



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Elektromanyetik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi: Ankara Örneği

Çetin KURNAZ ^{a,*}, Tülay AYGÜN ^a

^a *Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, TÜRKİYE*

* *Sorumlu yazarın e-posta adresi: ckurnaz@omu.edu.tr*

ÖZET

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak kablosuz iletişim sistemlerini kullanım her geçen gün artmaktadır. Kablosuz sistemler içerisinde önemli bir yeri olan hücresel sistemlerin ve dolayısıyla Baz istasyonların sayısı da yükselmektedir. Artan Baz istasyonlarından kaynaklı elektromanyetik radyasyon (EMR) seviyelerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve olası tedbirlerin önceden alınması insan sağlığı açısından elzemdir. Bu nedenle, bu çalışmada Ankara ilinin Yenimahalle ilçesinde iki farklı günde ve 100 farklı konumda EMR ölçümleri PMM-8053 EMR ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde en yüksek elektrik alan şiddeti (E_{max}) 7.84 V/m, en yüksek ortalama elektrik alan şiddeti (E_{avg}) ise 2.61 V/m olarak belirlenmiştir. Ölçüm yerlerinin %90'ında E_{avg} değeri 1 V/m'den daha düşüktür. Her ne kadar ölçülen E değerleri ICNIRP ve BTK tarafından belirlenen limitlerin altında olsa da; maruz kalınan E seviyelerinin halk sağlığını tehdit etmeyecek seviyelerde tutulması açısından düzenli aralıklarla ölçülmesi ve izlenmesi önerilir.

Anahtar Kelimeler: *Elektromanyetik radyasyon, Elektromanyetik dalga, Elektrik alan şiddeti, Baz istasyonu, PMM 8053.*

Determination of Electromagnetic Pollution Level: Ankara Example

ABSTRACT

In parallel with the development of technology, the usage of wireless communication systems is increasing day by day. The number of cellular systems and thus base stations, which have a significant percentage in wireless systems, is also increasing. Measuring, evaluating, and taking precautionary measures of electromagnetic radiation (EMR) levels originating from increased base stations is essential for human health. For this reason, in this study EMR measurements were conducted using PMM-8053 EMR meter in Yenimahalle district of Ankara in two different days and at 100 different locations. The highest electric field strength (E_{max}) was determined as 7.84 V/m and the highest average field strength (E_{avg}) as 2.61 V/m. The E_{avg} value is less than 1 V/m at 90% of measurement locations. Although the measured E values are below the limits defined by ICNIRP and ICTA, it is recommended that the exposed E levels be measured and monitored at regular intervals in terms of keeping them at levels that do not cause adverse effect on public health.

Keywords: *Electromagnetic radiation, Electromagnetic wave, electric field strength, Base station, PMM-8053.*

I. GİRİŞ

Elektromanyetik (EM) dalgalar doğal ve insan yapımı birçok kaynak tarafından yayılmakta ve etrafımızda elektromanyetik kirliliğe neden olmaktadır. Yaşam alanlarımızda bulunan radyo/televizyon vericileri, Baz istasyonları, yüksek gerilim hatları, trafolar, elektrikli ev aletleri ve tıbbi cihazların tümü EM kirliliğe neden olan insan yapımı kaynaklara örnek gösterilebilir. Teknolojik gelişmelerle birlikte günlük hayatımızda kablosuz sistemlerin ve özellikle Baz istasyonlarının kullanımında önemli ölçüde bir artış olmuştur. Baz istasyonu sınırlı bir coğrafi bölgede sınırlı sayıda kullanıcıya hizmet verebilmesi, artan kullanıcı taleplerini karşılamak üzere hüresel sistem operatörlerini daha fazla sayıda Baz istasyonu kurmaya itmektedir. Her Baz istasyonu bir elektromanyetik radyasyon (EMR) kaynağı gibi davranmakta ve Baz istasyonlarındaki bu artış maruz kalınan EMR seviyesinin de her geçen gün artmasına neden olmaktadır.

Elektromanyetik dalgaların canlılar üzerindeki olası olumsuz etkileri üzerinde birçok araştırma yapılmış ve halen de yapılmakta olup bu konuda uluslararası standartlar ve güvenlik amaçlı limit değerler mevcuttur. Bu limit değerler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da tanınan ve uluslararası bir komisyon olan Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (ICNIRP) tarafından genel halk sağlığı için günde 24 saat maruz kalındığı kabulüyle belirlenmiştir [1]. Elektromanyetik radyasyon konusunda her ülke kendi standartlarına göre limit değerleri belirlemektedir. Türkiye’de elektromanyetik radyasyon üzerine yasal düzenlemeler Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından yapılmakta olup BTK, ICNIRP (The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)’nin belirlediği limit değerleri esas alarak gerekli yönetmelikleri oluşturmaktadır [2].

Hüresel sistem ve dolayısıyla Baz istasyonu kaynaklı EMR’nin özellikle hüresel sistemlerin yoğun olarak kullanıldığı kalabalık yerleşim alanlarında ölçülmesi ve bu ölçüm sonuçlarının belirlenen standartlara göre değerlendirilmesi, insan sağlığına verebileceği muhtemel zararların önceden tespit edilip bu konuda tedbirli davranılabilmesi bakımından oldukça önemlidir. Bu nedenle literatürde Baz istasyonlarından kaynaklı EMR’nin ölçülmesi ve değerlendirilmesi üzerine yapılmış pek çok çalışma mevcuttur [3–12]. Baz istasyonlarının gün içerisindeki kullanım yoğunluğuna bağlı olarak yaydığı EMR değerinin ölçülmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada Ankara ilinin en kalabalık ilçelerinden olan 644 bin nüfuslu Yenimahalle ilçesinde yerleşim yoğunluğuna göre belirlenmiş 100 farklı konumda PMM-8053 ölçüm cihazı ile EMR ölçümleri alınmıştır. Ölçüm sonuçlarını kullanıcı ve kullanım yoğunluğu, Baz istasyonunu doğrudan görebilme ve Baz istasyonuna olan uzaklık gibi faktörlerin etkileyeceği göz önünde bulundurularak aynı ölçüm noktalarında 2 farklı günde yapılmıştır.

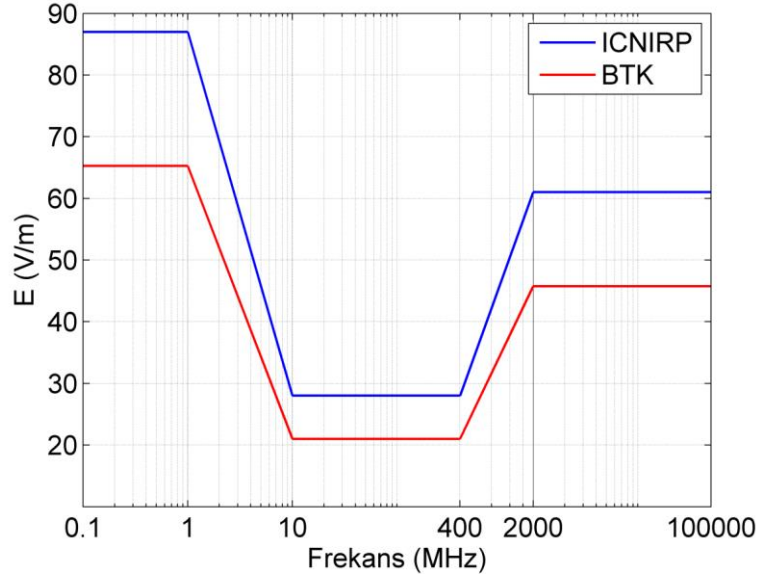
II. ELEKTROMANYETİK ALAN ŞİDDETİ ÖLÇÜMLERİ

Uluslararası alanda ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerler birçok Avrupa ülkesinde ve dünyanın farklı ülkelerinde en yaygın kabul gören değerler arasındadır. ICNIRP, Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Çalışma Örgütü (ILO) tarafından tanınan bağımsız bir kuruluştur. ICNIRP’nin amacı iyonlaştırmayan radyasyon etkisiyle oluşabilecek sağlık risklerinden korunmak amacıyla bu konudaki limit değerleri belirleyerek tavsiyelerde bulunmaktır. Elektromanyetik radyasyon konusunda her ülke kendi standartlarına göre limit değerleri belirlemiştir. ABD ve bazı Avrupa ülkeleri ICNIRP’nin oluşturduğu

sınır değerleri uygularken, İsviçre, İtalya gibi bazı Avrupa ülkeleri ise sınır değerler olarak ICNIRP güvenlik limitlerinin daha altında (1/10) uygulama yapmaktadır. Ülkemizde GSM ve radyo-TV vericilerinin kurulum ve işletilmesine ilişkin olarak 2001 yılında çıkarılmış olan yönetmelik Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) sorumluluğunda uygulanmaktadır. 2009 ve 2015 yılında bu yönetmelik revize edilerek yeniden yayınlanmıştır. Bu yönetmelik ICNIRP tarafından düzenlenen sınır değerler esas alınarak hazırlanmıştır. Türkiye’de BTK, ICNIRP’nin belirlediği limit değerlerin %75 düşüğünü esas alarak gerekli yönetmelikleri oluşturmuştur. ICNIRP [1] ve BTK [2] tarafından belirlenmiş elektrik alan şiddeti için limit değerler Tablo 1’de, limit E değerlerinin frekansla değişimi ise Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. ICNIRP ve BTK tarafından belirlenen E için limit değerler

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	
	ICNIRP	BTK
0,010-0,15	87	65,25
0,15-1	87	65,25
1-10	$87/f^{1/2}$	$65,25/f^{1/2}$
10-400	28	21
400-2000	$1,375f^{1/2}$	$1,03f^{1/2}$
2000-60000	61	45,75

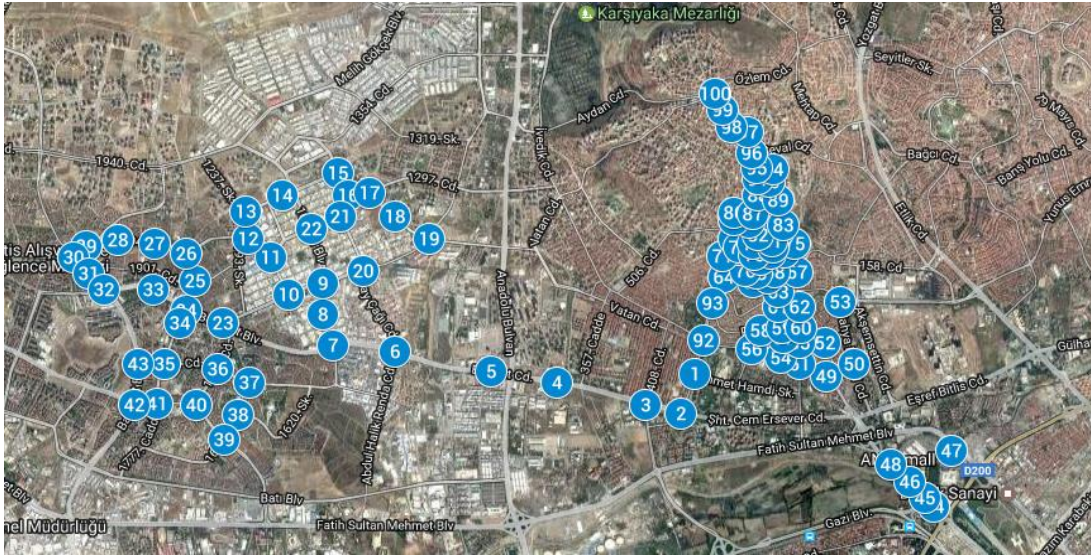


Şekil 1. ICNIRP ve BTK için E limit değerlerinin frekansla değişimi

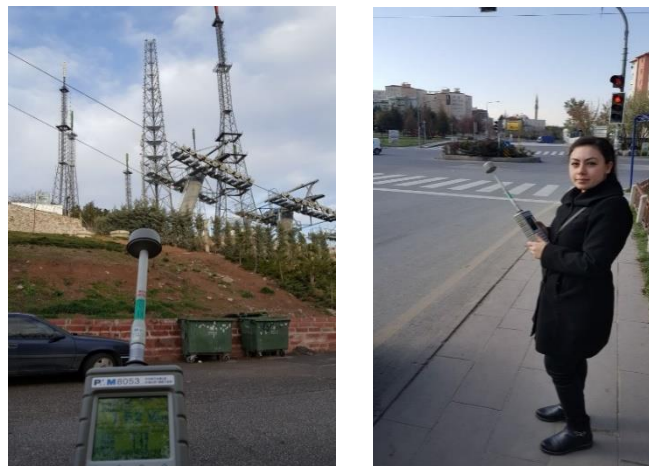
Tablo 1 ve Şekil 1 incelendiğinde; limit değerler 900MHz frekansı ile çalışan Baz istasyonları için 30.9 (V/m), 1800MHz frekansı ile çalışan Baz istasyonları için 43.7(V/m), 3G sistemler olan 2100MHz ve

2450MHz frekansında çalışan Wi-Fi cihazlar için ise 45.75 (V/m)'dir. Bu değerler ortamın toplam limit değeri olup tek bir cihaz için ortamın limit değerinin dörtte biridir.

Baz istasyonlarının yoğun kullanıldığı nüfusun fazla olduğu bölgelerde EMR'nin ölçülmesi ve değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada Ankara ilinin Yenimahalle ilçesinde 100 farklı noktada elektrik alan şiddeti (E) ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm konumlarına ait görsel Şekil 2'de gösterilmiştir. Ölçümler, hücresel sistemlerin kullanım yoğunluğu, Baz istasyonlarına olan uzaklık ve Baz istasyonlarını doğrudan görme gibi etkenler göz önünde bulundurularak iki farklı zamanda (Mart 2017 ve Nisan 2017) PMM-8053 EMR ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. PMM-8053, EP-330 Elektrik alan probu ile 100kHz ile 3GHz arasındaki geniş banttaki toplam EMR'yi ölçebilmektedir [13]. E ölçümlerine ait fotoğraflar Şekil 3'de verilmiştir. Ölçümlerde ortamın maksimum elektrik alan değeri (E_{max}) ile ortalama elektrik alan değeri (E_{avg}) kaydedilmiştir. E_{avg} uluslararası standartlar ve BTK tarafından yayınlanan yönetmelik gereği her bir konumda 6 dakika ölçüm alınarak belirlenmiştir [2].



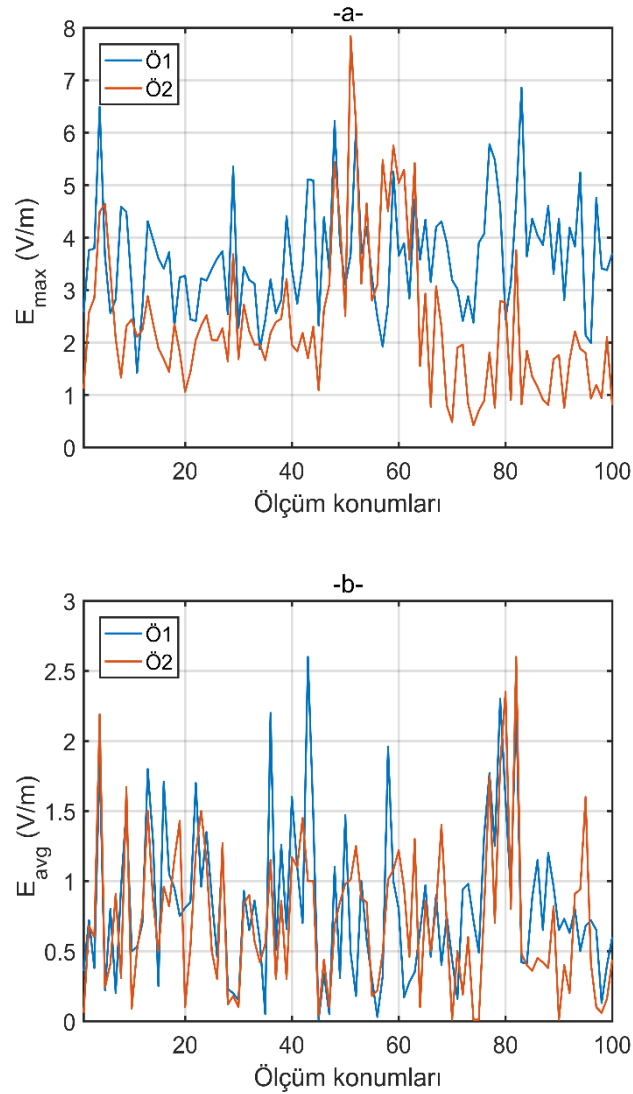
Şekil 2. Ölçüm alınan konumların harita üzerinde gösterilimi



Şekil 3. PMM-8053 EMR cihazı ve ölçümlerin alınması

III. ÖLÇÜM SONUÇLARI

Ankara ili Yenimahalle ilçesinde belirlenen 100 farklı konumda iki farklı zamanda yapılan elektrik alan ölçümlerine (Ö1 ve Ö2 ile adlandırılmıştır) ait E_{max} ve E_{avg} değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde elektrik alan şiddetinin; ölçüm konumu, Baz istasyonuna olan uzaklık, doğrudan görüşün olup olmaması, Baz istasyonunun çıkış gücü ve aktif kullanıcı sayısı gibi etkenlerle ilişkili olduğu görülmektedir. En yüksek E_{max} 7.84 V/m olarak ikinci ölçüm zamanında (Ö2) ve 51. konumda ölçülmüştür. Aynı konumda 1. Ölçüm (Ö1) için bu değer 3.67 V/m'dir. İki ölçüm arasındaki bu denli farkın olmasının nedeni; E_{max} 'ın ölçüm esnasında çok fazla parametreye (örn. kullanıcı sayısındaki ani değişim, hareket halinde ve kablosuz sistem kullanan insan ya da araç v.b.) bağlı olarak değişebilir olmasıdır. En yüksek E_{avg} değeri 2.61 V/m olarak 43. konumda ve Ö1'de ölçülmüştür. Ö2'de ise en yüksek E değeri 83. konumda 2.60 V/m'dir. Tüm ölçüm sonuçları için yapılan istatistiksel değerlendirmeler ise Tablo 2'de kısaca özetlenmiştir.

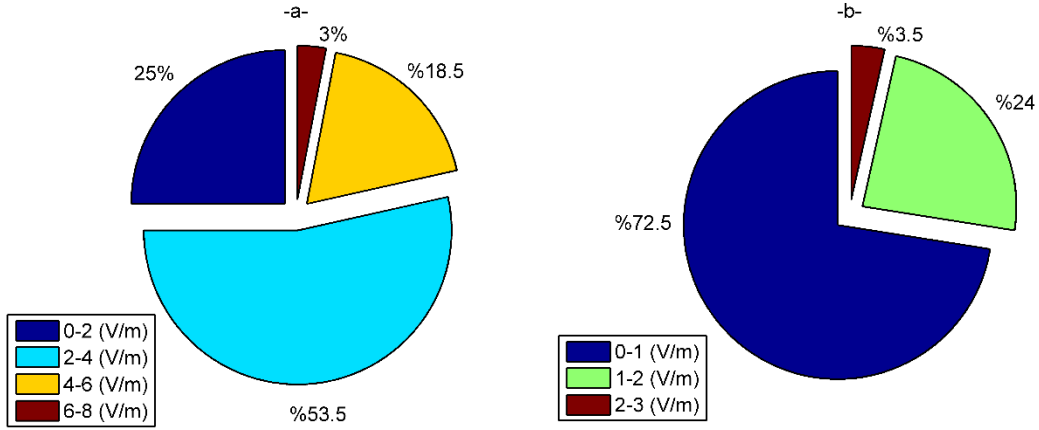


Şekil 4. Konuma ve ölçüm zamanına göre a) E_{max} , b) E_{avg} değerleri

Tablo 2. Ölçüm sonuçlarının genel değerlendirilmesi

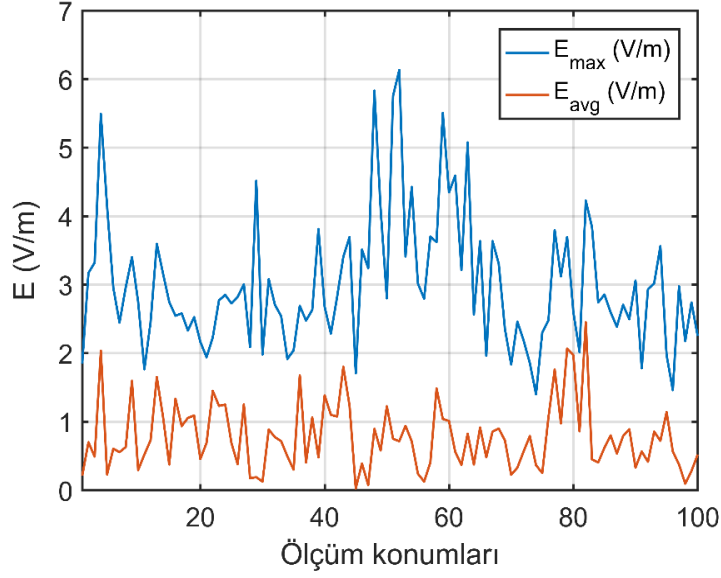
		Ö1	Ö2
E_{\max} (V/m)	Maksimum	6.86	7.84
	Ortalama	3.62	2.37
	Standart sapma	1.05	1.39
E_{avg} (V/m)	Maksimum	2.61	2.60
	Ortalama	0.83	0.73
	Standart sapma	0.55	0.53

100 farklı konumda ve iki defa alınan 200 ölçüm sonuçlarının dağılımları incelenmiş E_{\max} ve E_{avg} için pasta grafikleri Şekil 5’de verilmiştir. E_{\max} için ölçüm yapılan konumların %53.5’inde E değeri 2V/m – 4V/m aralığında iken sadece %3’ü 6V/m – 8V/m arasındadır. E_{avg} için ise ölçüm konumlarının %72.5’inde E değeri 0V/m – 1V/m aralığındadır.



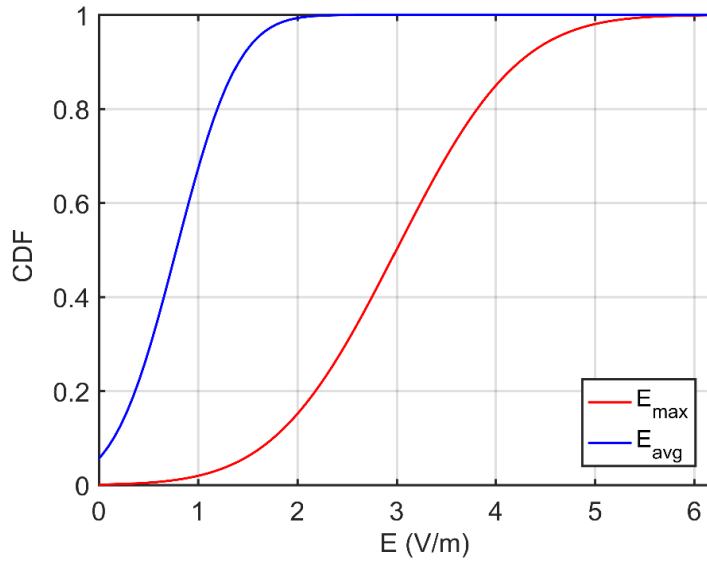
Şekil 5. Toplam E ölçümleri için pasta grafikleri a) E_{\max} , b) E_{avg}

Birinci (Ö1) ve ikinci (Ö2) ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınarak ortalama E_{\max} ve ortalama E_{avg} değerleri elde edilmiş ve sonuçlar Şekil 6’da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi ortamdaki E_{\max} ile E_{avg} arasında anlamlı ölçüde bir fark vardır. Bu farkın temel nedeni E_{\max} ’ın ortamdaki ani değişimlerden çok fazla etkilendiği ve anlık olarak değişebildiğidir. En yüksek ortalama E_{\max} 6.13 V/m iken ortalaması 2.99 V/m’dir. Ortalama E_{avg} için ise bu değerler sırasıyla 2.45 V/m ve 0.78 V/m’dir.



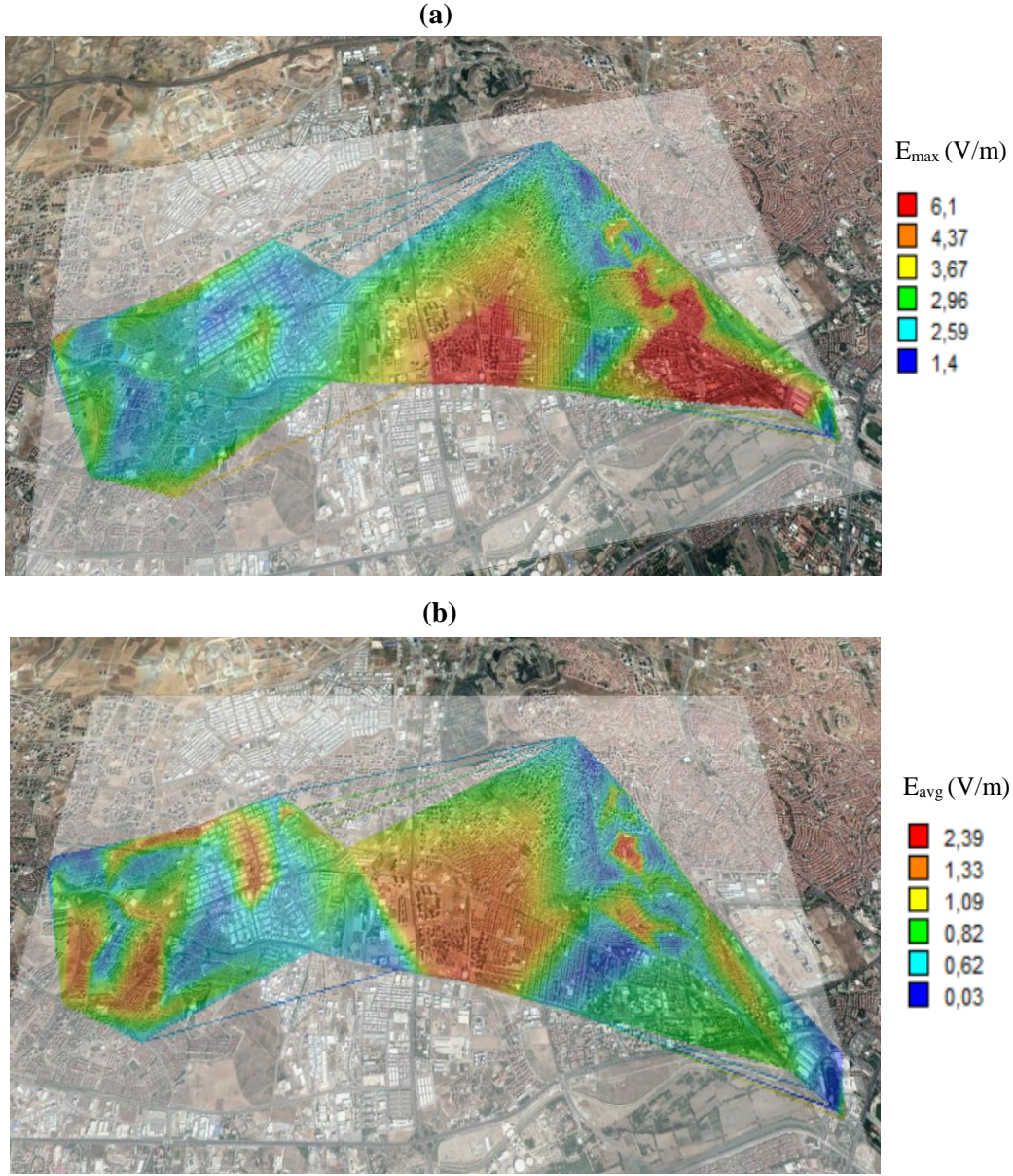
Şekil 6. Ortalama E_{max} ve E_{avg} 'nin konuma göre değişimi

Ortalama E_{max} ve ortalama E_{av} için birikimli dağılım fonksiyonları (cumulative distribution function, CDF) oluşturulmuş ve Şekil 7'de verilmiştir. Ölçüm yerlerinin %90'ında E_{max} değeri 4.24 V/m'den daha düşük iken ölçüm yerlerinin %90'ında E_{avg} değeri 1.41 V/m'den daha düşüktür.



Şekil 7. Ortalama E_{max} ve E_{avg} için birikimli dağılım fonksiyonları

Çalışmanın son aşamasında ise ortalama E_{max} 'lar ve ortalama E_{avg} 'ler MapInfo programı yardımıyla ölçekli renk haritasına aktarılmış ve Şekil 8'de verilmiştir. Bu haritalar rahatça okunabilmesi ve anlaşılabilmesi için E seviyelerine göre renklendirilmiştir. Bu haritaların kullanımı ile E değerlerinin yüksek olduğu konumlar belirlenerek kontrol altında tutulması gereken yüksek E değerli noktalar kolaylıkla belirlenebilir.



Şekil 8. E seviyelerinin harita gösterimi **(a)** E_{max} , **(b)** E_{avg}

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, Ankara'nın Yenimahalle ilçesinde 100 farklı konumda iki farklı zamanda elektrik alan ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarından ölçülen E değerlerinin ölçüm zamanına ve ölçüm konumuna bağlı olarak değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Ölçümlerde en yüksek E_{max} değeri 7.84 (V/m) ve en yüksek E_{avg} değeri ise 2.61 V/m olarak kaydedilmiştir. E_{avg} için tüm ölçüm sonuçlarının sadece %3.5'sinin 2V/m - 3V/m arasında; %72.5'inin ise 1V/m'nin altında olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise renkli E_{max} ve E_{avg} haritaları oluşturulmuştur. Bu haritaların kullanımıyla E seviyesini limit değerlerin altında tutmak için öncelikle önlem alınması gereken konumlar kolaylıkla belirlenebilir ve E seviyelerinin gelecekte alabileceği değerler için öngörü yapılabilir.

V. KAYNAKLAR

- [1] ICNIRP Guidelines, “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300GHz),” International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics, vol. 74, no. 4, pp. 494-522, 1998.
- [2] BTK, “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik,” 9 Ekim 2015 tarihli Resmi Gazete, sayı no.29497.
- [3] B. K. Engiz, Ç. Kurnaz, “Long-Term Electromagnetic Field Measurement and Assessment for a Shopping Mall,” Radiation Protection Dosimetry, vol.175, no.3, pp.321-329, 2017.
- [4] Ç. Kurnaz, “An Empirical Modeling of Electromagnetic Pollution on a University Campus,” Applied Computational Electromagnetics Society Express Journal, vol.1, no.2, pp.76-79, 2016.
- [5] Ç. Kurnaz, B. K. Engiz, “Measurement and Evaluation of Electric Field Strength in Samsun City Center,” International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computer, vol.4, special issue-1, pp.24-29, 2016.
- [6] Ç. Kurnaz, B.K. Engiz, M.C. Bozkurt, “Measurement and Evaluation of Electric Field Strength Levels in Primary and Secondary Schools in a Pilot Region,” Radiation Protection Dosimetry, DOI: 10.1093/rpd/ncx275
- [7] Ç. Kurnaz, B. K. Engiz, M. C. Bozkurt, “Monitoring of RF/Microwave Field Strength at Schools in a Pilot District in Samsun/Turkey,” 16th Mediterranean Microwave Symposium (MMS2016)”, 14-16 November 2016, Abu Dhabi, UAE.
- [8] T. Karadağ, M. Yüceer, T. Abbasov, “Large-Scale Measurement, Analysis and Modelling of Electromagnetic Radiation Levels in the Vicinity of GSM/UMTS Base Stations in an Urban Area,” Radiation Protection Dosimetry, 168(1), 134-147, 2015.
- [9] L. Seyfi, “Measurement of electromagnetic radiation with respect to the hours and days of a week at 100kHz–3GHz frequency band in a Turkish dwelling,” Measurement, 46(9), pp.3002-3009, 2013.
- [10] M. Koprivica, V. Slavkovic, N. Neskovic, A. Neskovic, “Statistical Analysis Of Electromagnetic Radiation Measurements in the Vicinity of GSM/UMTS Base Station Installed On Buildings in Serbia,” Radiation Protection Dosimetry, pp.1-14, 2015.
- [11] S. Miclaus, P. Bechet, “Estimated and Measured values of the Radiofrequency Radiation Power Density around Cellular Base Stations,” Environment Physics, vol. 52, no. 3–4, pp. 429–440, 2007.
- [12] P. Baltrenas, R., Buckus R., “Measurements and analysis of the electromagnetic fields of mobile communication antennas,” Measurement, vol.46, no.10, pp.3942-3949, 2013.

[13] http://www.pmm.eu/includes/sendfile.asp?nomep=Field_Probes