



# Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Kampüsü Dış Mekanlarında Kablosuz İletişim Teknolojilerinden Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Seviyelerinin Ölçümü ve Analizi

Araştırma Makalesi  
10.65520/erciyesfen.1795185

## Künye:

Sayı: 42(1)  
Yıl: 2026  
Sayfa: 295-310

Bilge Şenel<sup>a\*</sup>  
 Esin Yavuz<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Süleyman Demirel  
Üniversitesi, bilgeturkel@sdu.edu.tr  
<sup>b</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Süleyman Demirel  
Üniversitesi, esinyavuz@sdu.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi: 01.10.2025  
Kabul Tarihi: 16.01.2026

## Atıf:

Bilge Şenel, Esin Yavuz, (2026).  
Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ)  
Kampüsü Dış Mekanlarında Kablosuz  
İletişim Teknolojilerinden  
Kaynaklanan Elektromanyetik Alan  
Seviyelerinin Ölçümü ve Analizi.  
*Erciyes University Journal of Institute  
Of Science and Technology*, 42(1),  
295-310.  
<https://doi.org/10.65520/erciyesfen.1795185>

## Öz

Bu çalışma, doğu ve batı olmak üzere iki kampüsten oluşan Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) kampüsündeki elektromanyetik kirliliğin ölçümü, kampüsün çevresel güvenlik standartlarına uygunluğunun belirlenmesi ve kampüs altyapısının elektromanyetik uyumluluk açısından izlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada SDÜ kampüsü dış mekanlarındaki insan yoğunluğunun fazla olduğu toplam 33 noktada elektrik ve manyetik alan ile güç yoğunluğu ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde, NARDA NBM-520 geniş bantlı elektromanyetik alan ölçüm cihazı, 100 kHz ile 3 GHz arasındaki elektrik alanları algılayan ve 0,2 V/m 'lik yüksek hassasiyete sahip olan EF0391 elektrik alan probu ile kullanılmıştır. Ölçüm verileri, 6 dakikalık periyotlarda ortalama değerler ve maksimum değerler kaydedilerek elde edilmiştir. Ölçümler, hafta içi insan yoğunluğunun yüksek olduğu 10:00–16:00 saatleri arasında ve insan yoğunluğunun daha düşük olduğu hafta sonu aynı saat dilimleri arasında gerçekleştirilmiştir. 33 noktada yapılan 6'şar dakikalık hafta içi ölçümlerinde maksimum 9,09 V/m elektrik alan değeri, hafta sonu ölçümlerinde ise maksimum 5,15 V/m'lik elektrik alan değeri ölçülmüştür. 6'şar dakikalık ortalama ölçümlerinin maksimum elektrik alan değeri hafta içi 5,08 V/m, hafta sonu ise 2,81 V/m olarak ölçülmüştür. ICNIRP ve BTK sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde, kampüs elektromanyetik kirlilik seviyelerinin ulusal ve uluslararası maruziyet sınırlarının oldukça altında kaldığı görülmüştür. Çalışma kapsamında, kampüsün iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun maruziyeti açısından güvenli olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Elektromanyetik Alanlar, Kablosuz iletişim, EMA Maruziyeti, NARDA NBM-520



## Measurement and Analysis of Electromagnetic Field Levels Caused by Wireless Communication Technologies in Outdoor Areas of Süleyman Demirel University (SDU) Campus

### Abstract

Abstract: This study was conducted to measure electromagnetic pollution on the two campuses of Süleyman Demirel University (SDU), to determine its compliance with environmental safety standards and to monitor the campus infrastructure in terms of electromagnetic compatibility. In the study, electric field, magnetic field and power density measurements were conducted at 33 high-density outdoor areas of the SDU campus. A NARDA NBM-520 wide-band

Screened by  
 iThenticate®  
for Authors & Researchers



Except where otherwise noted, content  
in this article is licensed under a  
Creative Commons 4.0 International  
license. Icons by Font Awesome.

electromagnetic field measuring device with 100 kHz-3 GHz measurement capability was used in the measurements, along with the EF0391 electric field probe, which detects electric fields between 100 kHz and 3 GHz and has a high sensitivity of 0.2 V/m. Measurements were carried out between 10:00 and 16:00 on weekdays, when the human density is high, and between the same time periods, when the human density is low, on weekends. Six-minute measurements at 33 locations measured a maximum electric field value of 9.09 V/m on weekdays and 5.15 V/m on weekends. The maximum electric field value of the 6-minute average measurements was 5.08 V/m on weekdays and 2.81 V/m on weekends. When evaluated according to ICNIRP and BTK limit values, campus electromagnetic pollution levels were found to be well below national and international exposure limits. The study concluded that the campus is safe in terms of exposure to non-ionizing radiation.

**Keywords:** Electromagnetic Fields, Wireless Communication, EMF Exposure, NARDA NBM-520



## 1.Giriş

Günlük yaşamımızın ayrılmaz bir parçası haline gelen baz istasyonları, cep telefonları, Wi-Fi ağları ve diğer kablosuz cihazlar, bulunduğumuz ortamlardaki Elektromanyetik Alan (EMA) seviyelerinde artışa yol açmaktadır. Bu artış, özellikle üniversite kampüsleri gibi farklı frekanslarda çalışan kablosuz iletişim teknolojileri ile yüksek kullanıcı sayısına hizmet veren alanlarda düzenli ölçümlerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, EMA analizi için SDÜ kampüs açık alanlarında elektrik ve manyetik alan ile güç yoğunluğu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elektrik alan şiddeti ( $\vec{E}$ ), elektrik alanın bulunduğu bölgeye konulan çok küçük sabit bir test yüküne etkiyen birim yük başına kuvvet olarak tanımlanan vektörel bir büyüklüktür. Bu alanın şiddeti, kaynağa olan uzaklıkla ters orantılı olarak değişir ve birimi Volt/metre ( $V/m$ )'dir. Manyetik alan şiddeti ( $\vec{H}$ ) ise, elektriksel yüklerin hareketiyle oluşan vektörel bir büyüklüktür ve birimi Amper/metre ( $A/m$ )'dir. Alan, zamana bağlı olan ya da olmayan bir niceliğin konumsal dağılımıdır. Zamanla değişen elektrik alana bir manyetik alan, tersine zamanla değişen manyetik alana da bir elektrik alan eşlik eder. Manyetik alan, manyetik akı yoğunluğunun ortam manyetik geçirgenliğine oranı olarak ifade edilir [1]. Güç yoğunluğu ( $\vec{S}$ ) ise, elektromanyetik bir dalganın belirli bir yüzey üzerinden birim zamanda taşıdığı ortalama güç seviyesini ifade eden vektörel bir büyüklüktür ve birimi  $W/m^2$ 'dir. Elektrik ve manyetik alanların zamana bağlı değişimi, elektromanyetik dalgaların yayılmasını sağlar. Elektromanyetik alanlar, elektrik ve manyetik alan bileşenlerinden oluşur. Bu alanların şiddeti, frekansları ve yayılım karakteristikleri gibi özellikleri, kullanılan antenlerin tipine, çalışma gücüne, yerden yüksekliğine ve çevresel koşullara bağlı olarak değişmektedir.

Doğada kendiliğinden oluşan doğal elektromanyetik alanlar, güneş, yıldırımlar ve atmosferik olaylardan kaynaklanan elektromanyetik dalgaların yayılması ile oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, doğal olmayan insan kaynaklı elektromanyetik alanlar ise mobil iletişim, Wi-Fi ağları, TV-radyo vericileri, baz istasyonları, trafolar ve enerji iletim hatları gibi kaynaklar sebebiyle oluşmaktadır.

Elektrik alan şiddeti ( $\vec{E}$ ), manyetik alan şiddeti ( $\vec{H}$ ) ve güç yoğunluğu ( $\vec{S}$ ) gibi parametreler, üst maruz kalma sınırlarını tanımlayan ve maruziyeti sınırlama önlemlerinin uygulanması için yardımcı olan referans değerlerdir [2]. Elektromanyetik kirlilik, hava ve çevre kirliliği kadar önem verilmesi gereken hassas bir konudur. Görünmeyen elektromanyetik dalgaların sebep olduğu elektromanyetik alan maruziyeti günümüzde kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Bu sebeple, elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerinde etkisi ile ilgili endişeler olabilmektedir.

Bilim insanları, elektromanyetik maruziyetin insan sağlığı ve çevre ile ilgili oluşturduğu riskler üzerine pek çok araştırma yapmışlardır [3,4,5,6,7,8]. Bazı çalışmalar, elektromanyetik alana maruz kalma ile lösemi, kanser, beyin tümörü, DNA hasarı ve diğer sağlık sorunlarının görülme sıklığında artış arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Bu sebeple elektromanyetik radyasyon seviyelerini periyodik olarak ölçmek ve analiz etmek kritik önem taşımaktadır. Elektromanyetik alan

maruziyetleri kurumlar tarafından uygun şekilde düzenlenmediği takdirde, genel halk ve çalışanlar için önemli bir sağlık tehlikesi oluşturabilir [9]. Bu çalışmada SDÜ kampüsü (Şekil 1) EMA seviyelerinin belirlenmesi amacıyla, insan yoğunluğunun fazla olduğu noktalarda hafta içi ve hafta sonu olmak üzere, 10:00-16:00 zaman diliminde 33 farklı noktada ölçümler yapılmıştır.



Şekil 1. SDÜ Doğu ve Batı Kampüsleri [10]

Çalışmadaki EMA seviyeleri değerlendirilirken hem uluslararası hem de ulusal temel standart kuruluşları referans alınmıştır. Uluslararası düzeyde kabul görmüş standartlar için ICNIRP (International Committee on Non-Ionizing Radiation Protection - Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi) ve IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering - Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) tarafından yayınlanan maruziyet üst limitleri dikkate alınmaktadır. Ayrıca ulusal düzeyde Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nun (BTK) belirlediği maruziyet sınırları ve standartlar kullanılmaktadır. Ülkemizde elektromanyetik alanlarla ilgili düzenlemeler, BTK'nın yanı sıra, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından da yapılmaktadır.

ICNIRP, iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun (NIR - Non-Ionizing Radiation) sağlık ve çevresel etkileri hakkında bilimsel tavsiye ve rehberlik sağlayan bağımsız ve kâr amacı gütmeyen bir kuruluştur. İnsanları ve çevreyi iyonlaştırıcı olmayan radyasyona bağlı zararlı maruziyetten korumak, güvenli çalışma ve çevre koşullarını sağlamak amacıyla 300 GHz'e kadar frekanslarda, zamanla değişen elektrik alan, manyetik alan ve elektromanyetik alanlara (ilgili yönergede güç yoğunluğu olarak ifade edilmektedir) maruz kalınabilecek üst limitleri kapsayan kılavuzlar hazırlamaktadır [2].

Ülkemizde elektronik haberleşme cihazlarının elektromanyetik alan maruziyet limit değerleri ve sertifika süreçleri hakkında yönetmelik hazırlamakla sorumlu kuruluş BTK'dır. Yeni ismi ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ise iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun olumsuz etkilerinden çevre ve halkın sağlığının korunmasına yönelik alınması gereken tedbirlere ilişkin yönetmelik hazırlamakla sorumludur.

ICNIRP (1998) kılavuzuna göre ölçüm yapılan frekans aralığı olan 100 kHz-3 GHz aralığında maksimum elektrik alan maruziyet değerleri frekansa bağlı olarak 28 V/m ile 87 V/m arasında, güç yoğunluğu ise yine frekansa bağlı olarak 2 W/m<sup>2</sup> ile 10 W/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir (Tablo 1). ICNIRP (2020) kılavuzunda genel halk maruziyet limitlerinde güncellemeye gidilmiş 2 GHz'ye kadar frekansa bağlı değişen minimum elektrik alan maruziyet sınırı 62 V/m olarak belirlenmiştir. Aynı kılavuzda 2GHz-300GHz frekans aralığında maruziyet limitleri güç yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>) türünden yazılmıştır. ICNIRP'nin bu güncellemesi ile alakalı elektromanyetik alan yoğunluğu ölçüm çalışmalarını raporlamak için W/m<sup>2</sup> biriminin V/m birimine göre daha uygun olduğunu savunan çalışmalar bulunmaktadır [11]. Bu kılavuzda güç yoğunluğu değerleri frekansa göre değişmektedir. 30 MHz-300 GHz frekans aralığında maruz kalınabilecek EM dalga güç yoğunluğu değerleri 10 W/m<sup>2</sup> ile 40 W/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir (Tablo 2).

**Tablo 1.** Genel Halk için Elektrik Alan (A/m), Manyetik Alan (V/m), Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>) Maruziyet Sınırları (ICNIRP 1998) [12]

Frekans (MHz)	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
0.15-1	87	0.73/f	-
1-10	87/f <sup>1/2</sup>	0.73/f	-
10 – 400	28	0.073	2
400 – 2000	1.375f <sup>1/2</sup>	0.0037f <sup>1/2</sup>	f/200
2000 – 300.000	61	0.16	10

**Tablo 2.** Genel Halk için Elektrik Alan (A/m), Manyetik Alan (V/m), Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>) Maruziyet Sınırları (ICNIRP 2020) [2]

Frekans (MHz)	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
0.1-30	671/f <sub>M</sub> <sup>0.7</sup>	4.9/f <sub>M</sub>	-
>30 – 400	62	0.163	10
>400 – 2000	4.72f <sub>M</sub> <sup>0.43</sup>	0.0123f <sub>M</sub> <sup>0.43</sup>	0.058f <sub>M</sub> <sup>0.86</sup>
>2000 – 6000	-	-	40
>6000 – 300.000	-	-	55/f <sub>G</sub> <sup>0.177</sup>
300.000	-	-	20

Bu çalışmada yapılan ölçüm sonuçlarını, ülkemizde uygulanan EMA maruziyet üst sınırlarına göre ise iki şekilde mukayese edebiliriz. Bunlardan birisi 17/4/2018 tarihli ve 30394 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan "Elektronik Haberleşme Cihazları Güvenlik Sertifikası Yönetmeliği"ne göre BTK tarafından belirlenen ortam ve tek cihaz için elektrik alan şiddeti limit değerleridir [13]. Diğeri ise 24/07/2010 tarihli ve 27651 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan eski adıyla Çevre ve Orman Bakanlığı'nın "İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmeliği"ne göre 0 Hz-300 GHz frekans bantlarındaki; elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti, manyetik akı yoğunluğu ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu için uygulanan limit değerleridir [14]. BTK tarafından ortam ve tek cihaz için belirlenen elektrik alan şiddeti limit değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Tablo 3'te verilen frekansa bağlı elektrik alan değerlerinin frekans aralıklarına göre alt ve üst sınır hesaplamaları Tablo 4'te sunulmuştur. Tablo 5'te ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı elektrik, manyetik alan, manyetik akı yoğunluğu, eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu sınır değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 3.** BTK tarafından ortam ve tek cihaz için belirlenen elektrik alan şiddeti limit değerleri [7]

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	
	Tek Cihaz Limit Değeri	Ortam Limit Değeri
0,010-0,15	19.3	65.25
0,15-1	19.3	65.25
1-10	19.3/f <sup>1/2</sup>	65.25/ f <sup>1/2</sup>
10-400	6.2	21
400-789	0.305f <sup>1/2</sup>	1.03f <sup>1/2</sup>
790-2000	0.275f <sup>1/2</sup>	0.96f <sup>1/2</sup>
2 000-94 000	12.3	42.93

**Tablo 4.** Tablo 3'te verilen frekansa bağlı elektrik alan değerlerinin frekans aralıklarına göre alt ve üst sınır hesaplamaları [7]

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	
	Tek Cihaz Limit Değeri	Ortam Limit Değeri
0,010-0,15	19,3	65,25
0,15-1	19,3	65,25
1-10	19.3-6.10	65,25-20.63
10-400	6,2	21
400-789	6.1-8.56	20.6-28.9
790-2000	7.72-12.29	26.98-42.93
2 000-94 000	12,3	42,93

**Tablo 5.** Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından belirlenen limit değerleri [14]

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti E (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti H (V/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B ( $\mu T$ )	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu $S_{eq}$ ( $W/m^2$ )
0.15-1	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1-10	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10 - 400	28	0.073	0.092	2
400 - 2000	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2000- 300000	61	0.16	0.2	10

Daha önceki çalışmalarda, dünyada ve ülkemizdeki farklı üniversite kampüslerinde elektromanyetik alan ölçümlerinin yapıldığı görülmektedir. Elde edilen ölçüm sonuçları genellikle ICNIRP sınır değerlerinin altındadır. Berisha ve diğerleri (2024), Priştine Üniversitesi kampüsünde EMA yayan kaynakları belirlemek amacıyla NARDA SRM 3006 spektrum analizörü kullanarak 6 GHz'e kadar frekans aralığını taramışlardır. Yaptıkları ölçümler sonucunda, radyo frekansı elektromanyetik alan maruziyet seviyelerinin karakterizasyonunun, yeşil ve sürdürülebilir kablosuz destekli kampüsler için kritik olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir [15].

Bakcan, M. R. (2022) Bursa Uludağ Üniversitesinde, nüfus yoğunluğunun çok yüksek olduğu yerlerde elektrik alan değerlerini, NARDA SRM 3006 spektrum analizörü kullanarak 3 GHz'e kadar frekans aralığında statik olarak ölçmüştür. Ayrıca, elektromanyetik maruziyet için belirli bölgeler olan rastgele konumların elektrik alan değerlerini tahmin etmek için iki farklı yapay sinir ağı modeli geliştirmiştir [16].

Kljajić ve diğerleri (2019), Novi Sad Üniversitesi kampüsünde gerçekleştirilen yüksek frekanslı EMA kirliliğini araştırmışlardır. Yapay EMA kaynaklarındaki artışa yanıt olarak, kampüs alanındaki elektrik alan seviyelerinin hem mekansal hem de zamansal dağılımını değerlendirmişlerdir [17].

Çalışkan ve diğerleri (2022), Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Merkez Kampüsü'ndeki EMA seviyelerini ve öğrenci maruziyetini değerlendirerek, aşırı düşük frekanslı EMA ölçümlerini, yüksek gerilim hatları ve trafo çevreleri gibi öğrencilerin sıkça bulunduğu alanlarda gerçekleştirmişlerdir. Ölçümler, 100 kHz-3 GHz frekans bandında Narda EMR-300 cihazı ile yapılmıştır [18].

Suarez ve diğerleri (2023), Kolombiya Medellin'deki iki üniversite kampüsünde, taşınabilir bir spektrum analizörü kullanarak hem iç hem de dış mekanlarda 800 MHz-3000 MHz frekans aralığında mobil telekomünikasyon teknolojileri ve Wi-Fi kaynaklı elektrik alan seviyelerini değerlendirmiş ve tüm ölçülen değerlerin ICNIRP referans seviyelerinin altında olduğunu belirtmişlerdir [19].

Sorgucu ve Develi (2012), Erciyes Üniversitesi'nde 80 farklı noktadaki baz istasyonlarının EMA seviyelerini ölçmüş ve ölçümlerin ulusal ve uluslararası sınır değerlerin altında olduğunu gözlemlemişlerdir [20].

As ve diğerleri (2014) tarafından yayınlanan çalışmada, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi kampüsündeki elektromanyetik ortam ölçümleri, 400 MHz ile 6 GHz arasındaki frekans aralığında yapılmış ve ölçümlerin ICNIRP tarafından belirlenen sınırların altında olduğu bulunmuştur [21].

Benzer şekilde, Singh ve diğerleri (2025), COVID-19 pandemisi öncesi ve sonrası yükseköğretim kurumlarındaki elektromanyetik alan maruziyetini karşılaştırmalı olarak analiz etmiş ve pandemi sonrası radyasyon seviyelerinde önemli bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir [9].

Bu tür çalışmalar, kampüs ortamlarındaki EMA seviyelerinin sürekli izlenmesi ve değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada SDÜ kampüsünde insan yoğunluğunun fazla olduğu açık alanlarda EMA seviyelerinin belirlenmesi amacıyla, 33 farklı noktada elektrik alan değerleri ölçülmüştür. Ölçümler insan yoğunluğunun fazla olduğu noktalarda hafta içi ve hafta sonu 10:00-16:00 zaman diliminde yapılmıştır. Ölçümlerde 100 kHz-3 GHz frekans aralığında ölçüm kabiliyetine sahip NARDA NBM-520 geniş bant EMA ölçer cihazı elektrik alan probu ile kullanılmıştır.

Bu makale, şu bölümlerden oluşmaktadır: Materyal ve Metot bölümü, ölçüm sahasının tanımını, kullanılan cihazları ve ölçüm prosedürlerini detaylandırmaktadır. Bulgular bölümünde, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğu ölçüm sonuçları sunulmakta ve bu değerler güvenlik standartlarıyla karşılaştırılmaktadır. Tartışma ve Sonuç bölümü ise, çalışmanın ana bulgularını özetlemekte ve gelecekteki araştırmalar için öneriler sunmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Ölçüm Sahası

Ölçümler, 36000'den fazla öğrencisi, 2322 akademik ve 2928 idari personeliyle iki yan yana kampüs olan SDÜ kampüsünde gerçekleştirilmiştir. Doğu kampüsü 282.397,46 m<sup>2</sup> ve batı kampüsü 96.487,47 m<sup>2</sup> açık alana sahiptir [22]. Ayrıca, kampüste her gün binlerce insanın ziyaret ettiği Tıp ve Dış Hekimliği Fakülteleri hastaneleri de bulunmaktadır.

### 2.2. Kullanılan Cihaz ve Özellikleri

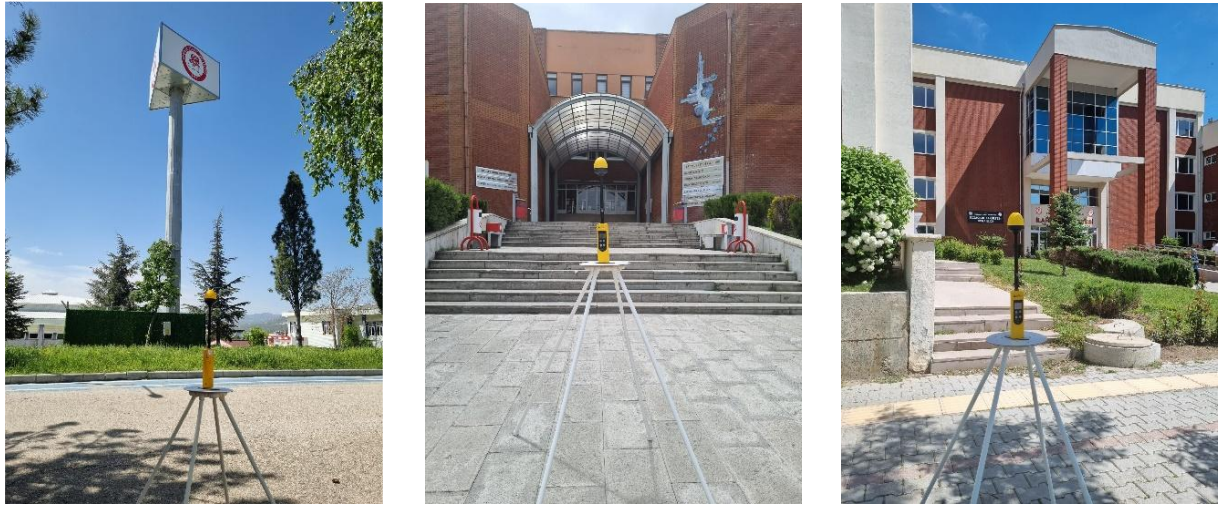
Bu çalışmada yapılan tüm ölçümler NARDA NBM-520 model taşınabilir cihaz ile gerçekleştirilmiştir. NARDA NBM-520, elektromanyetik alanların ölçümünde kullanılan taşınabilir ve yüksek hassasiyetli bir geniş bant alan ölçüm cihazıdır. Bu cihaz, literatürdeki çalışmalarda Elektrik ( $\vec{E}$ ) ve manyetik ( $\vec{H}$ ) alanları geniş bir frekans aralığında doğru ve güvenilir bir şekilde ölçmek için kullanılmaktadır [23, 24, 25]. NARDA NBM-520, farklı frekanslarda ölçüm yapabilen değiştirilebilir izotropik problarla birlikte kullanılabilir. Bu problar sayesinde cihaz, 3 eksen (X, Y, Z) eş zamanlı ölçüm yapabilir ve alan şiddetini yön bağımsız olarak belirler. Bu çalışmada 100 kHz-3 GHz aralığında ölçüm yapabilme kabiliyetine sahip EF0391 elektrik alan probu kullanılmıştır. Cihazın teknik özellikleri Tablo 6'da verilmiştir [26].

**Tablo 6.** NARDA NBM-520 Teknik Özellikleri

Özellik	Açıklama
Model	NARDA NBM-520
Cihaz Tipi	Geniş bant elektromanyetik alan ölçer
Ölçüm Türü	Elektrik alanı (E-field), manyetik alan (H-field) ölçümü
Frekans Aralığı	100 kHz – 3 GHz (EF0391 Elektrik Alan Probu ile)
Prob Tipi	Takılabilir izotropik (3 eksenli) problar
Seri No	S/N B-0474 (Temel enstrüman), S/N A-0892 (Prob)
Ölçüm Aralığı (E-field)	0.2 V/m – 1000 V/m (prob tipine göre)
Ölçüm Birimi	V/m, A/m, W/m <sup>2</sup> , mW/cm <sup>2</sup> , dBµV/m
Ölçüm Modları	Gerçek zamanlı (ACT), Ortalama, Maksimum Değer (Max Hold)

### 2.3. Ölçüm Yöntemi

Bu çalışmada, elektrik alan ( $\vec{E}$ ), manyetik alan ( $\vec{H}$ ) ve güç yoğunluğu ( $\vec{S}$ ) seviyeleri eş zamanlı olarak kaydedilmiş ve kampüs açık alanlarındaki EMA karakteristikleri oluşturulmuştur. Çalışmada, 100 kHz-3 GHz frekans aralığında hafta içi ve hafta sonu 10:00-16:00 saat dilimlerinde 33 farklı noktada ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktaları, gün içinde insan yoğunluğunun fazla olduğu yemekhane, kütüphane, spor salonu, havuz ve fakülte girişleri olarak seçilmiştir. Kampüs içi ölçüm yapılan noktaların bazıları Şekil 2’de görülmektedir.



**Şekil 2.** Ölçüm yapılan lokasyon örnekleri

Ölçümlerde cihaz probu yerden 1.5 metre yüksekte olacak şekilde sabitlenerek, PVC’den yapılmış metalik olmayan bir üç ayak üzerine yerleştirilmiştir. İnsan gövdesinin ağırlık merkezi ortalama 1.5 metre olarak kabul edildiği için bu yükseklik seçilmiştir [12, 27, 28]. Ölçüm cihazının doğru ve güvenilir sonuçlar vermesini sağlamak amacıyla, ölçümlere başlamadan önce, ölçüm cihazının sıfırlaması yapılmıştır.

Elektromanyetik alanların insan vücudu üzerindeki etkisi, anlık değil, belli bir süreye yayılmış enerji emilimine bağlı olduğu için vücudun ısıya verdiği tepki süresi ve biyolojik dengeleme süreleri dikkate alınmaktadır. Ölçüm işlemi yapılırken uluslararası standartlar gereği her ölçüm en az 6 dakikalık hem ortalama hem de maksimum değerleri içerecek şekilde gerçekleştirilmiştir [2, 23].

Ölçüm cihazı ölçülen elektrik alan değerlerinden manyetik alan şiddetini ( $A/m$ ) ve güç yoğunluğunu ( $W/m^2$ ) hesaplayabilmektedir. Ölçülen elektrik alandan ( $\vec{E}$ ) ilgili manyetik alan ( $\vec{H}$ ) ve güç yoğunluğunun ( $\vec{P}$ ) hesaplanması için (1)-(4) denklemleri kullanılmaktadır. Bu denklemlerde  $|\vec{E}|$  elektrik alanının ve  $|\vec{H}|$  manyetik alanının büyüklüklerini ifade eder.  $\vec{P}$  ise elektromanyetik alana eşlik eden güç yoğunluğu vektörüdür.  $\eta$  ortam öz empedansı,  $\eta_0$  ise havanın öz empedansı olup değeri  $377 (120\pi) \Omega$ 'dur.

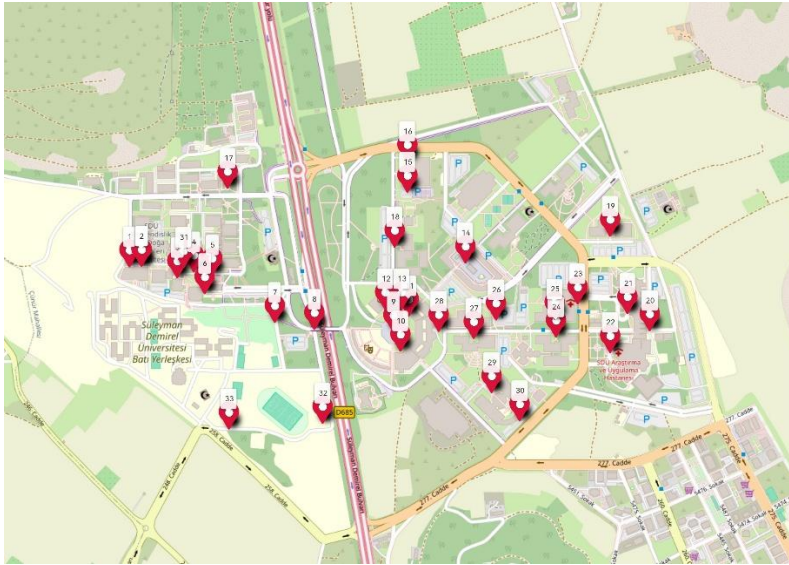
$$|\vec{H}| = \frac{|\vec{E}|}{\eta} \quad (A/m) \quad (1)$$

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} \quad (W/m^2) \quad (2)$$

$$\eta = \frac{\mu}{\epsilon} \quad (\Omega) \quad (3)$$

$$\eta_0 = \frac{\mu_0}{\epsilon_0} \quad (\Omega) \quad (4)$$

Ortamdaki 100 kHz- 3 GHz arası elektromanyetik alanların kaynağı olarak, baz istasyonları, cep telefonları, Wi-Fi erişim noktaları, TV/radyo vericileri sayılabilir. Bu çalışmada yapılan ölçüm noktaları Ek A'da, ölçüm koordinatları ise EK-B'de verilmiştir. Kampüs haritası üzerinde ölçüm yapılan noktalar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Kampüs haritası üzerinde ölçüm yapılan noktalar

### 3. BULGULAR

Bu çalışmada, ölçüm cihazının doğru ve güvenilir sonuçlar vermesini sağlamak amacıyla, ölçümlerden önce, NARDA NBM-520 cihazı "Clear" tuşu ile sıfırlanmış ve sonrasında 6 dakikalık ölçümler başlatılmıştır. Cihaz 6 dakika boyunca 1'er saniye aralıklarla ölçüm yapmakta ve sürekli ölçülen verilere göre ortalama değeri hesaplayarak, toplam 360 adet ölçüm değerinin ortalamasını ekranda göstermektedir. Sıfırlama işlemi, maksimum değerlerin ölçümü öncesinde de gerçekleştirilmiş ve 6 dakika sonunda toplam 360 adet maksimum ölçüm değeri elde edilmiştir. Böylece sadece ortalama değerleri değil, ölçüm işlemi sırasında anlık tepe değerlerinin değişimleri de net bir şekilde takip edilmiştir.

Hem hafta içi hem de hafta sonu ölçümleri, EK-A'da verilen, aynı ölçüm noktalarında gerçekleştirilmiştir. Hafta içi ölçüm sonuçları Tablo 7'de, hafta sonu ölçüm sonuçları ise Tablo 8'de sunulmuştur. Tablo 7'deki sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4'te, Tablo 8'deki sonuçların grafiksel gösterimi ise Şekil 5'te sunulmuştur. Şekil 4'te ve Şekil 5'te ortalama ve maksimum alan değerlerini tek grafik ile gösterebilmek amacıyla y eksenini logaritmik olarak ölçeklendirilmiştir.

33 ölçüm noktasında, hafta içi maksimum  $9.09 V/m$ , hafta sonu ise maksimum  $5.15 V/m$ 'lik elektrik alan değeri ölçülmüştür. 6'şar dakikalık ortalama ölçümlerinin maksimum elektrik alan değeri hafta içi  $5.08 V/m$ , hafta sonu ise  $2.81 V/m$  olarak elde edilmiştir. Güç yoğunluğu maksimum değeri ise hafta içi  $0.219 W/m^2$ , hafta sonu ise  $0.0703 W/m^2$  olarak ölçülmüştür. 6'şar dakikalık ortalama ölçümlerde maksimum güç yoğunluğu hafta içi  $0.0724 W/m^2$ , hafta sonu ise  $0.0207 W/m^2$  olarak bulunmuştur. Hafta içi ölçümlerinde maksimum manyetik alan şiddeti  $0,0241 A/m$  iken, bu değer hafta sonu ölçümlerinde  $0,0137 A/m$ 'dir.

**Tablo 7.** 33 ölçüm noktası için hafta içi elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunlukları ölçüm sonuçları

	6'şar dakikalık ortalama değerleri			6'şar dakikalık maksimum değerleri		
	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Güç Yoğunluğu ( $W/m^2$ )	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Güç Yoğunluğu ( $W/m^2$ )
1.ölçüm Noktası	1,25	0,003	0,0041	2,07	0,0055	0,0114
2.ölçüm Noktası	0,99	0,0027	0,0028	1,62	0,0069	0,011
3.ölçüm Noktası	1,21	0,0032	0,0039	1,64	0,0044	0,0071
4.ölçüm Noktası	2,91	0,0077	0,022	4,16	0,011	0,0459
5.ölçüm Noktası	0,47	0,0012	0,0006	0,8	0,0021	0,0017
6.ölçüm Noktası	0,89	0,0024	0,0021	1,34	0,0036	0,0048
7.ölçüm Noktası	0,68	0,0018	0,0012	1,66	0,0044	0,0073
8.ölçüm Noktası	5,08	0,0138	0,0724	9,09	0,0241	0,219
9.ölçüm Noktası	3,39	0,009	0,0307	6,88	0,0183	0,1257
10.ölçüm Noktası	3,2	0,0085	0,0273	4,9	0,013	0,0638
11.ölçüm Noktası	1,78	0,0046	0,0081	5,72	0,0152	0,0868
12.ölçüm Noktası	1,01	0,0027	0,0026	2,89	0,0077	0,0221
13.ölçüm Noktası	0,32	0,0009	0,00027	0,76	0,002	0,0015
14.ölçüm Noktası	0,76	0,0018	0,0013	1,42	0,0038	0,0054
15.ölçüm Noktası	0,66	0,0017	0,0011	1,15	0,003	0,0035
16.ölçüm Noktası	2,92	0,0078	0,0228	5,12	0,0136	0,0696
17.ölçüm Noktası	0,38	0,0011	0,0004	0,53	0,0014	0,0007
18.ölçüm Noktası	1,05	0,0028	0,0029	1,18	0,0031	0,0037
19.ölçüm Noktası	0,77	0,002	0,0015	0,87	0,0023	0,002
20.ölçüm Noktası	0,4	0,0011	0,0004	1,69	0,0045	0,0075
21.ölçüm Noktası	0,87	0,0023	0,002	1,42	0,0038	0,0053
22.ölçüm Noktası	0,62	0,0016	0,0009	1,6	0,0042	0,0067

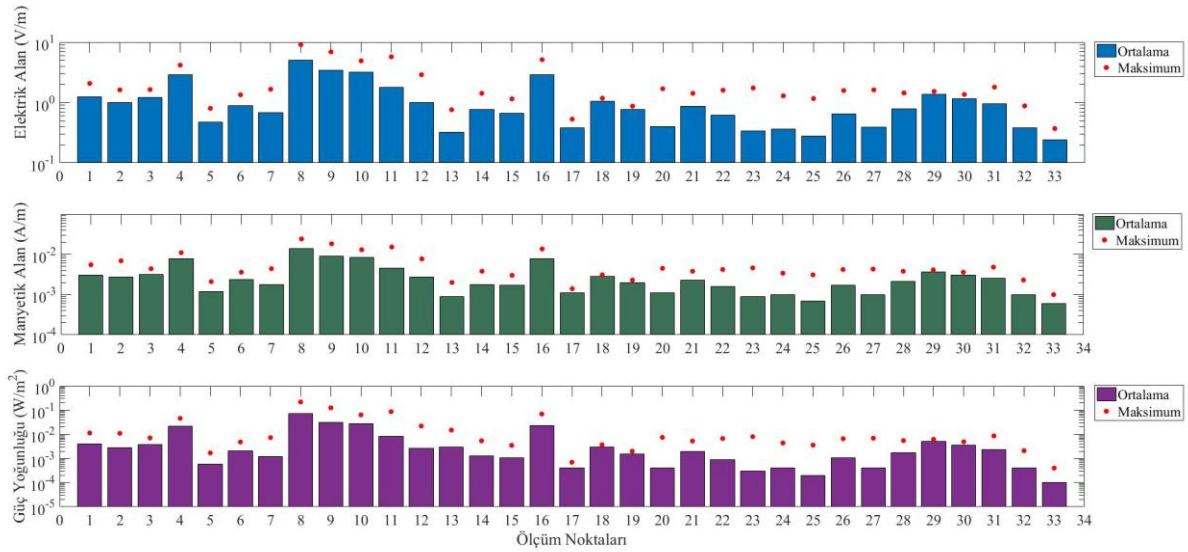
23.ölçüm Noktası	0,34	0,0009	0,0003	1,74	0,0046	0,008
24.ölçüm Noktası	0,36	0,001	0,0004	1,29	0,0034	0,0044
25.ölçüm Noktası	0,28	0,0007	0,0002	1,16	0,0031	0,0036
26.ölçüm Noktası	0,65	0,0017	0,0011	1,58	0,0042	0,0066
27.ölçüm Noktası	0,39	0,001	0,0004	1,62	0,0043	0,0069
28.ölçüm Noktası	0,79	0,0021	0,0017	1,44	0,0038	0,0055
29.ölçüm Noktası	1,38	0,0037	0,0051	1,53	0,0041	0,0062
30.ölçüm Noktası	1,15	0,003	0,0035	1,36	0,0036	0,0049
31.ölçüm Noktası	0,95	0,0025	0,0024	1,8	0,0048	0,0086
32.ölçüm Noktası	0,38	0,001	0,0004	0,88	0,0023	0,0021
33.Ölçüm Noktası	0,24	0,0006	0,0001	0,37	0,001	0,0004

**Tablo 8.** 33 ölçüm noktası için hafta sonu elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunlukları ölçüm sonuçları

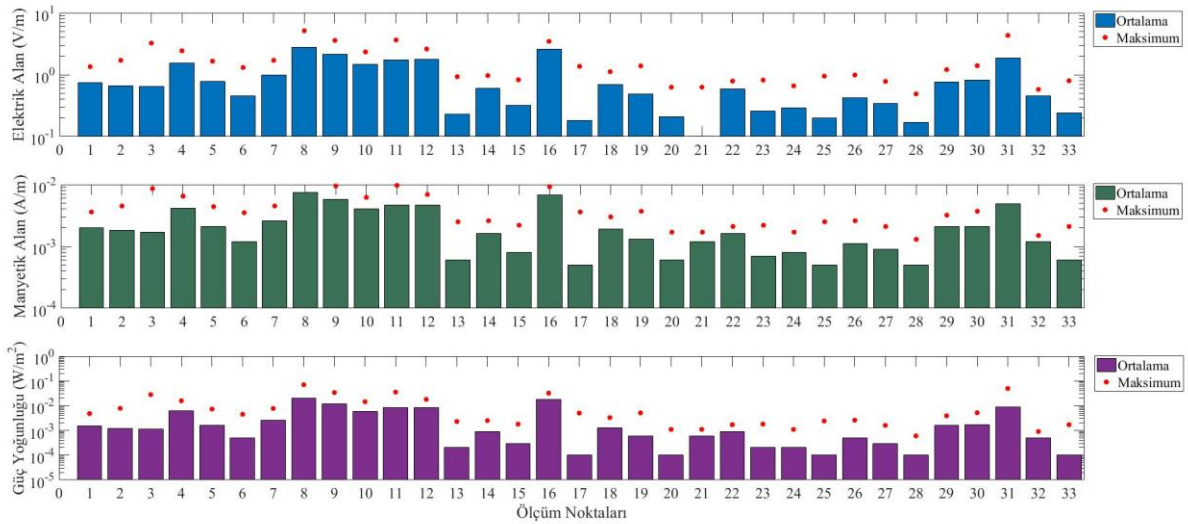
	6'şar dakikalık ortalama değerleri			6'şar dakikalık maksimum değerleri		
	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	Elektrik Alan (V/m)	Manyetik Alan (A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
1.ölçüm Noktası	0,74	0,002	0,0015	1,35	0,0036	0,0048
2.ölçüm Noktası	0,67	0,0018	0,0012	1,71	0,0045	0,0078
3.ölçüm Noktası	0,65	0,0017	0,0011	3,25	0,0086	0,028
4.ölçüm Noktası	1,55	0,0041	0,0062	2,44	0,0065	0,0158
5.ölçüm Noktası	0,79	0,0021	0,0016	1,66	0,0044	0,0073
6.ölçüm Noktası	0,46	0,0012	0,0005	1,31	0,0035	0,0045
7.ölçüm Noktası	0,99	0,0026	0,0026	1,71	0,0045	0,0077
8.ölçüm Noktası	2,81	0,0074	0,0207	5,15	0,0137	0,0703
9.ölçüm Noktası	2,14	0,0057	0,0121	3,59	0,0095	0,0341
10.ölçüm Noktası	1,49	0,004	0,0059	2,34	0,0062	0,0145
11.ölçüm Noktası	1,74	0,0047	0,0081	3,65	0,0097	0,0353
12.ölçüm Noktası	1,76	0,0047	0,0082	2,61	0,0069	0,018
13.ölçüm Noktası	0,23	0,0006	0,0002	0,93	0,0025	0,0023
14.ölçüm Noktası	0,6	0,0016	0,0009	0,97	0,0026	0,0025
15.ölçüm Noktası	0,32	0,0008	0,0003	0,83	0,0022	0,0018
16.ölçüm	2,58	0,0068	0,0177	3,47	0,0092	0,032

Noktası						
17.ölçüm Noktası	0,18	0,0005	0,0001	1,37	0,0036	0,005
18.ölçüm Noktası	0,7	0,0019	0,0013	1,12	0,003	0,0033
19.ölçüm Noktası	0,49	0,0013	0,0006	1,39	0,0037	0,0051
20.ölçüm Noktası	0,21	0,0006	0,0001	0,63	0,0017	0,0011
21.ölçüm Noktası	0,047	0,0012	0,0006	0,63	0,0017	0,0011
22.ölçüm Noktası	0,59	0,0016	0,0009	0,79	0,0021	0,0017
23.ölçüm Noktası	0,26	0,0007	0,0002	0,82	0,0022	0,0018
24.ölçüm Noktası	0,29	0,0008	0,0002	0,66	0,0017	0,0011
25.ölçüm Noktası	0,2	0,0005	0,0001	0,95	0,0025	0,0024
26.ölçüm Noktası	0,42	0,0011	0,0005	0,99	0,0026	0,0026
27.ölçüm Noktası	0,34	0,0009	0,0003	0,78	0,0021	0,0016
28.ölçüm Noktası	0,17	0,0005	0,0001	0,49	0,0013	0,0006
29.ölçüm Noktası	0,77	0,0021	0,0016	1,21	0,0032	0,0039
30.ölçüm Noktası	0,81	0,0021	0,0017	1,4	0,0037	0,0052
31.ölçüm Noktası	1,86	0,049	0,0091	4,33	0,0115	0,0497
32.ölçüm Noktası	0,46	0,0012	0,0005	0,58	0,0015	0,0009
33.ölçüm Noktası	0,24	0,0006	0,0001	0,8	0,0021	0,0017

Bu çalışmada, Tablo 7 ve Tablo 8’de belirtilen tüm ölçüm sonuçları hem elektrik alan hem de güç yoğunluğu olarak ICNIRP 2020 sınır değerlerinin çok altındadır. Ayrıca tüm ölçüm sonuçları Tablo 3 ve Tablo 5’te verilen BTK ve Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından belirlenen limit değerlerinin altındadır.



Şekil 4. Hafta içi ölçüm grafikleri (Elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunlukları cinsinden)



Şekil 5. Hafta sonu ölçüm grafikleri (Elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunlukları cinsinden)

Çalışmada Tablo 7 ve Tablo 8'deki verilere göre 33 farklı noktada hafta içi ve hafta sonu yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel analizi, ortalama elektrik alan ölçümlerinin farkları alınarak yapılmıştır. Ölçüm noktalarının 28'inde hafta içi elektrik alan ölçümleri, hafta sonu ölçümlerinden yüksek çıkmıştır. 5 ölçüm noktasında ise hafta sonu elektrik alan ölçümlerinin hafta içi elektrik alan ölçümlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Alan ölçer cihazın ortalama modunda hafta içi ve hafta sonu ölçülen elektrik alan değerlerinin ortalama, ortanca değer, standart sapma, en düşük ve en yüksek değerleri Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9. Hafta içi ve hafta sonu ölçümlerinin istatistiksel analizi

Grup	n	Ortalama	Ortanca Değer	Standart Sapma	En düşük	En yüksek
Hafta içi	33	1.30	0.79	1.08	0.24	5.08
Hafta sonu	33	0.83	0.59	0.59	0.047	2.81

Elektrik alanın ortalama ve ortanca değerlerinin, hafta içi ölçümlerinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, hafta içi daha fazla insan hareketiyle artan haberleşme trafiği ve potansiyel elektromanyetik kaynak yükleri nedeniyle alan seviyelerinin daha yüksek olduğu sonucunu göstermektedir. 5, 7, 12, 31 ve 32. ölçüm noktalarında ise hafta sonu elektrik alan ölçümleri daha yüksek seviyede elde edilmiştir. Bu ölçüm noktalarında, hafta sonu ve hafta içi elektrik alan ölçümleri arasındaki farklar sırasıyla  $0.32 V/m$ ,  $0.31 V/m$ ,  $0.75 V/m$ ,  $0.91 V/m$  ve  $0.08 V/m$ 'dir. Hafta sonu ölçüm sonuçlarının daha yüksek olduğu bu noktalar hafta sonları öğrencilerin aktif geçiş güzergahını oluşturmaktadır. Hafta içi derslikler, yemekhane, kütüphane vb. noktalarda öğrenci sayısı yoğunken, hafta sonu ise bu geçiş güzergahlarında yoğunluk artmaktadır. 32. ölçüm noktasında ise diğer ölçüm noktalarına nazaran insan yoğunluğunun az olması sebebiyle, ölçüm sonuçları arasındaki fark da ihmal edilebilecek kadar düşük elde edilmiştir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kablosuz iletişim teknolojilerinin ve iletişim altyapılarının yaygınlaşmasıyla birlikte, üniversite ortamlarındaki EMA seviyeleri ve etkileri konusundaki endişeler önemli ölçüde artmıştır. Bu çalışma, akademik/idari personel ve ziyaretçilerin sıklıkla ziyaret ettiği SDÜ kampüsü dış mekanlarındaki EMA seviyelerinin kapsamlı bir değerlendirmesini sunmaktadır. Çalışmada, SDÜ doğu ve batı kampüslerindeki açık alanlarda, elektrik alan, manyetik alan ve güç yoğunluğu değerleri ölçülmüştür. Bu çalışmadaki ölçüm noktaları belirlenirken, kampüste insan yoğunluğunun fazla olduğu noktalar belli bir sıra ile hafta içi ve hafta sonu olmak üzere iki ayrı zaman diliminde ölçülmüştür. Çalışma, SDÜ kampüsündeki elektromanyetik alanların dağılımını ve yoğunluğunu daha iyi anlamak için detaylı bir mekansal analiz sunmaktadır.

Elektrik alan şiddetinin ölçülmesi, iletişim altyapısının değerlendirilmesi ve iyileştirme planlarının oluşturulması, ölçüm sonuçlarının ulusal/uluslararası standartlara uygunluğunu kontrol edilmesi açısından önem taşımaktadır.

Çalışmada, ölçüm noktalarının %85'inde hafta içi ölçülen ortalama elektrik alan değerlerinin, hafta sonu ölçüm sonuçlarından daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun temel sebeplerinden birisi kablosuz haberleşme sistemleri ve baz istasyonu kullanıcı yoğunluğunun hafta içi daha fazla olmasıdır. Ayrıca Wİ-Fi antenlerin elektrik alan değerlerini etkileyen bir diğer parametre de görev döngüsüdür. Cihazların ya da sistemin aktif olduğu sürenin, toplam çalışma periyoduna oranı, görev döngüsü olarak adlandırılır. Kablosuz ağlarda görev döngüsü, cihazların ne kadar süre veri iletişimi yaptığını belirler. Akademik çalışmalarda elektrik alan ölçümleri yapılırken, cihazların sürekli olarak %100 aktif olduğu varsayılır. Gerçekte ise bu değer %100'den daha düşüktür. Çünkü ağ verimliliği açısından cihazlar, veri iletimini aralıklı olarak gerçekleştirir. Yoğun saatlerdeki ölçüm değerlerinin, yoğun olmayan saatlerdeki ölçüm değerlerine göre daha yüksek olmasının sebeplerinden biri de görev döngüsüdür.

Bu çalışmada elde edilen ölçüm sonuçları, SDÜ doğu ve batı kampüs açık alanlarında EMA seviyelerinin ulusal ve uluslararası maruziyet sınırlarının oldukça altında kaldığını göstermektedir. Gerçekleştirilen analiz, kampüsün düşük ve güvenli EMA kirliliğine sahip bölge olarak kabul edilebileceğini doğrulamıştır.

İleriki yıllarda bu ölçümlerin periyodik olarak yapılması, sağlık ve güvenlik açısından önem arz etmektedir. Bununla birlikte önümüzdeki yıllarda kablosuz IoT cihazlarının sayısının da artması beklenmektedir. Ayrıca kampüsteki bazı iç mekanların da EMA ölçümlerinin yapılmasında fayda vardır.



**Hakem:** Dış, Bağımsız.

**Teşekkür:**

-

**Beyanname:**

**1. Özgünlük Beyanı:**

Bu çalışma özgündür.

## 2. Yazar Katkıları:

**Fikir:** BŞ,EY; **Kavramsallaştırma:** BŞ,EY; **Literatür Taraması:** BŞ,EY; **Veri Toplama:** BŞ,EY; **Veri İşleme:** BŞ,EY; **Analiz:** BŞ,EY; **Yazma – orijinal taslak:** BŞ,EY; **Yazma – inceleme ve düzenleme:** BŞ,EY.

## 3. Etik Kurul İzni:

Etik Kurul İzni gerekmemektedir.

## 4. Finansman/Destek:

Bu çalışma, herhangi bir finansman ya da destek almamıştır.

## 5. Çıkar Çatışması:

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

## 6. Üretken Yapay Zeka Beyanı:

Çalışmanın hiçbir safhasında yapay zeka araçlarından faydalanılmamıştır.

## 7. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları:



## KAYNAKÇA

- [1] Cheng, D., K. 2006. Dalga ve Alan Elektromanyetizması, Akademi Yayınları, Ankara, 778s.
- [2] ICNIRP Guidelines (2020), Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) <https://www.icnirp.org/en/publications/index.html> (Erişim Tarihi: 27.06.2025)
- [3] Zamanian, A., & Hardiman, C. J. H. F. E. 2005. Electromagnetic radiation and human health: A review of sources and effects. High Frequency Electronics, 4(3), 16-26.
- [4] Hardell, L., & Sage, C. 2008. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. Biomedicine & pharmacotherapy, 62(2), 104-109.
- [5] Duhaini, I. 2016. The effects of electromagnetic fields on human health. Physica Medica, 32, 213.
- [6] Liu, X., Yan, X., Zhang, S., Liu, Z., Win, T. T. Y., & Ren, L. 2021. The effects of electromagnetic fields on human health: recent advances and future. Journal of Bionic Engineering, 18(1), 210-237.
- [7] Shbanah, M., & Kovács, T. A. 2022. The effects of electromagnetic waves on human health. In Security-Related Advanced Technologies in Critical Infrastructure Protection: Theoretical and Practical Approach (pp. 161-167). Dordrecht: Springer Netherlands.
- [8] Dirik, E. Y., Ateş, K., İl, N., & Özen, Ş. 2024. Günlük Yaşam Alanlarındaki Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Alanların İncelenmesi ve Maruziyet Analizi. Akdeniz Mühendislik Dergisi, 2(1), 24-34.
- [9] Singh, R., Singh, A., & Jangid, A. 2025. Comparative analysis of electromagnetic field exposure in a higher educational institution: a study before and after the COVID-19 pandemic. Discover

- Public Health, 22(1), 1-16.
- [10] <http://w3.sdu.edu.tr> (Erişim Tarihi:07.06.2025)
- [11] Ramírez-Vázquez, R., Escobar, I., Franco, T., Arribas, E. 2022. Physical units to report intensity of electromagnetic wave. Environmental Research, 204, 112341.
- [12] ICNIRP Guidelines (1998), Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) <https://www.icnirp.org/en/publications/index.html> (Erişim Tarihi: 27.06.2025).
- [13] ELEKTRONİK HABERLEŞME CİHAZLARI GÜVENLİK SERTİFİKASI YÖNETMELİĞİ <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=14927&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim Tarihi: 28.05.2025)
- [14] <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/07/20100724-3.htm> (Erişim Tarihi: 25.09.2025)
- [15] Berisha, D., Berzati, H. M., Dobruna, J., Fazliu, Z. L., Ibrani, M. 2024. Frequency-Selective and Broadband Measurements of Radio Frequency Electromagnetic Field Levels in the University Campus. population, 8, 13.
- [16] Bakcan, M. R. 2022. Measurement and prediction of electromagnetic radiation exposure level in a university campus. Tehnički vjesnik, 29(2), 449-455.
- [17] Kljajić, D., Đurić, N., Kasaš, L. K. 2019. The high-frequency EMF investigation over the campus area of the University of Novi Sad. Safety Engineering, 9(2), 70-74.
- [18] Çalışkan, Ş. G., Kılıç, M. A., İlhan, D. B., Aksel, M., Genç, O., & Bilgin, M. D. 2022. Evaluation of Electromagnetic Field Levels and Student Exposure at Aydın Adnan Menderes University Central Campus. Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation, 9(3), 314-322.
- [19] Suarez, F. L., Yepes, S. M., Escobar, A. 2023. Assessment of the electromagnetic field exposure due to wireless communication technologies in two university campuses of Medellin, Colombia. Heliyon, 9(9), e20323.
- [20] Sorgucu, U., & Develi, I. 2012. Measurement and analysis of electromagnetic pollution generated by GSM-900 mobile phone networks in Erciyes University, Turkey. Electromagnetic biology and medicine, 31(4), 404-415.
- [21] As, N., Dilek, B., Şahin, M. E., Karan, Y. 2014. Electromagnetic pollution measurement in the RTE university campus area. Global Journal on Advances in Pure & Applied Sciences, 3, 65-72.
- [22] <http://sayilarla.sdu.edu.tr> (Erişim Tarihi:25.09.2025)
- [23] Silva, J. D. L., Rodrigues, M. E., Pinheiro, F. S., Silva, G. S. D., Mendonça, H. B., Silva, R. Q. D. F., ... & Sousa Jr, V. A. D. 2025. Measurement of non-ionizing radiation (NIR) from Wi-Fi access points and microwave ovens in residential environments. Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 39(3), 268-289.
- [24] Hardell, L., & Nilsson, M. 2023 Very high radiofrequency (RF) radiation at Skeppsbron in the old town in Stockholm, Sweden. Ann Clin Med Case Rep, 10(23), 1-7.
- [25] Halgamuge, M. N. 2015. Radio hazard safety assessment for marine ship transmitters: measurements using a new data collection method and comparison with ICNIRP and ARPANSA limits. International journal of environmental research and public health, 12(5), 5338-5354.
- [26] <https://www.narda-sts.com/en/products/emf-broadband-measuring-devices/nbm-520/> (Erişim Tarihi: 25.09.2025)

- [27] Nedelcu, M. N., Petrescu, T. 2022. Power Density Measurements on Shared Sites.
- [28] CEPT general/REC (02)04, Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz– 300 GHz), 2004 <https://docdb.cept.org/download/1889> (Erişim Tarihi: 30.09.2025).

