

Topraktan Kars Halkının Tükettiği Buğday Ununa Doğal Radyonüklidlerin Transfer Faktörlerinin Belirlenmesi

Gülçin BİLGİCİ CENGİZ^{a,*}, İlyas ÇAĞLAR^b, Aşlıhan ÇAĞLAR^c

^a Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 36100, Kars, Türkiye

^b Kafkas Üniversitesi, Kafkas Üniversitesi Kazım Karabekir Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 36100, Kars, Türkiye

^c Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 36100, Kars, Türkiye

Araştırma Makalesi Research Article	Fizik Physics	Geliş Tarihi/Received 26.11.2020	Kabul Tarihi/Accepted 30.12.2020
--	------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Öz: Bu çalışmada ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K aktivite konsantrasyonları, Kars'tan alınan toplam 45 tane toprak numunesinde ve bu incelenen topraklarda yetiştirilen buğdaylardan üretilen buğday unu örneklerinde ölçülmüştür. Gama spektrometrik analizler sonucunda, toprak örneklerindeki ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K doğal radyonüklidlerinin ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla, 20,1±8,2; 31,2±7,1 ve 496,1±35,6 Bqkg⁻¹ olduğu bulundu. Yöre halkı tarafından ağırlıklı olarak ekmek yapımında kullanılan buğday unu örneklerindeki ortalama aktivite konsantrasyonları ise sırasıyla, 11,0±2,2; 10,8±2,3 ve 304,1±25,5 Bqkg⁻¹ olarak bulundu. Topraktan-bitkiye transfer faktörleri, toprakta ve gıdalarda radyoaktivitenin varlığından dolayı çevresel etkinin değerlendirilmesinde temel öneme sahiptir. Bu nedenle, buğday unu örnekleri için bu doğal radyonüklidlerin topraktan-bitkiye transfer faktörleri değerlendirildi. Topraktan-buğday ununa ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K radyonüklidlerinin transfer faktörleri sırasıyla, 0,30±0,10 ile 1,29±0,95; 0,15 ± 0,07 ile 0,86±0,28 ve 0,45 ± 0,07 ile 0,83 ±0,15 aralıklarında olduğu tespit edildi. Çalışma alanındaki doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonlarının ülkemizde ve dünyanın farklı bölgelerinde yapılan benzer çalışmaların sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Toprak, Buğday unu, Doğal radyoaktivite, NaI(Tl) dedektör, Transfer Faktörü

Determination of Transfer Factors of Natural Radionuclides from Soil-to-Wheat Flour Consumed by Kars People

Abstract: In this study, ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K activity concentrations were measured in a total of 45 soil samples taken from Kars and wheat flour samples produced from wheat grown in these soils. As a result of gamma spectrometric analysis, the mean activity concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K natural radionuclides in soil samples were found to be 20.1 ± 8.2, 31.2 ± 7.1, 496.1 ± 35.6 Bqkg⁻¹, respectively. The average activity concentrations in wheat flour samples used mainly in bread making by the local people were found to be 11.0 ± 2.2, 10.8 ± 2.3 and 304.1 ± 25.5 Bqkg⁻¹, respectively. Soil-to-plant transfer factors are of fundamental importance in the assessment of environmental impact due to the presence of radioactivity in soil and food. Therefore, soil-to-plant transfer factors of these natural radionuclides were evaluated for wheat flour samples. The transfer factors of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K radionuclides from soil to wheat flour were determined to be in the range of 0.30 ± 0.10 to 1.29 ± 0.95, 0.15 ± 0.07

Gülçin BİLGİCİ CENGİZ : ORCID:https://orcid.org/ 0000-0002-6164-3232
İlyas ÇAĞLAR : ORCID:https://orcid.org/ 0000-0002-6958-8469
Aşlıhan ÇAĞLAR : ORCID:https://orcid.org/ 0000-0003-3242-621X

Sorumlu Yazar/Corresponding Author E-mail: gulcincengiz@kafkas.edu.tr

to 0.86 ± 0.28 and 0.45 ± 0.07 to 0.83 ± 0.15 , respectively. It has been observed that the activity concentrations of natural radionuclides in the study area are consistent with the results of similar studies conducted in our country and in different parts of the world.

Keywords: Soil, Wheat flour, Natural Radioactivity, NaI(Tl) Detector, Transfer Factor

1. GİRİŞ

Çevredeki doğal ve yapay radyonüklid dağılımının ve bu radyonüklidlerin oluşturduğu radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi, insanların maruz kaldığı hem karasal hem de yapay kaynaklı iyonlaştırıcı radyasyonun etkilerinin belirlenebilmesi için büyük önem taşımaktadır (Agbalagba ve ark., 2012; Sroor ve ark., 2001). Bununla birlikte, topraktaki radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi herhangi bir radyoaktif serpinti ile eşzamanlı olarak doğal background aktivitesindeki değişiklikleri tespit edebilmesini ve çevrede olası herhangi bir radyoaktif serpentinin izlenmesini sağlayacaktır.

Toprak radyoaktivitesi temel olarak gama ışını yayımlayan ^{40}K , ^{226}Ra ve ^{232}Th doğal radyonüklidlerden ve yapay bir radyonüklid olan ^{137}Cs 'den kaynaklanmaktadır. Toprak örneklerinde bulunan bu radyonüklidler, besin zinciri yoluyla insan vücudunda iç ışınlamaya neden olmaktadır çünkü çoğu radyonüklid insan vücuduna toprak-bitki-insan zinciriyle taşınmaktadır (Kırmacı ve ark., 2013). Bu nedenle, toprak radyoaktivitesi ve doğal radyonüklidlerin topraktan-bitkiye transfer faktörleri (TF), insan popülasyonunun doğal ve yapay kaynaklı gama ışını maruziyetinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesinin yanı sıra radyonüklidlerin hareketlilik, transferler ve yer değiştirme gibi uzun vadeli davranışlarının incelenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Son yıllarda, toprak ve bitki örneklerindeki ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları ve bunların topraktan-bitkiye transfer faktörleri (TF) birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Örneğin, Suudi Arabistan'ın üç farklı bölgesinden (Buraidah, Al-Zulfi ve Al-Majmaah bölgelerinden) toplanan toprak örneklerinin ve bu bölgelerdeki hurma çiftliklerinden toplanan 9 hurma örneğinin doğal radyoaktivite seviyeleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda toprak örneklerinden ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla, 12.8 ± 2.2 , 102 ± 2.1 , 329 ± 87 ve 0.28 ± 0.10 Bqkg⁻¹ olarak ölçülmüş ve hurma örneklerinde ^{137}Cs radyoaktif çekirdeğine rastlanmamıştır. Ayrıca çalışmada ^{276}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K radyoaktif çekirdeklerinin transfer faktörlerinin geometrik ortalamaları sırasıyla 0.33, 0.21 ve 0.51 olarak bulunmuştur (Abu Shayeb ve ark., 2018). Pakistan'da yapılan çalışmada toprak örneklerinin ve buğday, patates gibi yerel halkın günlük beslenmelerinde kullandıkları gıda ürünlerinin ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs aktiviteleri ölçülmüştür. Toprak örneklerindeki ^{226}Ra aktivite konsantrasyonu 30.0 Bqkg⁻¹ ile 81.2 Bqkg⁻¹ değerleri arasında ortalama 56.2 Bqkg⁻¹,

^{232}Th aktivite konsantrasyonu 31.4 Bqkg^{-1} ile 78.5 Bqkg^{-1} değerleri arasında ortalama 58.5 Bqkg^{-1} , ^{40}K aktivite konsantrasyonu 308.8 Bqkg^{-1} ile 2177.6 Bqkg^{-1} değerleri arasında ortalama 851.9 Bqkg^{-1} ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonu ise 1.3 Bqkg^{-1} ile 46.8 Bqkg^{-1} değerleri arasında ortalama 13.39 Bqkg^{-1} olarak ölçülmüştür. Çalışmada incelenen toprak örneklerindeki ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K ortalama aktivite konsantrasyonlarının dünya ortalama değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Sonuçlar bu radyoaktif çekirdeklerin konsantrasyonlarının bölgede yaşayan insanların sağlığı açısından bir risk oluşturmadığını açıkça göstermiştir. Ayrıca çalışmada bu radyoaktif çekirdeklerin topraktan gıda ürünlerine transfer faktörleri de çalışılmıştır. ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{137}Cs radyoaktif çekirdeklerinin transfer faktörleri sırasıyla 0.17 , 0.07 , 0.16 ve 0.23 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada iç ve dış tehlike indeksleri hesaplanmış ve ortalama değerleri sırasıyla 0.70 ve 0.55 olarak bulunmuştur. Yapılan doz hesaplamaları sonucunda çalışma bölgesindeki doğal radyoaktif çekirdeklerin aktivite konsantrasyonlarının nominal değerlerde olduğu ve bölge halkı için sağlık riski oluşturmayacağı bildirilmiştir (Khan Hasan ve ark., 2010). Kars ilinin Digor ilçesinde toplanan toprak ve mera bitkisi örneklerinin doğal radyoaktivite seviyeleri ölçülerek doğal radyonüklidlerin topraktan bitkiye transfer faktörleri hesaplanmıştır. İncelenen toprak örneklerinde ^{226}Ra aktivite konsantrasyonu $60.2 \pm 12.5 \text{ Bqkg}^{-1}$ ile $98.1 \pm 13.3 \text{ Bqkg}^{-1}$ değerleri arasında ortalama $80.1 \pm 13.8 \text{ Bqkg}^{-1}$, ^{232}Th aktivite konsantrasyonu $54.7 \pm 11.6 \text{ Bqkg}^{-1}$ ile $81.1 \pm 13.3 \text{ Bqkg}^{-1}$ değerleri arasında ortalama $65.7 \pm 12.6 \text{ Bqkg}^{-1}$ ve ^{40}K aktivite konsantrasyonu $450 \pm 38.5 \text{ Bqkg}^{-1}$ ile $736.6 \pm 50.2 \text{ Bqkg}^{-1}$ değerleri arasında ortalama $617.0 \pm 45.5 \text{ Bqkg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mera otu örneklerindeki ^{226}Ra , ^{233}Th , ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları sırasıyla 21.8 ± 6.5 - $49.6 \pm 13.4 \text{ Bqkg}^{-1}$ 51.9 ± 113.5 – $127.7 \pm 23.8 \text{ Bqkg}^{-1}$ ve 309.5 ± 33.5 - $807.3 \pm 64.4 \text{ Bqkg}^{-1}$ aralıklarında bulunmuştur. Ayrıca çalışmada topraktan mera otuna transfer faktörleri hesaplanmış ve transfer faktörleri ^{226}Ra için 0.26 ile 0.69 aralığında, ^{232}Th için 0.64 ile 1.99 aralığında ve ^{40}K için 0.64 ile 1.40 aralığında bulunmuştur. Çalışma sonucunda ^{226}Ra bitki gövde ve yapraklarına oranla köklerde tutulduğu, ^{232}Th aktivite konsantrasyonunun sap>yaprak>kök olarak azalma eğiliminde olduğu ve ^{40}K aktivite konsantrasyonunun bitki saplarında daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Bilgici Cengiz, 2018). Gediz nehri havzasında tarım toprağı örneklerinin yanı sıra biber, patlıcan, domates gibi sebze örneklerinin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktiviteleri ölçülmüştür. Tarımsal alanlardan toplanan sebze örneklerinde ^{40}K aktivite konsantrasyonu 491.62 Bqkg^{-1} ile $2324.51 \text{ Bqkg}^{-1}$ değerleri arasında ve ^{232}Th aktivite konsantrasyonu 15.96 Bqkg^{-1} ile 52.80 Bqkg^{-1} değerleri arasında ve ^{232}Th aktivite konsantrasyonu minimum dedekte edilebilir seviye (MDA) ile 10.54 Bqkg^{-1} arasında olduğu bildirilmiştir. Sebze örneklerinin toplandığı tarımsal alanlardaki toprak örneklerinde ^{40}K , ^{226}Ra ,

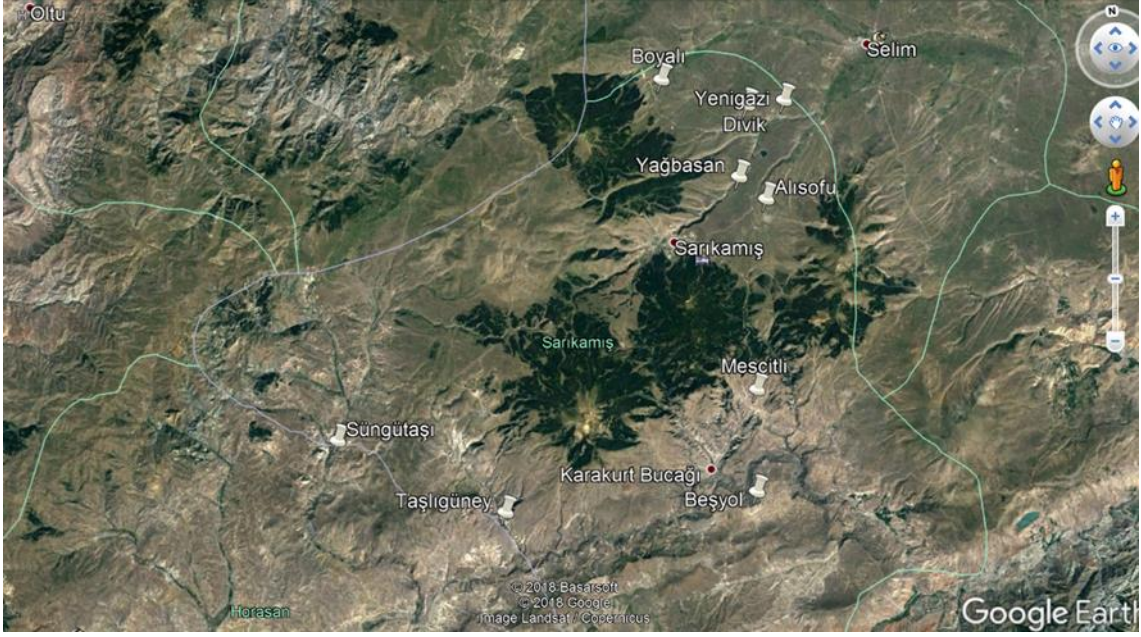
^{232}Th aktivite konsantrasyonları sırasıyla 325.89-530.52 Bqkg^{-1} , 46.5-68.83 Bqkg^{-1} , 9.29-50.57 Bqkg^{-1} aralıklarında bulunmuştur. Gübre kullanılmayan alanlardaki toprak örnekleri için aktivite konsantrasyonları; ^{40}K için 240.40-403.09 Bqkg^{-1} aralığında, ^{226}Ra için 35.61 Bqkg^{-1} aralığında ve ^{232}Th için 7.40-38.53 Bqkg^{-1} aralığında bulunmuştur. Çalışmada fosfat gübreleri kullanımının topraklardaki doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonlarını az da olsa değiştirdiği bildirilmiştir (Bolca ve ark., 2007).

Bu çalışmanın amacı Kars ilinin Sarıkamış ilçesi ve çevresinden toplanan buğday unu örneklerinin doğal radyoaktivite seviyelerini belirlemektir. Toprak ve buğday unu örneklerinin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite değerleri NaI(Tl) sintilasyon dedektörü kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca, bu doğal radyonüklidlerin topraktan-bitkiye transfer faktörleri (TF) tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, ölçüm sahası olarak Kars ilinin Sarıkamış ilçesi ve çevresi seçilmiştir. Yöre halkının günlük hayatta özellikle ekmek yapımında kullandıkları buğday unu örnekleri, 9 farklı istasyonda her biri en az 2'şer kg olacak şekilde çalışma bölgesindeki evlerden temin edilmiştir. Buğday unu örneklerinin toplandığı istasyonlar Şekil 1'de verilmektedir.

Toplanan tüm örnekler naylon torbalara konmuş ve torbalar etiketlenmiştir. Daha sonra toplanan örnekler laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda örnekler elektren geçirilerek ve 105C° de 24 saat süreyle etüvde kurutulmuştur. Daha sonra numuneleri, 100 ml hacimli, 65x55 mm ebatlı, darası alınmış vida kapaklı şeffaf patolojik numune kaplarına yerleştirilip hassas teraziyle tartılarak, ağırlıkları kilogram cinsinden kaydedilmiştir. Örneklerde bulunan; Toryum, Radyum ve bunların bozunma ürünlerinin dengeye gelmesini sağlamak amacıyla kapların ağız kısmı hava geçirmeyecek şekilde bantlanmış ve örnekler kırk günlük süreyle bekletilmiştir.



Şekil 1. Toprak ve buğday unu örneklerinin alındığı istasyonlar

İncelenen örneklerin ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları, NaI(Tl) sintilasyon dedektörlü gama ışını spektrometresi kullanılarak ölçülmüştür. Gama spektrometresinin enerji kalibrasyonu ve verim kalibrasyonu, standart (IAEA-375) kalibrasyon malzemesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir numune istatistiksel belirsizlikleri azaltabilmek için 86000 saniye sayılmıştır. Net pik alanını hesaplanırken çevreden gelecek katkıların hesaplanabilmesini sağlamak amacıyla, aynı şartlar altında doğal fon ölçümü ayrıca gerçekleştirilmiştir.

Örneklerde bulunan ^{226}Ra aktivite konsantrasyonları hesaplanırken, ^{238}U 'in bozunum serisi içinde yer alan ^{214}Bi 'un bollukları sırasıyla %46, %15 ve %16 olan 609 keV, 1120 keV, ve 1764 keV'deki piklerinden yararlanılmıştır. Benzer şekilde, ^{208}Tl 'e ait bollukları sırasıyla %30.7 ve %35.6 olan 583 ve 2614.5 keV enerjideki pikler ^{232}Th 'nin aktivite konsantrasyonunun tayininde kullanılmıştır. Toprakta oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunan ^{40}K aktivite konsantrasyonu ise 1460.8 keV gama piki kullanılarak belirlenmiştir.

Topraktan-bitkiye transfer faktörleri, toprakta ve gıdalarda radyoaktivitenin varlığından dolayı çevresel etkinin değerlendirilmesinde temel öneme sahiptir. Transfer faktörü (TF), bir bitkinin, üzerinde büyüdüğü topraktan aktivite alma veya biriktirme kabiliyetinin indeksidir. Topraktan-bitkiye transfer faktörü ile ilgili çevresel radyoaktivite ölçümlerinde temel olarak doğal radyonüklidler incelenmektedir (Khan Hasan ve ark., 2010). Topraktan-bitkiye transfer faktörü genellikle bir radyonüklidin; bitki örneklerindeki aktivite konsantrasyonunun

topraktaki aktivite konsantrasyonuna oranı olarak tanımlanır. Transfer faktörü aşağıda verilen (1) denklemi ile hesaplanır (Bilgici Cengiz, 2019).

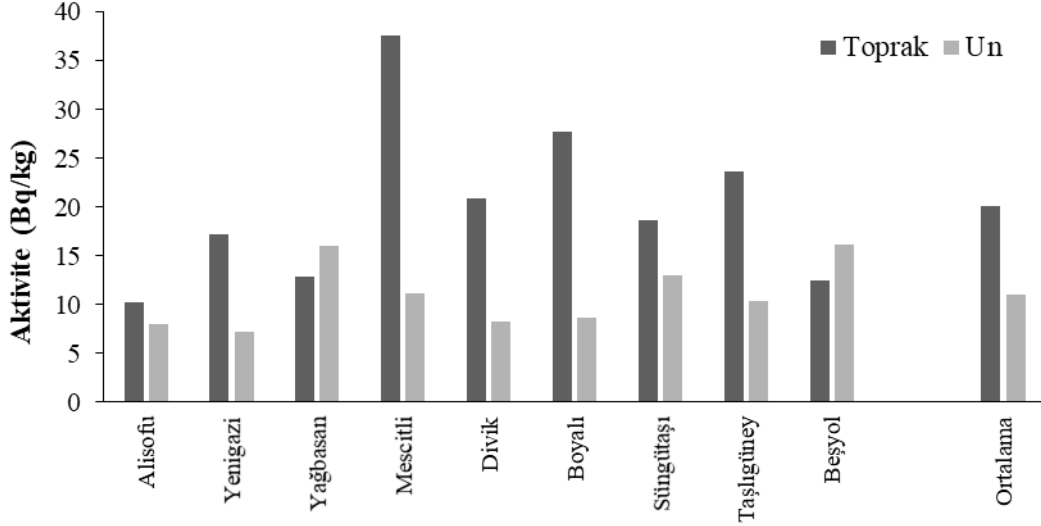
$$TF = \frac{A_{Bitki}}{A_{Toprak}} \quad (1)$$

Denklem (1)'de A_{Bitki} ve A_{Toprak} $Bqkg^{-1}$ biriminde sırasıyla, bitki ve toprak örneklerinin ortalama aktivite konsantrasyonlarıdır. Transfer faktörü değerleri, çalışma alanı içerisinde topraktaki doğal radyonüklidlerin ne kadarının bitkilere aktarıldığını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Al-Hamarneh ve ark., 2016; Bilgici Cengiz ve Çağlar, 2018).

3. BULGULAR

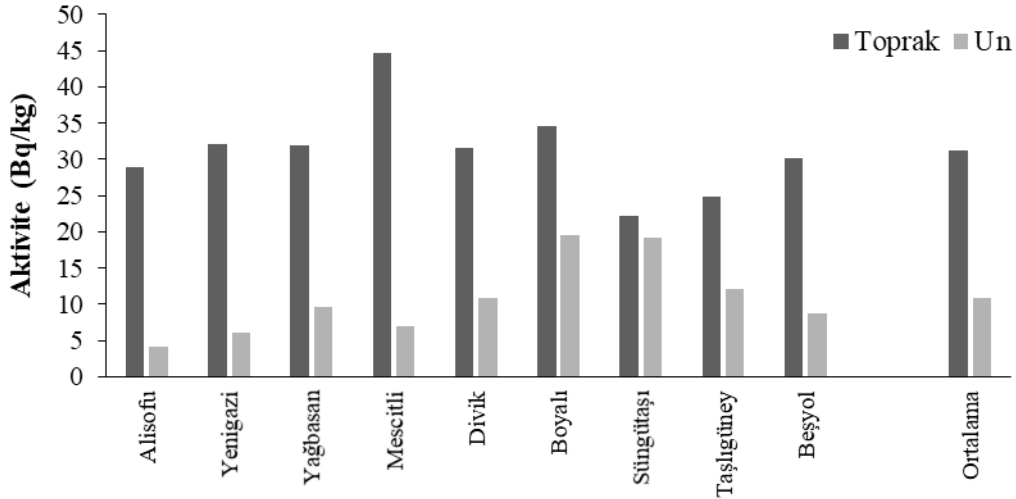
Çalışma bölgesinde yetiştirilen buğday un haline dönüştürülerek yöre halkı tarafından ağırlıklı olarak ekmek yapımında kullanılmaktadır. Bu nedenle insanlar tarafından tüketilen buğdayın doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi, insan sağlığı açısından büyük öneme sahiptir. Ayrıca bölgede yetiştirilen buğday ve diğer yem bitkileri küçük ve büyükbaş hayvan besiciliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu hayvanlardan elde edilen et, süt, peynir, yumurta gibi besinlerin hem yöre halkı hem de ülkemizin farklı bölgelerinde yaşayan insanlar tarafından beslenme amaçlı tüketilmesi nedeniyle çevre sağlığı açısından incelenmesi faydalı olacaktır. Bu bağlamda çalışma bölgesinden toplanan toprak örneklerinin ve yerel çiftçilerden temin edilen bu topraklarda yetiştirilmiş buğday unu örneklerinin ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları ölçülmüş ve değerler Tablo 1'de verilmiştir.

İncelenen toprak ve buğday unu örneklerinde ^{226}Ra ortalama aktivite konsantrasyonu sırasıyla, 20.1 ± 8.2 ve 11.0 ± 2.2 $Bqkg^{-1}$ olarak bulunmuştur. Şekil 2'de ^{226}Ra aktivite konsantrasyonlarının çalışma istasyonlarına göre dağılımı verilmektedir. İncelenen toprak örneklerindeki en düşük ^{226}Ra aktivite konsantrasyonu Alisofu köyünde (10.2 ± 2.0 $Bqkg^{-1}$) en yüksek ^{226}Ra aktivite konsantrasyonu ise Mescitli köyünde (37.6 ± 8.5 $Bqkg^{-1}$) gözlemlenmiştir. Buğday unu örneklerinin ^{226}Ra aktivite konsantrasyonunun minimum değeri 7.2 ± 0.9 $Bqkg^{-1}$ ve maksimum değeri 16.1 ± 2.6 $Bqkg^{-1}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 2. Toprak ve Buğday unu örneklerinde ²²⁶Ra aktivite konsantrasyonu

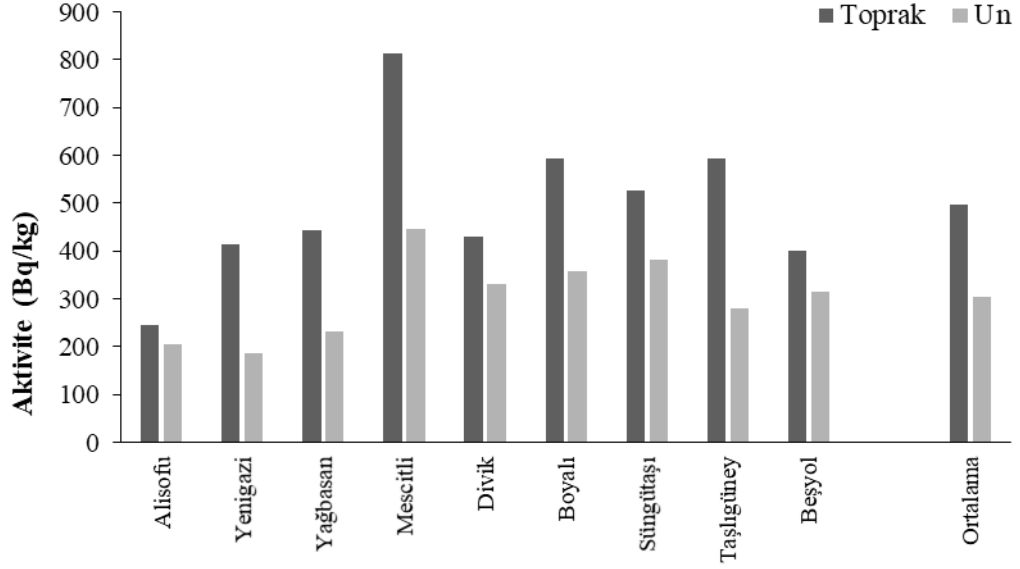
Çalıştığımız toprak örneklerinde, ²³²Th'nin aktivite konsantrasyonu 22.2 ± 6.8 Bqkg⁻¹ ile 44.6 ± 7.5 Bqkg⁻¹ değerleri arasında değişmekle birlikte ortalama 31.2 ± 7.1 Bqkg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. İncelenen buğday unu örneklerinde ²³²Th ortalama aktivite konsantrasyonu sırasıyla, 10.8 ± 2.3 Bqkg⁻¹ olarak bulunmuştur. ²³²Th aktivite konsantrasyonu en düşük değeri 4.2 ± 1.9 Bqkg⁻¹, en yüksek değeri ise 19.5 ± 2.0 Bqkg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Şekil 3'te toprak ve buğday unu örneklerindeki ²³²Th aktivite konsantrasyonlarının çalışma istasyonlarına göre dağılımı verilmektedir.



Şekil 3. Toprak ve Buğday unu örneklerinde ²³²Th Aktivite Konsantrasyonları

Toprak örneklerindeki ⁴⁰K aktivite konsantrasyonu; 245.6 ± 34.6 Bqkg⁻¹ ile 814.2 ± 35.7 Bqkg⁻¹ değerleri arasında ortalama 496.1 ± 35.6 Bqkg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. İncelenen

buğday unu örneklerinde ^{40}K ortalama aktivite konsantrasyonu ise $304.1 \pm 25.5 \text{ Bqkg}^{-1}$ olarak bulunmuştur. ^{40}K aktivite konsantrasyonu en düşük değeri 185.7 ± 26.0 , en yüksek değer $446.1 \pm 27.0 \text{ Bqkg}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Şekil 4'te ^{40}K aktivite konsantrasyonlarının çalışma istasyonlarına göre dağılımı verilmektedir.



Şekil 4. Toprak ve Buğday unu örneklerinde ^{40}K Aktivite Konsantrasyonları

Şekil 4'ten de görüldüğü gibi en düşük ^{40}K aktivite konsantrasyonu Yenigazi köyünden alınan örneklerde, en yüksek ^{40}K aktivite konsantrasyonu ise Mescitli köyünden alınan örneklerde ölçülmüştür. İncelenen toprak ve buğday unu örneklerindeki ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları Tablo 1'de verilmektedir

Tablo 1. Toprak ve buğday unu örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları

İstasyon Adı	Aktivite (Bqkg ⁻¹)					
	^{226}Ra		^{232}Th		^{40}K	
	Toprak	Un	Toprak	Un	Toprak	Un
Alısofu	10.2±2.0	8.0±1.3	29.0±7.2	4.2±1.9	245.6±34.6	204.1±24.5
Yenigazi	17.2±9.7	7.2±0.9	32.1±7.8	6.0±5.1	414.1±37.7	185.7±26.0
Yağbasan	12.9±9.6	16.0±2.8	31.97.4	9.7±1.9	444.1±37.8	232.8±26.1
Mescitli	37.6±8.5	11.2±2.9	44.6±7.5	7.0±2.5	814.2±35.7	446.1±27.0
Divik	20.9±8.8	8.2±1.4	31.5±6.8	10.9±1.9	429.2±34.2	331.3±25.2
Boyalı	27.7±9.8	8.6±3.0	34.6±7.5	19.5±2.0	594.7±38.9	357.8±26.5
Süngütaşı	18.7±8.4	13.0±2.9	22.2±6.8	19.1±2.3	527.8±33.6	381.9±27.1
Taşlıgüney	23.6±8.1	10.4±2.5	24.8±6.5	12.1±1.7	594.1±32.9	281.5±22.9
Beşyol	12.5±8.9	16.1±2.6	30.2±6.7	8.7±1.8	400.4±34.8	315.4±24.6
Ortalama	20.1±8.2	11.0±2.2	31.2±7.1	10.8±2.3	496.1±35.6	304.1±25.5

Türkiye Atom Enerjisi Kurumunun (TAEK) 2010 yılı raporunda, ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K ortalama aktivite konsantrasyonlarının Türkiye ortalamaları sırasıyla, 34.7 ± 1.7 Bqkg⁻¹, 35.4 ± 0.8 Bqkg⁻¹ ve 450.0 ± 18 Bqkg⁻¹ olarak rapor edilmiştir (TAEA, 2010). ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K ortalama aktivite konsantrasyonlarının Dünya ortalamaları ise UNSCEAR 2000 raporunda sırasıyla 35.0 Bqkg⁻¹, 30.0 Bqkg⁻¹ ve 400.0 Bqkg⁻¹ olarak rapor edilmiştir (UNSCEAR, 2000). Ölçümlerden elde ettiğimiz sonuçlarla karşılaştırıldığında, çalışma bölgesinde ölçülen ^{40}K ortalama aktivite konsantrasyonu Türkiye ortalamasının biraz altında Dünya ortalamasının ise biraz üzerindedir. ^{226}Ra ve ^{232}Th ortalama aktivite konsantrasyonları ise Türkiye ve Dünya ortalamalarının altındadır. Bunların yanı sıra, çalışma bölgesinde ölçülen aktivite konsantrasyonlarının Ülkemizin ve dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir (Abu Samreh ve ark., 2014; Alzubaidi ve ark., 2016; Bilgici Cengiz, 2017; Bilgici Cengiz ve Çağlar, 2016; 2018; Bilgici Cengiz ve Öztanrıöver, 2018; Cengiz ve Reşitoğlu, 2014; Chandrasekaran ve ark., 2014; Dizman ve ark., 2010; Kapdan ve ark., 2011; Karataşlı ve ark., 2016; Oyeyemi ve ark., 2017; Rafique ve ark., 2014; Taşkın ve ark., 2009).

Tablo 2’de çalışma bölgesinden toplanan buğday ununa ait doğal radyoaktivite düzeylerinin ortalama değerlerinin literatürde bazı çalışmalarda bildirilen değerlerle ve aynı spektrometre ile yapılan çalışmayla karşılaştırılması verilmektedir. Kars ilinin Digor ilçesinde yapılan çalışmada mera bitkileri için bildirilen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K ortalama aktivitelerinin buğday unu için elde ettiğimiz ortalama aktivite değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir (Bilgici Cengiz 2019). Gediz havzasında yapılan çalışmada mısır örnekleri için ^{226}Ra ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları sırasıyla 25.82 ± 2.3 Bqkg⁻¹ ve 4491.62 ± 52.61 Bqkg⁻¹

¹, Batı Anadolu bölgesinde incelenen lahanalar için ²³²Th ve ⁴⁰K aktivite konsantrasyonları $45.5 \pm 5.2 \text{ Bqkg}^{-1}$ ve $766.0 \pm 40 \text{ Bqkg}^{-1}$ olarak rapor edilmiş olup incelediğimiz buğday örnekleri için elde ettiğimiz değerlerin bu değerlerin altındadır (Bolca ve ark., 2007; Topcuoğlu ve ark., 2003). Tablo 2'den görülebileceği gibi incelediğimiz buğday unu örnekleri için elde ettiğimiz ortalama ²³²Th ortalama aktivite değeri market çaylarındaki ²³²Th ortalama aktivite değerinden biraz üzerinde ve lahanalar için rapor edilen ²³²Th ortalama aktivite değerinden daha küçüktür. İncelediğimiz buğday unu örneklerindeki ⁴⁰K ortalama aktivitesi ise mısır, lahanalar ve market çaylarındaki ⁴⁰K ortalama aktivite değerlerinden daha küçüktür (Bolca ve ark., 2007; Topcuoğlu ve ark., 2003; Kılıç ve ark., 2009). Dünyanın farklı bölgelerinden yapılan çalışmalarla kıyasladığımızda, buğday unu örnekleri için elde ettiğimiz ortalama ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K aktivite değerleri, Hindistan ve Pakistan için bildirilen buğday örneklerindeki ve Arabistan'da hurma örnekleri için bildirilen aktivite değerlerinden biraz daha yüksektir (Pulhani ve ark., 2005; Khan Hasan ve ark., 2010; Abu Shayeb ve ark., 2018). Bunun yanı sıra, ²³²Th ortalama Sırbistan'da tıbbi bitkiler için rapor edilen değerden biraz büyük, ²²⁶Ra ve ⁴⁰K aktivite değerleri ise daha küçüktür (Djelic ve ark., 2016).

Tablo 2. Bitki örneklerinin doğal radyoaktivite düzeylerinin ortalama değerlerinin literatürde bildirilen değerlerle karşılaştırılması.

Referanslar	Çalışılan Bölge	Çalışılan Bitki	Aktivite (Bqkg^{-1})		
			²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Bu çalışma	Sarıkamış	Buğday unu	11.0 ± 2.2	11.0 ± 2.2	304.1 ± 25.5
Bilgici Cengiz, 2019	Digor	Mera bitkisi	17.9 ± 10.4	75.9 ± 19.5	630.6 ± 12.3
Bolca ve ark., 2007	Gediz	Mısır	25.82 ± 2.34		491.62 ± 52.61
Topcuoğlu ve ark., 2003	Batı Anadolu	Lahana		45.5 ± 5.2	766.0 ± 40
Kılıç ve ark., 2009	Türkiye	Market Çayı		5.9 ± 1.7	766.0 ± 40
Pulhani ve ark., 2005	Hindistan	Buğday	0.7 ± 0.1	1.1 ± 0.02	102.9 ± 9.8
Abu Shayeb ve ark., 2018	Suudi Arabistan	Hurma	5.6 ± 1.2	2.8 ± 0.4	181 ± 17
Djelic ve ark. 2016	Sırbistan	Tıbbi Bitki	14.6	9.87	647
Ballesteros ve ark., 2015	İspanya	Arpa			78.0–222.4
Ballesteros ve ark., 2015	İspanya	Buğday			67.0–122.6
Ballesteros ve ark., 2015	İspanya	Mısır			45–118
Khan Hasan ve ark., 2010	Pakistan	Buğday	3.7	8.4	130.7

Transfer faktörü değerleri, çalışma alanı içerisinde topraktaki doğal radyonüklidlerin ne kadarının bitkilere aktarıldığını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Al-Hamarneh ve ark. 2016). Çalıştığımız buğday unu örneklerinde ²²⁶Ra radyonüklidi için transfer faktörü 0.30 ± 0.10 ile 1.29 ± 0.95 değerleri arasında ortalama 0.65 ± 0.37 olarak bulunmuştur. ²³²Th radyonüklidi için transfer faktörü 0.16 ± 0.05 ile 0.86 ± 0.28 değerleri arasında ortalama

0.37±0.13 olarak bulunmuştur. ^{40}K radyonüklidi için ise transfer faktörü 0.45±0.07 ile 0.83 ±0.15 değerleri arasında ortalama 0.63±0.08 olarak bulunmuştur. Çalışma bölgesinden toplanan buğday unu örnekleri için hesaplanan transfer faktörleri ve literatürde bildirilen bazı çalışmaların sonuçlarıyla Tablo 3’de karşılaştırılmış ve bu çalışmada ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K için hesapladığımız transfer faktörlerinin literatürde bildirilen çalışmalardaki değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür.

Tablo 3: Transfer faktörlerinin değerlendirilmesi

Referanslar	Çalışılan Bölge	Çalışılan Bitki	Transfer Faktörleri		
			^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Bu çalışma	Sarıkamuş	Buğday Unu	0.30-1.29	0.15-0.86	0.45-0.83
Bilgici Cengiz, 2019	Digor	Mera bitkisi	0.40 ±	1.44 ±	0.99 ±
Pulhani ve ark., 2005	Hindistan	Buğday	0.20	0.30	0.023
Abu Shayeb ve ark., 2018	Suudi Arabistan	Hurma	0.015	0.019	0.23
Djelic ve ark. 2016	Sırbistan	Tıbbi Bitki	0.33	0.22	0.51
Khan Hasan ve ark., 2010	Pakistan	Buğday	0.632	0.320	1.76
Al-Hamarneh ve ark. 2016	Suudi Arabistan	Buğday	0.05	0.13	0.17
Jazzar ve Thabayneh, 2014	Filistin	Ot	0.09		
			1.26	1.15	1.20

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Kars ilinin Sarıkamuş ilçesi ve çevresinden toplanan toprak ve buğday unu örneklerinde ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite seviyeleri ve ayrıca topraktan- buğday ununa transfer faktörleri NaI(Tl) sintilasyon dedektörü kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarının Türkiye ve Dünyada yapılan bezer çalışmalarla bildirilen değerleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Ayrıca incelenen un numuneleri için ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K doğal radyonüklidlerinin topraktan-bitkiye transfer faktörlerinin sırasıyla, 0.30-1.29, 0.15-0.86 ve 0.45-0.83 aralıklarında değiştiği görülmüştür. İncelenen buğday unu örneklerinde elde edilen transfer faktörü değerlerinin literatürdeki benzer çalışmalarda bildirilen transfer faktörleri değerlerinden kısmen farklı olmasının nedeni, buğday bitkilerinin yetiştiği toprağın organik madde içeriği, buğday bitkisinin tohum çeşitliliğine ve bölgenin jeolojik yapısı ile açıklanabilir.

KAYNAKLAR

- Abu Samreh, M. M., Thabayneh, K.M., and Khrais, F.W. (2014). Measurement of activity concentration levels of radionuclides in soil samples collected from Bethlehem Province, West Bank, Palestine. *Turkish J Eng Env Sci*, 38, 113-125.
- Abu Shayeb, M., Alharbi, T., and Baloch, M.A. (2018). Transfer factors for natural radioactivity into palm pits. *Journal of Environmental Radioactivity*, 167, 75-79.
- Agbalagba, E.O., Avwiri, G.O., and Chad-Umoreh, Y.E., (2012). γ -Spectroscopy measurement of natural radioactivity and assessment of radiation hazard indices in soil samples from oil fields environment of Delta State, Nigeria. *Journal of Environmental Radioactivity Vol. 109*; 64-70.
- Al-Hamarneh, İ.F., Alkhomashi, N., and Almasoud F.I. (2016). Study on the radioactivity and soil-to-plant transfer factor of ^{226}Ra , ^{234}U and ^{238}U radionuclides in irrigated farms from the Northwestern Saudi Arabia.. *Journal of Environmental Radioactivity*, 160, 1-7.
- Alzubaidi, G., Fauzrah, S.H., and Rahman, I.A. (2016). Assessment of Natural Radioactivity Levels and Radiation Hazards in Agricultural and Virgin Soil in the State of Kedah, North of Malaysia. *The Scientific World Journal*, 1-9.
- Ballesteros, L., Ortiz, J., Gallardo, S., and Martorell S. (2015). An overview of measurements of radionuclides in foods of the Comunidad Valenciana (Spain). *Radiation Physics and Chemistry*, 116, 111–115.
- Bilgici-Cengiz, G. (2017). Selim İlçesinin Toprak Örneklerinde Doğal Radyoaktivite Düzeyleri ve Radyolojik Etkilerinin Değerlendirilmesi, *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 37-47.
- Bilgici-Cengiz, G. (2019). Transfer factors of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K from soil to pasture-grass in the northeastern of Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 319, 83-89.
- Bilgici-Cengiz G., and Çağlar, İ. (2016). Determination of the Health Hazards and Life time Cancer Risk Due to Natural Radioactivity in Soil of Akyaka, Arpaçay and Susuz Areas of Kars, Turkey. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, (7) 3, 619-626.
- Bilgici-Cengiz, G. and Çağlar, İ. (2018). Investigation of Transfer Factors of Natural Radionuclides From Soil to Fodder in Kars, Turkey. *Caucasian Journal of Science*, 5 (2) , 27-32.
- Bilgici-Cengiz, G., Öztanrıöver, E. (2018) Analysis of Natural Radioactivity Levels in Soil Samples And Dose Assessment for Dığor District, Kars, Turkey. *Caucasian Journal of Science* (5) 1; 30-39.
- Bolca, M., Saç, M.M., Çokuysal, B., Karalı, T., and Ekdal E. (2007) Radioactivity in soils and various foodstuffs from the Gediz River Basin of Turkey. *Radiation Measurements* 42, 263 – 270.
- Cengiz, G. B., Reşitoğlu, S. (2014). ‘Determination of natural radioactivity levels in Kars City center’. Turkey. *Journal of Nuclear Sciences*, 1, 32-37.
- Chandrasekaran, A., Ravisankar, R., Senthilkumar, G., Thillaivelavan, K., Dhinakaran B., ... Venkatraman B. (2014). Spatial distribution and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Yelagiri Hills, Tamilnadu, India. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences* ,1, 38-48.
- Dizman, S., Görür, F. K., and 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.

- Djelic, G., Krstic, D., Stajic, J.M., Milenkovic, B., Topuzovic, M., ... Kostic D. (2016). Transfer factors of natural radionuclides and ^{137}Cs from soil to plants used in traditional medicine in central Serbia. *Journal of Environmental Radioactivity*, 158-159, 81-88.
- Jazzar, M.M., and Thabayneh, K.M. (2014) Transfer of natural radionuclides from soil to plants and grass in the western north of west bank environment-palestine. *Int J Environ Monit Anal.*, 2(5):252–258
- Kapdan, E., Varinlioglu, A., and 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.
- Karatashi, M., Turhan, S., Varinlioglu, A., and Yegingil Z. (2016). Natural and fallout radioactivity levels and radiation hazard evaluation in soil samples. *Environ Earth Sci*, 75: 42.
- Khan Hasan, M., Chaudhry Zahid, S., Ismail, M., and Khan, K. (2010) Assessment of Radionuclides, Trace Metals and Radionuclide Transfer from Soil to Food of Jhangar Valley (Pakistan) Using Gamma-Ray Spectrometry. *Water Air Soil Pollut* 213:353–362.
- Kılıç, Ö., Belivermiş, M., Topcuoğlu, S., and Çotuk, Y. (2009). ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs radioactivity concentrations and ^{137}Cs dose rate in Turkish market tea. *Radiation Effects & Defects in Solids*, 164(2), 138-143.
- Krmar, M., Varga, E., and Slivka, J. (2013) Correlations of natural radionuclides in soil with those in sediment from the Danube and nearby irrigation channels. *J Environ Radioact.*, 117, 31–35
- Oyeyemi, K.D., Usikalu, M.R., Aizebeokhai, A.P., Achuka, J.A., and Jonathan, O., (2017). Measurements of radioactivity levels in part of Ota Southwestern Nigeria: Implications for radiological hazards indices and excess lifetime cancer-risks. IOP Conf. Series: *Journal of Physics: Conf. Series*, 852, 1-8.
- Pulhani, V.A., Dafauti, S., Hegde, A.G., Sharma, R.M., and Mishra, U.C. (2005). Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil. *Journal of Environmental Radioactivity*, 79, 331-346.
- Rafique, M., Rahman, S.U., Basharat, M., Aziz, W., Ahmad, I., ... Matiullah (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.
- Sroor, A., El-Bahi, S.M., Ahmed, F., and Abdel-Haleem, A.S., (2001). Natural radioactivity and radon exhalation rate of soil in southern Egypt. *Applied Radiation and Isotopes* Vol. 55; 873–879.
- TAEA (2010). Türkiye’deki Çevresel Radyoaktivitenin İzlenmesi 2009. Technique Report, Ankara 9-14.
- 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 Kirklareli, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 49-53.
- Topcuoğlu, S., Karahan, G., Güngör, N., and Kırbasoğlu, Ç. (2003). Natural and artificial in Emendere thermal spring area in Western Anatolia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 256 (3), 395-398.
- United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation (2000) Report to the general assembly, Annex B: exposures from natural radiation sources. United Nations, New York.