

Konya'daki Bazı Yüksek Gerilim Hattı ve Trafo Binaları Yakınında Yapılan Manyetik Alan Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Levent Seyfi^{1*}, Bahadır Akbal²

^{1,2}Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye

*Corresponding author/*Speaker: leventseyfi@selcuk.edu.tr

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Özet – Bu çalışmada trafo merkezi ve yüksek gerilim hatları etrafında halkın maruz kaldığı manyetik alan seviyelerinin belirlenmesi amacıyla Konya'da manyetik akı yoğunluğu değerleri ölçülmüştür. Ölçümler yüksek gerilim hattı ve trafo merkezine farklı uzaklıklarda tekrarlanmıştır. Halka açık alanlarda gerçekleştirilen ölçümler ile halkın maruz kalabileceği manyetik alan değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri uluslararası bir kuruluş olan ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) tarafından belirlenen ve Türkiye'de geçerli olan sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen ölçüm değerlerinden bazılarının sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Yüksek Gerilim Hattı, Trafo Merkezi, Manyetik Alan, Ölçüm

I. GİRİŞ

Günümüz elektrik, elektronik ve haberleşme teknolojilerinin gelişmesi neticesinde bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde insanlar elektromanyetik alan radyasyonuna maruz kalmaktadır. Bu maruziyetten tamamen kaçınabilmek mümkün değildir fakat bu konuda toplumun bilinçlenmesi sağlanarak maruziyetin minimum seviyede tutulabilmesi için gerekli çaba sarfedilebilir [1]. Kontrol dahilinde olmadan maruz kalınan radyasyon çeşitlerinden birisi 50 Hz frekanslı enerji iletim hatları ve trafo merkezlerinin etraflarında oluşturdukları manyetik alanlardır. Bu manyetik alanların insanların sağlığı üzerine etkileri yoğun bir şekilde araştırılmaktadır [2]. Gerçekleştirilen araştırmalar neticesinde 50/60 Hz frekanslarındaki manyetik alanın 5 mT ile 50 mT arasında, sinir sistemi ve görme duyusu üzerinde etkileri tespit edilmiştir; 50 mT ile 500 mT arasında, dokuları uyarımı gözlenmiştir ve sağlık açısından zararlı etkileri olasıdır; 500 mT üzerinde kalp karıncığı fibrilasyonu (ventriküler fibrilasyon) ve kalpte anormal atımların bulunduğu ritim bozukluğu (ekstrasistol) gibi şiddetli etkiler rapor edilmiştir [3], [4]. Bu konuda uzun dönem etkileri ortaya koyabilmek adına yoğun çalışmalar devam etmektedir [5], [6]. Yüksek gerilim hatları ve trafo merkezlerinin şehir merkezlerinde yeşil alanlar, çocuk oyun parkları, meskûn mahal ve kaldırımlar gibi konumlara yakın olması söz konusu olabilmektedir. Bulunduğu konuma göre manyetik alana maruz kalan insanların yaş grubu değişebilmektedir. Bu anlamda en hassas durum çocukların bulunduğu oyun parklarına yakın bölgelerde oluşan manyetik alan maruziyetleridir [7].

İnsanların kamuya açık alanlarda maruz kaldığı manyetik alanın varlığını duysal olarak hissedebilmesi söz konusu değildir. Yalnızca çok yüksek manyetik alan değerlerine maruz kalındığında kişinin hissedebilmesi söz konusu olabilmektedir. Hissedilebilen manyetik alan seviyesi ise kişiden kişiye değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle maruz kalınan manyetik alanın oluşturacağı sağlık sıkıntıları uzun vadede farkedilecektir [3].

Bu çalışmada, Konya ilinde şehir merkezinde bulunan trafo merkezleri ve yüksek gerilim hatları çevresinde manyetik alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca elde edilen ölçüm verilerinin insan sağlığını tehdit edecek seviyede olup olmadığını ortaya koyabilmek amacıyla ulusal (Çevre ve sağlık bakanlığı) ve uluslararası (ICNIRP) kuruluşlar tarafından belirlenen sınır değerler ile ölçüm verileri karşılaştırılmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, manyetik alan değerleri ölçümlerinde, Şekil.1'de gösterilen HIOKI 3470 manyetik alan ölçer kullanılmıştır. Ölçüm cihazı, 250 ms periyotlarla, izotropik manyetik alan sensörü sayesinde X, Y, Z eksenlerinde RMS ölçüm yapabilmektedir. 10 Hz - 400 kHz frekans bandında ölçümler gerçekleştirebilmektedir [8].



Şekil 1 HIOKI 3470 manyetik alan ölçer

Ölçümler özellikle kamuya açık alanlarda gerçekleştirilmiştir. Böylece maruz kaldığı manyetik alanın farkında olmayan insanların da bulunabileceği yaşam alanlarındaki yüksek gerilim hattı ve trafo merkezleri etrafındaki değerler ortaya konmuştur.

III. ÖLÇÜM SONUÇLARI

A. 154 kV Konya Yazır İletim Hattı Ölçümleri

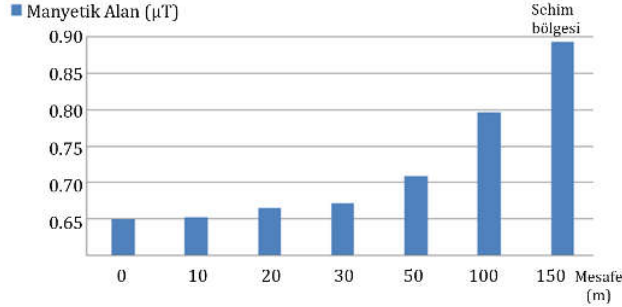
Konya şehirlerarası otogarı yakınında bulunan TEİAŞ'a (9. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğü) gelen 154 kV enerji iletim hattı iletkenleri altında, yerden 1 metre yükseklikte, iletim hattı eksenine boyunca ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerin direkt olarak uzaklığa göre değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 2 (a)'da ölçüm yapılan hat görüntülenmiştir. Bu hattın iki direk arası mesafesi 300 m olarak ölçülmüştür. Elde edilen ölçüm verileri Şekil 2 (b)'de grafik üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 1. 154kV hattın altında ölçülen manyetik alan değerleri

Direkten Uzaklık (m)	Ölçüm Değerleri (μT)
0	0.649
10	0.652
20	0.665
30	0.671
50	0.709
100	0.796
150	0.893



Şekil 2 (a) Ölçüm yapılan iletim hattının fotoğrafı



Şekil 2 (b) Ölçüm değerlerinin uzaklığa bağlı değişimi

B. 31.5 kV Konya Yazır İletim Hattı Ölçümleri

Konya TEİAŞ'a gelen 31.5 kV enerji iletim hattı iletkenleri altında, yerden 1 metre yükseklikte elde edilen ölçüm değerleri Tablo 2'de verilmiştir. İletim hattının ardışık direkleri arasındaki mesafe 158 m olarak ölçülmüştür. Ölçümü yapılan iletim hattının fotoğrafı Şekil 3'de görülebilmektedir.

Tablo 2. 31.5kV hattın altında ölçülen manyetik alan değerleri

Uzaklık (m)	Ölçüm Değerleri (μT)
0	0.782
20	1.045
75	1.146



Şekil 3 ölçüm yapılan iletim hattının fotoğrafı

C. 31.5 ve 154kV Konya Yazır İletim Hatlarından Uzaklaşarak Gerçekleştirilen Ölçümler

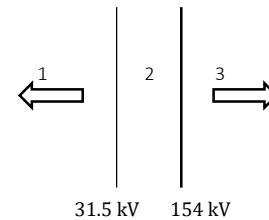
Konya TEİAŞ'a gelen 31.5kV enerji iletim hattı iletkenleri altında, yerden 1 metre yükseklikte iletim hattına dikey biçimde Şekil 4 (b)'de gösterildiği gibi uzaklaşarak yapılan ölçüm sonuçları Tablo 3 'de verilmiştir. Burada direkler arası mesafe 172.93 m olarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılan yerin fotoğrafı Şekil 4(a)'da görülmektedir. Elde edilen ölçüm değerlerinin uzaklıkla değişiminin grafiği Şekil 4 (c)'de görülebilmektedir.

Tablo 3. 31.5 ve 154kV iletim hatlarının Şekil 4 (b)'de belirtilen yönlerde yapılan manyetik alan ölçüm değerleri

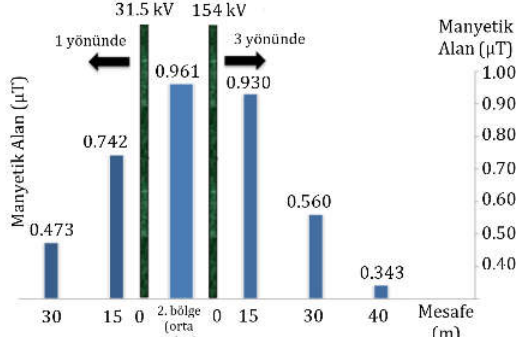
31.5 kV hattına dikey uzaklık (m) (1 Yönünde)	Ölçüm Değerleri (μT)
15	0.742
30	0.473
Tam Orta Nokta (m) (2.Bölge)	Ölçüm Değerleri (μT)
15	0.961
154 kV hattına dikey uzaklık (m) (3 Yönünde)	Ölçüm Değerleri (μT)
15	0.930
30	0.560
40	0.345



Şekil 4 (a) Ölçüm yapılan yerin fotoğrafı



Şekil 4 (b) 31.5 ve 154 kV hatlarının şematik gösterimi



Şekil 4 (c) 31.5 ve 154 kV hattın manyetik alan değerlerinin uzaklıkla değişimi

D. 154 kV Konya Meram Park İletim Hattı Ölçümleri

Konya Melikşah Aile Dinlenme ve Trafik Eğitim Parkı boyunca geçen iletim hattının yerden 1 metre yükseklikte elde edilen ölçüm değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Ölçüm yapılan yerde direkler arası mesafe 290 m olarak ölçülmüştür. Şekil 5'de ölçüm yapılan iletim hattının fotoğrafı görülebilmektedir.

Tablo 4. 154 kV hattın altında ölçülen manyetik alan değerleri

Direkten Uzaklık (m)	Ölçülen Değer (µT)
0	0.401
20	0.480
50	0.532
75	0.607



Şekil 5 Ölçüm yapılan iletim hattı

E. 31.5 kV Direk Yanı Ölçüm

Konya TEİAŞ'a gelen 31.5kV direkten yere iniş noktasında yer yüzeyinde direğin etrafında alınan ölçümler Tablo 5 (a)'da, 1 metre yükseklikte ölçülen değerler de Tablo 5 (b)'de verilmiştir. Şekil 6 (a)'da direğin Google Earth görünümü verilmiştir. Şekil 6 (b)'de ölçüm yapılan direğin fotoğrafı görülmektedir. Zeminde direğin dibinde yapılan ölçümün fotoğrafı Şekil 6(c)'de görülmektedir. Zeminde gerçekleştirilen ölçümlerin konum gösterimi Şekil 6(d)'de, 1 m yükseklikte yapılan ölçümlerin konum gösterimi Şekil 6 (e)'de görülmektedir. Tablo 5 (a) ve (b)'de verilen değerler dikkate alındığında her ikisinde de mesafe 1m'den 2m'ye geçerken ölçüm değerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu durumun yer altından geçen kabloların 2m mesafede yüzeye daha yakın döşenmiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5 (a). 31.5kV hattın altında 0 metre yükseklikte ölçülen manyetik alan değerleri

Direkten Uzaklık (m)	Ölçüm Değerleri (µT)
0	259.1
1	5.59
2	11.91

Tablo 5 (b). 31.5kV hattın altında 1 metre yükseklikte ölçülen manyetik alan değerleri

Direkten Uzaklık (m)	Ölçüm Değerleri (µT)
0	161.2
1	3.81
2	5.08



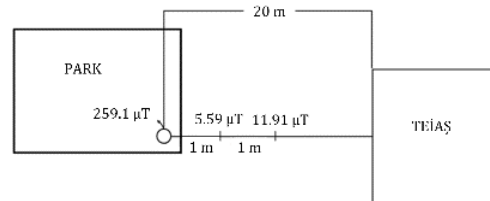
Şekil 6 (a) Direğin Google Earth görünümü



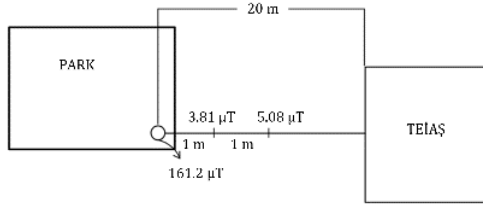
Şekil 6 (b) Ölçüm yapılan direğin fotoğrafı



Şekil 6 (c) Zeminde direğin dibinde yapılan ölçümün fotoğrafı



Şekil 6 (d) Zeminde gerçekleştirilen ölçümlerin konum gösterimi



Şekil 6 (e) 1 m yükseklikte yapılan ölçümlerin konum gösterimi

F. Konya Meram Park TR-I-11-01 Trafosu Ölçümleri

Konya Melikşah Aile Dinlenme ve Trafik Eğitim Parkı TR-I-11-01 Trafosu için yerden 1 metre yükseklikte gerçekleştirilen ölçüm değerleri Tablo 6'de verilmiştir. Şekil 7(a)'da; trafonun Google Earth aracılığıyla elde edilen görünümü görülebilmektedir. Şekil 7 (b)'de ölçüm yapılan trafonun fotoğrafı görülmektedir. Elde edilen ölçüm değerlerinin konuma göre değişimini gösteren çizim Şekil 7 (c)'de görülebilmektedir.

Tablo 6. TR-I-11-01 Trafosundan uzaklaşarak manyetik alan değişimi

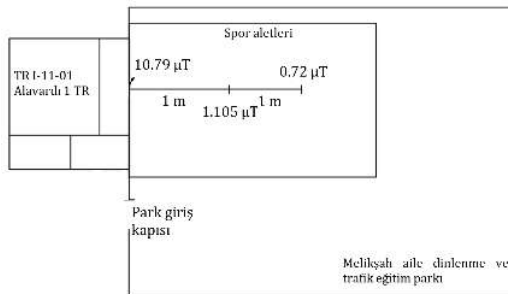
Trafo Binasına Uzaklık (m)	Ölçülen Değer (μT)
0	10.79
1	1.105
2	0.720



Şekil 7 (a) Trafonun Google Earth görünümü



Şekil 7 (b) Ölçüm yapılan trafonun fotoğrafı



Şekil 7 (c) Elde edilen ölçüm değerlerinin konuma göre değişimi

G. Konya Yazır 6TR Trafosu Ölçümü

Konya Yazır mahallesinde bulunan YAZIR-6TR trafosu yerden 1 m yükseklikte, Şekil 8 (c)'de gösterildiği gibi 1 yönünde ve 2 yönünde ölçülen değerler sırasıyla Tablo 7 (a) ve Tablo 7 (b)'de verilmiştir. Şekil 8 (a)'da trafonun Google Earth üzerinden elde edilen görüntüsü görülebilmektedir. Şekil 8 (b)'de ölçüm yapılan trafonun fotoğrafı görülebilmektedir. Elde edilen ölçümlerin konum çizimi üzerindeki gösterimi Şekil 8 (c)'de görülebilmektedir. Şekil 8 (d)'de elde edilen ölçümlerin uzaklığa bağlı olarak değişimi görülebilmektedir.

Tablo 7 (a). Yazır 6TR Trafosu 1 yönündeki ölçüm değerleri

Trafo Binasına Uzaklık (m)	Ölçülen Değer (μT)
0	24.11
5	0.303
10	0.138

Tablo 7 (b). Yazır 6TR Trafosu 2 yönünde ölçüm değerleri

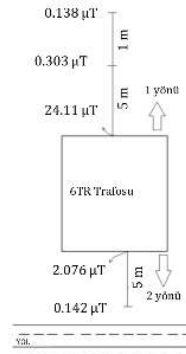
Trafo Binasına Uzaklık (m)	Ölçülen Değer (μT)
0	2.076
5	0.142



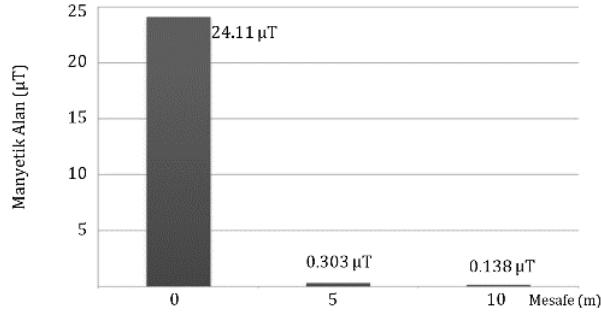
Şekil 8 (a) Trafonun Google Earth üzerinden elde edilen görüntüsü



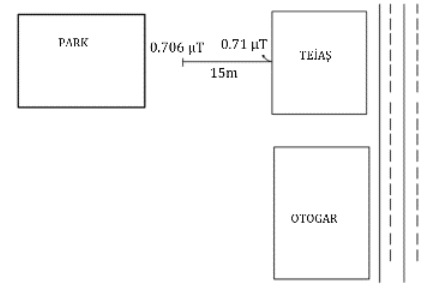
Şekil 8 (b) Ölçüm yapılan trafonun fotoğrafı



Şekil 8 (c) Elde edilen ölçümlerin konum çizimi üzerindeki gösterimi



Şekil 8 (d) Elde edilen ölçümlerin uzaklığa bağlı olarak değişimi



Şekil 9 (c) Elde edilen ölçüm değerlerinin konumsal gösterimi

H. 154 Otogar TEİAŞ Trafosu Ölçümleri

Konya Otogar TEİAŞ Trafosu için yerden 1 metre yükseklikte elde edilen ölçüm değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Ölçümleri yapılan trafonun Google Earth aracılığıyla elde edilen görünümü Şekil 9 (a)'da görülebilmektedir. Trafonun fotoğrafı ise Şekil 9 (b)'de görülebilmektedir. Elde edilen ölçüm değerlerinin uzaklıkla değişimi Şekil 9 (c)'de görülmektedir.

Tablo 8. Otogar TEİAŞ trafosu manyetik alan değerleri

Trafo Binasına Uzaklık (m)	Ölçülen Değer (µT)
0	0.710
15	0.706



Şekil 9 (a) Ölçümleri yapılan trafonun Google Earth aracılığıyla elde edilen görünümü



Şekil 9 (b) Trafonun fotoğrafı

IV. TARTIŞMA

Bu çalışmada Konya ilinde farklı yerlerde 50Hz frekansında çalışan yüksek gerilim hatları ve trafo binalarında ölçümler yapılmıştır. Yerleşim birimleri içinden geçen hatlar için yapılan ölçümlere göre direkler arası sehim bölgelerinde ölçülen manyetik alan değerleri direğe yakın bölgelere göre beklenildiği gibi daha yüksektir. Örneğin 154 kV hattın direk dibinde manyetik alan değeri 0.649 µT iken bu değer sehim bölgesinde 0.893 µT'ya yükselmektedir. Benzer durum 31.5kV hat için direk dibinde 0.782 µT iken sehim bölgesinde 1.146 µT olmaktadır. Yüksek gerilim hatları için yapılan ölçümlerde elde edilen en yüksek manyetik alan değeri Tablo 5 (a)'da verilen zeminde direk dibinde yapılan ölçüm 259.1 µT'dır. Aynı noktada 1 m yükseklikte ise değer azalarak 161.2 µT olmuştur.

Trafo binalarındaki ölçüm sonuçlarına bakıldığında en yüksek manyetik alan değeri 24.11 µT olarak tespit edilmiştir.

İyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik alanların sağlık açısından etkilerini dikkate alarak, bu konuda sınırlama ve standart üreten en yetkili uluslararası kuruluş Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonudur (ICNIRP, International Committee on Non-Ionising Radiation Protection,) [5]. ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerler çalışanlar ve genel halk için olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Genel halk için 1 Hz ile 300 GHz frekans aralığında verilmiş olan sınır değerler Tablo 9'da görülmektedir.

Tablo 9. ICNIRP'nin belirlemiş olduğu 1Hz-300 GHz frekans bandındaki halkın elektromanyetik alan maruziyet limit değerleri [9].

Frekans Aralığı	E-Alan Şiddeti, (V/m)	H-Alan Şiddeti, (A/m)	B-Alan (µT)	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu, S_{eq} (W/m ²)
1 Hz'e kadar	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1-8 Hz	10 000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8-25 Hz	10 000	$4 000 / f$	$5 000 / f$	-
0.025-0.8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
0.8-3 kHz	$250 / f$	5	6.25	-
3- 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15- 1 MHz	87	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
1- 10 MHz	$87 / f^{0.5}$	$0.73 / f$	$0.92 / f$	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000 MHz	$1.375 f^{0.5}$	$0.0037 f^{0.5}$	$0.0046 f^{0.5}$	$f / 200$

2-300 GHz	61	0.16	0.2	10
-----------	----	------	-----	----

Ölçümlerin gerçekleştirildiği yüksek gerilim hatları ve trafo merkezleri için çalışma frekansı 50 Hz olduğundan Tablo 9'dan faydalanılarak aşağıdaki gibi sınır değer hesaplanabilir:

50 Hz için sınır değer=5/f; f=0.05 (kHz) ise

Sınır değer=5/0.05=100 µT olarak hesaplanır.

Yani ICNIRP'ye göre halkın maruz kalabileceği manyetik akı yoğunluğu değeri asla 100 µT değerini geçmemelidir. Oysa yüksek gerilim hatları için yapılan ölçümlerde (Tablo 5 (a)) bir konumda zeminde (259.1 µT) ve 1 m yükseklikte (161.2µT) elde edilen ölçümler sınır değer 100 µT'nin oldukça üzerinde olmuştur.

Türkiye'de ise İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun olumsuz etkilerinden çevre ve halkın sağlığının korunmasına yönelik alınması gereken tedbirlere ilişkin yönetmelik 24 Temmuz 2010 tarihli Resmi gazetede yayımlanan madde 15'te belirtilmiştir. Burada verilen sınır değerler Tablo 10'da görülebilmektedir.

Tablo 10. Türkiye'de geçerli olan İyonlaştırıcı olmayan radyasyonun olumsuz etkilerinden çevre ve halkın sağlığının korunmasına yönelik sınır değerler [10]

Frekans Aralığı, f	Elektrik Alan Şiddeti, E(V/m)	Manyetik Alan Şiddeti, H(A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu, B(µT)	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu, S _{eq} (W/m ²)
1 Hz'e kadar	-	32 000	40 000	-
1 Hz-8 Hz	10 000	32 000/f ²	40 000/f ²	-
8 Hz-25 Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	-
0.025 kHz-0.8 kHz	750/f	8/f	10/f	-
0.8 kHz-3 kHz	250/f	5	6.25	-
3 kHz- 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 MHz- 1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1 MHz- 10 MHz	87/f ^{0.5}	0.73/f	0.92/f	-
10 MHz-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 MHz- 2000 MHz	1.375f ^{0.5}	0.0037f ^{0.5}	0.0046f ^{0.5}	f/200
2 GHz-300 GHz	61	0.16	0.2	10

Çalışma frekansı 50 Hz için Tablo 10'den faydalanılarak Türkiye'de geçerli olan sınır değer aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

50 Hz için sınır değer=10/f; f=0.05 (kHz) ise

Sınır değer=10/0.05=200 µT olarak hesaplanır.

Yani Çevre ve Sağlık Bakanlığının belirlediği sınırlara göre halkın maruz kalabileceği manyetik akı yoğunluğu değeri 200 µT değerini geçmemelidir. Bulunan bu değer ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerinin tam 2 katına eşittir. Buna rağmen yine de yüksek gerilim hatları için elde edilen bir ölçümde (259.1 µT) (Tablo 5 (a)) 200 µT sınır değerinin üzerinde gözlem yapılmıştır.

Yüksek gerilim iletim hatlarının insanların yaşam alanlarının içinden veya çok yakınından geçtiği bu noktalarda halk için güvenlik önlemi alınması gerekmektedir [11].

Sağlık etkileri uzun yıllar sonra görülebilecek olan elektromanyetik alanlar önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir [12]. Elektrik enerjisinin üretimi, nakli ve kullanımı nedeniyle oluşan elektromanyetik alanların yok edilebilmesi söz konusu değildir [13]. Fakat bu konuda önlemler alınmaz ise teknolojik gelişmelere de bağlı olarak elektrik enerjisi kullanımının artması ile durumun farkında olmayan bilinçsiz halkın karşılaşmak zorunda kalacağı sağlık sıkıntılarının artacağı öngörülebilir.

Yüksek gerilim ve trafo merkezlerinin yaşam alanı olan okul, kreş, hastane, park gibi yerlerden uzaklarda bulunması gerekmektedir. Yakın olan yerlerde ise düzenli olarak gerekli ölçümler yapılmalı, sınır değerlerin aşılmamasına bakılmalıdır. Elektromanyetik alanların zararları hakkında insanlar gerekli kurumlarca bilinçlendirilmelidir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada Konya ili sınırları içerisinde halkın yaşam alanları içerisinde kalan bazı yüksek gerilim hatları ve trafo binaları yakınındaki manyetik alan değerlerini belirleyebilmek amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri uluslararası ve ulusal olarak ilan edilmiş sınır değerler ile kıyaslanmış ve sınır değer üzerinde manyetik alan oluşturan noktalar belirlenmiştir. Sınır değerlerin üzerinde manyetik alanın olduğu yerlerin halkın erişimine kapatılması gerekliliği aşikardır. Bahsi geçen yer, yeşil alan içerisinde olduğu için çocukların bu yüksek manyetik alana maruz kalma ihtimali söz konusudur. Bu konuda ilgili kurumların tedbir alması gerekmektedir.

REFERENCES

- [1] M. Bertocco, M. Farias, C. Ofelli, A. Sona, A Measurement System for the Evaluation of Environmental Electromagnetic Field, *Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Anchorage, USA, 21-23 May 2002.
- [2] D. Akpınar, N. Öztürk, Ş. Ozen, A. Aysel, Y. Piraye, The effect of different strengths of electric fields on antioxidant status, lipid peroxidation, and visual evoked potentials. *Electromagnetic Biology and Medicine*, ISSN: 1536-8378 print / 1536- 8386 online, DOI: 10.3109/15368378.2012.692342, 31(4): 436– 448, 2012.
- [3] Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Çok Alçak Frekanslı Manyetik Alanlar, http://www.teias.gov.tr/eBulten/haberler/2009/RTE&EDF/Brochure_Champs.pdf (17.06.2018).
- [4] F. Kiessling, P. Nefzger, U. Kaintzyk, J.F. Nolasco, *Overhead Power Lines: Planning, Design, Construction*, Springer, 2003.
- [5] Ş. Özen, Evaluation and Measurement of Magnetic Field Exposure at a Typical High Voltage Substation and Its Power Lines, *Radiation Protection Dosimetry*, 128:2, pp. 198–205, 2008.
- [6] E. Önal, Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, 2005.
- [7] Ş. Özen, Yüksek Gerilim Trafo Merkezlerinde Manyetik Alan Seviyeleri ve Mesleki Maruz Kalmanın Değerlendirilmesi, *12. Ulusal Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Eskişehir, Türkiye, 14-18 Kasım 2007.
- [8] HIOKI E.E.Corporation. HIOKI Product Group Web Page-Home. <https://www.hioki.com/en> (17.06.2018).
- [9] ICNIRP–International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. ICNIRP Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic And Electromagnetic Fields (up To 300Ghz). <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPmfgd.pdf> (17.06.2018).
- [10] Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü. “İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre Ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gerekten Tedbirlere İlişkin Yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/07/20100724-3.htm> (17.06.2018).

- [11] J.C. Del Pino Lopez, P.C. Romero, P. Dular, Parametric Analysis of Magnetic Field Mitigation Shielding for Underground Power Cables, *Renewable Energy and Power Quality Journal*, no.5, Pages 1-8, 2007.
- [12] A. Türkkkan, O. Çerezci, Z. Kartal, K. Pala. *Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri*. Nilüfer Belediyesi, Bursa, Türkiye, 2012.
- [13] Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi. İletim Hatları ve Elektromanyetik Alan.
<http://www.teias.gov.tr/eBulten/makaleler/2015/4.bölge%20elektro%20man.alan/4.%20bölge%20Elektromanyetik%20Alan.pdf>
(17.06.2018).