

Malatya İli ve İlçelerinde Çevresel Gama Radyasyonunun Ölçümü, Doz Hızı ve Ömür Boyu Kanser Riski Değerlendirmesi

Halime KAYAKÖKÜ^{1*}

Öz

Bu çalışmada, Malatya ilinde, 15 farklı noktada, gama doz hızı ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler, her noktada hem yerde hem de yerden 1 m yükseklikte alınmıştır. Gama doz hızı ölçümleri NaI (TI) kristaline sahip taşınabilir bir sintilasyon sayacı kullanılarak yapılmıştır. Gama doz hızlarına (D_R) ek olarak, yıllık etkin doz oranları (YEDO) ve ömür boyu kanser riski (ÖBKR) değerleri de hesaplanmıştır. Yerden 1 m yükseklikte D_R , YEDO ve ÖBKR için elde edilen ortalama değerler, sırasıyla, 48,47 nGy/h, 58,18 μ Sv/y ve $0,21 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada sunulan sonuçlar, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan benzer çalışmaların sonuçları ve UNSCEAR tarafından verilen dünya ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sintilasyon sayacı, Gama doz hızı, Yıllık etkin doz, Kanser riski.

Environmental Gamma Radiation Measurement, Dose Rate and Lifetime Cancer Risk Assessment in Malatya Province and its Districts

Abstract

In this study, gama dose rate measurements were made at 15 different points in Malatya. Measurements were taken at each point both on the ground and at a height of 1 m above the ground. Gamma dose rate measurements were made using a portable scintillation counter with a NaI (TI) crystal. In addition to gamma dose rates (D_R), annual effective dose rates (YEDO) and lifetime cancer risk (ÖBKR) values were also calculated. The mean values obtained for DR, YEDO and ÖBKR at 1 m above the ground were calculated as 48.47 nGy/h, 58.18 μ Sv/y and 0.21×10^{-3} , respectively. The results presented in this study were compared with the results of similar studies conducted in different regions of Turkey and the world average values given by UNSCEAR.

Keywords: Scintillation counter, Gamma dose rate, Annual effective dose, Cancer risk.

¹Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Bitlis, Türkiye, hkayakoku@beu.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0003-4036-4012>

1. Giriş

Canlıların hayatlarında çevrenin oldukça önemli bir yeri olup, çevrede canlıların hayatlarını etkileyen çok önemli faktörler bulunmaktadır. Bunlardan biri de, radyoaktivitedir. Canlılar, buldukları çevreden sürekli doğal radyoaktiviteye maruz kalmaktadırlar. Doğal radyoaktivite, kozmik ışıklardan, yer kabuğundan, yapı malzemelerinden, kayaların minerolojik yapısından, sular ve insan bedenindeki radyoaktif çekirdeklerden kaynaklanmaktadır. Doğal radyasyon, çevrede bulunan radyoaktivite kaynaklarının miktarına bağlı olup, bu da, insanların maruz kaldıkları radyasyon dozu seviyesine katkıda bulunmaktadır. Maruz kalınan doz miktarı, çevrenin coğrafik ve jeolojik yapısına bağlı olarak değiştiğinden, yeryüzündeki farklı toprak tipleri için de farklılık göstermektedir. Doğal radyoaktiviteye, nükleer silah denemeleri, nükleer kazalar, bazı radyolojik araştırmalar ve radyoterapiden kaynaklanan yapay radyoaktivite de eklenmektedir. Çevresel radyoaktivite, eğer belirlenen sınır değerleri aşıyorsa, bu durum, canlılar için tehlike arz edebilmektedir. Açık havada dış maruziyet, tüm toprak türlerinde eser seviyelerde bulunan karasal radyoçekirdeklerden kaynaklanmaktadır (Faraj ve ark. 2006). Maruz kalınan radyoaktif elementler, genellikle, doğal radyoaktivite için, ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K iken; yapay radyoaktivite için ise, ^{137}Cs , ^{90}Sr ve $^{239+240}\text{Pu}$ gibi elementlerdir (Bal ve ark. 2018; Karatepe ve Kuluöztürk, 2019).

Gama doz hızı (D_R), potansiyel olarak radyasyona maruz kalan bir birey üzerinde, birim zaman başına, radyasyon enerjisinin miktarını ölçerek, radyasyon risk değerlendirmesinde kullanılmaktadır (Beretka ve Mathew, 1985; UNSCEAR, 2000).

Çevresel radyasyon konsantrasyonu ölçümleri ve canlılar üzerindeki etkilerini görebilmek adına yapılan çalışmalar, son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır (Karahan ve Bayülken, 1999; Ereeş ve ark. 2005; Taşkın, 2006; Kam ve ark. 2010; Al-Azmi, 2013; Bal ve Karatepe, 2015; Karataşlı, 2018; Ononugbo ve Anekwe, 2020; Olagbaju ve ark. 2021).

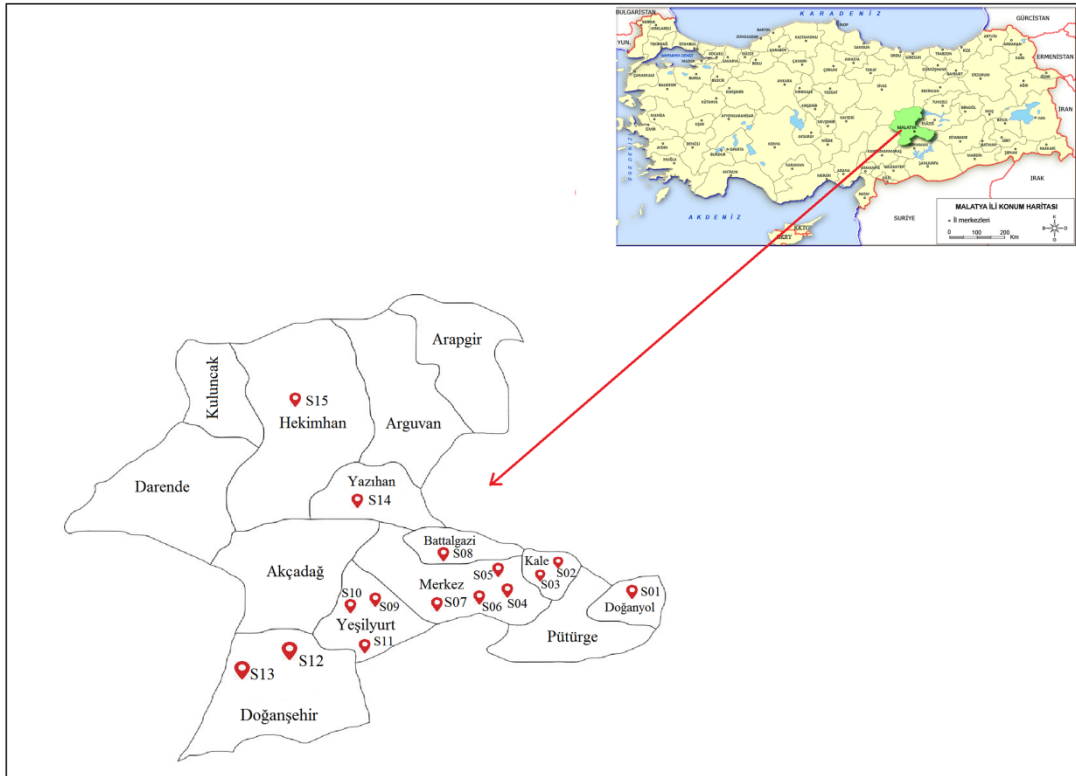
Bir bölgenin doğal radyasyon açısından sağlıklı olup olmadığını, radyasyonun oluşturduğu riskleri ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini belirleyebilmek ve radyasyondan korunmak amacıyla çevresel gama radyasyon ölçümleri yapılmaktadır. Bu amaçtan yola çıkılarak, bu çalışmada, Malatya'da bazı bölgelerde, 15 farklı noktada, karasal dış mekân gama doz hızı ölçümleri yapılarak, bu bölgelerde yaşayan halk için ilişkili radyasyon riski belirlenmeye çalışılmış ve elde edilen radyasyon seviyeleri karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Malatya, Türkiye'nin doğusunda yer almakta olup, il topraklarının yüzölçümü 12.313 km²'dir. 37° 54' ve 39° 03' kuzey enlemleri ile 38° 45' ve 39° 08' doğu boylamları arasında kalmaktadır. Bölgede her türden toprak örneği görülmekte olup, genellikle, kahverengi topraklar geniş yer kaplamaktadırlar. Güney ve güneybatı bölümü ise, kırmızı kahverengi topraklarla kaplıdır. Kahverengi orman toprakları ise, bölgenin kuzeybatısında sınırlı alanlarda görülmektedir. Bölge, hareketli bir tektonizma kuşağı üzerinde yer almakta olup, bölgeden hala aktif olan fay hatları da geçmektedir (Saroğlu ve Güner, 1981). Bölgedeki en yaşlı yapılar, Malatya Metamorfikleridir. Bu yapılar genellikle, şist, fillat, rekristalize kireçtaşı, kalkışist ve dolomitten oluşmaktadırlar.

Şekil 1'deki haritada, Malatya'da ölçümlerin yapıldığı farklı noktalar gösterilmektedir. Bu noktalar, Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) navigasyonu kullanılarak işaretlenmiştir.



Şekil 1. Malatya ili ve ilçelerinde ölçüm yapılan noktalar

Bu çalışmada, Malatya ilinde, farklı bölgelerde 15 farklı noktada, açık havada gama doz hızı ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılan bölgeler, konum kodları ve koordinatları Tablo 1'de verilmiştir. Ölçümler, her noktada, yerde ve yerden 1 m yükseklikte 2 dakika süreyle alınmıştır. Her

nokta için 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Detektör tarafından $\mu\text{Sv/h}$ olarak ölçülen sonuçlar, açık havada maruz kalınan gama ışınlarının etkisini belirleyebilmek için, birim dönüşümü yapılarak, nGy/h olarak, Tablo 2’de ve Şekil 3 ile Şekil 4’te verilmiştir.

Çevresel gama doz hızı ölçümleri, taşınabilir LUDLUM Model 2241 Dijital Ölçekleyici/Ratemetre + LUDLUM Model 44-10 Probtan oluşan $2" \times 2"$ NaI (TI) kristaline sahip sintilasyon sayacı kullanılarak yapılmıştır (LM, 2007). Şekil 2’de taşınabilir gama radyasyonu ölçüm cihazı gösterilmektedir.



Şekil 2. Ludlum model 2241 dijital taşınabilir gama ölçüm cihazı

Soğurulan gama radyasyon doz hızı (D_R); dış ortamda bulunan radyoaktif kaynaklardan yayınlanan gama radyasyonunun canlıların sağlığı açısından oluşturdukları risk, yerden 1m yükseklikte ölçülen soğurulan gama radyasyon doz hızı (D_R) ile ifade edilmektedir.

Yıllık etkin doz oranı (YEDO) ise; canlıların çeşitli radyasyon kaynaklarından bir yıl boyunca aldıkları tahmini ortalama etkin doz oranıdır. YEDO değerleri Denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır (EC, 1999; UNSCEAR, 2000; Turhan ve ark. 2012);

$$YEDO (\mu\text{Sv/y}) = D_R \times 8760 (h/y) \times 0,2 \times 0,7(\text{Sv/Gy}) \times 10^{-3} \quad (1)$$

Yıllık etkin doz oranı hesaplamaları için, havada soğurulan dozun dönüşüm katsayısı $0,7 \text{ Sv/Gy}$ olup, bu değer hem iç hem de dış ortam hesaplamalarında değişmemektedir. İnsanların zamanının %80’ini kapalı, kalan %20’sini de açık ortamlarda geçirdikleri göz önünde bulundurulursa, bina içi meşguliyet faktörü $0,8$ ve bina dışı meşguliyet faktörü ise, $0,2$ olarak

alınmaktadır (UNSCEAR, 2000). İnsanlar için dış ortam yıllık etkin dozunu değerlendirirken, dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biri bina dışı meşguliyet faktörüdür. 8760 h/y ise, bir yıldaki saat sayısıdır.

Dünya ortalama yıllık etkin doz oranı (dış karasal gama radyasyonundan) 460 $\mu\text{Sv/y}$ 'dır (UNSCEAR, 2000).

Canlıların doğal veya yapay radyasyon kaynaklarından ömürleri boyunca maruz kaldıkları radyasyona bağlı olarak oluşabilecek ömür boyu kanser riski (ÖBKR), ışınlanan canlının aldığı radyasyon dozu miktarına bağlı olup, ÖBKR değerleri de aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Thabayneh ve Jazzar, 2007; Kayakökü, 2018);

$$\text{ÖBKR} = \text{YEDO} \times \text{YS} \times \text{RF} \quad (2)$$

Burada, *YEDO*, *YS* ve *RF*; sırasıyla, yıllık efektif doz oranı ($\mu\text{Sv/y}$), yaşam süresi (ortalama 70 yıl) ve risk faktörü (1/Sv) (Sievert başına ölümcül kanser riski) olup, *RF* için ICRP-60, 5×10^{-2} 1/Sv değerini kullanmaktadır (Thabayneh ve Jazzar, 2007; ICRP, 1990).

Tablo 1. Ölçüm yapılan bölgeler, konum kodları ve koordinatları

Bölge	Konum kodu	Koordinatlar	
		Enlem	Boylam
Doğanyol - Merkez	S01	38°18'42,9"K	39°02'14,4"D
Kale - Soğukpınar	S02	38°24'20,7"K	38°45'11,2"D
Kale - Erenli Köyü	S03	38°21'07,0"K	38°39'37,5"D
Battalgazi - İspendere Köyü	S04	38°21'13,8"K	38°34'27,7"D
Battalgazi - Kapıkaya Mah	S05	38°21'56,7"K	38°34'27,3"D
Malatya İnönü Üniversitesi Kampüs	S06	38°19'59,3"K	38°25'57,5"D
Battalgazi - Venk Köyü	S07	38°19'55,2"K	38°22'05,7"D
Battalgazi - Orduzu	S08	38°22'13,9"K	38°20'46,9"D
Organize Sanayi Bölgesi	S09	38°21'03,8"K	38°11'52,7"D
Yeşilyurt - Duruldu Mahallesi	S10	38°19'22,2"K	38°09'39,3"D
Yeşilyurt - Gündüzbey	S11	38°16'59,0"K	38°15'41,5"D
Doğanşehir - Çığlık Köyü	S12	38°07'00,4"K	37°55'00,6"D
Doğanşehir - Merkez	S13	38°05'20,9"K	37°52'40,7"D
Yazihan - Merkez	S14	38°34'36,1"K	38°09'57,7"D
Hekimhan - Merkez	S15	38°53'01,3"K	37°53'52,4"D

3. Bulgular ve Tartışma

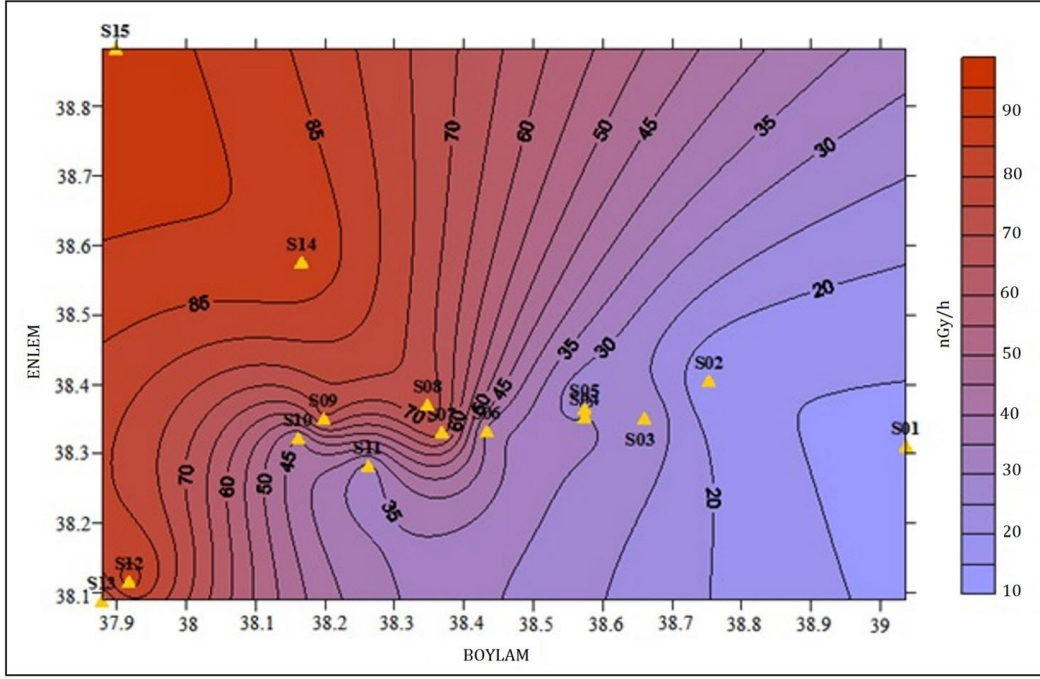
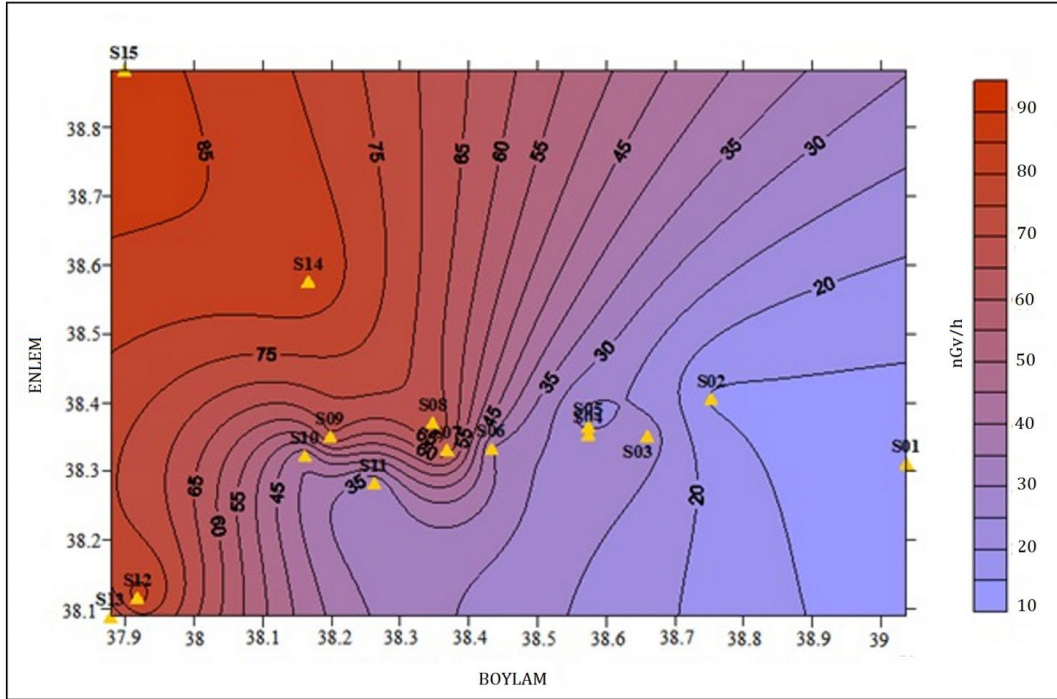
Ölçümler ve hesaplamalar sonucunda elde edilen D_R değerleri, Tablo 2 ile Şekil 3 ve Şekil 4'te verilirken; YEDO ve ÖBKR değerleri ise, Tablo 2 ile Şekil 5'te ve Şekil 6'da verilmiştir.

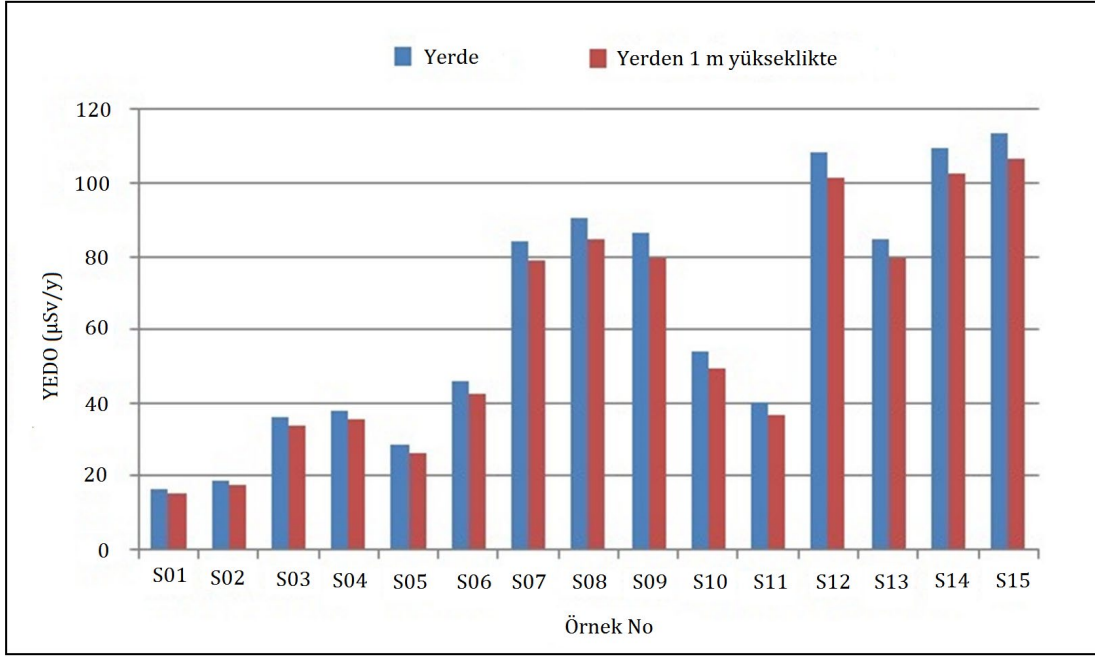
Tablo 2. Ölçümler ve hesaplamalar sonucunda elde edilen D_R , YEDO ve ÖBKR değerleri

Konum kodu	D_R (nGy/h)		YEDO (μ Sv/y)		ÖBKR ($\times 10^{-3}$)	
	Yerde	Yerden 1 m yükseklikte	Yerde	Yerden 1 m yükseklikte	Yerde	Yerden 1 m yükseklikte
S01	13,62	12,50	16,70	15,33	0,06	0,05
S02	15,45	14,25	18,95	17,48	0,07	0,06
S03	29,70	27,63	36,42	33,89	0,13	0,12
S04	31,10	29,10	38,14	35,70	0,13	0,13
S05	23,15	21,50	28,39	26,37	0,10	0,09
S06	37,80	34,71	46,26	42,57	0,16	0,15
S07	68,70	64,30	84,25	78,86	0,30	0,28
S08	73,94	69,13	90,68	84,78	0,32	0,30
S09	70,55	65,00	86,52	79,72	0,30	0,28
S10	44,15	40,46	54,15	49,62	0,19	0,17
S11	32,64	30,10	40,03	36,92	0,14	0,13
S12	88,40	82,86	108,41	101,62	0,38	0,36
S13	69,26	64,91	84,94	79,61	0,30	0,28
S14	89,25	83,77	109,46	102,74	0,38	0,36
S15	92,65	86,80	113,63	106,45	0,40	0,37
Min.	13,62	12,50	16,70	15,33	0,06	0,05
Max.	92,65	86,80	113,63	106,45	0,40	0,37
a	52,02	48,47	63,80	58,18	0,22	0,21
b	-	59	-	73,6	-	0,29

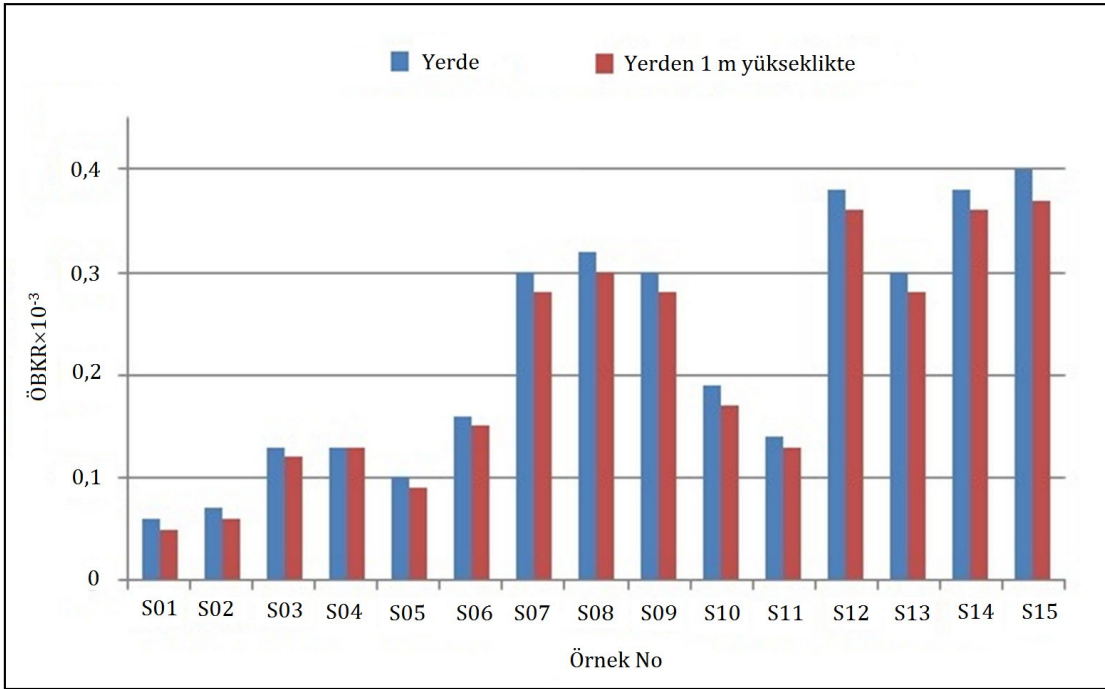
^a Bu çalışma için ortalama değer

^b Dünya ortalaması (UNSCEAR, 2000)

Şekil 3. Yerde ölçülen D_R değerlerinin dağılım grafiğiŞekil 4. Yerden 1 m yükseklikte ölçülen D_R değerlerinin dağılımı



Şekil 5. Yerde ve yerden 1 m yükseklikte hesaplanan YEDO değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 6. Yerde ve yerden 1 m yükseklikte hesaplanan ÖBKR değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te görüldüğü gibi; soğurulan gama doz hızı ölçümleri için, yerde ölçülen değerler, yerden 1 m yükseklikte ölçülen değerlerden daha yüksektir. Yerde ve yerden 1 m yükseklikte ölçülen D_R değerleri için maksimum değer, 92,65 nGy/h olarak Hekimhan-Merkez'de yerde, minimum değer ise, 12,50 nGy/h olarak Doğanyol-Merkez'de yerden 1 m yükseklikte ölçülmüştür. UNSCEAR (2000) raporuna göre, D_R için dünya ortalama değeri, 59 nGy/h'tır (UNSCEAR, 2000). Bu çalışmada, D_R için hesaplanan ortalama değer, 48,47 nGy/h olup, bu değer dünya ortalama değerinin altındadır.

Yıllık efektif doz oranı için, maksimum değer 113,63 $\mu\text{Sv/y}$ ile Hekimhan-Merkez’de yerde, minimum değer ise, 15,33 $\mu\text{Sv/y}$ ile Doğanyol- Merkez’de yerden 1m yükseklikte hesaplanmıştır. YEDO için dünya ortalama değeri,73,6 $\mu\text{Sv/y}$ (UNSCEAR, 2000) olup, bu çalışmada elde edilen ortalama değer ise, 58,18 $\mu\text{Sv/y}$ olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama da, dünya ortalamasının altında kalmaktadır. Fakat S07, S08, S09, S12, S13, S14 ve S15 noktaları için elde edilen YEDO değerleri göz önüne alınırsa, bu değerler, dünya ortalamasını aşmaktadır.

Çalışmada, ömür boyu kanser riski için, yerde hesaplanan en yüksek değer $0,40 \times 10^{-3}$ ile Hekimhan-Merkez’e ait olup, en düşük değer ise, $0,06 \times 10^{-3}$ ile Doğanyol-Merkez’e aittir. Ortalama değer ise, $0,22 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, ÖBKR için, yerden 1 m yükseklikte hesaplanan sonuçlar, $0,37 \times 10^{-3}$ değeri ile Hekimhan-Merkez’de en yüksek iken, $0,05 \times 10^{-3}$ değeri ile Doğanyol- Merkez’de en düşüktür. Ortalama değer ise, $0,21 \times 10^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen ortalama değerlerin, dünya ortalama değerinden ($0,29 \times 10^{-3}$) düşük olduğu görülmektedir (UNSCEAR, 2000). Fakat S08, S12, S14 ve S15 noktaları için yerden 1 m yükseklikte hesaplanan ÖBKR değerleri, dünya ortalama değerinin üzerindedir. Tablo 3’te, bu çalışma için elde edilen ortalamalar, literatürde yer alan benzer çalışmalar için elde edilen ortalamalarla karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Bu çalışma için elde edilen ortalamaların, literatürdeki benzer çalışmalarda elde edilen ortalamalarla karşılaştırılması

Bölge	D_R (Gy/h)	YEDO ($\mu\text{Sv/y}$)	ÖBKR (10^{-3})	Kaynaklar
İstanbul	65	79,7	-	(Karahan ve Bayulken, 2000)
Kırklareli	71,0	87,0	0,51	(Taskin ve ark. 2009)
Trabzon	59	72,4	-	(Kurnaz ve ark. 2011)
Yalova	48,89	59,96	0,42	(Kaptan ve ark. 2011)
Tokat	88,92	109,05	-	(Gezelge, 2017)
Hatay	61,9	75,91	-	(Karataşlı, 2018)
Rize	56,9	69,8	-	(Durusoy ve Yıldırım, 2017)
Kahramanmaraş	64,8	79,5	-	(Karataşlı, 2019)
Türkiye	54,6	70,0	-	(TAEA, 2010)
Dünya	59	73,6	0,29	(UNSCEAR, 2000)
Malatya	48,47	58,18	0,21	Bu çalışma

Bu çalışmada, D_R , YEDO ve ÖBKR için elde edilen ortalamalar, Türkiye ve dünya ortalamalarının yanında, Tablo 3’te gösterilen benzer çalışmalarda elde edilen ortalamalar ile kıyaslanacak olunursa, daha düşük olduğu görülmektedir.

4. Sonuçlar

Karasal radyasyon, jeolojik oluşumlarla ve çevrenin coğrafi özellikleriyle önemli ölçüde ilişkilidir (UNSCEAR, 2000; Gholami ve ark. 2011). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göz önünde tutulduğu zaman, en yüksek değerlerin S15 (Hekimhan-Merkez) noktası için elde edildiği görülmektedir. Bu değerler aynı zamanda, Tablo 3'te verilen ortalamaların da üzerindedir. S15 noktasının bulunduğu bölge, maden yatakları (manganlı demir cevheri, krom, alçıtaşı, vermikülit, dolomit, florit, linyit, tras, mermer, çimento, jibs) bakımından oldukça zengin olup, bölgede çok sayıda maden ocağı bulunmaktadır. Literatürde bu bölgede yapılan bazı çalışmalar, bölgenin, Uranyum (U) ve Toryum (Th) elementleri bakımından zengin olduğunu göstermektedir (Özgenç ve Kibici, 1994; Öztürk ve ark. 2019; Çimen ve ark. 2020 gibi). Aynı zamanda, bölge yoğun magmatik ve tektonik yapılar içermektedir (Özgenç ve Kibici, 1994). Tüm bu sebeplerden dolayı, S15 noktası için elde edilen sonuçlar, diğer noktalara oranla daha yüksektir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Al-Azmi, D. 2013. Performance of some handheld dosimeters used for gamma-ray ambient dose rate measurements. *International Journal of Low Radiation*, 9(2), 95- 109.
- Bal, S. S., and Karatepe, Ş. (2015). Determination of environmental gamma radiation in Bitlis. *The European Physical Journal Web of Conferences*, 100, 04002.
- Bal, S. Ş., Karatepe, Ş., Kuluöztürk, M. F., Yılmaz, E., and Kurşat, M. (2018). The annual change of environmental gamma radiation in Bitlis. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 8(1), 19–23.
- Beretka, J., and Mathew, P. J. (1985). Natural radioactivity of Australia building materials industrial wastes and byproducts. *Health Physics*, 48, 87–95.
- Çimen, O., Corcoran, L., Kuebler, C., Simonetti, S. S., and Simonetti, A. (2020). Geochemical, stable (O, C, and B) and radiogenic (Sr, Nd, Pb) isotopic data from the Eskişehir-Kızılcaören (NW-Anatolia) and the Malatya-Kuluncak (E-central Anatolia) F-REE-Th deposits, Turkey: Implications for nature of Carbonate-Hosted Mineralization. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29, 798-814.
- Durusoy, A., and Yıldırım, M. (2017). Determination of radioactivity concentrations in soil samples and dose assessment for Rize province, Turkey. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 10, 348-352.
- European Commission (EC), 1999. Radiation Protection Unit, Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials. *Radiation Protection*, 112.
- Ereş, F. S., Aközcan, S., Parlak, Y., Çam, S. (2005). Assessment of dose rates around Manisa (Turkey). *Radiation Measurements*, 41, 598-601.
- Farai, I. P., and Vincent, U. E. (2006). Outdoor radiation level measurement in Abeokuta Nigeria, by Thermoluminescent Dosimetry. *Nigeria Journal Physics*, 18(1), 121-123.
- Gezelge, M. (2017). Tokat-Zile ilçesine ait topraktaki doğal fon radyasyonunun tespiti. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60s, Kastamonu.

- Gholami, M., Mirzaei, S., and Jomehzadeh, A. (2011). Gamma background radiation measurement in Lorestan province, Iran. *International Journal of Radiation Research*, 9(2), 89–93.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP), 1990. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, 21, 1–3.
- Kam, E., Bozkurt, A., Ilgar, R. (2010). A study of background radioactivity level for Canakkale. Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168, 685–690.
- Kapdan, E., Varinlioglu, A., and Karahan, G. (2011). Radioactivity levels and health risks due to radionuclides in the soil of Yalova, Northwestern Turkey. *International Journal of Environmental Research*, 5(4), 837-846.
- Karahan, G., and Bayülken, A. (1999). Assessment of gamma dose rates around Istanbul (Turkey). *Journal of Environmental Radioactivity*, 47(1999), 213-221.
- Karahan, G., and Bayulken, A., (2000). Assesment of gamma dose rates around Istanbul. *Journal of Environmental Radioactivity*, 47(2), 213-221.
- Karataşlı, M. (2018). Hatay ve çevresinde çevresel gama radyasyon ölçümü. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, 780-785.
- Karataşlı, M. (2019). Determination of outdoor absorbed gamma dose rates of Kahramanmaraş province, Turkey. *Cumhuriyet Science Journal*, 40(1), 102-107.
- Karatepe, Ş., and Kuluöztürk, M. F. (2019). Determination of environmental radiation in the beach sand of Tatvan, Ahlat and Adilcevaz. *Sakarya University Journal of Science*, 23(6), 1173-1176.
- Kayakökü, H. (2018). Van Gölü batı ve kuzey kıyısında radyoaktivite, radon ve ağır elementlerin analizi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 189s, Elazığ.
- Kurnaz, A., Kucukomeroglu, B., Damla, N., and Cevik, U. (2011). Radiological maps for Trabzon, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, 393–399.
- Ludlum Measurements (LM), 2007. Ludlum Model 2241-3 Survey Meter Manual. Serial Number 238342 and Succeeding Serial Number, Sweetwater, Texas.
- Olagbaju, P. O., Okeyode, I. C., Alatise, O. O., Bada, B. S. (2021). Background radiation level measurement using handheld dosimeter and gamma spectrometry in Ijebu-Ife, Ogun State Nigeria. *International Journal of Radiation Research*, 19(3), 591-598.
- Ononugbo, C., and Anekwe, U. (2020). Background gamma radiation in Nigerian market environment. *American Journal of Environmental Sciences*, 16(3), 48-54.
- Özgenç, İ., ve Kibici, Y. (1994). Başören Köyü (Başören (Kuluncak-Malatya)-Malatya) britolit damarlarının jeolojisi ve kimyasal-mineralojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37, 77-85.
- Öztürk, H., Haniççi, N., Altuncu, S., and Kasapçı, C. (2019). Türkiye'nin nadir yer element (NYE) kaynakları: Özelliklerine ve kökenlerine genel bir bakış. *MTA Dergisi*, 159, 133-148.
- Saroğlu, F., and Güner, Y. (1981). Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Öğeler: Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri. *TJK Bülteni*, 24, 39-50.
- Taşkın, H. (2006). İnsan sağlığı ve çevre kirliliği açısından Kırklareli ilinin fon radyasyonunun belirlenmesi ve haritalandırılması. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114s, İstanbul.
- Taskin, H., Karavus, M., Ay, P., Topuzoglu, A., Hidiroglu, S., and Karahan, G. (2009). Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 49- 53.
- Thabayneh, K. M., and Jazzar, M. M. (2007). Radioactivity levels in plant samples in Tulkarem District, Palestine and its impact on human health. *Radiation Protection Dosimetry*, 153(4), 467.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEA), 2010. Türkiye'deki Çevresel Radyoaktivitenin İzlenmesi. Technique Report, Ankara 9-14.
- Turhan, Ş., Köse, A., Varinlioglu, A., Şahin, N. K., Arıkan, I., Oğuz, F., Yücel, B., and Özdemir, T. (2012). Distribution of terrestrial and anthropogenic radionuclides in Turkish surface soil samples. *Geoderma*, 187(188), 117–124.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, United Nations, New York, 2000.