
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>	
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder	
	<u>Geliş/Received</u> 30.05.2016 <u>Kabul/Accepted</u> 21.10.2016	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.283530



Bitlis kaynak sularında radon konsantrasyonunun belirlenmesi

Sultan Şahin Bal^{1*}, Önder Kılıç¹, Fikriye Gönültaş¹

ÖZ

Bitlis ve ilçelerinde birçok kaynak suyu ve yeraltı suyu vardır. İnsan sağlığı açısından; bu suların radyo-aktif analizleri çok önemlidir. Bu çalışmada, yeraltı ve kaynak sularının radon gazı konsantrasyonlarının seviyesinin tespiti "sealed can technique" metodu ve CR-39 katı-hal nükleer iz detektörleri (SSNTDS) kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar, bölgenin jeolojik oluşumu dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: kaynak su, radon, CR-39

Determination of radon concentration on the Bitlis spring waters

ABSTRACT

There are many underground and spring waters on the Bitlis and districts. In terms of human health, making radioactive isotope analysis of these waters is very important. In this study, the detection of radon concentration levels of underground and spring waters were made using the method "sealed can technique" and CR-39 solid state nuclear track detectors (SSNTDS). The results were evaluated considering the geological formation of the area.

Keywords: spring water, radon, CR-39

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Bitlis Eren Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, BİTLİS – sahin.sultan@gmail.com

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

^{222}Rn , ^{238}U bozunma zincirindeki ^{226}Ra 'nın bozunması ile sürekli olarak meydana gelen asal bir gazdır. Havadan yaklaşık olarak yedi kat daha ağır olan ^{222}Rn , çukur yerlerde toplanır ve suda çözünür [1] [2].

Radon aktivitesi, sıcaklığın artmasıyla çözünürlüğünün azalmasına rağmen, suyun sıcaklığının artmasıyla yükselmektedir ve metan, karbondioksit, nitrojen gibi gazlarla, genellikle yer altı sularıyla birlikte dışarı taşınmaktadır. Radonun bu özellikleri, hidrotermal sistemlerin karakteristiklerinin belirlenmesinde radonun bir araç olarak kullanılmasına izin verir [3] [4].

Radon suyu metallere dönüşür ve kimyasal olarak aktiftir (Pb, Bi, Po gibi). Radon, üç yayılım türünün (alfa, beta ve gama) biri ve en tehlikelisi olan 4,78 MeV enerjili alfa parçacığı yayılımı yapar. Alfa parçacığı uzun mesafelerde etkili değildir, vücut içerisindeki hücrelerde önemli hasarlara neden olabilir [5].

Su ile alınmış olan radonun çoğu bağırsak ve midenin duvarları içine emilir. Radon ve onun soyu mide duvarındaki bazı hücreleri etkileyebilir. Mide içerisinde yiyeceklerin bulunması sebebiyle radyasyonun çoğu emilir. Bir günde alınan su miktarı solunan havanın miktarından çok daha az olması nedeniyle; mide ve sindirim sistemindeki diğer organların ışınlanması sınırlanmıştır [5].

Suların doğal radyoaktiviteleri içinden geçtikleri veya temas halinde buldukları radyoaktif kütleler veya minerallerden ileri gelmektedir. Doğal sularda uranyum ailesine, aktinyum ve toryum ailesinden çok daha sık rastlanır. Suyun doğal aktivitesinin büyük bir bölümünü radyum oluşturur. Bir gaz ve radyumdan oluşan ilk ürün olan radon ise sularda algılanabilecek miktarda bulunabilir. Buna ilaveten radonun radyoaktif bozunum sonucu meydana gelen kısa yarı ömürlü ürünleri, kendilerini meydana getiren radon ile birlikte denge halinde suda bulunabilirler [5].

Bu çalışmada; Bitlis ve İlçelerinden toplanan bazı kaynak sularının radon konsantrasyonlarının tespiti 'Sealed Can tekniği' kullanılarak Radosys pasif radon ölçüm sisteminde yapılmıştır. Bitlis ve İlçelerinde daha önce bina yapı malzemelerinde pasif radon ölçümü ve yine kaynak sularında bulunan radon konsantrasyon seviyesi aktif ölçüm yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Ancak, pasif radon ölçüm yöntemi (katı-hal nükleer iz detektörünü kullanarak) kullanılarak kaynak sularında radon konsantrasyonunun tespiti daha önce yapılmamıştır.

2. METERYAL-METOD (MATERIALS-METHODS)

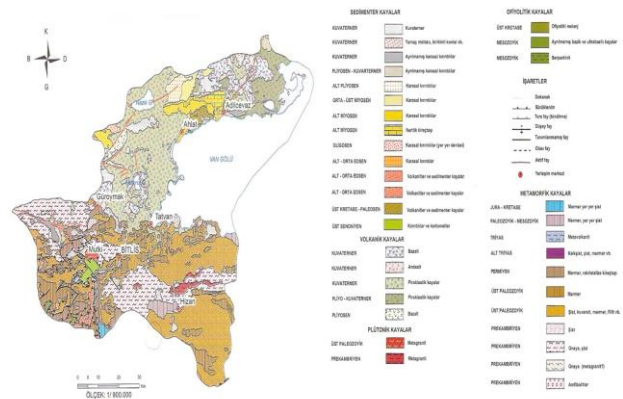
2.1. Jeolojik yapı (Geology)

Bitlis Metamorfik kuşağı boyunca çeşitli stratigrafik kesitler mevcuttur (Şekil 1). Bitlis ili kayaçlarının asitik ve bazlık değerlerine göre bir sınıflandırma çalışması yapılmamıştır. Ancak asitik karakterli magma çıkışları granit, granitik gnayslar, andezitler, dasitler ile bazik karakterli bazaltik lavlar bulunmaktadır [6].

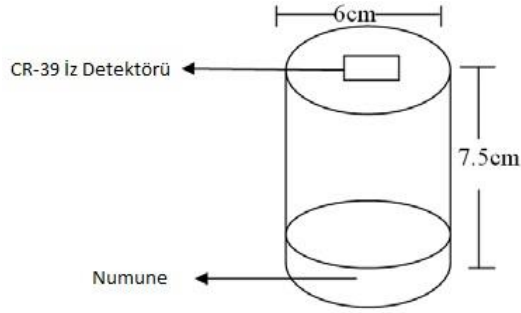
Bitlis Metamorfikleri Epi Metamorfik örtünün Petrografisi: Aşağıdan yukarıya doğru metamorfizma derecesi azalan 6 grup ayrılmıştır. Bunlar; Alt yeşil sistler, Muskovitli kuvarsitler, Kalkışitler, Rekrystalize kireçtaşları, Üst yeşil Şistler, Rekrystalize karstik kireçtaşları [6].

2.2. Ölçüm yöntemi (Measurement method)

Radon gazı, 'Sealed Can Tekniği' (Şekil 2) ve katı-hal nükleer iz detektörü (CR-39 (allil diglikol karbonat)) kullanılarak; pasif olarak belirlendi. Bitlis ili ve ilçelerinde 25 adet çeşitli kaynak, maden ve kaplıca suları bir litrelik polietilen kapların içine; suyun kaynak noktasından şişeye hemen aktarılacağı şekilde dolduruldu. Mikroorganizmalardan arındırmak için 0,5 ml HNO_3 çözeltisi damlatıldı ve herhangi bir karışıklık olmaması için polietilen kaplar etiketlendi.



Şekil 1. Bitlis'in jeoloji haritası (Bitlis geological map)



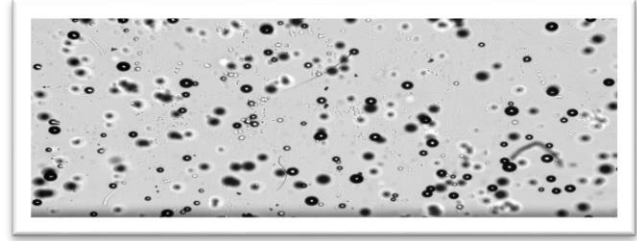
Şekil 2. Kapalı kutu tekniği (Sealed Can Technique)

Bitlis ili ve ilçelerinde alınan kaynak su numunelerinin 450 ml'lik miktarı; laboratuvar ortamında yaklaşık 1 litrelik kavanozlar ($r=5,5$ cm ve $h=13,4$ cm) içinde 30 gün sürekli dengenin sağlanması için bekletilmiştir. Kavanozlar, radon ürünlerini (toron vb.) filtreleyerek yalnız radon gazını geçiren bir kapakla kapatılmıştır ve dışardan gelebilecek etkileri (ışık vb.) en aza indirmek için alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Kavanoz içinde sürekli denge sağlandıktan sonra, 1cmx1cm kesilmiş ve önceden kodlanmış CR-39 algılayıcıları yerleştirilmiştir. Radon difüzyon kabının içine girdiğinde, yarılanma ömrünü tamamladıktan sonra bozularak bir alfa parçacığı yayınlamakta ve bu alfa emisyonu detektör ile etkileşerek detektör yüzeyi üzerinde iz bırakmaktadır. Detektör üzerindeki izlerin sayısı ölçüm yapılan ortamdaki radon gazı seviyesi ile orantılıdır. Algılayıcılar 30 gün sonunda çıkarılmış ve Radosys radon ölçüm sisteminin (Şekil 3) kazıma ünitesinde; 4,5 saat boyunca 90 °C'de 6,25 M 'lık NaOH çözeltisi içinde kazıma işlemi yapılmıştır.



Şekil 3. RADOSYS radon ölçüm sistemi (RADOSYS radon measurement system)

Daha sonra detektörler, sistemin mikroskop ünitesinde; detektörler üzerindeki iz sayısını bulmak için mikroskoptan görüntüyü alan $\times 100$ büyütmeli bir CCD kamera ve kameradan elde edilen görüntüyü dijital hale çeviren bir bilgisayardan oluşan görüntü işleme seti kullanılarak alfa ışınlarına ait izler (Şekil 4) sayılmıştır [7]. Detektörler üzerindeki iz yoğunlukları Linux işletim sistemi altında çalışan bir yazılım sayesinde otomatik olarak okunmakta ve bilgisayara kayıt edilmektedir.



Şekil 4. CR-39 katı hal iz detektöründe alfa parçacıklarının izleri (Traces of the alpha particles in the CR-39 solid state track detector)

Bitlis ili ve ilçelerinden alınan su numunelerinin Radon konsantrasyonu Eşitlik 1 kullanılarak yapılmıştır. Burada; R , (Bq/m^3) birimi cinsinden Radon konsantrasyonu, D , iz yoğunluğu (iz/cm^2), KF , CR-39 detektörünün kalibrasyon faktörü ($44,47(kBq/m^3) / (iz/saat)$) ve T algılayıcının Radona maruz kaldığı süredir (gün) [7].

$$R (Bq/m^3) = (D \times KF \times 1000) / T \quad (1)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada Bitlis ili ve ilçelerinden alınan olan 25 adet su örneklerinin Radon konsantrasyonları belirlenmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde; en yüksek radon konsantrasyonunun $1095,7 \pm 30 Bq/m^3$ değeri ile BS24 numaralı örnekte, en düşük radon konsantrasyonunun $40,6 \pm 6 Bq/m^3$ değeri ile BS20 numaralı örnekte olduğu görülmüştür. Bitlis'ten alınan su örneklerinin % 96 sinin radon seviyesi normal radon seviyenin çok üstünde bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. Kaynak sularının radon konsantrasyonları (Radon concentrations of the spring waters)

Numune No	Numunenin Alındığı Yer	Radon Konsantrasyonu (Bq/m ³)
BS 1	Bitlis-Merkez (1)	872,2 ± 27
BS 2	Bitlis-Merkez (2)	418,2 ± 19
BS 3	Bitlis-Merkez (3)	591,5 ± 22
BS 4	Bitlis-Merkez (4)	636,9 ± 23
BS 5	Hizan (1)	646,4 ± 23
BS 6	Hizan (2)	225,8 ± 14
BS 7	Hizan (3)	587,9 ± 22
BS 8	Mutki (1)	523,3 ± 21
BS 9	Mutki (2)	687,0 ± 24
BS 10	Mutki (3)	831,6 ± 26
BS 11	Tatvan (1)	751,5 ± 25
BS 12	Tatvan (2)	688,2 ± 24
BS 13	Tatvan (3)	659,5 ± 23
BS 14	Tatvan (4)	1013,2 ± 29
BS 15	Ahlat (1)	574,7 ± 22
BS 16	Ahlat (2)	636,8 ± 23
BS 17	Ahlat (3)	573,5 ± 22
BS 18	Güroymak (1)	510,2 ± 21
BS 19	Güroymak (2)	344,1 ± 17
BS 20	Tatvan (5)	40,6 ± 6
BS 21	Adilceviz (1)	769,5 ± 25
BS 22	Ahlat (4)	644,0 ± 23
BS 23	Adilceviz (2)	634,4 ± 23
BS 24	Adilceviz (3)	1095,7 ± 30
BS 25	Tatvan (6)	620,1 ± 23

Bu çalışmada 25 örnek için ortalama radon konsantrasyonu değeri 623,08 Bq/m³ olarak elde edilmiştir. Ülkemizde yapılan çalışmalar ve çevre koruma örgütlerinin yayınladığı raporlardaki limit değerleri ile ortalama radon konsantrasyon değeri karşılaştırıldığında (Tablo 2); bu çalışmada Bitlis için elde edilen ortalama değerin, yüzey suları için UNSCEAR'ın belirlediği değerin çok üzerinde bir değere sahip olduğu görülmektedir. Diğer raporlardaki limit değerleri ile karşılaştırıldığında ise, limitlerin altında değerler olduğu görülmüştür [8] - [12].

4. SONUÇLAR (RESULT)

Meteorolojik (atmosfer basıncı, sıcaklık, nem ve yağış) ve jeolojik (toprak özellikleri, deprem, toprak kayması, volkanik yapı) özellikler, bir bölgenin radon konsantrasyonu değerini etkileyen başlıca faktörlerdir.

Bu çalışmada, Bitlis ve ilçelerinin meteorolojik ve jeolojik özelliklerinin radon ile ilişkisi ayrı ayrı incelenemediğinden genel olarak her bir faktörün büyük ölçüde; su örneklerinde radon değerinin yüksek çıkmasına neden olduğunu kabul edeceğiz [1].

Tablo 2. Radon limitleri (The radon limits) [8] - [12]

Raporlar	Suyun türü	Limitler
UNSCEAR (Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi)	Yüzey suyu	40 Bq/m ³
	Yeraltı suyu	4 - 40 kBq/m ³
WHO (Dünya Sağlık Örgütü)	İçme suyu	27,4 (kBq/m ³)/yıl
USEPA (Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı)	İçme suyu	11,1 kBq/m ³
RADPAR (Avrupa Birliği Radon Komisyonu)	İçme suyu	150 kBq/m ³
Denizli-Türkiye	Termal su	0,67 - 25,9 kBq/m ³
Afyonkarahisar-Türkiye	Kuyu suyu	0,7 - 31,7 kBq/m ³
Bursa-Türkiye	Kuyu suyu	1,46-53,64 kBq/m ³
	Çeşme suyu	0,91-12,58 kBq/m ³
Bitlis- Türkiye (Aktif yöntemle radon ölçümü)	Kaynak ve çeşme suyu	10,52 kBq/m ³
Bu çalışma	Kaynak suları	623,08 Bq/m ³

Bitlis ili ve ilçelerinin genel jeolojisi; asidik karakterli magma çıkışları granit, granitik gnayslar, andezitler, dasitler ile bazik karakterli bazaltik lavlardan oluşmaktadır [6]. Granit kayaçların bulunduğu yer altı suyunda radon seviyesi yüzeysel sulardaki ve barajlardan elde edilen şebeke sularının radon seviyesinden daha yüksektir [13]. Bununla beraber, Bitlis ve ilçelerinin kayaç türünün genellikle, kireç taşı ve magmatik özelliğe sahip olması ve yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı su örneklerinde radon seviyesinin genel olarak yüksek ölçülmesi beklenen bir durumdur.

Suyun sıcaklığı arttıkça, ortama verilen radon miktarı da artar [14]. Suda ölçülen radon, sadece suyun içerisinde bulunan radyumdan kaynaklanmamakta, aynı zamanda suyun geçtiği yerlerdeki toprak ve kayalarla bulunan radyumdan da ileri gelmektedir. Bu nedenle, yüzey suları ve yer altı suları, değişik miktarlarda radyum içeren toprak ve kayalarla yakın temasta bulunduğundan içme ve kullanma sularında radona rastlanması şaşırtıcı değildir.

Ayrıca, Bitlis'in fay hattı üzerinde bulunması da yine radon konsantrasyonlarının yüksek çıkmasının diğer bir sebebi olarak düşünülebilir [2].

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] H. Alkan ve S. A. Göksel, «Türkiye Kaplıca ve Maden Sularının Doğal Radyoaktiviteleri,

- Sularda Radon Tayini,» %1 içinde *T. B. T. A. K. 5. Bilim Kongresi*, İstanbul, 1975.
- [2] S. Şahin, *Sivrice Fay Zonundaki Radon Değişimi ve Doğal Radyoaktivite*, Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [3] İ. Ülker, *Türkiye'de Sağlık Turizmi ve Kaplıca Planlaması*, Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı, 1988.
- [4] J. P. Toutain ve J. C. Baubron, «Gas Geo Chemistry and Seismo Tectonics: a review,» *Tectonophysics*, cilt 304, pp. 1-27, 1999.
- [5] S. Şahin, *Kangal (Sivas) Balıklı Kaplıcasının Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi*, Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [6] MTA, «Bitlis İli Genel Jeolojisi,» MTA, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/van/index.php?id=bitlis>. [%1 tarihinde erişilmiştir30 Mayıs 2016].
- [7] Radosys, *Radosys User Manuel*, Hungary: Radosys, 2011.
- [8] UNSCEAR, «1982 Report to the General Assembly, with annexes,» UNSCEAR, New York, 1982.
- [9] F. S. Erees, S. Aközcan, Y. Parlak ve S. Çam, «Assessment of dose rate around Manisa (Turkey),» *Radiation Measurements*, cilt 41, pp. 598-601, 2006.
- [10] H. A. Yalın, A. Sandıkçioğlu, R. Ünal ve Ö. Orhun, «Measurements of radon concentrations in well waters near the Akşehir fault zone in Afyonkarahisar, Turkey,» *Radiation Measurements*, cilt 42, pp. 505-508, 2007.
- [11] U. A. Tarım, O. Gürler, G. Akkaya, N. Kılıç, S. Yalçın, G. Kaynak ve O. Gündoğdu, «Evaluation of radon concentration in well and top waters in Bursa,» *Radiation Protection Dosimetry*, pp. 1-6, 2011.
- [12] E. Tanrıverdi, *Bitlis Bölgesindeki Radon Aktivitesinin Belirlenmesi*, Bitlis: Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [13] UNSCEAR, «Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation,» UNSCEAR, New York, 1988.
- [14] UNSCEAR, «Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation,» UNSCEAR, New York, 1993.