

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEREKÖY, HAMZABEYLİ VE PAZARKULE SINIR KAPILARINDAN ALINAN
TOPRAKLARDA RADYONÜKLİD MİKTARININ ÖLÇÜLMESİ VE DOZ
HESAPLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehlike Beste ÖZTÜRK**

FİZİK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN

TEMMUZ 2016

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEREKÖY, HAMZABEYLİ VE PAZARKULE SINIR KAPILARINDAN ALINAN
TOPRAKLARDA RADYONÜKLİD MİKTARININ ÖLÇÜLMESİ VE DOZ
HESAPLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehlike Beste ÖZTÜRK

1128201006

FİZİK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN

01 Temmuz 2016

Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 1128201006 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mehlike Beste ÖZTÜRK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**DEREKÖY, HAMZABEYLİ VE PAZARKULE SINIR KAPILARINDAN ALINAN TOPRAKLARDA RADYONÜKLİD MİKTARININ ÖLÇÜLMESİ VE DOZ HESAPLANMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN
Kırklareli Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Burhan COŞKUN
Kırklareli Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Arzu EGE
Celal Bayar Üniversitesi

.....

Teslim Tarihi : 1 Temmuz 2016
Savunma Tarihi : 25 Temmuz 2016





Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde bizzat elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada özgün olmayan tüm kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

İmza

Mehlike Beste ÖZTÜRK

.../.../2016



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, her koşulda beni destekleyen ve cesaret veren çok değerli danışman hocam; Doç. Dr. Serpil AKÖZCAN'a, tez çalışmam için kullandığım cihazın kalibrasyonu konusunda bana yardımcı olan Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi Mühendisi Ayhan YÜKSEL'e, çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli eşim Deniz ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2016

Mehlike Beste ÖZTÜRK
Fizikçi



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
BEYAN.....	v
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Radyoaktivite.....	5
2.2 Radyasyon ve Radyasyon Çeşitleri.....	5
2.2.1. Alfa parçacıkları.....	6
2.2.2. Beta parçacıkları.....	6
2.2.3. Gama ve X ışınları.....	6
2.2.4. Nötronlar.....	7
2.3. Radyasyon Birimleri.....	7
2.3.1. Aktivite birimi.....	7
2.3.2. Işınlama doz birimi.....	7
2.3.3. Soğurulma doz birimi.....	8
2.3.4. Eşdeğer doz birimi.....	8
2.4. Radyasyon Kaynakları.....	8
2.4.1. Doğal radyasyon kaynakları.....	9
2.4.2. Yapay radyasyon kaynakları.....	9
2.4.3. Doğal radyoaktif seriler.....	10
3. MATERYAL VE METOD.....	15
3.1. Toprak Örneklerinin Sayıma Hazırlanması.....	16
3.2. Gama Spektrometrik Analiz.....	18
3.2.1. Enerji kalibrasyonu.....	20
3.2.2. Verim kalibrasyon.....	23
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	25
4.1. HPGe Dedektörü ile Bulunan Gama Radyoaktivite Değerleri.....	25
4.2. Soğurulan Doz Hızı (D).....	30
4.3. Yıllık Etkin Doz.....	30
4.4. Radyum Eşdeğer Aktivitesi.....	31
4.5. Dış Tehlike İndeksi (Hex).....	32
KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ.....	37

KISALTMALAR

SI	: Uluslararası Birim Sistemi
TAEK	: Türkiye Atom Enerji Kurumu
HPGe	: High-Purity Germanium Detector
UNSCEAR	: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
DK1	: Dereköy - 1
DK2	: Dereköy - 2
DK3	: Dereköy - 3
DK4	: Dereköy - 4
DK5	: Dereköy - 5
HB1	: Hamzabeyli -1
HB2	: Hamzabeyli -2
HB3	: Hamzabeyli -3
HB4	: Hamzabeyli -4
HB5	: Hamzabeyli -5
PK1	: Pazarkule - 1
PK2	: Pazarkule - 2
PK3	: Pazarkule - 3
PK4	: Pazarkule - 4
PK5	: Pazarkule - 5



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1: Toplanan örneklerin koordinatları.....	16
Çizelge 3.2: Kalibrasyon için kullanılan standart kaynağın içindeki radyonükliller ve özellikleri.....	21
Çizelge 4.1: Toprak Örneklerinde Elde Edilen Değerlerin Marmara Bölgesi'nde yapılan Diğer Çalışmalarla Karşılaştırması.....	30
Çizelge 4.2: Bazı bölgelerdeki doğal radyasyon doz düzeyleri.....	31





ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Doğal radyasyon kaynakları.....	8
Şekil 2.2: Yapay radyasyon kaynakları.....	9
Şekil 2.3: Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarının küresel radyasyon doz katkıları.....	9
Şekil 2.4. Günlük hayatımızda ne kadar radyasyon alıyoruz(TAEK).....	10
Şekil 2.5: ²³⁸ U bozunum serisi.....	11
Şekil 2.6: ²³² Th Bozunum Serisi.....	12
Şekil 2.7: ²²⁷ Ac bozunum serisi.....	13
Şekil 2.8: ²³⁷ Np bozunum serisi.....	13
Şekil 3.1: Toprak örneklerinin toplandığı noktalar.....	15
Şekil 3.2: Türkiye sınır kapıları haritası.....	16
Şekil 3.3: Örneklerin kurutulma işlemleri.....	17
Şekil 3.4: Toprak örneklerinin öğütülme işlemi.....	18
Şekil 3.5: Ölçüme hazır hale gelen örnekler.....	18
Şekil 3.6: Ortec GEM 70P4-95 model HPGe dedektörlü gama spektrometre sistemi.....	19
Şekil 3.7: HpGe dedektör.....	19
Şekil 3.8: Gama spektrometre sisteminin blok şeması.....	20
Şekil 3.9: Kalibrasyon kaynağın enerji spektrumu.....	21
Şekil 3.10: Kalibrasyon için kütüphane oluşturulması.....	22
Şekil 3.11: Enerji kalibrasyonu için çizilen kalibrasyon eğrisi.....	22
Şekil 3.12: Kalibrasyonun bitiş ekranı.....	23
Şekil 3.13: Çalışmada kullanılan standart kaynak.....	23
Şekil 3.14: Verim kalibrasyon eğrisi.....	24
Şekil 4.1: Toprak örneklerinin radyonüklid konsantrasyonları.....	25
Şekil 4.2: Toprak örneklerindeki ²²⁶ Ra konsantrasyonu.....	26
Şekil 4.3: Toprak örneklerindeki ²³² Th konsantrasyonu.....	26
Şekil 4.4: Toprak örneklerindeki ⁴⁰ K konsantrasyonunun bölgesel karşılaştırması.....	27
Şekil 4.5: Toprak örneklerindeki ⁴⁰ K konsantrasyonu.....	27
Şekil 4.6: Toprak örneklerindeki ¹³⁷ Cs konsantrasyonunun bölgesel karşılaştırması.....	28
Şekil 4.7: Toprak örneklerindeki ¹³⁷ Cs konsantrasyonu.....	28
Şekil 4.8: HPGe dedektöründen elde edilmiş HB2 no'lu örneğe ait tipik bir gama spektrumu.....	29
Şekil 4.9: Kırklareli ve Edirne için TAEK tarafından oluşturulan radyasyon haritası.....	32



DEREKÖY, HAMZABEYLİ VE PAZARKULE SINIR KAPILARINDAN ALINAN TOPRAKLARDA RADYONÜKLİD MİKTARININ ÖLÇÜLMESİ VE DOZ HESAPLANMASI

ÖZET

İnsanlar dünyanın var oluşundan beri radyoaktivitenin etkisi altındadır. İnsanların maruz kaldıkları en yaygın radyasyon kaynakları dünya atmosferindeki kozmik ışınların etkileşimi ve yer kabuğundaki uzun yarı ömürlü radyoaktif çekirdeklerden kaynaklanan doğal radyoaktivitedir. Topraktaki doğal radyoaktivite U, Th serileri ve ^{40}K 'dan kaynaklanmaktadır. Doğal olarak oluşan radyoaktif çekirdeklere ilaveten birçok radyoaktif çekirdek nükleer silah denemeleri, nükleer güç reaktörleri, araştırma reaktörleri ve nükleer yakıt üretimi gibi yapay yollarla çevreye yayılmaktadır. Bu sebeple bu tür radyasyonların belirlenmesi ve izlenmesi önemlidir. Çevresel radyoaktivitenin izleme çalışmaları ile insanların ve diğer canlıların maruz kaldığı radyasyon seviyeleri ve çevresel radyasyon seviyesindeki önemli değişiklikler belirlenir.

Bu tez çalışmasında Dereköy, Hamzabeyli, Pazarkule sınır kapılarından alınan toprak örneklerindeki radyoaktivite seviyesinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Toprak örneklerindeki radyoaktivite düzeyleri HpGe gama spektrometresi kullanılarak, ^{226}Ra (^{238}U), ^{40}K , ^{232}Th , ^{137}Cs aktivite konsantrasyonları hesaplanarak belirlenmiştir. Toprak örnekleri için, ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs ortalama radyoaktivite değerleri sırasıyla; 36.34 ± 1.76 , 51.53 ± 1.22 , 766.67 ± 8.93 ve 7.68 ± 0.5 Bq/kg olarak belirlenmiştir.

Toprak örnekleri için ortalama soğurulan doz değerleri sırasıyla 80.55, 71.20 ve 88.59 nGy.h⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bölge için yıllık etkin doz hızı hesaplanmıştır. Bu değerler

40.43- 124.93 $\mu\text{Sv.y}^{-1}$ aralığında değiştiği ve ortalamanın 98.25 $\mu\text{Sv.y}^{-1}$ olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: radyoaktivite, toprak, gama, HpGe, doz



MONITORING OF RADIONUCLIDE LEVELS IN SOILS OF THE DEREKOY, HAMZABEYLI AND PAZARKULE BORDERS

SUMMARY

Humans, constantly have been exposed by radioactivity since creation of the universe. The most common radiation sources to which humans are exposed by natural radioactivity from long life time of radionuclides in the earth's surroundings and the interaction of cosmic rays on the earth's atmosphere. The natural radioactivity in soil comes from U and Th series and natural ^{40}K . In addition to naturally occurring radionuclides, a large number of radionuclides have been produced and released into the environment by human nuclear activity, including nuclear weapons testing, the operation of nuclear power plants, research reactors, and nuclear fuel reprocessing. Thus the investigation and monitoring of these radiations is important. By monitoring researches the environmental radioactivity, the dose of radioactivity that people and other creatures are exposed to and the important differences at environmental radioactivity are being identified.

In this thesis, it is aimed to determine the radioactivity in soil of Derekoy, Hamzabeyli and Pazarkule borders in Trakya region. In soil samples, radioactivity levels of ^{226}Ra (^{238}U), ^{40}K , ^{232}Th , ^{137}Cs are measured and determined by using HpGe gamma spectrometry. For soil samples, the average activity concentrations of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs are 38.16 ± 4.04 ,

36.34 ± 1.76 , 51.53 ± 1.22 , 766.67 ± 8.93 and 7.68 ± 0.5 Bq/kg, respectively.

The average absorbed dose rates for soil samples were calculated to be 80.55, 71.20 and 88.59 nGy.h⁻¹, respectively. The calculated external annual effective dose rate of the region ranged from 40.43 to 124.93 $\mu\text{Sv.y}^{-1}$, with an average value of 98.25 $\mu\text{Sv.y}^{-1}$.

Keywords: radioactivity, soil, gamma, HpGe, dose



1. GİRİŞ

İnsanlar ve diğer canlılar yaşadıkları çevrede yaşamları boyunca radyasyona maruz kalmaktadırlar. Maruz kalınan en geniş doz oranını evrenden gelen kozmik ışınlar ve yerkürede bulunan doğal radyasyon oluşturmaktadır. Doğal olarak alınan dozun, insanların yaşamlarına olan etkilerin araştırılması ve doğabilecek zararların en aza indirilebilmesi için çevresel radyoaktivite çalışmaları büyük önem arz etmektedir (Reşitoğlu, 2011; Kırkpınar, 2010).

Radyasyonun keşfi ile beraber radyasyonun zararlı etkilerinden korunmak da önem kazanmıştır. Doğal ve yapay radyasyon seviyesinin belirlenmesinin yanında herhangi bir sebeple radyasyonun zararlı etkilerine maruz kalmanın önlenmesi de gerekmektedir (Akça, 2011).

Çevresel radyoaktivite ölçümlerinin temel amacı, insanların çevresel kaynaklardan almış oldukları doğal ve yapay kaynaklı radyasyon dozunun tayini ile oluşturabileceği zararın değerlendirilmesidir. Radyasyon doz tayini için doğal ve yapay içerikli radyonüklidlerin havada, suda, toprakta, bitkide, sedimentte, denizlerde, okyanuslarda hatta bina yapı malzemelerindeki konsantrasyonlarının ve insanların maruz kaldıkları toplam radyasyon dozuna katkılarının ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir (Gönen, 2012).

Radyasyon düzeylerini etkileyen en önemli faktör, yer kabuğundaki radyoaktivite konsantrasyonlarının farklı olarak dağılım göstermesidir. Doğal kaynaklı radyoaktivite bir bölgenin jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin, deniz seviyesinden yukarılara doğru çıkıldıkça kozmik ışınların şiddeti daha da artmaktadır (Gönen, 2012; Özger, 2005). Bir bölgenin radyoaktivitesinin belirlenmesinde o yerin toprağında, suyunda ve havasında bulunan radyoaktifliğinin belirlenmesi demektir. Bölgenin radyasyon seviyesindeki değişim temel radyasyon seviyesi göz önünde bulundurularak tespit edilmelidir. Bu sebeple bir yerin ya da bölgenin çevresel radyasyon miktarının bilinmesi, herhangi bir nükleer kaza esnasında bu bölgenin hangi oranda etkilendiğini belirlemek açısından

önemlidir (Bostancı, 2011). Literatürde radyasyon seviyelerinin belirlenmesine yönelik dünyada ve Türkiye’de yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır.

S.Selvasekarapandian ve arkadaşları (2000) Hindistan’da topraktaki doğal radyonüklid konsantrasyonlarını gama spektroskopisi ile tayin etmişler ve ^{40}K , ^{238}U ve ^{232}Th ’nin ortalama aktivite konsantrasyonlarını sırasıyla 195,2 Bq/kg, 37,7 Bq/kg ve 75,3 Bq/kg olarak bulmuşlardır (Selvasecarapanian ve diğerleri, 2000).

Yeboah ve arkadaşları (2001) Gana’da Büyük Accra Bölgesindeki toprak ve kayalardaki ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonlarını HPGe gama spektrometresi kullanılarak tayin etmişler ve toprak örneklerinde aktivite konsantrasyonlarının ^{40}K için 91,1- 1395,9 Bq/kg; ^{238}U için 2,4- 62,7 Bq/kg ve ^{232}Th için 3,2- 145,7 Bq/kg aralığında değiştiğini bulmuşlardır (Yeboah ve diğerleri, 2001). Hindistan’da S. Saravanan ve arkadaşları (2003) tarafından Tamilnadu bölgesi topraklarının doğal radyonüklid seviyeleri ölçülmüş ve topraklardaki ortalama ^{40}K konsantrasyonu 96,0 Bq/kg, ortalama ^{232}Th konsantrasyonu 43,9 Bq/kg, ortalama ^{226}Ra konsantrasyonu ise 42,9 Bq/kg olarak bulunmuştur. Radyumun eşdeğer aktivitesi ise ortalama 113 Bq/kg olarak hesaplanmıştır (Saravanan ve diğerleri, 2003).

Taşkın (2006), tarafından Kırklareli’nin farklı ilçelerinden toplanan toprak örneklerinde bulunan ortalama radyonüklid konsantrasyonları sırası ile ^{226}Ra için 36,504 Bq/kg, ^{238}U için 25,428 Bq/kg, ^{232}Th için 39,864 Bq/kg, ^{40}K için 666,98 Bq/kg ve ^{137}Cs için 7,954 Bq/kg olarak bulunmuştur (Taşkın, 2006).

Bozkurt ve arkadaşları (2007) tarafından Şanlıurfa’da yapılan çalışmada 45 adet toprak örneğinde bulunan radyonüklidler gama ışını spektrometresi ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda radyonüklid aktivite konsantrasyonu ortalama değerleri ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K için sırasıyla 20,8 Bq/kg, 24,95 Bq/kg ve 298,6 Bq/kg olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapay bir radyonüklid olan ^{137}Cs için 9,08 Bq/kg olarak tayin edilmiştir. Çalışmada ölçümler sonucunda radyonüklid aktivite konsantrasyonu ortalama değerleri için toplam ortalama yıllık etkin doz değeri ise 46,9 μSv olarak bulunmuştur (Bozkurt ve diğerleri, 2007).

Kam ve arkadaşları (2010) tarafından Tekirdağ’da il genelinde toplanmış toprak örneklerinde için gama spektrometresi analiz yöntemi ile yapılan ölçümler sonucunda radyonüklid aktivite konsantrasyonları ortalama olarak ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve

^{137}Cs için sırasıyla 29 Bq/kg, 39 Bq/kg, 580 Bq/kg ve 5,2 Bq/kg olarak bulunmuştur. Çalışmada ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K için toplam ortalama yıllık etkin doz değeri 75 μSv olarak belirlenmiştir (Kam ve diğerleri, 2010).

Kam ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan bir başka çalışmada Çanakkale il genelinde toplanan toprak örneklerinde gama spektrometresi ile radyonüklid ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda ortalama aktivite konsantrasyon değerleri ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs için sırasıyla 94.55 Bq/kg, 110.4 Bq/kg, 1273 Bq/kg ve 19.8 Bq/kg olarak bulunmuştur. Ayrıca ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K için toplam ortalama yıllık etkin doz değeri 184 μSv olarak belirlenmiştir (Kam ve diğerleri, 2010).

Aközcan (2009), tarafından İzmir Körfezi ve Didim’de yapılan bir çalışmada aylık olarak toplanmış sediment, midye, balık ve deniz sularında bazı radyonüklid ve ağır metal seviyeleri ölçülmüştür. Elde edilen bulgulara göre radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonlarının aylara ve bölgelere bağlı olarak değişimler gösterdikleri saptanmıştır. Didim ve İzmir Körfezi’nin çalışılan dönemde incelenen radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonları bakımından biyolojik ve ekolojik dengeyi tehdit edici bir risk taşımadığını söylemişlerdir. “Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan topraklarda radyonüklid miktarının ölçülmesi ve doz hesaplanması” isimli bu tez çalışmasında Trakya Bölgesi için önemli olan üç sınırdan alınan topraklarda bulunan bazı doğal ve yapay radyonüklid konsantrasyonu incelenmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Radyoaktivite

Radyoaktivite, 1895 yılında Wilhelm Röntgen'in X-ışınlarını keşfinden sonra, 1896 yılında Fransız fizikçi Henry Becquerel' in Uranyumun gözle görülmeyen ışınlar yaydığını belirlemesiyle bulunmuş ve bu buluşa “Radyoaktivite” ismi verilmiştir.

Radyoaktivite, atom çekirdeklerinin bir dış etki olmaksızın kendiliğinden tanecikler veya elektromanyetik ışınlar yayarak parçalanmasıdır. Radyoaktivite doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılır.

Bozunuma uğrayan radyoizotop doğada kendiliğinden bulunuyor ya da doğada bulunan diğer radyoizotopların bozunması sonucu ortaya çıkıyorsa “doğal radyoaktivite”, bozunuma uğrayan radyoizotop insan tarafından, yapay olarak reaktörlerde veya hızlandırıcılarda üretiliyorsa “yapay radyoaktivite” olarak isimlendirilmektedir (Özger, 2005).

2.2. Radyasyon ve Radyasyon Çeşitleri

Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerjinin emisyonu veya aktarımıdır.

Radyasyon madde üzerinde oluşturdukları etkiye göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olmak üzere ikiye ayrılır.

İyonlaştırıcı radyasyon, parçacık ve dalga tipi olmak üzere iki kısımda incelenirken, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon ultraviyole ışık (morötesi ışık), güneş ışınları, radyo dalgaları, elektromanyetik dalgalar, radar dalgaları, mikro dalgalar ve benzerlerini içeren dalga tipi radyasyon grubu olarak bilinmektedir.

2.2.1 Alfa parçacıkları

Alfa parçacıkları, çekirdek tarafından yayınlanan iki proton ve iki nötrondan oluşan pozitif yüklü Helyum çekirdeğidir. Alfa parçacığı beta parçacığından yaklaşık olarak 7500 kat daha ağırdır ve çekirdeğin fırlatabildiği en ağır kütle olarak kabul edilmektedir. Atom numarası büyük olan izotoplar genellikle alfa çekirdeği yayımlayarak bozunurlar. Doğal olarak bulunan radyoaktif maddelerden yayınlanan alfa parçacıklarının ortalama enerjileri 5 MeV civarındadır. Kütlece büyük olmaları ve elektrik yüküne sahip olmaları nedeniyle madde içinden geçerken fazla miktarda iyonlaşma meydana getirirler. Böylece enerjilerini çok çabuk kaybetmelerinden dolayı kısa menzillidirler (Gündoğdu, 2012).

Alfa parçacıklarının menzillerinin kısa olması sebebi ile dış ışınlama söz konusu olması durumunda çevresel etkileri önemsizdir, ancak canlılar için iç ışınlama açısından özellikle solunum sisteminden geçerken, kemik yüzeylerinde ve kırmızı kemik iliğinde büyük tahribatlara neden olmaları göz önünde bulundurulduğunda oldukça önemlidir (Karatepe, 2008).

2.2.2 Beta parçacıkları

Beta ışıması, radyoaktif çekirdeklerde nötronun protona ya da protonun nötrona dönüşmesi sırasında enerjinin ortama elektronlar olarak yayılması şeklinde tanımlanan bir iyonlaştırıcı radyasyon türüdür. Beta parçacıkları pozitif yüklü pozitron (β^+) ya da negatif yüklü negatron (β^-) olmak üzere iki çeşittir. Beta parçacıkları bir yük ve kütleye sahip olmaları sebebiyle alfa parçacıklarında olduğu gibi, madde ile temasları halinde iyonlaşmaya sebep olurlar. Fakat bu iyonlaşma alfa parçacıklarından daha düşük bir kütle ve menzillerinin alfa parçacıklarına göre daha fazla olmaları dolayısıyla daha azdır (Gündoğdu, 2012).

2.2.3 Gama ve X ışınları

Radyoaktif kararsız bir çekirdek kararlı hale geçmek için bir α veya bir β parçacığı çıkarttıktan sonra genellikle uyarılmış durumda kalmaz ve enerjisi sonradan bir elektromanyetik radyasyon halinde yayımlayarak taban duruma döner. Gama ışınları, atom çekirdeğinde gerçekleşen bozunumlar sonrasında çekirdeğin enerji seviyeleri arasındaki geçişler sırasında yayımlanan ve γ sembolü ile ifade edilen bir iyonlaştırıcı radyasyon türüdür.

Gama ve X ışınları, elektrik yükü taşımadıkları için hareketleri boyunca elektrik ve manyetik alanlardan etkilenmemeleri sebebiyle, alfa ve beta parçacıklarına göre madde içerisindeki giricilikleri çok daha fazla fakat iyonlaşmaya katkıları çok daha azdır. Birkaç santimetre kalınlığındaki kurşun bloklarla sadece belli bir kısmı durdurulabilir.

2.2.4 Nötronlar

Kütleleri protonun kütlesine eşit ve Gama ışınları gibi yüksüz olmalarından dolayı, madde içerisindeki giricilikleri çok iyidir ve atomun elektron yapısından geçebilirler. Madde içerisinde doğrudan bir iyonlaşmaya sebep olmamalarına rağmen, nötronların atomlarla etkileşmelerinden alfa parçacığı, beta parçacığı, gama veya X-ışınları ortaya çıkarabilir. Nötronların durdurulmasında, su ve Hidrojen ağırlıklı diğer bazı hafif elementler kullanılmaktadır.

2.3. Radyasyon Birimleri

2.3.1. Aktivite birimi

Aktivite birimi Curie olup, saniyede 3.7×10^{10} bozunma meydana getiren radyoaktif madde miktarı olarak tanımlanır.

Uluslararası birim sisteminde (SI) aktivite birimi olarak Becquerel (Bq) kullanılmakta olup, saniyede bir bozunma meydana getiren radyoaktif madde miktarı olarak tanımlanır. Becquerel ve Curie arasındaki bağıntı şöyledir:

$$1 \mu\text{Ci} = 10^{-6} \text{ Ci} = 37000 \text{ bozunma/sn}$$

$$1 \text{ pCi} = 10^{-12} \text{ Ci} = 0,037 \text{ bozunma/sn}$$

$$1 \text{ Bq} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ci} = 27 \text{ pCi}$$

2.3.2. Işınlama doz birimi

Işınlama, X ve Gama ışınlarının havayı iyonlaştırmalarının bir ölçüsü olarak tanımlanır ve birimi Röntgen'dir. Röntgen normal hava şartlarında (0 °C ve 760 mm Hg basınçta) havanın 1 kg'ında 2.58×10^{-4} C'luk elektrik yükü değerinde pozitif ve negatif iyonlar meydana getiren X ya da gama ışını miktarıdır.

Uluslararası birim sisteminde (SI) ışınlama doz birimi olarak Coulomb/kg kullanılmaktadır ve Coulomb/kg, normal hava şartlarında (0 °C ve 760 Hg basıncı)

havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde pozitif ve negatif iyonlar oluşturan X ve gama ışını miktarı olarak tanımlanmaktadır (Bostancı, 2011).

2.3.3. Soğurulma doz birimi

Soğurulma dozu, radyasyona maruz kalan bir maddenin birim kütlesine aktarılan enerji olarak tanımlanır. Soğurulma doz birimi olan Rad, ışınlanan herhangi bir maddenin kg'ı başına 10^{-2} joule'lük enerji soğurulması yaratan radyasyon miktarıdır.

Uluslararası birim sisteminde (SI) soğurulma doz birimi olarak Gray (Gy) kullanılmaktadır ve 1 Gy, ışınlanan maddenin kg'ı başına 1 joule'lük enerji soğurulması yaratan radyasyon miktarı olarak tanımlanır.

2.3.4. Eşdeğer doz birimi

Eşdeğer doz birimi belirli bir radyasyonun bir biyolojik sistem üzerinde oluşturduğu etkilerin bir ölçüsüdür. Eşdeğer doz birimi Rem'dir.

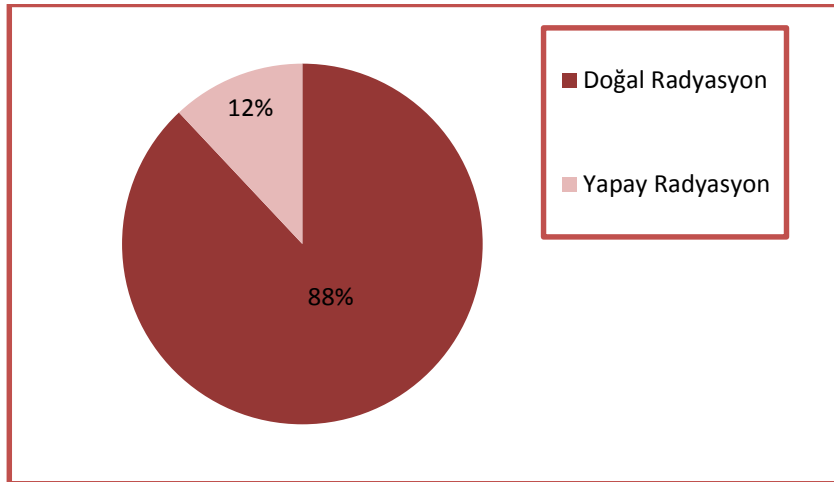
Uluslararası birim sisteminde (SI) eşdeğer doz birimi olarak Sievert (Sv) kullanılmaktadır ve aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$1\text{Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$$

$$1\text{Sv} = 100 \text{ rem}$$

2.4. Radyasyon Kaynakları

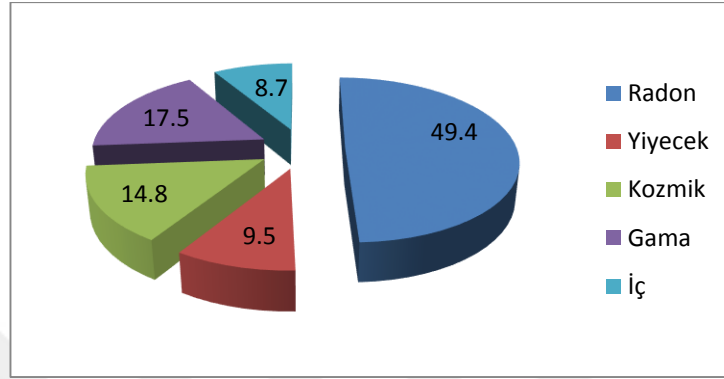
Radyasyon kaynakları doğal radyasyon kaynakları ve yapay radyasyon kaynakları olmak üzere iki gruba ayrılır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarının küresel radyasyon dozuna oransal katkıları.

2.4.1. Doğal radyasyon kaynakları

Radyasyon bir enerji olup, uzaydan, soluduğumuz havadan, yediğimiz yiyeceklerden, evlerimizin yapı malzemelerinden radyasyona maruz kalırız. Bu nedenle, radyasyon yaşadığımız çevrenin bir parçasıdır ve zamanın başlangıcından itibaren vardır (Şekil 2.2).



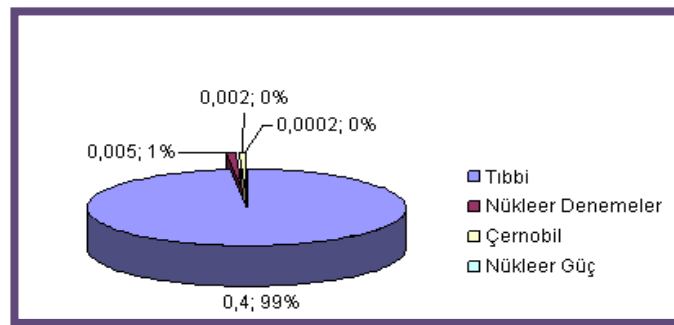
Şekil 2.2: Doğal radyasyon kaynakları.

Uzaydan gelen kozmik ışınlar, yerkürede bulunan kısa yarı ömürlü radyoizotopların yaydığı gama ışınları, vücudumuzdaki radyoaktif elementler, radyumun bozunması sonucu salınan radon gazı doğal radyasyonu oluşturmaktadırlar.

2.4.2. Yapay radyasyon kaynakları

İnsanoğlu, teknolojik gelişmelerin bir gereği olarak, doğada mevcut olmayan bazı radyasyon kaynaklarını yapay yollarla üretme ihtiyacı duymuştur.

Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan; X ışınları ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpintiler, nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ve bazı tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler ise yapay radyasyon kaynaklarını oluşturmaktadırlar (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Yapay radyasyon kaynakları (TAEK).

İnsanoğlu ve diğer canlılar, milyonlarca yıldan beri evrenden gelen kozmik ışınlar ve yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonla ışınlanmakta, ayrıca hava, su, tüm bitkisel ve hayvansal besinlerde bulunan doğal radyonüklidler vücudumuza solunum ve sindirim yollarıyla alınmaktadır. Tüm canlılar yaşamları süresince sürekli olarak hem iç hem de dış radyasyona maruz kalarak, doğal radyasyonla iç içe yaşamaktadırlar (Şekil 2.4) (<http://www.taek.gov.tr/radyasyon-izleme/cevresel-gama-dozhizlari.html>).



Şekil 2.4: Günlük hayatımızda ne kadar radyasyon alıyoruz (TAEK).

2.4.3. Doğal radyoaktif seriler

Atom numaraları $Z=81$ ile 92 arasında olan radyonüklidler doğal olarak bulunmaktadır. Bu radyonüklidler alfa ve beta bozunmalarıyla, kararlı bir çekirdeğe dönüşüncüye kadar, bir seri bozunma zincirlerine maruz kalırlar.

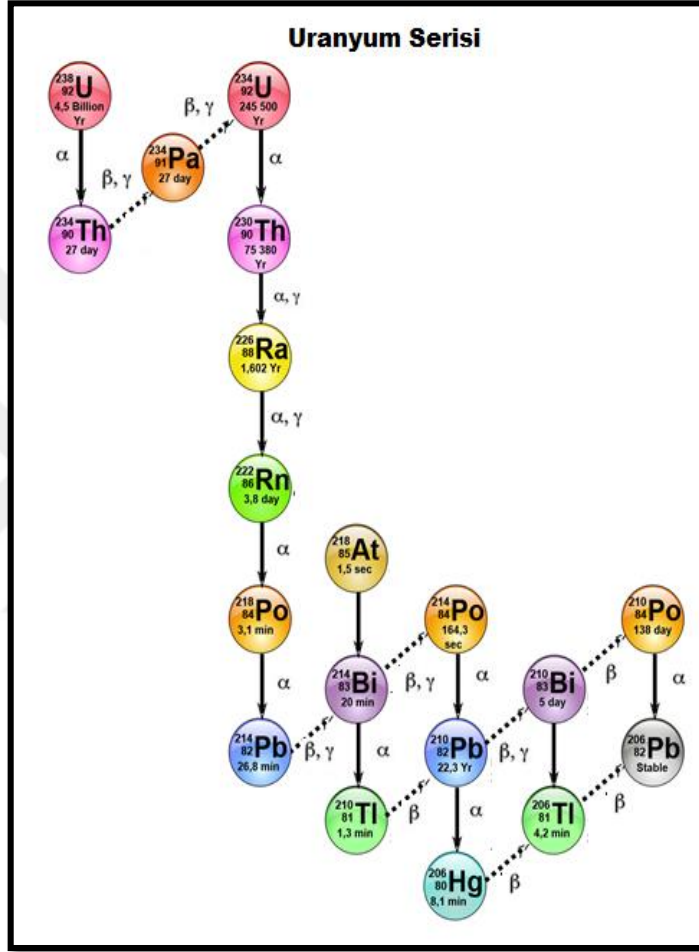
Atom numarası $Z=81$ ile 92 arasında olan ağır doğal radyoaktif izotoplar, A kütle numaralarına bağlı olarak üç seri altında toplanırlar:

- Uranyum serisi (^{238}U kaynaklı)
- Toryum serisi (^{232}Th kaynaklı)
- Aktinyum serisi (^{235}U kaynaklı)
- Neptünyum serisi (^{237}Np kaynaklı)

Ayrıca, dördüncü bir aile olan Neptünyum serisinin 14 yıllık yarı ömrü olan ^{241}Pu orijinli olduğu, serideki diğer elementlerin ise çok kısa yarı ömürlü oldukları

bilinmektedir. Neptünyum serisinin (Şekil 2.8) günümüzde bilinen tek elementi olan ^{209}Bi 'un ise yarı ömrü $2,7 \times 10^{17}$ yıldır (Özger, 2005).

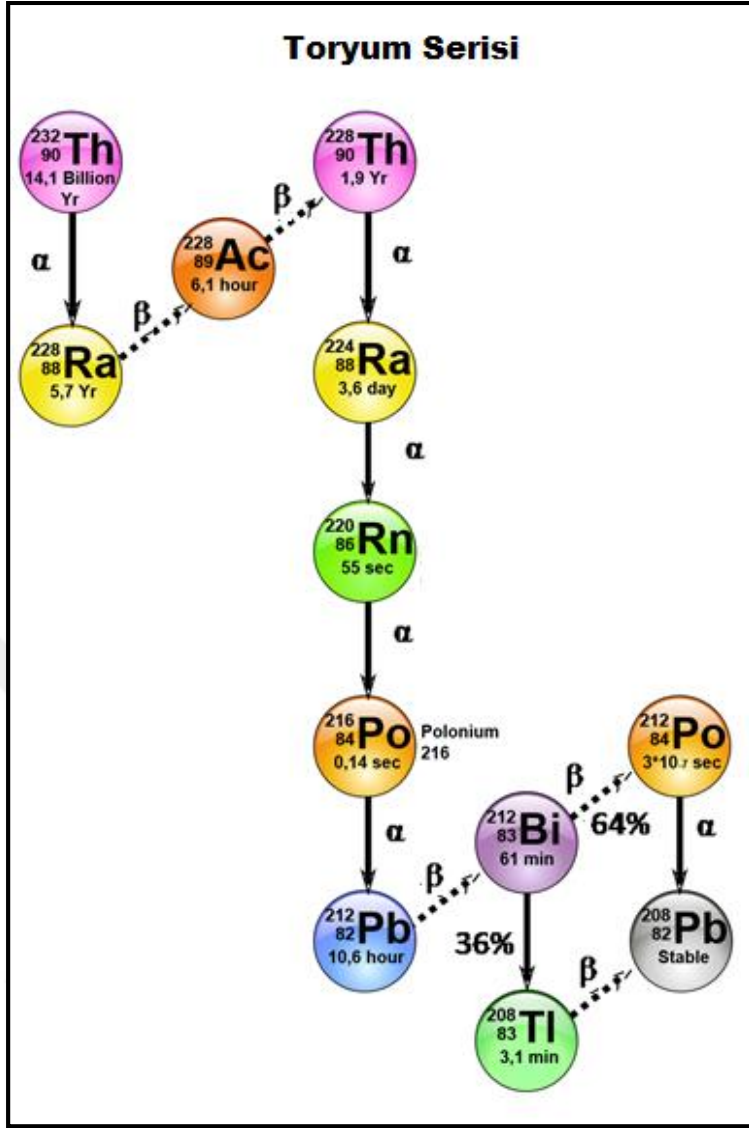
Uranyumun ^{238}U , ^{235}U ve ^{234}U olmak üzere doğal olarak oluşmuş üç izotopu vardır. Doğadaki uranyumun %99,2745'ini ^{238}U , %0,7200'ini ^{235}U ve %0,0055'ini ^{234}U oluşturmaktadır. Bu radyonüklidler içerisinde en uzun yarı ömre sahip olan $4,46 \times 10^9$ yıl ile ^{238}U 'dir (Şekil 2.5).



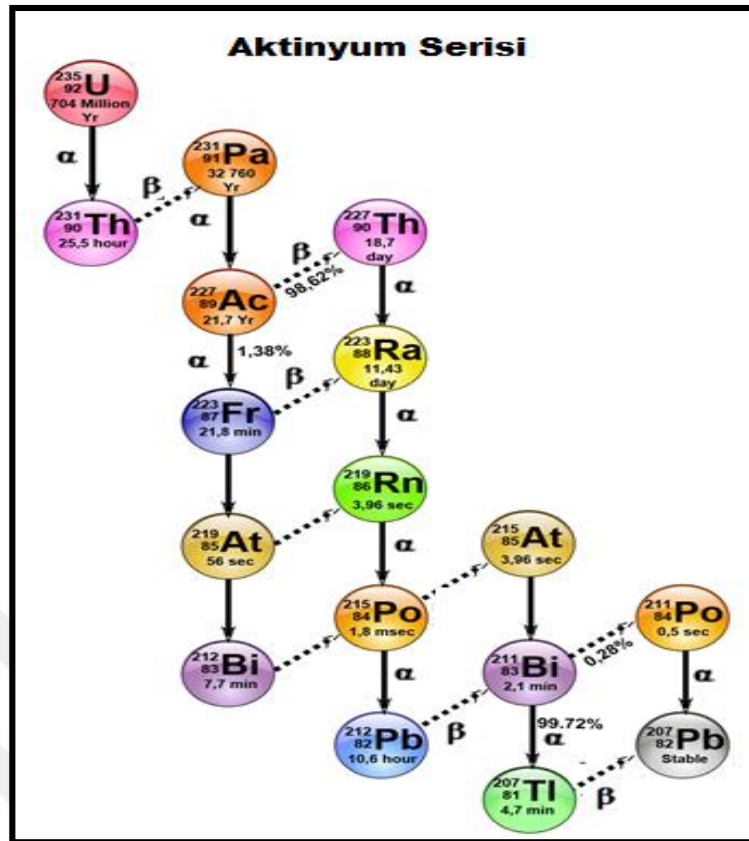
Şekil 2.5: ^{238}U bozunum serisi.

^{238}U bozunum serisine oldukça benzer olan Toryum bozunum serisini, Uranyum bozunum serisinden ayıran en önemli fark bu seride, $1,41 \times 10^{10}$ yıllık çok uzun yarı ömre sahip tek radyonüklidin ^{232}Th olmasıdır (Şekil 2.6).

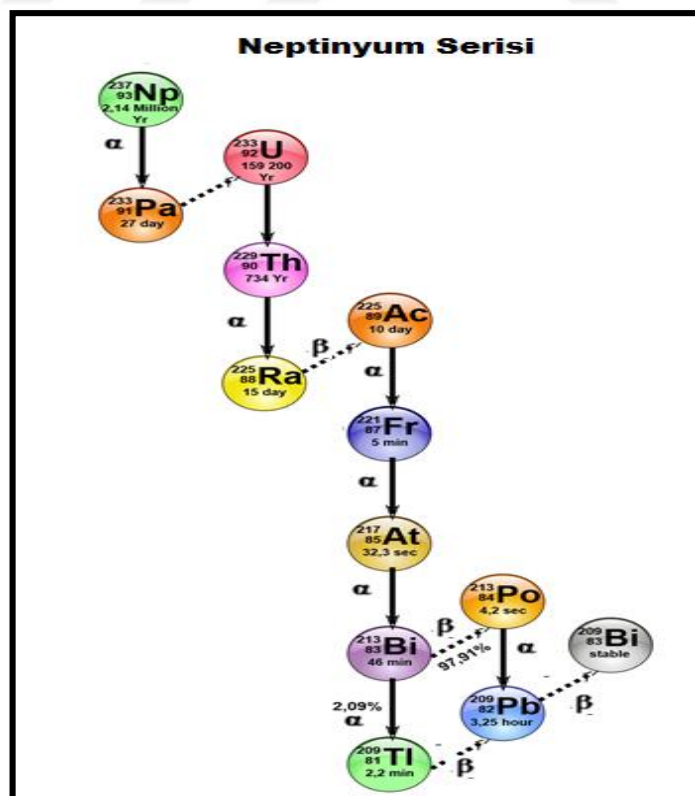
İnsanlar için yaşamsal bir öneme sahip olan potasyumun doğada üç izotopu vardır. Bu üç izotoptan en önemlisi olan ^{40}K , $1,27 \times 10^9$ yıllık yarı ömre sahiptir ve ^{40}K 'ın temel doğal radyasyon seviyesine katkısı oldukça fazladır.



Şekil 2.6: ^{232}Th bozunum serisi.



Şekil 2.7: ^{227}Ac bozunum serisi.



Şekil 2.8: ^{237}Np bozunum serisi.



3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında Trakya sınır bölgelerinden alınan toprak örneklerinin radyoaktivite miktarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan toprak numuneleri analiz edilmiştir (Şekil 3.1). Bu çalışmada alınan numunelerin analiz işlemleri Kırklareli Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

Dereköy, Kırklareli merkeze 29 kilometre uzaklıkta bulunan bir köydür. Dereköy çam, meşe, gürgen ve kayın ağaçları ile bulunan büyük bir orman ile kaplıdır. Dereköy'de Bulgaristan ile Türkiye'yi birbirine bağlayan Dereköy Sınır Kapısı bulunmaktadır. Kırklareli bölgesindeki Dereköy Gümrük Kapısı, Avrupa'dan gelen sürücülerin kullanabileceği başka bir gümrük kapısıdır.

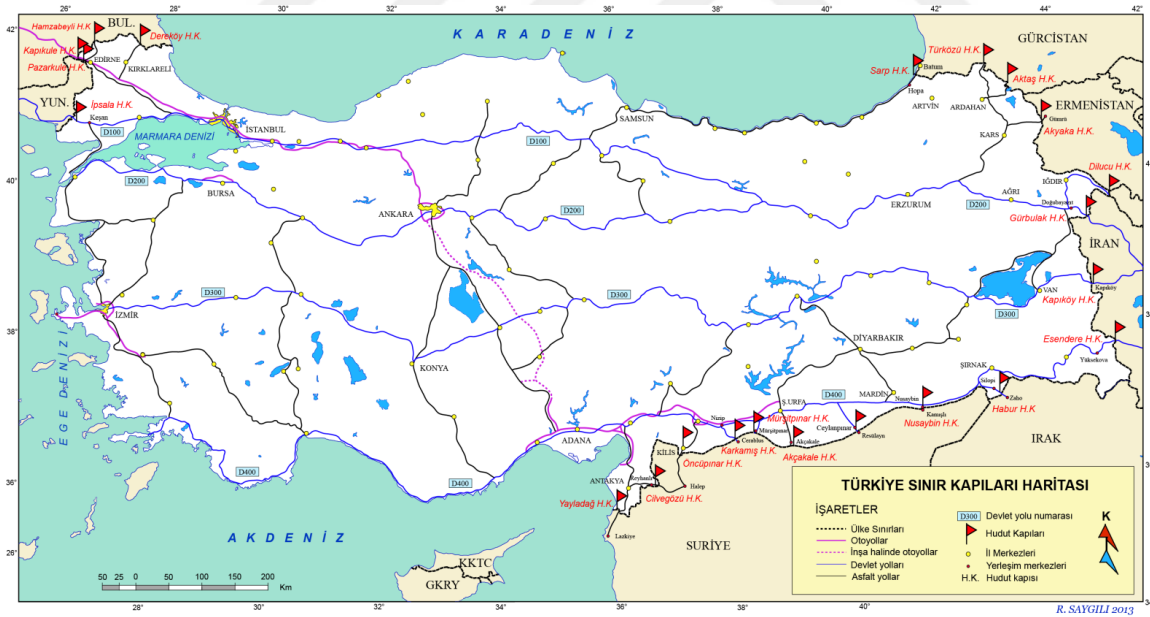
Pazarkule Sınır Kapısı, Türkiye ile Yunanistan arasındaki bir sınır kapısıdır. Edirne'ye 5 km mesafededir. Hamzabeyli, Edirne ilinin Lalapaşa ilçesine bağlı bir köydür. Bulgaristan'a 500 m uzaklıkta köyün etrafı tepelik ve ormanlıktır. Köyde Bulgaristan-Türkiye gümrük kapısı olarak kullanılan Hamzabeyli Sınır Kapısı bulunmaktadır (<https://tr.wikipedia.org/wiki>). Şekil 3.2'de Türkiye'de bulunan tüm sınır kapılarının haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Toprak örneklerinin toplandığı noktalar.

Çizelge 3.1: Toplanan örneklerin koordinatları.

BÖLGELER	N	E
DK1 (DEREKÖY)	41°58'2.676"	27°27'29.667"
DK2	41°58'2.676"	27°27'29.664"
DK3	41°58'0.2352"	27°27'22.4748"
DK4	41°57'58.4856"	27°27'23.9076"
DK5	41°58'0.9624"	27°27'27.9216"
HB1	41°57'25.128"	26°36'45.8568"
(HAMZABEYLİ)		
HB2	41°57'24.1956"	26°36'16.7244"
HB3	41°57'25.524"	26°36'45.1188"
HB4	41°57'25.0272"	26°36'45.846"
HB5	41°57'20.736"	26°36'50.7204"
PK1	41°39'21.2586"	26°29'27.982"
(PAZAKULE)		
PK2	41°39'16.4196"	26°29'30.2892"
PK3	41°39'17.7696"	26°29'29.85"
PK4	41°39'18.5415"	26°29'24.48"
PK5	41°39'19.1628"	26°29'33.8172"



Şekil 3.2: Türkiye sınır kapıları haritası.

3.1. Toprak Örneklerinin Sayıma Hazırlanması

Bu çalışmada her bir sınır bölgesi için 5 farklı koordinat belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Belirlenen koordinatlarda toprağın yaklaşık olarak 10 cm altından toplanan örnekler 2 kg'lık saklama poşetlerine konulmuş, ait oldukları koordinatlar poşetlerin üzerine

yazılmıştır. Daha sonra laboratuara getirilen örnekler radyoaktivite ölçümlerinden önce bir dizi işleme tabi tutulmuştur. İlk olarak toprak örneklerini nemden arındırmak için laboratuarda poşetlerin ağzı açılarak oda şartlarında yaklaşık 24 saat süresince kurumaya bırakılmış ve sonrasında 105 °C’de etüvde kurutulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Örneklerin kurutulma işlemleri.

Kurutulan her bir örnek içindeki taş, ot, vb. gibi yabancı maddeler temizlenmiş, her bir örnek ayrı ayrı elekten geçirilmiş ve porselen havanda öğütülmüştür (Şekil 3.4). Toz haline getirilen toprak örnekleri 250 ml hacimli kaplara kapatılmış ve kaplarının kapağı parafin bandı ile sıkıca sarılmış ve örnek içindeki radyum ve ürünleri arasındaki radyoaktif dengenin oluşması için yaklaşık 40 gün bekletilmiştir (Şekil 3.5). Aktivite hesabında kullanılmak üzere her bir örneğin ağırlığı ölçülerek not alınmıştır.



Şekil 3.4:Toprak örneklerinin öğütülme işlemi.



Şekil 3.5: Ölçüme hazır hale gelen örnekler.

3.2. Gama Spektrometrik Analiz Sistemi

Gama spektrometresi çevresel örneklerde bulunan radyoizotop analizlerinde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Deneysel çalışmamızda toprak örneklerinin gama spektrometrik analizleri, yüksek saflıkta germanyum dedektörü HpGe (Hyper Pure Germanium Detector) kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.6-3.7).

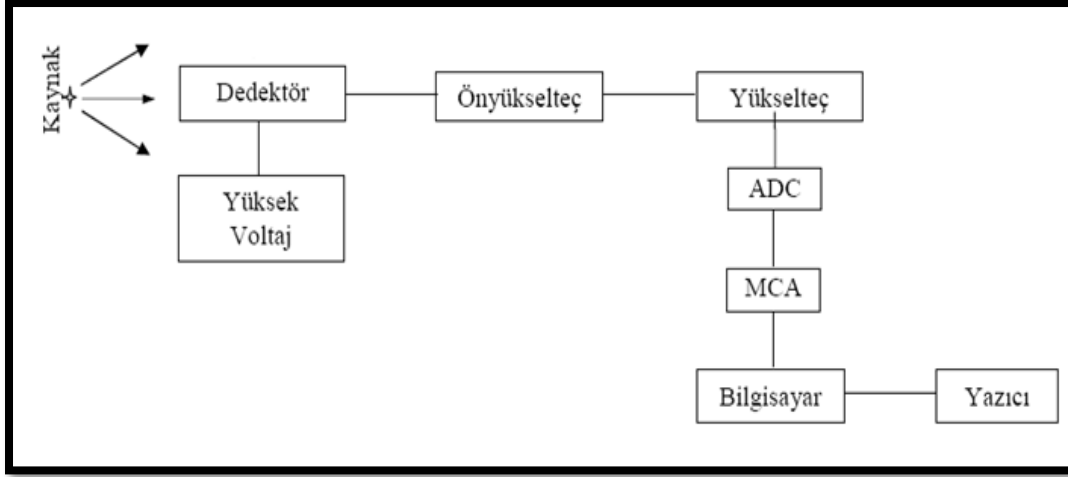


Şekil 3.6: Ortec GEM 70P4-95 model HPGe dedektorlü gama spektrometre sistemi.

Çalışmada kullanılan gama spektroskopik ölçüm sistemi ORTEC firmasına ait Ortec GEM 70P4-95 HPGe (1.33 MeV'de FWHM:2.0 keV, relatif verim % 70 ve pik/compton = 75/1'dır) kurşun zırh içindeki p-tipi, dikey kriyostatlı, koaksiyel saf germanyum gama detektörü, dijital sinyal üreten entegre gama spektrometresi (DSPEC jr. 2.0), Gamma Vision-32 spektrum analiz yazılımı ve bilgisayardan oluşmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.7: HpGe dedektör.



Şekil 3.8: Gama spektrometre sisteminin blok şeması.

Laboratuarda gama spektrometre sistemimizin elektrik kesintilerinden etkilenmemesi için kesintisiz güç kaynağı, laboratuvar ortam sıcaklığının sabit tutulmasını sağlamak amaçlı klima bulunmaktadır.

Yarı iletken dedektörlerin bir çeşidi olan HpGe dedektörlerinde safsızlık az, direnç yüksektir ve buna ilaveten ayırma gücü çok yüksektir. HpGe dedektörlerinin diğer bir avantajı da besleme gerilimi uygulanmadığı zaman oda sıcaklığında tutulabilir olmasıdır. HpGe dedektörlerinin çalışırken karakteristik özelliği sebebiyle yarı iletken kristalin düşük sıcaklıklarda tutulması gerekmektedir. Çalışırken sıvı azot sıcaklığında (-196°C) tutma gereği ve düşük verim göstermesi ise HpGe dedektörlerinin bir dezavantajıdır.

Gama spektrometrik ölçümlerin yapılmasında ilk olarak enerji ve verim kalibrasyonu yapılmalıdır. Bu çalışmamızda örneklerin sayım işleminden önce dedektörümüzde enerji ve verim kalibrasyonları yapılmıştır.

3.2.1. Enerji kalibrasyonu

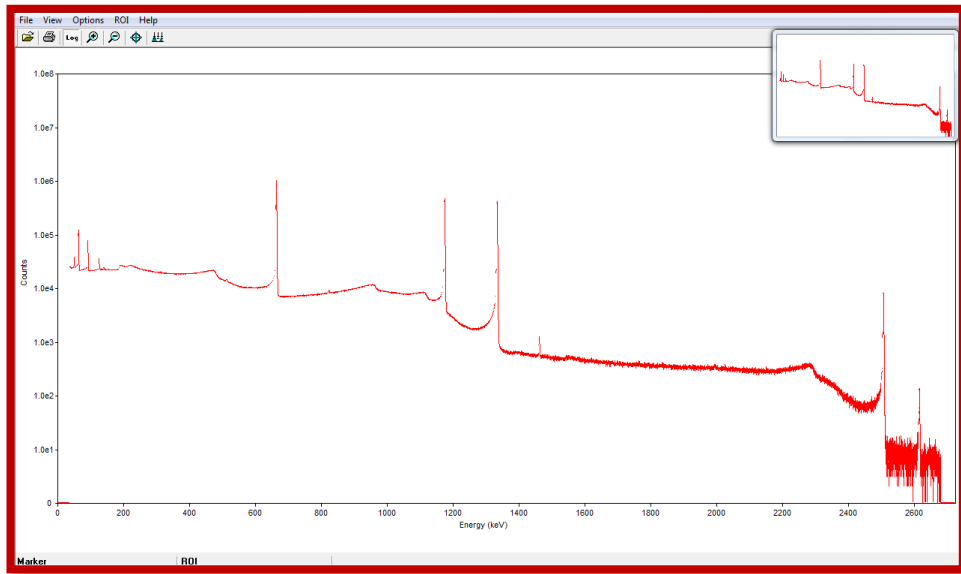
Enerji kalibrasyonu yapmaktaki amacımız, elde edilen spektrumdaki piklerin karşılık geldiği enerji değerlerini belirlemektir. Bunun için enerji değerleri bilinen piklere sahip standart kaynaklara ihtiyacımız bulunmaktadır. Enerji değerlerini bildiğimiz kaynağın sayımı yapılarak elde edilen spektrumda hangi kanalın hangi enerjiye karşılık geldiği belirlenmiş olur. Kalibrasyon eğrisinin denklemi de bu piklerin enerji değerlerinin fonksiyona fit edilmesi ile yapılır ve bu işlem sonunda ölçmek istediğimiz radyonüklidler enerjilerine bakarak belirlenebilir hale getirilmiş olur (Vuruş, 2013).

Kullanılan sistemde dedektörümüzün enerji ve verim kalibrasyonları için 250 ml’lik geometriye sahip epoksi matriks içerisinde multinüklid bulunan standart bir kaynak kullanılmıştır. Kullanılan standart “California Isotope Product Laboratories” tarafından hazırlanmıştır. Kullanılan standart kaynağa ait bilgiler Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2: Kalibrasyon için kullanılan standart kaynağın içindeki radyonüklidler ve özellikleri.

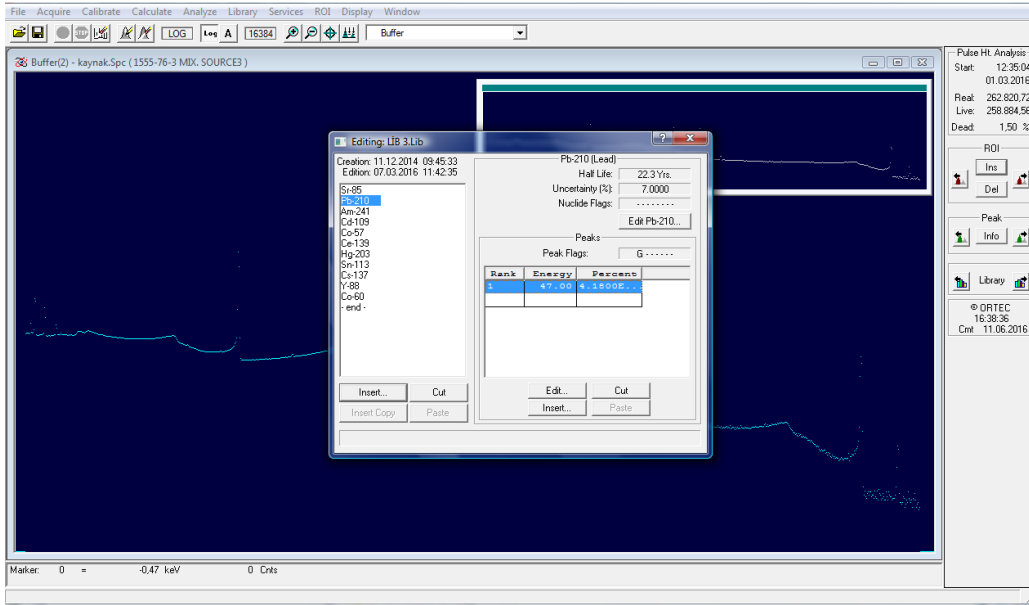
Gama Işını Enerjisi (keV)	Radyonüklid Adı	Yarı Ömür	Gama Işını Şiddeti (%)	Aktivite (µCi)
47	²¹⁰ Pb	22.3 yıl	4.18	0.3053
60	²⁴¹ Am	432.17 yıl	36.0	0.03073
88	¹⁰⁹ Cd	462.6 gün	3.63	0.4411
122	⁵⁷ Co	271.79 gün	85.6	0.01587
166	¹³⁹ Ce	137.640 gün	79.9	0.02006
279	²⁰³ Hg	46.595 gün	81.5	0.06015
392	¹¹³ Sn	115.09 gün	64.9	0.08151
514	⁸⁵ Sr	64.849 gün	98.4	0.09832
662	¹³⁷ Cs	30.17 yıl	85.1	0.06853
898	⁸⁸ Y	106.630 gün	94.0	0.1589
1173	⁶⁰ Co	5.272 yıl	99.86	0.08395
1333	⁶⁰ Co	5.272 yıl	99.98	0.08395
1836	⁸⁸ Y	106.630 gün	99.4	0.1589

Kalibrasyon için kullandığımız kaynağın enerji değerleri Şekil 3.9’da verilmiştir. Buradaki gördüğümüz piklerin enerji değerleri hangi kanala karşılık geldiğini belirtir.



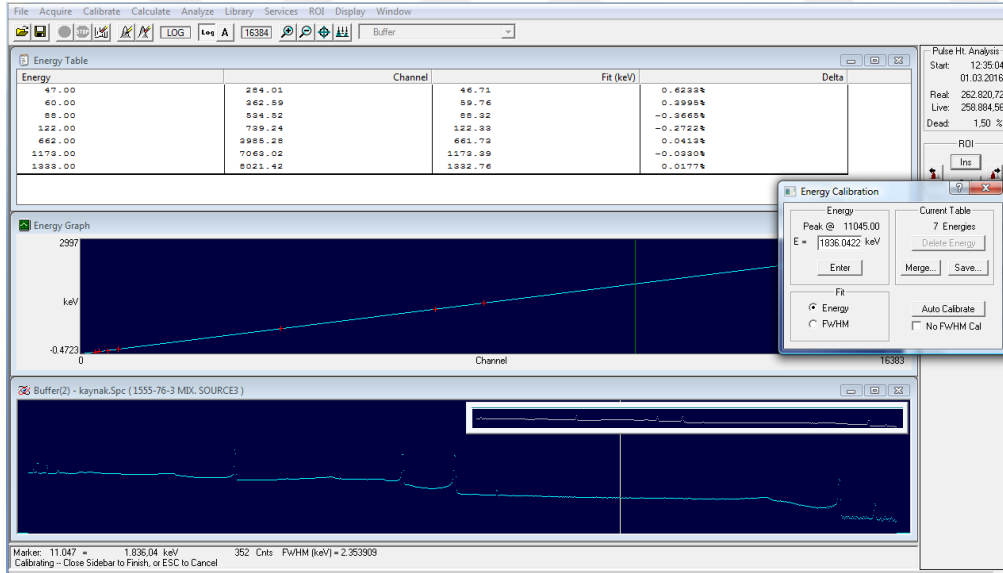
Şekil 3.9: Kalibrasyon kaynağın enerji spektrumu.

Kaynağın ait olduğu sertifika dosyasında yer alan enerji, aktivite ve yarıömür değerleri girilerek Şekil 3.10’da gösterildiği gibi bir kütüphane hazırlanır.



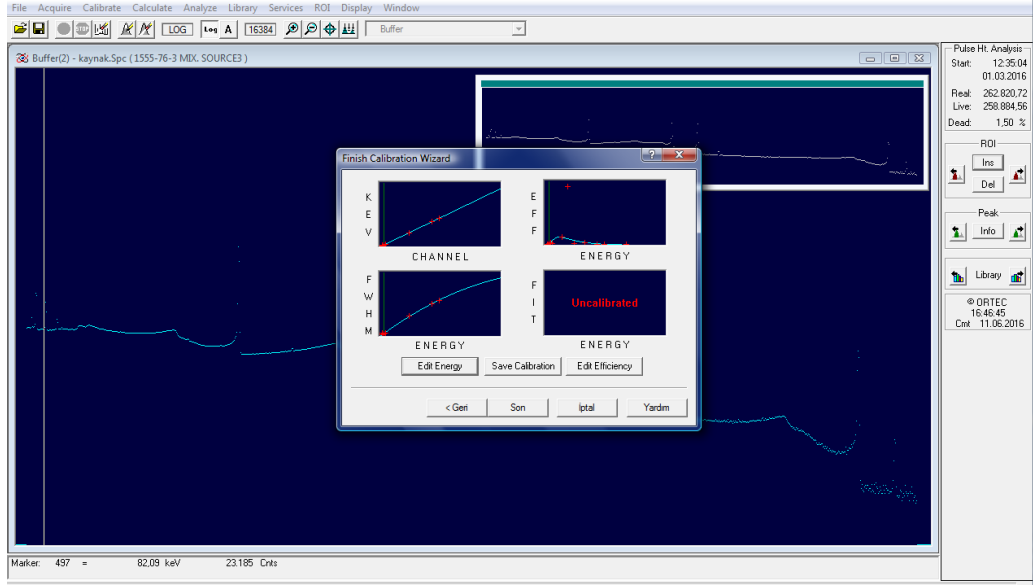
Şekil 3.10: Kalibrasyon için kütüphane oluşturulması.

Şekil 3.11’de Gama Vision-32 yazılımıyla gama spektrometresinde işlenen veriler ve elde edilen kalibrasyon denkleminin eğrisi ve standardın spektrumu verilmektedir.



Şekil 3.11: Enerji kalibrasyonu için çizilen kalibrasyon eğrisi.

Şekil 3.12’ de ise kaynağın içinde bulunan izotopların enerji değerleri kontrol edilerek, kayma olan enerji değerleri düzeltilerek kaydedilir. Böylece enerji kalibrasyonu yapılmış olur.



Şekil 3.12: Kalibrasyonun bitiş ekranı.

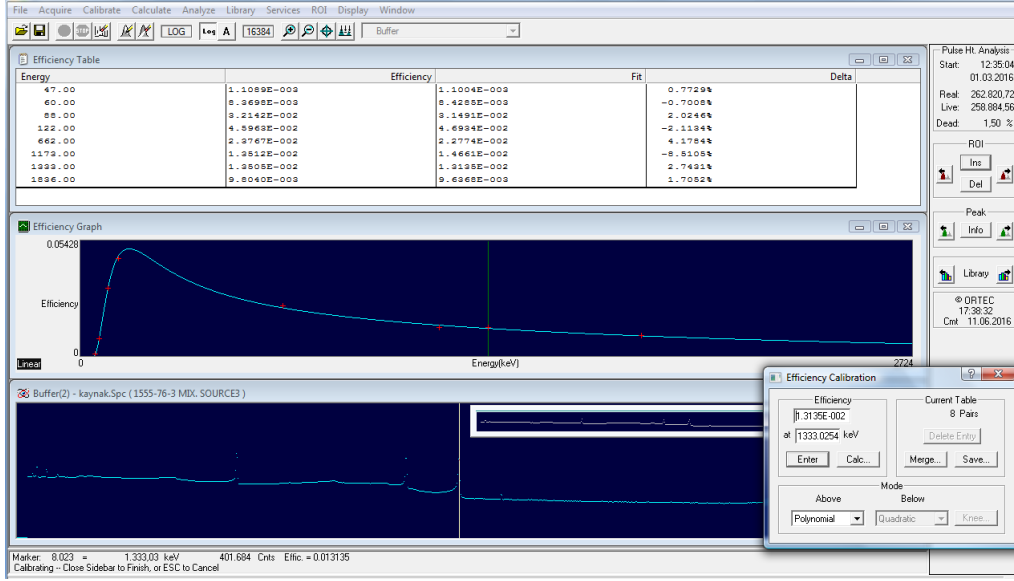
3.2.2. Verim kalibrasyonu

Kaynağın yaydığı gama ışınlarının sayısı ile spektrumdan elde edilen sayımların sayısı arasında ilişki kurmaya verim denir. İlgilendiğimiz pikin altında kalan alanda ne kadar radyoaktivite olduğunu belirtir. Pik alanına ve verimine radyoaktivite miktarını belirlemek için ihtiyacımız var. Aktivitesi bilinen, standart kaynaklar kullanılarak pik verimi hesaplanır.

Tüm bu işlemler için önemli olan örnekler ile aynı geometri ve yoğunlukta bulunan standart kaynaklar kullanılmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Çalışmada kullanılan standart kaynak.



Şekil 3.14: Verim kalibrasyon eğrisi.

Şekil 3.14’de enerji değerleri ve verimleri görülmektedir. Kullanılan kaynaktaki enerji değerleri ile eşleşmeyen pikler var ise bunlar silinir ve son olarak kaydedilir. Böylece verim kalibrasyonu tamamlanmış olur.

Enerji ve verim kalibrasyonları tamamlandıktan sonra toprak örnekleri HPGe dedektörüne yerleştirilerek her bir örnek için sayımlar alınmış ve sayım sonrasında elde edilen spektrumların analizleri yapılarak ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklidlerinin aktivite konsantrasyonları bulunmuştur. Elde edilen değerler kullanılarak aktivite hesabı denklem (3.1) kullanılarak yapılır.

$$A = \frac{N_{net}}{\varepsilon \cdot t \cdot I \cdot m} \quad (3.1)$$

Burada,

A , hesaplanan aktivite (Bq/kg);

N_{net} , net pik alanı;

ε , ilgilenilen pik içindedektör verimi;

t , sayım süresi;

m , numunenin kütlesi (kg) ;

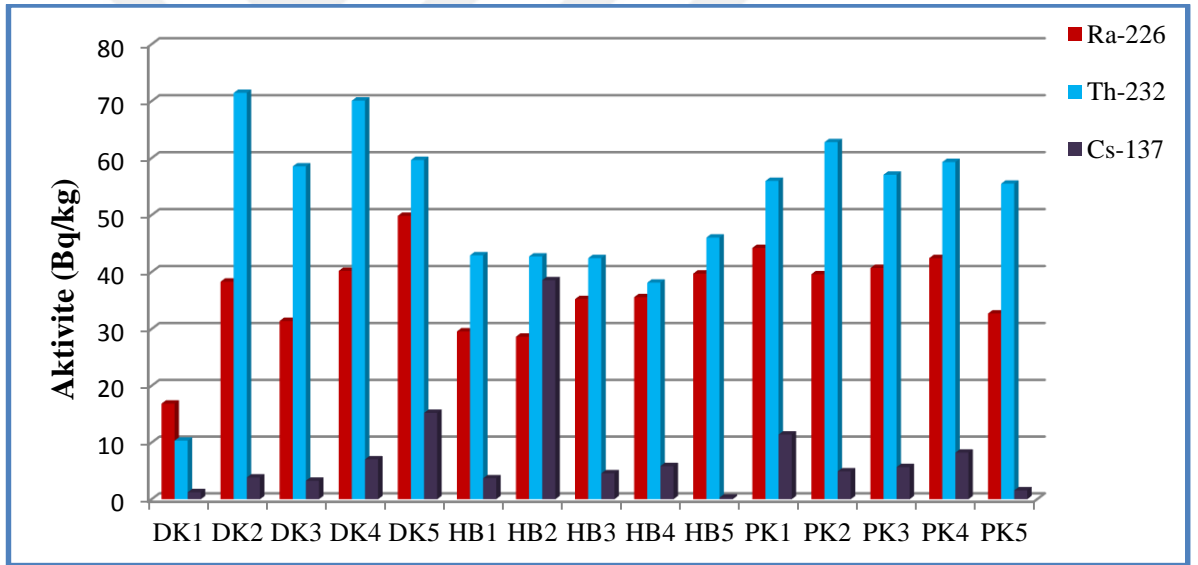
I , gama enerjisinin yayınlanma olasılığıdır (Bostancı, 2011)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan topraklarda bulunan bazı doğal ve yapay radyonüklid (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs) konsantrasyonları belirlenmiştir.

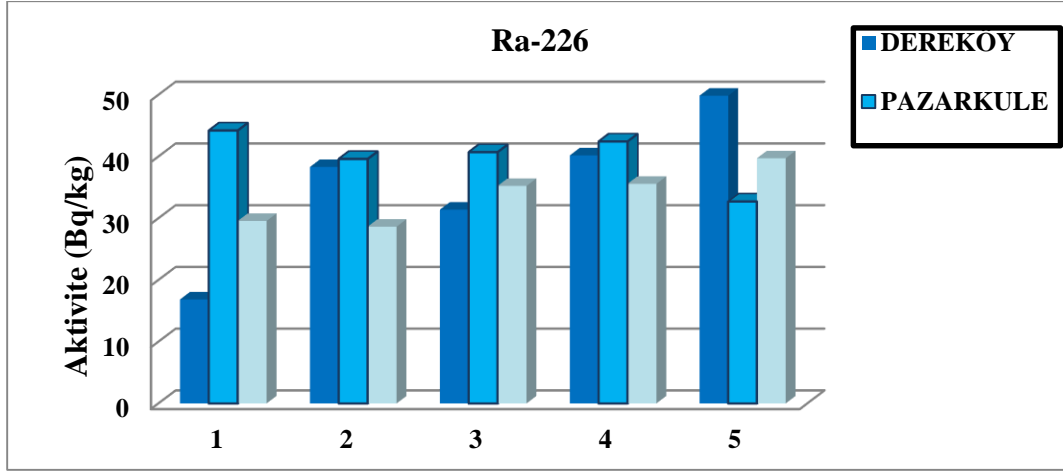
4.1. HPGe Dedektörü İle Bulunan Gama Radyoaktivite Değerleri

Dereköy (DK), Hamzabeyli (HB) ve Pazarkule (PK) sınır kapılarından alınan toplanan toprak örneklerinin ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ve ^{137}Cs radyonüklidlerinin aktivite konsantrasyonları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Toprak örneklerindeki radyonüklid konsantrasyonları.

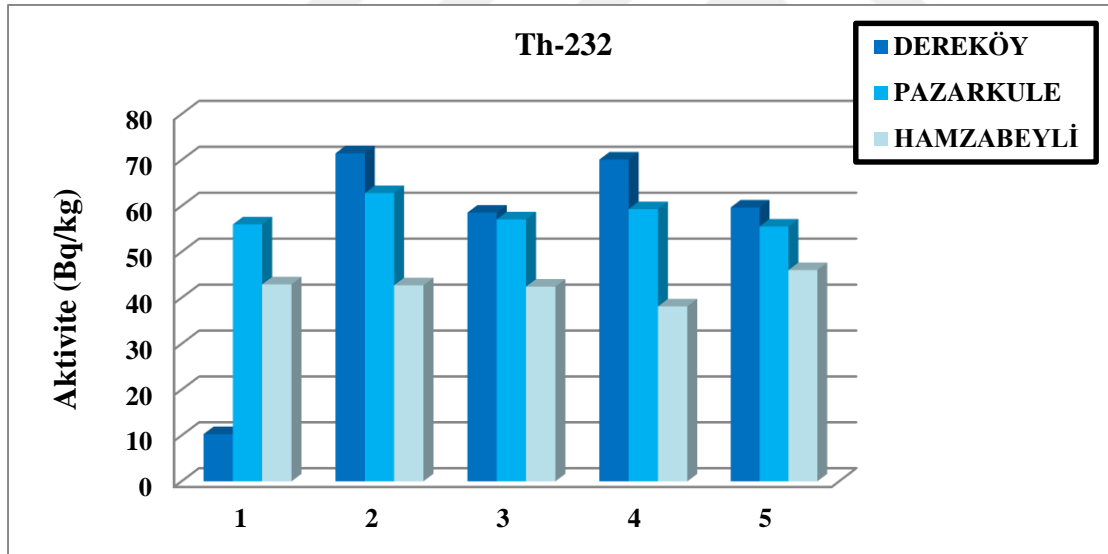
Toprak örnekleri için hesaplanan ^{226}Ra aktivite konsantrasyonu $16.85 \pm 0.78 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ile $49.86 \pm 8.03 \text{ Bq.kg}^{-1}$ aralığında değişmekte olup, ortalama aktivite konsantrasyonu $36.33 \pm 1.76 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ’dir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Toprak örneklerindeki ²²⁶Ra konsantrasyonu.

Elde edilen verilere göre ²²⁶Ra radyonüklidinin aktivitelerinin ortalama değeri UNSCEAR'ın ilgili raporundaki ²²⁶Ra aktivitesi için belirtilen ortalama değer olan 32 Bq/kg değerinin üzerindedir (UNSCEAR, 2000).

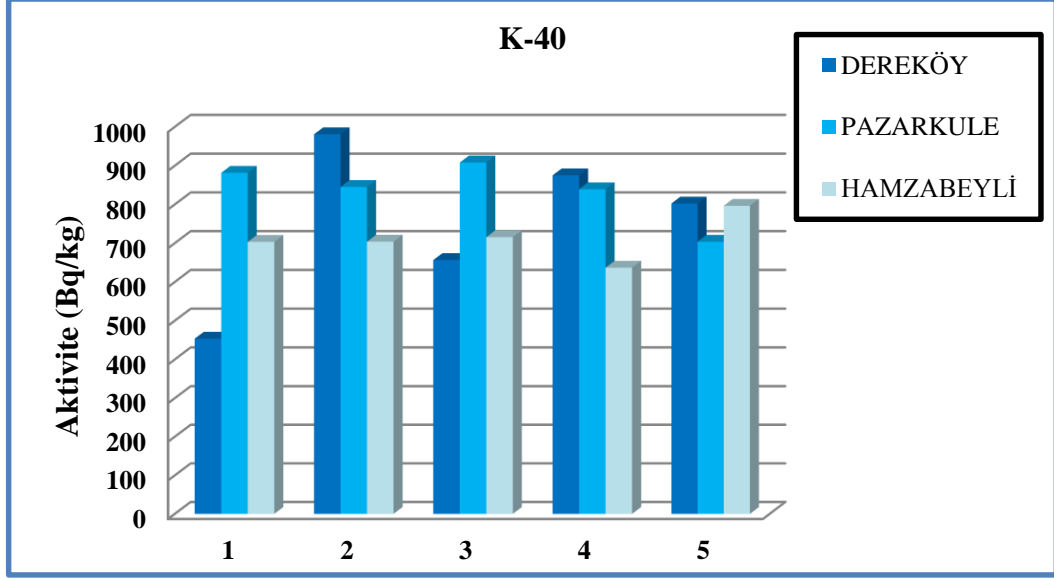
²³²Th aktivite konsantrasyonu 10.32 ± 1.38 Bq.kg⁻¹ ile 71.45 ± 1.24 Bq.kg⁻¹ aralığında değişmekte ve ortalama aktivite konsantrasyonu $51,53 \pm 1.22$ Bq.kg⁻¹' dir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Toprak örneklerindeki ²³²Th konsantrasyonu.

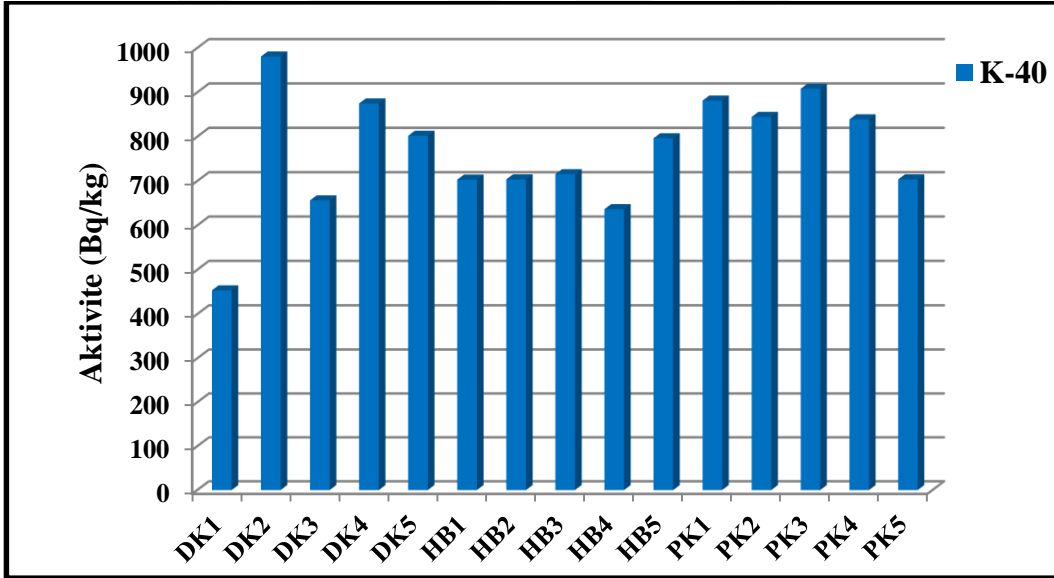
Toprak örneklerinde ²³²Th radyonüklidinin aktivitelerinin ortalama değeri (51.53 ± 1.37 Bq.kg⁻¹) ²³²Th için dünya ortalaması olan 45 Bq/kg değerinin üzerindedir (UNSCEAR, 2000).

⁴⁰K aktivite konsantrasyonu 453.51 ± 8.04 Bq.kg⁻¹ ile 980.75 ± 9.67 Bq.kg⁻¹ aralığında değişmekte ve ortalama aktivite konsantrasyonu 766.67 ± 8.93 Bq.kg⁻¹' dir (Şekil 4.4-4.5).



Şekil 4.4: Toprak örneklerindeki ^{40}K konsantrasyonunun bölgesel karşılaştırması

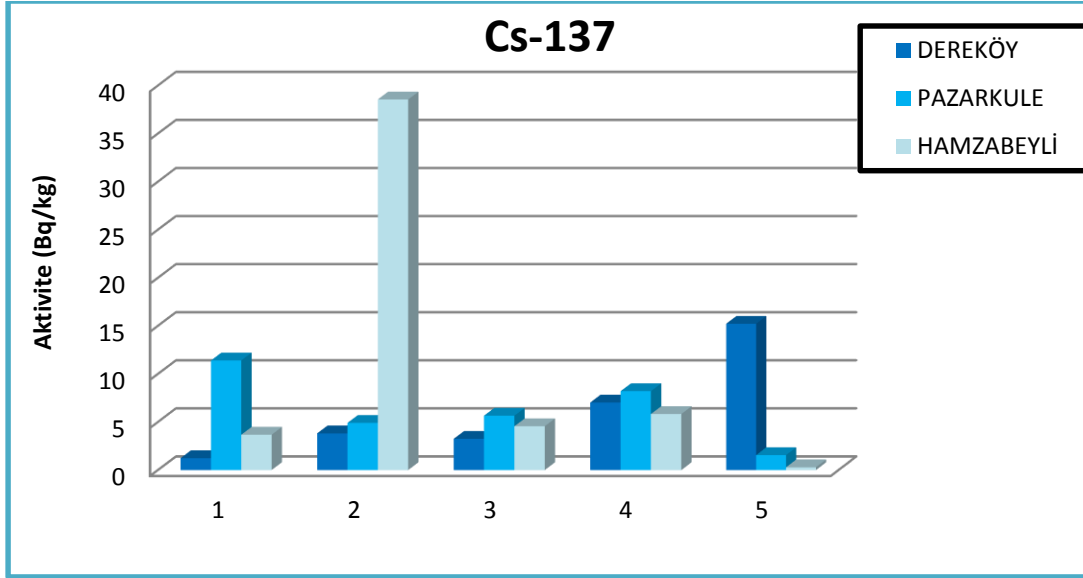
Toprak örneklerindeki ^{40}K radyonüklidinin aktivitelerinin ortalama değeri ise ilgili UNSCEAR raporundaki ^{40}K aktivitesi için belirtilen ortalama değer olan 420 Bq/kg değerinin üzerindedir (UNSCEAR, 2000).



Şekil 4.5: Toprak örneklerindeki ^{40}K konsantrasyonu.

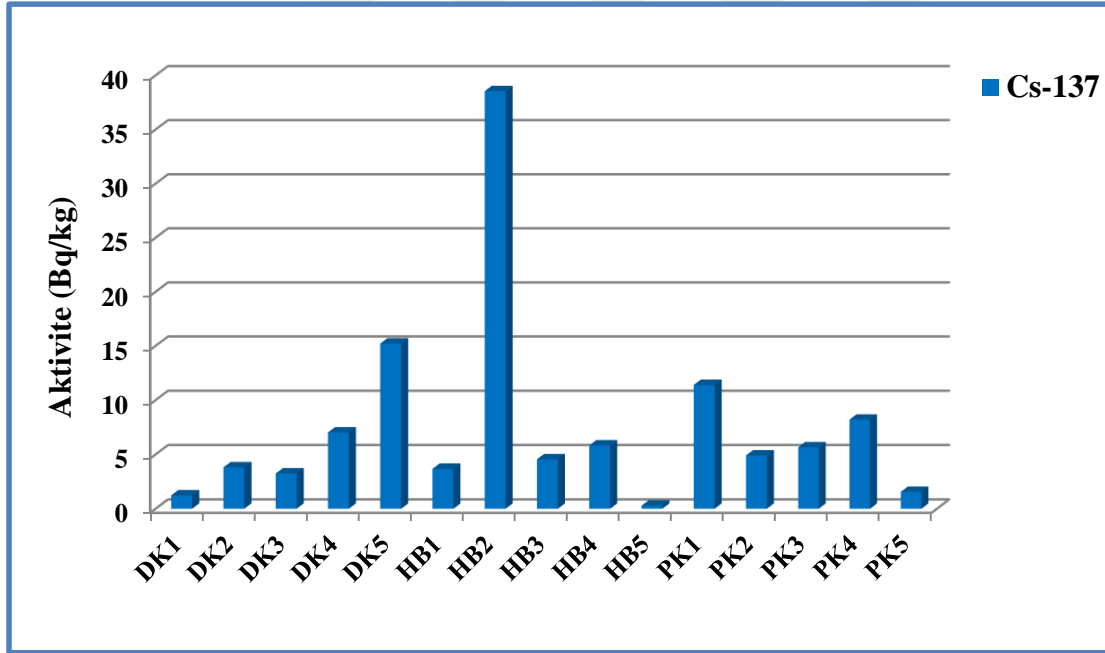
^{137}Cs 'nin ortalama aktivite konsantrasyonu $0.29 \pm 0.24 \text{ Bq.kg}^{-1}$ olup, $38.55 \pm 0.59 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ile $7.68 \pm 0.50 \text{ Bq.kg}^{-1}$ aralığında değerler almaktadır (Şekil 4.6-4.7).

Şekil 4.8'de HPGe dedektöründe elde edilmiş HB2 nolu örneğe ait tipik bir gama spektrum örneği verilmiştir.

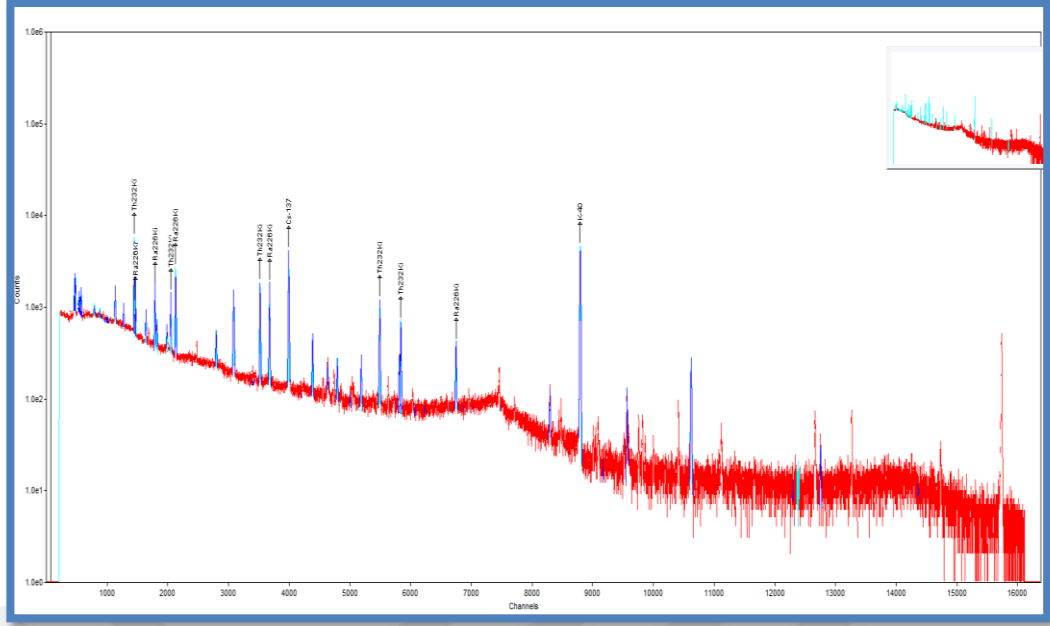


Şekil 4.6: Toprak örneklerindeki ^{137}Cs konsantrasyonunun bölgesel karşılaştırması.

Bu çalışmada toplanan toprak örneklerinde doğal bir radyonüklid olmayan ^{137}Cs izotopuna genellikle rastlanmıştır. ^{137}Cs bulunmasının nedeni nükleer deneme ve kazalar sonucu oluşan radyoaktif serpintilerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.7: Toprak örneklerindeki ^{137}Cs konsantrasyonu.



Şekil 4.8: HPGe dedektöründe elde edilmiş HB2 nolu örneğe ait tipik bir gama spektrumu

Çalışmamızda elde edilen radyonüklid konsantrasyonları Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından 2002-2011 yılları arasında Türkiye'deki çevresel radyoaktivitenin izlenmesi programı kapsamında Marmara Bölgesi yüzey topraklarında yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılmış ve elde ettiğimiz değerlerin Marmara Bölgesi'ndeki diğer illere göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Ayrıca TAEK tarafından aynı çalışmada Edirne ve Kırklareli için oluşturulmuş radyasyon haritası da Şekil 4.9'de gösterilmiştir (TAEK, 2013).

Ayrıca örnek alınan bölgeler sınır bölgesidir ve örnekler Pazarkule, Dereköy ve Hamzabeyli sınır kapısına yakın yerlerden alınmıştır. Dereköy ve Hamzabeyli Sınır Kapısı Bulgaristan'a, Pazarkule Sınır Kapısı ise Yunanistan'a açılmaktadır. Bu bölgelerde mevcut olan herhangi bir kirletici unsur, nehirler (Meriç ve Tunca Nehri) ve hava yoluyla taşınabilmektedir. Ayrıca tarım alanlarında kullanılan gübre ve pestisitlerin de doğal radyonüklid konsantrasyonları üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. ^{137}Cs konsantrasyonları ise Çernobil Nükleer Kazasının etkilerinin halen sürmekte olduğunun bir göstergesi olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.1: Toprak örneklerinde elde edilen değerlerin Marmara Bölgesi'nde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırması (TAEK, 2013).

İl	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
Balıkesir	28.10	44.01	542.05	3.34
Bilecik	29.57	37.32	513.64	17.78
Bursa	23.83	32.50	458.57	4.06
Çanakkale	36.74	42.70	512.63	10.03
Edirne	25.06	29.07	638.28	7.80
İstanbul	25.35	26.50	350.73	8.20
Kırklareli	30.82	35.46	543.84	6.48
Kocaeli	20.74	28.87	410.35	5.30
Sakarya	15.03	33.87	403.58	1.67
Tekirdağ	19.85	28.92	481.73	6.15
Yalova	22.06	29.22	449.82	3.69
Tez çalışması	36.34	51.53	766.67	7.68

4.2. Soğurulan Gama Doz Hızı (D)

Doğal radyasyona katkı büyük oranda ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K'dan kaynaklanmaktadır. Toprakta bulunan ²³⁸U, ²³²Th ve ⁴⁰K'dan kaynaklanan, yerden 1 m yükseklikteki havada soğurulan gama doz hızı bu radyonüklidlerin aktivite değerleri kullanılarak,

$$D(\text{nGyh}^{-1}) = [0,462(A_{\text{Ra}}) + 0,604(A_{\text{Th}}) + 0,0417(A_{\text{K}})] \quad (4.1)$$

ifadesi ile hesaplanmıştır (UNSCAR, 2000). Burada A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} sırasıyla ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K'ın Bq.kg⁻¹ biriminde spesifik aktiviteleridir.

Elde edilen verilere göre Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan topraklarda dış gama soğurulan doz hızlarının ortalama değerleri sırasıyla 80.55, 71.20 ve 88.59 nGyh⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

4.3. Yıllık Etkin Doz

Doğal gama radyasyonu nedeniyle alınan yıllık toplam etkin doz değerleri yerleşim yerlerine göre değişmektedir.

Soğurulan doz hızları ise Denklem (4.2) kullanılarak $\mu\text{Sv/yıl}$ cinsinden “*yıllık etkin doz hızı*” değerine dönüştürülmüştür (UNSCEAR, 2000).

$$\text{Etkin Doz Hızı } (\mu\text{Sv/y}) = \text{Doz Hızı } (\text{nGy/h}) \times 8760 \times 0.2 \times 0.7 (\text{Sv/Gy}) \times 10^{-3} \quad (4.2)$$

Elde edilen verilere göre Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan topraklarda dış gama soğurulan doz hızlarının ortalama değeri 66,02 nGy.h⁻¹, yıllık etkin doz ortalaması da 80,96 µSv.y⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen verilere göre Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan topraklarda yıllık etkin doz ortalama değerleri sırasıyla 98,79, 87,32 ve 108,65 µSv/y olarak hesaplanmıştır. Ortalama ise 98,25 µSv/y' tir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2: Bazı bölgelerdeki doğal radyasyon doz düzeyleri.

Bölge	Soğurulan doz hızı (nGy/h)	Yıllık etkin doz (µSv/y)	Referans
Çanakkale	66,4	81,4	(Kam, 2010a)
Çankırı	69,6	87,7	(Kapdan, 2011)
Gaziantep	50,1	61,5	(Osmanoğlu, 2007)
Kastamonu	54,81	67,21	(Kam, 2006)
Kırklareli	135,086	165,66	(Taşkın, 2006)
Tekirdağ	43,85	53,77	(Kam, 2010b)
Trabzon	59	66	(Kurnaz, 2011)
Dünya	57	69,90	(UNSCEAR, 2000)
Kırklareli ve Edirne Sınır Bölgeleri	80,11	98,25	Bu Çalışma

4.4. Radyum Eşdeğer Aktivitesi

Radyum eşdeğer aktivitesi (Ra_{eq}), Ra, K ve Th içeren örneklerin spesifik aktivitelerini karşılaştırmak için tanımlanmış ve yaygın olarak kullanılan bir radyoaktif tehlike indeksidir (Beretka, 1985).

$$Ra_{eq} (\text{Bq.kg}^{-1}) = A_{Ra} + 1.43A_{Th} + 0.07A_K \quad (4.3)$$

Eşitlikte, A_{Ra} , A_{Th} ve A_K sırasıyla ²²⁶Ra, ²³²Th ve ⁴⁰K'ın Bq.kg⁻¹ biriminde aktiviteleridir. Ra_{eq} değerinin radyolojik risk açısından 370 Bq kg⁻¹'i geçmemesi istenmektedir.

Elde edilen verilere göre Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan topraklarda radyum eşdeğer aktivitesi ortalama değerleri sırasıyla, 165.31, 144.23 ve 181.55 Bq.kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçların bölgede radyolojik açıdan risk oluşturmadığı görülmüştür.

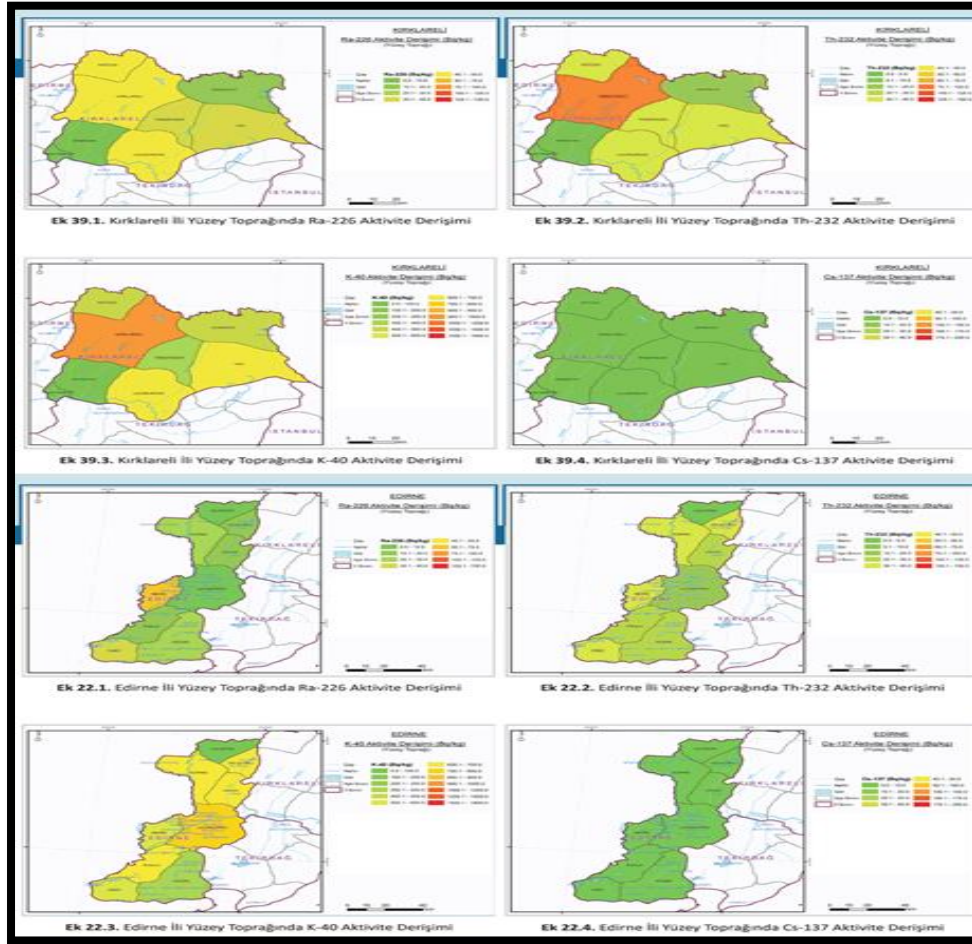
4.5. Dış Tehlike İndeksi (Hex)

Diğer bir radyoaktif tehlike göstergesi de, dış kaynaklı tehlike indeksi olarak tanımlanan H_{ex} değeridir. Dış tehlike indeksi aşağıdaki ifade ile verilmektedir.

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \leq 1 \quad (4.4)$$

Burada, A_{Ra} , A_{Th} ve A_K sırasıyla ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K 'ın Bq.kg^{-1} biriminde spesifik aktiviteleridir. Radyasyon zararının önemsiz olabilmesi için Hex' in değeri 1'den küçük olmalıdır.

Elde edilen verilere göre Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule sınır kapılarından alınan topraklarda dış tehlike indeksi ortalama olarak 0,46 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.9: Kırklareli ve Edirne için TAEK tarafından oluşturulan radyasyon haritası (TAEK 2013) .

Yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlara göre Dereköy, Hamzabeyli ve Pazarkule Sınır Kapıları civarındaki doğal ve yapay radyoaktivite konsantrasyonu açısından incelenerek değerlendirilmiştir. İlerde bu bölge üzerinde yapılacak olan çalışmalarda, insan, bitki ve hatta hayvan sağlığı için hayati önem taşıyan

radioaktivite çalışmalarının yapılarak, maruz kalınan radyasyon dozlarının belirlenmesinin iyi olacağı kanaatindeyiz. Özellikle Trakya Bölgesi bir sınır bölgesi niteliğinde olduğu için, bölgede süreklilik arz eden çevresel radyoaktivite taranması yapılmasında, bölgesel olarak daha detaylı incelemeler yapılmasında ve radyasyonun oluşturabileceği tehlikelere karşı tedbirler geliştirilmesinin yararlı olacağına inanıyoruz. Radyasyon daima doğada var olan ve birlikte yaşadığımız bir olgudur. Önemli olan doğal yollarla alınan radyasyon dozlarının en aza indirebilmek için gerekli özen ve özverinin sağlanmasıdır. Ayrıca bu çalışmanın sonuçlarının gelecekte bu bölgede yapılacak çalışmalar için referans olarak da kullanılabileceği ve yapılacak çalışmalara bir ışık tutabileceğine inanmaktayız.





KAYNAKLAR

- Açıksöz, B.,**(2011). “Phylogenetic Analysis of 16S RNA for Determination of Microbial Community in Anoxic Marine Sediments of Halic”, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimleri Enstitüsü, Y.lisans Tezi.
- Akça, S.,**(2011). “Mantar Çeşitlerinde Elemental Analiz ve Doğal Radyoaktivite Ölçümü”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Y.Lisans Tezi.
- Akgün, B.,**(2015). “Haliç Sedimentinin Kirliliği ve Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Çevre Mühendisliği ABD., Y.lisans Tezi.
- Aközcan, S.,**(2009). “Didim ve İzmir Körfezi Sediment, deniz Suyu ve Farklı Deniz Organizmalarında Bazı Radyonüklid ve Ağır Metal Düzeylerinin İzlenmesi”, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Nükleer Bilimler ABD, Doktora Tezi.
- Bostancı, S.,**(2011). “Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüsü ve Samsun İl Merkezinin Doğal Radyoaktivite Seviyesinin Belirlenmesi”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Y.Lisans Tezi.
- Bozkurt, A.,**(2007). Yorulmaz, N., Kam, E., Karahan, G., and Osmanlıoğlu, A. E., “Assesment of Environmental Radyoactivity for Sanliurfa Region of Southeastern Turkey”, Radiation Measurements, 42(8):1387-1391, 2007.
- Beretka, J.,**(1985). Matthew, P.J., “Natural Radioactivity of Australian Building Materials, Industrial Wastes and by Products”, *Health Physics*, 48: 87.
- Değerlier M.,**(2007). “Adana İli ve Çevresinin Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Saptanması ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Gönen, E.,**(2012). “Edirne İlinin Çevresel Radyoaktivitesinin Belirlenmesi”, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Y.Lisans Tezi.
- Gündoğdu, M.,**(2012). Türkiyedeki bazı doğal taşların radyoaktivite tayini ve radyasyon soğurma özelliklerinin araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Doktora Tezi.
- Kam, E., Yarar, Y., and Bozkurt, A.,**(2010). “A Study of Background Radioactivity Level for Tekirdag”, Turk Radiat Prot Dosimetry, 138:40–44.
- Kam, E., Bozkurt, A., and Ilgar, R.,** (2010). “A Study of Background Radioactivity Level for Canakkale, Turkey. Environ. Monit. Assess, 168:685– 690.
- Karahan, G.,**(1997). “İstanbul’un Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

- Kılıç Ö., and Belivermiş, M.,** (2013). “Spatial and Seasonal Distribution of Trace Metal Concentrations in Mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and Sediment of Bosphorus and Golden Horn”, *Bull Environ Contam Toxicol*, 91: 402-408.
- Kırkpınar, A.,** (2010). “İzmir ve Ankara İli Çevrelerinde Termal Su ve İçme Sularının Radyoaktivite Açısından İncelenerek, Bölgelerin Kendi İçerisinde ve Bölgeler Arasında Radyoaktivite Açısından Karşılaştırılması”, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Y.Lisans Tezi.*
- Kurnaz, A., Küçükömeroğlu, B., Damla, N., and Cevik, U.,** (2011). “Radiological Maps for Trabzon, Turkey”, *J. Environ. Radioactiv*, 102:393–399.
- Kut, D., Topçuoğlu, S., Esen, N., Küçükcezzar, R. ve Güven, C. K.,** (2000). “Trace Metals in Marine Algae and Sediment Samples from the Bosphorus”, *Water, Air and Soil Pollution*, 118: 27–33.
- Özger, A.G.,** (2005). “Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı Bölgelerinin Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi”, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Y.Lisans Tezi.*
- Reşitoğlu, S.,**(2011). “Kars-il merkezi topraklarında doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi”, *Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Y.Lisans Tezi.*
- Saravanan, S., Jodha, A.S., Gopalani, D., Bhatti, S.S., and Kumar, S.,** (2003). “Preliminary Measurements of Natural Radioactivity at Madurai District of Tamilnadu, India”, *Radiation Measurements*, 36, 397-389.
- Selvasekarapandian, S., Sivakumar, R., Manikandan, N.M., Meenakshisundaram, V., Raghunath,V.M., and Gajendran,V.,** (2000). “Natural Radionuclide Distrubition in Soils of Gudalore, India”, *Applied Radiation And Isotopes*, 52, 299-306.
- Karatepe Ş.,**(2008). Bazı Bina Yapım malzemelerindeki doğal radyoaktivitenin belirlenmesi, *Fırat Üniv. fen Bilimleri Ens., Fizik ABD, Y.lisans Tezi.*
- TAEK,** (2013). “Türkiye Çevresel radyoaktivite Atlası”, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.*
- Taşkın, H.,** (2006). “İnsan Sağlığı ve Çevre Kirliliği Açısından Kırklareli İlinin Fon Radyasyonunun Belirlenmesi ve Haritalandırılması”, *Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 102s.*
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç. ve Yılmaz, Y. Z.,** (2004). “Heavy Metal Levels in Biota and Sediments in the Northern Coast of the Marmara Sea”, *Environmental Monitoring and Assessment*, 96: 183-189.
- Tuncer, G., Tuncel, G., and Balkas, T. I.,** (2001). “Evolution of Metal Pollution in the Golden Horn (Turkey) Sediments Between 1912 and 1987”, *Marine Pollution Bulletin*, 5: 350-360.
- UNSCEAR 2000,** Report, United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation, Sources , Effects and Risks of Ionizing Radiations, NewYork.York.
- Yeboah, J., Boadu, M., and Darko, E.O.,** (2001). “Natural Radioactivity in Soils and Rocks within the Greater Accra Region of Ghana”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 249, p. 629-632.

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehlike Beste ÖZTÜRK
Doğum Yeri ve Tarihi : KADIKÖY-İSTANBUL / 17.01.1987
Ev Adresi : Karakaş Mah. Yonca Sok. Kurt Apt. NO:4/9
Kırklareli/Merkez
Tel : 05439635422
Mail : mbesteozturk@outlook.com

EĞİTİM

- Maltepe Süper Lises (YDAL) (2001 mezunu)
- Balıkesir Üniversitesi Lisans/Fizik Bölümü (2011 mezunu)
- Kırklareli Üniversitesi Yüksek Lisans/Fizik Bölümü (2016 mezunu)

İŞ TECRÜBESİ

- Öncü A.Ş – Metod Mühendisi (2010-2011)
- Kırklareli Halk Eğitim Merkezi- Fizik Öğretmeni (2015-2016)

SERTİFİKALAR

Iso 14001:2004 Çevre Yönetim Sistemi Bilgilendirme (2011)
Iso/Ts 16949:2009 Genel Bilgilendirme (2011)
Iso/Ts 16949:2009 İç Tetkikçi Eğitimi (2011)
APQA/PPAP Yeni Ürün Devreye Alma (2011)
FMEA Hata Türü ve Etkileri Analizi (2011)
SPC İstatistiksel Proses Kontrol Eğitimi ve MSA Ölçme Sistemleri Analiz Eğitimi (2011)

BİLGİSAYAR BİLGİSİ

MS Windows (Orta Düzeyde)
MS Office (Orta Düzeyde)

REFERANSLAR

Danışman Doç Dr. Serpil AKÖZCAN
(sakozcan35@yahoo.com)

DiĞER

- B Tipi Sürücü Ehliyeti (2014)

HOBİLER

Sinema, müzik, seyahat, voleybol, cam boyama.