



İstanbul Boğazı'nın Anadolu yakasında ¹³⁷Cs Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Osman Günay^{1*}, Serpil Aközcan²

¹İstanbul Okan Üniversitesi SHMYO İSTANBUL
²Kırklareli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi KIRKLARELİ

(İlk Geliş Tarihi 7 Ağustos 2018 ve Kabul Tarihi 5 Kasım 2018)

(DOI: 10.31590/ejosat.451649)

Özet

Tıbbi atıklar, endüstriyel faaliyetler, nükleer testler ve nükleer reaktörlerde meydana gelen kazalardan kaynaklanan antropojenik radyonüklidler, çevre üzerinde ciddi etkilere neden olabilecek kirlilik kaynaklarıdır. Çernobil kazasından sonra birçok antropojenik radyonüklidin Karadeniz'e girdiği bilinmektedir. Türkiye'nin kuzey kesimindeki topraklar 1986'daki Çernobil serpinisi ile kirlenmiştir. Bu çalışmada, toprak örneklerinde ¹³⁷Cs aktivite konsantrasyonları ölçülmüştür. İstanbul Boğazı Anadolu yakasının farklı lokasyonlarından toplanan yüzey toprağındaki antropojenik (¹³⁷Cs) radyonüklid aktivitesinin konsantrasyonları, HPGe dedektörlü yüksek çözünürlüklü gama spektrometresi ile analiz edilmiştir. ¹³⁷Cs aktivite konsantrasyonları 0.74±0.31 - 6.21±0.16 Bqkg⁻¹ arasında değişmektedir.

Anahtar kelimeler: Toprak, ¹³⁷Cs, İstanbul Boğazı, Gama

Determination of ¹³⁷Cs Concentration in Anatolian side of the Bosphorus

Abstract

Anthropogenic radionuclides resulting from accidents in nuclear reactors, nuclear tests, industrial activities and medical wastes are sources of pollution that can cause serious impacts on environment. It is well known that many anthropogenic radionuclides entered the Black Sea after the Chernobyl power plant accident. Soil in especially the northern part of Turkey were contaminated by the Chernobyl fallout of 1986. In the present study, the activity concentrations of ¹³⁷Cs in the soil samples measured. The activity concentrations of the anthropogenic (¹³⁷Cs) radionuclide in surface soil samples collected from different locations in Anatolian Side (Bosphorus) were analyzed by the high-resolution gamma spectrometer with HPGe detector. The activity concentrations of ¹³⁷Cs ranged from 0.74±0.31 - 6.21±0.16 Bqkg⁻¹.

Key words: Soil, ¹³⁷Cs, Bosphorus, Gamma

¹ Sorumlu Yazar: İstanbul Okan Üniversitesi SHMYO İSTANBUL osman.gunay@okan.edu.tr

1. Giriş

Dünya üzerindeki tüm canlılar yaşamları süresince sürekli olarak radyasyona maruz kalmaktadırlar. Bu radyasyon doğal yollardan kaynaklanacağı gibi yapay yollardan da üretilebilmektedir. Doğal radyasyon, karasal kaynaklardan ve kozmik ışınlardan meydana gelmektedir (Aközcan S., 2014; Günay, 2018; Seçkiner vd., 2017; Mavi ve Akkurt, 2010; Uyanık vd., 2010; Günay vd. 2018b; Uyanık vd.,2013). İnsanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarının çeşidi ise oldukça fazladır.

Toprak hem doğal hem de yapay radyasyon kaynağı olarak davranabilmektedir. Ayrıca toprakta bulunan radyoaktif çekirdekler havaya, suya ve biyolojik bazı sistemlere geçebilmektedir. Bu sebeple toprakta bulunan radyoaktivite miktarının bilinmesi ve değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Aközcan vd., 2014; Aközcan vd., 2018; Çetin vd., 2016; Günay vd., 2018a).

Dünya'da çevreyi kirleten birçok kirletici unsur vardır (Yarar vd., 2018). Bunlardan bazıları görünürken bazıları ise görünmez. Görünmeyen çevreyi kirletici unsurlardan bir tanesi radyoaktif kirliliktir. Radyoaktif kirliliğin etkisi oldukça uzun olup ekosisteme zarar vermektedir. Nükleer teknolojinin Dünya'da kullanılmaya başlandığı yıl 1940'a dayanmaktadır. O yıllardan günümüze kadar dünyanın her yerinde nükleer teknoloji sebebiyle, çevreye yapay radyonüklidler yayılmıştır.

Nükleer tıp uygulamalarından, nükleer reaktörlerden, parçacık hızlandırıcılardan, nükleer silah denemelerinden, nükleer denizaltı kazalarından çevreye oldukça fazla radyonüklid yayılmıştır. Ayrıca 26 Nisan 1986 yılında meydana gelen Çernobil nükleer kazasından ortaya çıkan radyoaktif çekirdekler Dünya genelinde ve Türkiye'de radyonüklid konsantrasyonlarında bir artış meydana getirmiştir (Akram vd., 2004; Noureddine vd., 2007; Rantavaara, 2008; Florou, vd., 2010).

Çernobil nükleer kazasının Türkiye'ye yakın bir bölgede meydana gelmesinden dolayı, bazı uzun ömürlü radyoaktif çekirdekler hem denizel hem de karasal ortama girmiştir. Bu sebepten dolayı 1986 yılından günümüze kadar yapay radyoaktif düzeyinin belirlenmesine yönelik çalışmalar büyük oranda artmıştır (Topçuoğlu, 2001).

Sezyum (^{137}Cs) uzun sayılabilecek 30 yıllık bir yarı ömre sahiptir. Bundan dolayı ortamdaki radyonüklidlerin davranışını belirleyebilen iyi bir göstergedir (Yii vd., 2007).

Bu çalışmada İstanbul boğazının Anadolu yakasında Üsküdar ve Beykoz ilçe sınırları içerisinde ^{137}Cs konsantrasyonlarının HPGe (hyperpuregermanium) detektörü kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucu hem ulusal hem de uluslararası düzeyde yapılan benzer çalışmalarda karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma Bölgesi

Çevre kirliliğine neden olan maddelerin etkileri doğrudan veya dolaylı olabilir. Bu etki kirliliğe neden olan maddenin konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar nüfus yoğunluğuna da

bağlıdır. İstanbul'un nüfusu yaklaşık olarak 15.000.000 olup Türkiye'nin en kalabalık şehridir. Türkiye'de kilometrekareye düşen kişi sayısı yaklaşık 97 dir (Toros vd., 2014). Fakat bu değer İstanbul da yaklaşık olarak 2829 dir. Dolayısıyla İstanbul, Türkiye'nin nüfus yoğunluğu açısından da en büyük şehridir (TÜİK 2012). Nüfus yoğunluğunun çok fazla olması sebebiyle İstanbul'daki doğal ve yapay radyasyondan etkilenen kişi sayısı da oldukça fazla olacağı düşüncesiyle çalışma bölgesi İstanbul seçilmiştir. İstanbul Boğazı, gerek tarihi gerekse turistik anlamda en çok ziyaret edilen bölgelerinden bir tanesidir.

İstanbul (Şekil1) Boğazı'nın Anadolu yakasında 2 ilçesi vardır. Bunlar Üsküdar ve Beykoz ilçeleridir. Üsküdar'ın nüfusu yaklaşık olarak 533.000, Beykoz'un nüfusu yaklaşık olarak 251.000 dir. Bu çalışma İstanbul boğazının Anadolu yakasında Üsküdar ve Beykoz sınırları içerisinde yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil1: Çalışma Bölgesinin Türkiye'deki yeri (İstanbul)



Şekil 2: Çalışma Bölgesi (Üsküdar ve Beykoz)

2.2 Örneklerin Toplanması ve Hazırlanması

Bu çalışmada Üsküdar ilçe sınırları içerisinde 6, Beykoz ilçe sınırları içerisinde 7 olmak üzere toplamda belirlenen 13 farklı noktadan toprak örneği alınmıştır. Boğaziçi bölgesinin sezyum konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlandığı için bu ilçelerin İstanbul boğazına yakın olan bölgeleri tercih edilmiştir (Şekil 3).

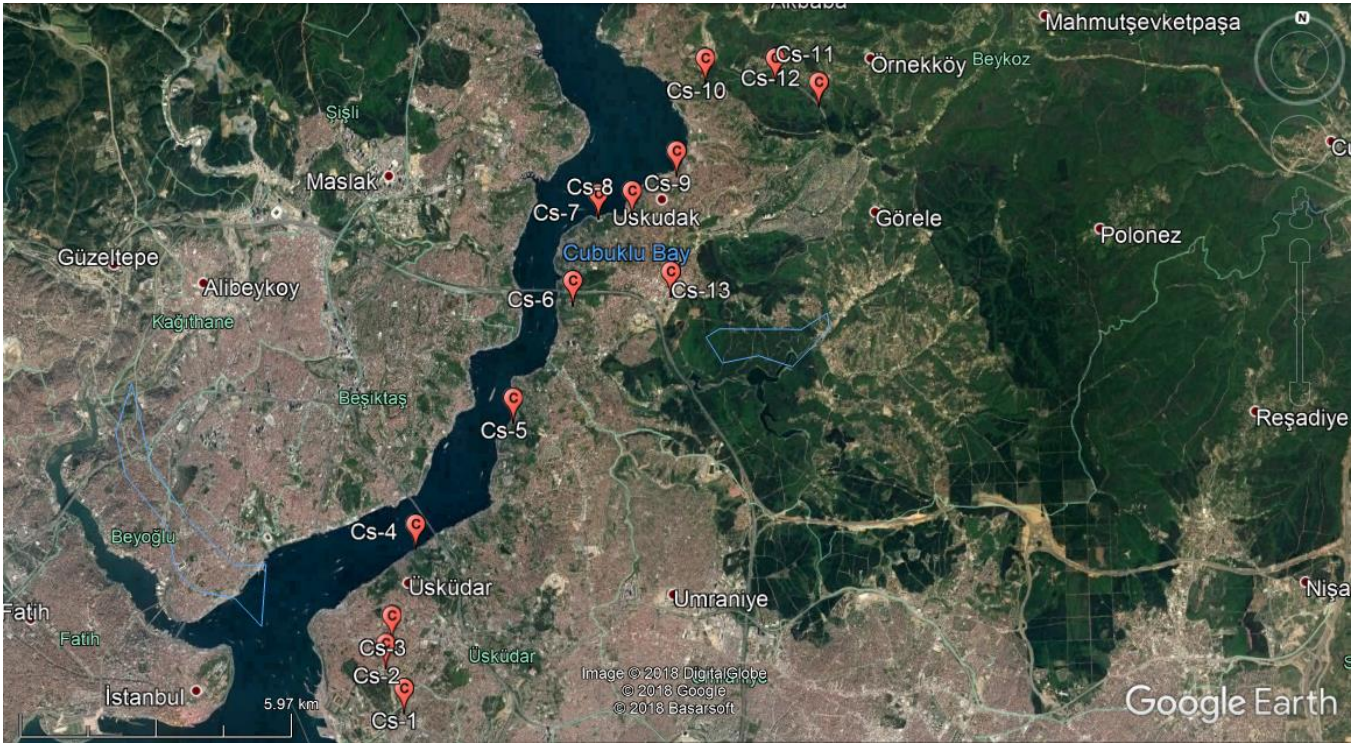
Toprak örnekleri 1 m² metoduyla toplanmıştır. Bu metotta 1 m²lik bir alan belirlenerek alan içerisinde 4 ayrı noktadan toprak yüzeyinin yaklaşık 5 cm derinliğinden 250'şer gram toprak örneği (toplam 1000 gram) alınıp homojen olarak karıştırılmıştır.

Bu toprak örnekleri Kırklareli Üniversitesi merkez laboratuvarına götürülmüştür. Laboratuvarında öncelikle toprak örnekleri 105 °C' da 2 gün süreyle etüvde kurutulmuştur. Tamamen kuruyan toprak örnekleri 1 mm'lik elekten geçirilmiştir. Taş, çakıl ve makro kirlilikten arındırılmış hale gelmiştir ve kurumuş toprak örnekleri 250ml'lik polietilenden üretilmiş silindirik kaplara konulmuştur (Şekil4).



Şekil 4: Hazırlanmış toprak örnekleri

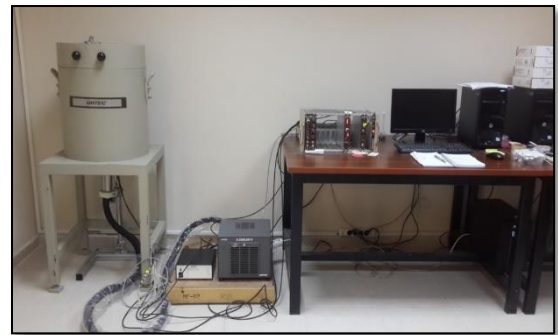
Kapların ağız kısımları hiç hava girişi olmayacak biçimde sıkıca kapatılmıştır. Böylelikle dış ortamla bağlantısı kesilmiş olup gaz girişi çıkışı engellenmiş kaplar, radon ve bozunum ürünleriyle denge haline gelmesi için yaklaşık 40 gün bekletilmiştir. 40 günün sonunda gama spektroskopik ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3: Örnekleme noktalarının harita üzerindeki yerleri

2.3 Radyasyon Ölçüm Sistemi

Çalışmada toprak örneklerinin gama spektrometrik analizleri, yüksek saflıkta germanyum dedektörü HpGe (Hyper Pure Germanium Detector) kullanılarak yapılmıştır. İncelenen toprak örneklerinin aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılan gamma spektrometre sistemi % 70 relatif verime sahip Ortec GEM 70P4-95 HPG ekoaksiyel detektör (^{60}Co ' ın 1332 keV gamma enerjisi için FWHM değeri 2.0keV ve pik/compton oranı 75:1), kurşun zırh, Gamma Vision-32 spektrum analiz yazılımı ve bilgisayardan oluşmaktadır (Şekil 5). Örneklerde ^{137}Cs 'nin aktivitesi kendi karakteristik gaması olan 661.7keV gamma piki kullanılarak doğrudan tayin edilmiştir.



Şekil 5: Gama Spektrometre Sistemi

3. Bulgular

Çalışmadaki örnekleme noktalarının koordinatları ve bu noktalardaki ^{137}Cs konsantrasyonları Tablo 1’de gösterilmiştir. Tabloda Cs-1 örnekleme noktasından Cs-6 örnekleme noktasına kadar olan bölge Üsküdar ilçe sınırlarında iken Cs-7 den Cs-13 örnekleme noktasına kadar olan kısım ise Beykoz ilçe sınırlarındadır.

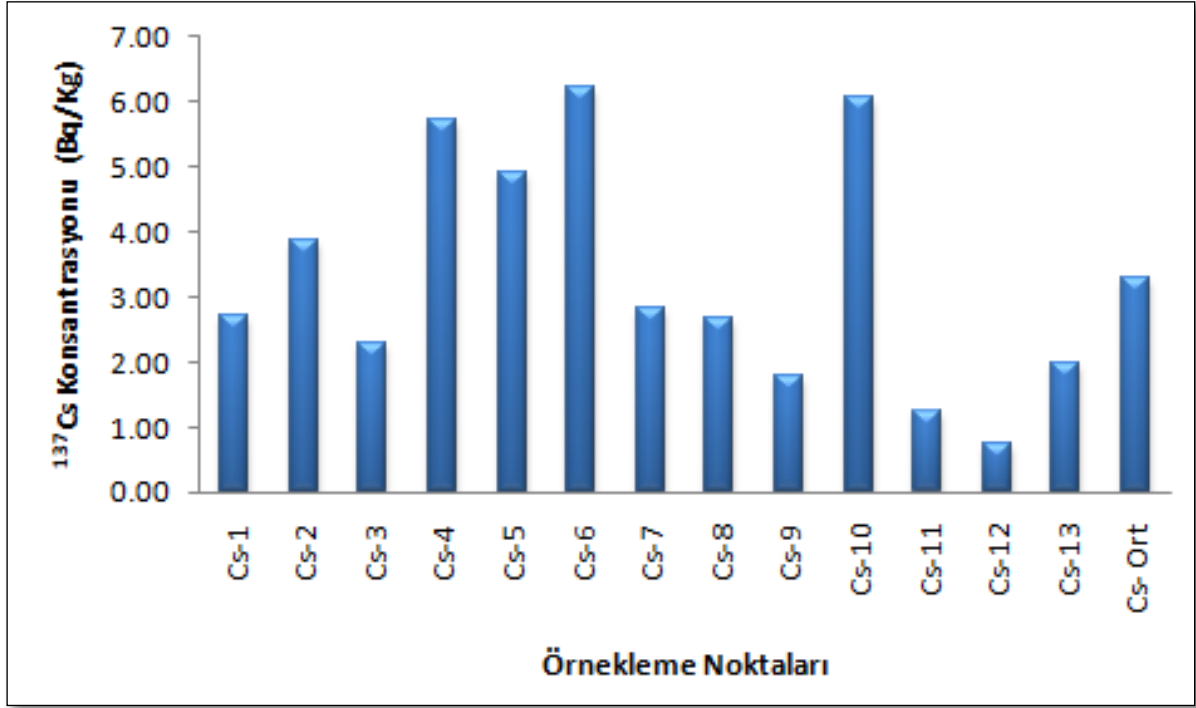
Üsküdar ilçe sınırlarındaki en düşük ^{137}Cs konsantrasyonu $2.28 \pm 0.18 \text{ Bqkg}^{-1}$ olup Cs-3 örnekleme noktasına aittir. En yüksek radon konsantrasyonu ise $6.21 \pm 0.16 \text{ Bqkg}^{-1}$ olup Cs-6 örnekleme noktasına aittir. Üsküdar’ın ortalama ^{137}Cs konsantrasyonu $4.28 \pm 0.28 \text{ Bqkg}^{-1}$ ’dır (Şekil 6).

Beykoz ilçe sınırlarındaki en düşük ^{137}Cs konsantrasyonu $0.74 \pm 0.31 \text{ Bqkg}^{-1}$ olup Cs-12 örnekleme noktasına aittir. En yüksek ^{137}Cs konsantrasyonu ise $6.05 \pm 0.30 \text{ Bqkg}^{-1}$ olup Cs-10 örnekleme noktasına aittir. Beykoz ilçesinin ortalama ^{137}Cs konsantrasyonu ise $2.4 \pm 0.34 \text{ Bqkg}^{-1}$ ’dır (Şekil 6).

Tüm örnekleme noktaları göz önünde bulundurulduğunda İstanbul Boğazı’nın Anadolu yakasındaki ortalama ^{137}Cs konsantrasyonu ise $3.30 \pm 0.31 \text{ Bqkg}^{-1}$ ’dır.

Tablo1: Örnekleme noktalarının koordinatları ve ^{137}Cs konsantrasyonları

Örnekleme Noktaları	GPS Koordinatlar		^{137}Cs (Bq kg ⁻¹)
	Kuzey	Doğu	
Cs-1	41° 0 ' 23 "	29° 1 ' 59 "	2.71±0.19
Cs-2	41° 0 ' 54 "	29° 1 ' 39 "	3.87±0.46
Cs-3	41° 1 ' 14 "	29° 1 ' 43 "	2.28±0.18
Cs-4	41° 2 ' 20 "	29° 2 ' 10 "	5.70±0.40
Cs-5	41° 3 ' 54 "	29° 3 ' 24 "	4.90±0.28
Cs-6	41° 5 ' 20 "	29° 4 ' 13 "	6.21±0.16
Cs-7	41° 6 ' 26 "	29° 4 ' 19 "	2.82±0.32
Cs-8	41° 6 ' 27 "	29° 4 ' 59 "	2.65±0.25
Cs-9	41° 7 ' 38 "	29° 5 ' 48 "	1.77±0.29
Cs-10	41° 8 ' 16 "	29° 6 ' 16 "	6.05±0.30
Cs-11	41° 8 ' 19 "	29° 7 ' 12 "	1.22±0.53
Cs-12	41° 7 ' 52 "	29° 7 ' 53 "	0.74±0.31
Cs-13	41° 5 ' 48 "	29° 5 ' 33 "	1.99±0.39
Cs- Ort			3.30±0.31

Şekil 6: Örneklem noktalarına göre ¹³⁷Cs konsantrasyonları

¹³⁷Cs konsantrasyonu Dünya genelinde ve Türkiye'nin değişik bölgelerinde oldukça farklı değerlere sahiptir. Dünya genelinde ve ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalar incelendiğinde ¹³⁷Cs konsantrasyonları 0.45 Bqkg⁻¹ den 236 Bqkg⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir (Tablo2).

Çanakkale	0.6-5.9	Örgün vd., 2007
Türkiye	11.6	TAEA
İstanbul Boğazı (Anadolu Yakası)	3.3	Bu Çalışma

Tablo2: Bu çalışmada elde edilen ¹³⁷Cs sonuçlarının ile Türkiye' de ve Dünya' da yapılan çalışmalarla karşılaştırılması

Çalışma Bölgesi	¹³⁷ Cs(Bqkg ⁻¹)	Referans
Mersin	18.6	Karataşlı vd., 2016
Rize	236	Dizman vd., 2016
Filistin	2.8	Abu Samreh et al.,2014
Pakistan	15.04	Rafique vd.,2014
Kars	18	Cengiz vd., 2014
Kocaeli	0.56-5.43	Korkulu ve Özkan, 2013
Yalova	2.53	Kapdan vd., 2011
Kırklareli	8	Taşkın vd.,2009
Mısır	0.45-2.3	Harb, 2008
Adana	6.8	Değerlier vd., 2008

4. Sonuç

Bu çalışmada İstanbul Boğazı'nın Anadolu yakasında Üsküdar ve Beykoz sınırları içerisinde toplamda 13 örneklem noktası belirlenerek toplanan toprak örneklerinde HPGe (hyperpuregermanium) spektroskopi sistemi kullanılarak ¹³⁷Cs konsantrasyonları tayin edilmiştir. Çalışma sonucunda ¹³⁷Cs konsantrasyonları 0.74±0.31 Bqkg⁻¹ ile 6.21±0.16 Bqkg⁻¹ arasında bulunmuştur. Ortalama ¹³⁷Cs konsantrasyonu ise 3.30±0.31 Bqkg⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Çalışma sonucu Dünya genelinde ve Türkiye' de yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların bazı bölgelerden büyük olduğu fakat genellikle diğer çalışmaların sonuçlarından düşük olduğu görülmüştür. Türkiye ortalamasına göre karşılaştırıldığında ise bu çalışma sonucunda ortaya çıkan İstanbul Boğazı'nın Anadolu yakasındaki ortalama ¹³⁷Cs konsantrasyonunun düşük olduğu görülmüştür. Bu tür çalışmalar Dünya'da oldukça önemli çalışmalar olarak kabul edilmekte olup, ülkemiz açısından veri arşivi elde edilmesinde yardımcı olacağı düşünülmektedir. Çalışmalarımız rutin olarak devam edecek olup ülkemiz için radyasyon haritası oluşturulması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Gama spektroskopik ölçümlerin yapılmasında Kırklareli Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında ölçümlerimizi yapma aşamasında desteklerini esirgemeyen Kırklareli

Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR'e teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

Abu Samreh M.M., Thabayneh K.M., KhraisF.W., 2014, Measurement of activity concentration levels of radionuclides in soil samples collected from Bethlehem Province, West Bank, Palestine, *Turkish JEngEnvSci*, 38: 113-125.

Aközcan S., 2014, Annual effective dose of naturally occurring radionuclides in soil and sediment, *Toxicological and Environmental Chemistry*
<http://dx.doi.org/10.1080/02772248.2014.939177>

Aközcan S., Yılmaz M., Külahcı F., 2014, Dose rate and seasonal variations of ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K and ^{137}Cs radionuclides in soils along Thrace, Turkey, *J Radional Nucl Chem* 299:95-101 Doi 10.1007/s10967-013-2730-5

Aközcan S., Külahcı F., Mercan Y., 2018, A Suggestion to Radiological Hazards Characterization of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs : Spatial Distribution Modelling, *Journal of Hazardous Materials* PII: S0304-3894(18)30274-7 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.04.042>

Akram, M., R.M. Qureshi, N. Ahmad, T.J. Solaija, A. Mashiatullah, M.A. Ayub, and S. Irshad. 2004. "Determination of Natural and Artificial Radionuclides in Sea Water and Sediments Off Gwadar Coast, Arabian Sea." *The Nucleus* 41: 19_25.

Cengiz, B. G., Reşitoğlu S. 2014, Determination of natural radioactivity levels in Kars City center, Turkey. *Journal of Nuclear Sciences*, 1, 32-37.

Çetin B., Öner F. and Akkurt I., 2016, Determination of Natural Radioactivity and Associated Radiological Hazard in Excavation Field in Turkey (Oluz Höyük), *Acta Physica Polonica A Vol A Vol 130* (2016), DOI:10.12693/APhysPolA.130.475

Değerlier 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.

Dizman S., Görür F.K., Keser R., 2016, Determination of radioactivity levels of soil samples and the excess of lifetime cancer risk in Rize province, Turkey. *International Journal of Radiation Research*, 14(3): 237-244.

Florou, H., G. Nicolaou, and N. Evangeliou. 2010, "The Concentration of ^{137}Cs in the Surface of the Greek Marine Environmen." *Journal of Environmental Radioactivity* 101: 654_657.

Günay O., 2018, Determination of Natural Radioactivity and Radiological Effects in some Soil Samples in Beykoz-Istanbul, *European Journal of Science and Technology* No. 12, pp. 9-14, April 2018 ISSN:2148-2683

Günay, O., Saç, M.M., İçedef, M. Taşköprü, C., 2018a, Natural radioactivity analysis of soil samples from Ganos fault (GF), *Int. J. Environ. Sci. Technol. Print ISSN: 1735-1472, Online ISSN, 1735-2630*

Günay, O., Saç, M.M., İçedef, M. Taşköprü, C., 2018b, Soil gas radon concentrations along the Ganos Fault (GF)", *Arabian Journal of Geoscience* 11:213. Print ISSN: 1866-7538, <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3542-2>

Harb, S., 2008. Natural radioactivity and external gamma radiation exposure at the coastal Red Seain Egypt. *Radiat. Prot. Dosimetry*130,376–384.

Karataslı M., Turhan S., Varinlioglu A., Yegingil Z., 2016, Natural and fallout radioactivity levels and radiation hazard evaluation in soil samples. *Environ Earth Sci*, 75:424. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5414-y>

Kapdan E., Varinlioglu A., Karahan G., 2011, Radioactivity Levels and Health Risks due to Radionuclides in the Soil of Yalova, Northwestern Turkey *Int. J. Environ. Res.*, 5(4):837-846. DOI: 10.22059/IJER.2011.441

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*, Volume 88, 2013, Pages 27-31, ISSN 0969-806X, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.03.022>.

Mavi B., Akkurt I., 2010, "Natural radioactivity and radiation hazards in some building materials used in Isparta, Turkey" *Rad. Phys. Chem.* 79-9(2010)933-9doi: 10.1016/j.radphyschem.2010.03.019

Noureddine, A., M. Benkrid, R. Maoui, M. Menacer, and R. Boudjenoun, 2007, *Distribution of Natural Radioactivity, ^{137}Cs , ^{90}Sr , and Plutonium Isotopes in a Water Column and Sediment Core along the Algerian Coast.* New York, NY: Hindawi Publishing Corporation Science and Technology of Nuclear Installations. Project Report.

Örgün, Y., Altınsoy, N., Şahin, S.Y., Güngör, Y., Gültekin, A.H., Karahan, G., Karacık, Z., 2007, Natural and antropogenic radionuclides in rocks and beach sands from Ezine region (Çanakkale) Western Anatolia, Turkey. *Appl. Radiat. Isot.* 65, 739–747.

Rafique M., Ur Rahman S., Basharat M., Aziz W., Ahmad I., Lone K.A., Ahmad K., Matiullah M., 2014, Evaluation of excess life time cancer risk from gamma dose rates in Jhelum valley. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7 29-35.

Rantavaara, A., 2008, Ingestion Doses in Finland Due to ^{90}Sr , ^{134}Cs and ^{137}Cs from Nuclear Weapons Testing and the Chernobyl Accident." *Applied Radiation and Isotopes* 66: 1768_1774.

Seçkiner S., Akkurt, I., Günoglu K., 2017, Determination of ^{40}K concentration in gravel samples from Konyaaltı Beach, Antalya. *Acta Phys. Pol. A.*, Vol 132 (3-II), 1095-1097, doi: 10.12693/APhysPolA.132.1095.

TAEA (2010). Environmental Radioactivity Monitoring in Turkey, Technique Report, Ankara 9-14.

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 Kirklareli, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 49- 53.

TUIK, 2012, Address Based Population Registration System, Turkish Statistical Institute, <http://www.tuik.gov.tr> (accessed 26 December 2012).

Toros H., Erdun H., Capraz O, Ozer B., BozyazıDaylan E., Oztürk A.I. , 2014, Air Pollution and Quality Levels in Metropolitans of Turkey for Sustainable life, *European Journal of Science and Technology* Vol. 1, No. 2, pp. 28-38, June 2014

Topçuoğlu, S., 2001, "Sources and Distribution of Anthropogenic Radionuclides in Marmara Sea Environment." *Turkish Journal of Marine Sciences* 7: 143_152.

Uyanık N.A., Akkurt I., Uyanık O., 2010 , A ground radiometric study of uranium, thorium and potassium in Isparta, Turkey, *Ann.ofGeophys.* 53, 5-6(2010)25-30
DOI: <https://doi.org/10.4401/ag-4726>

Uyanık N.A., Uyanık O., Akkurt I., 2013, Micro-zoning of the natural radioactivity levels and seismic velocities of potential residential areas in volcanic fields: The case of Isparta (Turkey), *Journal of Applied Geophysics*, Volume 98,2013,Pages 191-204,ISSN 0926-9851, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.08.020>.

Yarar, O., Temizsoy, E., Günay, O., 2018, Noise pollution level in a pediatric hospital, *International Journal of Environmental Science and Technology*", issn="1735-2630", doi="10.1007/s13762-018-1831-7",
url="https://doi.org/10.1007/s13762-018-1831-7"

Yii, M.W., A. Zaharudin, and M. Norfaizal. 2007, Concentration of Radiocaesium ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs in Sediments of the Malaysian Marine Environment." *Applied Radiation and Isotopes* 65: 1389_1395.