

Isparta İli'nde Radon Yoğunluk Ölçümleri

Suat ÖZKORUCUKLU, Hakan AKYILDIRIM, Veli ÇAPALI

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü / ISPARTA

Özet: Radon, kayalarındaki ve topraktaki Uranyum-238 bozunmasıyla oluşan radyoaktif bir asal gazdır. radon hakkındaki ilk çalışmalar 1956 yılında İsviçre'de başlamış ve özellikle 1980 sonrasında yapılan araştırmalarla radon gazının çevresel radyasyon üzerindeki katkısı ve ortama yayılma mekanizması anlaşılmıştır. Kayalarındaki ^{238}U bozunması sonucu üretilen radon gazı difüzyon yoluyla toprağa, oradan da atmosfere veya ortama yayılmaktadır. Günlük hayatta sürekli maruz kaldığımız radyasyonun %54'nün Radon izotoplarından, özellikle de ^{222}Rn 'den kaynaklandığı bulunmuştur. Türkiye'de, TAEK kritik radon yoğunluk değerlerini meskenler için 400 Bq/m^3 , sanayi ve işyerleri için ise 1000 Bq/m^3 olarak belirlemiştir. Yüksek dozlarda maruz kaldığında özellikle akciğer kanseri riskini artırdığı ileri sürülen radon, yoğunluğu fazla olan yerleşme birimlerinde tehlike yaratmaktadır. Bu çalışmada, Isparta İli sınırları içinde belirlenen bazı kapalı mekanlarda AlphaGUARD radon detektörü kullanılarak radon yoğunlukları ölçülmüş ve veriler irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radon, Radyasyon, Rn Yoğunluğu, AlphaGUARD

Radon Concentration Measurements in Isparta

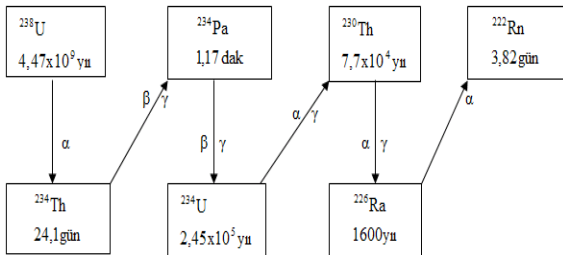
Abstract: Radon is a radioactive noble gas that comes from the decay of Uranium-238 available in rocks and soil. The first studies on radon had started in Switzerland in 1956 and the effects of radon on environmental radiation and its diffusion mechanism had been understood by researches done after 1980s. The radon gas produced by the decay of ^{238}U in rocks diffuses into soil and then into atmosphere or environment. It had been observed that %54 of the radiation we are exposed in daily life comes from radon isotopes, especially f ^{222}Rn . In Turkey, TAEK declared the critical values of radon concentrations as 400 Bq/m^3 for houses and 1000 Bq/m^3 for industrial places. In case of exposure of high concentration, radon especially increases the lung cancer risk, which is why radon becomes danger in localities of high concentration. In this paper, the radon concentrations in some pre-determined places in Isparta City had been measured using AlphaGUARD radon detector and the obtained data were discussed.

Key words: Radon, Radiation, Rn Concentration, AlphaGUARD.

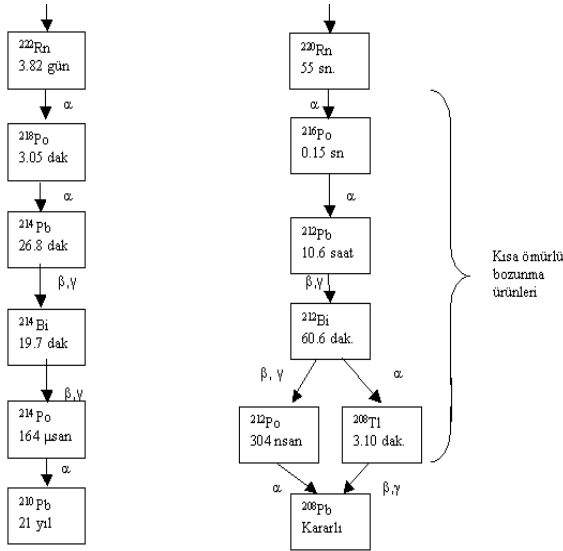
Giriş

Radon, olağan şartlar altında renksiz, tatsız ve kokusuz bir asal gaz olup çok sayıda izotopu mevcuttur [1]. Radonun en sık rastlanan ve 3,82 gün ile en uzun ömürlü olan ^{222}Rn izotopu, dört temel doğal radyoaktif seriden ^{238}U 'in bozunma zincirinde, Radyum226 ile Polonyum218 arasında yer alır [2,3]. Bu seri, ^{238}U 'in bir alfa (α) yayarak ^{234}Th 'e bozunmasıyla başlar. ^{234}Th , beta (β) ve foton (γ) salarak ^{234}Pa 'e (Protaktinyum) dönüşür. ^{234}Pa yine β ve γ ile ^{234}U oluşturur. Oluşan ^{234}U , γ ve α bozunmasıyla ^{230}Th ' a; ^{230}Th ise γ ve α ile ^{226}Ra 'ya bozunur. Son olarak ^{226}Ra yine bir γ ve α salarak ^{222}Rn 'ye dönüşür. Bu radyoaktif zincir Şekil 1'de verilmiştir. Radonun bir diğer izotopu olan ^{220}Rn (Thoron) ise benzer bir şekilde ^{232}Th 'un bozunması ile oluşur ve sadece 51,5 saniyelik yarı ömürle ikinci en kararlı izotoptur [4].

Her iki Rn izotopu bir seri radyoaktif bozunma yaparak, aslında Uranyum serisi adı verilen doğal radyoaktif serinin devamını oluşturur. Doğada en çok bulunan izotop olan ^{222}Rn arka arkaya iki kez α bozunumuyla önce ^{218}Po ve ^{214}Pb 'ye dönüşür. Sonra iki kez β ve γ bozunmalarıyla sırasıyla ^{214}Bi ve ^{214}Po oluşturur. Zincirin en sonunda bir α bozunumuyla ^{210}Pb meydana gelir. Diğer radon izotopu ^{220}Rn bozunma zincirinde ilk iki element ^{216}Po ve ^{212}Pb , α salınmaları ile oluşur. Sonra β ve γ bozunumları ile ^{212}Bi tüner. En son olarak bu izotop α ve β salarak ^{212}Po 'ya (%64) veya α vererek ^{218}Tl 'ye bozunur (%36). Her iki durumda da son ürün kararlı bir element olan ^{208}Pb 'dir. Her iki izotopun bozunma zincirleri Şekil 2'de verilmiştir.

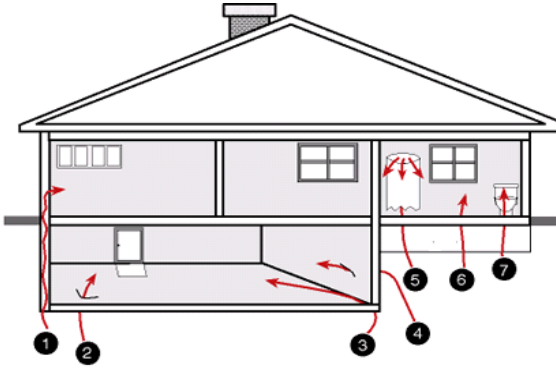


Şekil 1. Uranyum-238 bozunum zinciri



Şekil 2. ^{222}Rn ve ^{220}Rn bozunum zincirleri.

Yerküremizde radon için en temel kaynak olarak kayalar gösterilmektedir. Radon izotoplarının hepsi uranyum kökenlidir ve Uranyum yer kabuğunda, kayalarda ve toprakta bulunmaktadır. Yarı ömrü göreceli olarak uzun olduğu ve diğer elementlerle neredeyse hiç tepkimeye girmedığı için radon, toprağa, oradan da atmosfere ve bina içlerine kolayca sızabilmektedir [5]. Bir binada radon birikiminin en çok olacağı yerler, binaların toprak ve kayalara en yakın kısımları olan bodrum katları ve kilerleridir. Şekil 3'de radon gazının binalara giriş noktaları grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 3. Radon'un binalara giriş noktaları: 1) Duvar içi oyukları, 2) Zemin çatlakları, 3) Birleşme noktaları, 4) Duvar çatlakları, 5) Su kaynağı, 6) Asma tavan boşluğu, 7) Boru çevresi boşluğu.

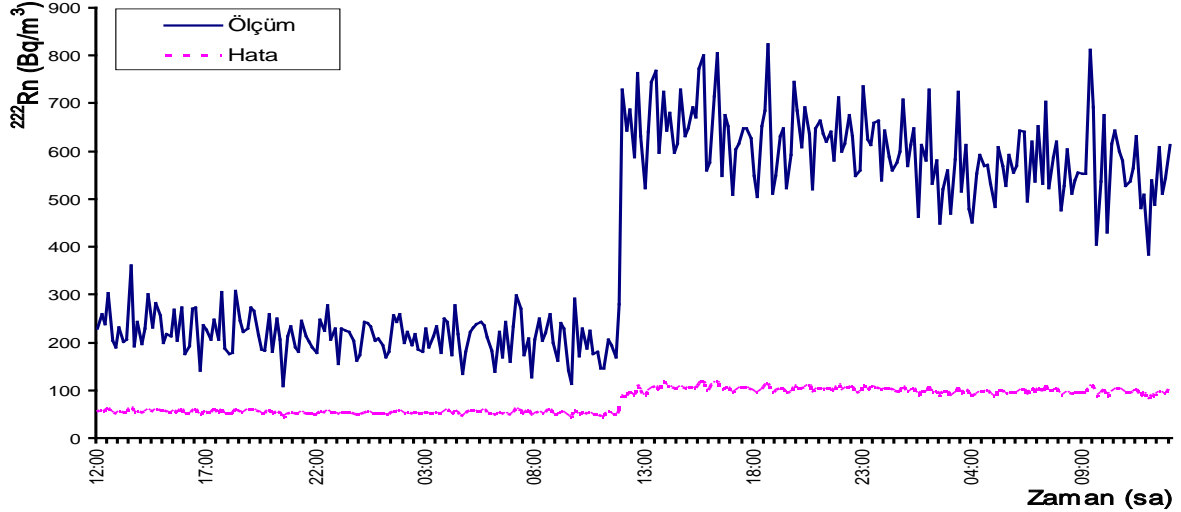
Sürekli olarak maruz kaldığımız çevresel radyasyonun çok büyük bir kesrinin radon gazı kaynaklı olduğu bu konuda yapılan birçok çalışma sonucu belirlenmiştir [6]. UNSCEAR'ın (United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation) yaptığı çeşitli araştırmalar insanların günlük hayatta maruz kaldıkları radyasyonun %54'nün radon kaynaklı olduğunu göstermektedir. Radon gazının özellikle akciğer kanseri riskini artırdığı yönündeki bulgular dünyanın birçok ülkesinde araştırmalar yapılması zorunluluğunu doğurmuştur ve bu konuda ülkemizde de çalışmalar yapılmıştır [5,7,8].

Ayrıca, sismik faaliyet başlamadan önce yer kabuğundaki gerilmeler nedeniyle oluşacak genişlemeler, kayalardan yeraltı su sistemine radon geçişinin artmasına dolayısı ile çevredeki kuyu ve kaynak sularındaki radon yoğunluğunda bir artış gözlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle depremlerin önceden tahmin edilmesinde de radonun önemli bir parametre olduğu ve miktarlarının sürekli olarak takip edilmesi gerektiği bilinmektedir [9].

Deneysel Yöntem

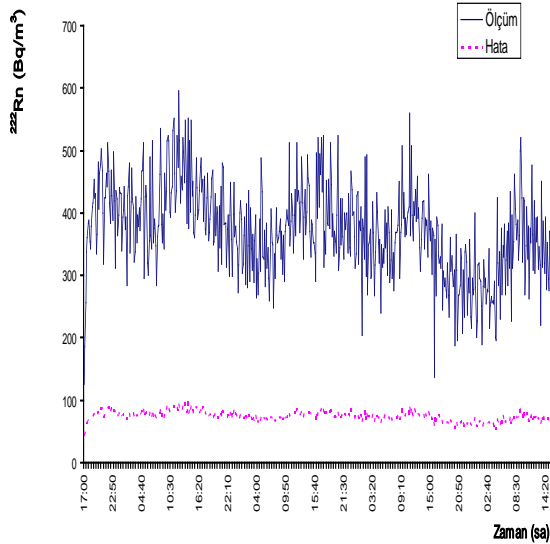
Bu çalışmada, temel olarak ^{222}Rn , ^{220}Rn ve radon yan ürünlerine ait radyasyon yoğunlukları ile Gamma (γ) doz oranını ölçmek için AlphaGUARD PQ 2000PRO radyasyon detektörü kullanılmıştır. AlphaGUARD havada, suda, toprakta ve yapı malzemelerinde radon yoğunluğu (Bq/m^3) ve eşzamanlı olarak sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), atmosfer basıncı (mbar) ve nem oranı (%RH) gibi üç farklı iklimsel parametreyi de ölçebilmektedir. Silindirik atma (puls) iyonlaşma çemberine sahip olan detektörün hacmi $0,56 \text{ litre}$ dir. AlphaGUARD, $2 - 2 \times 10^6 \text{ Bq}/\text{m}^3$ aralığında ölçüm yapılabilir ve hassasiyeti $20 \text{ Bq}/\text{m}^3$ 'te 1 CPM ya da $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$ 'te 4,5 CPM olarak verilmektedir. DSP (Digital Signal Processing) teknolojisine sahip olan AlphaGUARD çapraz ilişim (cross-correlation) algoritması kullanarak meydana gelen gürültüden radon sinyalini ayırt edebilmektedir. Yapılan ölçümler DataEXPERT yazılımıyla analiz edilmiştir.

AlphaGUARD, aktivitesi 335,1 Bq olan $^{226}\text{Ra} / ^{222}\text{Rn}$ NIST (National Institute of Standards and Technology) standardı kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyon verisi Şekil 4'te verilmiştir. Bu şekilde gözlenen radon yoğunluğundaki ani artış NIST standardının sisteme eklendiği noktadır. Bu ani artıştan önceki kısım ise arka alan radyasyonunun bir ölçüsüdür. Yapılan hesaplamalar sonucunda AlphaGUARD için standart sapma değeri $\Delta = \%12$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Kalibrasyon ölçümleri.

AlphaGuard kalibre edildikten sonra, radon ölçümü yapmak üzere Isparta İli sınırları içinde bazı stratejik noktalar belirlenmiştir. Bu noktalar Süleyman Demirel Üniversitesi (Doğu ve Batı Yerleşkeleri), Isparta İli şehir merkezi, Yedişehitler Mahallesi, Muzaffer Türkeş Mahallesi, Işıkkent-Batıkent Mahallesi, Yalvaç Meslek Yüksek Okulu ve Davraz Mahallesi, Halıket Mahallesi ve Gökçay Mevkisidir. Üniversite merkez yerleşke-sinde laboratuvarlar ve fakültelerin bodrum katları; diğer yerlerde de oturma odaları ve yine bodrum katları ölçüm noktaları olarak tercih edilmiştir.

Şekil 5. Süleyman Demirel Üniversitesi'nde ^{222}Rn yoğunluğu ölçüm ve hatası

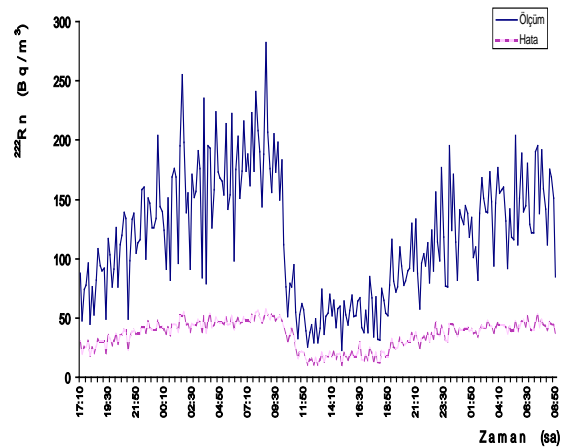
Ölçüm yapılan yerlerin havalandırılma durumu göz önünde tutulmuştur. Herhangi bir şekilde havalandırılmayan veya uzun süre havasız bırakılan ortamlar ile havalandırılması yapılanlar arasındaki farkın aynı veri seti üzerinde görülmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, gece ve gündüz radon yoğunluk farkının gözlemlenebilmesi için ölçümler gün içerisinde ve farklı zamanlarda yapılmıştır.

Bulgular

Süleyman Demirel Üniversitesi (Doğu ve Batı Yerleşkeleri) de yapılan alınan ölçümler Şekil 5'te gösterilmiştir. Grafikte x eksenini zaman, y ekseninde ^{222}Rn yoğunluk ölçümü koyu renkte ve ölçüm hatası açık renkte gösterilmektedir. ^{222}Rn yoğunluğu ve hata ölçümü iki ayrı gösterge çizelgesi Bq/m^3 , zaman ise tek gösterge çizelgesi saat cinsinden gösterilmektedir.

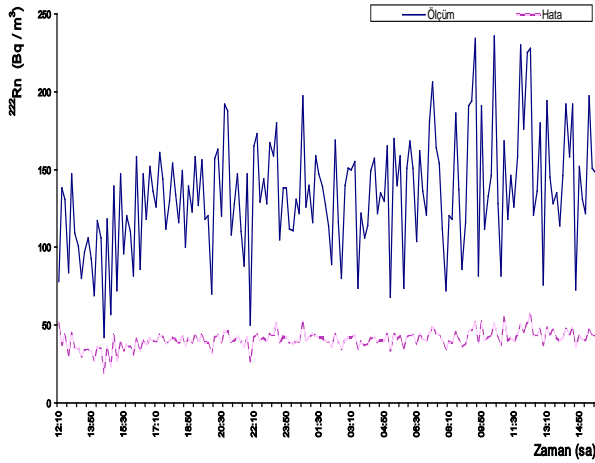
Süleyman Demirel Üniversitesinde yapılan ölçümlerde ortalama ^{222}Rn yoğunluğu $372 \pm 74 \text{ Bq/m}^3$ olarak saptanmış olup bu diğer noktalara göre yüksek bir değerdir (Bkz. Şekil 9). Buna sebep olarak da ölçüm yapılan mekanlar arasında deneysel amaçla kullanılan kayaların bulunduğu laboratuvarlar ve bodrum katları yer almaktadır. Yine havalandırma olmadığında yoğunluğun artış gösterdiği görülmektedir.

Isparta ili şehir merkezinde alınan ölçümler Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 6. Isparta İli Şehir merkezinde ^{222}Rn yoğunluğu ölçümü ve ölçüm hatası

Isparta İli şehir merkezinde bir meskende yapılan ölçümler de ortalama ^{222}Rn yoğunluğu $118 \pm 36 \text{ Bq/m}^3$ olarak saptanmıştır. Uygun havalandırma yapılmadığında radon yoğunluğunun ortalamasının yaklaşık iki katına çıktığı şekilden de açıkça görülebilmektedir. Ancak ortamın havalandırılmasıyla birlikte, yaklaşık 1 saat kadar bir sürede ^{222}Rn yoğunluğunun yaklaşık 200 Bq/m^3 değerinden 50 Bq/m^3 değerine düşüş gösterdiği grafikten anlaşılabilir.

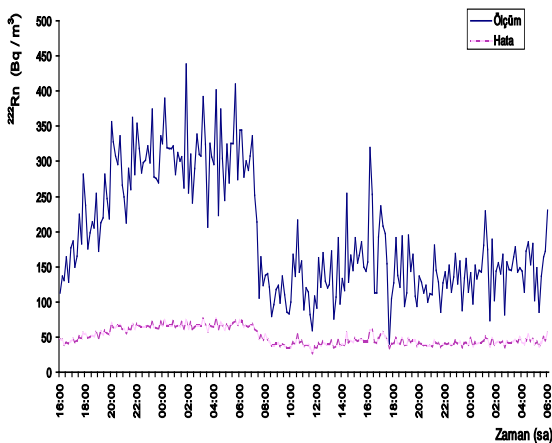
Yedişehitler Mahallesi'nde alınan ölçümler Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Yedişehitler mahallesinde ^{222}Rn yoğunluğu ölçümü ve ölçüm hatası.

Yedişehitler Mahallesinde yapılan ölçümler de ortalama ^{222}Rn yoğunluğu $134 \pm 41 \text{ Bq/m}^3$ olarak saptanmıştır. Bu ölçüm bir meskenin 2. katında alınmıştır ve radon yoğunluğunun yeterince havalandırma yapıldığında makul değerler içinde kaldığını göstermektedir.

Muzaffer Türkeş Mahallesi'nde alınan ölçümler Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Muzaffer Türkeş mahallesinde ^{222}Rn yoğunluğu ölçümü ve ölçüm hatası.

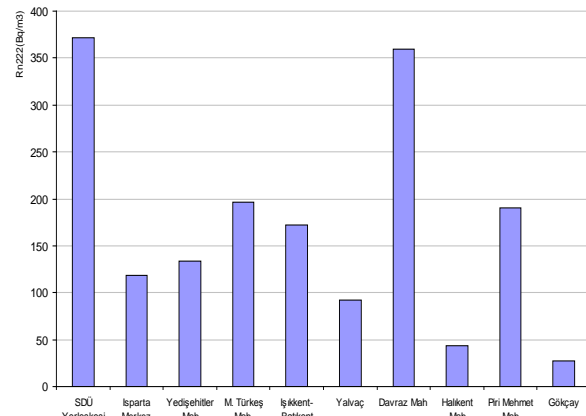
Muzaffer Türkeş Mahallesi'nde yapıla ölçümler de ortalama ^{222}Rn yoğunluğu $196 \pm 50 \text{ Bq/m}^3$ olarak saptanmıştır. Yine radon yoğunluğunun uygun havalandırma ile azaldığı grafikten açıkça görülmektedir.

Benzer ölçüm grafikleri diğer noktalarda da elde edilmiş olup; ortalama ^{222}Rn yoğunlukları sırasıyla Işıkkent-Mavikent Mahallesi için $172 \pm 46 \text{ Bq/m}^3$, Yalvaç Meslek Yüksek Okulu için $92 \pm 30 \text{ Bq/m}^3$, Davraz Mahallesi için $359 \pm 73 \text{ Bq/m}^3$, Halıkent Mahallesi için $44 \pm 88 \text{ Bq/m}^3$, Pri Mehmet Mahallesi için $190 \pm 168 \text{ Bq/m}^3$ ve Gökçay Mevkisi için ise $27 \pm 40 \text{ Bq/m}^3$ olarak ölçülmüştür.

Sonuç ve Tartışma

Belirlenen noktalarda yapılan ölçümlerin sonuçları topluca Şekil 9'da gösterilmektedir.

Yapılan ölçümlerde gözlenen en önemli nokta radon yoğunluklarının uzun süre kapalı kalmış veya havalandırılmamış mekânlarda arttığı, buna karşılık iyi havalandırma yapılan mekânlarda ise ortalama arka plan radyasyon seviyesinde kalmasıdır.



Şekil 9. Isparta İli'nde belirlenen bazı noktaların radon yoğunlukları.

Davraz Mahallesi'nde yapıların bodrumlarında alınan ölçümler ile daha yeni binalardan oluşan Işıkkent – Batıkent Mahalleleri'nden alınan veriler karşılaştırılmıştır. Bodrumların ve dolayısıyla binaların yerden iyi yalıtılmadığı veya yalıtımın zamanla hasara uğradığı eski binalarda radon yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, yerleşim birimlerinde ve laboratuvar gibi çalışma alanlarında zararlı olabilecek seviyede radona maruz kalınmaması için şu önerilere uyulması tavsiye edilebilir:

- Barınak olarak kullanılan ortamların sürekli olarak kapalı tutulmaması, mümkün olduğu kadar havalandırılması gerekmektedir.
- Kayaç, mineral veya toprak numuneleri radon yoğunluğunu artıracığından laboratuvarların iyi havalandırılması ve bu gibi numunelerin özel odalarda saklanması sağlanmalıdır.
- Binaların toprakla ilk temasının sağlandığı noktalar olan bodrum ve kilerlerin iyi yalıtılmış olması gerekmektedir. Zira buraların yalıtımının iyi yapılmamış olması veya bozulmuş olması bina içlerine doğru radon akısını artıracaktır.

- Birçok ülkede yapılan araştırmalar yapı malzemelerinin kökeninin ileriki senelerde bina içi radon yoğunluğunu artırdığını göstermiştir. Bu yüzden bol miktarda radon ihtiva edebilen ponza gibi yapı malzemeleri daha az kullanılmalı veya hiç kullanılmamalıdır [10].

Teşekkür

Ölçümlerde kullanılan AlphaGUARD cihazını temin ettikleri için Jeotermal Enerji, Yeraltı Suyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü Prof. Dr. Nevzat Özgür ve merkez çalışanlarına teşekkür ederiz. Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi, Araştırma Projeleri Yönetim Birimi, SDU-064 nolu Alt Yapı Projesi ile gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Darby, S., Whitley, E., Silcocks, P., Thakrar, B., Green, M., 1998. Risk of Lung Cancer Associated With Residential Radon Exposure in South-West England: A Case-Control Study, *Br. J. Cancer*, 78, 394-408.
- [2]. Akram, M., Khattak, N.U., Iqbal, A., Qureshi, A. A., Ullah, K., Qureshi, I.E., 2005. Measurement of Radon Concentration in Dwellings of Skardu City Pakistan, *Radiation Measurements*, 40, 695-698.
- [3]. Al-Qahtani, M., Al-Jarallah, M.I., Fazal-ur-Rahman, 2005. Indoor Radon Measurements in The Women Collage, Damman, Saudi Arabia., *Radiation Measurements*, 40, 704-706.
- [4]. Diyun, C., Xingbao, Y., Ruiying, H., 2004. Indoor Radon Survey in Indoor Environments in Zhuhai City, China, *Radiation Measurements*, 39, 205-207.
- [5]. Gundersen, L., Wanty, S., 1993. Field Studies of Radon in Rocks, Soils and Water, C. K. Smoley, 260 p.
- [6]. Vaizoğlu, S.A., 1997. Ankara'da Evlerde Kış Dönemi Radon Konsantrasyonunun Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri, Bilim Uzmanlığı Tezi, Ankara, 90 s.
- [7]. Espinosa, G., Golzarri, J.I., Martinez, T., Navarette, M., Boggard, J., Martinez, G., 2005. Indoor ²²⁰Rn and ²²²Rn Concentration Measurements Inside The Teotihuacan Pyramids Using NTD and E-PERM Methodologies, *Radiation Measurements*, 40, 646-649.
- [8]. Selçuk, A.B., 1996. Elazığ Yöresindeki Evlerde Radon Gazı Ölçümü, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 78 s.
- [9]. Akyıldırım, H., 2005. Isparta İli'nde Radon Yoğunluğunun Ölçülmesi ve Haritalandırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 112 s.
- [10]. Khan, A.H., Tufail, M., Qureshi, A.A., 1990. Radon Signals for Earthquake Prediction and Geological Prospection, *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 3, 229-231.