmalıdır. Belki de en önemlisi bütün bu çalışmalar sonucunda elektrik ve magnetik alanlar için uluslararası güvenlik standartlarının belirlenmesi olacaktır.

Yapılan araştırmalar sonucunda çeşitli ülkelerde güvenlik sınırı olarak magnetik alan için 200 nT, elektrik alan için de 10 kV/m belirlenmiştir.

Fakat belirtilen bu değerler tüm dünyanın kabul ettiği sınır değerler olmadığından konuya tam açıklık kazandırmak ve hedeflenen uluslararası güvenlik standartlarına ulaşılması bakımından yapılan araştırmaların tıp dünyası ile birlikte yürütülmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Abdel – Salam, M., (1990), “ Electric Fields” in “ High Voltage Engineering Theory and Praticce “, M. Khalafi, Ed. Newyork, Marsel Dekker. ch.2 .
2. Abdel – Salam, M., and El Mohamdes, M.T., (1989) , “ Combined Method Based on Finite Diffirences and Charge Simulations for Calculating Electric Fields “, IEEE, IA, Vol.25, pp. 1060 – 1066.
3. Biological Effect off Power Frequency Elektrik and Magnetic Field IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 8, No 3, pp. 46 - 47, September 1989.
4. Environmental Healt Criteria 69, Magnetik Field . World Healt Organization , Geneva , 1987.
5. Bars , H. , Andre G. (1977)," Elektrik Alanların Fareler ve Tavşanlar Üzerindeki Biyolojik Etkileri " , Elektrik Mühendisleri Dergisi, Sayı 250 s. 508 - 251, Ekim .
6. Biology Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields, New york ,State Power Lines Science Advisory Panel 1987.
7. Caola, R.J. , Deno, D.W., Dymek, V.S.W. , (1992), " Mesurements of Electric and Engineering in Power Sistems, New Jersey İnstitute of Technology " Newark, New Jersey, pp. 367 - 379 .
8. Carstensen, E.L., (1987), “ Biological Effects of Transmission Line Fields”, Elsevier .
9. Davis , J.G. , Mills, W.A. ,(1993), " Healt Effect of Low Frequency Electric and Magnetik Fields , Environmental Science and Technology ", vol . 27 ,No. 1. pp 44 -48 .
10. Denno, K. (1992), " High Voltage Engineering in Power System " , Boca Raton, p. 367 - 376, CRC Press.

11. Douglas, J., Male, R., Kavet, R., Newell, G., Perhac, R., Sagan, L., (1984)," Electromagnetic Fields and Human Health " , Epri J., p. 14, July / August .
12. Environmental Health Criteria 35. Extremely Low Frequency (ELF) Field . World Health Organization, Geneva, 1984.
13. Franceschetti, G., Gandhi, O. P. and Granddolfo M., (1989), " Electromagnetic Biointeraction " , Plenum Press .
14. Gandhi, O. P. , (1990), " Biological Effect and Medical Applications of Electromagnetic Energy " , Prentice Hall, ch. 9,17.
15. Human Health Studies <http://www.neihs.nih.gov/oc/factsheets/emf/humanhlth.htm>.
16. MacLanline, D., (1994), "Fields of Doubt", Electrical Review, vol. 227 , no 10, pp.28 - 30, May
17. Malyboysson, E. , (1977), " Elektromagnetik Alanların Etkisinde Çalışan Kişilerin Tıbbi Denetimi " , Elektrik Mühendisleri Dergisi, Sayı 250 s. 496 - 499, Ekim .
18. Savitz, D.A., T.S. , (1993), " Health Effect of Low Frequency Electric and Magnetic Field " , Environmental Science Technology , Vol.27, No.1, pp. 52-54 .
19. Silva , M., Huber, D. , " Exposure to Transmission Line Electrical Field During Farming Operations, IEEE Transation on Power Apparatus and Systems " , Vol , Pas - 104 - n.o 9 pp. 2632 - 2640 , september.
20. Spectrum , (1994), " Today's view of magnetic fields " , IEEE Spectrum , Dec, pp. 22 — 35.

22. Spiegel , R. J., (1977), Magnetic Coupling to a Prolate Spheroid Model of Man “, IEEE , PAS, Vol. 96, pp. 208-212. .
23. Spiegel, R.j., (1976), “ Electromagnetic Field in The Near Vicinity of Transmission Line Tower” , IEEE. PAS, Vol. 95 , pp. 1863 – 1871.
24. Şeker, S., (1994), " Taşıma Hatlarının İnsanlar Üzerindeki Biyolojik Etkileri ve standartların İncelenmesi ", Elektrik Enerjisi ve Teknolojileri Sempozyumu, İ.T.Ü. Sosyal Tesisleri Maçka Kampüsü, sayfa 48 -51.
25. Şeker, Ş.S. Çerezci, O , (1991), " Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik Standartları ve Koruma Yöntemleri " , Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
26. TEK, (1994), “ 380 kv Transmission Lines, Atatürk – Elbistan – Ankara II – Temelli - Tepeören “ , “ Special Report of ELTEM – TEK – Decon Consulstans Consortium ABB, SIEMENS, STFA.
27. TEK, (1994) ,Türkiye Elektrik İstatistikleri Özeti” , Araştırma Planlama ve Kordinasyon Dairesi, Mayıs .
28. Tenforde , T.S. , (1993), " Health Effect of Low Frequency Electric and Magnetic Field ", Environmental Science Technology , Vol.27, No.1, pp. 56-58 .
29. WHO, (1989) “ Nonionizing Radiating Protection”, Section 5.

Anamnez : Hastalığın ve Hastanın gelişmesine ve geçmişine ait kısa tarihçe.

Oftalmoloji : Gözün Yapısı, çalışması ve hastalıklarıyla uğraşan bilim dalı.

Dermatoloji : Deri hastalıkları bilimi.

Otorinolojik : Kulak - Burun - Boğaz.

Genito : Üriner sistem - Üreme ve idrar sistemi.

Embriyogenesiz : Embryo oluşması ve gelişmesi.

Hipogliseri : Kandaki şekerin azalması.

Teratojenik : Kusurlu organ ve doku oluşmasına sebep olan madde.

Epidemiyoloji : Salgın hastalıklar bilimi.

Libido : Cinsel iç güdü.



Eden Program Listesi.

' Bayram Türkoğlu - 1998 / YTÜ - Elektrik Müh. Bölümü

CLS

' Bu program 1 den 300 m ' ye kadar yükseklik değerleri vererek,
' yüksekliğe göre bir elektrik alan hesaplar. Hesaplanan elektrik alan,
' istenen değerden küçük çıkınca metrenin 1/100, 1/1000 ve 1/10000 'i hassa-
' siyetle tekrar hesap yapar ve delta kadar alan değeri hastası ile hat yüksekliği
' tayin eder.

' Yük Değerleri Okunuyor

READ a1

READ b1

READ a2

READ b2

READ a3

READ b3

' Hatların x Koordinatları Okunuyor

READ x1

READ x2

READ x3

' Ölçüm Noktasının x koordinatı Okunuyor

READ x

' Ölçüm Noktasının Elektrik Alanı Okunuyor

READ eayilk

FOR yi = 1 TO 300

' Eay Hesaplanıyor

kk = 1.79E+12 ' kk = 1/(2.pi.8.86.10E-12)

' Elektrik Alan ifadesinin Değeri Hesaplanıyor.

$k = (((y - y_i) / ((x - x_1)^2 + (y - y_i)^2))) - (((y + y_i) / ((x - x_1)^2 + (y + y_i)^2)))$

$m = (((y - y_i) / ((x - x_2)^2 + (y - y_i)^2))) - (((y + y_i) / ((x - x_2)^2 + (y + y_i)^2)))$

$n = (((y - y_i) / ((x - x_3)^2 + (y - y_i)^2))) - (((y + y_i) / ((x - x_3)^2 + (y + y_i)^2)))$

ka = a1 * k

kb = b1 * k

ma = a2 * m

mb = b2 * m

na = a3 * n

nb = b3 * n

ea = kk * (ka + ma + na)

eb = kk * (kb + mb + nb)

eay = SQR(ea ^ 2 + eb ^ 2)

IF eay < eayilk THEN GOTO 10

IF yi = 300 THEN

PRINT "-----"

PRINT " Girdiğiniz veriler için 300 m' aşan bir yükseklik hesaplanıyor"

PRINT " Elektrik alını="; eay; " kV/m hesaplandı"

PRINT "-----"

GOTO son

END IF

NEXT yi

sondeger = 100

100 :

t = zz

FOR tt = 1 TO sondeger

yi = t - (tt / sondeger)

' Eay Hesaplanıyor

kk = 1.79E+12 ' kk = 1/(2.pi.8.86.10E-12)

' Elektrik Alan ifadesinin Değeri Hesaplanıyor.

k = (((y - yi) / ((x - x1) ^ 2 + (y - yi) ^ 2))) - (((y + yi) / ((x - x1) ^ 2 + (y + yi) ^ 2)))

m = (((y - yi) / ((x - x2) ^ 2 + (y - yi) ^ 2))) - (((y + yi) / ((x - x2) ^ 2 + (y + yi) ^ 2)))

n = (((y - yi) / ((x - x3) ^ 2 + (y - yi) ^ 2))) - (((y + yi) / ((x - x3) ^ 2 + (y + yi) ^ 2)))

ka = a1 * k

kb = b1 * k

ma = a2 * m

mb = b2 * m

na = a3 * n

nb = b3 * n

ea = kk * (ka + ma + na)

eb = kk * (kb + mb + nb)

eay = SQR(ea ^ 2 + eb ^ 2)

```

fark = ABS(eayilk - eay)
IF fark < delta THEN
    BEEP
    saat$ = TIME$
    tarih$ = DATE$
    CLS
    COLOR 0, 7
    PRINT saat$, tarih$
    COLOR 7, 0
    PRINT "-----"
    COLOR 0, 7
    PRINT " Giriş Değerleri:"
    COLOR 7, 0
    PRINT "-----"
    PRINT "q1=( "; a1; ")+J( "; b1; ")"
    PRINT "q2=( "; a2; ")+J( "; b3; ")"
    PRINT "q3=( "; a3; ")+J( "; b3; ")"
    PRINT "x1 = "; x1; "; x2 = "; x2; "; x3 = "; x3; "; x = "; x; ""
    PRINT "İstenen Elektrik Alan Değeri (Eayilk) = "; eayilk
    PRINT "ölçüm Hatası(Delta) = "; delta
    PRINT "-----"
    COLOR 0, 7
    PRINT " ölçüm Değerleri:"
    COLOR 7, 0
    PRINT "-----"
    PRINT " İstenen Elektrik Alanıçin Yükseklik Hesaplandı yi="; yi; "m"
    PRINT " Hesaplanan Elektrik Alanı Eay="; eay; "kV/m"
    PRINT "-----"
    COLOR 7, 4
    PRINT "Sonucu printer'a aktarmak ister misiniz (e/h)?"
    COLOR 7, 0
DO

```

```

a$ = INPUT$(1)
IF a$ = "e" OR a$ = "E" THEN GOTO yazici
IF a$ = "h" OR a$ = "H" THEN GOTO son
LOOP
SLEEP 3
GOTO son

```

```
END IF
```

```
NEXT tt
```

```
IF tt = 101 THEN
```

```
sondeger = 1000
```

```
CLS
```

```
PRINT "Daha hassas tarama yapılıyor"
```

```
SLEEP 1
```

```
GOTO 100
```

```
END IF
```

```
IF tt = 1001 THEN
```

```
sondeger = 10000
```

```
CLS
```

```
PRINT "Daha hassas tarama yapılıyor"
```

```
SLEEP 1
```

```
GOTO 100
```

```
END IF
```

```
PRINT "Delta değerini artırınız."
```

```
son:
```

```
END
```

```
yazici:
```

```
saat$ = TIME$
```

```
tarih$ = DATE$
```

```
CLS
```

```

LPRINT saat$, tarih$
LPRINT "BU PROGRAM SABİT BİR ELK. ALAN İÇİN HAT YUKSEKLİĞİ
HESAPLAR"; i
LPRINT "-----"
LPRINT " Giriş Değerleri:"
LPRINT "-----"
LPRINT "q1=(; a1;")+J("; b1; ")"
LPRINT "q2=(; a2;")+J("; b3; ")"
LPRINT "q3=(; a3;")+J("; b3; ")"
LPRINT "x1 = "; x1; "; x2 = "; x2; "; x3 = "; x3; "; x = "; x; ""
LPRINT "İstenen Elektrik Alan Değeri (Eayilk) = "; eayilk; "kV/m"
LPRINT "Olcum Hatası(Delta) = "; delta
LPRINT "-----"
LPRINT " Olcum Değerleri:"
LPRINT "-----"
LPRINT " istenen Elektrik Alanıİcin Yukseklik Hesaplandıyi="; yi; "m"
LPRINT " Hesaplanan Elektrik AlanıEay="; eay; "kV/m"
LPRINT "-----"

```

'Hat Değerlerini Buradan Giriniz.

DATA 1.882E-11 ,-1.497E-12

'q1=a1+jb1 için a1, b1

DATA -1.01E-11 ,1.749E-11

'q2=a2+jb2 için a2, b2

DATA -8.116E-12 ,-1.705E-11

'q3=a3+jb3 için a3, b3

DATA -7.24,0,7.24,0

'x1,x2,x3,x

DATA 1

'eayilk

DATA 0.001

'delta

Printer Çıktısı

11:29:21

09-01-1998

BU PROGRAM SABİT BİR ELK. ALAN İÇİN HAT YUKSEKLİĞİ HESAPLAR

Giris Degerleri :

$$q1 = (1.882E-11) + J(-1.497E-12)$$

$$q1 = (-1.01E-11) + J(-1.705E-11)$$

$$q1 = (-8.116E-12) + J(-1.705E-11)$$

$$x1 = -7.24 \quad x2 = 0 \quad x3 = 7.24 \quad x = 0$$

Istenen Elektrik Alan Degeri (Eayilk) = 1 kV/m

Olcum Hatası(Delta) = .0001

Olcum Degerleri:

Istenen Elektrik Alanı İcin Yukseklik Hesaplandı yi = 13.256 m

Hesaplanan Elektrik Alanı Eay = 0.9999931 kV/m

Doğum yeri	: Malatya	
Lise Lisesi	: 1986 - 1990	Malatya II. Meslek ve Teknik Elektrik Teknik Lise Bölümü
Lisans	1990 - 1994	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Elektrik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1995	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Müh. Anabilim Dalı
Çalıştığı Kurumlar	1993 1994 1995-1996 1996-Devam Ediyor	Makel Elk. Malz. San. Koll. Şti. İstanbul Asansör San. Ltd. Şti. Serbest ; Asansör - Bilgisayar Günsan Elk. Malz. San. A.Ş.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON MERKEZİ