



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 02.05.2023  
Kabul Tarihi : 21.08.2023

Received Date : 02.05.2023  
Accepted Date : 21.08.2023

## FAY HATTI ÜZERİNDE DOĞRUDAN GAMA DOZ HIZI ÖLÇÜMÜ, YILLIK EFEKTİF DOZ EŞDEĞERİ VE YAŞAM BOYU KANSER RİSKİNİN HESAPLANMASI

### DIRECT MEASUREMENT OF GAMMA DOSE RATE ON THE FAULT LINE, CALCULATION OF ANNUAL EFFECTIVE DOSE EQUIVALENT, AND EXCESSIVE LIFETIME CANCER RISK

Serdar GÜMBÜR<sup>1</sup>\* (ORCID: 0000-0001-6213-1004)  
Erdal KÜÇÜKÖNDER<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0001-9661-1583)

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Serdar GÜMBÜR, sgumbur@hotmail.com

#### ÖZET

Bu çalışmada amaç, Kahramanmaraş il sınırları içerisinde geçen Doğu Anadolu Fayının segmenti olan Gölbaşı-Türkoğlu üzerinde gama radyasyon doz hızını belirlemektir. İlave, söz konusu fay segmenti civarında yaşayan yetişkin insanlar için yıllık efektif doz eşdeğeri (YEDE) ve yaşam boyu kanser riski (YBKR) değerlerini hesaplamaktır. Bu amaçlar doğrultusunda, fay segmenti üzerinde ölçüm alınacak lokasyonlar belirlenmiştir. Bu lokasyonların dış mekanlarında taşınabilir cihaz olan ASP2e kullanılarak direkt gama doz hızı ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen gama doz hızı değerlerinin ortalaması 93,64 nGy/h olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, istasyon bölgelerinde yaşayan yetişkin insanlar için ortalama YEDE ve YBKR, sırasıyla 0,11 mSv/y ve  $0,40 \times 10^{-3}$  olarak hesaplanmıştır. Mevcut çalışma kapsamında hesaplanan ortalama gama doz hızı, YEDE ve YBKR uluslararası kuruluşlar tarafından önerilen sınır değerlerin üzerindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kahramanmaraş, gama doz hızı, yıllık efektif doz eşdeğeri, yaşam boyu kanser riski

#### ABSTRACT

The aim of this study is to determine the gamma radiation dose rate on Gölbaşı-Türkoğlu, which is the segment of the East Anatolian Fault passing through the provincial borders of Kahramanmaraş. In addition, it is to calculate the annual effective dose equivalent (YEDE) and lifetime cancer risk (YBKR) values for adults living in the vicinity of the fault segment. In line with these purposes, the locations to be measured on the fault segment have been determined. Direct gamma dose rate measurements have been made using the portable device ASP2e in the outdoor areas of these locations. The average of the measured gamma dose rate values is calculated as 93.64 nGy/h. Also, the mean YEDE and YBKR for adult people living in station areas are calculated as 0.11 mSv/y and  $0.40 \times 10^{-3}$ , respectively. The average gamma dose rate, YEDE, and YBKR calculated within the scope of the current study are above the limit values recommended by international organizations.

**Keywords:** Kahramanmaraş, gamma dose rate, annual effective dose equivalent, excessive lifetime cancer risk

## GİRİŞ

İnsanoğlu doğal ve yapay olarak devamlı şekilde gama radyasyona maruz kalmaktadır. Doğal gama radyasyonun büyük bir sebebi dünyamızdan daha yaşlı uranyum ( $^{238}\text{U}$ ), toryum ( $^{232}\text{Th}$ ) ve potasyum ( $^{40}\text{K}$ ) elementinden kaynaklıdır. Bu elementlerden uranyum ve toryum seri halinde bulunarak kararlı hale gelinceye kadar bozunmaya devam ederek çevremize gama radyasyonu salmaya devam etmektedir. Potasyum elementi ise tabiatta tek başına bulunan ve doğal gama radyasyon düzeyinin artırıcı önemli elementlerden bir tanesidir. Doğal elementlerin dışında radyasyon düzeylerini artırıcı yapay elementlerde çevresel gama radyasyon miktarını artırmaktadır. UNSCEAR (2000) raporuna göre, maruz kalınan radyasyonun doğal kaynaklı oranları yaklaşık olarak %85 iken, %15 oranında ise yapay kaynaklıdır. Bütün bunlara ilaveten, kozmik ışınlar ve nükleer denemeler sebebiyle de çevresel gama radyasyon düzeyi artış göstermektedir.

Literatürdeki gama radyasyon düzeyini belirleme çalışmalarına bakıldığında, iki türden yöntem görülmektedir. Yöntemlerden bir tanesi topraktaki radyonüklid oranlarını tespit ederek belirli dönüşüm faktörlerini kullanarak yerden 1 m yükseklikteki gama radyasyon doz hızının tahmin edilmesi iken, diğer bir yöntem ise, taşınabilir radyasyon ölçüm cihazları ile yerden 1 metre yükseklikteki gama radyasyon doz hızlarını direkt olarak ölçme şeklinde olduğu görülmektedir. Bu yöntemlerde, ortalama olarak insanlardaki hayati organların başladığı mesafenin 1 m olması sebebiyle, insanların bu mesafeden maruz kalacağı radyasyon düzeyini belirlemenin doğru olacağı düşüncesi kabul görmektedir. Literatürde birçok ülkede insanlar için dış mekan ve bina içi alanlardaki gama radyasyon dozlarının hesaplanmasıyla ilgili çalışmalar bulmak mümkündür (Jeelani vd., 2021; Jindal vd., 2018; Kobya vd., 2015; Gabdo vd., 2014; Karunakara vd., 2014; Rafique, 2013; Şahin vd., 2010; Taskin vd., 2009; War vd., 2009; Baykara ve Doğru, 2009; Degerlier vd., 2008; Bozkurt vd., 2007; Doğru vd., 2005).

Türkiye'nin deprem üreten en önemli tektonik yapılarından biri olan Doğu Anadolu fay hattı (DAF), Türkiye'nin güney doğusunda bulunan Bingöl iline bağlı Karlıova ilçesinden başlayarak çeşitli dallara ve segmentlere ayrılarak Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer alan Hatay iline kadar uzanmaktadır. Bu fay hattı yaklaşık olarak 550 km uzunluğunda olup söz konusu fay hattının segmentlerinden biri olan Gölbaşı-Türkoğlu yaklaşık 90 km uzunluğundadır (Gumbür, 2022). Bu segmentin üzerinde yer alan en önemli büyük şehirlerden bir tanesi Kahramanmaraş'tır. Kahramanmaraş şehri Türkiye'nin nüfus bakımından 11. Büyük vilayeti konumundadır. TÜİK'in 2022 verilerine göre, şehrin toplam nüfusu 1.177.436 olup şehir merkezinde ise toplamda 650.000 civarında insan yaşamaktadır (TÜİK, 2022).

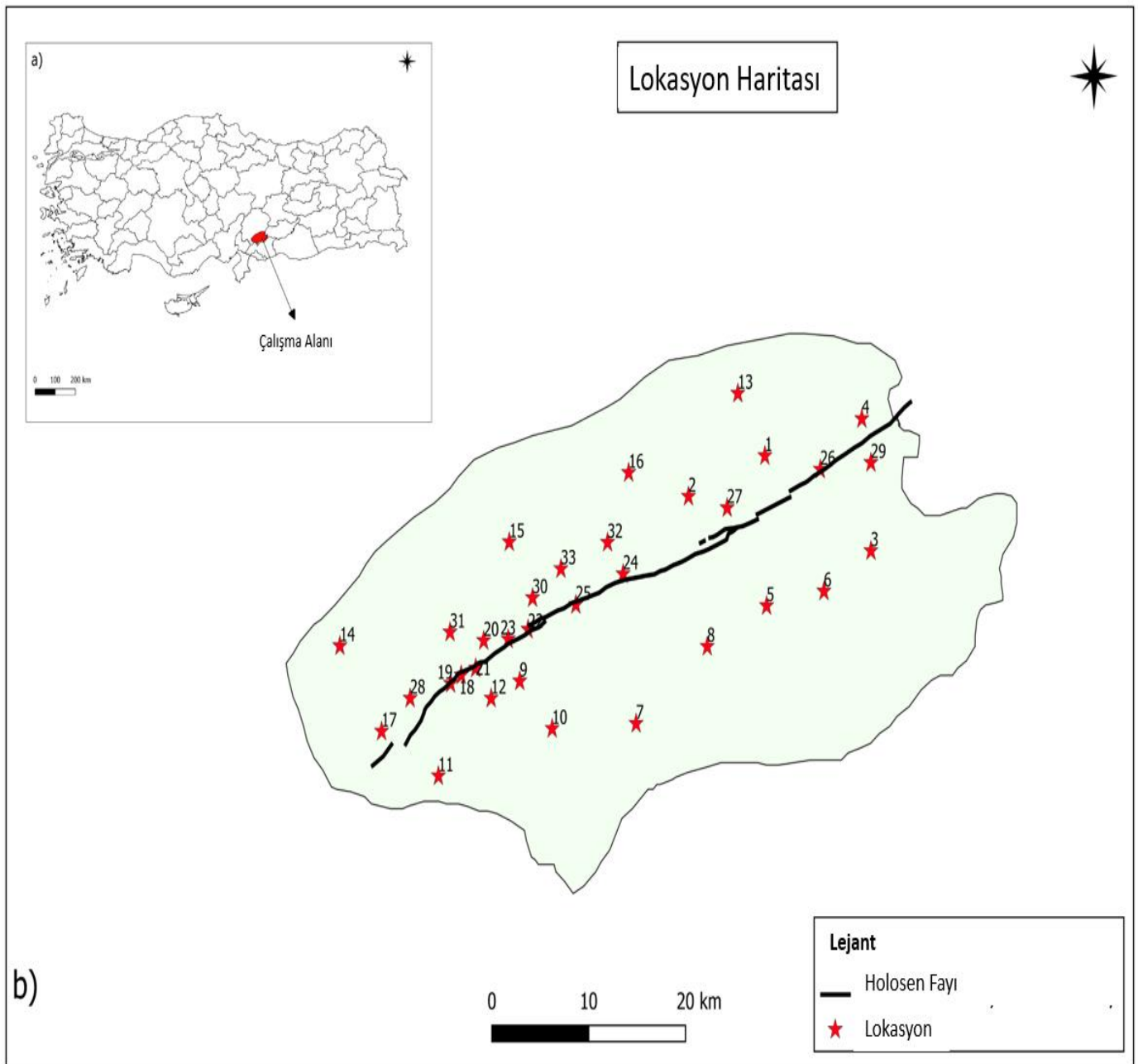
Kahramanmaraş şehri sanayisi ve diğer iş kollarıyla hızla gelişmekte olan ve ülke ekonomisine oldukça büyük katkıda bulunan bir il konumundadır. Böylesine önemli ve büyük insan popülasyonunun yaşadığı bir il ve çevresinde insanların hayatlarını etkileyebilecek riskli durumları tespit ederek bu durumlara karşı önlem alabilmek oldukça önemlidir. Bu ile ait gama radyasyon haritasını çıkartmak için yapılan Küçükönder tarafından yapılan çalışmada, il merkezindeki insanların yoğun bir şekilde yaşadığı mahallelerde gama radyasyon doz hızı ölçümlerinin ortalama değeri 53,50 nGy/h olarak belirlenmiştir (Küçükönder, 2009). Yine literatür taraması yapıldığında Karataşlı tarafından Kahramanmaraş'ın 118 farklı bölgesinde dış mekan gama radyasyon doz hızı değerlerinin ölçüldüğü görülmektedir. Bu çalışmada dış mekan gama doz hızları 32,7 nGy/h ile 96,4 nGy/h arasındadır. Aritmetik ortalama değeri ise 64,8 nGy/h olarak belirlenmiştir. Ortalama yıllık efektif doz değeri 79,5  $\mu\text{Sv/y}$  olarak tahmin edilmektedir. İlaveten, ICRP 103, BEIR VII ve ICRP'ye göre tahmin edilen yaşam boyu kanser riski değerleri sırasıyla 0,032, 0,036 ve 0,040 olarak belirlenmiştir (Karataşlı, 2019).

Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş il sınırları içerisinde yer alan DAF segmenti üzerindeki gama radyasyon doz hızı değerlerini tayin etmektir. Bu amaç çerçevesinde, daha önce herhangi bir gama radyasyon doz hızı değerlerinin ölçülmediği anlaşılan Gölbaşı-Türkoğlu segmentinin Kahramanmaraş il sınırları içerisindeki fay boyunca ve çevresindeki yakın yerleşim yerlerinin bulunduğu noktalarda yerden (bir) 1 metre yükseklikte direkt gama doz hızlarının ölçümleri, NaI proplu (SPA8) taşınabilir radyasyon izleme cihazı (ASP2e) kullanılarak yapılmıştır. Gama doz hızı değerleri üzerinden hesaplamalar yapılarak bu bölgede yaşayan yetişkin insanların yıllık efektif doz eşdeğerleri (YEDE) mSv/y birimde belirlenmiştir. Aynı zamanda bu bölgede yaşayan yetişkin insanlar açısından yaşam boyu kanser riskleri (YBKR) de hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında bulunan değerler, Türkiye'de ve diğer ülkelerde yapılan benzer çalışmalardaki değerlerle karşılaştırılarak sonuçlardaki farklılıkların sebepleriyle ilgili yorumlamalar yapılmıştır. İlaveten, çalışma kapsamında bulunan değerler, ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından tavsiye edilen üst sınır değerleri ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Çalışma Alanı

Bu çalışma Doğu Anadolu fay zonu segmenti olan Gölbası-Türkoğlu segmenti üzerinde Kahramanmaraş şehri il sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. MTA tarafından yayınlanmış olan Gaziantep NJ 37-9 paftalı diri fay haritasından yararlanılarak fay hattının geçtiği Kahramanmaraş il sınırları içerisinde yer alan bölgelerden toplamda 33 farklı lokasyon belirlenmiştir (Emre vd., 2012). Belirlenen lokasyonlar ve fay haritası şekil 1 de verilmektedir. Bu çalışma alanının jeolojik formasyonları da MTA tarafından yayınlanmış olan Hatay paftalı haritadan incelendiğinde, çalışma bölgesinde Eosen yaşlı karasal kırıntılar, Miyosen yaşlı kırıntılar ve karbonatlar, Mesozoyik yaşlı ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar, pilyosen yaşlı karasal kırıntılar, Pilyosen-kuvaterner yaşlı ayrılmamış karasal kırıntılar, kuvaterner yaşlı ayrılmamış kuvaterner, Orta Triyas – Kretase yaşlı Neritik kireçtaşı ve Orta Triyas – Kretase yaşlı Pelajik kireçtaşı, radyolarit, çört, kırıntılılar vb. (yer yer ofiyolit dilimli) formasyonlarının bulunduğu görülmektedir (MTA, 2002). Ölçüm alınan lokasyonlar ve jeolojik formasyonları Tablo 1 de verilmektedir. Ayrıca çalışma alanının toprak yapısı 2016 yılında yayınlanmış olan Çed raporundan incelendiğinde; kahverengi Akdeniz toprağı, kahverengi topraklar, aluviyal topraklar ve kolluviyal topraklar olduğu görülmektedir (ÇED, 2006).



Şekil 1. a. Çalışma Alanı b. Lokasyonlar ve Fay Haritası

**Tablo 1.** Ölçüm Alınan Lokasyonlar ve Jeolojik Formasyonları

Lokasyon Numarası	Lokasyon	Simge	Açıklama	Yaş
1	Büyüknacar	m2	m2 (b): Kirintililer ve karbonatlar	Miyosen
2	Kuzucak	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
3	Salluşağı	e1	Karasal kirintililer	Eosen
4	Sakarkaya	m2	m2 (b): Kirintililer ve karbonatlar	Miyosen
5	Pazarcık	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
6	Ulubahçe	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
7	Narlı	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
8	Yolboyu	pl	pl (b): Karasal kirintililer	Pliyosen
9	Sivricehüyük	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
10	Abbaslar	of	Ayrılmamis bazik ve ultrabazik kayalar	Mesozoyik
11	Hacıbebek	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
12	Nevruzlu	of	Ayrılmamis bazik ve ultrabazik kayalar	Mesozoyik
13	Beşenli	m2	m2 (b): Kirintililer ve karbonatlar	Miyosen
14	Hopurlu	t2j	Neritik kireçtasi	Orta Triyas - Kretase
15	Karacasu Karaziyaret	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
16	Bulanık	m2	m2 (b): Kirintililer ve karbonatlar	Miyosen
17	Türkoğlu	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
18	Küpelikız	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
19	Kuyumcular	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
20	Kocalar Köyü	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
21	Öksüzlü	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
22	Kapıçam	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
23	Tevekkeli Köyü	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
24	Kartal	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
25	Çiğli	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
26	Karaağaç	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
27	Çamlıca	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
28	Kılılı	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
29	Soku	plQ	Ayrılmamis karasal kirintililer	Pliyosen - Kuvaterner
30	Güzelyurt	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
31	Şerefoğlu	Q	Q(a): Ayrılmamis Kuvaterner	Kuvaterner
32	Elmalar	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase
33	Çokyaşar	t2k	t2k (b): Pelajik kireçtasi, radyolarit, çört, kirintililer vb. (yer yer ofiyolit dilimli)	Orta Triyas - Kretase

### Ölçümlerin Alınması

Ölçümler, belirlenen lokasyonlarda taşınabilir portatif bir cihaz olan ASP2e kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz alüminyum korumalı, eni ve boyu 0,025 m olan Sodyum İyodür (NaI) sintilatörlü bir radyasyon ölçüm aletidir. Bu aletin ölü zamanı ve çalışma aralığı sırasıyla, 36µs ve 40keV ile 1,3MeV arasındadır. Gama radyasyon doz hızı ölçümleri lokasyon olarak belirlenen noktalardaki dış mekanlarda yerden 1 m yükseklikte direkt olarak yapılmıştır. Lokasyonların her birinde toplam 3 ölçüm alınmıştır. Her bir ölçüm alım süresi 1 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Bu 3 ölçümün ortalaması alınarak µR/h biriminde gama radyasyon doz hızı değeri kaydedilmiştir (Eberline, 1995). Daha sonra, 8,76nGy=mR dönüştürme faktörü kullanılarak kaydedilen değerler nGy/h'ye birimine dönüştürülmüştür.

### Yıllık Etkatif Doz Eşdeğeri (YEDE)

Bir kişinin bir yıllık süre zarfında maruz kalacağı radyasyon dozu yıllık efektif doz eşdeğeri (YEDE) olarak tanımlanır. Bu değer eski birimi rem iken, SI birim sisteminde ise Sv (Sievert)'dir. Bunların dönüşüm faktörü 1Sv=100 rem'dir. Çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen çalışmalarda ortalama enerjilere indirgenmiş çevresel gama ışınları için etkin dozun havadaki soğurulan doza eşdeğer oranı 0,7 Sv/Gy olarak alınmıştır (UNSCEAR, 1993). Binaların hem içindeki hem de dışındaki çevresel gama ışınları için bu değer kullanılır. YEDE hesaplanırken bilinmesi gereken bir diğer faktör de insanların bu gama ışınlarına ne kadar süre maruz kaldığıdır. Buna meşgulliyet faktörü denir ve bir kişinin ne kadarlık bir sürede evde veya kapalı alanlarda zamanını geçirdiğini ifade eder. Mevcut çalışmada bir insanın zamanının yaklaşık %20'sini yapı dışı alanlarda geçireceği düşüncesiyle hesaplamalar yapılmıştır. Bu bilgiler ışığında insanın dış ortam ışınlanması ile alması gereken yıllık efektif doz eşdeğeri (YEDE) aşağıdaki formül 1 ile hesaplanır,

$$YEDE = ADMA \times DCF \times MF \times T \quad (1)$$

ADMA, havada ölçülen ortalama soğurulan doz (nGyh<sup>-1</sup>); DCF, çevresel gama radyasyonlarının havadaki soğurulan doza oranı (0,7 Sv Gy<sup>-1</sup>); MF, meşgulliyet faktörü (dış mekan:0,2) ve T zamandır (8760 hy<sup>-1</sup>) (UNSCEAR 1982).

### Yaşam Boyu Kanser Riski

Yaşam boyu kanser riski (YBKR) formül (2) ile hesaplanmıştır. Hesaplama yıllık efektif doz eşdeğerlerine göre yapılmıştır.

$$YBKR = YEDE \times YS \times RF \quad (2)$$

YEDE, yıllık efektif doz eşdeğeri (Sv/yıl); YS, Yaşam süresidir (yıl); RF, ortalama yaşam beklentisi 70 yıl olanın bir risk faktörüdür (Sv<sup>-1</sup>). Düşük dozlarda stokastik etkiler için ICRP, risk faktörünü 0,05 Sv<sup>-1</sup> olarak belirlemiştir (ICRP, 2007).

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 2 'de 33 farklı noktada yerden 1 metre yükseklikte ölçülen gama doz hızı değerleri verilmektedir. Bu tabloya bakıldığında, gama doz hızı değerlerinin 49,2 ile 162,6 nGy/h arasında değiştiği, ortalama gama doz hızı değerinin ise 93,64 nGy/h olarak hesaplandığı görülmektedir. En yüksek gama doz hızı değeri 11 numaralı kuyumcular lokasyonunda ölçülür iken, en düşük gama doz hızı değeri ise 25 numaralı hacıbebek lokasyonunda ölçülmüştür. Bu lokasyonların jeolojik formasyonları kuvaterner yaşlı ayrılmamış kuvaterner'dir (MTA, 2002). Toprak yapısı olarak ise 3 farklı cins ile karşılaşmaktadır. Bunlar, kil içerikli ve potasyumca zengin Koluviyal toprak, kil ve taşındığı format içerikli fosfor ve potasyumca zengin aluviyal toprak ve içeriği granit, muhtelif metamorfikler, kil taşı, kum taşı, kireç taşı ve konglomeradan oluşan kırmızı kahverengi Akdeniz toprağıdır (ÇED, 2006). Sonuç olarak, bu lokasyonlarda aynı jeolojik formasyonlar bulunur iken farklı toprak türleri bulunması sebebiyle ölçülen değerler birbirlerinden farklı çıkmış olabilir.

Tablo 2'deki mevcut çalışmadaki gama doz hızı değerlerini UNSCEAR (2000) tarafından duyurulan dünya ortalama dış mekan gama doz hızı değeri 59 nGyh<sup>-1</sup> ile karşılaştırıldığında, ortalama gama doz hızı değerinin ve toplam 26 adet lokasyondaki gama doz hızı değerlerinin dünya ortalamasının üstünde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, mevcut çalışmadaki toplam 7 adet lokasyondaki gama doz hızı değerinin ise, dünya ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, çalışma alanı jeolojik yapısı sebebiyle mevcut çalışmadaki gama doz hızı değerlerinin çoğunlukla dünya ortalamasından yüksek olması beklenen bir durumdur.



**Tablo 2.** Gama Doz Hızı Değerleri, YEDE ve YBKR

Lokasyon Numarası	Lokasyon	Gama Doz Hızı (nGy/h)	YEDE mSv/y	YBKR×10 <sup>-3</sup>	
1	Büyüknacar	85,2	0,10	0,37	
2	Kuzucak	75,4	0,09	0,32	
3	Sallıuşağı	65,1	0,08	0,28	
4	Sakarkaya	92,7	0,11	0,40	
5	Pazarcık	61,2	0,08	0,26	
6	Ulubahçe	55,4	0,07	0,24	
7	Narlı	58,9	0,07	0,25	
8	Yolboyu	52,3	0,06	0,22	
9	Sivricehüyük	97,6	0,12	0,42	
10	Abbaslar	51,7	0,06	0,22	
11	Hacıbebek	49,2	0,06	0,21	
12	Nevruzlu	98,3	0,12	0,42	
13	Beşenli	57,4	0,07	0,25	
14	Hopurlu	65,6	0,08	0,28	
15	Karacasu Karaziyaret	49,7	0,06	0,21	
16	Bulanık	62,3	0,08	0,27	
17	Türkoğlu	70,1	0,09	0,30	
18	Küpelikız	157,3	0,19	0,68	
19	Kuyumcular	162,6	0,20	0,70	
20	Kocalar Köyü	155,7	0,19	0,67	
21	Öksüzlü	152,5	0,19	0,65	
22	Kapıçam	149,3	0,18	0,64	
23	Tevekkeli Köyü	132,1	0,16	0,57	
24	Kartal	125,2	0,15	0,54	
25	Çiğli	142,1	0,17	0,61	
26	Karaağaç	133,7	0,16	0,57	
27	Çamlıca	95,8	0,12	0,41	
28	Kılılı	88,3	0,11	0,38	
29	Soku	95,7	0,12	0,41	
30	Güzelyurt	101,4	0,12	0,44	
31	Şerefoğlu	95,3	0,12	0,41	
32	Elmalar	72,4	0,09	0,31	
33	Çokyaşar	82,7	0,10	0,35	
Min	19	Kuyumcular	162,6	0,06	0,21
Max	11	Hacıbebek	49,2	0,20	0,70
Average		93,64	0,11	0,40	

YEDE: Yıllık efektif doz eşdeğeri

YBKR: Yaşam boyu kanser riski

Bazı ülkelerde yapılan araştırmalarda dış mekanlardaki gama doz hızı değerleri UNSCEAR (2000) tarafından açıklanmıştır. Buna göre; Çin, Mısır, Yunanistan, Hindistan, Japonya ve Rusya'da belirlenen gama doz hızı değerleri sırasıyla, 62 nGy<sup>-1</sup>, 32 nGy<sup>-1</sup>, 56 nGy<sup>-1</sup>, 56 nGy<sup>-1</sup>, 53 nGy<sup>-1</sup> ve 65 nGy<sup>-1</sup> şeklindedir (UNSCEAR, 2000). Bu değerler, mevcut çalışmada ölçülen ortalama dış mekan gama doz hızı değerinden (93,64 nGy<sup>-1</sup>) daha düşüktür. Çalışmalarda ölçülen gama doz hızlarının birbirinden farklı olmasının nedeni, toprak ve kaya türlerindeki radyonüklid konsantrasyonlarındaki farklılıklardan kaynaklanabilir. Ayrıca, çalışmaların yapıldığı yerlerdeki rakım farklılıklarından, yerleşim yerlerine mesafesine göre ölçülen değere etki eden elektromanyetik dalga etkilerinin az ya da çok olmasından ve böylece elektromanyetik yansımaların sığ ya da yoğun olmamasından kaynaklanıyor olabilir. İlaveten, ölçüm yerlerinde meydana gelen havadaki kirlilik nedeniyle; havadan toprağa çöken partiküllerin farklı miktarlarda olması sebebiyle de kaynaklanıyor olabilir (Şahin vd., 2010).

Tablo 3 de, mevcut araştırmanın gama doz hızı değeri literatürdeki önceki çalışmalarla karşılaştırılmaktadır. Buna göre, mevcut çalışmanın ortalama dış mekan gama doz hızı, Adana'da (Degerlier vd., 2008) ve Kastamonu'da (Kam ve Bozkurt, 2007) yapılan çalışmalardan daha yüksektir. Karataşlı'nın çalışmasına göre, Kahramanmaraş şehir merkezi için dış mekan gama doz hızı değerleri 32,7 nGy/h ile 68,8 nGy/h arasında değişmekte olup, aritmetik ortalama 56 nGy/h'dır (Karataşlı, 2019). Küçükönder tarafından yapılan çalışmada Kahramanmaraş İl merkezinde toplam 29 mahallede belirlenen noktalarda 31,57 ile 68,41 nGy/h arasında değişmekte iken, ortalama değeri ise 53,50 nGy/h olarak belirlenmiştir (Küçükönder, 2009). Bu çalışmalardaki değerler beklenildiği gibi mevcut çalışmadaki

değerlerden düşüktür. Bununla birlikte, mevcut çalışmadaki gama doz hızı değeri (Jindal vd., 2018) ve (Jeelani vd., 2021) tarafından yapılan çalışmaların değerlerinden düşüktür. Diğer çalışmalarda yüksek yada düşük gama doz hızı değerlerinin ölçülmesinin nedeni, çalışma alanlarının jeolojik oluşumlarından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca, (Karunakara vd., 2014) ve (Rafique, 2013) tarafından yapılan çalışmalarda değer ile mevcut çalışmadaki değer uyumludur. İlaveeten, Doğu Anadolu fay hattı üzerinde (Baykara ve Doğru, 2009) tarafından yapılan çalışmadaki değerler ile de beklenildiği gibi mevcut çalışmadaki değerler uyumludur. Buradan anlaşılıyor ki, genel olarak mevcut çalışma verilerinin literatür ile uyumlu olması sonuçların doğru olduğunu düşündürmektedir.

**Tablo 3.** Gama Doz Hızı Değerlerinin (nGyh<sup>-1</sup>) Literatür ile Karşılaştırılması

Ülke/Bölge	Gama Doz Hızı (nGy/h)	
	Bina Dışı	Kaynak
Türkiye/Kastamonu	48,03	(Kam ve Bozkurt, 2007)
Türkiye/ KuzeyAnadolu Fay Sistemi	87,8	(Baykara ve Doğru, 2009)
Türkiye/ Doğu Anadolu Fay Sistemi	105,1	
Türkiye/Adana	67	(Degerlier vd., 2008)
Malezya/Pahang	176	(Gabdo vd., 2014)
Batı Himalaya Hindistan/	126,1	Jeelani vd., 2021)
Chhattisgarh'ın Balod Bölgesi	143,6	(Jindal vd., 2018)
Güney Hindistan Azad Keşmir /Muzaffarabad şehrinin eyalet başkenti,	97	(Karunakara vd., 2014)
	81,14	(Rafique, 2013).
Türkiye/Kahramanmaraş	56	(Karataşlı, 2019)
Türkiye/Kahramanmaraş	53,5	(Küçükönder, 2009)
Dünya Ortalama	59	(UNSCEAR, 2000)
Türkiye/Kahramanmaraş	93,64	Mevcut çalışma

Dış mekanda hesaplanan yıllık efektif doz eşdeğeri (YEDE) Tablo 1 de verilmektedir. Buna göre, hesaplanan YEDE incelediğinde, yerden 1 m yükseklikte hesaplanan YEDE 0,06 mSv/y ile 0,20 mSv/y aralığındadır. Ortalama YEDE ise 0,11 mSv/y'dir. Hesaplanan YEDE'nin tamamı, UNSCEAR (2000) tarafından dış mekan alanalar için 0,07 mSv/y olarak açıklanan dünya ortalama değerinden yüksektir.

Mevcut çalışma kapsamında hesaplanan yaşam boyu kanser riski (YBKR) değerleri Tablo 1 de verilmektedir. Buna göre, YBKR değerleri  $0,21 \times 10^{-3}$  ile  $0,70 \times 10^{-3}$  aralığındadır. Ortalama YBKR değeri ise  $0,40 \times 10^{-3}$ 'tür. Bu ortalama ve diğer hesaplanan YBKR değerlerinin tamamı, UNSCEAR (2000) tarafından açıklanan  $0,29 \times 10^{-3}$  dünya ortalama değerinden daha yüksektir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonucu olarak çalışma bölgesinde direkt gama doz hızı değerleri ölçülmüş, YEDE ve YBKR hesaplanmıştır. Çalışma kapsamındaki noktalarda dış mekanda ölçülen ortalama gama doz hızı değerleri dünya ortalamasının üzerindedir. Bu bölgede yaşayan yetişkin insanlar için hesaplanan YEDE ve YBKR değerleri de dünya ortalamasının üzerindedir. İnsanların toplam YEDE ve toplam YBKR değerlerinin hesaplanabilmesi için bina içi gama doz hızlarının da ölçülmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu çalışmanın devamı olması açısından çalışma alanının genişletilerek ölçümlere devam edilmesini öneriyoruz. Gama radyasyon doz oranlarının yüksek olduğu bölgelerde gerekli önlemler uygulanmalı ve iyileştirmeler yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Baykara, O., & Doğru, M. (2009). Determination of terrestrial gamma, 238U, 232Th and 40K in soil along fracture zones. *Radiation Measurements*, 44(1), 116-121.
- Bozkurt, A., Yorulmaz, N., Kam, E., Karahan, G., & Osmanlioglu, A. E. (2007). Assessment of environmental radioactivity for Sanliurfa region of southeastern Turkey. *Radiation Measurements*, 42(8), 1387-1391.
- ÇED, (2006). Kahramanmaraş ili Çevre Durum Raporu, Kahramanmaraş Valiliği il ve Çevre Orman Müdürlüğü, Kahramanmaraş.
- Degerlier, M., Karahan, G., & Ozger, G. (2008). Radioactivity concentrations and dose assessment for soil samples around Adana, Turkey. *Journal of environmental radioactivity*, 99(7), 1018-1025.
- Doğru, M., Canbazoğlu, C., Çelebi, N., & Kopuz, G. (2005). Measurement of radon concentration in different constructed houses and terrestrial gamma radiation in elazığ, Turkey. In *Recent Advances in Multidisciplinary Applied Physics* (pp. 859-863). Elsevier Science Ltd.
- Eberline (1995). ASP-2/2e Portable Radiation Monitor Technical Manual. [https://www.nukeworker.com/study/instruments/manuals/Thermo\\_ASP-2E.pdf](https://www.nukeworker.com/study/instruments/manuals/Thermo_ASP-2E.pdf) - (Erişim tarihi 26 Nisan 2023).
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Olgun, Ş., Elmacı, H., Özalp, S. (2012). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Gaziantep (NJ 37-9) Paftası. Seri No: 38, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Gabdo, H. T., Ramli, A. T., Sanusi, M. S., Saleh, M. A., & Garba, N. N. (2014). Terrestrial gamma dose rate in Pahang state Malaysia. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 299, 1793-1798.
- Gümbür, S. (2022). *Gölbaşı-Türkoğlu Fay Segmenti Üzerinde Radon Gazı Değişimlerinin Deprem İle İlişkisi*. Efe Akademi Yayınları.
- ICRP (2007). International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Elsevier, ISBN 978-0-7020-3048-2.
- Jeelani, G., Hassan, W., Saleem, M., Sahu, S. K., Pandit, G. G., & Lone, S. A. (2021). Gamma dose monitoring to assess the excess lifetime cancer risk in western Himalaya. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 328, 245-258.
- Jindal, M. K., Sar, S. K., Singh, S., & Arora, A. (2018). Risk assessment from gamma dose rate in Balod District of Chhattisgarh, India. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 317, 387-395.
- Kam, E., & Bozkurt, A. (2007). Environmental radioactivity measurements in Kastamonu region of northern Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*, 65(4), 440-444.
- Karataşlı, M. (2019). Determination of outdoor absorbed gamma dose rates of Kahramanmaraş province, Turkey. *Cumhuriyet Science Journal*, 40(1), 102-107.
- Karunakara, N., Yashodhara, I., Kumara, K. S., Tripathi, R. M., Menon, S. N., Kadam, S., & Chougankar, M. P. (2014). Assessment of ambient gamma dose rate around a prospective uranium mining area of South India—a comparative study of dose by direct methods and soil radioactivity measurements. *Results in Physics*, 4, 20-27.
- Kobyay, Y., Taşkın, H., Yeşilkanat, C. M., & Çevik, U. (2015). Evaluation of outdoor gamma dose rate and cancer risk in Artvin province, Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(8), 2077-2085.
- Küçükönder, E. (2009). Kahramanmaraş yöresinde doğal radyoaktivitenin tayini. Doktora Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş 69s.
- MTA (2002). Maden Araştırma ve Arama Genel Müdürlüğü. 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Hatay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Editör: Mustafa ŞENEL (2002) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/HATAY.pdf> - (Erişim tarihi 07/08/2023).
- Rafique, M. (2013). Ambient indoor/outdoor gamma radiation dose rates in the city and at high altitudes of Muzaffarabad (Azad Kashmir). *Environmental earth sciences*, 70(4), 1783-1790.
- Şahin, S., Niksarlioğlu, S., & Yilmaz, M. (2010). Fırat Üniversitesi (Elazığ) Kampusunda Çevresel Gama Radyasyonunun Ölçülmesi. *Fırat University Journal of Science*, 22(2).



Taskin, H., Karavus M., Ay P., Topuzoglu A., Hidiroglu S., & Karahan G. (2009). Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey. *Journal of environmental radioactivity* 100(1):49-53.

TİK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. İl ve ilelere göre il/ile merkezi, belde/ky nfusu ve yıllık nfus artış hızı, 2022. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2022-49685> (Erişim Tarihi: 0708/2023)

UNSCEAR (1982) Ionizing radiation: sources and biological effects. United Nations Scientific Committee on the effects of atomic radiation. United Nations Publication, New York

UNSCEAR (1993). Report, United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiations. New York.

UNSCEAR (2000). Report of the United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation, sources, effects, and risks of ionizing radiation. United Nations Sales Publication, New York

War, S. A., Nongkynrih, P., Khathing, D. T., & Iongwai, P. S. (2009). Assessment of indoor radiation level in the environs of the uranium deposit area of West Khasi Hills District, Meghalaya, India. *Journal of environmental radioactivity*, 100(11), 965-969.