



Kahramanmaraş Sutcu Imam University

Journal of Engineering Sciences



Kahramanmaraş Onikişubat İlçesinde Alparslan Türkeş ve Hanefi Mahçiçek Bulvarları Boyunca Elektromanyetik Kirliliğin Ölçümü

Measurement of Electromagnetic Pollution throughout AlparslanTürkeş and Hanefi Mahçiçek Boulevards in Kahramanmaraş Onikişubat District

Ömer Söğüt^{*1}, Erdal Küçükönder¹, Özlem Şahin¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 460100, Kahramanmaraş.

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author:Ömer SÖĞÜT, osogut@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Kahramanmaraş merkez Onikişubat ilçesinde Alparslan Türkeş ve Hanefi Mahçiçek bulvarları boyunca 16 farklı noktada elektrik ve manyetik alan şiddeti (E, H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri yapıldı. Seçilen noktalarda elektromanyetik alan şiddetlerini ve güç yoğunluklarını ölçmek için Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü kullanıldı. Ölçümler, aynı noktada aynı gün içerisinde sabah 08:00-10:00 ve öğleden sonra 15:00-17:00 saatlerinde olmak üzere iki kez yapıldı. Her bir ölçümün anlamlı bir sonuç oluşturması için, ulusal ve uluslararası kurumların önerdiği gibi ölçümler en az altışar dakika yapıldı. Bulunan sonuçlar, Türkiye Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından belirlenen ve 21 Nisan 2011 tarihinde 27912 sayılı resmi gazetede yayınlanan elektronik haberleşme cihazlarından kaynaklanan elektromanyetik alan şiddetinin uluslararası standartlara göre maruziyet limit değerlerinin belirlenmesi, kontrolü ve denetimi hakkındaki yönetmelikte verilen ortamın toplam limit değerleri, ICNIRP'nin limit değerleri ile aynı olan, sırasıyla, GSM900 MHz'de E için 41.25 V/m, H için 0.111 A/m ve S için 4.5 W/m²; GSM1800 MHz'de E için 58.34 V/m, H için 0.157 A/m ve S için 9 W/m² ve UMTS2100 MHz'de E için 61 V/m, H için 0.16 A/m ve S için 10 W/m² olarak tanımlanan değerlerle karşılaştırıldı. Ölçümlerden elde edilen değerlerin tamamı (E, H ve S) BTK, ICNIRP ve IEEE/FCC gibi ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından tanımlanan değerlerden daha küçük olduğu tespit edildi.

ABSTRACT

In this study, the electric and magnetic field strength (E, H) and the equivalent plane wave power density (S) measurements in 16 different points throughout Alparslan Türkeş and Hanefi Mahçiçek Boulevards in the centre Onikişubat district of Kahramanmaraş were performed. Spectran HF-60105 V4 portable spectrum analyzer was used to measure electric and magnetic field strength and the equivalent plane wave power density in selected locations. The measurements were performed twice a day, one in the morning between 08:00-10:00 hours and another in the afternoon between 15:00-17:00. The measurements have lasted at least six minutes to obtain a significant result for each measurement. The results obtained were compared to the total limit value of the medium in the regulation about determination of the exposure limit values, control and supervision according to international standards electromagnetic field strength of the resulting from electronic communication devices which was published, in official newspaper numbered 27912, on 21 April 2011. These values designated by Turkey's Information Technologies and Communications Authority, which are identical to the limit values of ICNIRP, are in GSM 900 MHz 41.25 V/m for E, 0.111 A/m for H and 4.5 W/m² for S; in GSM 1800 MHz 58.34 V/m for E, 0.157 A/m for H and 9 W/m² for S and in UMTS 2100 MHz 61 V/m for E, 0.16 A/m for H and 10 W/m² for S, respectively. It is clear that all of the values obtained from measurements are smaller than the limit values determined for non-ionizing radiation defined by national and international institutions such as BTK, ICNIRP and IEEE/FCC.

Anahtar Kelimeler: Baz istasyonu, radyasyon, cep telefonu, sağlık, ICNIRP.

Keywords: Base station, radiation, mobile phone, health, ICNIRP

1. GİRİŞ

Radyasyon bir çeşit enerji aktarımıdır. Bu aktarım dalgalar ya da foton denen parçacıklar aracılığı ile yapılmaktadır. Radyasyon tüm ömrümüz boyunca birlikte yaşadığımız bir olgudur ve insanoğlu doğumundan ölümüne kadar doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından yayınlanan ışınlara (elektromanyetik dalgalara) maruz kalmaktadır. Elektromanyetik dalgaların hayatımızda çok önemli yeri vardır. Örneğin iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun radyofrekans (RF) bölgesinde yer alan elektromanyetik dalgalar iletişimde, radyo ve televizyon yayınlarında kullanılmaktadır. Cep telefonlarından yayınlanan radyasyon da iyonlaştırıcı olmayan radyasyon bölgesinde yer almaktadır. Cep telefonlarının tümü, uzayda birlikte hareket eden elektrik ve manyetik enerjinin dalgalarından oluşan, elektromanyetik alan (EMF) olarak adlandırılan bir çeşit radyasyon yayarlar. Elektromanyetik enerjinin tüm türleri, frekanslarına ve dalga boylarına göre kategorize edilirler. Elektromanyetik spektrumun radyo frekans (RF) kısmı, radyasyonun iyonize olmayan kısmını oluşturur ve yaklaşık 3 kilohertz (3 kHz) ile 300 gigahertz (300 GHz) aralığındaki frekanslardan oluşur. Radyo frekansı (RF) bölgesindeki elektromanyetik dalgaların enerjisi, radyo ve televizyon yayıncılığı, mobil iletişim, GPS cihazları, polis ve itfaiye için radyo iletişimi ve uydu iletişimi gibi telekomünikasyon hizmetlerinde

kullanılmaktadır. Buna ek olarak, RF enerjisinin iletişimi içermeyen kaynakları, mikrodalga fırınlar, radar ve endüstriyel kullanımları kapsar. Dünya çapında cep telefonu şebekeleri, RF spektrumunun Ultra Yüksek Frekans (UHF) kısmının iletimi ve alımı için kullanılır (Wargo ve ark., 2012). Günümüzde Mobil İletişim için Küresel Sistem (GSM) ve Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi (UMTS) (3G) olmak üzere iki temel mobil iletişim teknolojisi kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda Dünyada 5G ve ülkemizde ise 4.5G mobil iletişim sistemi kullanılmaya başlanmıştır.

Cep telefonları ve benzeri cihazların teknolojisindeki gelişmelerin bir sonucu olarak, cep telefonu kullanma yaşı hızla düşerken (ilkokul seviyesine ve hatta daha da aşağısına), cep telefonu kullanıcılarının sayısı da büyük bir hızla artmaktadır. Bunlara bağlı olarak, yerleşim bölgelerindeki cep telefonu kulelerinin (baz istasyonlarının) sayısı da hızla artmaktadır. Bu nedenle, günlük yaşamda doğada bulunanlardan daha yüksek seviyelerde elektromanyetik alanlara maruz kalınmaktadır. İnsan kaynaklı elektromanyetik alanların (EMF) potansiyel sağlık etkileri, 1800'li yılların sonlarından beri bilimsel bir araştırma konusu haline gelmiş ve özellikle, son 30 yıldır elektromanyetik kirliliğe karşı önlemlerin alınması için öneriler yapılmıştır. EMF büyük ölçüde statik ve düşük frekanslı elektrik ve manyetik alanlara ayrılabilir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonunun başlıca kaynakları radar, radyo ve televizyon yayın tesisleri, cep telefonları, baz istasyonları, indüksiyon ısıtıcıları ve kablosuz internet bağlantı cihazları, elektrik hatları, elektrikli ev aletleri, bilgisayarlar ve yüksek frekanslı veya radyo frekanslı alanlardır (WHO, 2012). Türkiye Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumuna (BTK) göre yaklaşık 80 milyon nüfusu olan Türkiye'de cep telefonu (mobil) kullanıcıların (abone) sayısı 75 milyondur (web 1). Cep telefonu kullanıcılarının birçoğu insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri hakkında bilgi sahibi değildir. Bugünün çocukları iyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruz kalma ile büyüyen ilk nesil olacaktır. Ancak, cep telefonları ve benzeri cihazların insan sağlığı üzerindeki uzun vadeli etkilerinin ne olacağı hala tam olarak bilinmemektedir. Çocukluk çağında, iyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruz kalma yetişkinlere göre daha tehlikelidir. Çünkü bir çocuk beyni bir yetişkin beyninden çok daha fazla etkilendir ve çocukların anatomik farklılıkları, kemik iliğinin elektrik iletkenliğindeki farklılıklardan dolayı beyin bölgelerinin cep telefonundan yayınlanan iyonlaştırıcı olmayan radyasyona daha fazla maruz kalmasını neden olabilir (Christ ve ark., 2010; Cardis ve ark., 2007; Christ ve Kuster, 2005). Bazı araştırmacılar tarafından RF radyasyonuna düşük seviyeli maruz kalmanın davranış değişiklikleri, immünolojik sistem üzerindeki etkileri, üreme etkileri, hormon düzeylerindeki değişiklikler, baş ağrısı, sinirlilik, yorgunluk ve kardiyovasküler etkileri gibi birçok olumsuz etkileri içerdiğini bildirmiştir (Wargo ve ark., 2012; WHO, 2002). 1996 yılında, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), EMF'lerin biyolojik etkileri ile ilgili bilimsel literatürün gözden geçirilmesi amacıyla Uluslararası EMF Projesi'ni oluşturdu ve 2012'ye kadar RF alanlarına maruz kalma ile ilgili tüm sağlık sonuçlarının resmi bir risk değerlendirmesini yaptı (Wargo ve ark., 2012; WHO, 2002). 2011 yılında, WHO'nun Kanseri Araştırmaları için Uluslararası Ajansı (IARC), kablosuz telefon kullanımıyla ilişkili daha yüksek glioma riski nedeniyle, elektromanyetik alanları insanlar için muhtemel kanserojen olarak sınıflandırmıştır (Cardis ve ark., 2007). İyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruz kalmanın uzun vadeli sağlık etkileri ile ilgili endişelere rağmen, küçük çocuklar arasında cep telefonu kullanımının popülerliği hızla artmaktadır ve ailelerin birçoğu tehlikenin farkında olmadan bu durumu teşvik etmektedir. Bu nedenle küçük yaşta çocukların birçoğu dışarıda ya da evde arkadaşları ile oynamak yerine cep telefonu ya da benzeri cihazlarda oyun oynamayı tercih etmektedir. Bunun için günümüzün çocukları, günümüzün yetişkinlerine göre hayatları boyunca cep telefonlarından alınan radyasyona daha fazla maruz kalacaklardır. Bu gün evlerin, okulların ve işyerlerin birçoğunda cep telefonu ve benzeri cihazları kullanmayanlar için bile kablosuz (wireless) internet vericisi wifi gibi iyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruz bırakan kaynaklar bulunmaktadır (Cardis ve ark., 2007; Christ ve Kuster, 2005). Bazı araştırmacılar cep telefonlarının beyin aktivitesi üzerinde küçük etkiler olduğunu rapor etmişlerdir (Regel ve ark., 2011; Van Rongen ve ark., 2009; Barth ve ark., 2008; Valentini ve ark., 2010; Söderqvist ve ark., 2011). Cep telefonları tarafından iletilen düşük şiddetli elektromanyetik dalganın, sıçan testislerinde histopatolojik veya ultrastrüktürel değişikliğe neden olup olmadığı Çelik ve arkadaşları tarafından araştırılmış ve EMF'lerin testis dokusu üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir (Çelik ve ark., 2012). Çok uluslu bir vaka kontrol çalışması olan INTERPHONE, cep telefonu kullanımının kanser riskini artırıp artırmadığını ve daha özel olarak cep telefonlarından yayılan RF alanlarına maruz kalmanın kanserojen olup olmadığı araştırmak için kurulmuştur. Yapılan araştırmalarda cep telefonlarından RF alanlarına en çok maruz kalması beklenen dokuların bazılarında ortaya çıkan glioma, meningiom, akustik nörinoma ve parotis bezi tümörleri gibi tümörler üzerine odaklanılmıştır (Cardis ve ark., 2007; Cardis ve ark., 2008). Elektromanyetik alanların insan vücudundaki ana eylemi, olumsuzlukları daha kötü hale getirerek kalp, damar, nörolojik ve akıl hastalıkları gibi rahatsızlıkların ortaya çıkmasını hızlandırabilmesidir. Elektromanyetik alanların şiddetine ve maruz kalma süresine bağlı olan bu etki, elektromanyetik alanlarla kirlenici kaynakların sayısının artması nedeniyle sürekli olarak artmaktadır (Cardis ve ark., 2008). Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonu (ICNIRP) (ICNIRP, 2009) ve Federal İletişim Komisyonuna (FCC) (FCC, 1996) göre, RF elektromanyetik alanını karakterize etmek için yaygın olarak güç yoğunluğu (mW/cm^2 ya da W/m^2) terimi kullanılmaktadır. Bu aynı zamanda RF ve EMF'nin maruziyeti için referans seviyesi piki güç yoğunluğudur (Agarwal ve ark., 2009). İyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruz kalmanın neden olabileceği etkiler, genel olarak, kanser (Schüz ve ark., 2006; Lonn ve ark., 2005) sinir sistemi bozuklukları (Narayanan ve ark., 2010; Narayanan ve ark., 2009), üreme (Aitken ve ark., 2005), göz (Yu ve Yao, 2010), davranış değişikliği (Divan ve ark., 2008), kalp hızı (Rezk ve ark., 2008), psikolojik (Oulasvirta ve ark., 2011), elektromanyetik aşırı duyarlılık (Hocking ve ark., 2001; Hocking ve Westerman, 2002; Hocking ve Westerman, 2003) olarak verilebilir.

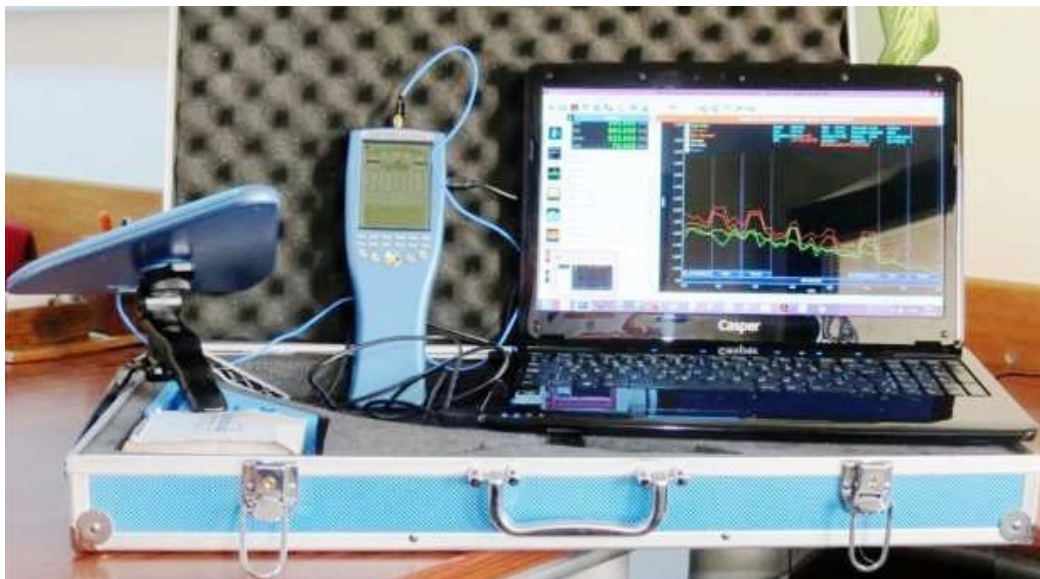
Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş'ın Onikişubat ilçesinde Alpaslan Türkeş ve Hanefi Mahçiçek bulvarları boyunca, elektromanyetik kirliliğin tespit edilebilmesi amacıyla elektrik ve manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapmak ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyondan kaynaklanabilecek olumsuz sağlık etkileri hakkında toplumsal farkındalık oluşturmaktır.

2. MATERYAL VE METOD

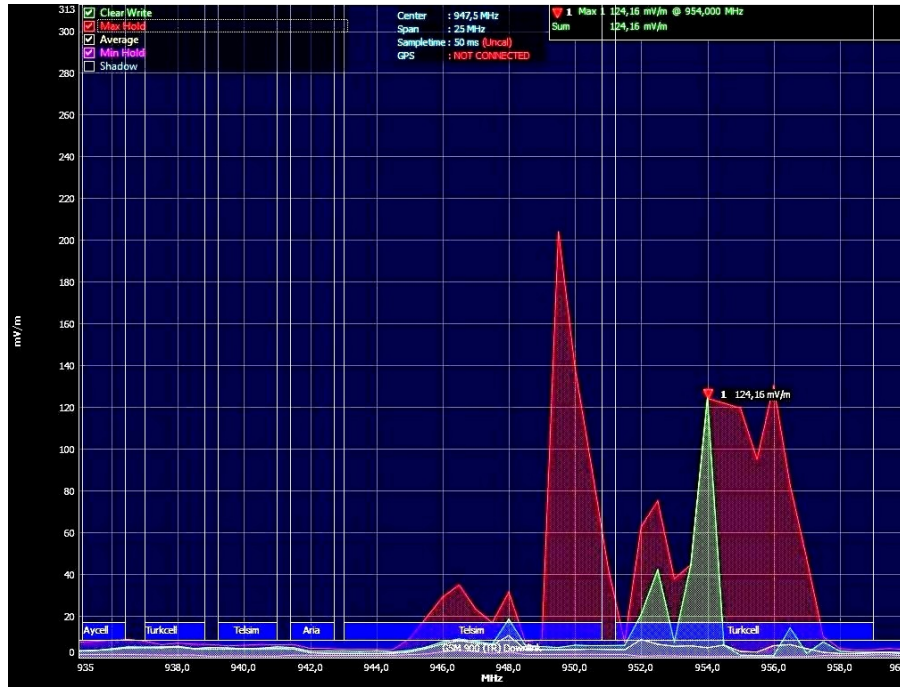
Kahramanmaraş'ın Onikişubat ilçesinde Alpaslan Türkeş ve Hanefi Mahçiçek bulvarlarında elektromanyetik kirliliği ölçmek için, bulvarlar boyunca 16 farklı yerde GSM900, GSM1800 ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında baz istasyonlarından (cep telefonu kulelerinden) yayınlanan radyo frekans kökenli elektromanyetik dalgalarının elektrik ve manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapıldı. Ölçümlerde frekans aralığı 1MHz-9.4GHz ve frekans filtreleme özelliği olan Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü kullanıldı. BTK (BTK, 2009) ve ICNIRP'nin (ICNIRP, 2009) önerisi doğrultusunda yapılan ölçümlerin anlamlı bir sonuç ifade edebilmesi için ölçümler en az 6 dakika boyunca yapıldı ve bu ölçümler üçer kez tekrarlanarak ortalamaları alındı. Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS yazılımı yüklü bir dizüstü bilgisayarla birlikte seçilen ortamlarda sadece GSM900 MHz, GSM1800 MHz ve UMTS 2100 MHz frekansları için elektrik ve manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçümleri yapılabilmektedir. Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörünün özellikleri Tablo 1'de, Şekil 1'de elektromanyetik alan şiddeti ölçüm sisteminin fotoğrafı ve Şekil 2'de ise GSM900 MHz frekansında ölçülmüş olan elektrik alanın şiddetini gösteren tipik bir spektrum verildi.

Tablo 1. Aaronia Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörünün özellikleri

Frekans aralığı	1 MHz-9.4 GHz
DANL	-155 dBm(1Hz)
Maksimum ölçüm aralığı	-170 dBm(1Hz)
Preamplifier	-150 dBm(1Hz)
Maksimum güç	20d Bm(opt. +40 dBm)
En düşük örnekleme zamanı	5 ms
Resolution (RBW)	200 Hz to 50 MHz
EMC filtresi	200 Hz, 9 kHz, 120 kHz, 200 kHz, 1,5 MHz, 5 MHz
Ölçüm Birimleri	PC yazılımı aracılığı ile dBm, dBµV, V/m, A/m, W/m ² dBµV/m, W/cm ²
Dedektörler	RMS, Min/Max
Demodulator (kip çözücü)	AM, FM, PM, GSM
Giriş	50 Ohm SMA RF-input (f)
Doğruluk	±1dB (typ.)
Interface (arabirim)	USB 2.0/1.1
14 bit Dual-ADC	
DDC donanım filtresi	
150 MIPS DSP (CPU)	



Şekil 1. Elektromanyetik alan şiddeti ölçüm sisteminin fotoğrafı



Şekil 2. Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ile GSM900 MHz frekansında ölçülmüş tipik bir elektrik alan şiddetini gösteren spektrum.

Alpaslan Türkeş ve Hanefi Mahçicek bulvarları boyunca 300 m aralıklarla seçilmiş olan ölçüm yerlerinin uydu haritası şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Ölçüm yerlerinin uydu haritası

E, H ve S değerlerinden biri biliniyorsa diğerleri hesaplanabilir. Güç akı yoğunluğu (S); bir elektromanyetik dalganın hareket doğrultusuna dik, birim alana düşen güç miktarı, W/m^2 ya da W/cm^2 , olarak tanımlanmaktadır. Elektrik alan şiddeti (E); uzayda herhangi bir noktada, bir birimlik pozitif elektrik yüküne etki eden kuvvetin, (V/m) vektörel büyüklüğü ve manyetik alan şiddeti (H) ise manyetik akı yoğunluğunun, ortamın geçirgenliğine oranı (A/m) olarak tanımlanır (BTK, 2009). Güç yoğunluğu (güç akı yoğunluğu ya da elektromanyetik alan olarak adlandırılır) hesaplanması aşağıdaki denklemle yapılabilir.

$$S = E \times H = (E^2) / 377 = 377$$

Burada E ve H, sırasıyla elektrik alan ve manyetik alan şiddetlerini göstermektedir ve boş uzayda, bunların genliklerinin oranı $E/H=377$ ohm'dur ve bu boş uzayın karakteristik empedansıdır. Şayet elektrik ve manyetik alanı şiddetleri (E ve H) hesaplanmak istenirse, aşağıdaki denklemler kullanılabilir (ICNIRP,1998).

$$E = (S \times 377)^{1/2}$$

$$H=(S/377)^{1/2}$$

Bir baz istasyonu yakınında güvenlik mesafenin bilinmesi de çok önemlidir. Bu mesafe, antenden itibaren ve antenlerin yayın yönü dikkate alınarak uluslararası IRPA kuruluşunun belirlemiş olduğu, aşağıdaki formülle hesaplanır (BTK, 2009).

$$d =$$

$$\frac{\sqrt{30xPx10^{G/10}}}{E} \text{ (m)}$$

Burada P

cihazın çıkış gücünü (Watt); G anten kazancını (dBi); E elektrik alanının limit değerini (V/m) ve d metre olarak güvenlik mesafesini temsil etmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kahramanmaraş Onikişubat merkez ilçesinde Alpaslan Türkeş ve Hanefi Mahçicek bulvarları boyunca 300 m aralıklarla seçilen 16 farklı noktada iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarından yayınlanan radyasyonların oluşturmuş olduğu elektrik alan şiddeti (E), manyetik alan şiddeti (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri GSM900 MHz, GSM1800 MHz ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında Aaronia Spectran HF-60105 V4 taşınabilir spektrum analizörü ve MCS kodlu yazılım yüklü bir dizüstü bilgisayar ile yapıldı. Bulunan sonuçlar Tablo 2-4’de verildi.

Tablo 2. GSM900 MHz frekansında Spectran HF-60105 V4 Taşınabilir Spektrum Analizörü ile 08:00-10:00 ile 15:00-17:00 saatleri arasında yapılan ölçüm değerleri

[illegible]

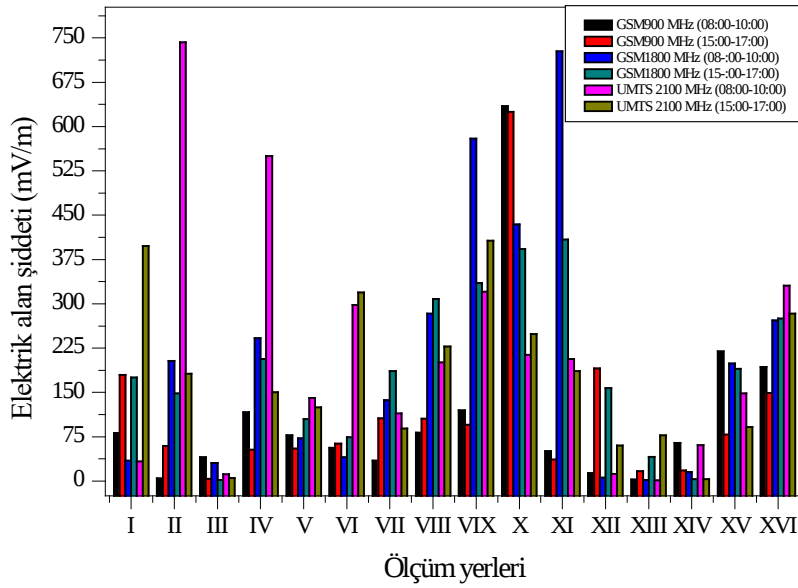
Tablo 4.UMTS 2100 MHz frekansında Aaronia Spectran HF-60105 V4 TaşınabilirSpektrum Analizörü ile 08:00-10:00 ile 15:00-17:00 saatleri arasında yapılan ölçümler

Yer	08:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			15:00-17:00 saatleri arasında yapılan ölçümler			(ICNIRP, 2009)			(IEEE/FCC, 1998)			(BTK, 2009)		
							6 dakika			30 dakika			Ortamın toplam sınır değeri		
	E mV/m	H mA/m	S mW/m ²	E mV/m	H mA/m	S mW/m ²	E V/m	H A/m	S W/m ²	E V/m	H A/m	S W/m ²	E V/m	H A/m	S W/m ²
I	33.45	0.0887	2.9679	397.7	1.0549	419.5366	61	0.16	10	-	-	14	61	0.16	10
II	742.7	1.9700	1.4631	181.4	0.4812	87.2837									
III	11.61	0.0308	0.3575	5.3738	0.0143	0.0766									
IV	550.1	1.4592	802.6791	150.5	0.3992	60.0802									
V	140.9	0.3737	52.6600	125.0	0.3316	41.4456									
VI	297.8	0.7899	235.2383	319.2	0.8467	270.2616									
VII	114.5	0.3037	34.7752	88.66	0.2352	20.8504									
VIII	201.1	0.5334	107.2711	227.4	0.6032	137.1638									
VIX	320.4	0.8499	272.2975	406.6	1.0785	436.5240									
X	213.5	0.56663	120.9078	248.8	0.6599	164.1948									
XI	206.3	0.5472	112.8904	186.4	0.4944	92.1617									
XII	11.91	0.0316	0.3763	59.96	0.1590	9.5363									
XIII	1.1203	0.0030	3.3291	77.20	0.2048	15.8086									
XIV	60.69	0.1610	9.7700	2.8927	0.0077	0.0222									
XV	148.3	0.3934	58.3366	91.22	0.2420	22.0719									
XVI	330.5	0.8767	289.7354	283.1	0.7509	212.5878									

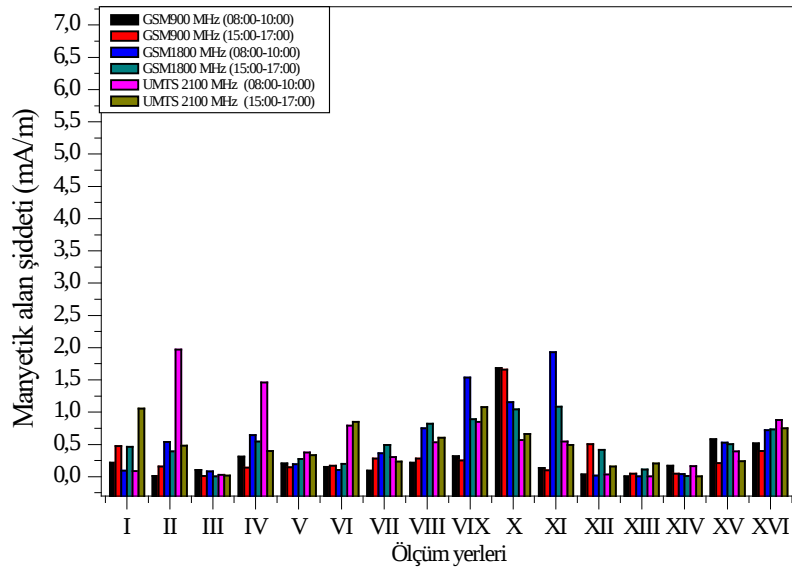
Tablo 2-4'den de görüldüğü gibi belirlenen yerlerde hem sabah (saat 08:00-10:00) hem de öğleden sonra (saat 15:00-17:00) yapılan elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu ölçüm değerlerinin tamamı BTK (BTK, 2009) [29], ICNIRP (ICNIRP, 2009) ve IEEE/FCC (ICNIRP, 1998) tarafından belirlenen sınır değerlerinden daha küçüktür. Ancak ölçülen değerlerinin BTK (BTK, 2009), ICNIRP (ICNIRP, 2009) ve IEEE/FCC (IEEE, 1999) tarafından belirlenen limit değerlerinin altında olması onların tamamen zararsız olduğu anlamına gelmemektedir. Çünkü maruz kalan radyasyonun güç yoğunluğu, uzaklığı, maruziyet süresi, maruziyet tipi (yakın veya uzak alan), kaynağın frekansı, elektrik ve manyetik alanın büyüklüğü ve modülasyon gibi fiziksel özellikler de önemlidir. Bununla birlikte, uzun süreli iyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruziyetin sonuçlarının hala tam olarak bilinmemesine rağmen, elektromanyetik alanların canlılar üzerindeki etkisi hakkında yapılan son araştırmalar, özellikle hücrelerarası olaylarda, hücrelerde, organlarda ve canlı organizmanın üzerinde olumsuz sağlık etkilerine neden olduğu rapor edilmiştir (Van Rongen ve ark., 2011; Söderqvist ve ark., 2011; Schüz ve ark., 2006; Yu ve Yao, 2010; Hocking ve Westerman, 2003; European Commission, 2007). EMF'nin canlılar üzerindeki etkilerinden biri de dokularda ısı artışına neden olmasıdır. RF enerjisine olan kısa süreli maruziyetin, dokuda ısı artışına neden olması yeterince önemli olmayabilir. Önemli olan ısı artışının zamana göre hızı ve bu artışta dokunun özgül emilim oranı ile orantılı olmasıdır. Çok uzun maruziyet süresinde oluşan ısı artışı; biyolojik yapıya, dokuya gelen dalga açısına, dokuların ısı düzenleme tepkisine ve aktif telafi sürecine bağlıdır. Vücudun bir kısmının veya yerel bir bölgesinin maruziyetinde iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun enerji emilimi çok fazla ise hızlı ısı artışına ve dolayısıyla yerel doku hasarına neden olabilir (Güler ve ark., 2010). Dünya genelinde yaklaşık 5 milyar (Güler ve ark., 2010) ve Türkiye'de BTK göre yaklaşık 75 milyon cep telefonu abonesi vardır (web1). İnsan vücuduna en yakın iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklarının başında cep telefonları ve kablosuz RF cihazları vardır. Bu nedenle, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon maruziyetinin ve elektromanyetik kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri baz istasyonları, cep telefonları ve benzeri cihazlardır. Bu cihazların tehlikeleri konusunda çocuklar ve ergenlere özel ilgi gösterilmelidir. Çünkü çocuklar ve gençler, halen gelişmekte olan sinir sistemleri ve yaşamları boyunca daha yüksek iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun maruziyetine kalacakları için daha savunmasız olabilirler. Cep telefonları başın yakınında kullanılırsa telefondan gelen EMF enerjisinin bir kısmı baş ve beyin tarafından soğurulur (Kheifets ve ark., 2005; Stewart, 2000; Leitgeb, 2008). Bu alanların insanların nöronal aktivite ve bilişsel işlevleri üzerine etkileri olabileceği iddia edilmiştir (Stewart, 2000; Wiart ve ark., 2008).

Tablo 2-4 ile Şekil 4-6'dan görüldüğü gibi, GSM900 MHz frekansında en büyük ve en küçük elektrik ve manyetik alan şiddetinin ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri, sırasıyla, X. ve II. ölçüm yerlerinde saat 08:00-10:00'da yapılan ölçümlerde bulundu. GSM1800 MHz frekansında bulunan en büyük elektrik ve manyetik alan şiddetinin ve eşdeğer düzlem

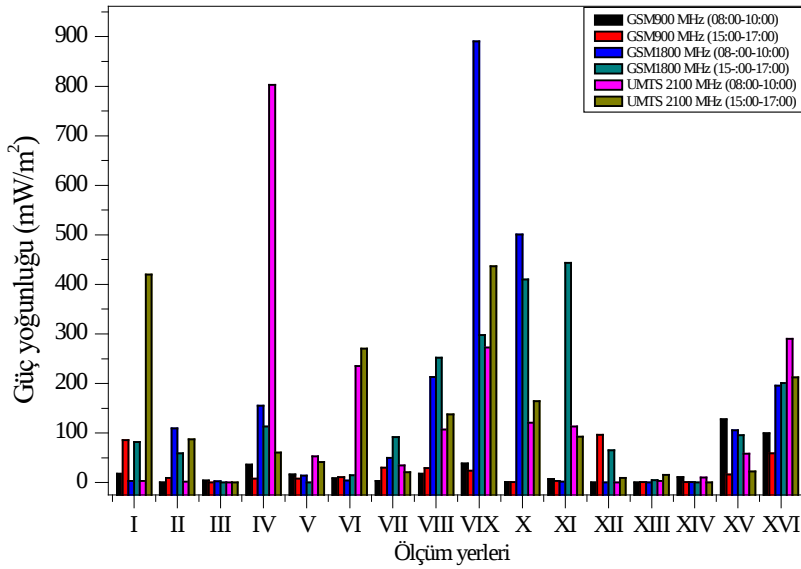
dalga güç yoğunluğunun değerleri XI. ölçüm yerinde saat 08:00-10:00'da yapılan ölçümlerde bulunurken, en küçük değer III. ölçüm yerinde saat 15:00-17:00'de yapılan ölçümlerde bulunmuştur. Benzer şekilde UMTS (3G) 2100 MHz frekansında bulunan en büyük elektrik ve manyetik alan şiddetinin ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri II. ölçüm yerinde saat 08:00-10:00'da yapılan ölçümlerde tespit edilirken, en küçük değer de XIII. ölçüm yerinde saat 08:00-10:00'da yapılan ölçümlerde tespit edildi. Yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar, Alpaslan Türkeş ve Hanefi Mahçicek bulvarlarında iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklı elektromanyetik kirliliğin olduğunu gösterebilir. Bu elektromanyetik kirliliğin en önemli kaynaklarından birinin baz istasyonları, cep telefonları ve benzeri cihazların kullanımı nedeniyle oluştuğu söylenebilir.



Şekil 4. 10:00-12:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında GSM900, GSM1800 ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında yapılan elektrik alan şiddetlerinin ölçüm yerlerine göre karşılaştırılması



Şekil 5. 10:00-12:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında GSM900, GSM1800 ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında yapılan manyetik alan şiddetlerinin ölçüm yerlerine göre karşılaştırılması



Şekil 6. 10:00-12:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında GSM900, GSM1800 ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında yapılan eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluklarının ölçüm yerlerine göre karşılaştırılması

Tablo 2-4 ile Şekil 4-6'dan görüldüğü gibi, GSM900, GSM1800 ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında hem 08:00-10:00 ve hem de 15:00-17:00 saatleri arasında yapılan ölçümlerden elde edilen elektrik ve manyetik alan şiddetinin ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğunun değerleri bazı ölçüm yerlerinde büyük bazı ölçüm yerlerinde küçük olarak ölçülmüştür. Bunun nedeni, ölçüm değerlerinin arttığı yerlerde, baz istasyonlarının yakın olması, baz istasyonu yoğunluğunun fazla olması, cep telefonu ve benzeri cihazların ölçümlerin yapıldığı saatlerde daha yoğun olarak kullanılmış olması olabilir. Ölçüm değerlerinin azaldığı ya da diğer ölçüm yerlerine göre daha küçük olduğu yerlerde ise baz istasyonu yoğunluğunun az olması, ölçüm yerlerine baz istasyonlarının uzak olması ya da cep telefonu ve benzeri elektronik cihazların kullanım yoğunluğunun az olması olabilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kahramanmaraş Onikişubat merkez ilçesinde Alpaslan Türkeş ve Hanefi Mahçecek bulvarların 16 farklı yerinde iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun elektrik alan şiddeti (E), manyetik alan şiddeti (H) ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (S) ölçümleri GSM900 MHz, GSM1800 MHz ve UMTS (3G) 2100 MHz frekanslarında yapıldı. Tablo 2-4'den görüldüğü gibi, elde edilen E, H ve S değerlerinin tamamı BTK (BTK, 2009), ICNIRP (ICNIRP, 2011) ve IEEE/FCC (IEEE, 1999) tarafından belirlenen sınır değerlerinden çok küçüktür. Bunlara ek olarak, ölçüm sonuçlarına göre Alpaslan Türkeş ve Hanefi Mahçecek bulvarlarında iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynaklı elektromanyetik kirliliğin olduğu ve bu kirliliğin en büyük kaynaklarının da baz istasyonları ile cep telefonu ve benzeri cihazların olduğu söylenebilir. Diğer elektromanyetik kirlilik kaynakları; Dünya'nın doğal elektrik alanı, artık statik elektrik alan (bazı plastiklerin sentetik malzemelerden dokuma vb. işlenmesinde ortaya çıkmaktadır), karasal (terrestrial) manyetik alan (güneş patlaması gibi astronomik olaylara kökenli manyetik fırtına), doğal elektromanyetik alanlar (aydınlatma gibi), yapay elektromanyetik alanlar (örneğin, 3×10^5 - 3×10^7 Hz aralığındaki radyo dalgaları, 50 Hz frekanslı endüstriyel elektrik - güç kaynağı şebekesi vb. ve evlerde, işyerlerinde kullanılan elektronik cihazların tümünün oluşturmuş olduğu elektrik ve manyetik alanlar sayılabilir. Elektromanyetik kirliliğin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu kadar diğer canlıların üzerinde de olumsuz etkilerinin olduğu söylenebilir (Harst ve ark., 2006; Bindokas ve ark., 1998). Ölçülen E, H ve S değerleri (elektromanyetik kirlilik) ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından tanımlanan limit değerlerinden küçük olsa da radyasyon maruziyetinde şiddet kadar maruz kalma süresi de önemlidir. Bu nedenle, ilgili kurum ya da kuruluşlar tarafından elektromanyetik kirliliğin azaltılması ve elektromanyetik kirlilik hakkında toplumsal farkındalığın oluşturulması için çalışmaların yapılmasının önemli olacağı inancındayız. İyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruziyetin insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri ile ilgili araştırmalar hala devam ederken, literatürde iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun insan sinir sistemini ve üremesini etkileyeceğini, DNA hasarına ve davranış değişikliklerine ya da davranış bağımlılığına neden olacağını ifade eden araştırmalar da vardır (Christ ve ark., 2010). Bazı araştırmacılar da radyofrekans (RF) alanlara maruziyetin beyin aktivitesinde değişiklikler, reaksiyon süreleri ve uyku düzenleri de dahil olmak üzere cep telefonu kullanımının bazı etkilerini bildirilmişlerdir. Günümüzde, araştırma çabaları düşük seviyeli iyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruz kalmanın olumsuz etkilerinin uzun vadeli olup olmadığına yoğunlaşmıştır (Agarwal ve ark., 2009).

Cep telefonları baz istasyonuna yakınında ya da çekim alanın iyi olduğu yerde az, uzak ya da kötü çekim alanında genellikle fazla güç üretirler ve bunu otomatik olarak yaparlar. Dolayısıyla cep telefonları baz istasyonlarından uzak olduklarında fazla güç

ürettiği için daha fazla elektromanyetik alan (EMF) oluşturur. Bu nedenle, cep telefonları ile konuşurken çekim alanının veya sinyal gücünün iyi olduğu yerler tercih edilmelidir. Telefon kapalı iken cep telefonunun canlıya herhangi bir etkisi olmaz. Telefon bekleme konumunda çalıştığında ise maksimum güçte çalışmasına rağmen çok daha düşük etkiye neden olur, fakat bu en düşük etki durumunda, haberleşme trafiğinde ve baz istasyonu iletim hattından gelen ve giden SMS ve haberleşme protokolü dikkate alınır.

Düşük frekanslı, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon alanları kısmen emilir ve doku içine sadece kısa bir derinlikte nüfuz eder ve EMF vücut boyunca geçer. Düşük frekanslı elektrik alanlar iletken dokuların yüzeyindeki elektrik yüklerinin dağılımını etkiler ve vücutta akması için elektrik akımının oluşmasına neden olur. Düşük frekanslı manyetik alanlar insan vücudu içinde dolaşan akımlara neden olur. Bu indüklenmiş akımların gücü dış manyetik alanın şiddetine ve mevcut akım boyunca döngünün boyutuna bağlıdır. Bu akımlar yeterince büyüdüğü zaman sinirlerin ve kasların uyarılmasını neden olabilir. Bu alanların enerjisi soğutulur ve moleküllerin hareketine dönüştürülür. Hızlı hareket eden moleküller arasındaki sürtünme bir sıcaklık artışı ile sonuçlanır. Bu sıcaklık artışı da doku hasarına neden olabilir (Wargo ve ark., 2012; WHO, 2002). Cep telefonlarının iyonlaştırıcı olmayan radyasyon maruziyeti nedeniyle insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin azaltılması için aşağıda verilen öneriler yapılmıştır (Web 2).

- Cep telefonundan yayılan dalgaların şiddeti uzaklıkla azalmaktadır. Bu nedenle kablolu kulaklık kullanılması telefonun baş bölgesinden uzak tutulmasını sağladığından cep telefonlarının uzun kullanımından kaynaklanabilecek olası zararlı etkilerini azaltabilmektedir. Kulaklığın olmadığı durumda “hoparlör” modu tuşlanarak sesli görüşme yapılması tercih edilmelidir.
- Bedensel gelişimini henüz tamamlamamış çocuk ve gençlerin elektromanyetik dalgalara maruz kalan hassasiyet yetişkinlerden daha fazla olduğu için çocuklar ve gençleri cep telefonu kullanımı hakkında bilinçlendirilmelidirler.
- Cep telefonu ile konuşmalar mümkün olduğu kadar kısa tutulmalıdır ve daha çok kısa mesajlardan yararlanılmalıdır. Numara çevrildikten sonra hat bağlanıncaya kadar telefon vücuttan uzakta tutulmalıdır.
- Cep telefonu alınırken SAR değeri düşük olan telefonlar tercih edilmelidir.
- Bebek odaları, yatak odaları ve çocukların yakınında cep telefonu bulundurulmamalıdır.
- Uyurken cep telefonlarının kapatılması, şayet kapatılmayacaksa baş bölgesinden en az 1 metre uzağa konulmalıdır.
- Cep telefonları hareketli araçlar içinde kullanılmamalı. Çünkü araç içinde metal çeperlerden içeri yansıyan elektromanyetik alan şiddeti yolcuların açık havadakinden daha fazla elektromanyetik dalgayla maruz kalmasına neden olabilmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir (Proje No:2013/4-5 YLS) ve tüm yazarlar bu destek için teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

Agarwal A., Desai M. R., Maker K., Varghese A., Mouradi R., Sabanegh E., and Sharma R., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study, *Fertility and Sterility*, 92(4): 1318-1325.

Aitken RJ., Bennetts LE., Sawyer D., Wiklend AM., Kibg BV., 2005. Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *International Journal of Andrology* 28(3), 171-179.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumundan (BTK), 2009. Elektronik Haberleşme Cihazlarına Güvenlik Sertifikası Düzenlenmesine İlişkin Yönetmelik, BaşbakanlıkMevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, 16 Mayıs 2009 cumartesi Resmi Gazete Sayı: 27230.

Bindokas V. P., Gauger J.R. and Greenberg B., 1988.Mechanism of Biological Effects Observed in Honey Bees (*Apis mellifera*, L.)Hived Under Extra-High-Voltage Transmission Lines: Implications Derived From Bee Exposure to Simulated Intense Electric Fields and Shocks, *Bioelectromagnetics* 9, 285-301.

Barth A., Winker R., Ponocny-Seliger E., Mayrhofer W., Ponocny I., Sauter C., N Vana., 2008. A meta-analysis for neuro behavioural effects due to electromagnetic field exposure emitted by GSM mobile phones.*Occup Environ Med* 65, 342-346.

Christ A., Gosselin M.C., Christopoulou M., Kühn S. and Kuster N., 2010. Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. *Phys. Med. Biol.* 55, 1767–1783.

Cardis E., Richardson L., Deltour I., Armstrong B., Feychting M., Johansen C., Kilkenny M., McKinney P., Modan B.,Sadetzki S., Schüz J., Swerdlow A., Vrijheid M., Auvinen A., Berg G., Blettner M., Bowman J., Brown J., Chetrit A., Christensen H.

C., Cook A., Hepworth S., Giles G., Hours M., et al., 2007. The INTERPHONE study: design, epidemiological methods, and description of the study population, *Eur Journal Epidemiol* 22, 647-664.

Christ A. and Kuster N., 2005. Differences in RF energy absorption in the heads of adults and children, *Bioelectromagnetics* 26 S31-44

Cardis E., Deltour I., Mann S., Moissonnier M., Taki M., Varsier N., Wake K. and Wiart J., 2008. Distribution of RF energy emitted by mobile phones in anatomical structures of the brain, *Phys. Med. Biol.* 53, 2771-2783.

Çelik S., Aridogan I.A., Izol V., Erdoğan S., Polat S. and Doran Ş., 2012. An Evaluation of the Effects of Long-term Cell Phone Use on the Testes via Light and Electron Microscope Analysis, *Urology* 79 (2), 346-350.

Divan H.A., Kheifets L., Obel C., Olsen J., 2008. Prenatal and Postnatal Exposure to Cell Phone Use and Behavioral Problems in Children. *Epidemiology* 19(4), 523-529.

European Commision, 2007. Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/risk_en.htm.

Federal Communications Commission (FCC), 1996. FCC 96-326, Guidelines for Evaluating the Environmental, August 1, 1996.

Güler İ., Çetin T., Özdemir A.R., Uçar N., 2010. Türkiye elektromanyetik alan maruziyet raporu, 1-50.

Harst W., Kuhn J., Stever H., 2006. Can electromagnetic exposure cause a change in behaviour? Studying possible non-thermal influences on honey bees. An approach within the framework of educational informatics, *IIAS International Journal* 6(1), 1-6.

Hocking B., Westerman R., 2001. Neurological abnormalities associated with CDMA exposure. *Occupational Medicine (Oxford, England)* 51(6), 410-413.

Hocking B., Westerman R., 2002. Neurological changes induced by a mobile phone. *Occupational Medicine (Oxford, England)* 52(7), 413-415.

Hocking B., Westerman R., 2003. Neurological effects of radiofrequency radiation. *Occupational Medicine (Oxford, England)* 53(2), 123-127.

ICNIRP, 2009. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz).

ICNIRP, 1998. Guidelines For Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz), *Health Physics* 74(4), 494-522.

IEEE.C95.1, 1999 Edition. IEEE standart for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz.

Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, et al. 2005. The sensitivity of children to electromagnetic fields. *Pediatrics* 116, 303-313. Leitgeb N., 2008. Mobile phones: are children at higher risk? *Wien Med Wochenschr* 158, 36-41.

Lonn, S, Ahlhom, A, Hall, P, Feyehing, M and the Swedish interphone study-group, 2005. Long-term mobile phone use and brain tumor risk. *Am J Epidemiol* 161, 526-535.

Narayanan S.N., Kumar R.S., Potu B.K., et al., 2010. Effect of radio-frequency electromagnetic radiations (RF-EMR) on passive avoidance behaviour and hippocampal morphology in Wistar rats. *Upsala Journal of Medical Sciences* 115(2), 91-96.

Narayanan S.N., Kumar R.S., Potu B.K., Nayak S., Mailankot M., 2009. Spatial memory performance of Wistar rats exposed to mobile phone. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)* 64(3), 231-234.

Oulasvirta A., Rattenbury T., Lingyi M. and Raita E., 2011. Habits make smartphone use more pervasive, *Pers Ubiquit Comput*, DOI 10.1007/s00779-011-0412-2, 1-10p

Regel SJ, Achermann P, 2011. Cognitive Performance Measures in Bioelectromagnetic Research—Critical Evaluation and Recommendations. *Environmental Health* 10, 1-19.

Rezk A.Y., Abdulqawi K., Mustafa R.M., et al., 2008. Fetal and neonatal responses following maternal exposure to mobile phones. *Saudi Medical Journal* 29(2), 218-223.

Schüz J., Böhler E., Berg G., Schlehofer B., Hettinger I., Schläfer K., Wahrendorf J., Kunna-Grass K., Blettner M., 2006. Cellular phones, cordless phones and risks of glioma and meningioma (Interphone study group, Germany). *American Journal of Epidemiology* 163(6), 512-520.

Söderqvist F., Carlberg M., Mild K.H. and Hardell L., 2011. Childhood brain tumour risk and its association with wireless phones: a commentary, Söderqvist et al. *Environmental Health* 10, 106-110.

Stewart W., 2000. Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP). *Mobile Phones and Health (The Stewart Report)*, <http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm> (24.03.2017).

Van Rongen E., Croft R., Juutilainen J., Lagroye I., Miyakoshi J., Saunders R., de Seze R., Tenforde T., Verschaeve L., Veyret B. and Xu Z., 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on the human nervous system. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 12(8), 572-597.

Valentini E., Ferrara M., Presaghi F., De Gennaro L., Curcio G., 2010. Systematic review and meta-analysis of psychomotor effects of mobile phone electromagnetic fields. *Occup Environ Med* 67, 708-716.

Yu Y., Yao K., 2010. Non-thermal cellular effects of lowpower microwave radiation on the lens and lens epithelial cells. *The Journal of International Medical Research* 38(3), 729-736.

Wargo J., Taylor H.S., Alderman N., Wargo L., Bradley J.M., Addiss S., Environment and Human Health, INC., 1191 Ridge Road, North Haven, CT 06473, 2012. <http://www.ieee.org/oops.html>; (10.10.2015).

WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2002. Establishing A Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields Radiation and Environmental Health, Department of Protection of the Human Environment, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Wiat J., Hadjem A., Wong M., Bloch I., 2008. Analysis of RF exposure in the head tissues of children and adults. *Phys Med Biol* 53, 3681-95.

Web 1(<http://www.btk.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Pazar-Verileri>, (17.04.2016)).

Web 2 (<http://kanser.gov.tr/Dosya/afis/CepTelefonu2015.pdf>, (05.03.2016)).