

Kıyı Kumlarının Doğal Radyoaktivitesi ve Doz Dağılımı: Urla Örneği

Filiz GÜR*¹, Mehmet TARAKÇI²

¹Ege Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, 35100, İzmir, Türkiye
(ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7266-3127>)

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 35390, İzmir, Türkiye
(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8643-72320>)

(Alınış / Received: 07.08.2019, Kabul / Accepted: 05.04.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 22.04.2019)

Anahtar Kelimeler

Radyoaktivite,
Gama doz hızı,
Kıyı şeridi,
Plaj kumu,
Urla

Özet: Çevresel radyoaktivite ölçümlerinin temel amacı, insanların doğal kaynaklardan aldıkları radyasyon dozunun tayini ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. İnsanlar tarafından alınan ortalama doza en büyük katkı, doğal radyasyondan gelmektedir (%86). Doğal radyasyon kaynaklarından alınan yıllık ortalama etkin doz 2.4mSv'dir. Bu dozun büyük bir kısmını dünyanın oluşumundan beri var olan primordial radyonüklitler (²³⁸U, ²³²Th ve bozunum ürünleri ve ⁴⁰K) oluşturmaktadır. İnsanların doğal kaynaklardan aldıkları radyasyon dozlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar son yıllarda yoğunluk kazanmıştır. Kıyı şeridinin radyoaktivitesi ve doz hızları ile ilgili dünyanın çeşitli bölgelerinde birçok çalışma yapılmıştır. Fakat Türkiye'de yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, Urla ilçesinin kıyı şeridi boyunca alınan plaj kumu örneklerinin doğal radyonüklit (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) aktivite konsantrasyonları HPGe gama spektrometre sistemi ile ölçülmüş ve bu bölgede yaşayan insanlar tarafından maruz kalınan doz hızları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, dünya ortalamaları ve farklı illerde yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlardan görülmüştür ki, Urla ilçesi kıyı şeridinin gama doz hızları insan sağlığı açısından bir risk oluşturmamaktadır.

Natural Radioactivity and Dose Distribution of Coastal Sands: Urla Sample

Keywords

Radioactivity,
Gamma dose rate,
Coastline,
Beach sand,
Urla

Abstract: The main purpose of environmental radioactivity measurements is to determine the radiation dose that people receive from natural sources and the effects on human health. The greatest contribution of the average dose received by humans comes from natural radiation (86%). The average annual effective dose from natural radiation sources is 2.4 mSv. Most of this dose is the radionuclides (²³⁸U, ²³²Th and decay products and ⁴⁰K) that have existed since the formation of the world. In recent years, study to determine the radiation doses that people receive from natural sources has been intensified. There are many studies that are concerned radioactivity and the rate of radiation of the coastal line in the various regions of the world. However, there are not enough studies in Turkey. In this study, the activity concentrations of natural radionuclides (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) of beach sand samples taken along the coastline of Urla district were measured by HPGe gamma spectrometry system and the dose rates exposed by people living in this area were calculated. The results obtained are compared with the world average and studies conducted in different provinces. It is seen from the results that the gamma dose rates of the Urla district coastline are not a risk for human health.

1. Giriş

Dünya nüfusu tarafından alınan ortalama doza en büyük katkı doğal radyasyondan gelmektedir [1]. Doğal radyasyon kaynaklarından alınan yıllık ortalama etkin doz 2.4mSv'dir. Bunun büyük bir kısmını, primordial radyonüklitlerden alınan doz

oluşturmaktadır. Primordial radyonüklitlerden dolayı dışsal maruz kalmanın etkin doz eşdeğeri 0.48 mSv'dir. İçsel maruz kalmanın en büyük kaynağı, bina içi ortamda radon gazının solunmasıdır[2]. Tablo 1'de görüldüğü gibi radon gazının solunması ile içsel maruz kalma sonucu alınan doz, yıllık ortalama etkin dozun yarısı kadardır (1.2mSv).

Tablo 1. Doğal kaynaklardan alınan yıllık ortalama etkin doz eşdeğeri [2]

Kaynak	Etkin doz eşdeğeri dünya ortalaması (mSv)	Tipik aralık (mSv)
Dışsal Maruz Kalma		
Kozmik radyasyon	0,4	0,3 – 1,0 ^a
Karasal radyasyon	0,5	0,3 – 0,6 ^b
İçsel Maruz Kalma		
Solunum	1,2	0,2 – 10 ^c
Beslenme	0,3	0,2 – 0,8 ^d
Toplam	2,4	1 – 10

a: deniz seviyesinden yükseklik,

b: toprak ve bina materyallerindeki radyonüklit dağılımına bağlılık,

c: radon gazının iç ortam sirkülasyonuna bağlılık,

d: yiyecek ve içme suyundaki radyonüklit dağılımına bağlılık.

Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta yerini alan primordial radyonüklitler (²³⁸U ve ²³²Th serisi ve bozunum ürünleri ve ⁴⁰K), yaşadığımız çevre içinde normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen art ortam radyasyonunu oluşturmaktadırlar. İnsanların yaşadığı çevrede bulunan kayalar, topraklar, plaj kumları ve bina materyallerinin içeriğindeki doğal radyonüklitler buldukları bölgenin yerel jeolojisine bağlıyken, bu radyonüklitlerden dolayı insanların maruz kaldığı dozlar coğrafyaya bağlı olarak da değişmektedir.

Kıyı şeridinin doğal radyoaktivitesi ve oluşturduğu dozlarla ilgili dünyanın çeşitli ülkelerinde ve bölgelerinde farklı ve çok sayıda çalışma yapılırken, Türkiye’de çok az çalışma [3-9], yapılmıştır. Türkiye, Avrupa’daki en büyük plaj kumu sistemine sahiptir. 8333 km uzunluğundaki toplam kıyı şeridimizin yaklaşık %10’u yani 845km’lik kısmı plaj kumları ile kaplıdır[7].

Plaj kumları mineral çökeltileri olup, genellikle granit, rhyolite ve andezit gibi volkanik kayalardan meydana gelir ve bu kayalar U ve Th içeren minerallerce zengin olabilmektedir. Bu mineraller, kayaların erozyonu sonucunda aşınmayla ve hava şartları yardımıyla göç eder, sahillerde birikerek zenginleşmektedir. Plaj kumlarında, doğal radyoaktivitenin bölgesel zenginleşmeleri bütün dünyada gözlenmektedir. Monazit ve zirkon gibi uranyum ve toryum konsantrasyonu yüksek minerallerin bulunduğu plaj kumlarının oluşturduğu radyasyon dozları oldukça fazladır[10].

Bu çalışmada, yaz aylarında yoğun bir nüfusa sahip olan Urla’nın kıyı şeridinin insan sağlığı açısından radyolojik risk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, İzmir-Urla ilçesi kıyı şeridi boyunca plaj kumu örnekleri toplanmıştır. Toplanan örneklerin

doğal radyonüklit (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) aktivite konsantrasyonları, HPGe gama dedektörü bulunan gama spektrometre sistemi ile ölçülmüştür. Ölçülen doğal radyoaktivitelerden dolayı, bu bölgelerde yaşayan ve tatil yapan insanların maruz kaldığı doz hızları; D(dış ortam doz hızı), AEDE (dış ortam yıllık efektif doz eşdeğeri), Ra_{eq} (radyum eşdeğeri), H_{ex} (dış ortam zarar indeksi), hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, UNSCEAR 2000 raporunda verilen değerler ve Türkiye’nin farklı illerinde yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanının jeolojisi

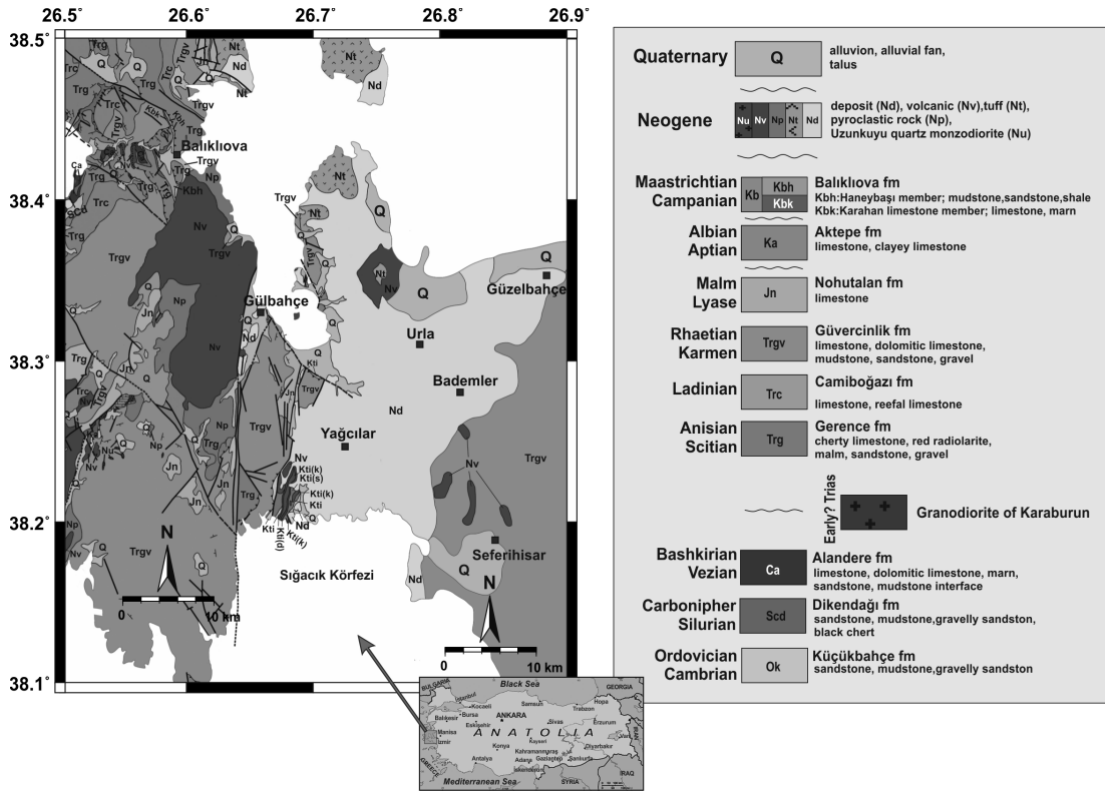
Urla ilçesinin kıyı şeridinin jeolojik yapılarına bakıldığında; Çeşmealtı bölgesinde riyolit, kuaterner ve neojen karasal ayrılmamış yapılar, İcmeler ve Gülbahçe bölgelerinde üst kretase, andezit, neojen ve kuaterner karasal ayrılmamış yapılar, Balıklıova da üst kretase yapılar, Demircili bölgesinde neojen karasal ayrılmamış ve üst kretase yapılar gözlenmektedir (Şekil 1).

2.2. Toplanan kum örneklerinin hazırlanması ve analizi

Urla ilçesinin Çeşmealtı, Özbek, İcmeler, Gülbahçe, Balıklıova, Demircili bölgeleri kıyı şeridinden 48 farklı noktadan, 2010-2012 yıllarının Mayıs-Ekim ayları aralığında plaj kumu örnekleri toplanmıştır. Aynı zamanda, örneklerin alındığı bölgelerde taşınabilir Scintrex-BGS-4 gama ölçüm cihazı ile yerden 1m yukarıda gama doz hızları cps (count per second) olarak ölçülmüştür. Örnekler yaklaşık 2 kg olacak şekilde yüzeyden 10 cm derinlikten alınmıştır. Alınan örneklerin koordinatları GPS ile kaydedilmiş ve örneklem noktaları Şekil 2’de gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında plajlardan toplanan kum örnekleri laboratuara getirildikten sonra, yabancı maddeler (izmarit, çöp, plastik, cam vb.) uzaklaştırılıp etüvde 105°C’de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur.

Kurutulan örnekler homojen hale getirilmek için <2 mm’lik eleklerden geçirilerek 1L’lik Marinelli kaplara yerleştirilerek kapatılmıştır. Radyum ve radon arasındaki dengenin oluşması için kapatılan örnekler ölçümlerden önce 28 gün bekletilmiştir. Yaklaşık 1 ay bekletilen örneklerin radyonüklit aktivite konsantrasyonları 184cc p tipi coaksial HPGe dedektör (verimi % 25, ⁶⁰Co’ın 1,33 MeV gama enerjisi için FWHM: 1,83 keV ve pik/compton oranı: 57:1), Ortec Model-671 spektroskopik amplifikatörü ve Canberra PC bazlı MCA (8K) Wilkinson ADC’den oluşan gama spektrometre sistemi ile ölçülmüş ve Genie 2000 programı yardımı ile analizler yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının jeolojisi [11]

Örneklerin ^{226}Ra ve ^{232}Th aktivite konsantrasyonları, uranyum ve toryum bozunum serilerindeki ürün radyonüklitlerden yayınlanan gamalardan yararlanılarak ölçülmüştür. ^{226}Ra aktivite konsantrasyonları ^{214}Bi 'ün 1765 keV enerjili gamasından, ^{232}Th aktivite konsantrasyonları ^{208}Tl 'in 2615 keV enerjili gamasından, ^{40}K aktivite konsantrasyonları 1461 keV gama enerjili kendi piki kullanılarak ölçülmüştür. Gama spektrometre sisteminin kalibrasyonu, örneklerle benzer matris ve geometride IAEA ve Amersham kaynaklı standart referans materyaller kullanılarak yapılmıştır.

2.3. Gama Doz Hızlarının Belirlenmesi

Çalışma kapsamında, Urla kıyı şeridinden alınan plaj kumlarının doğal radyoaktivitelerinden dolayı, bu bölgede yaşayan insanların maruz kaldığı gama doz hızları hesaplanmıştır.

Dış ortamda yerden 1 m yükseklikte karasal gama radyasyonundan dolayı maruz kalınan doz hızı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

$$D(\text{nGy/h}) = 0.462 C_{\text{Ra}} + 0.604 C_{\text{Th}} + 0.0417 C_{\text{K}} \quad (1)$$

Formüldeki C_{Ra} , C_{Th} ve C_{K} sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın Bq/kg olarak kumlardaki aktivite konsantrasyonlarıdır.

Karasal gama radyasyonundan dolayı dış ortamdaki doz hızı değeri kullanılarak, yıllık efektif doz eşdeğeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [2].

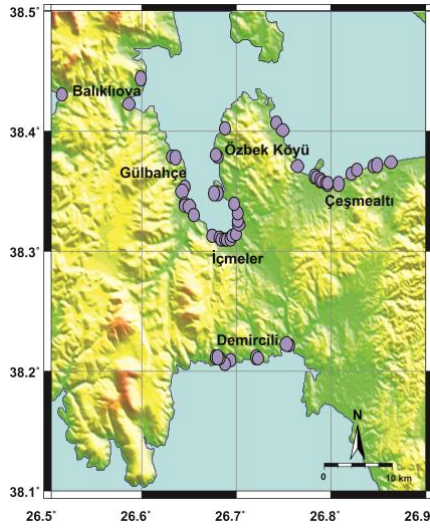
$$\text{AEDE (mSv/y)} = D \cdot 8766 \cdot 0.2 \cdot 0.7 \cdot 0.000001 \quad (2)$$

Formülde kullanılan 0.7 sayısı (Sv/Gy) absorbe edilen dozdan efektif doz hızına geçişte kullanılan bir dönüşüm katsayısıdır. Bu katsayı yetişkinler içindir ve gama ışınlarına çevresel maruz kalma üzerine deneysel ve hesaplanan veriler UNSCEAR 1993 raporundaki analiz üzerine dayandırılmıştır. Sonrasında sadece yetişkinler için değil çocuklar ve bebekler içinde katsayılar oluşturulmuştur. Dış ortam katsayısı olan 0.2 sayısı, insanların bir günün ortalama %20'sini dış ortamda geçirdikleri düşünülerek, kullanılmış bir katsayıdır. İç ortam doz hızı için günün %80'i iç ortamlarda geçirildiği için 0.8 sayısı kullanılmaktadır. UNSCEAR 2000 Raporuna göre normal doğal fonlu alanlarda yaşayan insanların maruz kaldığı yıllık ortalama efektif doz eşdeğeri 2.4 mSv'dır. Dünya nüfusunun %65'lik büyük bir kısmı için yıllık ortalama efektif doz 1-3 mSv, %25'i için 1 mSv'dan küçük ve %10'u için 3 mSv'dan büyüktür.

Radyum eşdeğer aktivitesi adı verilen ve R_{eq} olarak gösterilen radyasyon zarar indeksi, kumlarda bulunan doğal radyonüklitlerden dolayı sahip oldukları farklı radyonüklit aktivite konsantrasyonlarının karşılaştırılmasında kullanılır ve aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [12]:

$$R_{\text{eq}}(\text{Bq/kg}) = C_{\text{Ra}} + 1.43 C_{\text{Th}} + 0.077 C_{\text{K}} \quad (3)$$

Formülde bulunan C_{Ra} , C_{Th} ve C_{K} sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın Bq/kg olarak aktivite konsantrasyonlarıdır. R_{eq} değerinin, limit değer olan 370 Bq/kg'ı aşmaması gerekmektedir [13].



Şekil 2. Urla kıyı şeridinden toplanan plaj kumu örneklerinin konumları

Dışsal zarar indeksi olarak verilen H_{ex} aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır [12]:

$$H_{ex} = \frac{C_{Ra}}{370} + \frac{C_{Th}}{259} + \frac{C_K}{4810} \leq 1 \quad (4)$$

Formülde bulunan C_{Ra} , C_{Th} ve C_K sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'in Bq/kg olarak aktivite konsantrasyonlarıdır. H_{ex} değerinin 1'den küçük olması gerekmektedir.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında İzmir ili-Urla ilçesi kıyı şeridinden toplanan 48 adet plaj kumu örneğine ait ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K aktivite konsantrasyonları ve doz hızı değerleri Tablo 2'de verilmektedir. Urla kıyı şeridi, plaj kumlarının aktivite konsantrasyonları ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K için sırasıyla 13-38 Bq/kg, 10-38 Bq/kg, 220-804 Bq/kg aralığında değişirken, ortalamaları sırasıyla 22 Bq/kg, 20 Bq/kg, 406 Bq/kg'dır. Elde edilen bu sonuçlar, UNSCEAR 2000 raporunda verilen dünya ortalamaları olan ^{226}Ra için 35 Bq/kg, ^{232}Th için 30 Bq/kg, ^{40}K için 420 Bq/kg ile karşılaştırıldığında, bölgesel olarak radyum aktivite değerleri dünya ortalamaları civarındadır, Gülbahçe bölgesi plaj kumları haricinde. Gülbahçe bölgesi plajlarının bulunduğu bölgelerde volkanik kökenli andezit yapılar (Şekil 1) olduğundan örneklerimizin radyum aktivitesinin yüksek olması beklenen bir sonuçtur. Plaj kumu örneklerinin toryum aktivite sonuçları dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında, İçmeler ve Gülbahçe bölgeleri haricinde sonuçlarımız dünya ortalamasının

altındadır. Bu bölgelerin de jeolojik yapılarından dolayı toryum aktivitelerinin yüksek çıkması normaldir. Örneklerimizin potasyum aktivite değerleri incelendiğinde, dünya ortalamasından düşük olduğu görülmektedir, İçmeler ve Gülbahçe bölgeleri haricinde. Bu bölgelerin yüksek potasyum aktivitelerinin, bölgede bulunan sıcak su kaynaklarından olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sayfasından (<https://www.mgm.gov.tr/>) Aylık Alansal Normal Yağış Dağılımlarına bakıldığında, çalışılan bölgenin Mayıs-Ekim ayları için verilen yağış miktarlarının normallerin çok altında olduğu görülmektedir. Bu yüzden, İçmeler ve Gülbahçe plaj kumlarında ölçülen yüksek ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K aktivite konsantrasyonlarının yağıştan ziyade bölgenin jeolojisi ile ilişkilendirilmesi daha olasıdır.

Urla kıyı şeridinin doğal radyonüklit aktivitesinden dolayı hesaplanan dış ortam doz hızları dağılımı Şekil 3'de verilmiştir. Bu sonuçlar, UNSCEAR 2000 raporunda verilen dünya ortalamaları ile karşılaştırılmıştır. Dış ortam karasal gama doz hızı (D) dünya ortalama değeri olan 60 nGy/h ile elde ettiğimiz bölgesel sonuçlar (21-70 nGy/h aralığında) karşılaştırıldığında, İçmeler ve Gülbahçe bölgeleri haricinde, doz hızı sonuçlarımız dünya ortalamasının altındadır. İçmeler ve Gülbahçe bölgelerinde yüksek doz hızlarının (69-70 nGy/h) gözlenmesi, o bölgelerin sahip olduğu yüksek radyoaktivitenin sonucudur.

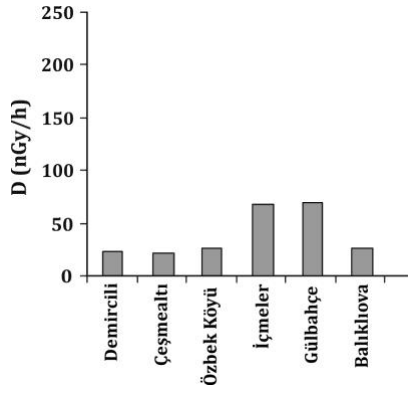
Dış ortam yıllık efektif doz eşdeğeri (AEDE) bölgesel sonuçlarımız (0.026-0.086 mSv/y aralığında) incelendiğinde (Şekil 4), UNSCEAR 2000 raporunda verilen 0.074 mSv/y dünya ortalaması değerinin altındadır, İçmeler ve Gülbahçe bölgeleri haricinde. Bu bölgelerin yıllık efektif doz eşdeğer hızları (0.084-0.086 mSv/y), dünya ortalamasından biraz yüksektir.

Çalışma alanından elde ettiğimiz radyum eşdeğer aktivite (Ra_{eq}) sonuçları (45-147 Bq/kg aralığında) bölgesel olarak incelendiğinde (Şekil 5), limit değer olarak kabul edilen 370 Bq/kg'lık değerinin altındadır.

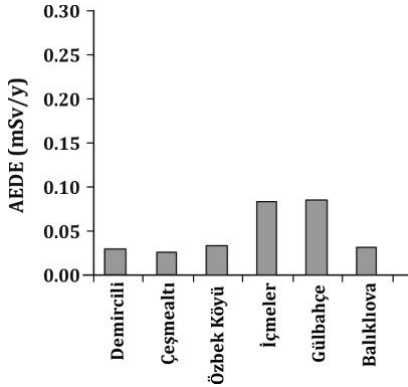
Dış ortam zarar indeksi (H_{ex}) sonuçlarımız (0.07-0.25 aralığında) bölgesel olarak değerlendirildiğinde (Şekil 6), elde edilen tüm sonuçlar 1'den oldukça küçüktür. Urla ilçesinde çalışılan tüm kıyı şeridi bölgelerinde, hesaplanan doz hızları ile Scintrex-BGS-4 gama cihazıyla ölçülen cps değerleri oldukça uyum içindedir (Tablo 2).

Tablo 2. Urla kıyı şeridinin doğal radyoaktivitesi ve doz hızları

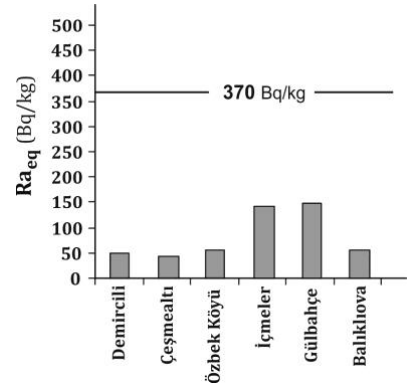
Bölge(Örnek sayısı)	Aktivite (Bq/kg)			D (nGy/h)				AEDE (mSv/y)	Ra_{eq} (Bq/kg)	H_{ex}	cps
	Ra	Th	K	Ra	Th	K	Toplam				
Demircili (6)	13	12	249	6	7	11	24	0,029	50	0.08	22
Çeşmealtı (14)	13	10	220	6	6	9	21	0,026	45	0.07	25
Özbek (3)	19	13	247	9	8	10	27	0,033	56	0.10	25
İçmeler (14)	31	34	804	14	21	34	69	0,084	142	0.22	59
Gülbahçe (8)	38	38	697	18	23	29	70	0,086	147	0.25	60
Balıkkıova (3)	18	14	221	8	9	9	26	0,032	55	0.10	25



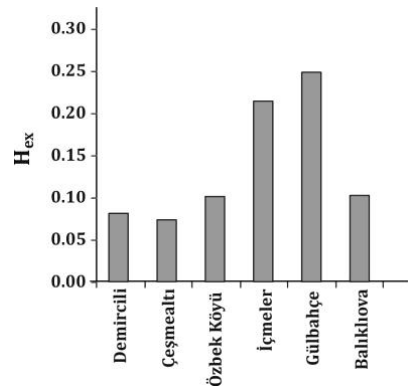
Şekil 3. Urla kıyı şeridinin doz hızları dağılımı



Şekil 4. Urla kıyı şeridinin yıllık efektif doz eşdeğer dağılımı



Şekil 5. Urla kıyı şeridinin radyum eşdeğer aktivite dağılımı



Şekil 6. Urla kıyı şeridinin dış ortam zarar indeksi dağılımı

Türkiye' nin farklı bölgelerinde ve dünyada yapılmış birçok çalışmanın ortalaması olarak verilen UNSCEAR

2000 raporundaki, ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K aktivite konsantrasyonları Tablo 3' de verilmektedir. Tablodan görüleceği gibi, ülkemizde yapılmış çalışmaların çoğunda elde edilen sonuçlar, Urla kıyı şeridinde ölçtüğümüz aktivite konsantrasyonları ile uyum içindedir. Yalnızca, Çanakkale bölgesinde yapılan farklı iki çalışmada [6,9], bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlardan oldukça yüksek aktivite konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu bölgelerde, Urla kıyı şeridinde ölçtüğümüz ortalama aktivite konsantrasyonlarının kat kat fazla radyoaktivite konsantrasyonlarının ölçülmesi, Çanakkale bölgesinde bulunan granit sokulumları (Kestanbol graniti) ile ilişkilendirilmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Ege bölgesinde İzmir iline bağlı, Türkiye'nin önemli turizm merkezlerinden olan Urla ilçesi kıyı şeridine ilişkin radyasyon dozları ile ilgili verilerin olmaması, bu çalışmanın yapılma amaçlarından biridir. Buna ek olarak, gelecek yıllarda yaşanabilecek doğal (depremler, sel felaketleri vb.) ve doğal olmayan (nükleer kazalar, nükleer denemeler, silah testleri vb.) olaylarla bağlantılı doğal ve yapay radyasyon kontaminasyonunun belirlenmesine ilişkin yapılacak çalışmalara veri tabanı oluşturmasını sağlamak bir diğer amacdır.

Bu bağlamda, Urla kıyı şeridi boyunca plaj kumlarında doğal (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) radyoaktivite konsantrasyonları gama spektrometre sistemi kullanılarak ölçülmüş ve bu bölgelerde yaşayan veya tatil amaçlı olarak bulunan insanlar tarafından maruz kalınan doz hızları belirlenmiştir. Çalışılan bölgelerde, plaj kumu örneklerinin ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K aktivite konsantrasyonları sırası ile; 13-38 Bq/kg, 10-38Bq/kg, 220-804 Bq/kg aralığında değişmektedir. Çalışmada hesaplanan dış ortam doz hızları (D) ve yıllık efektif doz eşdeğer hızları (AEDE), UNSCEAR 2000 raporunda verilen dünya ortalama değerlerinden düşüktür, İçmeler ve Gülbahçe bölgeleri haricinde. Urla kıyı şeridinden elde edilen radyum eşdeğer aktiviteleri (Ra_{eq}), limit değer olarak kabul edilen 370 Bq/kg değerinin oldukça altındadır. Ayrıca, çalışılan bölgede hesaplanan dış ortam zarar indeksi (H_{ex}) değerleri 1'den küçüktür. Urla kıyı şeridinde, taşınabilir Scintrex-BGS-4 cihazı ile ölçülen gama cps değerleri hesaplanan doz hızları ile uyumludur.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar göstermektedir ki; Urla kıyı şeridinin doğal radyoaktivitesi ve doz hızları, o bölgelerde yaşayan insanlar için radyolojik bir risk oluşturmamaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili, turizm açısından aktif ve kıyı şeridi boyunca yoğun insan nüfusunun yaşadığı ülkemizde, bu çalışma referans alınarak tüm kıyı şeridi boyunca benzer çalışmalar yapıp, detaylı bir veri tabanının oluşturulması önerilmektedir.

Tablo 3.Türkiye'de yapılan diğer çalışmalar

Konum	²³⁸ U veya ²²⁶ Ra (Bq kg ⁻¹)	²³² Th (Bq kg ⁻¹)	⁴⁰ K (Bq kg ⁻¹)	Kaynak
Urla-İzmir	13-38	11-48	220-804	[Bu çalışma]
Zonguldak	9.98-56.81	9.93-48.87	103.0-610.5	[3]
Antalya ve Mersin	4.0-21.5	1.8-27.9	19.0-590.3	[4]
Kocaeli	4.41-14.04	2.62-16.55	11.60-513.32	[5]
Çanakkale	383 - 8506	741 - 28894	624 - 2176	[6]
Bodrum-Muğla	2.25-71.47	25.75-42.81	510.17-835.28	[8]
Ezine-Çanakkale	290.36	532.04	1160.75	[9]

Teşekkür

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen 09-NBE-018 nolu projeden üretilmiştir. Çalışmanın yazarları, Sayın Dr. Özden Yaşar, Sayın Yüksek Mühendis Alper Bektaş ve Sayın Fizikçi Mesut Sapaz'a bu çalışmadaki kıymetli yardımlarından dolayı çok teşekkür ederler.

Kaynakça

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Publication, New York, 920s.
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. I: Sources. United Nations Publication, New York, 654s.
- [3] Aytekin, H., Tufan, M.Ç., Küçük, C. 2015. Natural radioactivity measurements and dose assessments in sand samples collected from Zonguldak beaches in Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 303, 2227-2232.
- [4] Özmen, S.F., Cesur, A., Boztosun, I., Yavuz, M. 2014. Distribution of natural and anthropogenic radionuclides in beach sand samples from Mediterranean Cost of Turkey. *Radiation Physics and Chemistry*, 103, 37-44.
- [5] Korkulu, Z., Özkan, N. 2013. Determination of natural radioactivity levels of beach sand samples in the black sea coast of Kocaeli (Turkey). *Radiation Physics and Chemistry*, 88, 27-31.
- [6] Cetiner, M.A., Gündüz, H., Ilgar, A. 2011. High background radiation areas at Çanakkale in Turkey. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 704-709.
- [7] Yalçın, M.G. 2009. Heavy mineral distribution as related to environmental conditions for modern beach sediments from the Susanoğlu (Atakent, Mersin, Turkey). *Environmental Geology*, 58, 119-129.
- [8] Karayel, G., Kırcan, B., Eren, E., Aycık, G.A. 2008. Natural radioactivity in beach sands from Muğla coast: Gokova, Marmaris and Turgutreis beaches. The Fifth Eurasian Conference on Nuclear Science and its Application, October 14-17, Ankara, 226.
- [9] Örgün, Y., Altınsoy, N., Şahin, S.Y., Güngör, Y., Gültekin, A.H., Karahan, G., Karacık, Z. 2007. Natural and anthropogenic radionuclides in rocks and beach sands from Ezine region (Çanakkale), Western Anatolia, Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*, 65, 739-747.
- [10] Vassas, C., Pourcelot, L., Vella, C., Carpena, J., Pupin, J.P., Bouisset, P., Guillot, L. 2006. Mechanisms of enrichment of natural radioactivity along the beaches of the Camargue, France. *Journal of Environmental Radioactivity*, 91(3), 146-159.
- [11] Çakmakoğlu, A., Bilgin, Z.R. 2006. Karaburun Yarımadası'nın Neojen Öncesi Stratigrafisi. *MTA Dergisi*, 132, 33-62.
- [12] Beretka, J., Mathew, P.J. 1985. Natural radioactivity of Australian building materials, industrial waste sand by-products. *Health Physics*, 48, 87-95.
- [13] Report by an NEA Group of Experts 1979. Exposure to Radiation from the Natural Radioactivity in Building Materials. Nuclear Energy Agency Organisation for Economic Cooperation and Development, 34s.
- [14] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2019, Yıllık Toplam Alansal Yağış Normalleri (1981 - 2010) <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/aylik-normal-yagis-dagilimi.aspx> (Erişim Tarihi: 16.01.2019)