

Ünlüpnar, Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Epitermal Pb-Zn±Au Cevherleşmesinin Gamma Ray Spektrometre Ölçümleri ile İncelenmesi

Nafiz MADEN*, Nezaket KAHVECİ,
Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 10.06.2016

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 27.07.2016

Kabul tarihi/Accepted 28.07.2016

Öz

Bu çalışmada Kelkit-Ünlüpnar Eylence Yayla yöresinde 320 noktada Potasyum (K), Uranyum (eU), Toryum (eTh) ve toplam doz oranı değerleri gamma ray spektrometresi ile ölçülmüştür. Potasyum (K), Uranyum (eU), Toryum (eTh) ve toplam Doz oranı haritaları ile bunlara ait hesaplanan oran haritaları çizilmiştir. Bu oran haritaları değerlendirildiğinde yüksek genlikli anomalilerin alterasyona bağlı potasyum (K) zenginleşmesi gösteren kırık zon boyunca yerleştiği görülmüştür. K/eTh, K/eU ve F- parametre haritalarında görülen yüksek genlikli anomaliler hidrotermal çözeltilerin yüzeye cevher taşıdığı alterasyon zonlarına karşılık geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda hızlı ve ekonomik bir yöntem olan gamma ray spektrometresi ölçümleri ile alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesi gösteren cevher yataklarının çok kolay bir şekilde belirlenebildiği görülmüştür. Ayrıca Efimov F-parametre haritasındaki yüksek genlikli alanlar potansiyel cevher sahalarını göstermekte olup sondaj noktaları olarak kullanılması mümkündür.

Anahtar kelimeler: Altın Mineralizasyonu, Doğu Pontidler, Gamma Ray Spektrometre, Potasyum Zenginleşmesi

Investigation of the Ünlüpnar, Eylence Yayla (Kelkit-Gümüşhane) Epithermal Pb-Zn±Au Mineralization with Gamma Ray Spectrometer Measurements

Abstract

In this study, the values of Potassium (K40), Uranium (eU), Thorium (eTh) and total dose rates in 320 stations were acquired through a high-sensitivity gamma-ray spectrometer. The maps of the Potassium (K40), Uranium (eU), Thorium (eTh) and total dose rates with theirs computed ratio maps are plotted. It is seen that the high magnitude of the anomalies are located through the fault lines related to the enrichment of K by evaluating these ratio maps. High K/eTh, K/eU and Efimov F-Parameter (KeU/eTh) anomalies point out the alteration zones with transmitting hydrothermal ore solutions. It is seen that the ore zones associated with the alteration could be determined with the gamma ray spectrometry, which is fast and economics method. Also, the high amplitude areas in the Efimov F-Parameter map demonstrate the potential ore zones and might be the mine drilling points.

Keywords: Gold Mineralization, Eastern Pontides, Gamma Ray Spectrometry, Potassium Enrichment

* Nafiz MADEN, nmaden@gumushane.edu.tr, Tel.:(0456) 233 74 25

1. Giriş

Gamma ray spektrometre yöntemi jeolojik haritalamada (Anderson ve Nash, 1997; Graham ve Bonham-carter, 1993; Jaques vd, 1997; Charbonneau vd, 1997), maden araştırmalarında (Grasty ve Shives, 1997; Lo ve Pitcher, 1996; Aydın, 2005; El-Sadek, 2009; Abd El Nabi, 2013) ve çevresel radyasyon seviyesinin izlenmesi çalışmalarında (Lahti vd., 2001; Ford vd., 2000; Sanderson vd., 1995) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, belirli enerji aralığındaki (0-3 MeV) yeryüzü kaynaklı gamma radyasyonunu ölçülmesi esasına dayanır. Gamma radyasyonunun kaynağı yer kabuğunda doğal olarak bulunan uranyum, toryum, potasyum ve rubidyum gibi elementlerdir. Bu elementleri içeren mineraller ve kayalar da radyoaktivite özelliğine sahiptirler. Radyometrik yöntemin en büyük dezavantajı gamma ışınlarının 1 metre kalınlığında toprak tabakasından geçmemesi ve 1 metrenin altının araştırılmamasıdır (Wallin, 1984).

Türkiye’de ilk radyometrik etütler, uranyum aramalarına dönük olarak Geiger-Müller cihazları ile 1956-1957 yıllarında MTA tarafından başlatılmıştır. 1960-1961 yıllarında Canadian Aero Service isimli bir Kanada şirketi Türkiye’de havadan yaptığı etütlerde uçakta manyetometrelerin yanı sıra bir de sintilometre kullanmıştır. Daha sonra MTA 1973-1975 yıllarında Afyonkarahisar, Salihli ve Yalova; 1983 yılında Yozgat ve Bayburt yörelerinde havadan radyometrik etütler yapmıştır (Wallin, 1984). Türkiye’de gamma ışın spektrometresi ile Yozgat-Şefaati ve Nevşehir-Bekdik sahaları bulunmuştur (Aydın, 1990). Türkiye’de Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören yöresindeki toryum yatağı 380.000 ton rezervle dünyanın en büyük toryum yatağı 1959 yılında havadan radyometrik etütler sonucu tespit edilmiştir (Kaplan, 1977).

Shives vd. (2000) polimetallik volkanik massif sülfidlerle (VMS), magmatik hidrotermal depozitlerle (Au-Co-Cu-Bi-W-As), ve porfiri Cu-Au-(Mo) depozitleri ile ilişkili potasyum

alterasyonlarını belirlemek ve haritalamak amacıyla gama ray spektrometre yöntemini kullanmıştır. Bu araştırmacılar potasyum zenginleşmesi görülen bu sahaların düşük eTh/K oranı sergilediklerini ortaya koymuşlardır.

Bakır, kurşun ve çinko gibi metalik mineral aramalarında gamma ışın spektrometre etütlerinden dolayı olarak yararlanılmaktadır. Bu mineralleri bulduran ve bilinen jeolojik birimlerin içerdiği potasyum, uranyum ve toryum oranları bir anahtar veya bir ipucu gibi kullanılabilir. Moxham vd. (1965) bakır, kurşun ve çinko mineralizasyonu bulunan alterasyon zonlarındaki potasyum içeriğinin, normal alterasyon zonlarına göre iki kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Nevşehir-Genezin civarındaki uranyumca zengin zonlarda bakır mineralizasyonuna rastlanmaktadır (Aydın, 1994).

Gross (1952) Kanada’da yaptığı araştırmalarda, radyoaktivitesi yüksek intrüziflere ve bunların civarındaki yine radyoaktivitesi yüksek zonlarda altın içeriğinin arttığına işaret etmiştir. Mısır’ın Doğu Çölündeki Um Salim Altın madeni üzerinde havadan manyetik ve radyometrik araştırma yapan El-Sadek (2009) altın mineralizasyonunun düşük eU/eTh, eU/K ve eTh/K değerleri gösterdiğini tespit etmiştir. Gana’nın güneydoğusundaki Ashanti Altın kuşağında gerçekleştirilen gama ray spektrometre ölçümleri sonucunda potasyum zenginleşmesinin Efimov F-parametere ($K \times U/Th$), K, K/eTh, and K/eU oranı haritalarında yüksek genlikli anomalilerle ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Abd El Nabi, 2013).

Maden ve Akaryalı (2015) Arzular (Gümüşhane) yöresinde yaptıkları çalışmada dairesel şekilli yüksek eU, eTh and K (%) anomalilerinin hidrotermal alterasyon zonlarına karşılık geldiğini ortaya koymuşlardır. KD yönlü K/eU anomalilerinin hidrotermal alterasyona işaret ettiği tespit edilmiştir. Potasyum zenginleşmesi görülen alanlarda yüksek K/eTh oranları epitermal altın mineralizasyonu ile ilişkilidir. Yapılan

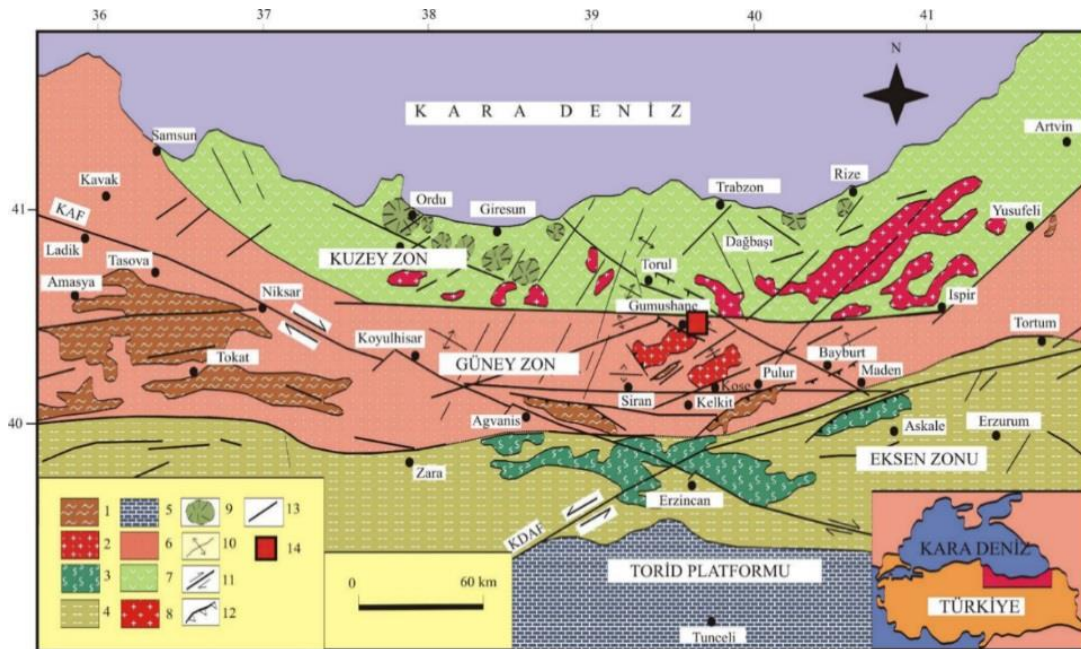
değerlendirmeler sonucunda altın mineralizasyon potassik alterasyonun en yoğun olduğu yerlerde olduğu sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde sonuçlara yine Gümüşhane civarındaki Kaletaş, Çitdüzü-Zarfu (Yiğit, 2014; Yiğit ve Maden, 2016) gibi değişik altın sahalarında da ulaşılmıştır.

Gümüşhane kurşun, çinko ve bakır ve bunların yanı sıra altın ve gümüş gibi değerli metaller açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Bu bölgenin jeolojisi, tektoniği ile ekonomik maden yataklarını (masif sülfür, porfiri bakır, skarn ve epitermal damar tipi Cu, Pb, Zn, Au ve Ag) içeren çok sayıda çalışma yapılmıştır (Adamia, vd., 1977; Aslaner, 1977; Pejatoviç, 1979; Leitch, 1981; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yalçınalp, 1992; Bektaş ve Güven, 1995; Lermi, 1996; Akçay vd., 1998; Tüysüz, 2000; Çiftçi, 2000; Lermi 2003; Eyüboğlu 2010, Akaryalı, 2010; Akaryalı ve Tüysüz 2013; Yiğit, 2014; Maden ve Akaryalı, 2015; Yiğit ve Maden, 2016). Gümüşhane ili Kelkit ilçesi sınırları içerisinde Ünlüpınar Beldesi Eylenceyayla yöresinde bulunan Pb-Zn±Au cevherleşmesi, Liyas yaşlı volkanotortul seri içinde bazaltik andezitlerle

ilişkilidir. Kırık zonlarında alterasyona bağlı cevherleşmelerin yoğunlaştığı bölgelerin tespit edilmesi için Radyometrik çalışma yapılması amaçlanmıştır.

2. Bölgenin Genel Jeolojisi

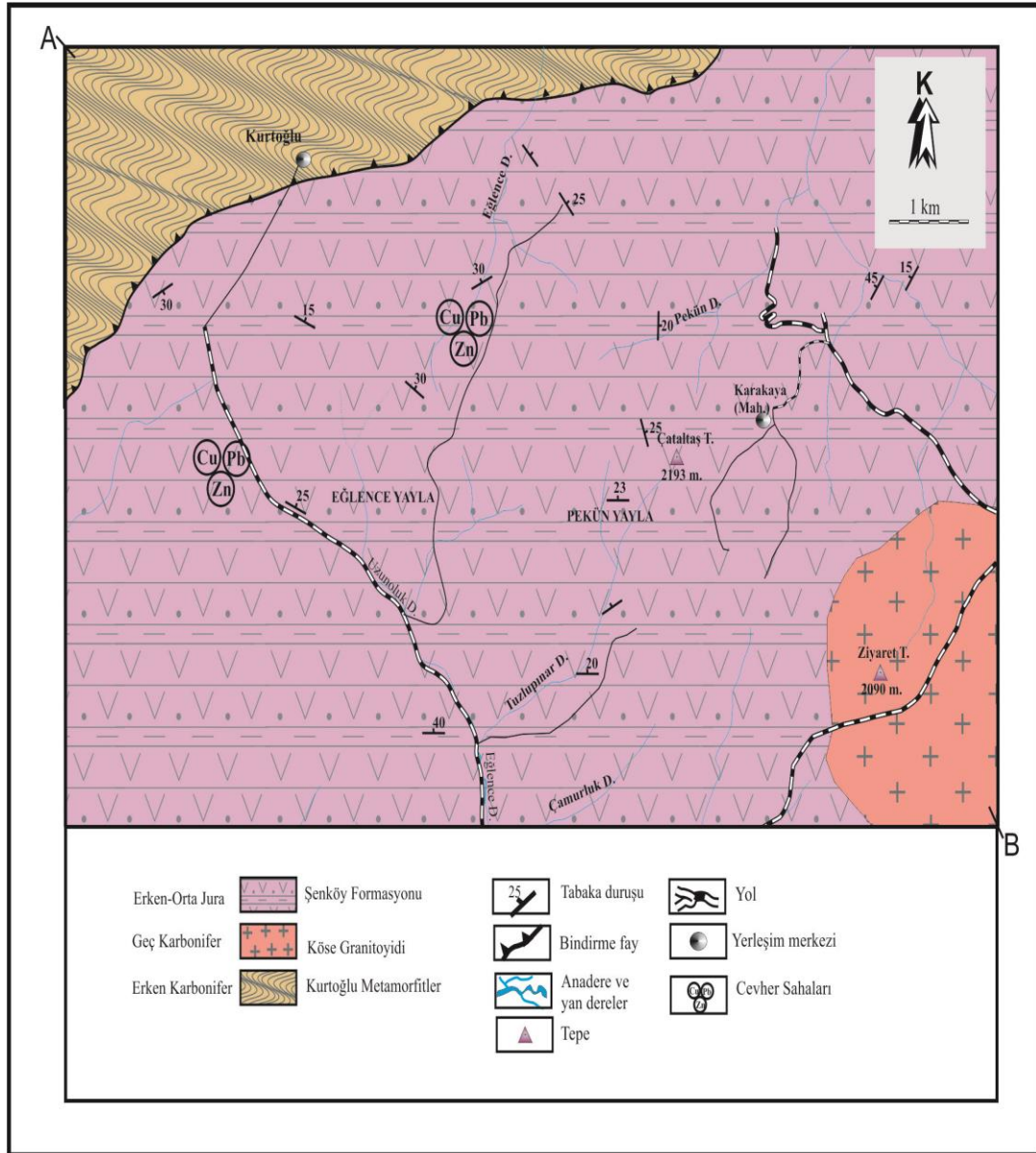
Çalışma konusunu oluşturan cevherleşme sahası Doğu Pontidlerin güney zonunda yer alan Gümüşhane ili, Kelkit ilçesi, Ünlüpınar Beldesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanının jeoloji haritası Şekil 2’de verilmiştir. İnceleme alanında en yaşlı birim Erken Karbonifer yaşlı Kurtoğlu Metamorfikleri (Yılmaz, 1972) Geç Karbonifer yaşlı Gümüşhane ve Köse Granitoidleri (Erguvanlı, 1952) tarafından kesilmektedir. Kurtoğlu Metamorfiklerine ait başlıca kayaç türleri; fillatlar, grafit şistler, mikaşist, amfibolit, kuvarsit, kuvar fillat ve gnayslardır. Güney zonda bu birimler Kelkit, Şiran-Zimon (Çevrepinar), Kurtoğlu, Kale, Köse, Demirözü, Yeniköy ve kuzeyinde yaygın olarak gözlenirler (Baykal, 1952; Çoğulu, 1970; Yılmaz, 1972; Açar, 1977; Eren, 1983; Topuz, 2000).



Şekil 1. Doğu Pontidler’in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri. (1) Paleozoyik metamorfik taban, (2) Paleozoyik granitleri, (3) Manto peridotitleri, (4) Genellikle Mesozoyik ve Senozoyik kayaçları, (5) Karbonatlar, (6) Başlıca Mesozoyik ve Senozoyik sedimanter kayaçları, (7) Geç Kretase ve Eosen yaşlı yay volkanikleri, (8) Eosen granitleri, (9) Kaldera veya dom, (10) Kıvrım eksenini, (11) Doğru atımlı fay, (12) Bindirme fayı, (13) Tanımlanmamış fay (14) Çalışma alanı (Eyüboğlu vd. 2006).

Kurtoğlu Metamorfikleri cevherleşmenin de içinde yer aldığı Erken-Orta Jura yaşlı volkano-sedimanter istif (Şenköy Formasyonu) ile uyumsuz olarak örtülür (Kandemir, 2004). Şenköy Formasyonu inceleme alanında andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşmaktadır. Genel olarak siyah, gri ve grimsi siyah renklerde ve yuvarlak iri bloklar halinde yer yer ise akmalar şeklinde görülen Şenköy

Formasyonu arazide kolayca tanınmaktadır. Bu formasyon içerisindeki volkanik kayalar (andezit, bazalt vb) ile bunların piroklastları yer yer kırıklı ve çatlaklı yapıda olup çatlaklar limonit ve kalsit dolguludur. İnce kesitlerde yapılan incelemede, Eylence Dere'nin kuzeybatısındaki Şenköy Formasyonu'na ait andezitlerin içerisinde Mikrolitik porfirik ve glomeraporfirik doku gözlenmektedir (Akbulut, 2014; Akbulut vd, 2015).



Şekil 2. Çalışma alanını kapsayan bölgenin 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası (Akbulut, 2014).

3. Yöntem ve Veri Toplama

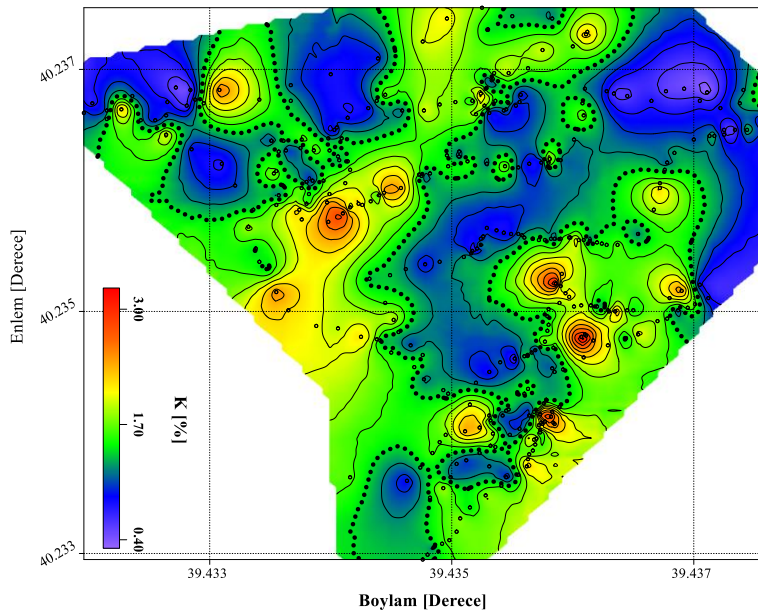
Gamma Ray spektrometre yöntemi doğal olarak yer kabuğunda bulunan radyoelementlerin (K, eU, and eTh) yüzeysel dağılımının doğrudan belirlenmesinde oldukça hızlı ve ekonomiktir. Bu çalışmada, Kelkit-Ünlüpınar, Eylence Yayla yöresindeki gözlenen alterasyona bağlı cevherleşmeleri belirlemek ve bunlara bağlı radyometrik sinyalleri anlamak amacıyla 320 noktada yüksek duyarlıklı 512 kanallı, 4 pencereci gamma ray spektrometre cihazı (NaI "TI" kristalli) ile ölçümler yapılmıştır. Ölçüm noktaları jeolojik ve tektonik yapıya göre tespit edilmiştir. Ölçüm alınırken arazide 2π geometri sağlanması amacıyla detektör doğrudan kayalık üzerine düz bir şekilde yerleştirilmiştir. (IAEA, 2003).

Ölçümlerin yapılması amacıyla gama ışını sayımları K, U, ve Th radyoizotoplarına karşılık gelen 1.46, 1.76 ve 2.62 MeV olmak üzere üç farklı kanaldan yapılmıştır. Ölçümlerde ^{238}U ve ^{232}Th aktiviteleri sırasıyla ^{214}Bi ve ^{208}Tl izotoplarından, ^{40}K aktivitesi ise doğrudan 1.460 MeV emisyon değerinden belirlenmiştir. Ölçüm süresi ortamdaki radyasyon yoğunluğu ve ölçümlerin doğruluğuna göre en az 60 sn olarak ayarlanmalıdır. Daha kısa ölçüm süreleri ulaşılan sonuçların kararlılığının

azalmasına sebep olacaktır (IAEA, 2003). Bu ölçümler sonucunda K, eU, eTh konsantrasyon haritaları ile K/eU, K/eTh, eU/eTh, eTh/eU oran haritaları ve Efimov F-parametre haritası hesaplanmıştır. Oluşturulan haritalar üzerindeki anomalilerin değerlendirilerek çalışma alanındaki cevherleşmeye yönelik yorumlar yapılmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

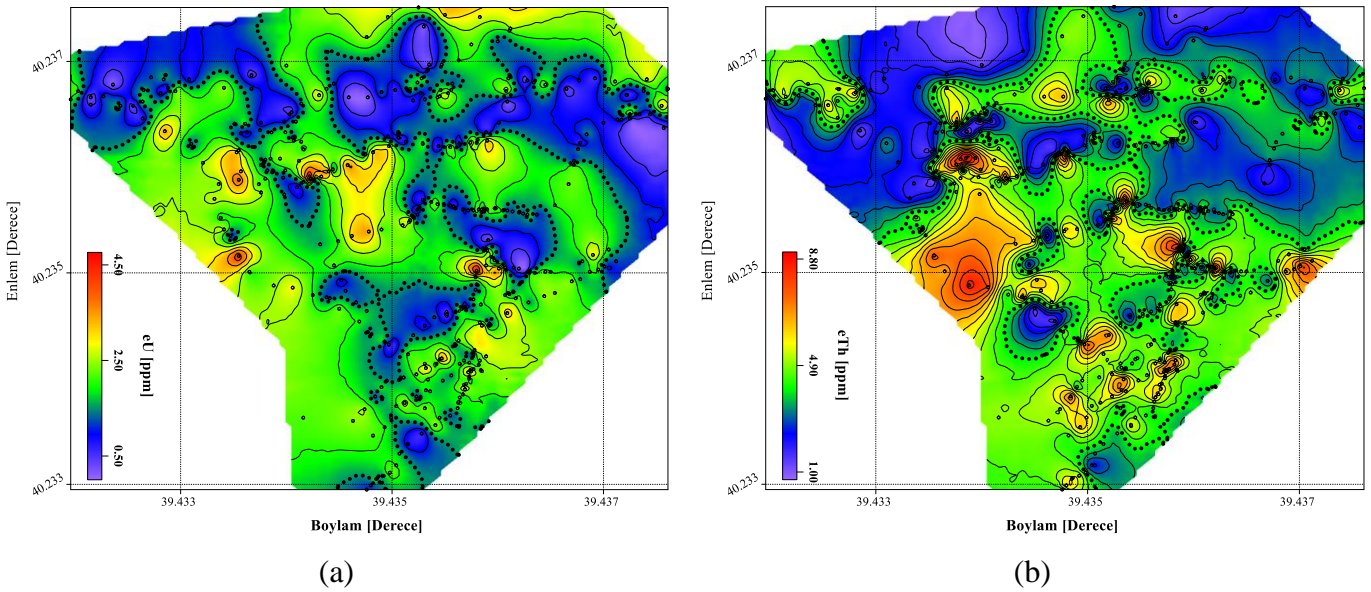
Araziden elde edilen radyospektrometrik verilerden (K, eU, eTh ve Doğal Doz Oranı) hazırlanan haritalar bölgenin jeolojik ve tektonik yapısı göz önünde bulundurularak cevherleşmeye yönelik olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken radyospektrometrik verilere ait oran (K/eTh, K/eU, eTh/eU, eU,eTh) haritaları da kullanılmıştır. Eylence Yayla yöresine ait potasyum (K) konsantrasyon haritasında (Şekil 3) K değerlerinin 0.3-3.24 % arasında değiştiği görülmektedir. Bu konsantrasyon haritasında anomaliler KD-GB doğrultulu olarak 3 farklı kapanım şeklinde izlenmektedir. Anomali kapanımlarının olduğu alanlarda alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesinin gözlemlendiğini söylemek mümkündür. Bu durum cevherleşme ve K alterasyonu arasında pozitif bir ilişki olduğunun açık göstergesidir.



Şekil 3. Kelkit-Ünlüpınar, Eylence yayla yöresine ait K40 (%) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı %0.2'dir.

Çalışma alanına ait eU (ppm) konsantrasyon haritası Şekil 4a'da verilmiştir. eU (ppm) konsantrasyon haritasında eşdeğer U değerlerinin 0-4.8 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Kelkit-Ünlüpınar, Eylence Yaylasına ait eşdeğer toryum konsantrasyon haritası ise Şekil 4b'de verilmiştir. Şekil 4b'de verilen eTh konsantrasyon haritasında eTh değerlerinin 0.7-9.1 ppm arasında değiştiği ve bir çok anomali kapanımından oluştuğu net bir şekilde izlenmektedir. Kelkit-Ünlüpınar,

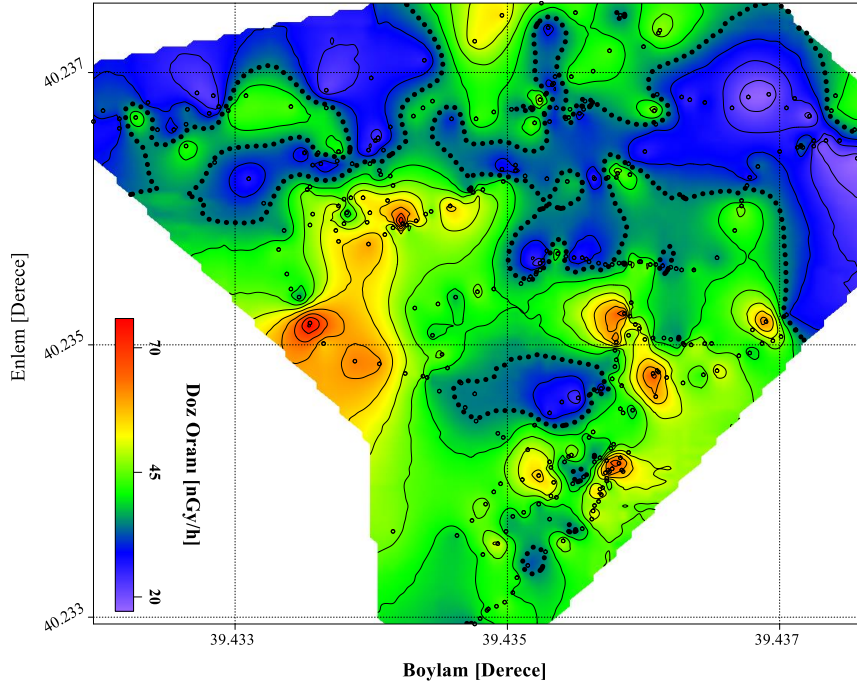
Eylence Yaylasına ait çevresel radyasyon değerlerini gösteren doz oranı haritası Şekil 5'de verilmiştir. Doz oranı haritasındaki değerlerin KD-GB yönlü olarak 17.1 nGy/h ile 75.9 nGy/h arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek değerlere sahip doz oranı anomalileri daha çok uzun dalga boyludurlar. En yüksek eU, eTh ve doz oranı değerlerinin alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesi görülen kırık zonuna paralel olarak yerleştiği ve KB-GD yönlü olarak uzanım gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Kelkit-Ünlüpınar, Eylence yayla yöresine ait eU (ppm) (a) ve eTh (ppm) (b) konsantrasyon değerleri anomali haritası. Kontur aralığı eU ve eTh için 0.5 ppm'dir.

Radyospektrometrik verilere ait oran haritalarına oluşturularak yapılan değerlendirmeler sonucunda genel jeoloji haritasında (Şekil 2) görülen cevherleşme zonu ile anomaliler arasındaki uyum açıkça izlenmektedir. Çalışma alanına ait K/eTh (%/ppm) oran haritası (Şekil 6a) incelendiğinde 9 adet kısa dalga boylu, daire şekilli anomali izlenmektedir. En yüksek K/eTh değeri 7.6 %/ppm olarak hesaplanmıştır. Yüksek genlikli bu anomalilerin haritanın kuzeyinde D-B yönlü olarak uzandığı gözlenmektedir. İnceleme alanına ait uranyuma göre potasyum zenginleşmesini ifade eden K/eU (%/ppm)

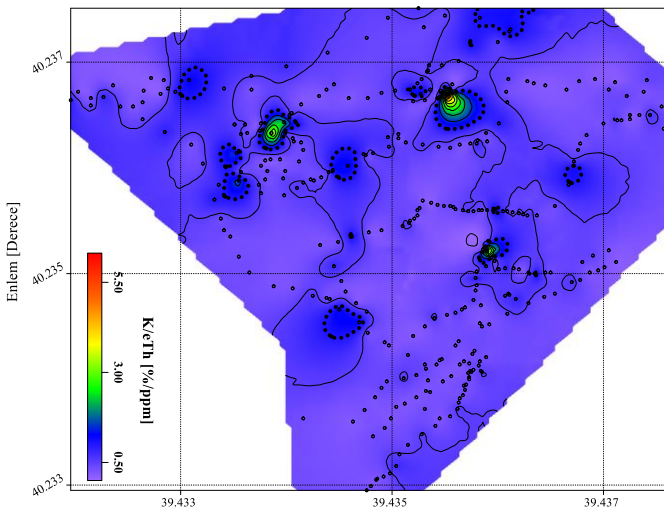
oran haritası (Şekil 6b) verilmektedir. K/eU oran haritasında anomalilerin genel jeoloji haritasında (Şekil 2) görülen kırık zonuna paralel olarak uzandığı görülmektedir. Yüksek genlikli anomaliler haritanın kuzeyinde yerleşmişlerdir. En yüksek anomali değeri 204 %/ppm olarak hesap edilmiştir. Cevherleşme sahasında potasyum zenginleşmesini ifade eden K/eTh ve K/eU oran haritalarında belirlenen yüksek genlikli KB-GD yönlü anomalilerin hidrotermal çözeltilerle yüzeye cevher taşıyan ve alterasyona sebep olan aynı zamanda genel jeoloji haritasında görülen kırık zonuna paralel olarak yerleştiği görülmektedir.



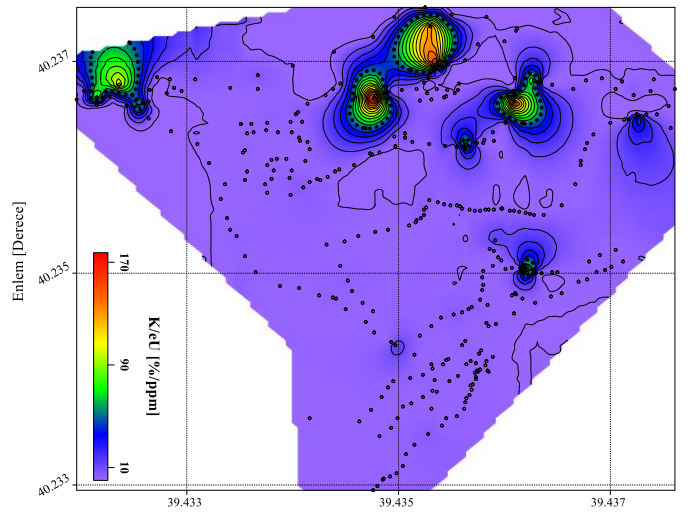
Şekil 5. Kelkit-Ünlüpinar, Eylence yayla yöresine ait Doserate (nGy/h) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı 5 nGy/h'dir.

Kelkit-Ünlüpinar, Eylence Yaylasına ait eTh/eU oranı haritasında KD-GB yönlü yedi farklı anomali kapanımları görülmektedir (Şekil 7a). En kuzeyde yerleşen anomaliler daha uzun dalga boyuna sahip iken haritanın güney doğusunda yerleşen anomaliler nispeten daha kısa dalga boyludur. eTh/eU değerlerinin 0-895 arasında değiştiği görülmektedir.

Çalışma alanına ait eU/eTh oran haritasında ise 6 adet kısa dalga boylu anomali bölgesi izlenmektedir (Şekil 7b). En yüksek anomali kapanımı haritanın yaklaşık sağ üst köşesine yerleşmiştir. Gözlenen bu anomalilerin tektonik yapıya uygun olarak KD-GB doğrultusunda uzanmakta olup en yüksek eU/eTh değeri 26 olarak hesaplanmıştır.



(a)

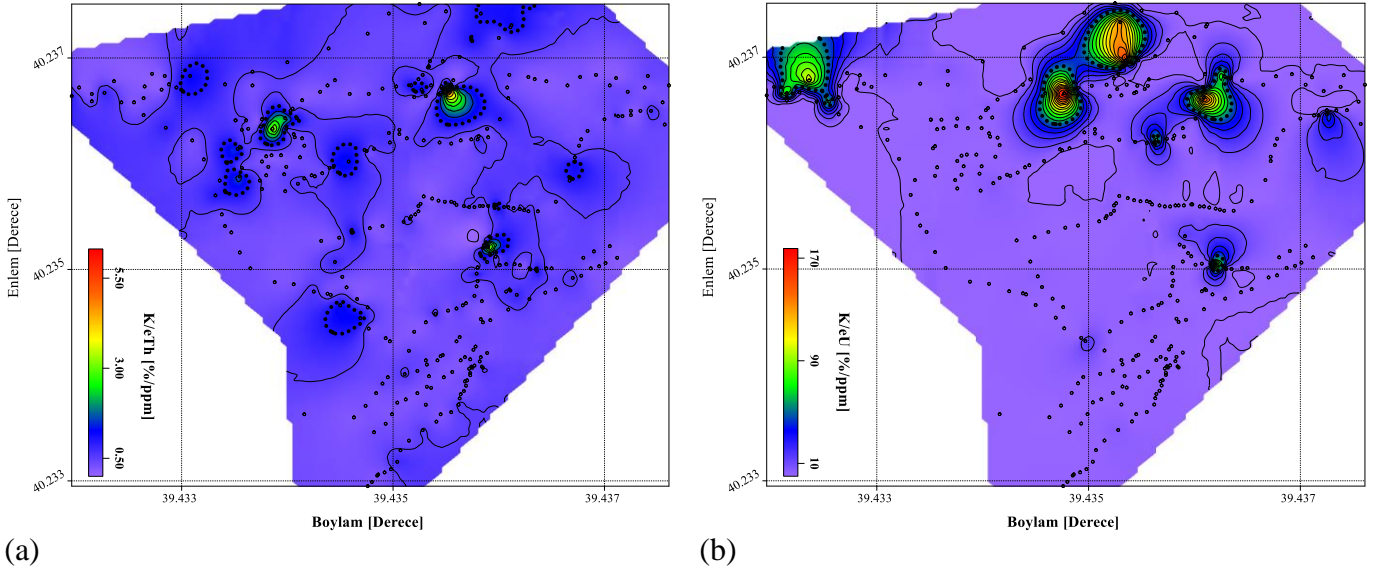


(b)

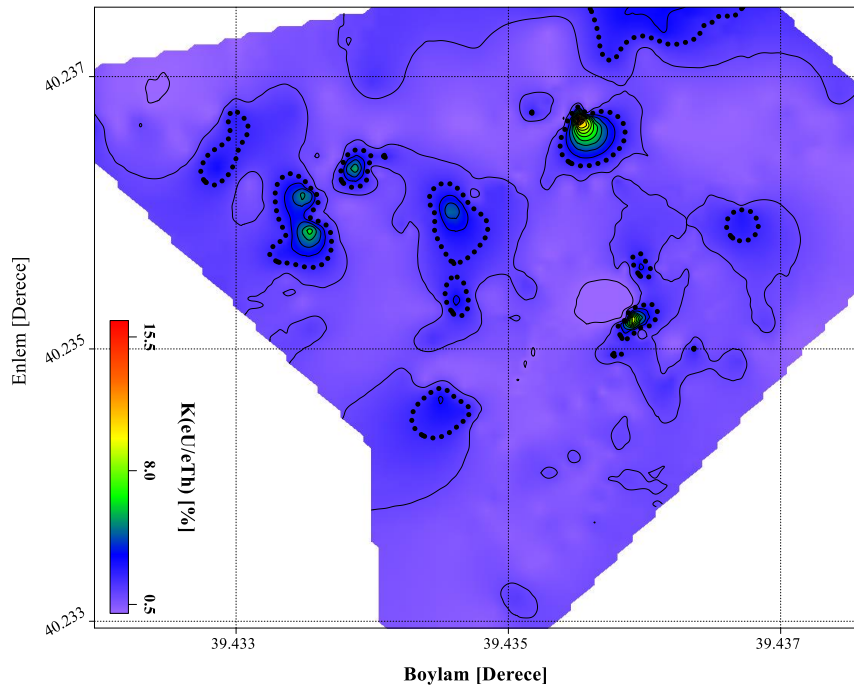
Şekil 6. Kelkit-Ünlüpinar, Eylence yayla yöresine ait K/eTh (%/ppm) (a) ve K/eU (%/ppm) (b) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı K/eTh için 0.5 %/ppm ve K/eU için 10 %/ppm'dir.

Kelkit-Ünlüpnar, Eylence Yaylasına ait Efimov tarafından önerilen F-parametre ($K \times U/Th$) haritası Şekil 8’de verilmiştir. Efimov F parametre haritasında anomalilerinin KB-GD doğrultulu olarak uzandığı ve kısa dalga boylu yüksek genlikli 10 farklı anomali kapanımından oluştuğu görülmektedir. Bu 10 farklı kapanımdan oluşan anomaliler en zengin potasyum zenginleşmesi ve hidrotermal çözeltilerle

gelen cevherleşmelerin yerlerini göstermektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda hidrotermal çözeltiler ile gelen cevherleşme zonlarının bölgenin tektonik yapısını kontrol eden kırık zonu boyunca yerleştiği görülmektedir. Cevher içeren zonların alterasyona uğraması nedeniyle K yönünden zenginleştiği açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 7. Kelkit-Ünlüpnar, Eylence yayla yöresine ait eTh/eU (a) ve eU/eTh (b) değerleri anomali haritası. Kontur aralığı eTh/eU ve eU/eTh için sırasıyla 50 ve 2’dir.



Şekil 8. Kelkit-Ünlüpnar, Eylence yöresine ait Efimov F-parametre $K(eU/eTh)$ (%) anomali haritası. Kontur aralığı %1’dir.

5. Sonuçlar

Kelkit-Ünlüpinar, Eylence Yayla cevherleşme sahasında yapılan Gamma ray Spektrometre ölçümleri sonucunda elde edilen K, eU, eTh ve Doğal Doz Oranı ile bunlara ait oran haritaları birlikte değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Gamma ray spektrometre yöntemi alterasyona bağlı potasyum zenginleşmesini belirlemek için hızlı ve kolay uygulanabilen bir yöntemdir.
2. En yüksek Uranyum (eU), Toryum (eTh) ve Potasyum (K) anomalileri hidrotermal alterasyon zonlarını göstermektedir.
3. Yüksek genlikli K/eTh ve K/eU anomalileri epitermal altın cevherleşmesi ile ilişkili Potasyum zenginleşmesini göstermektedir.
4. Efimov F-parametre haritası hidrotermal çözeltilerle yüzeye ulaşan Potasyum zenginleşmesi ile doğrudan ilişkilidir.
5. Tüm konsantrasyon ve oran haritalarında elde edilen anomalilerin yönü Doğu Pontidler'in oluşumunda etkili olan kırık sistemlerine paralellik göstermektedir.
6. Bu kırık sistemleri bölgemizdeki altın yataklarının oluşumunda etkili olmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma ikinci yazarın lisans tezinden oluşturulmuştur. Yazarlar, söz konusu çalışmanın Jeolojik verilerinin temininde yardımlarını esirgemeyen Dr. Enver AKARYALI'ya, Jeoloji Yüksek Mühendisi Kübra AKBULUT'a; arazi çalışmaları sırasında verilerin toplanmasında yardımları nedeniyle Jeofizik Mühendisleri Kadriye KÜLCÜ, Ceylan ÖZDEMİR, Ayhan BULŞU, Halil Tolga TAŞCI, Burak YILDIZ, Yılmaz YİĞİT, Seher GÖZSÜZ, Ozan ÇİMEN ve Burak KANTAR'a; çalışmanın bilimsel yönden kalitesinin artırılmasında katkıları

olan Anonim hakemlere ve derginin Editörü Dr. Serhat DAĞ'a teşekkür ederler.

6. Kaynaklar

- Abd El Nabi, S.H., 2013. Role of γ -ray spectrometry in detecting potassic alteration associated with Um Ba'anib granitic gneiss and metasediments, G. Meatiq area, Central Eastern Desert, Egypt, Arab J Geosci 6, 1249-1261.
- Adamia, S., Lordkitanidze, M.B. ve Zakariadze, G.S., 1977. Evaluation of an Active Continental Margine as Exemplified by the Alpine History of Caucasus, Tectonophysics, 40, 183-189.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt ve Köse) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akaryalı, E., 2010. Arzular (Gümüşhane KDTürkiye) Altın Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensel İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akaryalı, E., Tüysüz, N., 2013. The genesis of the slab window-related Arzular low-sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Turkey). Geoscience Frontiers, 4-4, 409-421.
- Akbulut, K., 2014. Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) Eylence yayla Pb-Zn-Cu±Au Cevherleşmesinin Jeolojik, Minerolojik ve Kökensel İncelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane, 73s.
- Akbulut, K., Akaryalı, E., Akpınar, İ., ve Aydınçakır, E., 2015. Ünlüpinar (Kelkit- Gümüşhane) Pb-Zn±Au

Cevherleşmesinin Jeolojik, Jeokimyasal ve Kökensel Olarak İncelenmesi, GÜFBED 5, 34-49.

Akçay, M., Gündüz, Ö. ve Çoban, H., 1998. A Multi-phase Intrusion around the Gümüşhane Village (Artvin) and Associated Mineralization Types: A Geologic and Geochemical Approach, Geosound, 33, 1-18.

Anderson, H., Nash, C., 1997. Integrated lithostructural mapping of the Rossing area, Namibia using high resolution aeromagnetic, radiometric, Landsat data and aerial photographs. Exploration Geophysics, 28, 185-191.

Aslaner, M., 1977. Türkiye Bakır-kurşun-çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel Sınıflamasıyla Plaka Tektoniği Yönünden İncelenmesi, KTÜ Yerbilimleri Fakültesi, Yayın No: 12, Trabzon.

Aydın, İ., 1990. Orta Anadolu Uranyum Aramaları Havadan Gamma Ray Spektrometre Etüdü Raporu. MTA Derleme no.9146, Ankara.

Aydın, İ., 1994. Çorlu Yöresinde Manyetik Yöntem ve Gamma Işın Spektrometresi ile Petrol ve Doğal Gaz Aramaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Aydın, İ., 2005. Jeofizikte Radyometrik Yöntem ve Gamma Işın Spektrometrisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No:49, Isparta.

Baykal, F., 1952. Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar, MTA Raporu No: 2205, Ankara.

Bektaş, O. ve Güven, İ.H., 1995. Alaskan Aphinitic Type Ultramafic and Mafic Complexes as the Root Zone of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE 48 Turkey), Geology of

the Black Sea Region, 189-196. Ankara.

Charbonneau, B.W., Holman, P.B., Hetu, R.J., 1997. Airborne gamma spectrometer magnetic-VLF survey of northeastern Alberta. In Exploring for minerals in Alberta: Geological Survey of Canada Geoscience contributions, edited by MacQueen, Canada-Alberta agreement on mineral development. Geological Survey of Canada Bulletin 500, 107-132.

Çiftçi, E., 2000. Mineralogy, Paragenetic Sequence, Geochemistry and Genesis of the Gold and Silver Bearing Upper Cretaceous Mineral Deposits, North eastern Turkey, Ph. D Thesis, University of Missouri-Rolla, Missouri.

Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü, Doçentlik Tezi, İ.Ü Maden Mühendisliği, 186s. İstanbul.

El-Sadek, M.A., 2009. Radiospectrometric and magnetic signatures of a gold mine in Egypt, Journal of Applied Geophysics 67, 34-43

Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Erguvanlı, K., 1952. Trabzon-Gümüşhane Arasının Jeolojisi, MTA, Ankara.

Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Şeren, A., Maden, N., Jacoby, W.R., Özer, R., 2006. Threedirectional extensional deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey). Geol. Carpath. 57, 337-346.

- Eyüboğlu, Y., 2010. Late Cretaceous High-K Volcanism in the Eastern Pontide Orogenic Belt: Implications for the Geodynamic Evolution of NE Turkey, *International Geology Review*, 52, 142-186.
- Ford, K.L., Savard, M., Dessau, J.-C., Pellerin, E., Charbonneau, B.W., Shives, R.B.K., 2000. The role of gamma ray spectrometry in radon risk evaluation: A case history from Oka, Quebec. *GeoCanada 2000 Abstracts CD-ROM*.
- Graham, D.F., Bonham-Carter, G.F., 1993. Airborne radiometric data: a tool for reconnaissance geological mapping using a GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58 (8), 1243-1249.
- Grasty, R.L., Shives, R.B.K., 1997. Applications of gamma ray spectrometry to mineral exploration and geological mapping, Workshop presented at Exploration 97: Fourth Decennial Conference on Mineral Exploration.
- Gross, W.H., 1952. Radioactivity as a guide to ore. *Economic Geology*, 47.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), 2003. Guidelines for radioelement mapping using gamma-ray spectrometry data. IAEA-TECDOC-1363.
- Jaques, A.L., Wellman, P., Whitaker, A., Wyborn, D., 1997. High resolution geophysics in modern geological mapping. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*, 17(2), 159-174.
- Kahveci, N., 2014. Kelkit-Ünlüpınar, Eylence yayla cevherleşme sahasının gamma ray spektrometre ölçümleri ile incelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane ve Yakın Yörelerindeki Erken-Orta Jura Yaşlı Şenköy Formasyonu'nun Çökel Özellikleri ve Birikim Koşulları, Doktora Tezi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kaplan, H., 1976. Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi "Nadir Toprak Elementleri-Toryum Kompleks Yatağı" üzerine 1975 Yılında Yapılmış Çalışmalar Hakkında Ara Rapor. MTA Rad. Min. Serv. Rapor no. 464, Ankara, (yayınlanmamış).
- Lahti, M., Jones, D.G., Multala, J., Rainey, M.P., 2001. Environmental applications of airborne radiometric surveys. Expanded Abstracts, 63rd Annual Conference, European Association of Geoscientists and Engineers.
- Leitch, C.H.B., 1981. Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılcaören Massive Sulfide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores, *Min. Deposita*, 16, 241-257.
- Lermi, A., 1996. Kanköy (Yomra-Trabzon) Cevherinde Toprak-Bitki Jeokimyasının uygulanması ve İndikatör Bitki Türü Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa / Gümüşhane, KD Türkiye) Zn-Pb Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Jeokimyasal ve Kökensele İncelemesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lo, B.H., Pitcher, D.H., 1996. A case history on the use of regional aeromagnetic

- and radiometric data sets for lode gold exploration in Ghana. Annual Meeting Expanded Abstracts, Society of Exploration Geophysicists, 592-595.
- Maden, N., Akaryalı, E., 2015. Gamma ray spectrometry for recognition of hydrothermal alteration zones related to a low sulfidation epithermal gold mineralization (Eastern Pontides, NE Türkiye), *Journal of Applied Geophysics* 122, 74-85.
- Moxham, R.M., Foote, R.S., and Bunker, C.M., 1965. Gamma-ray spectrometer studies of hydrothermally altered rocks, *Economic Geology* 60, 653-671.
- Pejatoviç, S., 1979. Pontid Tipi Masif Yataklarının Metalojenisi, MTA Yayın No: 177. Ankara.
- Sanderson, D.C.W., Allyson, J.D., Tyler, A.N., Scott, E.M., 1995. Environmental applications of airborne gamma ray spectrometry," *Application of Uranium Exploration Data and Techniques in Environmental Studies*, IAEA-TECDOC-827, IAEA, Vienna, 71-79.
- Shives, R.B.K., Charbonneau, B.W., ve Ford, K.L., 2000. The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry—Recognition of alteration related to mineralization, *Geophysics*, 65(6), 2001-2011.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithochemochemistry and Genesis of the Murgul Massive Sulfide Deposit, NE Turkey, *Chem. Erde*, 60, 231-250.
- Topuz, G., 2000. Tur petrologie dermetamorphen Gesteinedes Pulur-Massivs, N. E-Turkey, Unpublizierte Dissertation, Universitat Heidelberg, 276 s.
- Wallin, B., 1984. A Pilot Airborne Gamma Ray Survey in Yozgat and Bayburt Areas, Anatolia, Turkey. Riso National Laboratory, DK-4000, Roskilde, Denmark.
- Yalçınalp, B., 1992. Güzelyayla (Maçka-Trabzon) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yılmaz, Y., 1972. Gümüşhane Granitinin Yerleşmesi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Bildiriler Kitabı, 485-490.
- Yiğit, Y., 2014. Canca ve Kaletaş cevherleşme sahalarının gamma Ray Spektrometresi ile incelenmesi, Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa bilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, (Yayınlanmamış).
- Yiğit, Y., ve Maden, N., 2016. Gamma Ray Spektrometre Ölçümlerinin Au+Ag Cevherleşme Sahalarına Uygulanması: Çitdüzü-Zarfu Yöresi (Gümüşhane) Örneği, *Jeofizik Bülteni*, Vol. 76-77, 44-50.