

## Isparta İl Merkezindeki Okullarda Gama Ortam Doz Eşdeğeri Ölçümleri

Mehmet Ertan KÜRKCÜOĞLU\*<sup>1</sup>, Ahmet ÇİNE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 32260, Isparta

(Alınış / Received: 21.11.2016, Kabul / Accepted: 04.01.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 08.02.2017)

### Anahtar Kelimeler

Isparta,  
Okul,  
Gama ortam doz eşdeğeri,  
Gama doz hızı,  
Yıllık etkin doz eşdeğeri

**Özet:** Çevresel radyasyon düzeylerinin saptanmasına yönelik araştırmalar, halk sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Eylül 2013 ile Ağustos 2014 tarihleri arasında Isparta şehir merkezinde bulunan 12 okulda gerçekleştirilmiş bina içi ve bina dışı gama ortam doz eşdeğeri ölçümlerine ait sonuçlar sunulmaktadır. Ölçümler için seyyar bir Geiger-Müller dedektörü kullanılmıştır. Genel olarak, 200 nSv/saat civarında seyreden bina içi ve bina dışı gama doz eşdeğeri düzeylerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Gama ortam doz eşdeğeri ortalamaları kullanılarak havada soğurulan gama doz hızları hesaplanmış ve gama radyasyonu nedeniyle il halkının maruz kalacağı etkin doz eşdeğeri ise 1,11 mSv/yıl olarak bulunmuştur. Çalışma sonuçları, ülke ve dünya ortalamalarıyla karşılaştırılarak tartışılmıştır.

## Gamma Ambient Dose Equivalent Measurements for Schools in Isparta City Center

### Keywords

Isparta,  
School,  
Gamma ambient dose  
equivalent,  
Gamma dose rate,  
Annual effective dose  
equivalent

**Abstract:** Studies conducted on determining the environmental radiation levels are very important in terms of public health. In this work, the results of indoor and outdoor gamma ambient dose equivalent measurements, which were performed between the dates September 2013 and August 2014, have been presented for 12 schools located in Isparta city center. A portable Geiger-Muller detector was used for the measurements. In general, it has been observed that indoor and outdoor gamma dose equivalent levels displayed close results to each other with a value around 200 nSv/h. The absorbed gamma dose rate levels in air have been calculated by means of gamma ambient dose equivalent averages, and then the effective dose equivalent received by the inhabitants due to gamma radiation exposure has been found as 1.11 mSv/year. The results of the study have been discussed in a comparison with the country and the world averages.

### 1. Giriş

Çevremizdeki doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından dolayı solunum, yeme-içme veya deri yoluyla vücut içerisine radyasyon alınmaktadır. Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi'nin (UNSCEAR'ın) raporuna göre kişi başı maruz kalınan yıllık doz düzeyi ortalaması 2,8 mSv civarındadır [1]. Bu dozun yaklaşık % 85'i doğal kaynaklı radyasyonlar nedeniyle alınmaktadır. Kaçınılmaz biçimde maruz kaldığımız doğal radyasyonun çok büyük bir kısmını, kozmik ışınlar ile hava ve topraktaki radyoaktif maddeler nedeniyle meydana gelen alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ve gama ( $\gamma$ ) radyasyonları oluşturmaktadır [1]. Nükleer reaksiyonların birçoğunda olduğu gibi  $\alpha$  ve  $\beta$  bozunmaları, ürün çekirdeği uyarılmış halde bırakabilir.

Çekirdekte bulunan uyarılmış durumdaki nükleonlar  $\gamma$ -ışınları yayınlamaya taban durumuna geçme eğilimindedir. Gama ışınları, X-ışınları veya görünür ışık gibi elektromanyetik radyasyon fotonlarıdır. Doğal kaynaklı  $\gamma$ -ışınlarının enerjileri tipik olarak 0,1 ile 10 MeV aralığında olup bu  $10^4$  ile 100 fm dalga boyu aralığına karşılık gelir. Tipik olarak görünür ışıktan çok daha küçük dalga boyuna sahip  $\gamma$ -ışınlarının giriciliği ve enerjisi oldukça yüksektir [2]. Maruz kalınan doğal gama radyasyonunun büyük bir kısmının, özellikle 0-30 cm derinlikteki yüzey toprak tabakasından kaynaklandığı bildirilmektedir [3]. UNSCEAR, yerküreden kaynaklı gama radyasyonunun neden olduğu etkin doz düzeyinin 0,5 mSv/yıl civarında olduğunu rapor etmektedir [1]. İyonlaştırıcı tipte bir radyasyon olan  $\gamma$ -ışınlarına karşı, kurşun, çelik ya da baritli beton gibi, yüksek yoğunluklu malzemeler kullanılarak zırhlama yapılmaktadır. Dolaylı iyonlaşmaya neden olan  $\gamma$ -ışınlarının doku

\*İlgili yazar: ertankurcuoglu@sdu.edu.tr

içine nüfuz etme derecesi, doku ile etkileşme tipine bağlıdır. Gama ışınları vücudun içinden geçebileceği için gama yayınlayan radyonüklitler vücudun içinde ya da dışında olsa da hasara neden olabilir. Zararın boyutu; ortamdaki iyonlaştırıcı radyasyon tipine, enerjisine ve maruz kalma süresine göre değişkenlik gösterir (eritem, kısırlık, kalıtsal etkiler, çeşitli kanserler, ölüm, işlevsel hasar ve zekâ geriliği vb.) [4]. Bu nedenle yaşadığımız bölgedeki doğal radyasyon düzeylerinin belirlenmesi halk sağlığı açısından önemli bir çalışma konusudur. Bazı bölgelerde, jeolojik yapı nedeniyle normalin çok üzerinde radyasyon gözlemlenebilir. Bu durum, o bölgede yaşayan halkın doğal radyasyon nedeniyle alacağı yıllık etkin dozun normalden (yani 2,4 mSv düzeyinden) daha fazla olmasıyla sonuçlanır. Bu tür alanlar, HBNRA (High Background Natural Radiation Area: Yüksek Fonlu Doğal Radyasyon Alanı) olarak adlandırılır. Bir bölgedeki fon radyasyonu nedeniyle kişilerin alacağı etkin doz miktarı bakımından HBNRA alanları dört grupta sınıflandırılmaktadır; (<5 mSv/yıl düşük, 5-20 mSv/yıl orta, 20-50 mSv/yıl yüksek ve >50 mSv/yıl çok yüksek) [5]. Dünyada, radyasyon çalışanları için belirlenen 20 mSv/yıl'lık limit düzeyin üzerinde doğal fon seviyesine sahip bölgeler bulunmaktadır. Özellikle Brezilya, Çin, Hindistan ve İran'da bu yönde yapılmış çalışmalar dikkat çekicidir [5, 6].

Literatürde, doğal radyonüklitlerden kaynaklanan  $\gamma$ -radyasyonunun belirlenmesine yönelik yapılmış çok sayıda radyolojik çalışma bulunmaktadır. Farklı coğrafi bölgeler için gerçekleştirilmiş araştırmaların sonuçlarını bir araya getiren UNSCEAR, dünya genelinde bina içi gama doz hızı düzeyinin 84 nGy/saat ve bina dışı havada soğurulmuş gama doz hızı ortalamasının da 59 nGy/saat olduğunu bildirmektedir [1]. Radyasyon Erken Uyarı Sistemi Ağı (RESA) ülkemizdeki 193 ölçüm istasyonu ile havadaki gama radyasyon düzeylerinin takibini eş zamanlı olarak yapmaktadır. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) bünyesinde hizmet veren RESA, elde edilen verileri Avrupa Radyolojik Veri Değişim Platformu ile paylaşmaktadır. 1 Ocak-25 Mart 2016 tarih aralığındaki RESA verilerine göre Türkiye'nin bina dışı gama doz hızı ortalaması 92 nSv/saat olarak rapor edilmiştir [7]. Bununla birlikte, ülkemizdeki çeşitli bölgeler için yapılan bireysel araştırmalar da vardır. 1999 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, İstanbul ve çevresi için havadaki ortalama gama doz hızı seviyesi 65 nGy/saat olarak belirlenmiştir [8]. Adana ili ve çevresinde yapılan başka bir çalışmada ise topraktaki doğal radyoaktiviteden kaynaklanan ortalama soğurulmuş doz hızı değerinin 65,6 nGy/saat seviyesinde olduğu bildirilmektedir [3]. 2005 yılında Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı bölgelerinde yapılan doğal radyoaktivite ölçüm çalışmasında, havada soğurulmuş ortalama gama doz hızı değerlerinin sırasıyla 54,15 nGy/saat, 45,11 nGy/saat ve 81 nGy/saat olduğu rapor edilmiştir [9].

Isparta'da 2004 yılındaki bir araştırmada, Davraz dağı ve Gölcük krateri çevresindeki doğal gama radyasyon doz hızı düzeylerinin sırasıyla 24,3 nSv/saat ve 375,4 nSv/saat seviyelerinde gözlemlendiği bildirilmiştir [10]. 2010 yılında gerçekleştirilen başka bir araştırmada ise şehir merkezi yüzey toprağı için soğurulmuş  $\gamma$  doz hızının 150-365 nGy/saat aralığında değerlere sahip olduğu ve ortalamasının 267 nGy/saat düzeyinde olduğu rapor edilmiştir [11].

RESA, Isparta il merkezinde bulunan gama dedektöründen aldığı verilere göre, Ocak-Mart 2016 dönemi için ölçülen en yüksek gama doz hızı seviyesinin 290 nSv/saat ile 310 nSv/saat aralığında değiştiğini bildirmektedir [7]. Ülke ortalamasının 3 katının üzerinde seyreden bu ölçümler, bölgede bir tarama çalışması yapılmasının gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Isparta şehir merkezinde bulunan okullardaki bina içi ve bina dışı gama radyasyonu düzeylerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu araştırmanın izleyen bölümünde çalışma alanı ve kullanılan yöntem tanıtılmakta, daha sonra ölçümlerden elde edilen bulgular sunularak havadaki gama radyasyonu nedeniyle maruz kalınacak yıllık etkin doz eşdeğeri hesaplamaları verilmektedir. Son bölümde ise Isparta için elde edilen sonuçlar, ülke ve dünya ortalamalarına göre değerlendirilerek tartışılmaktadır.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Çalışma alanının tanıtımı

37° 18' ve 38° 30' kuzey enlemleri ile 30° 02' ve 31° 33' doğu boylamları arasında yer alan Isparta ili, 8933km<sup>2</sup>'lik bir alan üzerinde kuruludur. İç Akdeniz bölgesinde yer alan Isparta iklim açısından Akdeniz ve kara iklimleri etkisi altındadır. Kentin yıllık ortalama sıcaklığı 12,2 °C, rüzgâr hızı 1,6 m/s ve yıllık ortalama yağış miktarı 619,3 mm'dir. Gün içindeki sıcaklık farkları, kış mevsimine oranla yaz mevsiminde daha yüksektir. Genel olarak engebeli yeryüzü şekillerine sahip olan Isparta'da Torosların uzantıları durumundaki dağlar oldukça büyük alanlar kaplar. Dağlarla çevrili kentin güney kesimi daha çok yağmur alır. Isparta toprağı killi ve kalkerli bir yapıya sahiptir [12]. Isparta Ovası'ndaki kayalar, geçirgen, yarı geçirgen, hafif geçirgen ve geçirgen olmayan kayalar şeklinde sınıflandırılan iki çeşit jeolojik birimden oluşur (otokton ve allohton birimler) [13]. İlde, Eğirdir, Gölcük, Kovada gölleri yanında birçok irili ufaklı baraj gölleri de bulunmaktadır.

Merkez ilçedeki okul sayısı 150 civarındadır. Şekil 1'de ölçümlerin yapıldığı okulların şehir merkezi haritasındaki konumları gösterilmektedir. Okul isimleri ve buldukları mahalle adları ise Tablo 1'de yer almaktadır.



0 4 km

Şekil 1. Okulların şehir merkezindeki dağılımı

Tablo 1. Ölçüm yapılan okullar ve buldukları mahalleler (okul kodları Şekil 1 ile uyumludur)

Kod	Okul Adı	Mahalle
1	Gülbirlik İlkokulu	Davraz
2	İMKB İlkokulu	Anadolu
3	Mehmet Köse İlkokulu	Mehmet Töngü
4	Bahçelievler İlkokulu	Bahçelievler
5	Kamile Gürkan İlkokulu	Emre
6	Çünür Toki İlkokulu	Çünür
7	Isparta Anadolu Sağlık Meslek Lisesi	Akkent
8	İMKB Mesek Lisesi	Modern evler
9	Mustafa Gürkan Anadolu Lisesi	Bahçelievler
10	Mürşide Ermumcu Meslek Lisesi	Davraz
11	Isparta Anadolu Lisesi	Anadolu
12	Isparta Halıkent Anadolu Lisesi	Halıkent

## 2.2. Kullanılan yöntem

Ölçümler için,  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  radyasyonlarını algılayabilen, Alman Thermo firmasının ürettiği RadEye B20-ER adlı modern, entegre ve çok fonksiyonlu, yassı pencere, 300 gr ağırlığında, taşınabilir bir GM (Geiger-Müller) dedektörü kullanılmıştır (Şekil 2). Farklı tipteki radyasyonların algılanabilmesi amacıyla, cihaza ait özel hazırlanmış filtreler kullanılmaktadır. Cihaz, filtresiz olarak kullanıldığında 6-10 keV aralığındaki foton enerjilerini ölçebilmektedir. H\*(10) gama filtresi (Şekil 3), Cs-137'nin 662 keV enerjili gama radyasyonlarının 10 milimetre derinlikteki ortam doz eşdeğerlerini algılayabilecek şekilde kalibre edilmiştir. Cihaz H\*(10) filtresi ile birlikte kullanıldığında, 17-3000 keV aralığında ölçüm yapabilmektedir. RadEye B20-ER dedektörü ile sayım hızı, yüzey kontaminasyonu, ortam doz eşdeğeri ve beta radyasyonu için doğrultusal doz eşdeğeri gibi nicelikler de ölçülebilmektedir [14]. Cihazın ölçüm alma sıklığı isteğe bağlı olarak 1 saniyeden 12 saate kadar ayarlanabilir. Seçilen zaman aralıklarındaki ölçümler ve bu verilerin ortalamaları (cihazın içerisinde bulunan programın otomatik olarak oluşturduğu kayıt defteri içerisinde atılarak) cihazın hafızasında saklanır. Kayıt defteri 1600 veriye ait ortalama ve maksimum ölçüm değerlerini sayım hızı ya da doz hızı cinsinden saklayabilecek bir kapasiteye sahiptir. Alınan bina içi ve bina dışı ölçümler, bir bilgisayara aktarılarak Windows tabanlı Radeye.exe programında işlenebilir [14]. Çalışmamızda, 12 okula ait gama ortam doz eşdeğerleri ölçülerek maruz kalınan yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmıştır.



Şekil 2. RadEye B20 ER



Şekil 3. H\*(10) Gama Filtresi

UNSCEAR 2000 yılı raporunda, gama radyasyonu nedeniyle dünya genelinde alınacak yıllık toplam doz,

$$YEDE_{Toplam} = YEDE_{Bina Dışı} + YEDE_{Bina İçi} \quad (1)$$

bağıntısıyla, bina içi ve bina dışında maruz kalınan dozların toplamı olarak verilmektedir. Raporda, bir yılda alınan etkin dozun 0,41 mSv'lik kısmının bina içi ve 0,07 mSv'lik kısmının ise bina dışı gama doz hızından kaynaklandığı bildirilmektedir [1]. Bir ortama ait havada soğurulan gama doz hızı düzeyi ( $D$ , nGy/saat birimi cinsinden) bilindiğinde, yıllık etkin doz eşdeğeri

$$YEDE = D \times BMF \times 8760 \times DDF \quad (2)$$

ifadesiyle hesaplanabilir. Eşitlik 2'deki  $BMF$ , bina içi meşguliyet faktörünü göstermektedir. Bu çarpan, bina dışı ölçümler için 0,2 ve bina içi ölçümler için 0,8 olarak alınmaktadır. 8760 değeri bir yıllık sürenin saat birimi cinsinden karşılığıdır.  $DDF$  ise Gy ile Sv birimleri arasındaki doz dönüşüm katsayısını temsil etmektedir ve 0,7 olarak alınır [1].

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın 2003 yılındaki 1363 nolu yayınında, bir ortamdaki gama doz eşdeğeri ( $H$ ) ile havada soğurulan gama doz hızı ( $D$ ) arasındaki ilişki ise

$$H = 1,15 \times D \quad (3)$$

bağıntısı ile verilmektedir [15].

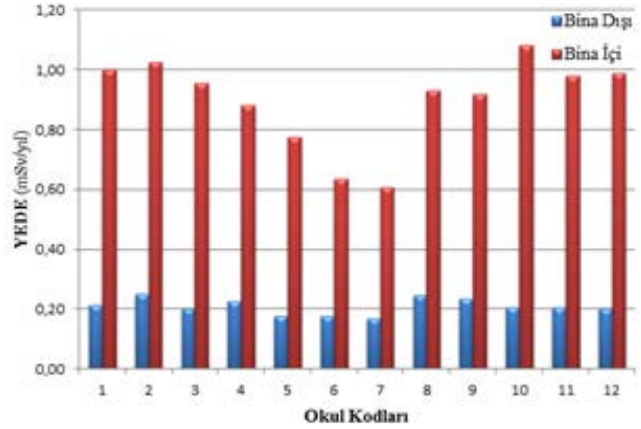
### 3. Bulgular

Isparta şehir merkezindeki okullarda Eylül 2013 ile Ağustos 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilen ölçümler,  $H^*(10)$  filtresi ile birlikte RadEye B20-ER dedektörü kullanılarak okul bahçelerindeki ve bina içi katlardaki noktalardan alınmıştır. 12 okula ait bina dışı ve bina içi gama ortam doz eşdeğeri ölçümleri için 80 nSv/saat ile 550 nSv/saat aralığında değişen, toplamda 4032 adet veri alınmıştır. Bu ölçümlerin % 0,3'ünün 100 nSv/saat seviyesinin altında, % 44,5'inin 100-199 nSv/saat aralığında, % 51,5'inin 200-299 nSv/saat aralığında ve % 3,7'sinin de 300 nSv/saat değerinin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Okullar için tespit edilen mevsimsel ortalamalar Tablo 2 ile sunulmaktadır. Şehir merkezinde bulunan okullardaki gama ortam doz eşdeğeri seviyeleri genel olarak incelendiğinde, bina dışı ölçümlerin sıcaklık arttıkça zayıf da olsa bir artma eğilimi sergilediği ancak, bina içi ölçümlerin (binalardaki havalandırma, ısınma, bina malzemesi ve kullanım alışkanlıkları gibi birbirinden farklı fiziksel koşullar nedeniyle) mevsim değişimine bağlı net bir davranışa sahip olmadığı söylenebilir (Tablo 2). Isparta il merkezindeki okullar için bina içi ve bina dışı yıllık gama ortam doz eşdeğeri ortalamalarının sırasıyla, 211 nSv/saat ve 196 nSv/saat düzeyinde olduğu bulunmuştur.

**Tablo 2.** Tablo 1'de kodlamaları verilen okullar için bina içi ve bina dışı gama ortam doz eşdeğeri ortalamalarının mevsimsel değişimleri (tabloda 12 okul için verilen her bir ortalama, okul başına bina içi 36 ölçümün ve bina dışı 48 ölçümün aritmetik ortalamalarını temsil etmektedir)

K O D	GAMA ORTAM DOZ EŞDEĞERİ, $H$ (nSv/saat)							
	SONBAHAR		KIŞ		İLKBAHAR		YAZ	
	Bina Dışı	Bina İçi	Bina Dışı	Bina İçi	Bina Dışı	Bina İçi	Bina Dışı	Bina İçi
1	172	242	217	242	207	220	201	234
2	212	236	235	212	234	262	253	252
3	190	218	204	202	203	231	165	244
4	210	210	194	223	205	187	242	206
5	180	181	153	176	163	193	165	176
6	117	135	149	155	170	154	228	154
7	145	155	149	135	182	136	161	145
8	212	205	219	225	250	231	244	213
9	205	242	215	199	205	208	249	212
10	192	264	212	275	192	238	179	238
11	197	234	181	226	178	229	217	231
12	222	279	167	228	190	238	178	183
ORT	188	217	191	208	198	210	207	207

Çalışmamızda her bir okul için saptanan ortalama gama ortam doz eşdeğerleri Eşitlik 3 yardımıyla havada soğurulan gama doz hızlarına dönüştürüldükten sonra Eşitlik 2 kullanılarak maruz kalınacak yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmıştır (Şekil 4). Buna göre, ölçüm yapılan okullarda gama radyasyonu nedeniyle alınan toplam etkin dozun 0,78 ile 1,29 mSv/yıl aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, şehir merkezi genelindeki okullarda bina dışında alınacak yıllık etkin dozun  $0,21 \pm 0,03$  mSv ve bina içinde maruz kalınacak yıllık etkin doz seviyesinin ise  $0,90 \pm 0,15$  mSv düzeyinde olduğu bulunmuştur.



**Şekil 4.** Okullarda gama radyasyonu nedeniyle maruz kalınacak yıllık etkin doz eşdeğerleri (okul kodları Tablo 1 ile uyumludur)

### 4. Tartışma ve Sonuç

Isparta il merkezindeki okullara ait gama ortam doz eşdeğerleri ilk kez bu çalışmayla araştırılmış ve bir yıl boyunca 12 okulda gerçekleştirilen ölçümler sonucunda 117 nSv/saat ile 279 nSv/saat arasında değişen ortalamalar tespit edilmiştir. Çalışma limitleri dâhilinde, şehir merkezi genelindeki bina içi ve bina dışı gama ortam doz eşdeğeri düzeyleri

sırasıyla, 211 nSv/saat ve 196 nSv/saat olarak bulunmuştur. Bu değerler, havada soğurulan gama doz hızlarına dönüştürüldüğünde, bina içi için 183 nGy/saat ve bina dışı için de 170 nGy/saat'lik doz hızı düzeylerine karşılık gelmektedir. Başka bir ifadeyle, Isparta'daki gama doz hızı düzeyinin, ülke ortalamasından 2 kat ve dünya ortalamasından 3 kat daha yüksek bir seviyede olduğu görülmektedir. Bina içi ve bina dışındaki doğal gama radyasyonu nedeniyle bölge halkının maruz kalacağı 1,11 mSv'lik yıllık etkin doz eşdeğeri ise dünya ortalamasının 2 katından daha fazladır. Şehir merkezindeki atmosferik radon yoğunluğu ve gama doz düzeyi birlikte değerlendirildiğinde, Isparta'nın orta seviyede bir HBNRA alanı olduğu kolaylıkla söylenebilir. Bu çalışmanın sonuçları, ilin tamamını kapsayan bir taramanın yapılmasının ve Isparta'ya ait bir gama doz hızı haritası oluşturulmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

### Teşekkür

Bu araştırma, Ahmet Çine'nin yüksek lisans çalışmasının bir parçasıdır ve Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı tarafından 3598-YL1-13 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar, Süleyman Demirel Üniversitesi'ne ve yasal izinler için Isparta Valiliği ile İl Milli Eğitim Müdürlüğü'ne teşekkür eder.

### Kaynakça

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Annex B, 2000. Exposures from Natural Radiation Sources. UNSCEAR Report, United Nations Publications. New York, 463pp.
- [2] Krane, K. S. 2001. Nükleer Fizik. 1. Cilt, Ders Kitabı. Birinci Baskı. Palme Yayıncılık, Ankara, 404s.
- [3] Değerlier, M., Çelebi, N. 2008. Indoor Radon Concentrations in Adana, Turkey. Radiation Protection Dosimetry, 131(2), 259-264.
- [4] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 2009. Radyasyon İnsan ve Çevre. TAEK Yayınları, Ankara, 81s.
- [5] Abubakar, S. A. and Ramli, A. T. 2015. The World's High Background Natural Radiation Areas (HBNRAs) Revisited: A Broad Overview of the Dosimetric, Epidemiological and Radiobiological Issues. Radiation Measurements, 73, 51-59.
- [6] Sohrabi, M. 2013. World High Background Natural Radiation Areas: Need to Protect Public from Radiation Exposure. Radiation Measurements, 50, 166-171.
- [7] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. 2016. Çevresel Gama Doz Hızları. <http://www.taek.gov.tr> <http://www.taek.gov.tr/radyasyon-izleme/cevresel-gama-doiz-hizlari.html> (Erişim Tarihi: 15.04.2016).
- [8] Karahan, G., Bayülken, A. 1999. Assessment of Gamma Dose Rates Around Istanbul (Turkey). Journal of Environmental Radioactivity, 47, 213-221.
- [9] Özger, A. G. 2005. Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı Bölgelerinin Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Adana.
- [10] Akkurt, I., Sevin, Z., Mavi, B., Kaplan A. 2004. Isparta Bölgesinde Doğal Gamma Radyasyonu Ölçümü. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 108-110.
- [11] Kalyoncuoğlu, Ü. Y., Anadolu, N. C., Baykul, A., Erek Y. 2010. Isparta Şehir Merkezi Yüzey Toprağındaki Radyoaktivite Düzeyi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 14(1), 111-119.
- [12] Tosun, I. 1996. Environmental Impact Statement of a Landfill Area, a Case Study for Isparta City. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, İzmir.
- [13] Karagüzel, R., Irlayıcı, A. 1998. Groundwater Pollution in the Isparta Plain, Turkey. Environmental Geology. 34(4), 303-304.
- [14] RadEye B20-ER Kullanım Klavuzu, 2011. RadEye B20-ER Multi-Purpose Survey Meter. Thermo Scientific, Erlangen, Germany.
- [15] International Atomic Energy Agency, 2003. Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma Ray Spectrometry Data. IAEA-TECDOC-1363, IAEA Report, Vienna, Austria.