



Afyon-Sandıklı-Şuhut Arasındaki Bölgenin Toryum Konsantrasyonunun Alansal Dağılımı

N. Ayten UYANIK*¹, Ziya ÖNCÜ¹, Osman UYANIK¹, İskender AKKURT², Kadir GÜNOĞLU³, Mustafa BOZCU⁴, Fuzuli YAĞMURLU⁵

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 32200, Isparta

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Yüksekokulu, 32200, Isparta

⁴Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta

⁵Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale

(Alınış Tarihi: 15.09.2013, Kabul Tarihi: 15.11.2013)

Anahtar Kelimeler

Gamma-ışın spektrometresi
Afyon Volkanitleri
Toryum
Konsantrasyon
Alterasyon

Özet: Doğal radyoaktif element olarak bilinen en az 20 adet element olmasına rağmen, nükleer jeofizikte sadece U (uranyum), Th (toryum) ve K (potasyum) elementleri önemlidir. Radyoaktif ²³²Th ile başlayan toryum serisi, ortalama 10 bozunum ürününü takiben, radyoaktif ²⁰⁸Tl izotopunun beta bozunumu sonucunda kararlı ²⁰⁸Pb izotopu ile son bulur. ²⁰⁸Tl'in bozunum sürecinde yayınlanan 2.62 MeV enerjili gama ışınları bir gama-ışın spektrometresi ile belirlenebilir. Bu çalışmada portatif bir gama-ışın spektrometresi ile ²³²Th bozunum serisinin 2.62 MeV enerjili karakteristik gama ışınları, 3'er dakikalık sayımlarla koordinatları belirlenen 1169 noktada ölçülmüştür. Afyon Merkez, Sandıklı, Şuhut ve Haydarlı arasında kalan alanda eTh konsantrasyon dağılımı haritalanmıştır. Kayaç türlerinin yayılımına bağlı olarak konsantrasyon değerlerinin 0-80 ppm aralığında değiştiği görülmüştür. Yüksek değerlerin volkanik kayalar üzerinde özellikle de volkanik kayaların ayrışmaya uğramış kesimlerinde elde edilmesi dikkat çekicidir.

Spatial Distribution of Thorium Concentration in Afyonkarahisar-Sandıklı-Şuhut Region

Keywords

Gamma-ray spectrometry
Afyon volcanics
Thorium
Concentration
Alteration

Abstract: Although at least 20 elements are known as natural radioactive, only U (Uranium), Th (Thorium) and K (Potassium) are important elements in nuclear geophysics. Stable nucleus of ²³²Th is Pb and in this chain there are 10 isotopes. ²⁰⁸Tl decay chain produces characteristic gamma radiation (2.62 MeV). The ²³²Th concentrations have been measured using portable gamma-ray spectrometer, for about 180 seconds counting times at 1169 points with known geographical coordinates. The variation of eTh concentration has been mapped in Afyonkarahisar district (Sandıklı, Şuhut, Haydarlı). eTh concentration values ranged between 0-80 ppm with different regional lithology. It should be noted that high concentration values were obtained in volcanic rocks and altered volcanic zones.

1. Giriş

Gamma-ışın spektrometrelerinin gelişimi özellikle K, U ve Th konsantrasyonları ile ilişkili geçerli radyoaktif tanımlamalar 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Morley (1969), Killeen (1979) ile Darnley ve Ford (1989) tarafından yapılan çalışmalarda gamma-ışın spektrometrisinin gelişimi

açıkça görülmektedir. 1970'li yıllarda uygun kalibrasyon standartları ve prosedürlerinin gelişimi, 1970-80'lerde dijital veri toplama, işleme ve renkli sunum yöntemlerinin gelişimi, 1980-90'larda GPS ve coğrafi bilgi sistemi analizleri (GIS) ve harici bir radyoaktif referans kaynağı ile kendi kendini dengeleyen spektrometrelerin kullanımı ile yüksek hassasiyete sahip ve yüksek çözünürlüklü veri elde

etmeyi kolaylaştırmıştır. Son zamanlarda tüm-spektrum çözüm teknikleri (Hovgaard ve Grasty, 1997) ve yeni standardizasyon prosedürleri (Grasty vd., 1997) geliştirilmiştir. Gamma-ışın spektrometrisinin ilkeleri ve araştırma tekniklerinin düzenlenmesi Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (1991) tarafından güncellenmiş ve Grasty ve Minty (1995) tarafından tam olarak daha detaylı açıklanmıştır.

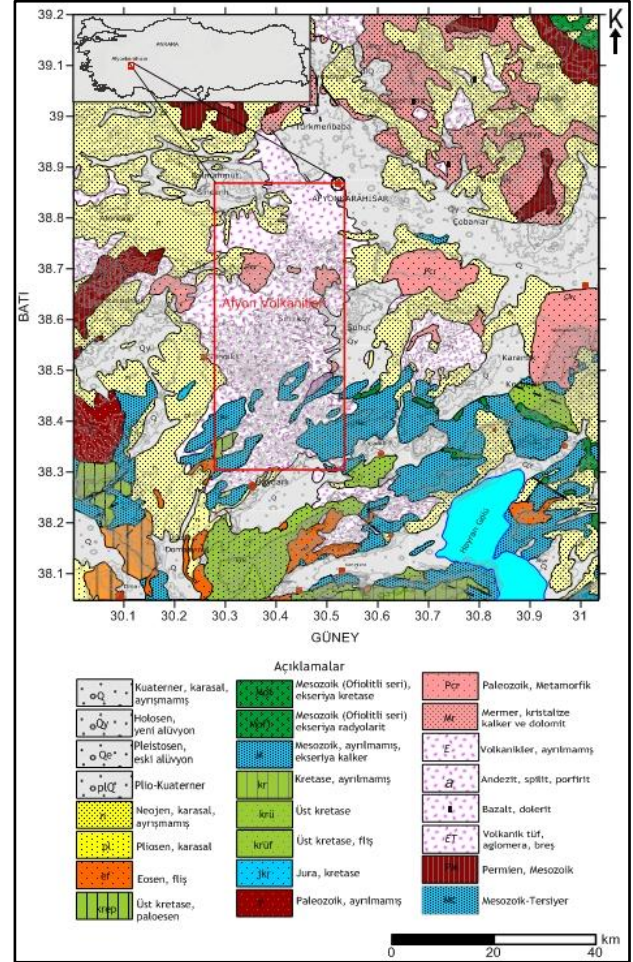
Gamma-ışın spektrometrisi uzun yıllar sadece uranyum aramalarında faydalı görülmüştür. Ancak U ve Th elementleri ile ilişkili Mo ve Nb gibi radyoaktif olmayan elementleri de dolaylı olarak belirlemek mümkün olabilmektedir. Bu yöntemle jeolojik ve jeokimyasal ortamlara ait belirtileri tespit etmek de mümkündür. Bu tür durumlarda radyoelement düzenindeki göreceli değişimler, gerçek değerlerden daha önemli olabilmektedir (Dodd vd., 1969). Kanada başta olmak üzere birçok ülkede büyük ve küçük ölçekli gamma-ışın spektrometri çalışmaları mevcuttur (Shives vd., 1995; 1997; Franklin, 1996; Poulsen ve Hannington, 1996; Wilford vd., 1997; Aydın vd., 2006; Uyanık vd., 2010; 2012). Gamma-ışın spektrometrisinin, jeolojik haritaların detaylandırılmasından petrografik tanımlamalara, hammadde aramalarından (nadir toprak elementleri, değerli metaller ve endüstriyel mineraller) çevresel çalışmalara kadar birçok uygulama alanı mevcuttur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Ketin (1966)'in Anadolu'nun, tektonik birlikleri sınıflamasına göre Anatolidler içinde yer alan Afyon Bölgesi, Anatolidlerin güneyinde Toridlerin sınırındadır. Bölgede eğim atımlı normal fay karakteristiği baskın olup, kırık zonlar genelde KD-GB ve KB-GD doğrultulu, Neojen sonu ve/veya sonrası yaşlıdır (Yağmurlu vd., 1997). Afyon zonu, batıda Menderes Masifi'nden başlayıp Denizli'nin kuzeyini izleyerek Uşak ve Sandıklı üzerinden Afyon'a uzanan düşük metamorfik bir kuşaktır. Bu zon Afyon'un doğusunda Sultandağları'nın kuzeyini izleyerek Orta Anadolu masiflerine bağlanır. Afyon Bölgesi, çok evreli metamorfizmanın gözlemlendiği bir alan olması ve Menderes ile Orta Anadolu masifleri arasındaki jeolojik konumu nedeniyle Türkiye jeolojisinde büyük bir öneme sahiptir. Afyon zonunda baskın olarak tortul kökenli litolojilerin oluşturduğu bölgesel metamorfitler Afyon metamorfitleri olarak tanımlanır. Stratigrafik olarak en altta yer alan Afyon Metamorfitleri İç Toros kuşağının en yaşlı birimlerini oluşturmaktadır. Afyon çevresindeki alkali-riyolitik, latitik, trakitik lavlar ve domlar (Keller, 1983), tüfler, aglomeralar, volkanosedimanlar, kırıntılı sedimanlar ve paleotopraklar ile ardışıklı dizilim göstermektedirler (Savaşın ve Oyman, 1998). Afyon-Sandıklı civarında yer alan volkanitler ise Sandıklı ilçe merkezinin doğu, kuzeydoğusunda yaygın olarak

bulunmaktadır. Bunlar, lav, tüf ve tüfit düzeyleri ile temsil edilmektedirler. Orta Miyosen'de başlayan ve Üst Miyosen'de devam eden volkanik aktivite ile birlikte göl ortamına volkanik malzeme girişleri oluşmuştur. Özellikle Akın ve Kargın köylerinin doğusunda yaygın olarak tüf ve tüfit (gösel tüf) gözlenmektedir. Ercan (1986), Afyon-Sandıklı çevresindeki volkanitlerin Orta ve Üst Miyosen boyunca oluştuğunu söylemektedir. Afyon metamorfitlerini ve volkanitlerini kapsayan yaklaşık 180 km²'lik çalışma alanı ve jeolojisi Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Afyon ve civarının jeoloji haritası ile çalışma alanının konumu

2.2. Gamma-Işın Spektrometrisi

Gamma-ışını spektrometrisi, kayalar ve bozunmuş malzemeler içerisindeki Potasyum(K), Uranyum(eU) ve Toryumun (eTh) serilerindeki radyoaktif bozunmalar sonucu ortaya çıkan gamma ışınlarının ölçülmesi ile yapılır. Toprak ve kayalardaki potasyum konsantrasyonu, ⁴⁰K'dan yayılan 1461 keV enerjili gamma ışınlarının spektrometre tarafından algılanması ile elde edilmektedir. Potasyumun radyoaktif izotopu ⁴⁰K, doğadaki tüm potasyumun % 0.0118'i kadardır. Böylece potasyumun (K) değeri doğrudan bulunur ve % K olarak ifade edilir. U

konsantrasyonu, ^{238}U 'un bozunum ürünü olan ^{214}Bi izotopundan yayınlanan 1765 keV enerjili gamma ışınlarının yakalanmasıyla elde edilir. Böylece U, gamma spektrometresi tarafından dolaylı şekilde algılanmakta ve sonuçları ppm eU (milyonda bir eşdeğer uranyum) olarak sunulur. Benzer şekilde toryum konsantrasyonu da ^{232}Th 'un bozunum ürünü olan ^{208}Tl izotopundan yayınlanan 2615 keV enerjili gamma ışınlarının algılanması ile elde edilir ve sonuçları ppm eTh (milyonda bir eşdeğer toryum) olarak sunulur.

Spektrometreler, sintilometrenin elektronik olarak daha gelişmiş bir şekli olup, ^{40}K , ^{238}U ve ^{232}Th 'dan gelen karakteristik gamma ışınlarını enerjilerine göre ayırt ederek sayabilmektedir. Sinyal-yükselten çözümleyici ile sinyalleri şiddetlerine göre sıralamaktadırlar. Spektrometrenin her penceresinde sayılan gamma ışınları yerden ve yer dışı kaynaklardan gelen gamma ışınlarının toplamıdır. Yüksek hassasiyetli, günümüz ileri teknolojisi ile üretilen spektrometrelerde kanallardaki net ışımaya sayısı belirlenmekte ve bu ışımaya sayıları konsantrasyonlara dönüştürülmektedir. ^{40}K konsantrasyonu % olarak ^{238}U ve ^{232}Th konsantrasyonları ppm olarak verilmektedir.

Bu çalışmada 1024 kanallı GF-Instruments Gamma-Surveyor II spektrometresi kullanılmıştır. BGO (Bizmut Germanat oksit) dedektör probu 20 cm³ hacimlidir (Şekil 2).



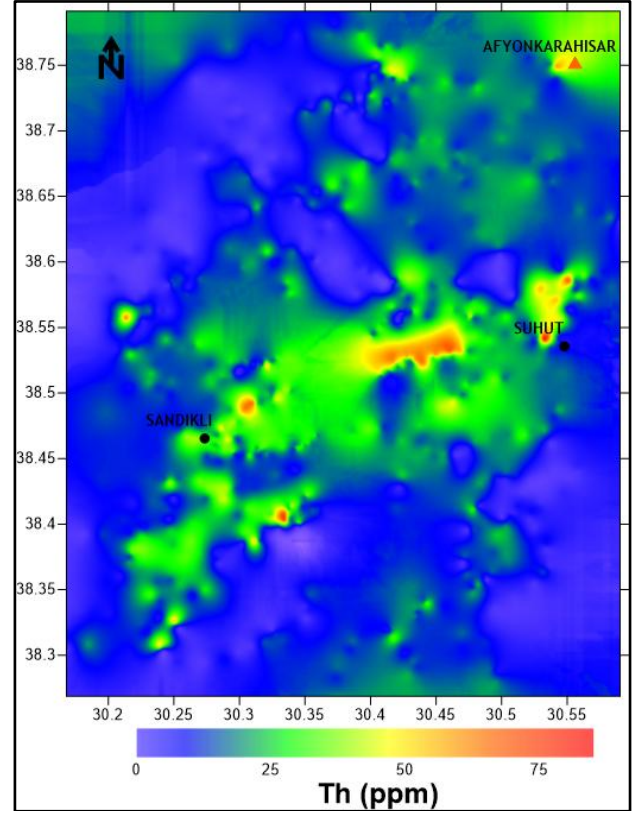
Şekil 2. Gamma-ışın spektrometresi

Çalışma Afyon-Sandıklı-Şuhut-Haydarlı arasındaki bölgeyi kapsamaktadır. Yaklaşık 1800 km²'lik bu alanda 1169 noktada, 3 dk. süre ile, gama-ışın ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler, harici bir GPS bağlantısı ile yapılmıştır.

3. Araştırma Bulguları

Afyon-Sandıklı-Şuhut-Haydarlı arasında kalan geniş bir alanda yapılan ölçümlerle elde edilen ^{232}Th konsantrasyonunun dağılımı Şekil 3'de verilmiştir. ^{232}Th konsantrasyonunun bölgedeki değişim aralığının 0-80 ppm olduğu görülmüştür. Şekil 3'de 0-20 ppm aralığındaki mavi renk ile temsil edilen

alanlar Afyon metamorfiklerini temsil ederken, 25-80 ppm aralığındaki yeşil renk ile temsil edilen alanlar volkanitleri temsil etmektedir. Sandıklı-Şuhut arasında eTh değerinin yer yer 60-80 ppm değerlerine ulaştığı gözlenmiştir. Böylece gamma-ışın spektrometresi ile bölgedeki litoloji ayrımı ortaya konulmuş ve litoloji içerisindeki jeokimyasal değişimlere ışık tutulmuştur.



Şekil 3. Çalışma alanının eTh konsantrasyonu dağılım haritası

5. Tartışma ve Sonuç

Gamma-ışın spektrometresi, farklı jeolojik gruplarda potasyum, uranyum ve toryum zenginleşmesi veya fakirleşmesini haritalamada yüksek bir kabiliyete sahiptir. ^{232}Th konsantrasyon dağılımının, Afyon metamorfikleri üzerindeki volkanitlerin dağılımı ile ilişkili olduğu, sarı-kırmızı renkli anomalilerin ise volkanitlerdeki alterasyonu işaret ettiği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma 112Y145 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

Aydın, İ., Aydoğan M.S., Oksum E., Koçak A., 2006. An Attempt to Use Aerial Gamma-Ray Spectrometry Results in Petrochemical of the Volcanic and Plutonic

- Associations of Central Anatolia (Turkey). *Geophysical Journal International* 167, 1044-1052.
- Darnley, A.G., Ford, K.L., 1989. Regional Airborne Gamma-Ray Surveys: a review; in *Proceedings of Exploration '87: Third Decennial International Conference on Geophysical and Geochemical Exploration for Minerals and Groundwater*, (ed.) G.D. Garland, Ontario Geological Survey, Special Volume 3, p.229-240.
- Dodd, P.H., Drouillard, R.F., Lathan, C.P., 1969. Borehole Logging Methods for Exploration and Evaluation of Uranium Deposits. In *Mining and Groundwater Geophysics 1967*, (ed.) L.W. Morley, Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 26, p.401-415.
- Ercan, T.; 1986, Orta Anadolu'daki Senozoyik Volkanizma, M.T.A Dergisi,107,119-141, Ankara.
- Franklin J.M. 1996. Volcanic-Associated Massive Sulphide Base Metals; in *Geology of Canadian Mineral Deposit Types*, (ed.) O.R. Eckstrand, W.D. Sinclair and R.I. Thorpe; Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no.8, p.158-183.
- Grasty, R.L., Minty, B.R.S., 1995. A Guide to the Technical Specifications for Airborne Gamma Ray Surveys. Australian Geological Survey Organisation, Record 1195/60, 89p.
- Grasty, R.L., St. John Smith, B. and Minty, B.R.S., 1997. Developments in the Standardization and Analysis of Airborne Gamma Ray Data. *Geophysics and Geochemistry at the Millenium, Proceedings of the Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration, Canada*, 1100 pages.
- Hovgaard, J., Grasty, R.L., 1997. Reducing Statistical Noise in Airborne Gamma-Ray Data Through Spectral Component Analysis. *Geophysics and Geochemistry at the Millenium, Proceedings of the Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration, Canada*, 1100 pages.
- International Atomic Energy Agency, 1991. Airborne Gamma Ray Surveying. Technical Reports Series No.323, Vienna, 97p.
- Keller, J., 1983. Potassic Lavas in the Orogenic Volcanism of the Mediterranean Area. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 18, p.321-335.
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. MTA Dergisi, 66, s.20-34.
- Killeen, P.G., 1979. Gamma Ray Spectrometric Methods in Uranium Exploration-Application and Interpretation. In *Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores*, (ed.) P.J. Hood Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 31, p.163-230.
- Morley, L.W., 1969. Regional Geophysical Mapping. In *Mining and Groundwater Geophysics 1967*, edited by L.W. Morley, Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 26, p.249-258.
- Poulsen, K. H., Hannington, M.D., 1996, Volcanic-Associated Massive Sulphide Gold, in Eckstrand, O. R., Sinclair, W. D., and Thorpe, R. I., *Geology of Canadian mineral deposit types: Geol. Surv. Can., Geology of Canada*, 8, 183-196.
- Savaşçın, M.Y., Oyman, T., 1998. Tectono-Magmatic Evolution of Alkaline Volcanics at the Kırka-Afyon-Isparta Structural Trend, SW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 201-214.
- Shives, R.B.K., Ford, K.L., Charbonneau, B.W., 1995. Applications of Gamma Ray Spectrometric/Magnetic/VLF-EM Surveys-Workshop Manual; Geological Survey of Canada, open file 3061, 82p.
- Shives, R.B.K., Charbonneau, B.W., Ford, K.L., 2000. The Detection of Potassic Alteration by Gamma-Ray Spectrometry- Recognition of alteration related to Mineralization. *Geophysics*, v.65(6), p.2001-2011.
- Uyanık, N.A., Akkurt, İ., Uyanık, O., 2010, A ground Radiometric Study of U, Th and K in Isparta(Turkey). *Annals of Geophysics*, 53, 25-30.
- Uyanık, N.A., Uyanık, O., Aydın, İ., Gür F., 2012, Natural Radioactivity of Bricks and Brick Material in the Salihli-Turgutlu area of Turkey. *Environmental Earth Science*, 68, 499-506.
- Yağmurlu, F., Savaşçın, Y., Ergun, M., 1997. Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism Within the Evolution of the Isparta Angle, SW Turkey. *Journal of Geology*, 15, pp. 717-728.
- Wilford, J. R., Bierwirth, P. N., Craig, M. A., 1997, Application of Airborne Gamma Ray Spectrometry in Soil/Regolith Mapping and Applied Geomorphology: AGSO J.Austral. Geol. Geophys., 17, 201-216.