

Ege Üniversitesi Kampüsünde Gama Radyasyonu Ölçümü ve Haritalanması

Beyzanur ÖZKAN¹, Buket CANBAZ ÖZTÜRK^{1*}

¹Fizik Bölümü, Fen Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Geliş: 08.05.2024, Kabul: 28.06.2024, Yayınlanma: 30.06.2024

ÖZ

Gelişen teknoloji ile birlikte artan radyoaktif kirlenme, doğal background radyasyonunun belirlenmesini gerekli kılmıştır. Yerkabuğunda bulunan radyoaktif elementlerin bozunması sonucunda yayımlanan karasal gama radyasyonu düzeyinin belirlenmesi, doğal radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve çevresel etkileri minimize etmek açısından oldukça önemlidir. Bu doğrultuda, Ege Üniversitesi Merkez Yerleşkesi olarak da bilinen Bornova Kampüsü'nde doğal background seviyesini belirlemek ve değerlendirmek amacı ile yerinde karasal gama radyasyonu ölçümü yapılmıştır. Ölçümler 1"×1" NaI(Tl) kristale sahip bir düşük enerjili gama sintilasyon sayacı içeren, yerinde anlık ölçüm yapabilen, taşınabilir, Ludlum marka Survey Meter cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçülen gama sayım hızları $29,09 \pm 6,75$ cps ortalama ile 16 - 60 cps aralığında değişmiştir. Elde edilen sonuçlar IBM SPSS Statistics 20.00 yazılımı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, elde edilen sayısal verinin mekânsal bilgiye dayanarak görsel olarak sunulabilmesi için jeoistatistik yöntemler kullanılarak ilk kez Ege Üniversitesi Bornova Kampüsüne ait Karasal Gama Radyasyonu dağılım haritası ESRI ArcGIS 10.3 yazılımı ile oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Doğal Radyasyon; Sintilasyon Dedektörü; Gama Ölçümü; Jeoistatistik Analiz.

Gamma Radiation Measurement and Mapping at Ege University Campus

ABSTRACT

The increase in radioactive contamination due to developing technology necessitates the determination of natural background radiation in our environment. Determining the level of terrestrial gamma radiation released as a result of the decay of radioactive elements in the earth's crust is very important in terms of evaluating the effects of natural radiation on human health and minimizing environmental effects. In this direction, in-situ terrestrial gamma radiation measurements were carried out at the Bornova Campus, also known as the Ege University Central Campus, in order to determine and evaluate the natural background level. Measurements were carried out using a portable Ludlum brand Survey Meter device, which includes a low-energy gamma scintillation counter with a 1"×1" NaI(Tl) crystal and can make instant in-situ measurements. Measured gamma count rates ranged from 16 - 60 cps, with an average of 29.09 ± 6.75 cps. The results obtained were statistically evaluated using IBM SPSS Statistics 20.00 software. In addition, in order to visually present the numerical data obtained based on spatial information, the Terrestrial Gamma Radiation distribution map of Ege University Bornova Campus was created for the first time with ESRI ArcGIS 10.3 software, using Geostatistical Methods.

Keywords: Natural Radiation; Scintillation Detector; Gamma Measurement; Geostatistical Analysis.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu dünya varoluşundan itibaren var olan uzun yarı ömürlü doğal radyonüklitler sebebi ile sürekli ve kaçınılmaz bir şekilde doğal radyasyona maruz kalmıştır (Aközcan, 2020; Karataşlı, 2018). Doğal radyasyon, yer kabuğunda bulunan doğal radyoaktif çekirdeklerin ve bunların bozunum ürünlerinin yanı sıra kozmik ışıklardan kaynaklanan bir radyasyon türüdür. Doğal radyasyona maruz kalmanın iki temel bileşeni vardır: içsel maruz kalma ve dışsal maruz kalma. Solunan havadaki radon gazı ve vücuda alınan radyonüklitler içsel maruz kalmaya neden olurken, dışsal maruz kalmanın kaynağı kozmik ışınlar, kozmojenik radyonüklitler ve karasal radyasyondur (UNSCEAR, 1982, 1988).

Karasal orijinli doğal radyasyon, yer kabuğunda bulunan ve dünya varoluşundan beri ($4,5 \times 10^9$ yıl) mevcut olan primordial radyonüklitlerden kaynaklanmaktadır. Radyolojik risk açısından en önemli primordial radyonüklitler; gama yayınlıyıcı ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th ve her iki doğal radyoaktif serinin bozunum ürünleridir (Canbaz, Çam, Yaprak, & Candan, 2010; Canbaz Öztürk, Çam, & Yaprak, 2013; Canbaz Öztürk, Yaprak, Çam, & Candan, 2015; Özden & Aközcan, 2020). Doğal kaynaklardan alınan yıllık ortalama etkin dozun (2,4 mSv) önemli bir kısmını bu gama yayınlıyıcı radyonüklitlerinden kaynaklanan içsel ve dışsal dozlar oluşturmaktadır (UNSCEAR, 2000).

Açık alanlarda insanlar, yer yüzeyindeki toprak veya diğer katmanlar üzerindeki doğal radyoaktiviteden kaynaklanan karasal dışsal radyasyona maruz kalmaktadır (UNSCEAR, 1993). Bu bakımdan insanların yaşadığı çevrenin doğal radyasyon açısından izlenmesi ve değerlendirilmesi doğal radyasyonun insanlar üzerindeki etkisi hakkında daha fazla bilgi edinmek, toplum sağlığını korumak ve radyasyonla ilişkili riskleri en aza indirmek için son derece önemlidir. Düzenli olarak yapılan radyolojik gözlem çalışmaları, doğal radyasyon kaynaklarının izlenmesi, maruziyet düzeylerinin değerlendirilmesi ve uygun önlemlerin alınması açısından büyük önem taşımaktadır (Canbaz Öztürk, 2022; Öztürk, 2021; Yörük, Çam, & Canbaz, 2021).

Bu doğrultuda bu çalışmada Ege Üniversitesi Merkez Yerleşkesi olarak bilinen Bornova Kampüsü'nde yerinde karasal gama radyasyonu ölçümü yapılmış, elde edilen veriler ile coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla jeostatistik analiz kullanılarak ilk kez Ege Üniversitesi Bornova Kampüsü'ne ait doğal gama radyasyonu dağılım haritası oluşturulmuştur.

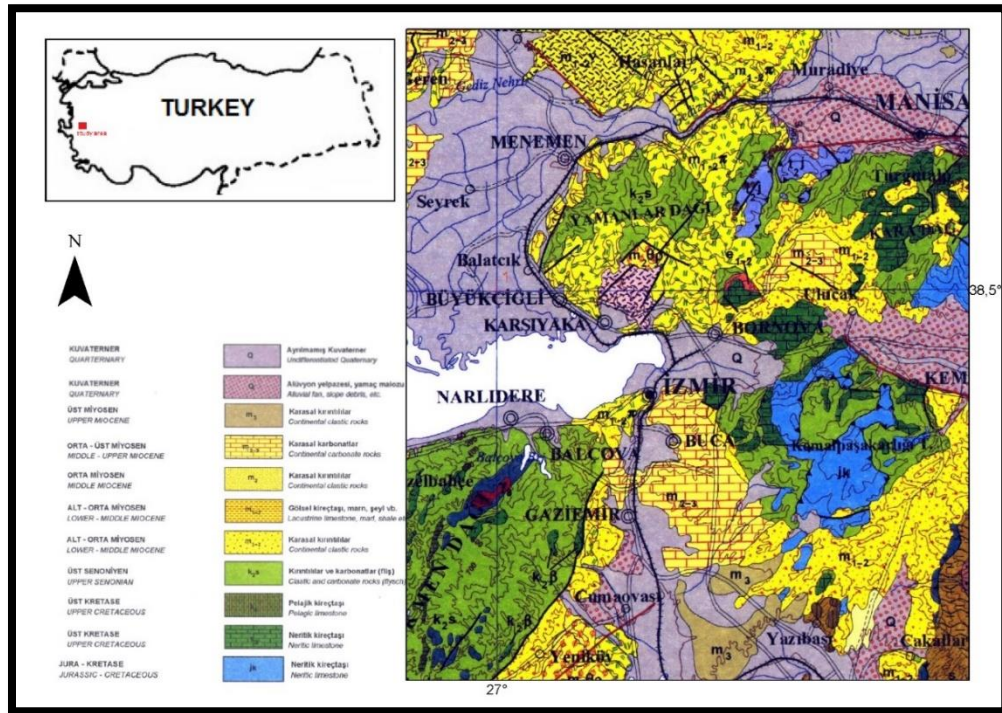
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma bölgesinin jeolojik yapısı

Ege Üniversitesi, İzmir'in en büyük ilçelerinden Bornova'da yer almaktadır. Bornova'daki ana kampüs, 3.450 dekarlık bir alana yayılmış olup eğitim, kültür, spor ve sosyal hizmetler için kullanılan çeşitli

binalardan oluşmaktadır (www.ege.edu.tr). Bornova ilçesi, deniz seviyesinden yüksekliği 20 m ile 200 m arasında değişmektedir ve bu yükseklik, dağlık bölgelerde 600 m'ye kadar çıkmaktadır. Bornova, su kaynakları bakımından oldukça zengin bir ovadır ve yerleşim alanı dereler tarafından getirilen alüvyonlar nedeniyle yakın çevrelerdeki yüksek bölgelere kaymıştır. Yüzölçümü 220 km² olan bu ilçede Akdeniz iklimi hâkim olup, yaz ayları sıcak ve kurak iken, kış mevsimi ılık ve bol yağışlıdır.

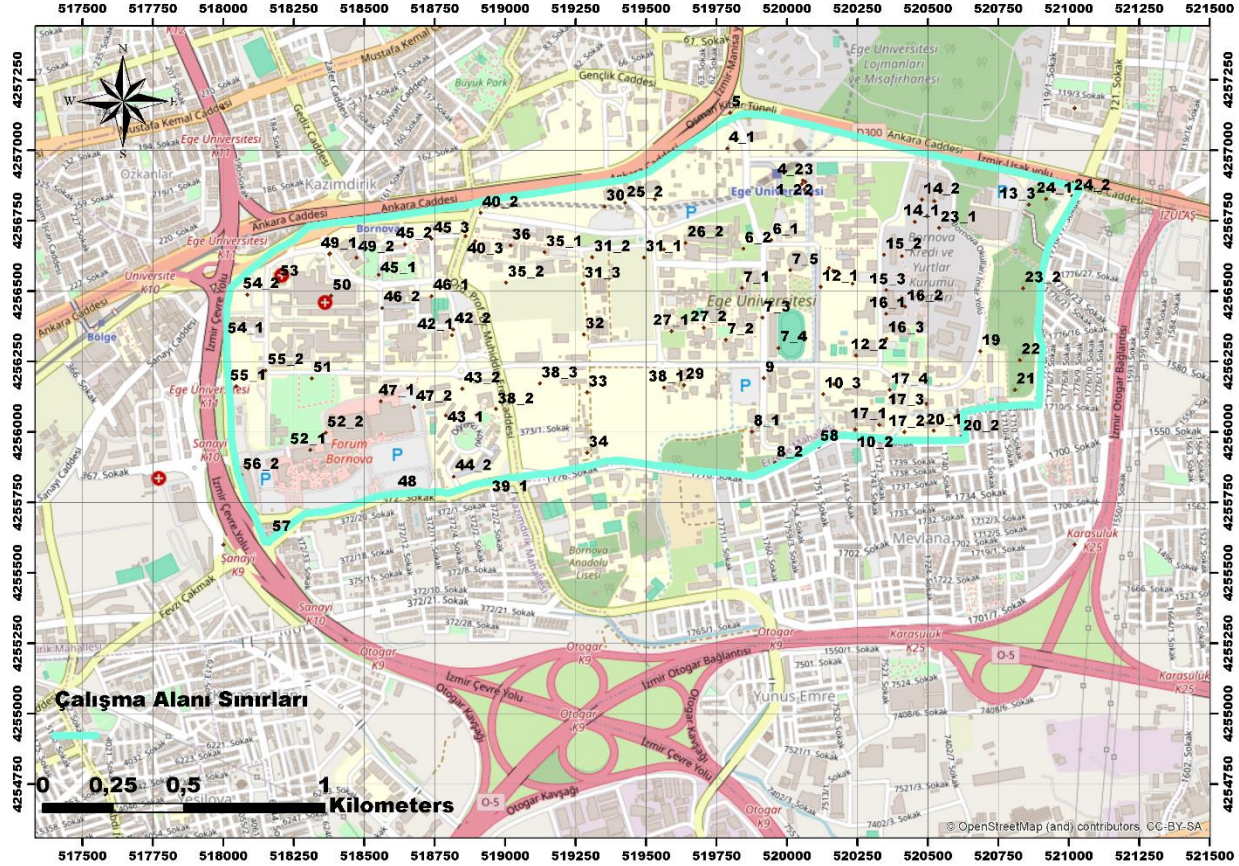
Batı Anadolu'nun yapısal temelini oluşturan birimler, Menderes Masifi ve İzmir-Ankara Zonu (Bornova Fliş Zonu) tarafından temsil edilen kayalardır. Bu temel kayalar üzerinde, Neojen ve Kuvaterner dönemlerinde oluşmuş havzalarda biriken dolgular ise genç yapısal birimleri meydana getirir. İzmir-Ankara Zonu'na ait flişler, Ege Üniversitesi kampüsünün bulunduğu Bornova Ovası ve çevresinde geniş alanlarda yer alır ve bölgenin en eski kayalarını oluşturur. Doğuda Kemalpaşa Dağı ve Belkahve Eşiği ile kuzeyde Yamanlar Dağı'nın yüksek kesimlerini içine alacak şekilde yayılmıştır (Şekil 1). Bornova flişi, Menderes Masifi'nin batısından kuzeydoğuya doğru uzanan bir okyanusta Üst Kretase döneminde birikmiş unsurlardan oluşur. Bu nedenle, birimin alt kısımları genellikle kırıntılı, üst kısımları ise karbonatlı sedimanlarla karakterizedir. Bornova Ovası ve çevresindeki flişler, metaçakıltaş, metakumtaş, kireçtaş ve denizaltı volkanizması ürünlerini içeren karmaşık bir yapıya sahiptir (Karadaş, 2012).



Şekil 1: Ege Üniversitesi kampüsünün bulunduğu Bornova ve çevresinin jeolojik yapısı.

2.2. Yerinde gama radyasyonu ölçümü

Karasal gama radyasyon ölçümü yapılan çalışma alanı Ege Üniversitesi merkez kampüs arazisinin Ankara yolunun güneyinde kalan, fakültelerin ve sosyal tesislerin yer aldığı bölümdür (Şekil 2). Ölçüm noktaları doğal alanları kapsayacak şekilde 250×250 m²lik karelay yapılarak belirlenmiş, her bir ölçüm noktasının koordinatları Garmin GPS (Global Positioning System) ile kaydedilmiştir.



Şekil 2: Ege Üniversitesi kampüsünde ölçüm istasyonları ve çalışma alanı sınırları.

Ölçümler Ludlum marka 1"×1" NaI(Tl) kristale sahip bir düşük enerjili gama sintilasyon sayacı içeren taşınabilir Survey Meter cihazı kullanılarak yerden 1 m yükseklikte 2 dakika süre ile alınmıştır. Ölçümlerin doğruluğunu artırmak için, her bir karelayda yerleşimin izin verdiği ölçüde 2 veya 3 kez ölçüm yapılmıştır. Kullanılan NaI(Tl) dedektörünün ¹²⁵I için hassasiyeti yaklaşık 675 cpm/ μ R/h'dir.

3. SONUÇLAR

Ege Üniversitesi Kampüsünde sistematik olarak toplam 105 noktada 1"×1" NaI(Tl) kristale sahip bir düşük enerjili gama sintilasyon sayacı ile yerinde karasal gama radyasyonu ölçülmüştür. Yerinde doğal background radyasyonunu veren ölçüm sonuçlarının tanımlayıcı istatistik analizleri IBM SPSS Statistics 20.00 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş, elde edilen ortalama, medyan, çarpıklık, basıklık ve yüzde dağılım gibi parametrelere ait sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir. Ege Üniversitesi Merkez yerleşkesinde ölçülen gama sayım hızı $29,09 \pm 6,75$ cps ortalama ile 16 - 60 cps aralığında değişmiştir.

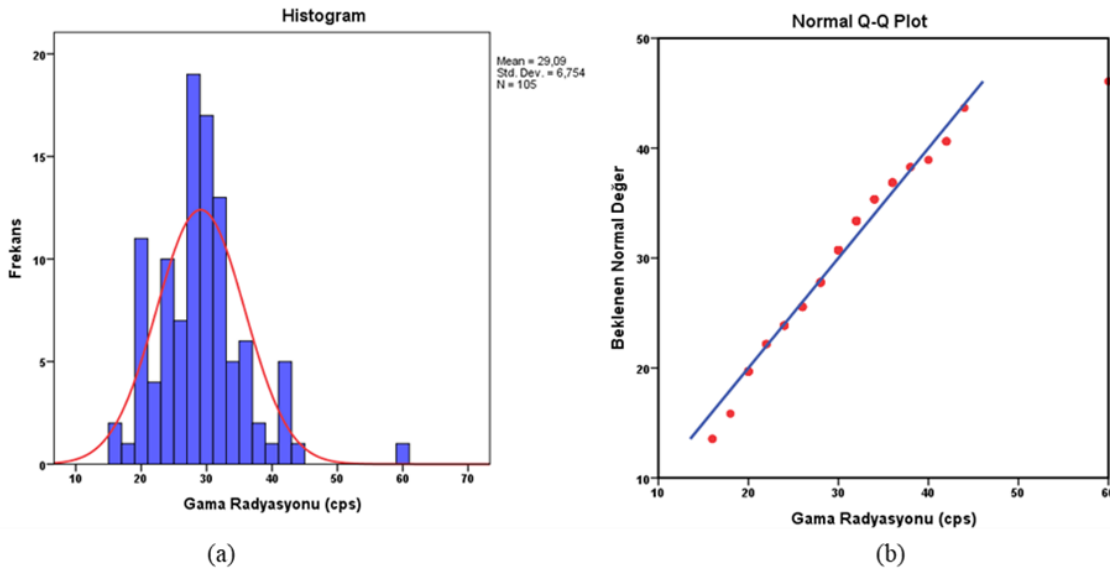
Çizelge 1: Yerinde gama ölçümü sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik.

Gama Radyasyonu Ölçümü	
	(cps)
Ölçüm Sayısı	105
Aritmetik Ortalama	29,09
Standart Sapma (SD)	6,75
Geometrik Ortalama	28,35
Min.	16
25’nci Yüzdelerik	24
Medyan	28
75’nci Yüzdelerik	32
Max.	60
Çarpıklık	1,024
Basıklık	3,336
Kolmogorov-Smirnov Test Sig.	0,05
Frekans Dağılımı	Normal

Hatalar 1σ standart sapma ile ifade edilmiştir.

Bir dağılımın normal dağılıma uyup uymadığını anlamamanın çeşitli yöntemleri vardır. Bunu tek bir yöntem ile anlamak yerine, farklı farklı yöntemlerle analiz etmek ve elde edilen sonuçları birlikte değerlendirmek dağılım hakkında en doğru kararı vermemizi sağlar. Bu nedenle Ege Üniversitesi kampüsünde karasal gama radyasyonu frekans dağılımını belirlemek için i) tanımlayıcı istatistik sonuçları değerlendirilmiş, ii) Kolmogorov-Smirnov normallik testi uygulanıp anlamlılık (significance) değerine bakılmış ve son olarak iii) görsel olarak dağılım grafikleri incelenmiştir. Çizelge 1’de verilen aritmetik ortalama, medyan, geometrik ortalama değerlerinin birbirine yakın olması elde edilen dağılımın normal dağılım fonksiyonuna uyduğunu göstermektedir. Çarpıklık ve basıklık, bir dağılımın normal dağılıma kıyasla ne kadar çarpık ya da ne kadar basık olduğunun bir göstergesidir. Medyan ve aritmetik ortalama değerleri birbirine yaklaştıkça çarpıklık değeri de sifira yaklaşır. Aritmetik ortalama medyan değerinden küçük ise negatif çarpıklık, büyük ise pozitif çarpıklık söz konusudur. Basıklıkta ise basıklık değeri pozitif ise eğri daha dik/sivri, negatif ise daha basıktır. Bir dağılımın normal dağılım olarak kabul edilebilmesi için çarpıklık ve basıklık değerlerinin -3 ve +3 arasında olması gerekmektedir. Ancak tek başına çarpıklık ve basıklık değerlerinin belirli aralıklar içerisinde değerlendirilmesi doğru değildir. Bu nedenle parametrik olmayan Kolmogorov-Smirnov

normalite testi uygulanmıştır. Bu test sonucu elde edilen anlamlılık değerinin istatistiksel hesaplamalarda sınır değeri kabul edilen 0,05'ten büyük olması ($p \geq 0,05$) dağılımların normal olduğunu göstermektedir (Öztürk, 2021). Son olarak, bu sonuçları görsel olarak da doğrulamak için, sayısal analiz sonuçlarına ek olarak dağılımın histogram ve Q-Q grafikleri çizilmiştir (Şekil 3). Şekil 3'ten de açıkça görüldüğü gibi, histogram grafiği dağılımın ortalama etrafında yoğunlaştığını, Q-Q grafiği ise bizim ölçümlerimizi temsil eden kırmızı noktaların mavi referans çizgisi üzerinde veya çok yakın olduğunu, yani Ege Üniversitesi kampüsünde karasal gama radyasyonu frekans dağılımının normal dağılıma uyduğunu göstermektedir.

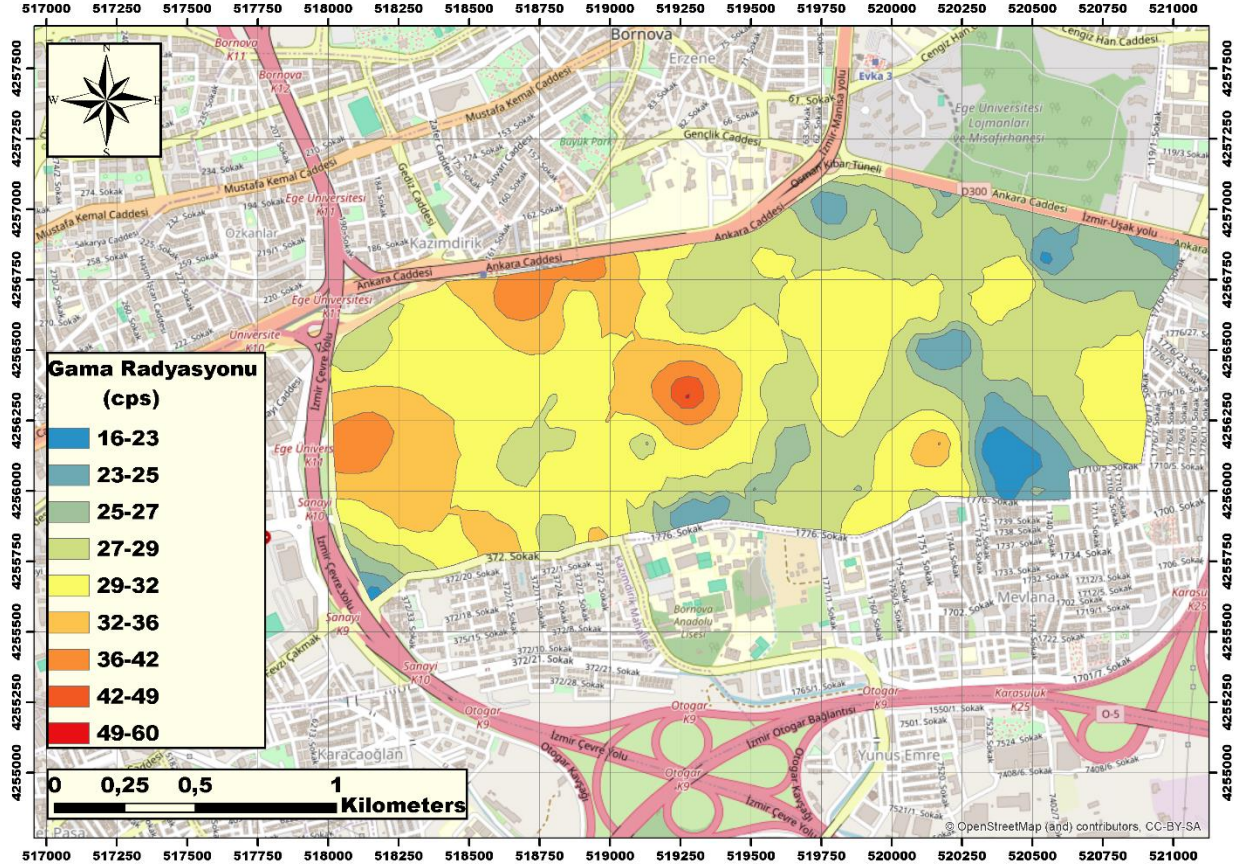


Şekil 3: E.Ü. kampüsünde yerinde gama ölçümü sonuçlarına ait (a) histogram (b) Q-Q grafiği.

Elde edilen sonuçları lokasyona bağlı bir şekilde görselleştirmek amacıyla, Ege Üniversitesi Bornova kampüsünde karasal gama radyasyonu dağılım haritası ESRI ArcGIS 10.3 yazılımı ile ArcGIS Jeostatistik Analiz modülü kullanılarak çizilmiştir. İnterpolasyon tekniği olarak Kriging yöntemi; Kriging yöntemleri arasında ise çevresel çalışmalarda daha uygun olduğu için normal kriging (ordinary kriging) yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4).

Elde edilen jeostatistik analiz sonuçlarına göre, Ege Üniversitesi kampüsünde gama radyasyonu dağılımı normal backgroundlu ortamlar için verilen 30 cps ortalama değeri ile uyumludur. İnsan aktivitelerinin az, doğal ağaçlı arazinin yoğun olduğu kampüsün doğu kısımlarında ölçümler en fazla 32 cps iken, araç trafiğinin, binaların ve insan yoğunluğunun çok olduğu kampüsün batı kesimlerinde ölçülen gama radyasyonu sayım hızı 60 cps'e kadar çıkmıştır. Dedektör tipine göre küçük farklılık gösterebilmekle birlikte, normal backgroundlu alanlar için radyasyon sayım hızı tipik olarak 25 - 75 cps aralığında olup uyarı

seviyesi 100 cps'dır (Dhami, Bhatt, Khadayat, & Joshi, 2020; Ludlum, 2018). Bir başka deyişle, E.Ü. kampüs genelinde normal alanlar için üst sınır olan 100 cps değeri aşılmamıştır.



Şekil 4: Ege Üniversitesi kampüsünde ölçülen gama radyasyonu dağılımı.

4. TARTIŞMA

Ege Üniversitesi Merkez Yerleşkesi olarak bilinen Bornova kampüsüne ait doğal background seviyesini belirlemek ve haritalamak amacıyla 105 noktada yerinde karasal gama radyasyonu ölçümü yapılmış, gama sayım hızının $29,09 \pm 6,75$ cps ortalama ile 16-60 cps aralığında değiştiği gözlenmiştir. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, elde edilen tanımlayıcı istatistik verileri, Kolmogorov-Smirnov normalite testi sonucu ve oluşturulan histogram ve Q-Q grafikler Ege Üniversitesi Bornova kampüsünde gama radyasyonu frekans dağılımının normal dağılıma uyduğunu göstermiştir. Normal dağılıma uyması E.Ü. Bornova kampüsünün tek bir jeolojik yapı üzerinde yayılmış olmasından dolayı beklenen bir sonuçtur ve kampüs genelinde normalliği bozan herhangi bir yapay bir kirliliğin olmadığı sonucunu çıkarabiliriz. Ayrıca, elde edilen sonuçlar coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla jeostatistik analiz kullanılarak lokasyona

bağlı bir şekilde görselleştirilmiş, Ege Üniversitesi Bornova kampüsüne ait ilk karasal gama radyasyonu dağılım haritası oluşturulmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 2023/1 başvuru döneminde 1919B012304540 başvuru numaralı proje ile TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir.

YAZARLARIN KATKILARI

B.Ö.: Kavramsallaştırma, yöntem, araştırma, yazı yazma - orijinal taslak hazırlama.

B.C.Ö.: Yöntem, doğrulama, araştırma, kaynaklar, yazı yazma - orijinal taslak hazırlama.

KAYNAKLAR

- Aközcan, S. (2020). Toprak Örneklerinde Doğal Radyoaktivite (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) ve Radyasyon Tehlikelerinin Değerlendirilmesi. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 6(1), 12–20.
<https://doi.org/10.34186/klujes.741933>
- Canbaz, B., Çam, F., Yaprak, G., & Candan, O. (2010). Natural radioactivity (^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K) and assessment of radiological hazards in the Kestanbol Granitoid, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*, 141(2), 192–198.
- Canbaz Öztürk, B. (2022). Radon Exhalation Rate and Annual Effective Dose for Different Rock Types and Excess Lifetime Cancer Risk from Radon Exposure. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*, 6(3), 884–890.
- Canbaz Öztürk, B., Çam, N. F., & Yaprak, G. (2013). Reference levels of natural radioactivity and ^{137}Cs in and around the surface soils of Kestanbol pluton in Ezine region of Çanakkale province, Turkey. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 48(12), 1522–1532.
<https://doi.org/10.1080/10934529.2013.797242>
- Canbaz Öztürk, B., Yaprak, G., Çam, N. F., & Candan, O. (2015). A radiological survey of the Eğrigöz granitoid, Western Anatolia/Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv327>
- Dhami, G. B., Bhatt, M. R., Khadayat, J., & Joshi, B. D. (2020). Comparison of the Background Radiation Level within Kanchanpur District, Nepal. *Journal of Nepal Physical Society*, 6(2), 34–40.
<https://doi.org/10.3126/jnphysoc.v6i2.34854>
- Karadaş, A. (2012). *Bornova Ovası ve Çevresinin Fiziki Coğrafyası*. Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
- Karataşlı, M. (2018). Measurement of Environmental Gamma Radiation in and Around The Hatay Province, Turkey. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 18(3), 780–785.
<https://doi.org/10.5578/fmbd.67766>
- Ludlum. (2018). Ludlum Model 44-3 Low Energy Gamma Scintillator.
- Özden, S., & Aközcan, S. (2020). Kırklareli Tarım Arazilerindeki Ayçiçeğinde Radyonüklid Transferinin Belirlenmesi. *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 6(2), 153–164.
<https://doi.org/10.34186/klujes.821036>
- Öztürk, B. C. (2021). Mapping of Selected Trace Metals and Associated Risk in Coastal Sediments Along the Northwest Anatolia Coasts of Turkey. *Environmental Engineering and Management Journal*, 20(12), 1999–2012.
- UNSCEAR. (1982). *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects*, United Nations, New York.
- UNSCEAR. (1988). *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*, United Nations, New York.

- UNSCEAR. (1993). Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex A: Exposures from natural sources of radiation, United Nations, New York.
- UNSCEAR. (2000). Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex B: Exposures from natural radiation sources, United Nations, New York.
- Ege Üniversitesi (2023, Haziran 4). *Ege Üniversitesi Hakkında*.
https://ege.edu.tr/tr-7/ege_universitesi_hakkinda.html
- Yörük, E., Çam, F., & Canbaz, B. (2021). Güvenli Çalışma Ortamları İçin Radyasyon Riskinin Değerlendirilmesi. *Deu Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*, 23(68), 357–367.