



Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Uşak İli ve Çevresinde Kullanılan Yapı Malzemelerinin Doğal Radyoaktivitesinin Belirlenmesi

Hakan SARIKAYA*¹, Oktar SOYKAN ²

Özet

İnşaat sektörünün ülkemizde 170’den fazla sektöre doğrudan ya da dolaylı katkısı vardır. Ülkemizin kalkınmasında lokomotif sektör konumundadır. Özellikle konut yapımında kullanılan yapı malzemelerinin büyük bir kısmı ülkemiz doğal kaynakları kullanılarak üretilmekte ve kullanılmaktadır. Bu yapı malzemelerinde bulunan doğal radyoaktivite değerlerinin bilinmesi hem çevre hem de insan sağlığı açısından çok önemlidir. Kullanılacak yapı malzemelerinin seçiminde içerdiği doğal radyoaktivite değerleri de seçim kriterleri arasında olmalıdır. Bu çalışmada Uşak ili ve çevresinde kullanılan ve üretilen yapı malzemelerinin doğal radyoaktivite analizleri yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonuçları uluslararası kabul edilen sınırlar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda bazalt numunesinde sınırların %58’ in üzerinde çıktığı görülmektedir. Bu sonucun bazalt kayacının volkanik kökenli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal radyoaktivite, gama spektrometresi, yapı malzemesi

Determination Of The Natural Radioactivity Of Building Materials Used In Uşak Province And Surrounding Areas

Abstract

The construction sector has a direct or indirect contribution to more than 170 sectors in our country. It is the locomotive sector in the development of our country. Especially, most of the building materials used in the construction of houses are produced and used by the natural resources of our country. Knowing the natural radioactivity values found in these building materials is very important in terms of environment and human health. The natural radioactivity values included in the selection of building materials to be used should also be among the selection criteria. In this study, natural radioactivity analysis of building materials used and produced in Uşak province and surrounding areas were evaluated. The results of the analysis made are compared with internationally accepted limit values. It is seen that the obtained results are over 58% of the limit value in the basalt sample. This is thought to be due to the volcanic origin of the basaltic rock.

Keywords: Natural radioactivity, gamma spectrometer, building materials

1. Giriş

Tüm dünyadaki canlılar, milyonlarca yıldan bu yana evrenden gelen ışınlar ve yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyona maruz kalmaktadır. Evrende yaşayan tüm canlıların varoluşlarından bu yana sürekli olarak doğal radyasyonla iç içe yaşamakta olup vücudumuza solunum ve sindirim yollarıyla, hava, su, tüm bitkisel ve hayvansal besinlerde az da olsa bulunan radyoaktif maddeler alınmaktadır. Alınan bu radyoaktif maddelerde zamanla çeşitli organlarda birikmekte ve bizlere zarar vermektedir. Bunlara ek olarak kozmik ışınlardan ve yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden etkilenmektedir. İnsan vücudu ise tüm radyasyon ışınlarına ise sürekli olarak maruz kalmaktadır [1].

Radyasyonu göremeyiz ya da yok edemeyiz. O, sürekli bizimle birlikte yaşar. Her ne kadar ismi biraz ürkütücü gelse de sadece belirli doz sınırlarında sonra tehlike başlamaktadır. Radyasyonla o kadar iç içe yaşıyoruz ki yediğimiz havuçtan, içinde oturduğumuz eve kadar her yerde kendisiyle karşılaşmaktayız. İşte bu tip çevreden gelen radyasyona doğal radyasyon (çevresel radyasyon) adı verilmektedir. Bu radyasyon toprakta bulunan elementlerden meydana gelmektedir. Başka bir olayı da basit olarak şöyle örnekleyebiliriz. Havuçta bolca bulunan potasyum radyoaktif çekirdeği beta bozunumu yaparak kemiklerin yapısında bulunan kalsiyuma dönüşmektedir. Yani bu radyoaktif tepkime doğal yollarla kemiklerimizde gerçekleşmektedir. Bu örneklerin ışığında radyasyon sanıldığı kadar korkulacak bir şey değildir. İşte bu dozlar Ulusal Atom Enerji Kurumunun belirlediği alt ve üst radyasyon sınırlarıyla belirlenmiştir. Her ne kadar korkulmaması gerektiğini söylesek de radyasyona karşı önlem alınması gerekir. Ne yazık ki üzerinde yaşadığımız

¹ Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Uşak, TÜRKİYE

² Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Burdur, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar E-posta: hakan.sarikaya@usak.edu.tr

yerküre o kadar da masum değildir. Doğal radyoaktif kaynakları zengin olan bir bölgede oturan insanların kansere yakalanma oranları diğer bölgelerde yaşayanlara oranla daha yüksektir. Çünkü binaların yapımında kullanılan çimento, beton, kireç, mermer, kiremit ve tuğla yapı malzemelerinin hammaddesi yerküredir. Bu yapı malzemeleri kontrolsüz bir şekilde kullanıldığı zaman radyoaktif çekirdekler duvarlara taşınmaktadır [1]. Radyoaktif çekirdekler ışın yaparken havayı iyonize ettiğinden dolayı solunum sırasında akciğerlerimize geçmektedir. Orada DNA'lar üzerinde timin dimerleri oluşturmakta ve bu oluşum sırasında DNA'nın yanlış bağlanmasının bir sonucu olarak kansere neden olmaktadır. Yapılan bir araştırma radyoaktif çekirdek bolluğu yüksek olan bölgelerde akciğer ve gırtlak kanseri vakalarının daha yüksek olduğunu göstermiştir [2].

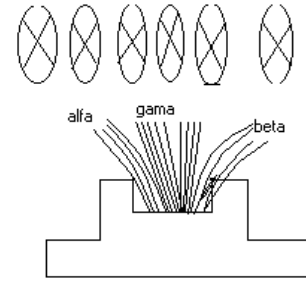
Radyasyon öncelikle bir atomun çekirdeğinde başlamaktadır. Atomları ise proton ve nötronların oluşturduğu bir çekirdek ve bu çekirdeğin etrafında dönen elektronlar oluşturmaktadır. Ağır yani çekirdeğinde 83 den fazla proton barındıran elementler kararsız oldukları için daha küçük atomlara dönüşürler. Bu parçalanma sırasında çekirdekten parçacıklar ve enerji dalgaları ortaya çıkmaktadır. Bu yolla enerji veren elementlere de radyoaktif elementler denilmektedir. Bir radyoaktif çekirdeğin kendinden başka bir çekirdeğe dönüşmesi olayına dezentegrasyon, yapma olarak bir çekirdekten bir başka çekirdeğin elde edilmesi olayına transmüsyon denir. Teknolojideki çok hızlı gelişimler sonucunda üretilen bilgisayar, televizyon, radyo, röntgen, tomografi vb tıbbi cihazların artması sonucu meydana gelen radyasyonun elektromagnetik kirlilik oluşturduğu görülmektedir [3].

Atom çekirdeğinin herhangi bir dış etkiye maruz kalmadan, kendiliğinden ışın yapmalarına ve bu tür ışın yapan atomlara da radyoaktif atom denir. Radyoaktif atomların çekirdekleri kararsızdır. Atom çekirdeklerinin kararlılık oranı nötron ve proton sayısına bağlıdır. He, C, N, O gibi hafif atom çekirdeklerinde nötron sayısı, proton sayısına genelde eşittir. Yani nötron sayısının proton sayısına oranı "1" dir. Bu tür atomlar kararlı atomlar diye adlandırılır ve nötron sayısı proton sayısına eşit olan başka bir atom olmadığı bilinmektedir. Bu atomlarda çekirdekteki Coulomb itme kuvvetleri ile kararlı durum söz konusu olduğunda ortadan kalkar ve ağır elementlere doğru çekirdekten nötron sayısı proton sayısına göre üstünlük kurmaya başladığı görülmektedir. Bu şartlar altında çekirdeğin radyoaktif olması için aşağıdaki iki şartı içermesi gerekmektedir [4].

- Çekirdekte bulunan nötron sayısının proton sayısına oranı 1,5 ten büyük olmalıdır.
- Atom numarası 83 ten büyük olmalıdır.

Görüldüğü üzere bir elementin radyoaktiflik özelliği tamamen atomun çekirdeğine bağlıdır. Kimyasal durum, sıcaklık, basınç gibi çeşitli durumlar radyoaktiviteyi etkilemez. Bunlara ek olarak radyoaktif maddenin katı sıvı gaz gibi halleri de radyoaktiviteyi etkilemez [5].

Şekil 1'de şematik olarak gösterilen radyoaktif maddelerden yayılan alfa beta ve gama ışınları çeşitli olaylara sebep olarak gaz, sıvı ve katı halindeki maddeleri iyonlaştırır. Bu ışınlar cam, porselen, fayans vb. malzemeleri ise renklendirirler. Canlılarda ise olumsuz sonuçlar vererek, kalıtsal hastalıklara, genetik sorunlara veya hayatımızda çok sık karşılaştığımız kansere neden olabilirler. Fakat en ilginç olan şey ise kanserli hastaların tedavisinde de radyasyon kullanıldığıdır. Kısacası radyasyon aslında dünyada çok büyük bir güçtür, ama en önemli olan şey ise bu gücü kontrollü bir şekilde kullanabilmektir [6].



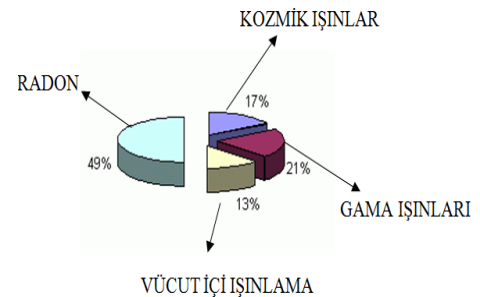
Şekil 1. Radyoaktif Çekirdek Işınları Şematik Gösterimi

Alfa parçacığı içerisinde iki proton ve iki nötronun oluşan bir helyum çekirdeği olup pozitif yüklüdür. Alfa çekirdeği α sem-boliyle gösterilmektedir. Çekirdeğin, alfa çıkararak parçalanması olayı atom numarası büyük izotoplarda görülür ve genellikle doğal radyoaktif atomlarda rastlanmaktadır. Alfa parçacıklarını çok küçük kalınlıklardaki maddelerle (örneğin ince bir kâğıt tabaka ile) durdurmak mümkün olmakta olup bunun sebebi ise, diğer radyasyon çeşitlerine göre sahip oldukları nispeten büyük elektrik yükleridir. Sahip oldukları bu elektrik yükü, alfa parçacıklarının bir madde içerisinde geçerken yolları üzerinde yoğun bir iyonlaşma meydana getirmelerine ve bu yüzden de enerjilerini çabucak kaybetmelerine yol açmaktadır. Enerjilerini bu şekilde çabucak kaybeden alfa parçacıklarının erişme uzaklıkları da dolayısıyla çok kısadır. Bu yüzden de normal olarak dış radyasyon tehlikesi yaratmazlar. Fakat değişik etmenler vastasıyla vücuda girdiklerinde çok tehlikeli olabilmektedirler [7].

Beta parçacıkları ise pozitif ve negatif yüklü elektronlardır. Beta parçacıkları alfa parçacıkları gibi belli bir yük veya kütleyle sahip olduklarından madde içerisinde geçerken yolları üzerinde iyonlaşmaya sebep olurlar. Ancak bu iyonlaşma, alfa parçacıklarının oluşturduğu iyonlaşmadan çok daha az olup bu parçacıklar alfa parçacıklarına göre daha hafif ve yüz kere daha gericidirler. Yine de bu parçacıklardan korunmalı ve korunmak için gerekli tedbirler alınmalıdır. Beta parçacıkları β simgesi ile gösterilir [7].

Gama ışınlarının ise esas kaynağı atomun çekirdeğidir. Bu ışınlar atom çekirdeğinin içinde bulunan enerji seviyelerindeki farklılıklardan meydana gelmektedirler. Çekirdek bir alfa veya bir beta parçacığı çıkarttıktan sonra genellikle kararlı bir durumda olmaz fakat içinde kalan ve fazla olan çekirdek enerjisi bir radyasyon halinde yayılır. Gama ışınları, beta ışınlarından daha yüksek enerjili ve dolayısıyla daha fazla vücudumuza zararlı ışınlardır. Gama ışınları γ simgesi ile sembolize edilmektedir [7].

Doğal radyasyon kaynakları; radon, kozmik ışınlar, gama ışınları ve vücut içi ışınlama şeklinde sıralanabilir. Doğal radyasyon kaynaklarının dağılımı Şekil 2'de görülmektedir [7].



Şekil 2. Doğal Radyasyon Kaynaklarının Dağılımı

Doğal radyasyonun bir kısmını dünya dışından gelen kozmik ışınlardan oluşmaktadır. Bu ışınların çok büyük bir kısmı atmosferde tutulmaktadır. Fakat ufak bir kısmı atmosferde tutulamazlar ve yerküreye ulaşabilirler. Kozmik ışınların kaynağı hakkında kesin bir bilgiye sahip değiliz. Çünkü bu ışınların kaynağını bir kısım bilim adamı yoğunluklu olarak kendi galaksimizden geldiğini düşünürken bir kısım bilim adamı bu ışınların galaksimizin dışından geldiğini savunmaktadır. Yalnız burada önemli olan bu kozmik ışınların nereden geldiği değildir. Kozmik radyasyonu arttıran nedenlerdir. Çünkü Güneş kozmik radyasyonu arttıran bir başka etmendir [8].

Gama radyasyonu kaynağı uranyum, toryum ve potasyum-40'tır. Uranyum nükleer özellik göstermede ve fisyon olayı ile yani ağır atomların parçalanması olayı ile enerji üretiminde kullanılmaktadır. 1828 yılında Jöns Jacob Berzelius tarafından keşfedilen ve periyodik tabloda aktinid serisinin ikinci üyesi olan toryum, yer kabuğunun % 0,0007'lik kısmını oluşturduğu görülmektedir. Potasyum doğada 39K, 40K, 41K adlarında üç nükleotidin karışımı olarak bulunur. Bunların doğadaki bolluk oranları sırasıyla %93,08, %0,0118 ve %6,91'dir. Bu üç izotoptan sadece 40K radyoaktiftir [8].

Radon renksiz, kokusuz, tatsız, proton sayısı 86 olan soygaz özelliği gösteren bir elementtir. Kaya parçaları, toprak ve sularındaki doğal uranyumun radyoaktif bozunması sebebiyle oluşur. Bu yüzden radon daha çok bina yapı malzemelerinde bulunmaktadır [8].

Doğal radyasyona en büyük katkı doğada doğal olarak bulunan 238U, 232Th ile bunların bozunma ürünleri olan 226Ra, 222Rn, 235U ve 40K gibi radyoaktif elementlerden oluşmaktadır. Kozmik ışınların doğal radyasyona katkısı yükseklikle doğru orantılı olarak artmakta ve deniz seviyesinden yukarılara doğru çıktıkça belirli enlem değerlerine ulaştığında ise sabit olmaktadır [9].

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Uşak ili ve çevresinde kullanılan yapı malzemelerinden alınan numunelerin, sahip oldukları doğal radyoaktivite değerlerinin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Doğal radyoaktivite değerlerinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntem Gama Spektroskopisi yöntemidir. Yapılan bu çalışmada bu yöntem kullanılarak numunelerin gama sayımları İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü'nde bulunan nötron aktivasyon analizi laboratuvarında hazırlanan numunelerin gama sayım çalışmaları yapılmış numunelerin doğal radyoaktivite değerleri hesaplanmıştır. Yapılan araştırma için hazırlanan numuneler;

- Uşak ilinde faaliyet gösteren hazır beton santralinden beton üretiminde kullanılan tane çapı max. 16 mm olan agrega numunesi
- Uşak ilinde faaliyet gösteren hazır beton santralinden beton üretiminde kullanılan CEM I 42,5 özelliklerinde çimento numunesi
- Uşak ilinde faaliyet gösteren hazır beton santralinde üretilmiş C25 sınıfı 15x15x15 cm boyutlarında hazır beton numunesi
- Uşak ili Sivaslı ilçesinde bulunan kireç ocağında üretilmiş kireç numunesi
- Uşak ili İteccik tepesinden çıkarılan kaldırım kaplama taşı olarak kullanılan bazalt numunesi
- Uşak ili Karahallı ilçesinden çıkarılan mermer numunesi

- Uşak'a 123 km uzaklıkta bulunan Manisa ili Salihli ilçesinde üretilen tuğla ve kiremit numuneleri
- Uşak'a 123 km uzaklıkta bulunan Manisa ili Salihli ilçesinde üretilen bims blok numunesi

Hazır beton, tuğla-kiremit, mermer, bazalt taşı, bims blok numuneleri önce balyoz ve çekiç kullanılarak çeneli kırıcı makinaya sığacak ebatlarda kırılmıştır. Çeneli kırıcıda kırılan numuneler 1 mm'lik elekten geçirilerek havayla teması kesilecek şekilde paketlenmiştir. Çimento numunesi tane çapı 6,5 – 90 mikron aralığında olduğundan bu numunenin elenmesine gerek görülmemiştir. Agregaya ve kireç numuneleri de 1 mm'lik elekten geçirilerek sızdırmaz bir şekilde paketlenmiştir (Şekil 3). 226Ra ve ürün çekirdeği olan 222Rn arasındaki kalıcı dengeyi oluşturmak için numuneler 30 gün bekletilmiştir.

2.2. Metod

Alınan numunelerin deney düzeneğinde sayım yapılabilmesi için marinelli kaplara konulacak tane boyutlarında olmaları gerekmektedir. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun yapmış olduğu çalışmalarda da 1 mm'lik elek altında kalan tane çaplı numunelerin kullanıldığı bilindiğinden numuneler bu kriterde hazırlanmıştır.



Şekil 3. Hazırlanan Numuneler

Deney için hazırlanan numuneler 105°C'de 24 saat etüvde bekletilerek taneler arasındaki fiziksel nem kurutulmuştur. Kurutulan numuneler marinelli kabına konularak 68 mm uzunluklu, 61 mm çaplı göreceli verimi %40 olan HpGe dedektörüne yerleştirilerek gama sayımı başlatılmıştır. Sayım işlemi ortalama 1 gün sürmüştür. Elde edilen spektrumlar Genie-2000 programı yardımıyla radyonüklit konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için veriler bilgisayara aktarılmış ve ölçümlerin tamamlanmasının dan sonra bilgisayar ortamında sağlamaları yapılarak aktivite konsantrasyonları bulunmuştur.

Radyonüklitlerin her bir enerji seviyesi için aktiviteleri dedektör verimi de hesaba katılarak Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır.

$$A = \frac{\text{Net Alan}}{\text{Sayım Süresi} \times \text{Numune Miktarı} \times \text{Bolluk} \times \text{Verim}} \quad (1)$$

Radyum aktivitesi (A_{Ra}) için 603,9 keV, 1120 keV ve 1764,1 keV gama enerjilerine karşılık gelen aktivite değerleri ortalaması alınmıştır. Toryum aktivitesi (A_{Th}) için 911,2 keV gama enerjisine sahip aktivite değeri alınmıştır.

Potasyum aktivitesi (A_K) için 1460,8 keV gama enerjisine sahip aktivite değeri alınmıştır. Hesaplanan Radium (^{226}Ra), Toryum (^{232}Th) ve Potasyum (^{40}K) aktivite değerleri kullanılarak Eşitlik-2 ile eşdeğer radyum aktivitesi ($Ra_{eş}$) hesaplanmıştır [10].

$$Ra_{eş} = A_{Ra} + 1,43 \times A_{Th} + 0,077 \times A_K \quad (\text{Bq/kg}) \quad (2)$$

Avrupa Komisyonu tarafından 1999 yılında yayınlanan raporda tavsiye edilen binalarında kullanılmak amacıyla üretilen yapı malzemeleri için aktivite derişim indisi (I_V) Eşitlik-3 ile hesaplanmıştır. Eşitlikten de anlaşılacağı üzere aktivite derişim indisi birimsiz bir büyüklüktür [10].

$$I_V = \frac{A_{Ra}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{A_{Th}}{200 \text{ Bq/kg}} + \frac{A_K}{3000 \text{ Bq/kg}} \quad (3)$$

Yapılan deneyle elde edilen gama sayımları sonucunda

Tablo 1. Gama Enerjilerine Göre Numuneler

Gama En (keV)	Branching (Bolluk)	Efficiency (Verim)	BackGround (Hava Ortamı Alanları)	Agrega Alanı	Agrega Aktivite (Bq/kg)	Bazalt Alanı	Bazalt Aktivite (Bq/kg)
609,3	0,461	0,0344	5361	8202	3,2771	65407	87,4809169
1120,0	0,151	0,0147	2445	3042	4,9113	15193	132,4563503
1764,1	0,154	0,0200	3077	3428	2,0847	13845	80,77376206
911,2	0,258	0,0161	4030	3553	-2,1043	34095	167,5122271
1460,8	0,110	0,0168	33032	30719	-22,8699	131478	1229,395165
Gama En (keV)	Branching (Bolluk)	Efficiency (Verim)	BackGround (Hava Ortamı Alanları)	Bims Blok Alanı	Bims Blok Aktivite (Bq/kg)	Çimento Alanı	Çimento Aktivite (Bq/kg)
609,3	0,461	0,0344	5361	18347	20,0537	15002	12,3297073
1120,0	0,151	0,0147	2445	5091	29,1413	4219	16,1802708
1764,1	0,154	0,0200	3077	5229	17,1107	4654	10,3840889
911,2	0,258	0,0161	4030	9225	30,6803	6528	12,2174109
1460,8	0,110	0,0168	33032	72563	523,2634	40963	86,9406367
Gama En (keV)	Branching (Bolluk)	Efficiency (Verim)	BackGround (Hava Ortamı Alanları)	Hazır Beton Alanı	Hazır Beton Aktivite (Bq/kg)	Kireç Alanı	Kireç Aktivite (Bq/kg)
609,3	0,461	0,0344	5361	9479	5,3227	6259	1,529601475
1120,0	0,151	0,0147	2445	3349	8,3333	2428	-0,20651536
1764,1	0,154	0,0200	3077	3759	4,5388	3126	0,429738295
911,2	0,258	0,0161	4030	4325	1,4582	3696	-2,17572742
1460,8	0,110	0,0168	33032	33257	2,4928	31470	-22,8058975
Gama En (keV)	Branching (Bolluk)	Efficiency (Verim)	BackGround (Hava Ortamı Alanları)	Mermer Alanı	Mermer Aktivite (Bq/kg)	Tuğla-Kiremit Alanı	Tuğla-Kiremit Aktivite (Bq/kg)
609,3	0,461	0,0344	5361	5418	0,0655	22324	25,4390927
1120,0	0,151	0,0147	2445	2142	-2,4849	5810	35,9903036
1764,1	0,154	0,0200	3077	2945	-0,7815	5862	21,5045409
911,2	0,258	0,0161	4030	3673	-1,5700	13694	55,4257958
1460,8	0,110	0,0168	33032	30260	-27,3230	72974	513,443836

alınan spektrumlarda ^{238}U serisinin bozunma ürünü olan ^{214}Bi (603,9 – 1120 – 1764,1 keV), ^{208}Th serisinin bozunma ürünü olan ^{208}Ac (911,2 keV) ve ^{40}K (1460,8 keV) pikleri dikkate alınmıştır [9].

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan deneyle elde edilen gama sayımları sonucunda alınan spektrumlarda ^{238}U serisinin bozunma ürünü olan ^{214}Bi (603,9 – 1120 – 1764,1 keV), ^{208}Th serisinin bozunma ürünü olan ^{208}Ac (911,2 keV) ve ^{40}K (1460,8 keV) pikleri dikkate alınmıştır. Alınan numuneler Eşitlik 1, 2 ve 3 de verilen hesap esaslarına göre elde edilmiş sonuçları gama enerjilerine göre numuneler Tablo 1 ve numunelerin aktivite değerleri, eşdeğer radyum aktivite değerleri ve aktivite derişim indisi verileri ise Tablo 2'de verilmiştir.

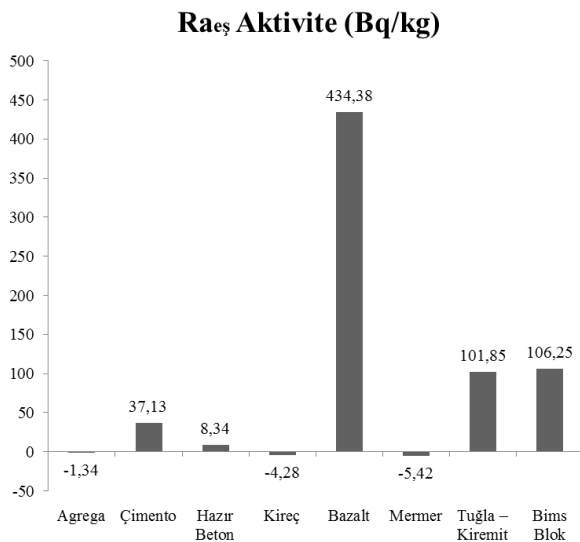
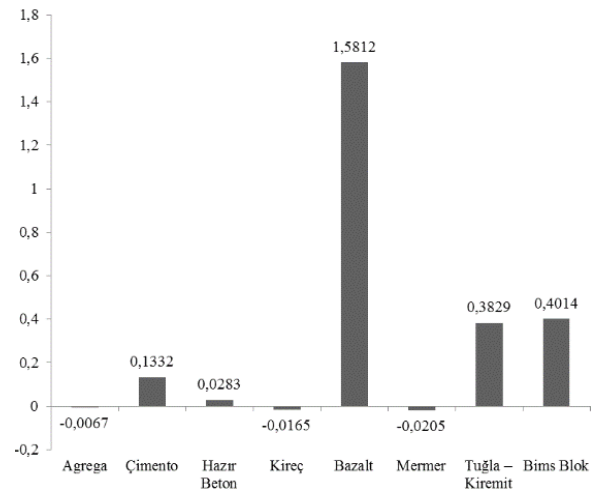
Tablo 2. Numunelerin Aktivite Değerleri, Eşdeğer Radyum Aktivite Değerleri ve Aktivite Derişim İndisi Değerleri

Numuneler	Kütle (g)	Sayım süresi (sn)	Aktivite (A) (Bq/kg)			Ra _{es} (Bq/kg)	Aktivite derişim indisi (I _v)
			²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K		
Agrega	632	86455	3,42	-2,10	-22,87	-1,34	-0,0067
Çimento	570	86462	12,96	12,21	86,93	37,13	0,1332
Hazır Beton	564	86458	6,06	1,46	2,49	8,34	0,0283
Kireç	428	86454	0,58	-2,18	-22,80	-4,28	-0,0165
Bazalt	572	86523	100,24	167,48	1229,26	434,38	1,5812
Mermer	634	86541	-1,07	-1,57	-27,32	-5,42	-0,0205
Tuğla- Kiremit	486	86476	22,12	30,16	475,28	101,85	0,3829
Bims Blok	472	86471	22,10	30,67	523,21	106,25	0,4014

Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi raporunda, yer kabuğundaki Radyum (²²⁶Ra), Toryum (²³²Th) ve Potasyum (⁴⁰K) aktivite değerleri dünya ortalaması sırasıyla 32, 45 ve 420 Bq/kg olarak verilmiştir (Taek, 2008). Elde ettiğimiz sonuçlar Çizelge 1.'de verilmiştir. Bu bilgiler ışığında numuneleri incelendiğinde bazalt numunesinin Radyum (²²⁶Ra), Toryum (²³²Th) ve Potasyum (⁴⁰K) aktivite değerleri dünya ortalamalarının oldukça üzerinde olduğu görülmüştür. Tuğla-kiremit ve bims blok numunelerinde Potasyum (⁴⁰K) aktivite değerleri dünya ortalamalarının üzerinde olduğu görülmüştür. Diğer numunelerin dünya ortalamalarının altında değerler elde edildiği; agrega, kireç ve mermer numunelerinin negatif değerleri dikkat çekici sonuçlardır [11].

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü-Nükleer Enerji Ajansı tarafından 1979 yılında hazırlanan raporda, binalarında kullanılmak amacı ile üretilen yapı malzemeleri için aktivite derişim indisi yönelik olarak eşdeğer radyum aktivitesi (Ra_{es}) 370 Bq/kg müsaade edilen maksimum değer olduğu düşünülmüştür. [12].

Bu bilgi doğrultusunda elde ettiğimiz sonuçlar incelendiğinde bazalt numunesi müsaade edilen en büyük değer %17,4 daha fazla eşdeğer radyum aktivitesi değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4). Ayrıca agrega, kireç ve mermer numunelerin negatif sonuçlar verdiği görülmektedir.

**Şekil 4.** Numunelerin Eşdeğer Radyum Aktivitesi**Aktivite Derişim İndisi****Şekil 5.** Numunelerin Aktivite Derişim İndisi

4. Sonuçlar

Sonuçlar incelendiğinde hazır beton ürünü ve bu ürünün bileşenleri agrega ve çimento numuneleri kendi aralarında değerlendirildiğinde hazır beton numunesi sonuçları agrega ile çimento numuneleri sonuçlarının arasında bir değer çıktığı görülmektedir. Hazır betonun yaklaşık %70-80 agregadan oluştuğu bilinmektedir. Buradan hareketle hazır beton numunesi sonuçlarının agrega numunesi sonuçlarına daha yakın çıkması beklenen bir durumdur.

Agrega, mermer ve kireç numunelerinin negatif sonuçlarından özellikle mermer ve kireç numunelerinin birer zırh görevi gördükleri yorumu yapılabilir. Çünkü Aktivite hesabındaki net alan değeri negatif sonuçlar vermektedir. Yani dedektörün boşa hava ortamında yakaladığı gama enerjileri sayısı numune yerleştirdikten sonra daha az gama enerji sayısı yakalamış olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada yapı malzemesi olarak incelense de radyoaktif zırlama ihtiyacı duyulan yerlerde kullanılabilirliği konusunda ayrıca çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Yapı malzemelerinden tuğla ve bims blok ürünlerinin rekabet içerisinde oldukları bilinmektedir. Mekanik, fiziksel veya kimyasal özellikleri bakımından birbirlerine karşı avantajlı ve dezavantajlı özellikleri vardır. Yapılan

analiz sonuçları incelendiğinde tuğla – kiremit ürünlerin bims blok ürünlerine göre eşdeğer radyum aktivitesi ($Ra_{eş}$) 4,4 Bq/kg daha az olduğu görülmektedir. Aktivite derişim indisi (I_7) değerleri incelendiğinde tuğla – kiremit ürünlerin bims blok ürünlerine göre % 4,8 daha düşük değere sahip oldukları görülmektedir. Tuğla – kiremit ürünlerinin bims blok ürünlerine göre radyoaktivite yönünden daha iyi olduğu yorumu yapılabilir olsa da iki ürün arasındaki radyoaktivite farklarının kayda değer bir fark oluşturmadığı düşünülmektedir.

Bazalt numunesi yer kabuğu ortalama Radium (^{226}Ra), Toryum (^{232}Th) ve Potasyum (^{40}K) aktivite değerleri, eşdeğer radyum aktivitesi ($Ra_{eş}$) ve aktivite derişim indisi (I_7) sonuçları belirlenen sınır değerlerin üzerinde çıktığı tespit edilmiştir. Bu sonuçların bazalt madeninin volkanik kayaç olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Volkanik hareketler neticesinde bazalt kayacı içerisinde magmadan lavlarla taşınarak gelen yüksek miktarlarda radyoaktif element bulunması kaçınılmazdır.

Edinilen bilgiye göre Uşak Belediyesi bünyesinde kurulan Uşak Taş İşletmeleri A.Ş. tarafından kaldırım kaplamalarında bazalt madeni kullanılmaktadır. Yapılan ya da yapılacak cadde ve sokak kaldırım kaplamalarının tüm şehir için düşünüldüğünde oldukça büyük metrekare alanlar olduğu açıktır. Doğal radyoaktivite değeri yüksek bir malzeme ile bu alanları kaplamanın doğuracağı tehlikeleri göz ardı edemeyiz. Özellikle şehir merkezinde insan nüfusunun yoğun olduğu yerlerde kaldırım yapılıyor olması bu malzeme ile insanların sürekli aynı ortamda olacakları düşünüldüğünde bu konuda daha detaylı analizler ve çalışmalar yapılarak gerekli önlemler alınmalıdır.

Teşekkürler

Yapılan bu çalışma TÜBİTAK 2209 – Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Gönen E., Edirne ilinin çevresel radyoaktivitesinin belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, pp. 68, 2012.
- [2] Higgy, R.H., El-Tahawy, M.S., Abdel-Fattah, A.T., and AlAkabawy, U.A., Radionuclide content of building materials and associated gamma dose rates in Egyptian dwellings. Journal of Environmental Radioactivity, pp. 253-261, 2000.
- [3] Yaramış B., Nükleer Fizik cilt 1, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, İstanbul. Sf: 233, 1995.
- [4] Kınacı S. R., Çekirdek ışınları ve izotoplar, Radyoizotop Araştırma Merkezi Yayınları, İzmir, 1970.
- [5] Krane K. S., Nükleer Fizik, Palme Yayıncılık Cilt 1, Ankara, 2001.
- [6] Yaramış B., Neutron Fiziği, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1979.
- [7] Turhan Ş., Yücel, B., Acar B., B., Gökeri, G., Arıkan İ., H., Türkiye’de kullanılan yapı malzemelerindeki doğal radyoaktiviteden kaynaklanan radyasyon dozunun değerlendirilmesi, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 2008-7, Ankara, 2009.
- [8] Walley El-Dine, N., El-Shershaby, A., Ahmed, F., and AbdelHaleem, A.S., Measurement of radioactivity and radon exhalation rate in different kinds of marbles and granites. Applied Radiation and Isotopes, 55, p. 853–860, 2001.

- [9] Unsear, United nations scientific committee on the effect of atomic radiation to the general assembly, sources, effects and risk of ionizing radiation, United Nations, New York, USA, 2000.
- [10] Kaya S., Karabıdık S. Mustafa, Çevik U., “Gümüşhane ili çevresinde toplanan toprak ve karayosunu örneklerinde doğal (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi” Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, pp. 24-33, 2015.
- [11] Unsear, United nations scientific committee on the effect of atomic radiation to the gGeneral assembly, Sour-ces, Effects and Risk of Ionizing Radiation, United Nations, New York, USA, 2000.
- [12] Oecd-nea, Exposure to Radiation From the Natural Radioactivity in Building Materials, 1979.