

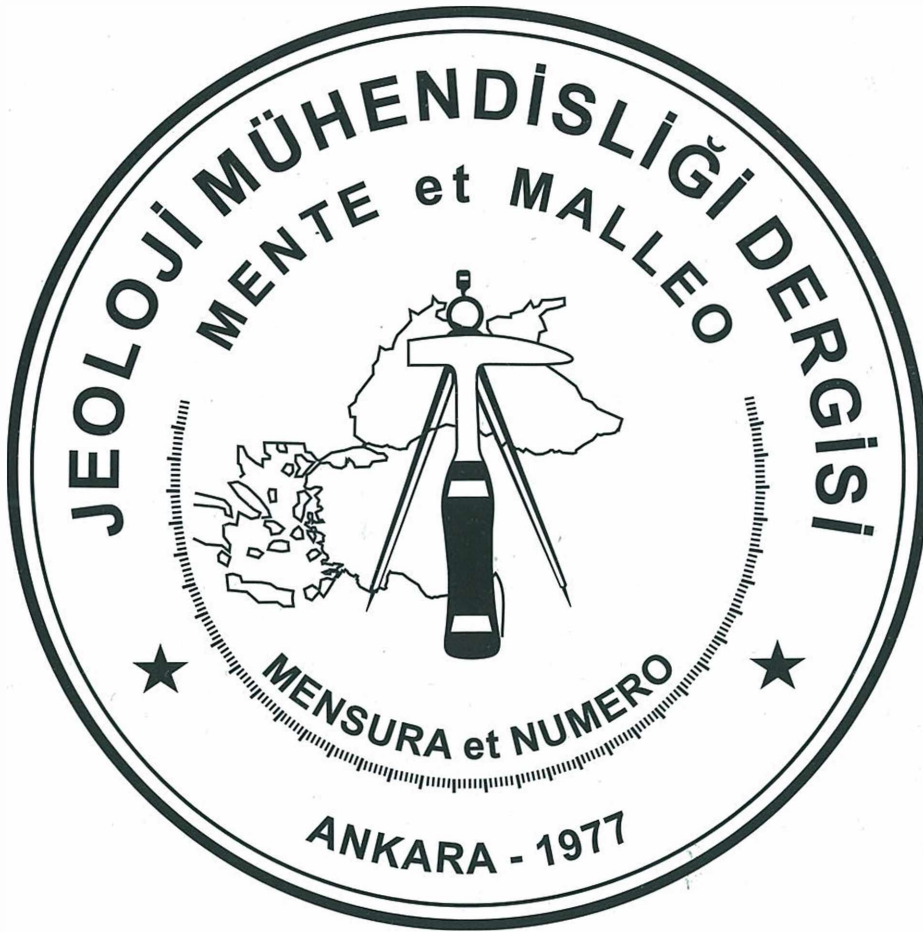
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Geological Engineering Journal

Cilt - Volume 34

ISSN 1016 - 9172

Sayı - Number 1 - 2010



TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
TMMOB

TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

Editörler /Editors

Abidin TEMEL
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe - Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: atemel@hacettepe.edu.tr

Mehmet ŞENER
Niğde Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
51200 Niğde
Tel: 0388 225 22 61
E-Posta: msener@nigde.edu.tr

Yurdal GENÇ
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe-Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: ygenç@hacettepe.edu.tr

Yardımcı Editörler/Assistant Editors

Hüseyin YILMAZ
Cumhuriyet Üniversitesi - Sivas

Sedat TÜRKMEN
Mersin Üniversitesi - Mersin

M. Şefik İMAMOĞLU
Dicle Üniversitesi

Yazışma Adresi
TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK 464 Yenışehir, 0644 Ankara
Tel: 0312 434 36 01
Fax: 0312 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr

Yayın Kurulu / Editorial Board

Kema AKDAG (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Musa ALPASLAN (Mersin Üniversitesi)
Fehmi ARIKAN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Eşref ATABEY (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)
Emel BAYHAN (Hacettepe Üniversitesi)
Berk BESBELLİ (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Muazzez ÇELİK KARAKAYA (Selçuk Üniversitesi)
Tandoğan ENGİN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Yavuz ERKAN (Hacettepe Üniversitesi)
Okay EROSKAY (Kültür Üniversitesi)
Candan GÖKÇEOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Ergun GÖKTEN (Ankara Üniversitesi)
Fikret KAÇAROĞLU (Cumhuriyet Üniversitesi)
Erçin KASAPOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Mustafa KORKONÇ (Niğde Üniversitesi)
Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)
Mahmut MUTLUTÜRK (Süleyman Demirel Üniversitesi)
Eran NAKOMAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Üniversitesi)
Sönmez SAYILI (Ankara Üniversitesi)
Şakir ŞİMŞEK (Hacettepe Üniversitesi)
Asuman TÜRKMEÑOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Necati TÜYSÜZ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Reşat ULUSAY (Hacettepe Üniversitesi)
Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Yayına Hazırlık ve Baskı
Kuloğlu Matbaacılık 0(312) 431 13 35

Jeoloji Mühendisliği Dergisi Makale ve Dizin Özleri
ULAKBİM GeoREF ve Geobase/Geo Abstracts Uluslararası
Indexler tarafından taranmaktadır.
*The Geological Engineering Journal is indexed and abstracted
by Ulakbim, GeoRef and GeoAbstracts.*

Jeoloji Mühendisleri Odası Chamber of Geological Engineers Yönetim Kurulu / Executive Board

ÇAĞLAN Dündar
ALAN Hüseyin
ATIL Hakkı
KURTOĞLU Çetin
ARDA Necdet
DUMANLILAR Özcan
YILMAZ GÜLER Aliye

Başkan / President
İkinci Başkan / Vice President
Yazman / Secretary
Sayman / Treasurer
Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Yayın Üyesi / Member of Publication
Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs

Jeoloji Mühendisliği Dergisi JMO yayını olup para ile satılmaz.

Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 34
Volume

Sayı 1 - 2010
Number

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1- **Yıldız İLBARS, Taner ÜNLÜ ve İ. Sönmez SAYILI**
Çanakkale-Altınoluk Kurşun-Çinko Cevher Oluşumlarının Maden Jeolojisi
Mining Geology of the Lead-Zinc Ore Mineralizations of Altınoluk, Çanakkale
- 41- **Ali VAN ve Bülent YALÇINALP**
Kuşkayası (Otlukbeli - Erzincan) Manganez Yatağının Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyasal Özellikleri
Geological Setting And Geochemical Characteristics Of Kuşkayası Manganese Deposit, Otlukbeli, Erzincan, Türkiye
- 57- **Zeynep ÖZDEMİR ve Erkan DEMİR**
Fındıklıpınarı-Erdemli/Mersin bölgesinde Nikel akümülatörü bir bitki türü Alyssum murale Waldst.&Kit
Nickel Accumulating species of Alyssum murale Waldst.&Kit from Fındıklıpınarı-Erdemli/Mersin area

Çanakkale-Altınoluk Kurşun-Çinko Cevher Oluşumlarının Maden Jeolojisi

Mining Geology of the Lead-Zinc Ore Mineralizations of Altınoluk, Çanakkale

Yıldız İLBARS¹, Taner ÜNLÜ² ve İ. Sönmez SAYILI²

¹ ZETAŞ (Zemin Teknolojisi A.Ş.), Alemdar Merkez Mah., Seyit Demir Cad., No: 69/A, Ümraniye, İSTANBUL

² Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR06100, ANKARA

ÖZ

Çanakkale, Altınoluk (Papazlık) Pb-Zn cevherleşmesi, Fındıklı formasyonuna özgü amfibol gnays ve mermerler içerisinde, genelde yan kayaçlar ile uyumlu, yer yer de fay zonlarında yan kayaçları kesen konumlarda izlenir.

Cevher mineralleri; galenit, pirit, kalkopirit, sfalerit, pirotin, altın, hematit, rutil, ilmenit ve ornatma ürünlerinden oluşmaktadır.

Cevher örnekleri; 89->10000 ppm Pb, 129->10000 ppm Zn, 24-4136 ppm Cu, 0,31-6,79 % Fe, 71-2479 ppm Mn, 189-51430 ppb Ag ve 0,6-76513 ppb Au içermektedir.

Cevher ve yan kayaç örneklerinde yapılan jeostatistik çalışmalarda, bazik kayaçlara ve karbonatlara karşılık gelen; Ti, Cr, Mg, Ca, Sr, Al, olası geç hidrotermal evreye karşılık gelen; Na, K, Rb, Ba ve cevherleşmeye karşılık gelen; Pb, Cu, Ag, Fe, Co, ±Mn, ±Ni, ±Zn ve ±Au element birliktelikleri saptanmıştır.

Cevher ve yan kayaçlar da saptanmış bulunan kısmen yüksek oranlardaki; Cr, Ti, Ni ve Co element içerikleri, metamorfizma öncesi istifin olası volkanosedimanter özelliğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada cevherleşmenin birincil kaynağının, SEDEX (Eksalatif Sedimanter Tip) türdeki bir zenginleşmeyi anımsattığına ait veriler elde edilmiş ve daha sonraki metamorfizma ve deformasyonların, cevherin bugünkü konumunu almasında etkin olabileceği savı özgünleşmiştir. Ayrıca, bölgede yüzeyleyen granitik kayalara özgü geç hidrotermal evre element gelişlerinin olası etkilerinin, cevherleşmede kısıtlı oranlarda dahi olsa izler taşıdığı vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çanakkale, Altınoluk, Fındıklı Formasyonu, Pb-Zn, SEDEX, Maden Jeolojisi.

ABSTRACT

Çanakkale Altınoluk (Papazlık) Pb-Zn mineralization is observed in amphibole-gneiss and marbles of Fındıklı Formation, generally concordant with the host rocks and in fault zones which intersect the host rocks.

Ore minerals composed of galena, pyrite, chalcopyrite, sphalerite, pyrrhothite, gold, hematite, rutil, ilmenite and other ores of replacement products.

Ore samples include; 89 - >10000 ppm Pb, 129 - >10000 ppm Zn, 24 - 4136 ppm Cu, 0.31 - 6.79 % Fe, 71 - 2479 ppm Mn, 189 - 514.30 ppb Ag and 0.6 - 76513 ppb Au.

From the geostatistical studies performed on ore and host rock samples; element assemblages of Ti, Cr, Mg, Ca, Sr, Al represent the basic rocks and carbonates, Na, K, Rb, Ba represent the possible late hydrothermal stage, and Pb, Cu, Ag, Fe, \pm Mn, \pm Ni, \pm Zn, \pm Au represent the mineralization.

High ratio of Cr, Ti, Ni and Co element contents which are determined in the ore and host rocks indicate the probable volcano-sedimentary characteristic of pre-metamorphism succession.

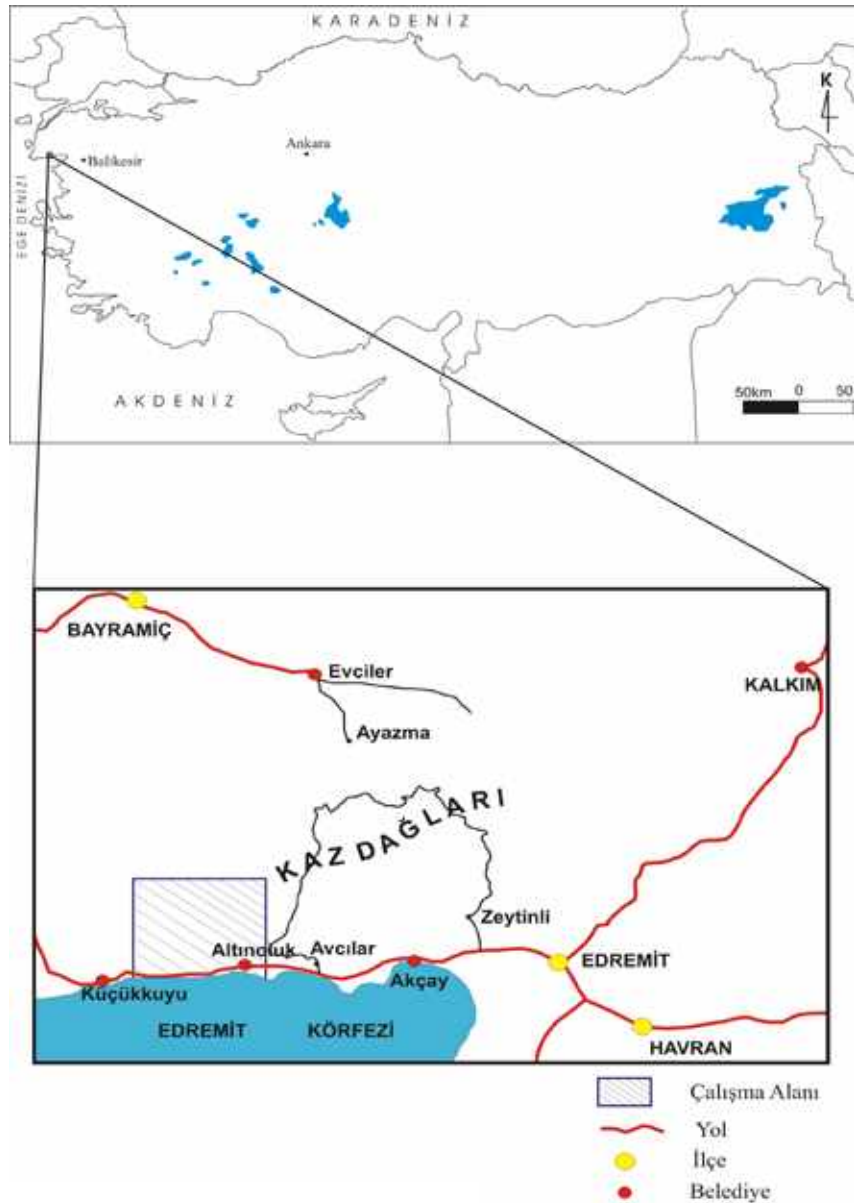
In this study, the obtained data point out the primary source of the mineralization can be supposed to SEDEX type (Exhalative Sedimentary Type) enrichments. Further metamorphism and deformations may lead to the present position of mineralizations. In addition, the effects of late hydrothermal stage elements derived from granitic rocks exposed around the region, can carry traces though in limited ratios on mineralizations.

Key Words: Çanakkale, Altınoluk, Fındıklı Formation, Pb-Zn, SEDEX, Mining Geology.

GİRİŞ

Çalışma alanı Biga Yarımadası'nın güney kesiminde Çanakkale ilinin Altınoluk (Papazlık) ilçesinin 2 km KB'sında ve 1/25.000 ölçekli Altınoluk İ17-d3 paftasında yer almaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmada Çanakkale-Altınoluk (Papazlık) ilçesinde yer alan amfibolit ve mermerleri kesen Pb-Zn cevherleşmesinin; jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal yöntemler kullanılarak, kökeninin araştırılması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

GENEL JEOLJİ

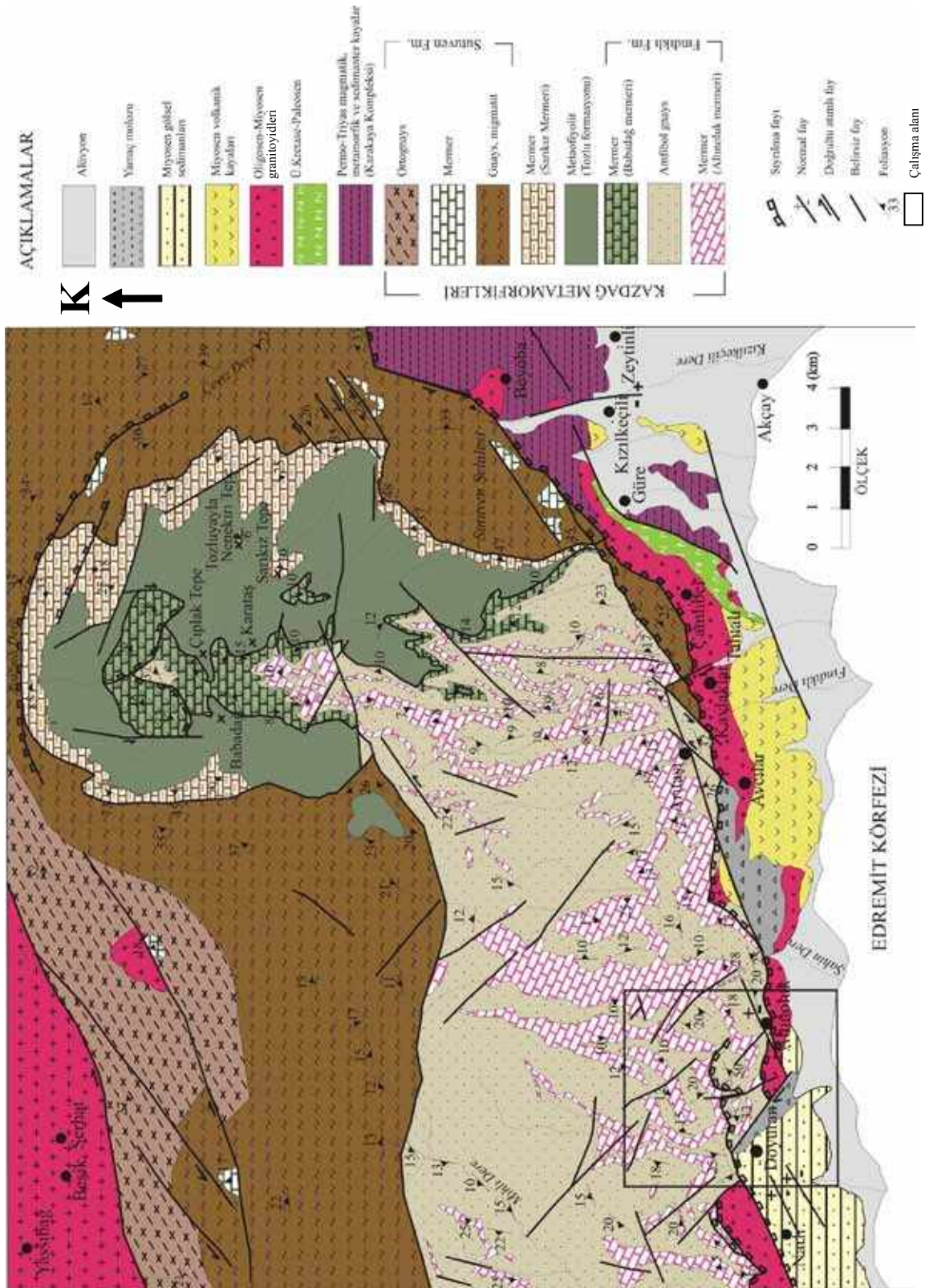
Çalışma alanı Ketin, 1966'nın Pontitler olarak tanımladığı tektonik birlik içerisinde yer almaktadır.

Çalışma sahasının da içinde yer aldığı Kazdağ masifini oluşturan yüksek dereceli metamorfik kayalar KB Anadolu'da Karakaya kompleksi altında bir tektonik pencere olarak yüzeyler. Kazdağ masifinin yapısı, kıvrım eksenini KD-GB doğrultulu ve her iki yöne dalımlı bir antiklinoryum şeklindedir. Amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Kazdağ grubu metamorfite alttan üste doğru; Fındıklı ve Tozlu formasyonları, Sarıkız mermeri ve Sütüven formasyonu olarak ayırt edilmiştir. Masifin güney kesiminde yüzeyleyen amfibol gnays, mermer ve yer yer amfibolit ardalımasından oluşan Fındıklı formasyonu içerisinde Altınoluk ve Babadağ mermer üyeleri tanımlanmıştır. Masifin orta kesimlerinde yer alan metadunit ve ortoamfibolitleri kapsayan metaofiyolitik kayalar Tozlu formasyonu, ofiyolitler üzerinde yer alan mermer seviyesi ise Sarıkız mermeri olarak ayırt edilmiştir. Kazdağ metamorfiklerinin en üst seviyelerinde bulunan sillimanit gnays, biyotit gnays, granitik gnays ve yer yer migmatit içerikli seviyeler Sütüven formasyonunu oluşturur. Sütüven formasyonu içerisinde ayrıca ince mermer ile amfibolit seviye ve mercikleri de vardır. Metamorfizma öncesi evrede muhtemelen tektonostratigrafik olarak istiflenmiş olan bu formasyonlar beraberce metamorfizma geçirmiş ve birlikte foliasyon kazanmıştır. Kazdağ metamorfite, çevresinde mostra veren Permiyen-Miyosen yaşta kayalarla tektonik dokanaklar oluşturmakta ve Oligo-Miyosen yaşta granitler tarafından kesilmektedir. Kazdağ metamorfite üzerinde stratigrafik dokanakla yer alan en yaşlı birim Pliyosen yaşta sedimanter birimlerdir. Kazdağ metamorfite



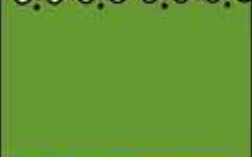


stratigrafik yaşının saptanmasında yeterli veri bulunamamıştır. Kazdağ masifini Miyosen sonrasında gelişen sıyrıma ve yanal atımlı faylarla bir metamorfik çekirdek kompleks olarak dom şeklinde yükselerek bugünkü konumunu kazanmıştır (Duru ve diğ., 2004).

Duru ve diğ., 2004 Kazdağ metamorfite ile Permiyen-Miyosen kayaların tektonik dokanaklı, Pliyosen yaşta sedimanter birimlerin ise diskordan konumlu olduğunu belirtmiştir. Kazdağ metamorfiteyle eğim atımlı normal fay dokanaklı Miyosen yaşta Küçükkuşu formasyonu içerisinde metamorfite çakıllarına rastlanılmaması, sadece Pliyosen yaşta Bayramiç formasyonunda Kazdağ masifini çakıllarının bulunması nedeniyle masifin yükseliminin Miyosen sonrası olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca masifin etrafında aktif fayların sayesinde masifin hala yükselmeye devam ettiğini ifade etmektedirler. Fındıklı formasyonu, Tozlu formasyonu, Sarıkız mermeri ve Sütüven formasyonunun son metamorfizma öncesi tektonostratigrafik olarak istiflenmesi, son metamorfizmayı hepsinin birlikte geçirmesi ve bu birimler arası geçişlerde keskin dokanak olması, ayrıca Sütüven formasyonu ve Fındıklı formasyonlarının inceleme alanının kuzey bölgesinde Tozlu formasyonu ve Sarıkız mermeri olmadan direkt yan yana gelmesi gibi özelliklerinden yararlanarak, bunların son metamorfizma öncesi yan yana gelmiş naplar olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Çalışma alanının içinde yer aldığı Kazdağ masifinin stratigrafisine yönelik çalışmalar; Bingöl, 1968; 1969; Bingöl ve diğ.; 1973; Gözler ve diğ., 1984 ve Duru ve diğ., 2004 tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada stratigrafik birim adlamaları; Duru ve diğ., 2004; Şentürk, 2005 ve Şentürk ve Ünlü, 2009'a göre yapılmıştır (Şekil 2-3).



Şekil 2. Bölgenin genel jeoloji haritası (Duru ve diğ., 2004'ten alınmıştır).
Figure 2. Generalized geological map of the region (after Duru et al. 2004).

FORM	ÜYE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SÜTÜVEN FORM:			Ortognays Sillimanitli paragnays Migmatitler, amfibolit ve mermer mercekleri
SARIKIZ FORM.			Mermer
TOZLU FORM.			Metaofiyolit
FINDIKLI FORMASYONU	BABADAĞ MERMER		İri taneli kristalize mermer
	ALTINOLUK MERMER		Amfibol gnays mermer ve kalsilikatik gnays

Şekil 3. Kazdağ masifinin stratigrafik kolon kesiti (Duru ve diğ., 2004).

Figure 3. Stratigraphic columnar section of Kazdağ Massive (after Duru et al. 2004).

Kazdağ masifinin güney kesimlerinde yüzlek veren Fındıklı formasyonunun litoloji özelliklerinin en iyi izlendiği, Arıtaşı köyünün doğusundaki Fındıklı Dere, tip yeri olarak seçilmiş ve bu formasyon adlanması ilk defa Duru ve diğ., 2004 tarafından yapılmıştır. Fındıklı formasyonu amfibol gnays, mermer ve yer yer amfibolit ardalanmasından oluşmuş ve içerisinde Altınoluk ve Babadağ mermer üyeleri tanımlanmıştır. Yapısal olarak en üst mermer seviyesi metaofiyolitlerin altına gelen Babadağ mermer üyesidir. Diğer mermerler ise Altınoluk mermer üyesi olarak ayırtlanmış ve haritalanmıştır. Altınoluk mermerleri Kazdağ masifinin güney-güneybatısında, Babadağ üyesi ise özellikle Kazdağları'nın zirvesinde ve güneydoğusunda yer almaktadır (Şentürk, 2004).

Fındıklı formasyonu Bingöl ve diğ., 1973 tarafından Kozburun formasyonu olarak Tozlu formasyonu içerisinde incelenmiş olup, Tozlu formasyonunu oluşturan üyelerin tek bir magmanın farklılaşmasından meydana geldiğini belirtmişlerdir. Duru ve diğ., 2004 ise arazi ve petrografik gözlemlerine dayanarak Fındıklı formasyonunu Tozlu formasyonundan farklı bir birim olarak ayırtlamışlar ve bu formasyonun volkanosedimanter bir istifin metamorfizması sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir.

Fındıklı formasyonunun üstüne tektonik olarak metaofiyolitlerden oluşan Tozlu formasyonu gelmektedir.

Kazdağ masifinin orta kesimlerinde yer alan metadunit ve ortoamfibolit kapsayan metaofiyolitik kayalar Tozlu formasyonu olarak ayırt edilmiştir. Metaofiyolitik kayalardan oluşan bu formasyon ilk defa Bingöl ve diğ., 1973 tarafından tanımlanmıştır. Kazdağ'ın zirvesinde yüzeyler ve tip lokalitesi Tozlu yayladır. Genelde amfibolit, metadunit ve metaperidotitlerden oluşmaktadır ve bu kayalar birbirleri ile girift

haldedir. Formasyonun alt ve üst seviyelerinde amfibolitler, merkezinde ise metadunitler çoğunlukta bulunmaktadır. Kazdağ'ın zirvesinde amfibolit ve metadunit iç içe bulunmaktadır ve bir melanaj görünümündedir. Geniş yayılımları olan amfibolit ve metadunitler foliasyonlu yapı ve izoklinal kıvrımlara sahiptirler. Amfibolitler; koyu siyah, siyah, koyu yeşil, yeşil renkte olup, iri taneli, bantlı yapılı, leopar desenli (Tozluyayla mevkii), masif görünümlü olmak üzere birkaç değişik şekilde gözlenmektedir (Şentürk, 2004).

Eski çalışmalarda metaofiyolitler Kazdağ'ın temeli olarak görülmüştür, fakat yapılan harita çalışmaları sonucunda metaofiyolitlerin Fındıklı formasyonunun Babadağ mermer üyesi üstüne tektonik olarak geldiği ve metaofiyolitlerin de üzerine Sarıkız mermerinin ince bir seviye olarak geldiği gözlenmiştir (Duru ve diğ., 2004).

Yaygın olarak metakarbonatlardan oluşan Sarıkız mermeri ilk kez Bingöl ve diğ., 1973 tarafından adlandırılmıştır. Tip lokalitesi Sarıkız tepedir. Sarıkız mermeri, Tozlu formasyonuna ait metaofiyolitlerin üzerine ince bir gnays seviyesiyle başlar. Mermerler, gri, beyaz renkli, küçük-orta taneli ve orta iri bantlıdır. Karbonatlar 3-5cm uzunluğunda silika nodülleri içerirler ve yer yer akma yapıları gösterirler. Sarıkız mermeri genel yapıya (antiklinoryum yapısı) uygun bir konumda, inceleme alanının doğusundan başlayarak kuzeye ve batıya doğru bir yay şeklindedir ve Sütüven formasyonu ile olan üst dokanağı keskindir (Duru ve diğ., 2004).

Kazdağ grubunun en üst kesimlerindeki gnayslar Sütüven formasyonunu oluşturur. İlk kez Duru ve diğ., 2004 tarafından adlandırılmıştır. Bu formasyon Bingöl, 1968 ve 1969 silika alüminli seri ya da Bingöl ve diğ., 1973 Bozağaç Tepe formasyonu adı altında incelemiştir. Kazdağ masifinin en

üst birimini oluşturan bu formasyon Sarıkız formasyonu ve Fındıklı formasyonu üzerine keskin bir dokanakla gelir. Formasyonun üst sınırı Permiyen-Miyosen aralığındaki kayaçlarla faylı dokanağa sahiptir ve Oligo-Miyosen yaşlı granodiyoritler tarafından kesilmiştir.

Birim içerisindeki litolojilerin en iyi gözleendiği, Zeytinli köyünün kuzeyindeki Sütüven şelalesi tip yeri olarak seçilmiştir. Bu formasyon koyu gri, gri, kahve rengi, iyi foliasyonlu kuvarsofeldispatik gnayslardan oluşmaktadır. Hakim litolojiyi oluşturan bu gnayslar içerisinde ince mermer, amfibolit ve granitik gnays bantları ve mercikleri yer almaktadır. Gnayslar yer yer anateksiye uğramıştır (Duru ve diğ., 2004).

Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanını da içine alan daha geniş bir bölgeyi inceleyen Duru ve ekibinin ayrıntılı jeoloji çalışmaları esas alınarak, cevherleşmenin içinde bulunduğu inceleme alanının jeolojisi (Şekil 4) aşağıda sunulmaktadır.

Fındıklı Formasyonu

İnceleme alanında bulunan ve Kazdağ antiklinoryumunun çekirdeğinde yer alan Fındıklı formasyonu genel olarak mermer, gnays aralanmasından oluşmuş ve içerisinde, kalınlıkları 10-75 m arasında değişen 6-7 adet mermer seviyeleri ayrılmıştır. İstif içerisindeki mermerler arasında 10-150 m kalınlığında gnays bantları bulunmaktadır. Mermerler kendi içerisinde küçük dalgalanmalar şeklinde eğim değişimleri göstermektedir.

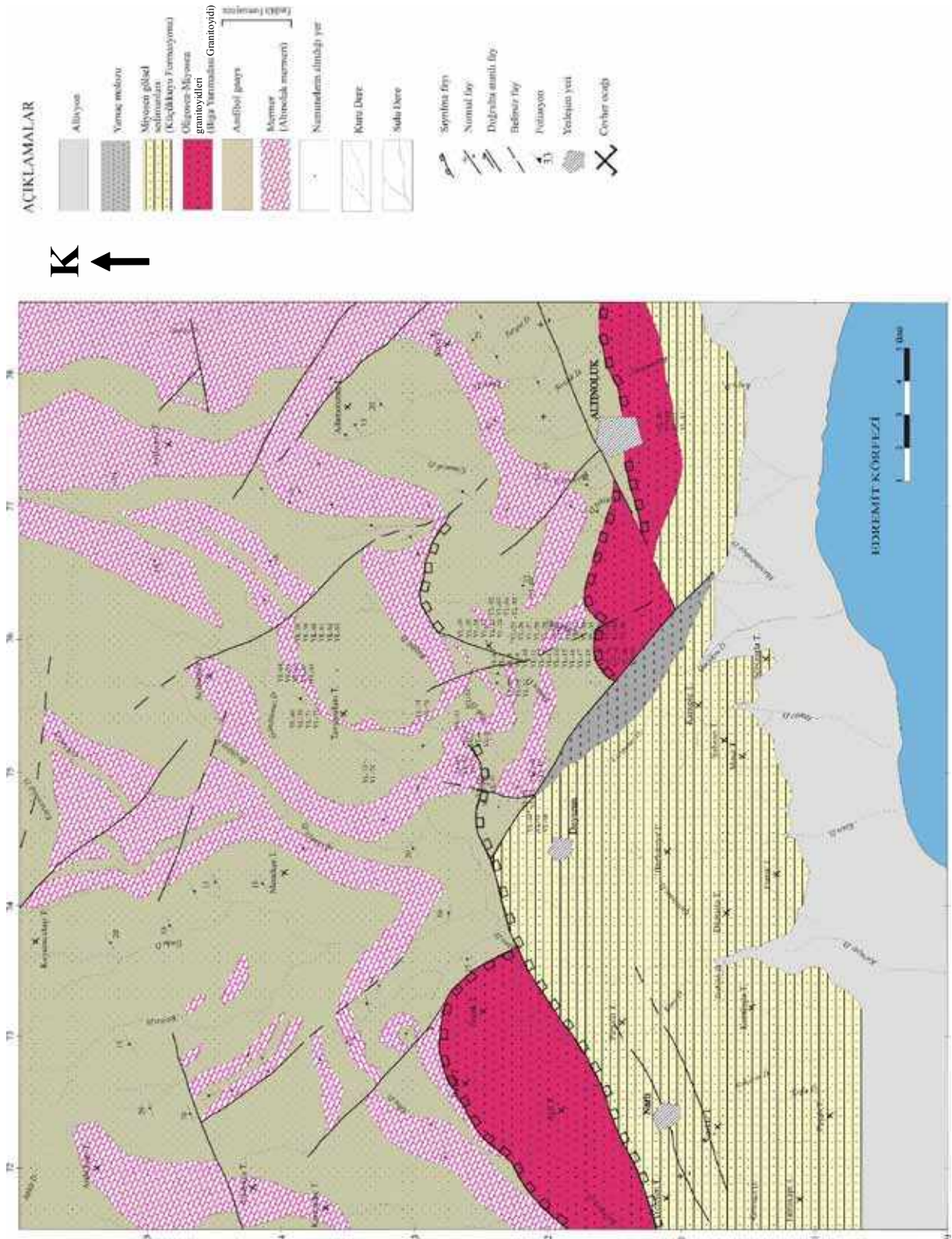
Formasyon içerisindeki mermerler, yapısal ve dokusal özelliklerindeki farklılıklar ve haritalama kolaylığı açısından değerlendirilerek Altınoluk (Pzfa) ve Babadağ (Pzfb) üyelerine ayrılmıştır. Yapısal olarak en üst mermer seviyesi metaofiyolitlerin altına gelen Babadağ mermer üyesidir. Diğer

mermerler ise Altınoluk mermer üyesi olarak ayrılmış ve haritalanmıştır. Altınoluk üyesi genel olarak beyaz, pembe renkli, orta-ince taneli ve şeker dokulu görünümündedir ve cevherleşme alanında Altınoluk mermerleri yer almaktadır. Babadağ üyesi beyaz, kirli beyaz, gri renkli, diğer mermerlere göre iri kristalli ve kalın bir mermer seviyesi olarak arazide görülmektedir. Özellikle Kazdağları'nın zirvesinde ve güneydoğusunda yer almaktadır (Duru ve diğ., 2004).

Mermerler arasında kalın bantlar oluşturan gnayslar mavimsi yeşil, fıstık yeşili, yeşil renkte, iyi foliasyonlu, altta ve üstte mermerlerle geçişlidir. Fındıklı formasyonu mermerleri haricindeki litolojilerin arazi ve petrografik incelemelerde çoğunlukla gnays, kalsilikatik gnays, şist ve amfibolit litojilerinden oluştuğu saptanmakla birlikte, gnayslar hakim litolojiyi oluşturmaktadır. Arazide Sütüven formasyonu gnayslarından daha koyu renge sahip olan Fındıklı formasyonu gnayslarının daha yoğun olarak amfibol minerali içermesi nedeniyle amfibol gnays olarak adlandırılmıştır. Formasyonun alt kesimlerinde amfibol miktarının arttığı, kayacın içine epidot ve granat girdilerinin olduğu görülmektedir. Gnays ve mermerler aynı eğim ve doğrultuya sahiptirler.

Biga Yarımadası Granitoidleri

Biga Yarımadasında Oligosen yaşlı volkanizmaya da köken oluşturmuş olan genellikle granodiyoritik bileşimli sığ sokulumlar Oligosen-Miyosen aralığında bölgeye yerleşmişlerdir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan radyometrik yaşlandırmalardan birimin yaşının Oligosen-Alt Miyosen olduğu saptanmıştır. Bölgede tesbit edilmiş yaşlar şöyledir; Eybek granitoidi; 23-31 milyon yıl, Kestanbol granitoidi; 28 milyon yıl ve Ilıca-Şamlı granitoidi; 20-23 milyon yıl (Dönmez ve diğ., 2004).



Şekil 4. Çalışma alanının jeoloji haritası (Duru ve diğ., 2004'ten esas alınmıştır).

Figure 4. Geological map of the study area (based on geological map of Duru et al. 2004).

Küçükkuş Formasyonu

Edremit Körfezi'nin çevresinde yüzeylenen Miyosen yaşlı görsel kırıntılı çökeller Saka, 1979 tarafından Küçükkuş formasyonu olarak tanımlanmıştır. Doyran volkanitleri üzerinde çakıltaşları ile başlayan Küçükkuş formasyonu, bitümlü şeyl, tuf, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Alterasyon rengi sarımsı kahve, kayacın orijinal rengi kıltaşı seviyelerinde yeşilimsi gri, killi kireçtaşının olduğu kesimlerde siyahımsı gri, kumtaşının olduğu yerde kahverengimsi yeşil olup, katman aralarında fosilleşmiş bitki parçacıkları görülmüştür. Çökeller içinde düzlemsel paralel katmanlanma, akıntı ripilları, normal derecelenme, yük çökme ve slump yapıları yaygın olarak yer alır. Bouma dizilimine ait sedimanter yapıların yaygın olduğu Küçükkuş formasyonu görsel bir çökme alanında türbidit akıntılarına bağlı olarak gelişmiştir. Küçükkuş formasyonu Edremit Körfezi civarında Küçükkuş, Adatepe ve Yeşilyurt yörelerinde gözlenir. Formasyonun yaşlı şeyllerden alınmış spor örneklerine göre Erken Miyosen olarak saptanmıştır (İnci, 1984).

Küçükkuş formasyonu Kazdağ masifiyle tektonik dokanaklıdır. Küçükkuş formasyonu içinde volkanik birimlerden malzemeler vardır. Bu volkanitler Doyran volkanitlerine özgü olup, Küçükkuş formasyonu ile eş yaşlıdır. Ancak bu formasyon içinde Kazdağ masifine ait parçalar yoktur, çünkü Küçükkuş formasyonu Miyosen'de çökelerken, Kazdağ formasyonu gömülü durumda ve çökelimden sonra bir faylanmayla yükselmiş konumdadır. Okay ve diğ., 2009'a göre, masif iki evreli bir yapısal evrim geçirmiştir. Geç Oligosen–Erken Miyosen'deki birinci evrede, Kazdağ masifi düşük açılı sıyrılma fayları ile hızlı bir biçimde yükselmiş ve buna bağlı olarak epiklastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan

oluşan, sıyrılma-fayı üzeri havza çökelleri (Küçükkuş Formasyonu) gelişmiştir. Pliyo–Kuvaterner'deki ikinci evrede ise, Kuzey Anadolu Fay sistemine ait doğrultu atımlı faylar gelişmiş ve Ege genişlemeli rejimine bağlı normal faylar meydana gelmiştir.

MİNERALOJİ ve PETROGRAFI

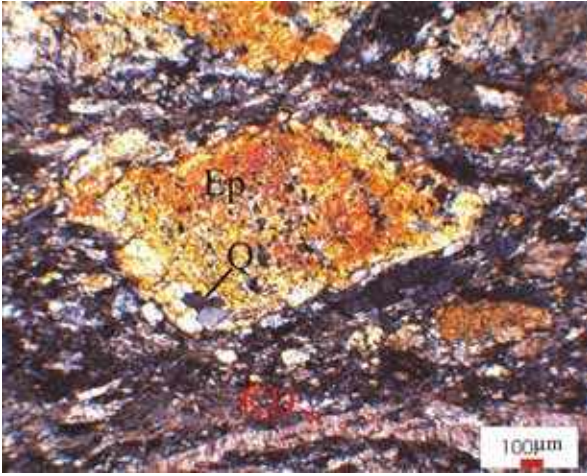
İnceleme alanında yüzeyleyen litolojik birimlerin petrografik tanımlamaları, sahadan derlenen örneklere ait 90 adet ince kesitin, mikroskop altında incelenerek, mineralojik bileşimleri ve dokusal özellikleri gözönüne alınarak yapılmıştır.

Fındıklı Formasyonu

İnceleme alanında mineralojik açıdan gnays, şist ve mermer ayırtlanmıştır.

Gnays

Çalışma sahasında yoğun bir biçimde amfibol gnayslar yüzeyler. Örnekler genelde; hornblend, ortoklaz, plajiolklaz, kuvars, kalsit, klorit, epidot, disten, biyotit, klorit, granat ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 5). Feldispatlarda killeşme, kloritleşme, serizitleşme ve dışardan gelen çözeltilerin etkisi ile oluşmuş karbonatlaşma meydana gelmiştir. Mineraller genelde orta taneli olup, feldispatların bir kısmı diğerlerine göre daha iri tanelidir. Granatlar özşekilli olup, küçük taneler şeklinde gözlenmektedir. Hornblendler özşekilli, yarı özşekilli taneler şeklindedir. Yönlenme belirgindir. Kayaç, amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfoze olmuş olasılıkla metabazik bir kayadır.

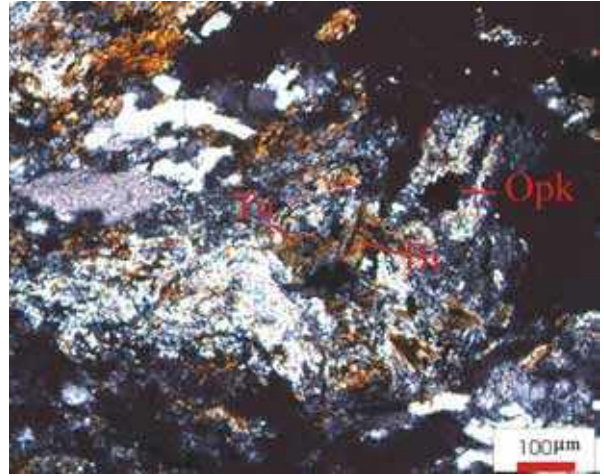


Şekil 5. İçinde kuvars (Q) kapanımları olan epidot (Ep) porfiroblastı ve karbonat damarı (KD) içeren epidot amfibol gnays. ÇN.

Figure 5. Quartz (Q) inclusions bearing epidote (Ep) porphyroblast and carbonate vein (KD) in epidote-amphibole gneiss. (crossed nicols).

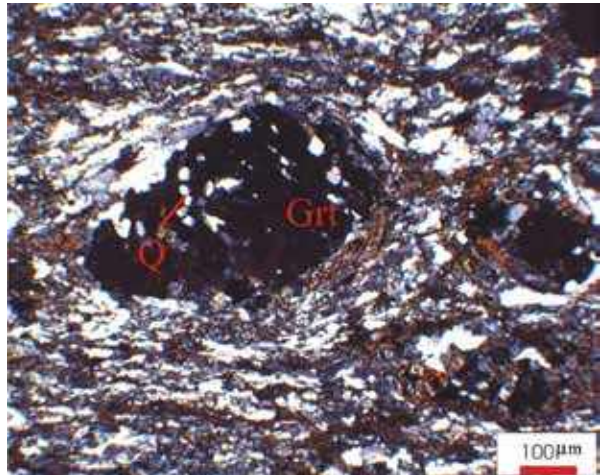
Şist

Çalışma sahasında dar alanlarda, haritalanamayacak boyutlarda izlenir. İnceleme alanında mineraloji çalışmalarına göre şistler; kuvars, ortoklaz, albit, kalsit, biyotit (kloritleşmiş), klorit, epidot (klinozoit), granat, turmalin (öz şekilli), zirkon ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 6). Ortoklazlarda killeşme gözlenmektedir. Özşekilsiz, birbirleriyle grift sınırlara sahip minerallerden oluşmaktadır. Bazı kuvars ve kalsitler diğer minerallerden daha iri tanelidir. Granatların içerisinde kuvars, kalsit, biyotit kapanımları gözlenmektedir (Şekil 7). Yönlenme belirgindir. Olasılıkla yüksek dereceli metamorfizmanın etkisinde metamorfe olmuştur.



Şekil 6. Merkezde turmalin (Tu), etrafında biyotitler (Bi) ve opak mineraller (Opk) içeren granat biyotit kuvars şist. ÇN.

Figure 6. Turmaline (Tu) in the center, biotite (Bi) and opaque (Opk) minerals around it in garnet-biotite-quartz schist. (crossed nicols).

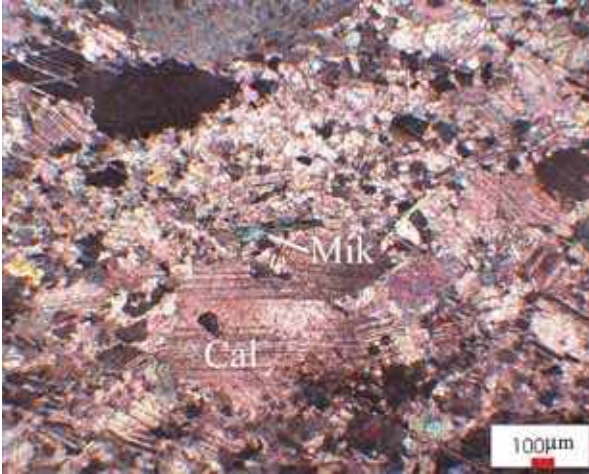


Şekil 7. Kuvars (Q) kapanımları içeren granat (Grt) biyotit kuvars şist. ÇN.

Figure 7. Quartz (Q) inclusion bearing garnet (Grt)-biotite-quartz schist. (crossed nicols).

Mermer

İnceleme alanında mineralojik açıdan mermerler nematogranoblastik dokulu olup; kuvars, kalsit, serizit, muskovit, klorit ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 8). Örneklerde kalsitler iri taneli granoblastik dokuda gelişmiştir. Diğer mineraller kalsite nazaran daha ince taneli, özşekilli- yarıözşekilli, bazıları özşekilsiz taneler halindedir. Genel olarak yönlenme gözlenmektedir. Kalsitler ve diğer mineraller bantlar şeklinde yer almaktadır. Olasılıkla amfibolit fasiyesi koşullarında metamorfize olmuştur.

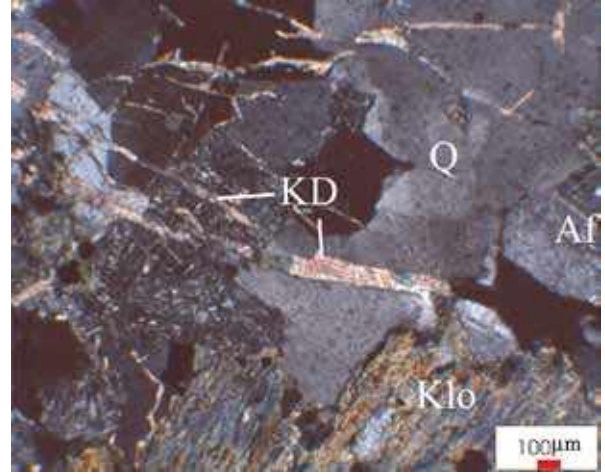


Şekil 8. Ortada mika (Mik) minerali, etrafında basınç ikizleri bulunan kalsitlerin (Cal) bulunduğu mermer. ÇN.

Figure 8. Mica (Mik) minerals in the center surrounded by calcite minerals with pressure twinnings in marble. (crossed nicols).

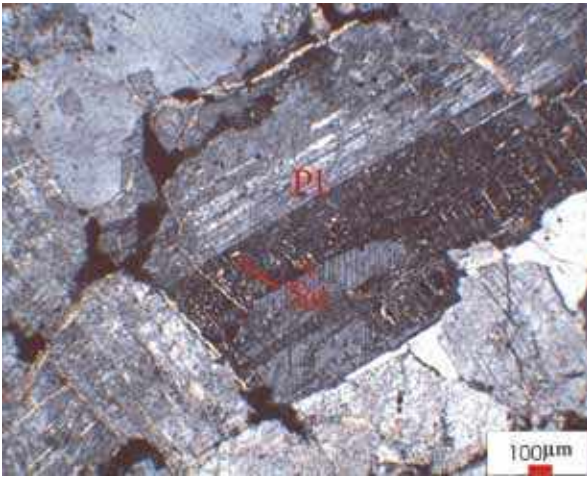
Biga Yarımadası Granitoidleri

Çalışma alanındaki granitler holokristalin doku göstermekte ve mineralojik bileşimlerinde; kuvars, ortoklaz, oligoklaz, biyotit (neredeyse tamamen kloritleşmiş), apatit, amfibol (epidotlaşmış ve kloritleşmiş) ve opak mineraller bulunmaktadır. Feldispatlar iri-orta taneli olup öz ve yarı öz şeklindedir. Kuvars ve biyotitler ise özşekilsizdir. Oligoklazlarda bol miktarda serisitleşme, killeşme ve kayacın kırık ve çatlakları boyunca karbonatça zengin çözeltilerin kayacın içine nüfus etmesiyle oluşmuş ikincil karbonatlaşma gözlenirken, ortoklazlarda killeşme ve serizitleşme, biyotitlerde kloritleşme ve opaklaşma gözlenmiştir (Şekil 9-10).



Şekil 9. Biyotitlerde kloritleşme (Klo), karbonat damarları (KD), kuvars (Q) ve alkali feldispat (AF) içeren granit. ÇN.

Figure 9. Chloritization (Klo) of biotites, carbonate veins (KD), quartz (Q) and K-feldspar (AF) in granite. (crossed nicols).

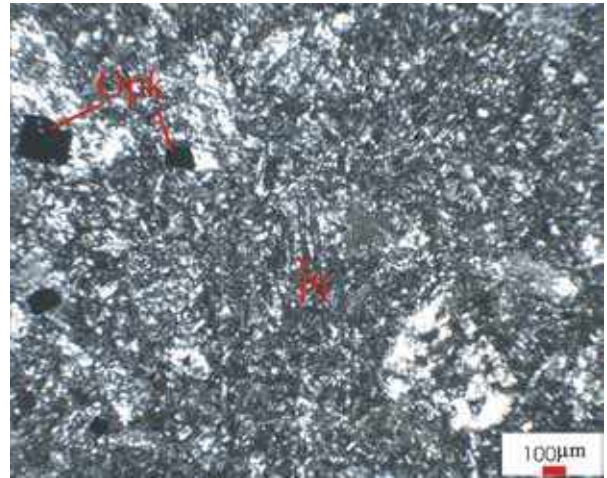


Şekil 10. Granodiyorit porfir içinde iri taneli serizitleşmiş (Se) plajiyoklazlar (Pl). ÇN.

Figure 10. Coarse grained plagioclases (Pl) are sericitized (Se) in granodiorite porphyry. (crossed nicols).

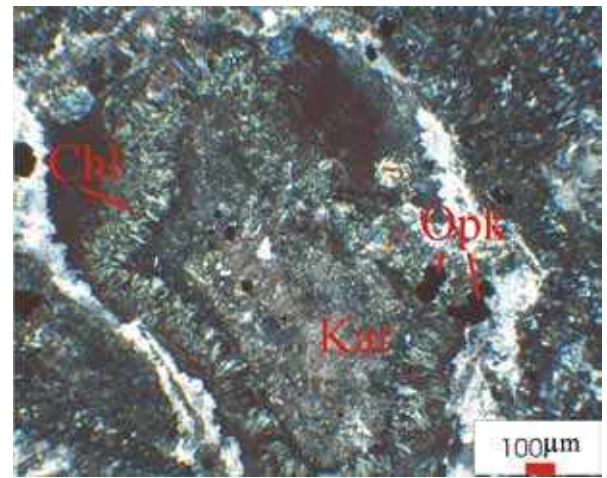
Küçükkuyu Formasyonu

Daha önce de bahsedildiği gibi Küçükkuyu formasyonu içinde Doyran volkanitleri yer almaktadır. Bunlar andezit bileşiminde olup, hipokristalin porfirik doku göstermektedirler. Mineral parajenezi olarak; plajiyoklaz, ortoklaz, biyotit ve opak mineraller izlenmektedir. İkincil mineral olarak; kalsit, klorit ve epidot görülmektedir. Kayaçta genel olarak karbonatlaşma ve kloritleşme yaygın olarak bulunmaktadır. Plajiyoklazlarda bol miktarda ikincil karbonatlaşma, killeşme ve serizitleşme meydana gelmiştir. Biyotitlerde bol miktarda kenarlarından itibaren opaklaşma meydana gelmiştir. Kayacın hamuru killeşmiş volkan camı, ikincil mineraller ve plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşmaktadır. Plajiyoklazlarda polisentetik ikizlenme ve bazılarında zonlanma gözlenmektedir (Şekil 11-12).



Şekil 11. Volkanik kayç içinde polisentetik ikizlenmeli plajiyoklazlar (Pl) ve opak mineraller (Opk). ÇN.

Figure 11. Albite twinnings in plagioclases (Pl) and opaque minerals (Opk) in volcanic rock. (crossed nicols).



Şekil 12. Karbonat (Kar) ve kloritlerle (Chl) dolmuş gaz boşluğu ve opak mineral (Opk) içeren andezit. ÇN.

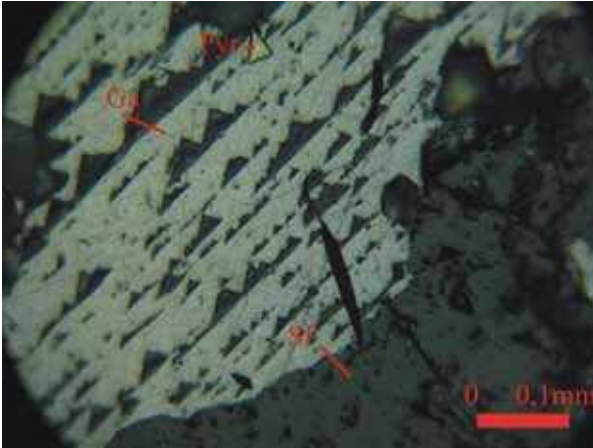
Figure 12. Vesicule filled by carbonate (Kar) and chlorite (Chl) and opaque minerals (Opk) in andesite. (crossed nicols).

Cevher Mikroskobisi Çalışmaları

İnceleme alanından alınan örneklerden 25 tanesinde cevher mikroskobisi çalışmaları yapılmıştır. Aşağıda cevher mineralleri ve özellikleri sunulmuştur.

Galenit: Cevherli örneklerde izlenen en yaygın minerallerden biridir. Bazı yerlerde ince taneli olup, pirit ve kalkopiritin etrafını sarmış olarak tespit edilirken, bazı yerlerde piritlerin boşluğuna girmiştir. Genellikle kenarlarından itibaren seruzite dönüşmüş olan galenitlerin birçoğu tamamen serusitlemiştir. Sfaleritlerin çatlaklarında veya serbest taneler halinde izlenen galenitler pirit, kalkopirit ve sfalerit kapanımları da içermektedir. Bazı galenitlerin üçgen dilinimlerinde basınç etkisiyle uzamalar da gözlenmiştir (Şekil 13).

Pirit: Cevherli örneklerde yaygın olarak gözlenen diğer bir mineraldir. Piritler öz - yarı öz şekilli ve öz şekilsiz taneler olarak izlenmiştir. Tane boyları 3-450 μ arasındadır. Genellikle piritlerin bazıları az oranda, bazıları ise tamamen limonitleşmiştir.



Şekil 13. Galenitte (Ga) üçgen dilinimleri, sfalerit (Sf) ve pirit (Pyr).

Figure 13. Triangular cleavages in galenite (Ga), sphalerite (Sf) and pyrite (Pyr).

Kalkopirit: Genellikle sfaleritle kenetli olan kalkopiritler 4-90 μ arasında değişen boyutlara sahiptir. Bazen piritle kenetli bazen de piritin etrafını sarmış olarak izlenen kalkopiritlerin bazıları kenarlarından itibaren kovelline dönüşüm göstermiştir. Yer yer kenarları boyunca limonite dönüşmüş kalkopiritler de izlenmiştir (Şekil 14).

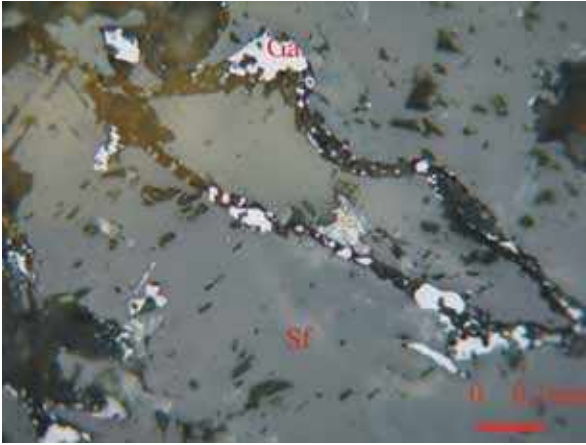


Şekil 14. Limonitleşmiş kalkopirit (Kpy).

Figure 14. Limonitized chalcopyrite (Kyp).

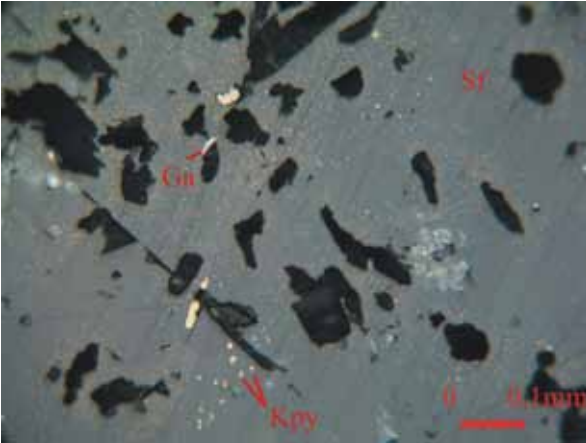
Sfalerit: Sfaleritler genelde galenit tarafından ornatılıp çatlakları ve araları doldurulmuş olup, genellikle çok ince kalkopirit ayrımları içermektedirler. Bazen gang içerisinde kalkopiritle kenetli olarak da belirlenmişlerdir. Galenit tarafından ornatılmış olan sfaleritlerde galenitler genellikle sfaleritin etrafını sarmış, çatlak boşluklarını doldurmuştur (Şekil 15-16).

Limonit: 1,5-2 mm ye ulaşan öz - yarı öz şekilli limonit taneleri izlenmiş olup, içlerinde pirit, kalkopirit reliktleri gözlenmiştir. Limonitlerin çoğunluğu piritten, az bir kısmı kalkopiritten dönüşmüştür. Limonitler yer yer de çatlaklarda ve boyamalar şeklinde gözlenmiştir.



Şekil 15. Sfalerit (Sf) çatlaklarında yer alan galenit (Ga).

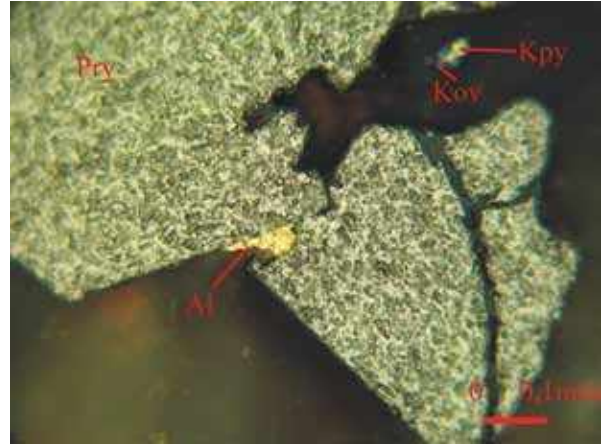
Figure 15. Galenite (Ga) filling the cracks of sphalerite (Sf).



Şekil 16. Sfalerit (Sf) içinde kalkopirit (Kpy) ve galenit (Ga) ayrılımları.

Figure 16. Chalcopyrite (Kpy) and galenite (Ga) exsolutions in sphalerite (Sf).

Altın: Altın minerali 6 ile 90 μ arasındaki boyutlarda izlenmiş olup, kuvars içerisinde, kalkopiritten dönüşmüş limonit içinde, limonitle kenetli gang içerisinde ve pirit çatlağında limonit içerisinde gözlenmiştir (Şekil 17-18-19).



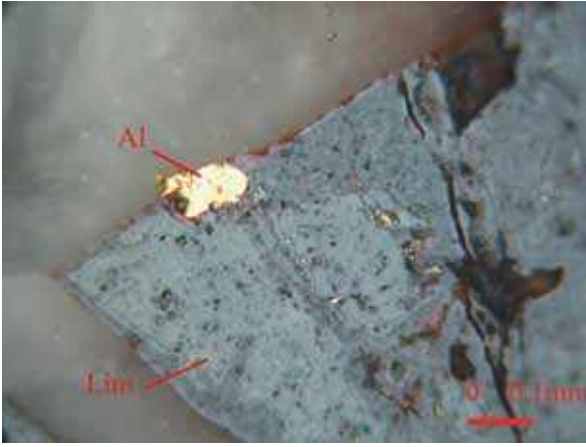
Şekil 17. Ortada altın (Al), kenarlarından itibaren kovelline (Kov) dönüşmüş kalkopirit (Kpy), çatlaklarında limonit olan pirit (Pyr).

Figure 17. Gold (Al) in the center. Chalcopyrite (Kpy) replaced by covellite (Kov) at the rims. Pyrite (pyr) with limonite at the cracks.



Şekil 18. Limonitleşmiş (Lim) pirit ve gang içinde altın (Al).

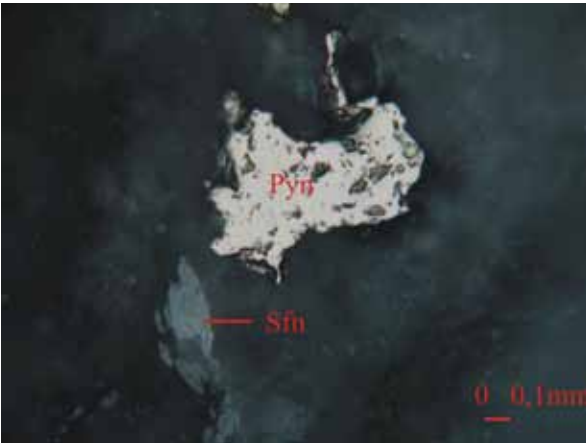
Figure 18. Gold (Al) in limonitized (Lim) pyrite and gangue minerals.



Şekil 19. Limonitleşmiş (Lim) pirit içinde altın (Al).

Figure 19. Gold (Al) in limonitized (Lim) pyrite.

Pirotin: 4-145 μ arasında değişen tane boylarına sahip pirotinler genellikle öz şekilsiz taneler halindedir (Şekil 20). Bazen kalkopiritle bazen de piritle kenetlidir (Şekil 21). Bazıları kenar ve dilinimleri boyunca limonite dönüşüm göstermektedir.



Şekil 20. Pirotin (Pyn) ve yanında sfen (Sfn).

Figure 20. Pyrotite (Pyn) and titanite (Sfn)



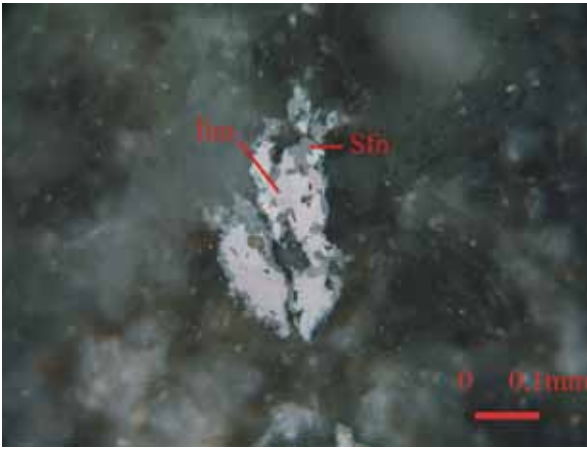
Şekil 21. Pirit (Pyr) ve pirotin (Pyn) ile birlikte ilmenit (İlm) relikti (çevresinde rutil (Rut) ve onun çevresinde de sfen (Sfn)).

Figure 21. Ilmenite relict (İlm) together with pyrite (Pyr) and Pyrotite (Pyn). Rutile (Rut) and titanite (Sfn) around ilmenite.

Malahit: Kayaç içerisindeki boşluklarda ve çatlak dolgusu şeklinde bulunurlar. Primer minerali belirlenememiştir, fakat kalkopirit veya kalkopiritin dönüşüm ürünü olan kovellinden dönüşmüş olabileceği düşünülmektedir.

Rutil: 9-180 μ geçmeyen boyutlarda, öz şekilli, bazen de öz şekilsiz ince taneler halinde izlenmiştir. Bir hat boyunca dizilim de gösteren rutiler bazen mafik gang mineralinin içinde, bazen de diğer gang minerallerinin içerisinde saptanmıştır.

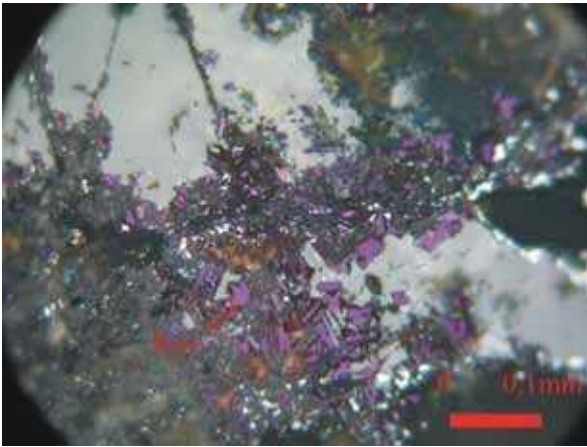
İlmenit: Genellikle kenarlarından itibaren sfene dönüşüm göstermektedir (Şekil 22).



Şekil 22. İlmenit (İlm) ve çevresinde sfen (Sfn).

Figure 22. Ilmenite (Ilm) and titanite (Sfn) around it.

Kovellin: Genellikle galenitle kenetli olup, çok ince taneler halinde olan kovellinlerin kakopiritlerin dönüşüm ürünü olabileceği düşünülmüştür (Şekil 23). Limonitle kenetli kovellinler de izlenmiştir.



Şekil 23. İnce taneler halinde kovellin (Kov).

Figure 23. Fine grained covellite (Kov).

Hematit: Çok ince taneli ve çubuk şekilli (öz şekilli) oluşumlar şeklinde gang mineralinin pseudomorfu içinde dağılmış olarak, ya da gruplar oluşturmuş biçimde saptanmıştır (Şekil 24).

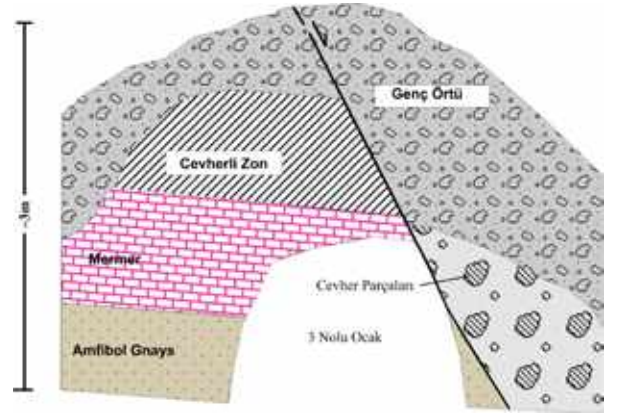
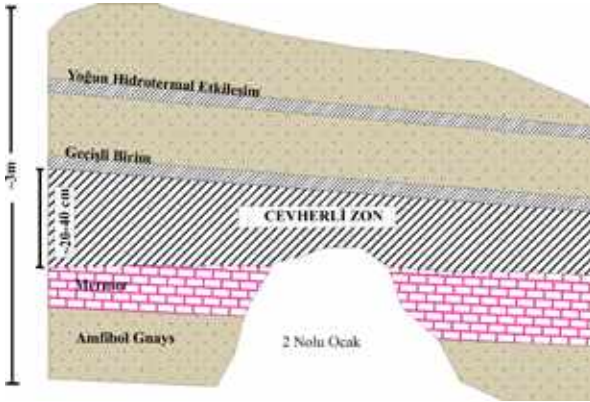


Şekil 24. İnce taneli hematitler (Hem).

Figure 24. Fine grained hematites (Hem).

CEVHERLEŞME

Çalışma konusunu oluşturan cevherleşmeler Fındıklı formasyonunun amfibol gnays ve mermer ardalanmalı bölümleri içerisinde yer almaktadır. Cevherli zon genelde yan kayaçlar ile uyumlu (Şekil 25 ve 26), yer yer de fay zonlarında yan kayaçları kesen konumlarda izlenir.



Şekil 25. 2 nolu ocakta cevherli zonun görünümü ve kesiti.

Figure 25. Mineralized zone in the field and crossed section at Adit 2.

Şekil 26. 3 nolu ocakta cevherli zonun görünümü ve kesiti.

Figure 26. Mineralized zone in the field and cross section at Adit 3.

JEOKİMYA

Yapılan arazi, petrografi ve cevher mikroskobisi çalışmalarının ortaya çıkardığı veriler ışığında, çalışma sahasından 20 adet yüzey örneği, jeokimyasal analiz için seçilmiştir. Bunlardan 4 tanesi mermer zonuna, 4 tanesi amfibol gnays zonuna ve 12 tanesi cevherli zona aittir. Tüm örneklerde ana ve eser elementler arası ilişkilerin ve cevherleşmenin elementler üzerindeki etkilerinin anlaşılması amaçlanmıştır.

Bütün örneklerin ana ve eser element analizleri önce MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılmıştır. Elde edilen verilerin daha detaylı bir biçimde değerlendirilmesi için aynı örnekler ayrıca Acme laboratuvarlarında (Kanada) analiz edilmiştir.

Analiz Yöntemleri

Örnekler önce çekiç ile birkaç parçaya ayrılmış ve AÜMF laboratuvarlarında çeneli kırıcı ile birer santimetrelik parçalar haline getirilmiştir. Kırılan parçalar Fritsch marka öğütücüde 200 mesh'in altına öğütülmüş, 30 gram civarında naylon torbalarda örnekler paketlenmiştir.

İlk olarak MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında analizleri yapılan örnekler, daha detaylı bir değerlendirme için ikinci defa Kanada Acme laboratuvarlarına gönderilmiştir. Bu laboratuvardan alınan bilgilere göre, örneklerden 0,2 gramlık bir miktar alınmış ve LiBO ile eritiş yapılmış, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, P, Mn, Cr, Ni ve Sc elementleri için tüm kayaç ICP-ES yöntemi ile analiz edilmiştir. Ayrıca eser element analizleri için 0,5 gram örnek 95°C'de bir saat boyunca 3 ml 2-2-2 HCl, HNO, HSO asitleri ile çözülmüştür. 10 ml'ye çözülen örneklerde Au, Ag, Pd, Pt, Hg ve Re ppb cinsinden As, Ba, Bi, Cd, Co, Cs, Ga, Hf, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Ta,

Th, Tl, U, V, W, Zn, Zr, Cr, B, Sc, S, Se, Te, Cs, Ge, Y, In, Be, Li ise ppm cinsinden olmak üzere ICP-MS yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Alt limitler Au için 0,1 ppm olmak üzere As, Be, Sn, ve Zn için 1 ppm, Ba, Co, Hf, Nb, Rb, Se, Sr, Zr için 0,5 ppm'dir. Bi, Cd, Cs, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Ta, Th, Tl, U, W ve Y için ise 0,1 ppm'dir. Diğerleri 0,1 ppm'den azdır.

MTA analiz sonuçları İlbars, 2006'da, Acme laboratuvarlarının analiz sonuçları ise Çizelge 1-3'de verilmiştir.

Analizlerin Değerlendirilmesi

Çalışma sahasından alınan 4 adet mermer, 4 adet amfibol gnays ve 12 adet cevher örneğinden oluşan toplam 20 adet yüzey örneğinin Acme laboratuvarlarında yapılan jeokimya analiz sonuçlarına dayanarak; minimum-maksimum ve ortalama değerleri ile standart sapmaları hesaplanmış (Çizelge 1-3), aşağıda da bunların yorumlaması yapılmıştır.

Çalışma sahasından alınan 4 adet mermer örneğinin jeokimya analiz sonuçlarına genel olarak bakılacak olursa, bu örneklerde Pb içerikleri minimum 5,28 ppm ve maksimum 4126,92 ppm arasında olup, ortalama içeriğin 1052,31ppm olduğu görülmektedir. Bu değerlendirme Zn için yapılacak olursa, minimum 5,7 ppm ve maksimum 166,9 ppm arasında olup, ortalama içerik 62,68 ppm olarak bulunmaktadır. Cu miktarı 2,42 ppm ve 171,7 ppm arasında olup, ortalama içerik 49,98 ppm'dir. Fe miktarı yine minimum %0,01, maksimum %0,35 olup, ortalama %0,19 çıkmıştır. Ag'nin minimum içeriği mermerlerde 15 ppb iken maksimum içeriği 1774 ppb çıkmış ve ortalama içeriği 496,5 ppb hesaplanmıştır. Au'nun minimum miktarı 0,2 ppb, maksimum miktarı ise 24,9 ppb olup, ortalama içeriği 7,1 ppb çıkmıştır (Çizelge 1).

Bu değerlendirmenin aynısı, sırası ile 4 adet amfibol gnays ve 12 adet cevher örneği için de yapılmıştır. Amfibol gnays örneklerine bakıldığında bu örneklerde Pb'nin minimum miktarı 7,36 ppm iken, maksimum miktarı 1160,39 ppm olup, ortalama içeriği 401,1 ppm çıkmıştır. Zn miktarı minimum ve maksimum içerikleri sırası ile 37,4–3819 ppm olup, ortalama içeriği 1026,8 ppm'dir. Cu'nun amfibolitlerde minimum ve maksimum değer aralığı 8,73–223,88 ppm olup, ortalama içeriği 77,65 ppm bulunmuştur. Fe miktarı minimum %1,25 iken, maksimum miktarı %3,61 olup, ortalama içeriği %2,36 hesaplanmıştır. Ag'nin minimum ve maksimum içerikleri sırasıyla 7–237 ppb ve ortalaması 159,75 ppb'dir. Au miktarı için minimum içerik 0,5 ppb iken, maksimum içerik 14,03 ppb'ye çıkmış ve ortalaması 7,15 ppb çıkmıştır (Çizelge 2).

Cevherli olan 12 adet yüzey örneğindeki minimum ve maksimum Pb miktarları sıra ile 88,62–10000 ppm olup, ortalaması 6177,8 ppm'dir. Zn'nin minimum-maksimum içerikleri 129,1–10000 ppm olup, ortalaması 3580,29 ppm; Cu'nun cevherli örneklerdeki minimum-maksimum içerikleri 23,51–4135,86 ppm olup, ortalaması 1455,08 ppm; Fe'nin %0,31-%6,79 olup, ortalaması %2,57 olarak hesaplanmış, Ag'nin minimum içeriği 189 ppb, maksimum içeriği 51430 ppb ve ortalaması 19453,83 ppb çıkmıştır. Au miktarı ise minimum 0,6 ppb, maksimum 7651,3 ppb olup, ortalama 2019,76 ppb olarak bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 1. Acme laboratuvarlarında (Kanada) analizleri yapılan, mermer örneklerinin jeokimya sonuçlarına göre minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri.

Table 1. Minimum, maximum, standart deviation and arithmetic mean values of marble samples according to geochemical analyses carried out at Acme Laboratories (Canada).

ELEMENTLER	İÇERİK	MERMER							
		YL-7	YL-19	YL-79	YL-76	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma	Ortalama Değer
Fe	%	0,25	0,14	0,35	0,01	0,01	0,35	0,15	0,19
Ca	%	35,29	36,91	32,02	40	32,02	40	3,32	36,06
Mg	%	0,27	0,29	0,38	0,3	0,27	0,38	0,05	0,31
Al	%	0,02	0,02	0,13	0,01	0,01	0,13	0,06	0,05
Na	%	0,001	0,001	0,004	0,002	0,001	0,004	0	0
K	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01
P	%	0,01	0,009	0,017	0,007	0,007	0,017	0	0,01
Ti	%	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0	0
S	%	0,11	0,28	0,21	0,59	0,11	0,59	0,21	0,3
Mo	ppm	0,32	0,15	0,2	0,01	0,01	0,32	0,13	0,17
Cu	ppm	171,7	12,21	13,6	2,42	2,42	171,7	81,3	49,98
Pb	ppm	4126,92	64,5	12,52	5,28	5,28	4126,92	2049,91	1052,31
Zn	ppm	166,9	61,2	16,9	5,7	5,7	166,9	73,5	62,68
Ni	ppm	0,1	0,1	2,7	0,1	0,1	2,7	1,3	0,75
Co	ppm	0,9	0,3	3,9	0,2	0,2	3,9	1,74	1,33
Mn	ppm	485	281	505	29	29	505	221,77	325
As	ppm	7,6	5,5	2,6	0,1	0,1	7,6	3,28	3,95
U	ppm	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,4	0,15	0,18
Th	ppm	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,05	0,13
Sr	ppm	140	185,2	289,3	214,1	140	289,3	62,68	207,15
Cd	ppm	7,64	2,7	0,4	0,52	0,4	7,64	3,39	2,82
Sb	ppm	1,33	0,1	0,02	0,02	0,02	1,33	0,64	0,37
Bi	ppm	0,1	0,02	0,05	0,02	0,02	0,1	0,04	0,05
V	ppm	21	15	27	23	15	27	5	21,5
La	ppm	1,2	1,1	4,6	0,6	0,6	4,6	1,84	1,88
Cr	ppm	2,8	0,5	5,7	1,4	0,5	5,7	2,27	2,6
Ba	ppm	55,6	23,2	14,8	22,4	14,8	55,6	18,13	29
B	ppm	1	1	8	148	1	148	72,41	39,5
W	ppm	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	0,24	0,25
Sc	ppm	1,4	1,2	2,3	1,1	1,1	2,3	0,55	1,5
Tl	ppm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,02
Se	ppm	1,4	1	1,3	1,1	1	1,4	0,18	1,2
Te	ppm	0,08	0,05	0,14	0,09	0,05	0,14	0,04	0,09
Ga	ppm	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,5	0,2	0,2
Cs	ppm	0,44	0,34	0,34	0,03	0,03	0,44	0,18	0,29
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Hf	ppm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,02
Nb	ppm	0,13	0,07	0,07	0,05	0,05	0,13	0,03	0,08
Rb	ppm	0,6	0,5	0,8	0,2	0,2	0,8	0,25	0,53
Sn	ppm	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,06	0,15
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05
Zr	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Y	ppm	3,94	1,63	6,06	2,05	1,63	6,06	2,03	3,42
Ce	ppm	1,5	1,6	5,1	0,4	0,4	5,1	2,04	2,15
In	ppm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0,02
Be	ppm	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	0,4	0,13	0,28
Li	ppm	0,2	0,1	2,1	0,1	0,1	2,1	0,98	0,63
Pd	ppb	10	10	10	10	10	10	0	10
Pt	ppb	2	2	2	2	2	2	0	2
Hg	ppb	16	5	47	5	5	47	19,86	18,25
Re	ppb	1	1	1	1	1	1	0	1
Ag	ppb	1774	73	124	15	15	1774	852,83	496,5
Au	ppb	24,9	2	1,3	0,2	0,2	24,9	11,89	7,1

Çizelge 2. Acme laboratuvarlarında (Kanada) analizleri yapılan, amfibol gnays örneklerinin jeokimya sonuçlarına göre minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri.

Table 2. Minimum, maximum, standart deviation and arithmetic mean values of amphibole gneiss according to geochemical analyses carried out at Acme Laboratories (Canada).

ELEMENTLER	İÇERİK	AMFİBOL GNAYS							
		YL-18/3	YL-14	YL-55	YL-82	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma	Ortalama Değer
Fe	%	2,49	3,61	1,25	2,07	1,25	3,61	0,98	2,36
Ca	%	3,16	0,66	5,35	0,88	0,66	5,35	2,2	2,51
Mg	%	1,3	1,3	0,43	0,45	0,43	1,3	0,5	0,87
Al	%	2,12	1,96	0,48	0,53	0,48	2,12	0,89	1,27
Na	%	0,089	0,004	0,006	0,014	0,004	0,089	0,04	0,03
K	%	0,17	0,32	0,01	0,02	0,01	0,32	0,15	0,13
P	%	0,01	0,081	0,006	0,017	0,006	0,081	0,04	0,03
Ti	%	0,062	0,074	0,025	0,001	0,001	0,074	0,03	0,04
S	%	0,54	0,34	0,18	0,17	0,17	0,54	0,17	0,31
Mo	ppm	0,01	0,13	0,01	0,16	0,01	0,16	0,08	0,08
Cu	ppm	36,69	223,88	8,73	41,31	8,73	223,88	98,54	77,65
Pb	ppm	64,37	1160,39	7,36	372,15	7,36	1160,39	530,97	401,07
Zn	ppm	161,4	3819	89,4	37,4	37,4	3819	1862,16	1026,8
Ni	ppm	12,3	44,7	0,1	2,6	0,1	44,7	20,54	14,93
Co	ppm	15,1	21,4	3,9	5,2	3,9	21,4	8,33	11,4
Mn	ppm	511	625	218	247	218	625	199,57	400,25
As	ppm	0,1	7,9	0,1	0,2	0,1	7,9	3,88	2,08
U	ppm	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,05	0,13
Th	ppm	0,1	7,3	2,8	3,6	0,1	7,3	2,97	3,45
Sr	ppm	39,3	5,2	31,7	10,8	5,2	39,3	16,34	21,75
Cd	ppm	5,7	10,68	0,19	0,21	0,19	10,68	5,04	4,2
Sb	ppm	0,1	1,03	0,08	0,33	0,08	1,03	0,44	0,39
Bi	ppm	0,05	0,44	0,05	0,29	0,05	0,44	0,19	0,21
V	ppm	68	124	16	22	16	124	50,05	57,5
La	ppm	0,5	16,4	1,7	10,2	0,5	16,4	7,5	7,2
Cr	ppm	16,4	98,6	0,5	2,6	0,5	98,6	46,59	29,53
Ba	ppm	113,2	84,7	14,7	151,2	14,7	151,2	57,67	90,95
B	ppm	103	149	114	144	103	149	22,49	127,5
W	ppm	0,1	3	0,1	0,1	0,1	3	1,45	0,83
Sc	ppm	6,2	12,5	2,1	2,3	2,1	12,5	4,86	5,78
Tl	ppm	0,04	0,14	0,02	0,02	0,02	0,14	0,06	0,06
Se	ppm	1,5	0,1	0,9	1,1	0,1	1,5	0,59	0,9
Te	ppm	0,16	0,13	0,07	0,02	0,02	0,16	0,06	0,1
Ga	ppm	4,9	9,7	2,9	3,1	2,9	9,7	3,16	5,15
Cs	ppm	2,61	6,84	0,06	0,23	0,06	6,84	3,16	2,44
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Hf	ppm	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,03	0,03
Nb	ppm	0,02	0,03	0,2	0,15	0,02	0,2	0,09	0,1
Rb	ppm	7,6	16,5	0,5	0,6	0,5	16,5	7,57	6,3
Sn	ppm	0,2	1	0,5	0,2	0,2	1	0,38	0,48
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,11	0,05	0,11	0,03	0,07
Zr	ppm	0,8	0,1	0,2	0,1	0,1	0,8	0,34	0,3
Y	ppm	2,46	9,76	4,81	5,9	2,46	9,76	3,04	5,73
Ce	ppm	1,4	45,4	4,1	20,5	1,4	45,4	20,21	17,85
In	ppm	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	0,03
Be	ppm	0,1	1,9	0,1	0,3	0,1	1,9	0,87	0,6
Li	ppm	14,9	10,9	4,6	5,2	4,6	14,9	4,91	8,9
Hg	ppb	34	95	9	21	9	95	38,22	39,75
Re	ppb	1	1	1	1	1	1	0	1
Ag	ppb	166	237	7	229	7	237	106,67	159,75
Au	ppb	2,5	14,3	0,5	11,3	0,5	14,3	6,69	7,15

Çizelge 3. Acme laboratuvarlarında (Kanada) analizleri yapılan, cevherli örneklerin jeokimya sonuçlarına göre minimum, maksimum, standart sapma ve ortalama değerleri.

Table 3. Minimum, maximum, standart deviation and arithmetic mean values of ore samples according to geochemical analyses carried out at Acme Laboratories (Canada).

ELEMENTLER	İÇERİK	CEVHER							
		YL-45	YL-21.b	YL-53	YL-35	YL-24	YL-54	YL-10	YL-36
Fe	%	5,45	2,08	2,83	1,06	2,99	0,31	3,45	6,79
Ca	%	3,81	0,2	1,31	0,05	0,16	33,01	0,38	0,34
Mg	%	3,72	0,01	0,7	0,01	0,01	1,07	0,02	0,1
Al	%	3,2	0,05	1,1	0,03	0,02	0,2	0,04	0,09
Na	%	0,01	0,002	0,064	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001
K	%	0,06	0,02	0,14	0,02	0,01	0,06	0,03	0,01
P	%	0,058	0,076	0,068	0,009	0,031	0,018	0,07	0,035
Ti	%	0,065	0,001	0,087	0,001	0,001	0,003	0,001	0,002
S	%	1,16	0,26	0,34	5,45	0,09	0,36	0,61	2,92
Mo	ppm	0,33	1,09	0,88	2,39	1,09	0,49	14,87	2,59
Cu	ppm	145,88	4135,86	134,51	2538,73	1929,6	48,85	2187,24	1544,35
Pb	ppm	562,72	10000	338,67	10000	10000	821,07	10000	10000
Zn	ppm	1129,8	6471,1	201,5	10000	202,8	1756,6	807,3	1496,1
Ni	ppm	57,4	9,2	110,4	2,9	5,3	0,7	18,6	19,5
Co	ppm	35,3	7,8	16,7	5	13,5	1,3	20,7	32,2
Mn	ppm	2479	110	519	71	75	199	86	124
As	ppm	62,8	14,9	4,2	4,2	44,6	0,8	23,7	117,3
U	ppm	0,1	0,5	0,1	1,2	0,2	0,3	0,5	1,3
Th	ppm	1,5	1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,5	0,1
Sr	ppm	144	17,9	20,4	1,6	3,6	539,8	6,5	22,1
Cd	ppm	1,9	17,13	1,57	1878,54	0,29	17,23	9,3	14,8
Sb	ppm	0,9	11,4	0,23	17,78	7,38	0,21	4,64	27,77
Bi	ppm	0,4	17,71	0,53	0,15	22,53	0,04	64,43	53,08
V	ppm	139	2	44	2	10	11	4	3
La	ppm	9,9	0,5	0,7	0,5	0,5	5,8	0,5	0,5
Cr	ppm	215,5	3	107,1	0,5	4,5	2,9	5	12,4
Ba	ppm	88,5	12,5	18,9	1,8	7	3,7	1,9	10,9
B	ppm	12	17	12	1	1	1	15	2
W	ppm	0,2	0,7	0,1	1,1	1,8	0,1	0,9	2,6
Sc	ppm	13,2	0,4	1,8	0,1	0,4	2	0,8	0,9
Tl	ppm	0,11	0,04	0,1	0,09	0,03	0,02	0,02	0,03
Ga	ppm	7,7	0,4	5	1,8	0,3	0,7	0,4	0,4
Cs	ppm	2,86	0,26	0,92	0,59	0,05	0,42	0,64	0,25
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
Hf	ppm	0,19	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nb	ppm	0,04	0,48	0,14	0,61	0,47	0,13	0,42	0,33
Rb	ppm	3,3	1,3	13,2	1,9	0,2	2,9	1,4	0,4
Sn	ppm	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zr	ppm	4,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Y	ppm	10,67	0,87	1,97	0,02	1,46	9,11	0,59	1,85
Ce	ppm	18,6	0,2	1,9	0,1	0,1	5,2	0,3	0,6
In	ppm	0,02	0,03	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,07
Be	ppm	0,8	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,3	0,4
Li	ppm	115,2	0,1	13,7	0,1	0,1	5,6	1	3,3
Se	ppm	0,5	2,2	1,3	0,1	1,2	1,1	0,7	3
Te	ppm	1,26	0,02	0,03	0,02	0,02	0,06	0,02	0,02
Hg	ppb	38	255	21	2933	47	24	131	107
Re	ppb	1	1	1	4	1	1	1	1
Ag	ppb	458	32125	1287	38003	21791	419	37387	51430
Au	ppb	0,6	2326,9	49,1	2571,4	2559,2	11,9	6221,9	7651,3

Çizelge 3. devam

Table 3. continues

ELEMENTLER	İÇERİK	CEVHER							
		YL-28	YL-66	YL-32	İL-2	Minimum Değer	Maksimum Değer	Standart Sapma	Ortalama Değer
Fe	%	1,03	1,15	1,91	1,75	0,31	6,79	1,91	2,57
Ca	%	0,11	1,1	0,12	4,06	0,05	33,01	9,33	3,72
Mg	%	0,05	0,58	0,01	0,06	0,01	3,72	1,07	0,53
Al	%	0,1	0,61	0,04	0,05	0,02	3,2	0,92	0,46
Na	%	0,001	0,045	0,003	0,001	0	0,06	0,02	0,01
K	%	0,04	0,06	0,01	0,01	0,01	0,14	0,04	0,04
P	%	0,028	0,035	0,049	0,038	0,01	0,08	0,02	0,04
Ti	%	0,001	0,102	0,001	0,001	0	0,1	0,04	0,02
S	%	0,33	0,1	0,6	0,16	0,09	5,45	1,6	1,03
Mo	ppm	0,77	0,09	1,29	5,75	0,09	14,87	4,15	2,64
Cu	ppm	1078,24	23,51	1197,61	2496,56	23,51	4135,86	1275,93	1455,08
Pb	ppm	10000	88,62	10000	2322,5	88,62	10000	4753,23	6177,8
Zn	ppm	10000	129,1	10000	769,2	129,1	10000	4221,11	3580,29
Ni	ppm	3,2	31,4	10,2	5,2	0,7	110,4	31,91	22,83
Co	ppm	5,3	8	10,5	4,2	1,3	35,3	11,01	13,38
Mn	ppm	244	118	91	128	71	2479	680,72	353,67
As	ppm	24,3	1,8	30,3	16,5	0,8	117,3	33,51	28,78
U	ppm	0,3	0,1	0,4	0,3	0,1	1,3	0,4	0,44
Th	ppm	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	1,5	0,43	0,41
Sr	ppm	9,2	12,4	3,8	15,1	1,6	539,8	154,05	66,37
Cd	ppm	148,62	0,86	274,24	24,15	0,29	1878,54	535,32	199,05
Sb	ppm	6,36	0,07	9,41	3,55	0,07	27,77	8,34	7,48
Bi	ppm	0,95	0,03	0,1	5,87	0,03	64,43	22,43	13,82
V	ppm	8	34	353	7	2	353	102,54	51,42
La	ppm	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	9,9	2,97	1,78
Cr	ppm	7,1	61,5	33	4,7	0,5	215,5	64,42	38,1
Ba	ppm	35	24	6,1	0,5	0,5	88,5	24,62	17,57
B	ppm	1	1	1	1	1	17	6,47	5,42
W	ppm	1,9	0,1	1,6	1	0,1	2,6	0,83	1,01
Sc	ppm	1,2	2,1	1,1	0,4	0,1	13,2	3,58	2,03
Tl	ppm	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,11	0,03	0,05
Ga	ppm	1,3	2,5	0,7	0,4	0,3	7,7	2,3	1,8
Cs	ppm	1,3	0,71	0,39	0,39	0,05	2,86	0,75	0,73
Ge	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,09	0,13
Hf	ppm	0,02	0,07	0,02	0,02	0,02	0,19	0,05	0,04
Nb	ppm	0,15	0,02	0,36	0,46	0,02	0,61	0,2	0,3
Rb	ppm	2,5	4,2	0,9	0,7	0,2	13,2	3,52	2,74
Sn	ppm	0,6	0,4	0,4	0,2	0,1	0,6	0,15	0,29
Ta	ppm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05
Zr	ppm	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	4,5	1,26	0,53
Y	ppm	1,35	3,17	1,42	1,01	0,02	10,67	3,42	2,79
Ce	ppm	1,1	1	0,2	0,5	0,1	18,6	5,27	2,48
In	ppm	0,02	0,02	0,09	0,02	0,02	0,09	0,02	0,03
Be	ppm	0,5	0,1	0,9	0,1	0,1	0,9	0,26	0,36
Li	ppm	0,3	10,3	0,1	1,3	0,1	115,2	32,62	12,59
Se	ppm	3	0,9	0,7	0,9	0,1	3	0,94	1,3
Te	ppm	0,02	0,04	0,08	0,06	0,02	1,26	0,35	0,14
Hg	ppb	1361	5	460	52	5	2933	869	452,83
Re	ppb	1	1	1	1	1	4	0,87	1,25
Ag	ppb	22642	189	18568	9147	189	51430	17569,81	19453,83
Au	ppb	231,7	8,2	1002,9	1602	0,6	7651,3	2531,72	2019,76

Jeostatistik

Örnek sayısının ve analiz verilerinin fazla olması nedeniyle, bu bölümde korelasyon analizleri yöntemi denenmiştir. Korelasyon analizlerinde bazı değerlerin verilen rakamlardan büyük ($>$) biçiminde laboratuvarlar tarafından gösterilmesi nedeniyle, o rakamlar gerçek rakam biçiminde değerlendirilmeye sokulmuştur. Örneğin, Pb'nin >10000 şeklindeki laboratuvar sonucu, jeostatistik yorumda Pb=10000 biçiminde alınarak, jeostatistik yaklaşımlar sağlanmaya çalışılmıştır.

Korelasyon analizlerinde önce cevher örnekleri kendi içlerinde, daha sonra cevher-mermer örnekleri birlikte, sonra cevher-amfibolit örnekleri ve en sonunda cevher-mermer-amfibolit örnekleri beraber değerlendirmeye alınmıştır.

12 adet cevher örneğine özgü korelasyon katsayısı değerleri ve korelasyonda kullanılan element içerikleri, 12 adet cevher ile 4 adet mermer örneğine özgü korelasyon katsayıları ve element içerikleri, 12 adet cevher ile 4 adet amfibol gnays örneğine özgü korelasyon katsayıları ve element içerikleri ve 12 adet cevher, 4 adet mermer ile 4 adet amfibol gnays örneğinin korelasyon katsayıları ve element içerikleri İlbars, 2006'da sunulmuştur.

Korelasyon katsayısının çok sayıda olması ve nokta dağılımlarının anlamlı bir biçimde sergilenmesi amacıyla, korelasyon katsayısı yüksek olan çiftlere özgü grafiksel dağılımlar İlbars, 2006'da ayrıca verilmiştir. Aynı grafiksel dağılımlarda bazı elementlerin çok dar aralıklarda değişim göstermesi nedeniyle, aynı örneklerin log dağılımları da aynı çalışmada değerlendirmeye sokulmuştur. Şekil 27'de bu grafiksel dağılımlardan seçilen birkaç örnek sunulmaktadır.

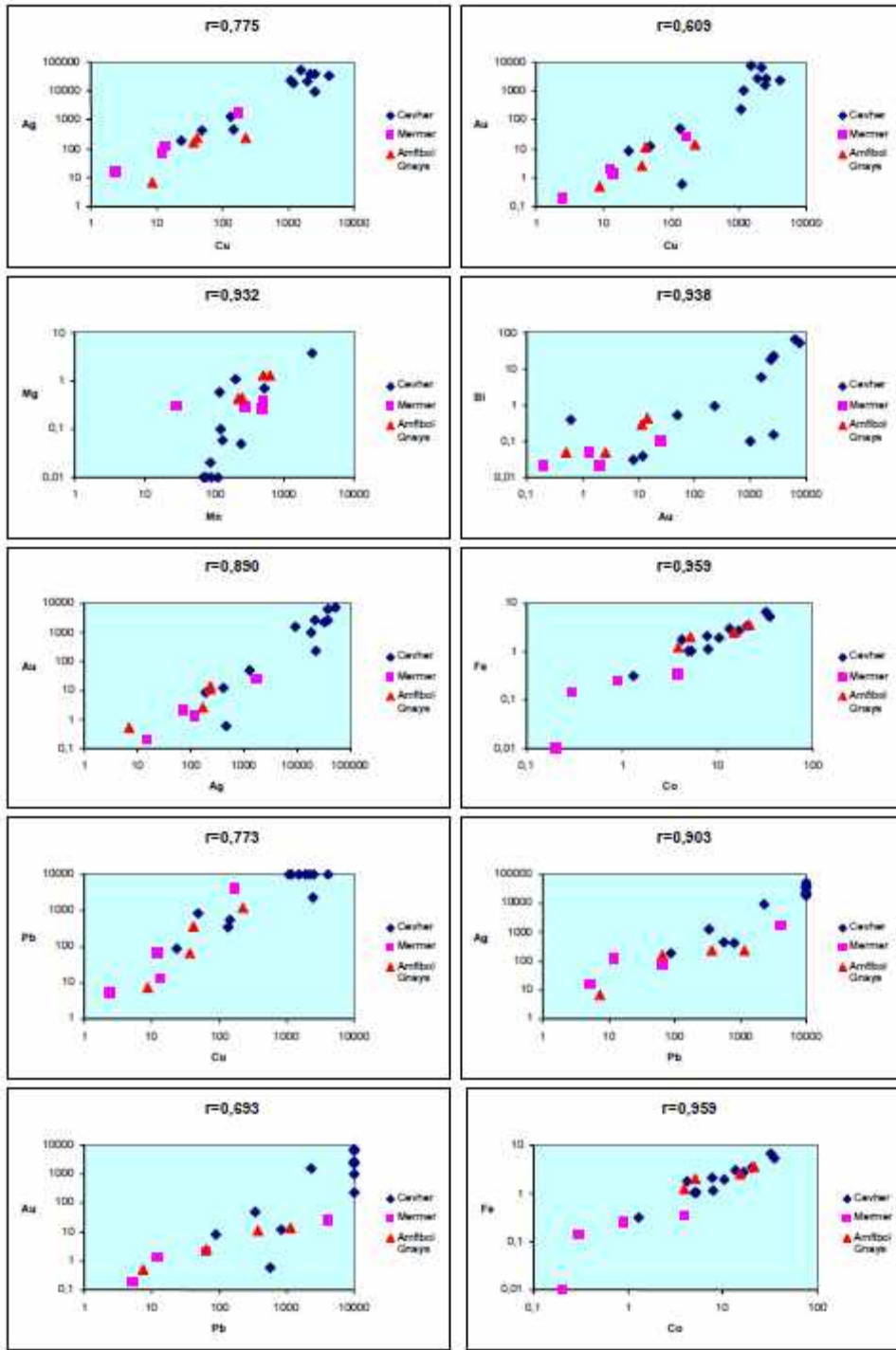
Cevher, mermer ve amfibol gnays örneklerine özgü element çiftlerine ait korelasyon katsayı değerleri incelendiğinde (İlbars, 2006), bir çok element çiftine ait korelasyon katsayısının olduğu görülmektedir. Tüm bu çiftlere ait korelasyon katsayıları içerisinde yüksek korelasyon katsayılı değerler (bu çalışmada $r > \sim +0,500$ ve $r < \sim -0,500$ değerleri herhangi bir istatistik yorumlama yapılmaksızın yüksek değerler olarak kabul edilmiştir) değerlendirilmeye çalışılacaktır.

Değerlendirmeyi daha da anlaşılır kılabilmek için, anlatımda element grup sıralamasında herhangi bir jenetik yorum yapılmaksızın istatistiksel programlar tarafından yapılan değerlendirmelere doğrudan bağlı kalınarak, aşağıdaki sıra tercih edilmiştir:

- Pb, Zn, Cu
- Au, Ag
- Fe, Mn, Ni, Co, Ti, Cr
- Ca, Mg, Ba
- K, Na, Al, Rb

Pb elementi; Zn, Ag, Au, Bi, Sb, Hg, W, Nb, In, U elementleri ile pozitif korelasyon gösterirken, Ti ve Y ile negatif korelasyon göstermiştir. Zn elementi; Sb, Cd, S, Hg, Nb, W ve U ile pozitif ilişkilidir. Cu elementi; Zn, Pb, Au, Ag, Bi, Sb, Nb, U elementleri ile pozitif ilişkilirken, Ca, Mg, Ba ve Y elementleri ile negatif korelasyon göstermiştir.

Au elementi; Bi, Sb, S, Ge, Nb, W ile pozitif, Y elementi ile negatif korelasyon sergilemiştir. Ag ise; Au, Bi, Sb, Fe, S, Hg, Ge, Nb, In, W ve U elementleri ile artan bir ilişki gösterirken, Ca, Mg, Ba, Ti ve Y elementleri ile azalan bir ilişki göstermiştir.



Şekil 27. Cevher, mermer ve amfibol gnays örneklerinin artan ilişkili element çiftlerinin log dağılımları.

Figure 27. Log distributions of positive relationships showing element pair at ore, marble and amphibole gneiss samples.

Fe elementi; Au, Al, As, Sb, Bi, P, Cr, Ga, Ge, Hf, Zr, In, Sc, W, Li elementleri ile pozitif, Ca ve Sr ile negatif korelasyon, Mn elementi; Al, Mg, Ti, Fe, Cr, Bi, Ga, Te, Tl, Sc, Zr, Ce, Cs, Hf, Y, Li ile pozitif, Ca ile negatif korelasyon sergilemiştir. Ni elementi; Fe, Mn, Ca, Cr, Mg, Ti, P, Na, K, Al, Rb, Ga, Tl, Sc, Li ile artan bir ilişki göstermiştir. Co elementi; Fe, Mn, Cr, P, Mg, Au, Bi, As, Al, Ga, Te, Tl, Sc, Cs, Zr, Be, Li, Hf, Ge ile pozitif, Ca ile negatif korelasyon göstermiştir. Ti elementi; K, Na, Al, Ga, Rb, Hf, Cs, Sc, Tl, Sn, Li ile artan bir ilişki içerisindeyken, Nb ile azalan bir ilişki sergilemiştir. Cr elementi; K, Al, Ti, Mg, Ga, Rb, Hf, Cs, Ce, Te, Tl, Y, Zr, Sn, Be, Li, Sc ile pozitif korelasyon göstermiştir.

Ca elementi; P, Nb, W ve Sn ile negatif korelasyon gösterirken, Mg elementi; Al, Ti, Ba, Ga, Te, Tl, Sc, Cs, Hf, Y, Zr, Se, Li ile pozitif, Nb ile negatif korelasyon göstermiştir. Ba elementi ise; K, Al, Ga, Be, Sc, Cs, Ta, Y, Ce ile pozitif, Nb ile negatif ilişki sergilemiştir.

K elementi; Rb, Ba, Y, Ga, Tl, Sc, Cs, Ce, Sn ile pozitif, Nb ile negatif, Na elementi; Rb, K ve Ga ile pozitif, Al elementi; Na, K, Rb, Zr, Y, Ce, Sc, Li, Be, Hf, Cs, Ga, Te, Tl, Sn ile pozitif, Nb ile negatif, Rb ise; Be, Sn ve Ce elementleri ile pozitif korelasyon göstermiştir.

Tüm örnekler için (cevher, mermer ve amfibol gnays) yukarıda anlatılmış olan element çiftlerine özgü korelasyon katsayıları değerlerinin yorumlanmasında ortaya çıkan sonuç, konunun daha anlaşılır ve daha düzenli sunulabilmesi düşüncesinde, Çizelge 4'de tablosal bir anlatım bütününde öz bir biçimde sunulmaya çalışılmıştır. Bu çizelgede, istatistik programları ile buluna bazı ilişkiler genetik açıdan değerlendirilerek bazı elementler çıkartılmıştır.

Korelasyon analizlerinde değerlendirmeye sokulmuş bulunan element çiftlerine özgü bazı elementlerin minimum, maksimum, ortalama

değer ve standart sapmalarının çok küçük aralıklar içerisinde değiştiği düşünüldüğünde, buraya kadar yapılan jeokimya-jeostatistik çalışmalarına göre özgünleşen yoğun element dağılımları göz önüne alınarak, kökensel yoruma daha anlamlı ulaşabilmek için, ön planda olan ve genetik anlam taşıyan elementlerin değerlendirilmesinin pratikte daha anlamlı olacağı düşünülmüştür. Bunun için tüm sonuçlar aşağıdaki biçimde bir kez daha yorumlanmıştır. Bu yorumlama olası kökensel anlamlar da göz önüne alınarak, Çizelge 5'da toplu biçimde sunulmuştur.

Tüm örnekler için yapılan korelasyon analizleri yorumlamaları yalnızca cevher örnekleri için yapıldığında (İlbars, 2006'da görüldüğü gibi) çok genel anlamda; Na, K, Mg, Cr, Ti elementlerinin bir grubu oluşturduğu, Cu, Pb, Ag'nin bir diğer grubu oluşturduğu görüşü ön plana çıkmaktadır. Cevher ve mermer örneklerine ait korelasyon tablosu değerlendirildiğinde (İlbars, 2006); Ca, Mg, Sr'un bir grubu oluştururken, Fe, Cu, Pb, Ag, Co elementlerinin bir diğer grupta yoğunlaştığı görülmüştür. Cevher ve amfibol gnays örneklerinin korelasyon katsayıları değerlendirildiğinde (İlbars, 2006); Na, Al, Ba, Mg, Ti elementleri bir grupta yoğunlaşırken, Cu, Pb, Ag elementlerinin diğer bir grupta yoğunlaştığı gözlenmiştir. Tüm örneklere (cevher, mermer ve amfibol gnays) özgü korelasyon katsayıları değerlendirildiğinde ise (İlbars, 2006), çok genel anlamda; Mg, Ca, Sr, Ti, Ba elementleri bir grubu oluştururken, Pb, Cu, Fe, Co elementleri diğer grubu oluşturmaktadır (Çizelge 5).

Çanakale-Altınoluk (Papazlık) mevki Pb-Zn cevher yatağına özgü tüm jeokimyasal ve jeostatistiksel veriler sonucu ortaya çıkmış bulunan element grupları, jeokimya-jeostatistik bölümünün son cümlesi olarak aşağıdaki biçimde özetlenmiştir:

1. GRUP- Pb, Cu, Ag, Fe, Co, (Mn)*, (Ni), (Zn), (Au); [cevher],
2. GRUP- Ti, Cr, Mg, Ca, Sr, Al; [bazık kayaç+karbonat],
3. GRUP- Na, K, Rb, Ba; [muhtemel hidrotermal etki].

*() içindeki elementlerin grup içindeki birbirleriyle olan ilişkileri çok kuvvetli değildir.

Çizelge 4. Tüm örneklerin (cevher, mermer ve amfibol gnays) analizlerine özgü element çiftlerinin birbiriyle olan ilişkileri ve olası anlamları.

Table 4. Relationships of element pairs and their probable meanings due to the whole (ore, marble and amphibole gneiss) sample analyses.

CEVHER	Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Co, Ag, Au Bi, Cd, Sb, Hg, As, P, Ba, S	* Ca, Sr, (Mg, Ti, Al)	Ba, Nb
	Ge, Ga, Sc, Ce, Te, Tl, In, W, U, Nb, Y, Zr, Hf	BAZİK BİLEŞİM + KARBONAT	HİDROTERMAL ETKİ(?)
BAZİK BİLEŞİM + MUHTEMEL HİDROTERMAL ETKİ	(Mg, Ti, Cr, Al, Na, K, Rb)		

() içindeki elementler her iki grupta da yer alabilirler.

*Çift çizginin sağ ve solundaki elementler kendi grupları içinde pozitif korelasyon (artan ilişkili dağılım), karşı gruplar arasında ise negatif korelasyon (eksilen ilişkili dağılım) sergilerler.

Çizelge 5. Cevher, cevher+mermer, cevher+amfibolit, cevher+mermer+amfibol gnays örneklerine özgü belli başlı elementlere ait jeostatistik birliktelikler.

Table 5. Geostatistical assemblages of some given elements at ore, ore+marble, ore+amphibole gneiss and ore+marble+amphibole gneiss associations.

CEVHER			
Na K	Muhtemel hidrotermal etki	*	Cevher
Ti Cr Mg	Bazik Bileşim	Pb Cu Ag	
CEVHER + MERMER			
Ca Mg Sr	Karbonat	* Pb Cu Ag Fe Co	Cevher
CEVHER + AMFİBOL GNAYS			
Mg Ti Al	Bazik bileşim	*	Cevher
Na Ba	Muhtemel hidrotermal etki	Pb Cu Ag	
CEVHER + AMFİBOL GNAYS			
Mg Ca Sr Ti	Bazik bileşim + karbonat	*	Cevher
Ba	Muhtemel hidrotermal etki	Pb Cu Fe Co	

*Çift çizginin sağ ve solundaki elementler kendi grupları içinde pozitif korelasyon (artan ilişkili dağılım), karşı gruplar arasında ise negatif korelasyon (eksilen ilişkili dağılım) sergilerler.

TARTIŞMA

Çanakkale-Altınoluk (Papazlık) mevki Pb-Zn cevherleşmelerinin köken tartışmasına girebilmek için, MVT (Mississippi Vadisi Tipi) yatakları ile SEDEX tip yataklarının genel özelliklerinin literatür çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmış kısa bir derlemesi olan Ayhan ve diğ., 1992'nin yayını esas alınarak, bu bölümde verilmesinde yarar görülmüştür.

MVT yataklar yakın çevrelerinde magmatik kayaların gözlenmediği, yanal olarak km² lere varan yaygın yayımlı, 10 m'den daha az kalınlıklı, basit mineralojili oluşumlardır. Özellikle düşük gümüş içerikli galenit, düşük demir içerikli sfalerit, flüorit ve barit, nadir pirit ve markasit mineralleri önemli bileşenleridir. Genelde cevherleşmeler damar şekilli olup, kıvrımlanmalarla ilişkili eklem dolguları ve çözelti-collapse (çöküntü) breş dolguları önemli yataklanma tiplerini oluşturmasına karşın, çoğunlukla dolomit ve dolomitleşmiş kireçtaşlarından oluşan sedimanter ana kayalarla katmanlanmış stratabound ornatma uyumsuzlukları biçiminde gelişim gösterirler. Çözelti aktiviteleri çok yaygındır. Bazı cevherleşmeler kesinlikle ornatma kökenliken, çoğu cevherleşmeler çözelti breşleri içinde boşluk dolguları biçiminde konumlanırlar. Çok büyük sedimanter havzaların kenarlarında, sığ derinliklerde ve yapısal açıdan pasif, orojenik olmayan alanlarda yer alırlar. Kökensel kriterleri açısından sinjenetik, diyajenetik ve epijenetik tipler olarak tartışılmalarına karşın (Ohle, 1959; Snyder, 1967; Anderson, 1975; Roedder, 1976; Vaughan ve Craig, 1978; Giordano ve Barner, 1981; Sverjensky, 1984; Guibert ve Park, 1986; Pratt, 1990), genelde Snyder, 1967'nin kriterlerine göre, epijenetik tip ve "şüpheli magmatik ilişkili yataklar" grubuna dahil olurlar.

SEDEX tip yataklar ise çoğunlukla Prekambriyen ve Paleozoyik yaşlı sedimanter ana kayaçlı litolojiler içerisinde yer alırlar. Galenit ve sfalerit minerallerinin çok yaygın olduğu, pirit ve pirotinlere sıkça rastlanıldığı mineralojileri tipiktir. Gümüş ve demir içerikleri yüksektir. Mineral zonlanmaları özgün özelliklerindedir. Derin deniz sedimanları içerisinde yataklanabilecekleri gibi sığ sedimanlar içinde de yer alabilirler. Karbonat ve şeyl ana kayaçlar içerisinde yer alan sinjenetik ve diyajenetik Pb-Zn cevherleşmeleri fazlaca incelenmiş örneklerindedir. Yatakların volkanizmayla doğrudan ilişkileri bulunmamasına rağmen, pek çok yatak bazı bölgesel volkanik aktiviteler ile aynı yaşlı veya stratigrafik dizilimindeki alt kesimlerinde önemli miktarlarda volkanik malzemenin yer aldığı havzalarda oluşurlar. Sediman anakayaçlı stratiform Cu,Pb-Zn yatakları volkanojenik masif sülfid yataklarından eşlik olundukları volkanizmanın bulunmaması ile MVT yataklarından ise sedimanların depolanmalarına göre erken mineralizasyon zamanı, ana sedimanlar ile daha büyük uyumluluk, daha yüksek demir sülfid ve Ag oran ve içerikleri ile ayrılırlar (Gustafson ve Williams, 1981; Large, 1981; Lydon, 1983; Edwards ve Atikson, 1986), (Çizelge 6).

Çizelge 6. MVT ve SEDEX tip yataklara özgü önemli parametreler (Pratt, 1990'dan genelleştirilmiştir).

Table 6. Some important parameters of MVT SEDEX type ore deposits (generalized from Pratt, 1990).

PARAMETRELER	MVT	SEDEX
Sıcaklık	~100-150 °C	~100-300 °C
Tuzluluk	1-3 m	0,5-3 m
pH	4-7	3,5-6
eS	10 ⁻³ -10 ⁻² m	10 ⁻³ -10 ⁻² m
fO ₂	10 ⁻⁵⁸ -10 ⁻⁴⁶	10 ⁻⁵⁰ -10 ⁻³⁸
Metaller	<u>Zn</u> , <u>Pb</u> , Fe, Cu, Ba	<u>Zn</u> , <u>Fe</u> , <u>Pb</u> , Cu, Ba, Ag
Rezerv	<10 ⁻⁶ ->10 ⁶ t	>10 ⁷ t
Tenör	4-6 % Zn+Pb	10-15 % Zn+Pb

Çok genel anlamda SEDEX ve MVT yataklar arasında kökensel kritik, sinjenetik ve epijenetik oluşum biçimlerinin tartışmasını bünyesinde barındırır. Cevherli eriyiklerin (metallerin ve/veya sülfidlerin) içinde yer aldıkları kayaçların birincil minerallerinin oluşumu esnasında mı, yoksa oluşumundan sonra mı ortama geldikleri tartışması, köken irdelemelerindeki problemin odağını teşkil eder. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, sinjenetik oluşumları (SEDEX) besleyen kanalların, epijenetik oluşumları (MVT) karakterize ettikleri konusunda iki oluşum tarzının birbiriyle ilişkili, oluşum mekanizmaları ve karakteristikleri açısından bir sürekliliğin devamlılığı oldukları biçiminde, birleştirilmiş modeller şeklinde modern bulgular da sunulmaktadır (Gustafson ve Williams, 1981; Pratt, 1990).

Çanakale-Altınoluk (Papazlık) Pb-Zn cevherleşmelerinde Pb-Zn-Cu-Au içerikleri, gerek mermer, gerek amfibol gnays, gerekse cevher örnekleri göz önüne alınarak yapılan Çizelge 7 aşağıda verilmiştir. Bu çizelgedeki

analizlerin tamamı MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu tablo dikkatli biçimde incelendiğinde, mermerler ve amfibol gnayslar içerisinde Pb, Zn, Cu ve Au elementlerinin bazı örneklerde yüksek içerikler sergiledikleri gözlenmektedir. Özellikle granit dokanağından uzak, aynı zamanda cevher ocağına da uzak olan mermer örneklerinde bu içeriklerin yüksek çıkması (hiçbir hidrotermal kirlenme olmadığı düşünüldüğünde), düşündürücüdür. Aynı şekilde cevher ocağına uzak amfibol gnays örneklerinde de Pb ve Zn değerlerinin yüksek çıkmasının anlamının anlaşılması bir gereklilik gibi gözükmemektedir.

Bu verilerin test edilebilmesi amacıyla bu defa Kanada Acme laboratuvarlarında aynı örnekler yeniden analiz edilmiş ve Pb, Zn, Cu ve Au içerikleri bu defa Çizelge 8'de sunulmuştur. Bu tabloda cevher ocağına uzak, ancak granit dokanağına yakın ve uzak konumda olan mermer örneklerin Pb-Zn-Cu içeriklerinin 5-20 ppm arasında değiştiği, ancak granitik etkiden kaynaklanan herhangi bir zenginleşmenin olmadığı gözlenmektedir.

Amfibol gnays örneklerinde ise, cevhere uzak amfibol gnayslarda Pb içerikleri 7-372 ppm, Zn içerikleri 37-89 ppm, Cu içerikleri ise 9-42 ppm arasında değişmektedir.

Bu koşullarda cevherin içerisinde yer aldığı mermer-amfibol gnays aralanmalı Fındıklı formasyonuna özgü litolojilerin, volkanosedimanter bir istifin metamorfizması sonucu oluştuğu düşünüldüğünde (Duru ve diğ., 2004), yukarıdaki sonuç anlam taşımaktadır. Kanada Acme laboratuvarlarında yapılan analizlerde (Çizelge 1-3), örneklerde Cr elementinin 215 ppm kadar, Co elementinin 35 ppm'e kadar, Ni elementinin 110 ppm'e kadar ve Ti elementinin 1020 ppm'lere kadar çıkabilmesi, volkanosedimanter istifin volkanitlerinin bazik volkanik kökenli olabileceğini ve istifin bazik volkanik+karbonat litolojilerinin aralanmalı çökmesinin bir sonucu olduğu doğrultusunda Duru ve diğ., 2004'ün düşüncelerine paralellik gösterdiğine, az örnekle yapılan analizlerde dahi olsa işaret edilebilmektedir.

Çizelge 7. MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılan bazı cevher elementlerine ait analiz sonuçları.

Table 7. Analytical results of some ore elements made in MTA General Directorate laboratories.

Örnek No		Pb	Zn	Cu	Au	
		ppm	ppm	ppm	ppb	
MERMER	YL-7	Cevher ocağına yakın mermer	760	300	142	<40
	YL-19	Cevher ocağına yakın mermer	47100	680	<5	<40
	YL-79	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağına yakın)	290	30	<5	<40
	YL-76	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağından uzak)	47100	300	<5	<40
AMFİBOLİT	YL-18/3	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	40800	200	<5	<40
	YL-14	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	754	3400	182	<40
	YL-55	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	28000	200	<5	<40
	YL-82	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	47100	1080	<5	40
CEVHER	YL-45	Galenitce fakir cevher	47100	800	95	40
	YL-21.b	Galenitce zengin cevher	88	5200	3880	2030
	YL-53	Sfaleritce fakir cevher	320	200	82	<40
	YL-35	Sfaleritce zengin cevher	2200	64200	2600	2200
	YL-24	Kalkopiritce zengin cevher	3540	2600	1860	1920
	YL-54	Kalkopiritce fakir cevher	64	1600	8	80
	YL-10	Altın minerali içeren cevher	16	800	125	7100
	YL-36	Altın minerali içeren cevher	18	1600	1692	6000
	YL-28	Altın minerali içeren cevher	102	47600	1108	210
	YL-66	Rutilce zengin cevher	1260	200	<5	<40
	YL-32	Rutilce fakir cevher	42	29200	1200	1900
	İL-2	Altın minerali içeren cevher	310	600	24	2300

Bu koşullarda amfibol gnays ve mermer örneklerinin metamorfizma öncesindeki bünyelerinde bulunabilecek çok düşük ppm mertebelerindeki Pb, Zn, Cu element konsantrasyonları, metamorfizma ve deformasyonun etkisi ile yapıyı kateden kırık sistemlerinde daha zengin cevher kütlelerine neden olabilirler. Bununla birlikte, metamorfizma öncesindeki olası element zenginleşmelerinin MVT ve SEDEX oluşumlar bağlamında değerlendirilmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Gerek MVT, gerekse SEDEX tip element zenginleşmelerinin, mermerlerin metamorfizma öncesi eşleniği olan karbonatlar içerisinde veya amfibol gnaysların metamorfizma öncesi eşleniği olan bazik volkaniklerin içinde aranması doğal bir süreçtir. Ancak daha sonradan oluşmuş kırık zonlarındaki mobilizasyonların (\pm granitik kayaç etkileri ve granitik sıvılar), bugünkü cevherin şekillenmesinde etkin olabileceği gerçeği de gözden kaçırılmamalıdır.

Çizelge 8. Kanada ACME laboratuvarlarında yapılan bazı cevher elementlerine ait analiz sonuçları.

Table 8. Analytical results of some ore elements made in Acme Laboratories, Canada.

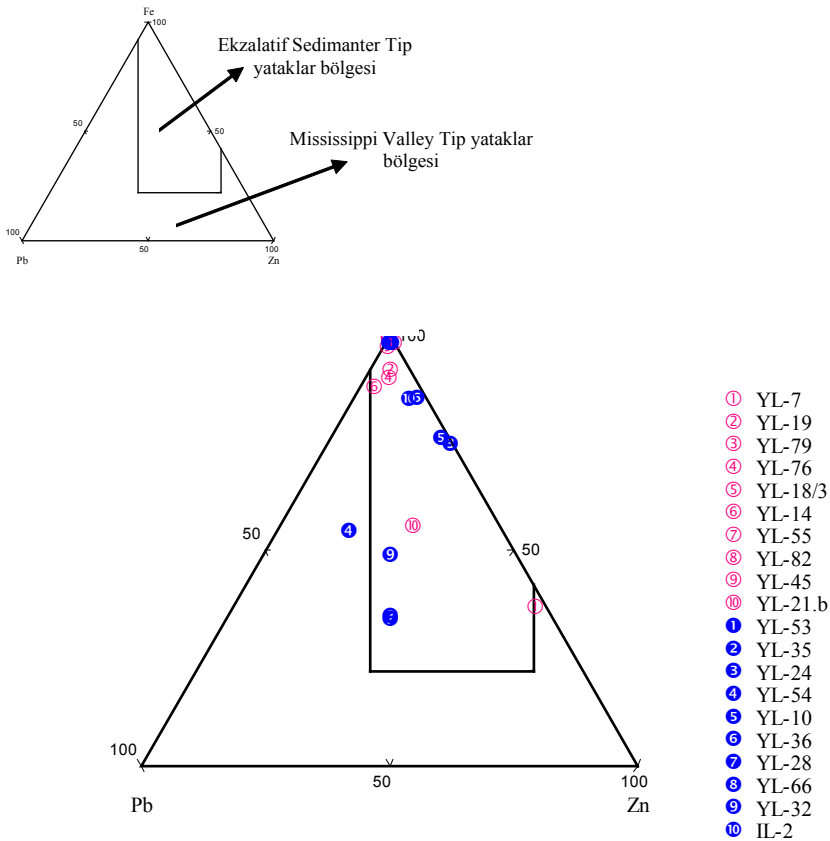
Örnek No			Pb	Zn	Cu	Au
			ppm	ppm	ppm	ppb
MERMER	YL-7	Cevher ocağına yakın mermer	4126.92	166.9	171.70	24.9
	YL-19	Cevher ocağına yakın mermer	64.50	61.2	12.21	2.0
	YL-79	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağına yakın)	12.52	16.9	13.60	1.3
	YL-76	Cevher ocağına uzak mermer (granit dokanağından uzak)	5.28	5.7	2.42	<0.2
AMFİBOLİT	YL-18/3	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	64.37	161.4	36.69	2.5
	YL-14	Cevher ocağına yakın amfibol gnays	1160.39	3819.0	223.88	14.3
	YL-55	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	7.36	89.4	8.73	0.5
	YL-82	Cevher ocağına uzak amfibol gnays	372.15	37.4	41.31	11.3
CEVHER	YL-45	Galenitce fakir cevher	562.72	1129.8	145.88	0.6
	YL-21.b	Galenitce zengin cevher	>10000	6471.1	4135.86	2326.9
	YL-53	Sfaleritce fakir cevher	338.67	201.5	134.51	49.1
	YL-35	Sfaleritce zengin cevher	>10000	>10000	2538.73	2571.4
	YL-24	Kalkopiritce zengin cevher	>10000	202.8	1929.60	2559.2
	YL-54	Kalkopiritce fakir cevher	821.07	1756.6	48.85	11.9
	YL-10	Altın minerali içeren cevher	>10000	807.3	2187.24	6221.9
	YL-36	Altın minerali içeren cevher	>10000	1496.1	1544.35	7651.3
	YL-28	Altın minerali içeren cevher	>10000	>10000	1078.24	231.7
	YL-66	Rutilce zengin cevher	88.62	129.1	23.51	8.2
	YL-32	Rutilce fakir cevher	>10000	>10000	1197.61	1002.9
	İL-2	Altın minerali içeren cevher	2322.50	769.2	2496.56	1602.0

YORUM

Kimyasal analiz sonuçları Şekil 28’de görülen Fe, Pb ve Zn üçgen diyagramı üzerine taşındığında, gerek yankayaçlar, gerekse cevher örneklerinin tamamı ekzalatif sedimanter tipe özgü alan içinde yer almaktadır. Aynı sonuçlar Şekil 29’da gösterilen Cu, Ag $\times 10^3$ ve Pb+Zn üçgen diyagramı üzerine taşındığında ise, yine örneklerin tamamına yakın bir kısmı ekzalatif sedimanter tipe (SEDEX’e) yakın alanda yoğunlaşmaktadır.

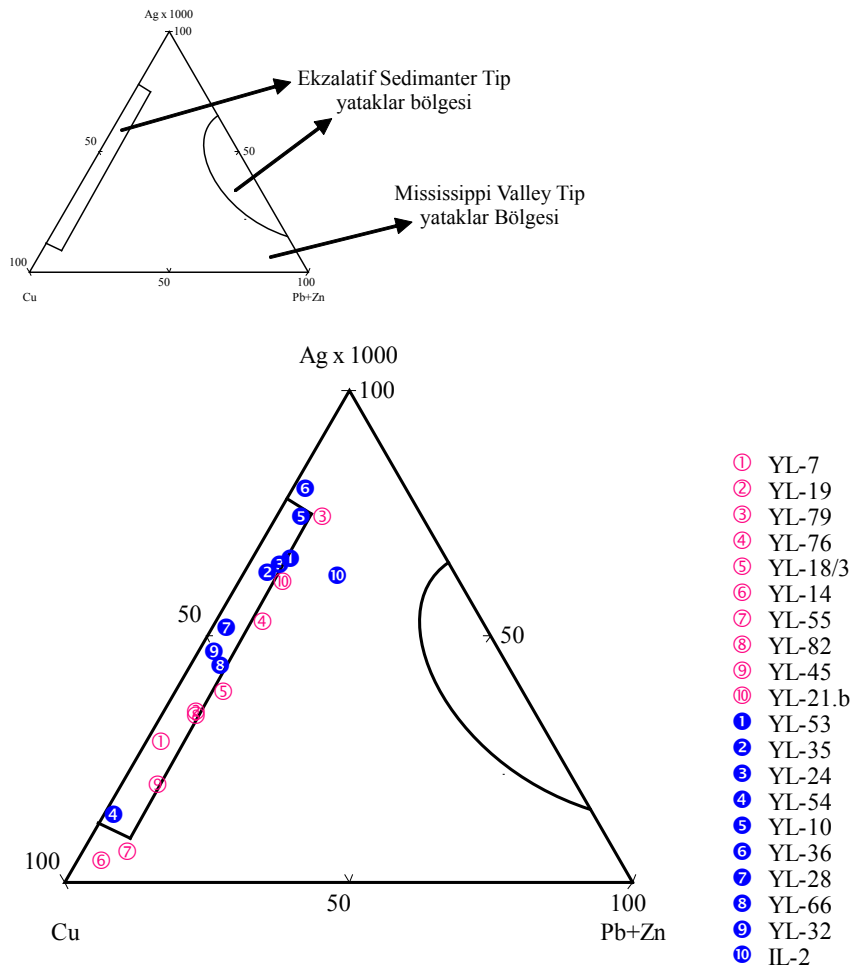
Bukoşullardacevherleşmeye metal sağlayan elementlerin kaynağının, metamorfizma öncesi SEDEX tipe yakın olabileceği (karbonatlar içerisinde olabilecek MVT tip zenginlikleri

de göz ardı etmemek koşuluyla), ancak daha sonraki metamorfizma ve deformasyon etkisi ile bu element konsantrasyonlarının kırıklar boyunca daha da zenginleşeceği düşünülmektedir. Buradaki kritik nokta yukarıda sunulmuş modelde sistemi etkileyen eriyik ve sıvıların metamorfik+meteorik sular ağırlıklı sıvılardan oluştuğu gerçeğidir. Ancak bölgede (harita alanı içerisinde) granitik kayalara rastlanılmış olması ile, zenginleşmeye özgü hidrotermal döngü içerisinde magmatik sıvıların da sisteme dahil olabileceği gerçeğinden uzak kalınmamalıdır. Konvektif sistemler içerisinde tüm bu sıvıların birlikte hareket edebileceği karışık sıvılar da, aynı modelde öncülük edebilirler.



Şekil 28. Pb- Zn-Fe üçgen diyagramı (Gustafson ve Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 ve Pratt, 1990’dan alınmıştır).

Figure 28. Pb-Zn-Fe triangle diagramme (after Gustafson and Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 and Pratt, 1990).



Şekil 29. Cu- $Ag \times 10^3$ - Pb+Zn üçgen diyagramı (Gustafson ve Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 ve Pratt, 1990'dan alınmıştır).

Figure 29. Cu- $Ag \times 10^3$ - Pb+Zn triangle diagramme (after Gustafson and Williams, 1981; Lydon, 1983; Sanster, 1983 and Pratt, 1990).

Bu çalışma bir yüksek lisans tez çalışması kapsamında elde edilebilen veriler ışığında oluşturulmuştur. Cevherleşmenin kökensel anlamda daha iyi anlaşılabilmesi, ileride çok sayıda örnekle yapılacak; sıvı kapanım, tuzluluk ve izotop çalışmaları ile mümkün olabilecektir.

Bu çalışma ile metamorfizma öncesi SEDEX ağırlıklı element zenginleşmelerinin, metamorfizma sırasında ve sonrasındaki etkileşimlerle (\pm granitik etkiler ?), bugünkü konumlarını alabileceği varsayımına işaret edilmektedir.

SONUÇLAR

1. Çalışmada Çanakkale-Altınoluk (Papazlık) ilçesi çevresinde yüzeyleyen Fındıklı formasyonuna özgü, amfibol gnays ve mermerler içerisinde, yer yer yan kayaçlar ile uyumlu, yer yer de yan kayaçları kateden, Pb-Zn cevherleşmesinin köken araştırmaları amaçlanmıştır.

2. Çalışma sahasında jeolojik ve mineralojik çalışmalarla; Fındıklı formasyonuna ait muhtemel amfibolit fasiyesinde metamorfize olmuş farklı kimyalardaki amfibol gnayslar ile şist ve mermerler ile Biga Yarımadası granitoidlerine özgü granitik kayaçlar ve Küçükkuyu formasyonuna ait volkanik kayaçlar tanımlanmıştır.

3. Cevherli seviyeler içerisindeki cevher mineralleri; galenit, pirit, kalkopirit, sfalerit, pirotin, altın, hematit, rutil, ilmenit ve ornatım ürünleri olarak; limonit, malahit ve kovellinden oluşmaktadır.

4. Jeokimya çalışmalarına göre, mermer örneklerinde ortalama içerikler; Pb için 1052 ppm, Zn için 63 ppm, Cu için 50 ppm, Fe için %0,19, Ag için 497 ppb ve Au için 7 ppb biçiminde değişmektedir. Amfibolit örneklerinde ortalama içerikler; Pb için 401 ppm, Zn için 1027 ppm, Cu için 78 ppm, Fe için %2,36, Ag için 16 ppb ve Au için 7 ppb şeklindedir. Cevher örneklerinde ise ortalama içerikler; Pb için 6178 ppm, Zn için 3580 ppm, Cu için 1455 ppm, Fe için %2,57, Ag için 19453 ppb ve Au için 2020 ppb'dir.

5. Jeostatistik çalışmalar sonucunda, 3 grup element birlikteliği saptanmıştır. Bunlardan 1. grup cevherli zona ait olup; Pb, Cu, Ag, Fe, Co, \pm Mn, \pm Ni, \pm Zn ve \pm Au elementleri ile karakterize edilmektedir. 2. grup bazik kayaçlar ve karbonatları karakterize etmekte olup; Ti, Cr, Mg, Ca, Sr ve Al beraberliği ile şekillenir. 3. ve son grup ise; Na, K, Rb

ve Ba element birlikteliğinden oluşmakta olup, olasılıkla hidrotermal etkilere işaret etmektedir.

6. Cevher, mermer ve amfibolit örneklerinde karşılaşılmış bulunan kısmen yüksek Cr, Ni, Co ve Ti element içerikleri, Fındıklı formasyonuna ait litolojilerin metamorfizma öncesi eşleniklerinin, bazik volkanik ve karbonat litolojilerinin ardalanmalı çökelişi olabileceği biçimindeki Duru ve diğ., 2004'ün düşünceleriyle örtüşmektedir. Anılan istifin metamorfizma öncesi MVT ve SEDEX tip element zenginleşmelerini bünyesinde barındırabileceği ve daha sonraki metamorfizma ve deformasyonların etkileri ve de olası granitik kayaç ve granitik sıvı etkileri ile bugünkü cevherin şekillenmesine etkin olabileceği yönünde bir model de gözden uzak tutulmamalıdır.

7. Bu çalışma çatısı altında; Fe, Pb, Zn, Cu, Pb+Zn ve $Ag \times 10^3$ üçgen diyagramlarında ortaya konulan metamorfizma öncesi SEDEX ağırlıklı element zenginleşmelerinin, metamorfizma sırasında ve sonrasındaki etkileşimlerle (\pm granitik etkiler ?) bugünkü konumlarını alabileceği varsayımına ulaşılmış bulunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu alışma, 1. yazarın 2. ve 3. yazarların denetiminde Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlamış olduğu Yüksek Lisans çalışmasının bir özetidir. Yazarlar makaleyi okuyarak değerli kritikleri yapan ve tez çalışmasının çeşitli aşamalarında katkıları bulunan; Cem SARAÇ (H.Ü.) ve Y. Kaan KADIOĐLU'na (A.Ü.) müteşekkirdir. Ayrıca saha çalışmalarındaki katkıları nedeniyle; Mehmet DURU (MTA) ve Yalçın ŞENTÜRK'e (DSİ) teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Anderson, G.M. 1975. Precipitation of Mississippi Valley type ores. *Econ. Geol.*, 70; 937-942.
- Ayhan, Y., Ünlü, T. ve Sayılı, S. 1992. Keban (Elazığ) kurşun-çinko cevherleşmelerinin kökenine bir yaklaşım: Ön çalışma. *M.T.A. Dergisi* 114, s. 47-70, Ankara.
- Bingöl, E. 1968. Contribution a l' etude geologique de laportie centrale et sud. Est du Masif de Kazdağ (Turquie). These Fac. Sci. Univ., 189 p., Nancy (Fransa).
- Bingöl, E. 1969. Kazdağ Masifi'nin merkezi ve güneydoğu kısmının jeolojisi. *M.T.A. Enst. Dergisi*, Sayı 72, s. 110-123, Ankara.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. 1973. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, M.T.A., s. 70-77, Ankara.
- Birgi, Ş.E. 1943. Avcılar ve Altınoluk (Papazlık) kurşun madenleri hakkında iptidai rapor. *M.T.A. Rapor No: 1455* (yayınlanmamış).
- Çetinkaya, N., Karul, B., Yenigün, K. ve Önal, R. 1983. Türk-Alman projesi Biga Yarımadası metalik madenler (Pb-Zn-Cu) arama projesi raporu. *M.T.A. Rapor No: 7745* (yayınlanmamış).
- Dönmez, M., Aksoy, E.A., Genç, Ş.C., Ilgar-Atıcı, Y., Eyüpoğlu, M., Acar, Ş. ve Yavaş, F. 2005. Biga Yarımadası'nda Eosen yaşlı denizel ignimbitlerin varlığı. 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı, bildiri özleri kitapçığı, s. 278.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F. and Kar, H. 2004. New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in northwest Turkey. *Turkish journal of Earth Sciences' A special issue commemorating, Okan Tekeli'*, pp. 177-186.
- Edwards, R. and Atkinson, K. 1986. Ore deposit geology and its influence on mineral exploration. Chapman and Hall, 466 p., London-New York.
- Giordano, T.H. and Barnes, H.L., 1981. Lead transport in Mississippi Valley type ore solutions. *Econ. Geol.*, 76; 2200-2211.
- Göksu, E. 1955. Edremit-Kalabak köyü bölgesinde yapılan detay jeoloji ve prospeksiyon etüdüleri hakkında rapor. *M.T.A. Rapor No: 2267* (yayınlanmamış).
- Gözler, M.Z., Ergül, E., Akçaören, F., Genç, Ş., Akat, U. ve Acar, Ş. 1984. Çanakkale Boğazı doğusu Marmara Denizi güneyi Bandırma- Balıkesir- Edremit ve Ege Denizi arasındaki alanın jeolojisi ve komplikasyonu. *M.T.A. Rapor No: 7430* (yayınlanmamış).
- Guilbert, J.M. and Park, C.F. 1986. The geology of ore deposits. W.H. Freeman and Company, 985 p., New York.
- Gustafson, L.B. and Williams, N. 1981. Sediment-hosted stratiform deposits of copper, lead and zinc. Skinner, B.J.(ed.). *Econ. Geol.* 75. anniversary volume, 139-178, Amsterdam.

Kuşkayası (Otlukbeli - Erzincan) Manganez Yatağının Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyasal Özellikleri

Geological Setting And Geochemical Characteristics Of Kuşkayası Manganese Deposit, Otlukbeli, Erzincan, Türkiye

Ali VAN¹ ve Bülent YALÇINALP²

¹*KTÜ Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Trabzon*

²*KTÜ Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Trabzon*

SUMMARY

ÖZ

Otlukbeli'nin kuzey kesimlerinde en altta Liyas yaşlı Kelkit formasyonuna ait volkano-tortul kayaçlar bulunur. Bunların üzerine Malm-Alt Kretase yaşlı mikritik kireçtaşlarından oluşan Hozbirik Yayla Kireçtaşları gelmektedir. Otlukbeli melanji bindirme fayıyla bu kireçtaşlarını üzerine itilmiş olup Apsiyen-Albiyende oluşmuş ve yerleşmişlerdir. Tüm bu birimleri Kampaniyen yaşlı Sarıhan granitoyidi kesmektedir. Yörenin en genç birimi konglomera, kumtaşı ve şeyl araldanmasından oluşan Sırataşlar formasyonudur.

Yöredeki Mn cevherleşmeleri Otlukbeli melanji içindeki radyolaritlerle birlikte yerleşmiştir. Bu cevherleşmelerden en önemlisi Kuşkayası yatağıdır. Damar şekilli yatağın uzunluğu 180 m, kalınlığı da ortalama 2m olup, 40 m den fazla dalım gösterdiği saptanmıştır. Başlıca cevher mineralleri braunit, poliyanit, pirolüsit, psilomelan, biksibit ve manganittir. Ana ve eser element içeriklerine göre hazırlanan jeokimyasal diyagramların yorumlanması, yatağın hidrotermal kökenli olduğunu ortaya koymaktadır. Yatakta halen ticari olarak 12.000 ton dan fazla manganez bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Erzincan, Otlukbeli, Kuşkayası Manganez Yatağı, Hidrotermal.

ABSTRACT

In the northern parts of Otlukbeli the volcaniclastic rocks which belong to Liassic aged Kelkit Formation, are found on the bottom. These rocks are overlain by the Hozbirik Yayla limestones which are formed by micritic limestones of Malm-Lower Cretaceous. The Otlukbeli Melange has been deposited on these limestones and was formed and located in the Aptian and Albian. All of these units are cross cut by the Sarihan granitoid of Campanian age. Youngest unit of the area is the Sarıtaşlar Formation, which consists of conglomerate, sandstone and shale alternation. The Mn mineralizations in the area are found in the radiolarites within the Otlukbeli Melange. The most important of these mineralizations is the Kuşkayası ore deposit. The vein shaped deposit is 180 m. in length, 2 m. in average thickness and has a width more than 40 m. in dip direction. The major ore minerals are braunite, pyrolusite, psilomelane, bixbite and manganite. The interpretation of geochemical diagrams prepared for major and trace elements contents revealed that the ore deposits was hydrothermal in origin. At present the ore deposits contains commercially more than 12.000 tons of Mn.

GİRİŞ

Erzincan İli Otlukbeli ilçesinin 5 km güney batısında yer alan çalışma alanı, Doğu Pontid'lerin güney zonunda, Gümüşhane - Bayburt ve Erzincan bölgesi içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Bu bölgeyi içeren başlıca jeolojik çalışmalar Açar (1977), Altıparmak ve diğ. (1982), Özer (1983), Korkmaz ve Baki (1984) ve Akdeniz ve diğ. (1997) ne aittir. Yazarlar bölgenin ayrıntılı jeolojik incelemelerini yaparak birimleri formasyon ölçeğinde ayırtlamışlardır.

Yörede beş ayrı lokasyonda manganez cevherleşmesi bulunur (Şekil 2). Bunlardan en önemlisi ve ekonomik değere sahip olanı Kuşkayası manganez yatağıdır. Bu çalışmada bölgede yapılan önceki araştırmalara kısaca değinilmiş ve Kuşkayası yatağının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri detaylı bir şekilde incelenerek yatağın jeolojik yerleşimi ve köken özelliklerinin ortaya konulmasına çalışılmıştır.

GENEL JEOLJİ

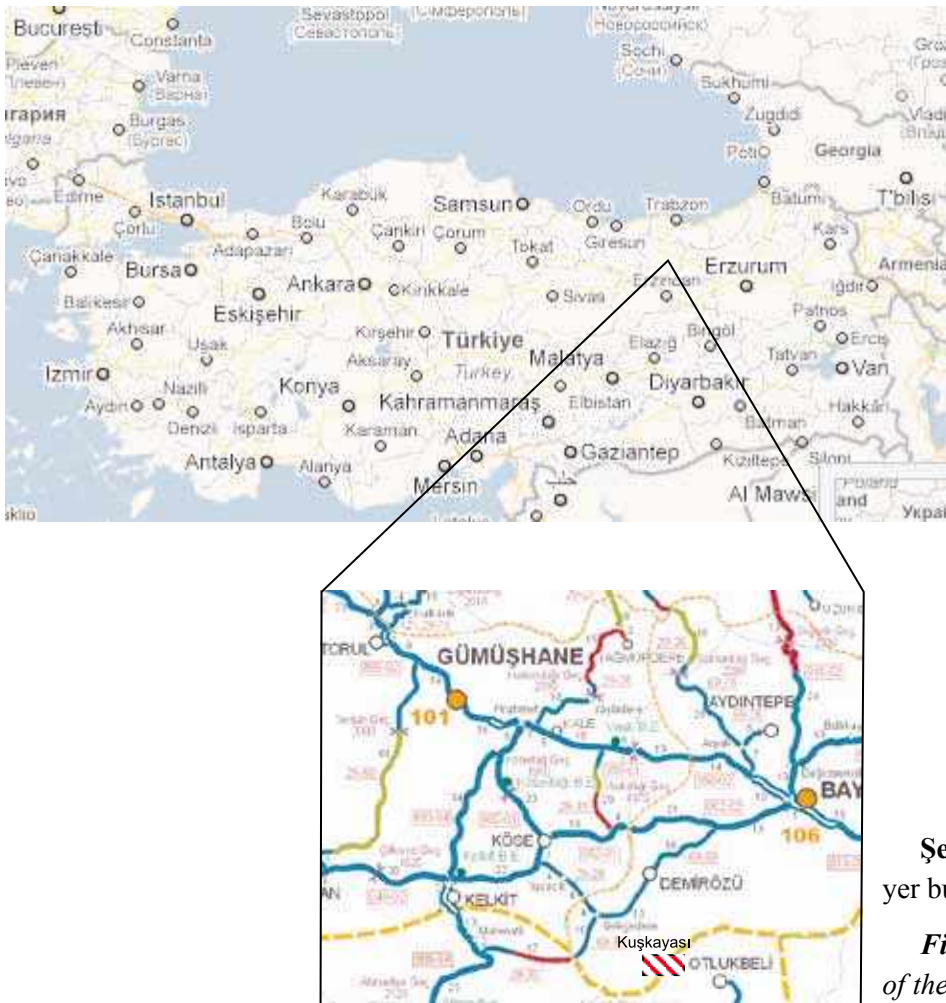
İnceleme alanında yaşları Jura'dan Tersiyer'e kadar uzanan litostratigrafi birimleri gözlenmektedir. Bunlar yaşlıdan gence doğru: Kelkit formasyonu, Hozbirik Yayla kireçtaşı, Otlukbeli melanji, Sarıhan granitoyidi ve Sıraşlar Formasyonu'dur. Bu kayaçların genel özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

Kelkit Formasyonu

İnceleme alanının KB kesimlerinde Hanzar köyünden KD ve GB ya doğru yayılım gösteren birim, Bergougnan (1987) tarafından Kelkit formasyonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 2). Birim, Açar (1977) tarafından Hamurkesen formasyonu olarak tanımlanmış ve yörede çalışmalar yapan Altıparmak ve

diğ. (1982) ile, Korkmaz ve Baki (1984) de bu adlamayı kullanmışlardır. Formasyon genellikle kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, marn, tuf, kireçtaşları, marnlı silttaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşmakta ve yer yer de bazaltik ve andezitik lav ve piroklastit seviyeleri içermektedir.

Birimin alt sınırı inceleme alanında görülmemektedir. Üzerine Hozbirik Yayla kireçtaşları uyumlu bir şekilde gelmektedir. Özer (1983), Akdeniz ve diğ. (1997), ile Robinson ve diğ. (1995) in çalışmalarından elde edilen paleontolojik veriler, Kelkit formasyonunun Playensbachiyen ile Kimmericiyen arasında volkanik faaliyetlerin etken olduğu denizel bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 1. The location map of the study area.

Hozbirik Yayla Kireçtaşları

Ağar (1977) tarafından tanımlanan bu kireçtaşları, inceleme alanının kuzey kesimlerinde geniş alanlar kaplar (Şekil 2). Birim, Bayburt civarında, Özer (1983) tarafından, Pelin'in (1977) tanımlamasına dayandırılarak Berdiga formasyonu olarak adlandırılmıştır. Özellikle Yellice Tepe yöresinde kalınlıkları 400 m ye varan yüzeylemeler izlenmektedir.

Kireçtaşları başlıca gri-siyah, bej ve sarımsı renklerde, orta-kalın katmanlı ve mikritik karakterdedir. Ayrıca Formasyon içinde yer yer çört bantları, killi ve kumlu liolojileri içeren Hozbirik Yayla kireçtaşları üzerine gelmektedir. Ayrıca Kızıldaş Tepe yöresinde, ofiyolitik melanj ince uzun bir klip olarak ta izlenmektedir (Şekil 2). Melanj üzerinde açısız uyumsuzlukla Sırataşlar formasyonu yer almaktadır. Otlukbeli Melanjına ait tortul kayaçlardan yapılan paleontolojik tesbitler, birimin muhtemelen Apsiyen- Albien aralığında oluştuğunu ve yerleştiğini ortaya koymaktadır (Okay ve Şahintürk, 1997).

Otlukbeli Melanjı

Melanja ait kayaçlar karakteristik olarak Kumlu Koyak ve Kuşkayası Sırtı ile Agnene ve Ürkülü Komu yörelerinde yüzeylenmektedir (Şekil 2). Korkmaz ve Baki (1984) tarafından adlandırılan birim, kırmızımsı ve koyu kahverengimsi renkler göstermesiyle diğer birimlerden kolayca ayırtlanabilmektedir. Başlıca radyolarit, çört, kireçtaşı, serpantin, siltaşı, spilitleşmiş bazalt ve keratofirleşmiş andezit bloklarından oluşmuştur. Melanj içinde yer yer ince katmanlı kırmızı renkli biyomikrit mercekleri de yer almaktadır.

Otlukbeli melanjı, bindirme fayıyla Hozbirik Yayla kireçtaşları üzerinde yer almaktadır (Şekil 2). Seyrek olarak killi

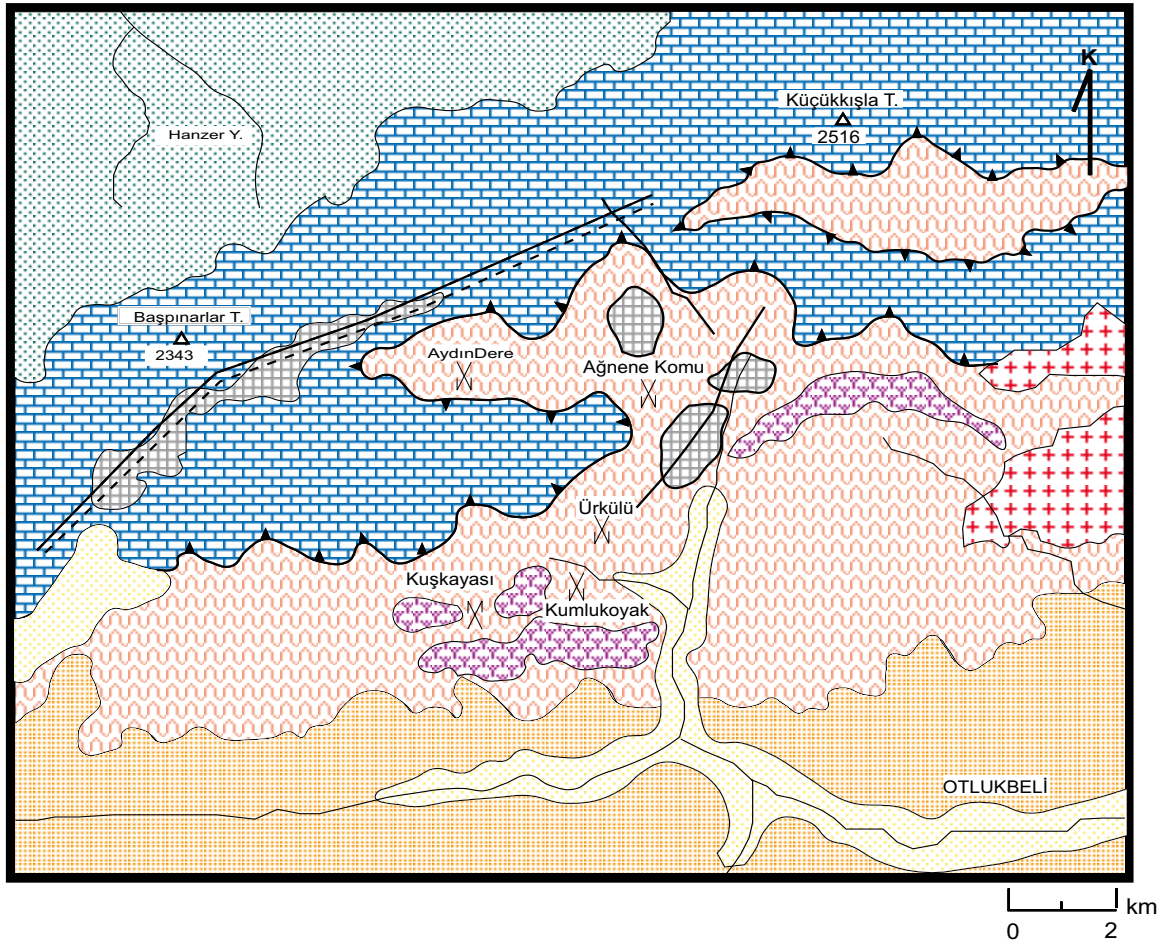
kireçtaşı, bazaltik ve andezitik tüf ve aglomera seviyeleri de içermektedir. Birimin alt sınırı inceleme alanında gözlenmemektedir. Kelkit formasyonu üzerine uyumlu bir şekilde Hozbirik Yayla kireçtaşları gelmektedir. Özer (1983), Akdeniz ve diğ. (1997), Robinson ve diğ. (1995) ve Okay ve Şahintürk (1997) yapmış oldukları paleontolojik ve sedimentolojik çalışmalar sonucunda birimin içindeki tortulların, Pleyansbachiyen ile Kimmericiyen arasında, volkanik faaliyetlerin de etken olduğu denizel bir ortamda çökemiş olduğu ortaya konmuştur.

Sarıhan Granitoyidi

İnceleme alanının doğu kenarında Hozbirik Yayla kireçtaşı ve Otlukbeli melanjını keserek mostra veren granitik kayaçlar Aslan (1998) tarafından Sarıhan granitoyidi olarak adlandırılmıştır (Şekil 2). Granodiyorit ve kuvarslı monzodiyorit ve kuvarslı mikrodiorit bileşimli kayaçlardan oluşan granitoyitte yer yer yoğun arenalaşmalar gözlenmektedir. Yapılan jeokronolojik yaş tayininde granitoyidin Kampaniyen yaşında yerleştiği kabul edilmiştir. Jeokimyasal incelemeler sonucunda granitoyidin, kalkalkalen, I tipi volkanik yay granitleri olduğunu ortaya koymaktadır (Aslan,1998). Bol miktarda aplit damarı ve mafik anklavlar içeren Sarıhan granitoyidinin kenar kesimlerinde, kontak metamorfizma etkisiyle epidotlu boynuztaşı ve mermer gibi kayaçlar ile manyetit, pirit ve kalkopirit gibi cevherleşmeler oluşmuştur.

Sırataşlar Formasyonu

Çalışma sahasında, Otlukbeli ilçesinin güney kesimlerinden itibaren yüzeylenen birim, Ağar (1977) tarafından tanımlanmıştır. Aynı birime Bergougnan (1987) Sipikör formasyonu adını vermiştir. Sığ ve yüksek enerjili denizel bir ortamın ürünü olan



AÇIKLAMALAR

Kuvaterner		Alüvyon		Otlukbeli Melanjı
		Traverten		Hozbirk Yayla Kireçtaşı
Eosen		Sarıtaşlar Formasyonu		Kelkit Formasyonu
		Sarıhan Granitoyidi		Mn Cevherleşmesi
Üst Kretase		Radyolarit		Olası Fay
				Alt Kretase
				Jura

Şekil 2. Erzincan-Otlukbeli bölgesinin jeoloji haritası (Okay ve diğ. 1997; Akdeniz ve diğ. 1997 den yararlanılarak).

Figure 2. The geologic map of Erzincan-Otlukbeli region (slightly modified from Okay et al. 1997; Akdeniz et al. 1997).

Sıraşlar formasyonu, genellikle Hozbirik Yayla kireçtaşı ve Otlukbeli melanjına ait çakılları içeren ve yaklaşık 150 m kalınlık gösteren bir konglomera seviyesi ile başlar ve kalın katmanlanma gösteren ve yer yer marn ara bantları içeren konglomera, kumtaşı ve şeyl ardalanması şeklinde devam eder (Şekil 2).

Formasyon, Hozbirik Yayla kireçtaşı ve Otlukbeli melanjını aşılabilir uyumsuzlukla örtmektedir. Sıraşlar formasyonunun üst sınırı ise inceleme alanının dışında kalmaktadır. Ağar (1977) birime İpresiyen-Alt Lutesiyen yaşını vermiştir.

Otlukbeli Yöresi Mn Cevherleşmeleri

İnceleme alanında, Otlukbeli melanjı içinde yer alan radyolaritlerde yerleşmiş çok sayıda manganez cevherleşmesi mevcuttur (Şekil 2). Genellikle radyolaritlerin tabakalanmasına uyumlu katmansız hidrotermal damarlar şeklinde yerleşim gösteren cevherleşmelerin yanı sıra, tabaka yüzeylerinde sıvama şeklinde gelişmiş çok sayıda manganez oluşumu da gözlenmektedir. Yöredeki manganez cevherleşmelerinin en önemlileri: Kuşkayası, Kumlukoyak, Aydın Dere, Ürkülü Dere ve Agnene cevherleşmeleridir. Bu cevherleşmelerden ekonomik rezerv ve tenörde olanı sadece Kuşkayası manganez yatağıdır. Günümüzde işletilmekte olan Kuşkayası yatağının dışında kalan diğer cevherleşmelerde yapılan maden arama çalışmaları sonucunda, bu cevherleşmelerin kalınlıkları 5-20 cm arasında olan ve birkaç m uzanım gösteren çok küçük boyutlu zuhurlar oldukları saptanmıştır.

Kuşkayası Mn Yatağı

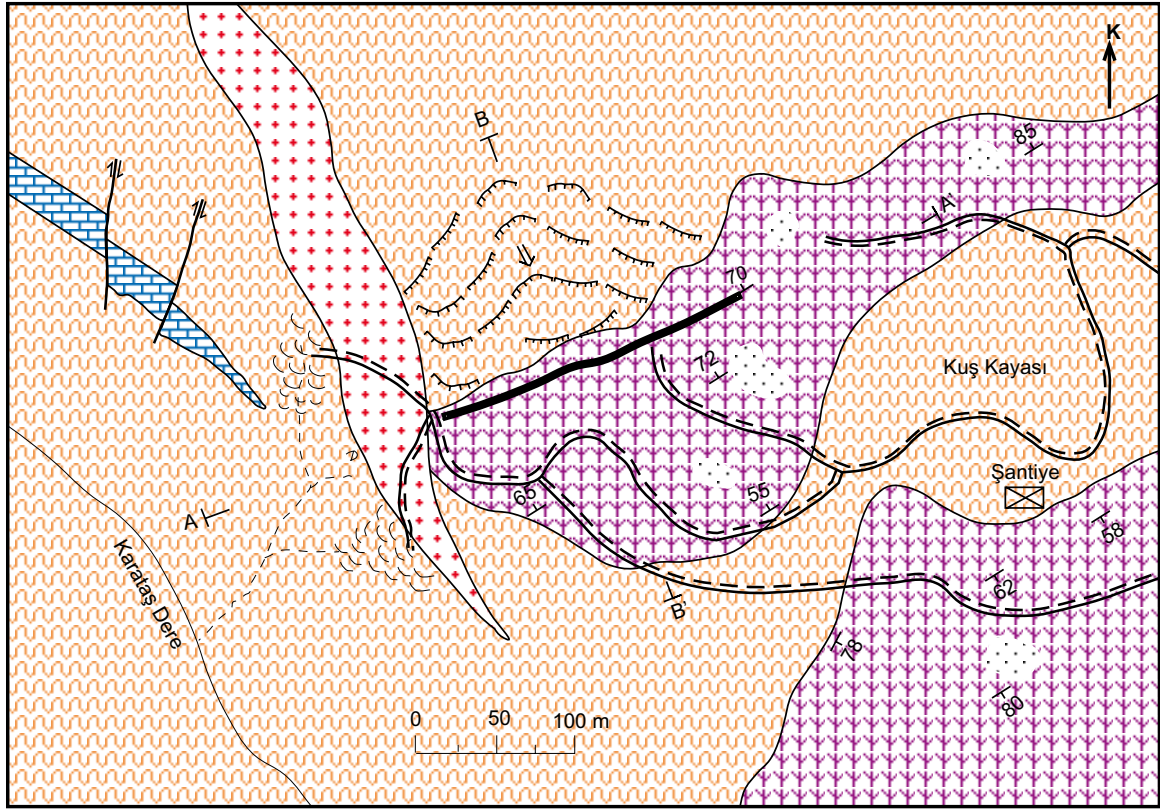
Kuşkayası Mn yatağı, Otlukbeli ilçesinin 6. km kuzey batısında Kuşkayası Sırtı yöresinde yer alan damar şekilli bir yataktır (Şekil 3).

Yöredeki radyolaritlerin içine yerleşmiş olan manganez, ilk defa 1960 yılında işletilmeye başlanmıştır. 1960-1967 yılları arasında kısa (10-20 m) galeriler, düzensiz yarmalar ve sığ kuyular yardımıyla yaklaşık 30.000 ton cevher alınmış olduğu bilgisi edinilmiştir. Yatakta daha sonraki yıllarda küçük çaplı çalışmalara devam edilmiş olup, Kuşkayası maden yatağında 2000 yılından itibaren önce açık işletme yöntemiyle toplam 8.000 ton cevher çıkartıldıktan sonra, damarın kuzey doğu kesiminde bulunan ofiyolitik kayaçalarda meydana gelen heyelanlar nedeniyle üretime ara verilmiştir (Şekil 4). 2008 yılında ise kapalı işletme yöntemiyle 1000 ton cevher alınmıştır. Yatakta yapılan ve devam etmekte olan sondaj çalışmalarına göre de en az 12.000 ton ticari manganez cevherinin olduğu düşünülmektedir.


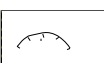

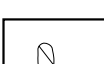
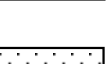
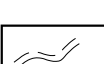
Yatağın Jeolojik Yerleşimi

Kuşkayası Sırtı yakın yöresindeki hakim litolojik birim Otlukbeli melanjıdır. Spilitleşmiş bazalt ve piroklastikleri, radyolarit, çört seviyeleri ile kristalize kireçtaşı ve yoğun serpantin blokleri ile temsil edilen karmaşığı yörede, Sarıhan granitoidine dahil edilen kuvarslı mikrodiorit daykı kesmektedir (Şekil 3).

Genellikle uzunlukları 20, kalınlıkları ise 12 m ye varan, koyu yeşil renkli iri yığınlar şeklinde gözlenen serpantinler, ileri derecede ayrılmış bir yapıda bulunurlar ve yörede heyelanlara neden olurlar. Kalınlıkları 3 cm ye varabilen talk oluşumlarının, bu kayaçları yer yer yoğun ağsal damarcıklı bir yapıda kestikleri gözlenmektedir. Yatağın kuzeybatı kesiminde yaklaşık 10 m kalınlık gösteren kireçtaşı seviyesi bulunmaktadır. Kısmen listvenitlenmiş olan bu kayaçlar bir ara seviye niteliğindedir. Bu kireçtaşı mercikleri oldukça kristalize bir yapıdadırlar. Yer yer



AÇIKLAMALAR

Üst Kretase		Sarıhan Granitoyidi		Mn Damarı
		Radyolarit		Heyelan
Alt Kretase		Otlukbeli Melanji		Pasa
		Hozbirik Yayla Kireçtaşı		Galeri
		Saçınımlı Mn Cevherleşmesi		Yol

Şekil 3. Kuşkayası manganez yatağı yakın çevresinin jeoloji haritası.

Figure 3. Geological map of Kuşkayası manganese deposit surroundings.

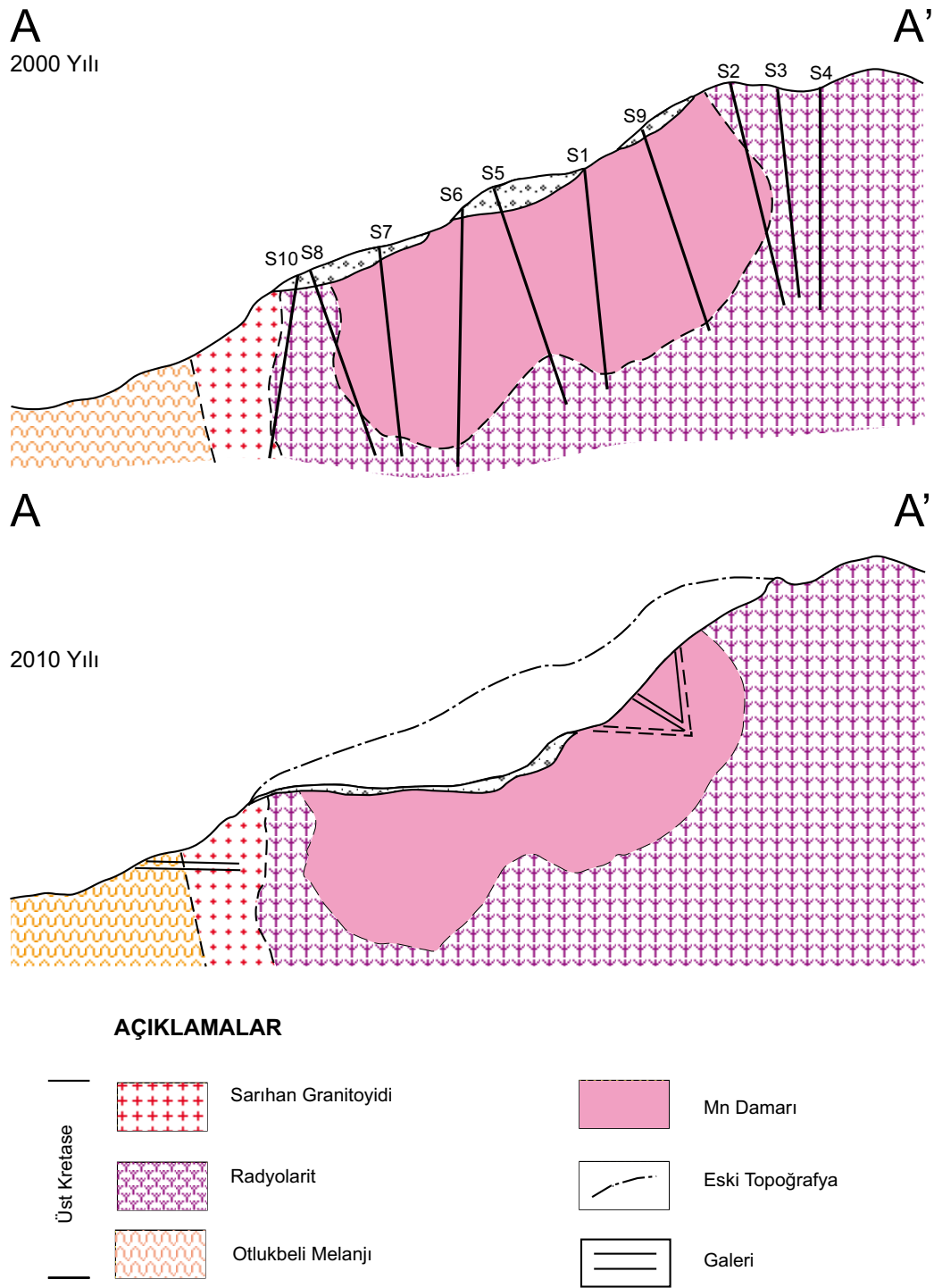
aşırı derecede silisleşmeye uğramışlardır. Paleontolojik incelemeler bu kireçtaşlarının Hozbirik Yayla kireçtaşlarına ait olduğunu ortaya koymuştur. Radyolaritler, melanj içinde kiremit kırmızısı renkleriyle ve tabakalı yapılarıyla çok uzak mesafelerden bile kolayca ayırtlanabilmektedir. Mn cevherleşmesi içeren kesimleri ise kahverengimsi-siyah renkler göstermektedir. Yer yer çörtlü olan radyolaritler, melanjin içinde 5-10 cm katman kalınlığı gösteren tabakalı şekilde yer almaktadır. Yörede KD-GB uzanımlı bir antiklinal yapısı oluştururlar. Spilitleşmiş bazalt lav ve piroklastları genelde melanjin taban seviyelerini oluşturmaktadır. Oldukça boşluklu bir yapıda olup, bu boşluklar kalsit, klorit ve epidot mineralleriyle dolmuştur. Plajiyolaşlar tamamen albitleşmiştir. Yörenin en genç birimi, Otlukbeli melanjinin tüm üyelerini kesen kuvarslı mikrodiorit bileşimli dayaktır (Şekil 3).

Cevherleşme radyolaritlerin içinde, katmansız bir şekilde yerleşmiştir. Yöredeki radyolaritler yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı eksen uzanımlı kuzeye devrik bir antiklinalin kuzey kanadında yerleşmiş görünümündedir. En üst seviyede 8 m kalınlık ve som bir yapı gösteren Mn cevheri, ortalama 70° KB ya dalımlı KD-GB yönünde bir uzanım göstermektedir (Şekil 3 ve 4). 2000-2003 yılları arasında yapılan açık ocak işletmeciliğiyle bu kalın manganezli seviyeler tamamen işletilmiştir. Üst seviyelerde masif-som yapılı ve nispeten iri taneli olan cevherleşmenin, damar eğim yönü boyunca alt seviyelerine doğru inildikçe kalınlığı hem azalmış ve hem de radyolaritle karışmış breşik bir yapı kazanmıştır. Günümüzde, yüzeyden itibaren derine doğru 20 m açılım gösteren yarmanın taban seviyesindeki cevher kalınlığı 2. m dir (Şekil 4). Yarma tabanındaki ve açılmış

galerilerdeki gözlemler, manganez damarının, 50 cm kalınlığındaki kırmızı renkli bir marn seviyesi tarafından doğrultu boyunca yer yer ortadan ikiye ayrıldığını göstermektedir. Damarın aşağı kesimlerinde gerek marn seviyesi, gerekse radyolaritler cevherleşmeyle birlikte oldukça kırıklı ve breşik bir yapı göstermektedir (Şekil 4). Manganez cevheri, breşik parçaların arasını doldurmuş vaziyettedir. Bu gözlem, cevherleşmenin ortama sonradan gelip yerleştiğine işaret eden önemli bir jeolojik bulgudur. 2008 yılında, damar tabanında açılan 20° eğimli bir desandriden kapalı işletme yöntemiyle yaklaşık 1000 ton cevher çıkartılmıştır. Damarda, rezerve yönelik 30-60 m derinliğinde toplam 18 adet sondaj yapılmıştır. Zeminin oldukça ayrışmış olması nedeniyle, bilhassa 40 m den sonraki seviyelerde sondajlar sıkışıp kalmış ve damarın derine doğru ne kadar daha devam ettiği kesin olarak ortaya konamamıştır. Elde edilen verilere göre, damarın boyunun 180 m, dalımının ise 40 m den fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

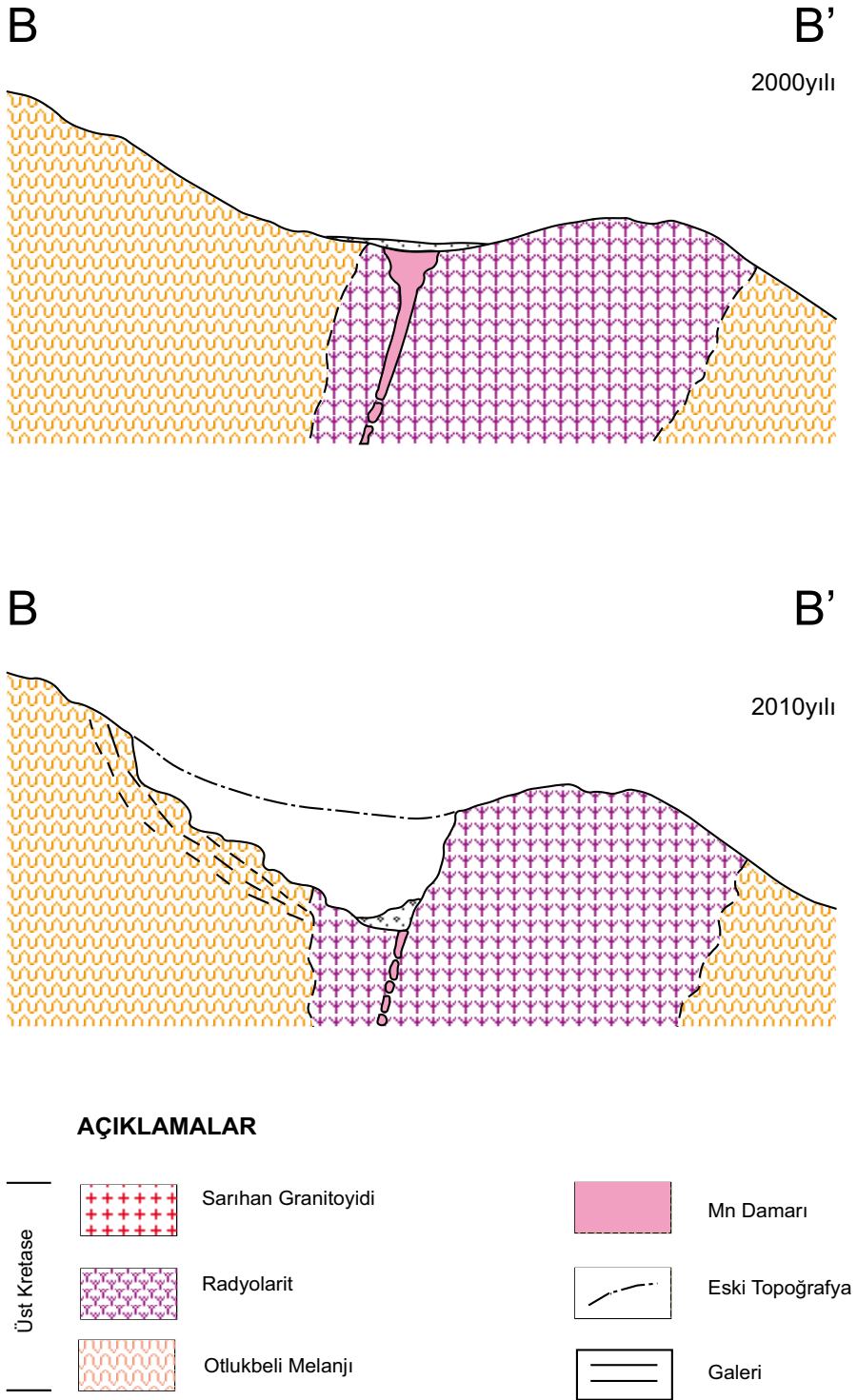
Yörede, ana damardan yan kesimlere doğru gidildikçe azalan miktarda damarcık ve saçınım şeklindeki manganez mineralleşmeleri görülmektedir. Ayrıca cevherleşmenin yakın yöresindeki radyolaritlerin tamamen manganez sıvaması gösterdikleri dikkati çekmektedir.

Gerek açık, gerekse kapalı maden işletmeciliği sırasında damardan çıkartılan tüvanan cevherin tenörü % 30 Mn dir. İşçiler tarafından içindeki silisi fazla kesimlerin ayıklanmasıyla zengin ve fakir olarak iki ayrı cevher elde edilir. Seçilmiş zengin cevher, tüvanan cevherin yaklaşık % 70 i olup tenörü ortalama % 42 Mn dir.



Şekil 4a. Kuşkayası Mn yatağının 2000 ve 2010 yıllarına ait A-A' jeolojik kesiti (S1-10:Sondaj).

Figure 4a. A-A' geological cross sections of Kuşkayası Mn deposit for 2000 and 2010 year (S1-10: Drill hole).



Şekil 4b. Kuşkayası Mn yatağının 2000 ve 2010 yıllarına ait B-B' jeolojik kesitleri.

Figure 4b. B-B' geological cross sections of Kuşkayası Mn deposit for 2000 and 2010 year.

Cevher Mikroskobisi

Kuşkayası Mn yatağındaki hakim cevher mineralleri braunit, poliyanit ve pirolusittir. Daha seyrek olarak psilomelan, biksibit ve manganit bulunur. Yaygın gang mineralleri ise kuvars ve kalsedon ve kalsittir. Braunitler çok ince kristallerden oluşan taneler ve konsantrik ve böbreğimsi büyümeler göstermektedirler. Çatlaklı kesimlerle, minerallerin dilinimleri ve kenarları boyunca pirolusit ve psilomelana dönüşmüşlerdir. Biksibitlerle braunitler çoğunlukla iç içe büyüme gösterirler ve dilinimleri boyunca pirolusite dönüşmüşlerdir. Poliyanit ve pirolusit mineralleri genellikle birincil minerallerin yerini alan çatlak dolguları şeklinde gözlenmektedir. Boşluklarda gelişmiş olan manganit kristalleri ise, yer yer 1-2 cm ye varan irilikte ve çubuk şeklinde kristaller halindedir. Gang mineralleri olarak çok ince taneli kuvars, kalsit ve kalsedon mineralleri bolca görülür. Kuvars kalsite nazaran çok daha fazla orandadır. Ayrıca cevherleşme içinde, tamamen cevherleşmiş ve şekilleri korunmuş radyolaria fosilleri izlenmektedir.

JEOKİMYASAL ÖZELLİKLER

Günümüzde, manganez cevherleşmeleri, ana ve eser element içeriklerine göre hazırlanan diyagramların yorumlanması ve jeotektoniğinin belirlenmesi sonucunda kesin olarak oluşum tipi ortaya çıkmaktadır. Cevherleşmenin tipini belirlemek için derlenen 10 adet örnekten Kanada Acme laboratuvarında, ana ve iz element analizleri yaptırılmıştır (Çizelge 1a, 1b).

Kuşkayası Manganez yatağı'nın ana bileşenlerini Mn ve Si oluşturmaktadır. Fe, Al Mg ve Ca ise ikincil derecede önemi olan bileşenlerdir. Dünyadaki önemli manganez yatakları üzerinde yapılan incelemelerde (Bonatti ve diğ., 1976; Crerar ve diğ., 1982; Oygür, 1990; Choi ve Hariya, 1992; Nicholson 1992, Roy, 1992), deniz suyundan yavaşça çökelerek oluşan hidrojenetik kökenli yataklardaki Fe/Mn oranı yaklaşık 1 iken, deniz altında yerleşen hidrotermal yataklardaki Fe/Mn oranı ise <0.1 (Mn ce zengin) veya >10 (Fe ce zengin) olduğu saptanmıştır. Kuşkayası yatağında yapılan analizlerde ise, Fe/Mn oranı 0.02 çıkmakta olup, Mn ce zengin hidrotermal oluşumu işaret etmektedir (Rona, 1982; Nicholson, 1992).

Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂
O1	5,11	0,44	1,62	75,89	0,007	0,01
O2	8,55	0,68	1,31	76,99	0,007	0,02
O3	12,96	0,72	0,69	71,83	0,018	0,03
O4	7,90	0,53	1,29	72,51	0,008	0,02
O5	18,58	1,55	1,72	62,84	0,010	0,07
O6	6,20	0,58	2,55	74,10	0,008	0,02
O7	8,82	0,70	2,46	76,04	0,010	0,03
O8	15,37	1,04	3,03	61,35	0,012	0,05
O9	6,10	0,43	0,86	73,80	0,010	0,02
O10	14,96	1,13	2,26	66,08	0,070	0,06

Çizelge 1a. Kuşkayası manganez yatağına ait cevher örneklerinin ana element analiz sonuçları (%).

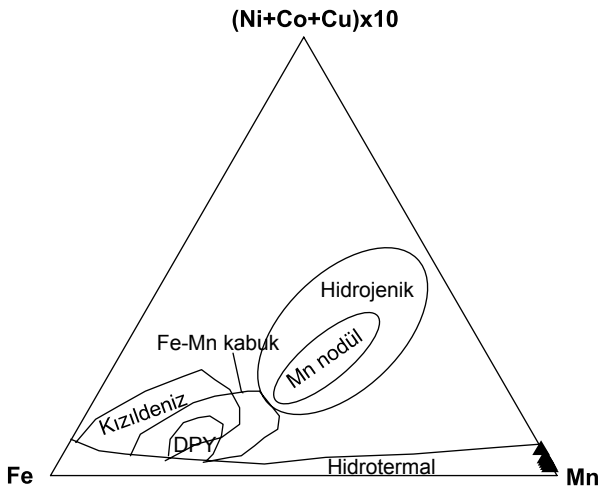
Table 1a. Major (wt%) element contents of the ore samples from Kuşkayası manganese deposit

	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
Ti	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,04
Cu	61,00	33,00	81,00	55,00	48,00	60,00	65,00	45,00	52,00	70,00
Zn	126,00	105,00	65,00	212,00	110,00	80,00	184,00	96,00	148,00	84,00
Ni	78,00	32,00	21,00	49,00	40,00	38,00	36,00	64,00	52,00	66,00
Co	20,00	20,00	20,00	33,00	20,00	60,00	20,00	48,00	44,00	20,00
Zr	57,00	73,00	65,00	68,00	60,00	70,00	64,00	55,00	75,00	48,00
Ce	32,00	34,00	<20	38,00	24,00	30,00	30,00	42,00	28,00	32,00
Si	2,38	3,99	0,38	0,28	0,82	0,30	0,37	0,55	0,22	6,99
Al	0,23	0,35	0,38	0,28	0,82	0,30	0,37	0,55	0,22	0,60
Fe	1,13	0,31	0,48	0,94	1,20	1,78	1,72	2,11	0,60	1,58
Mn	55,77	59,62	55,62	56,58	56,45	57,38	58,88	47,51	57,15	51,17
Cr	0,00	0,00	0,12	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
Ba	5743,00	2228,00	1558,00	4517,00	4588,00	5413,00	3940,00	4043,00	2986,00	5164,00
Log Ba	3,76	3,34	3,19	3,65	3,66	3,73	3,59	3,61	3,48	3,71
Fe\Mn	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,03
Log Fe/Mn	-1,77	-1,88	-2,10	-1,78	-1,67	-1,51	-1,53	-1,35	-1,98	-1,51
Fe/Ti	1111,11	0,31	0,11	0,92	1,00	0,94	0,67	129,73	118,92	11,63
al/alFe+mn	0,50	0,26	0,20	0,33	0,33	0,23	0,30	0,38	0,30	0,49
cu+co+ni*10	1590,00	850,00	1220,00	1370,00	1080,00	1580,00	1210,00	1570,00	1480,00	1560,00

Çizelge 1b. Kuşkayası manganez yatağına ait cevher örneklerinin iz (ppm) element analizleri sonuçları.

Table 1b. Trace (ppm) element contents of the ore samples from Kuşkayası manganese deposit.

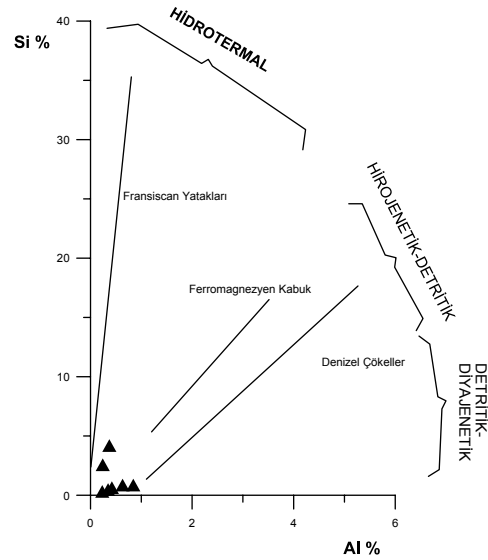
Si-Al diyagramında (Crear,1982) Kuşkayası Mn yatağı örneklerindeki Si değerlerinin oldukça yüksek olmasından dolayı, örneklerin hidrotermal alanda toplandıkları açıkça görülmektedir (Şekil 5). Mn-Fe-(Ni+Co+Cu)x10 üçgen diyagramı sonuçlarında da örnekler, hidrotermal yataklara ait bölgede toplanmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Kuşkayası manganez yatağına ait cevher örneklerinin Bonatti ve diğ. (1976) Mn-Fe-(Ni+Co+Cu)x10 diyagramı.

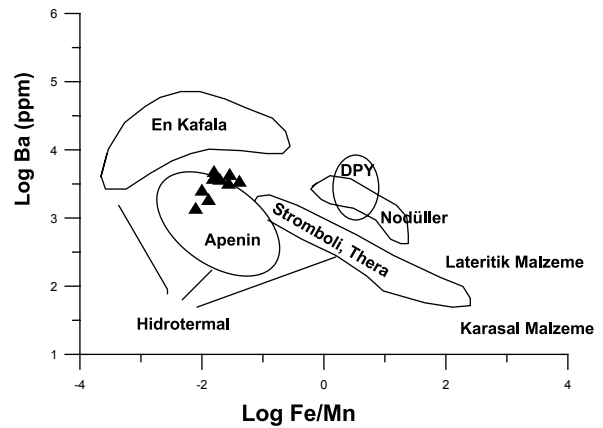
Figure 5. Bonatti et al. (1976) Mn-Fe-(Ni+Co+Cu)x10 diagram of ore samples of Kuşkayası manganese deposit.

Bamba (1984), demir de içeren silisli oluşukların denizaltındaki volkanik aktivitelerin sonucunda oluştuğunu savunmaktadır. Alüminyumun ise başlıca tortulaşma sürecinde, kil minerallerinden itibaren geliştiğini belirtmiştir.



Şekil 6. Kuşkayası manganez yatağına ait cevher örneklerinin Crear (1982) Si-Al diyagramı.

Figure 6. Crear (1982) Si-Al diagram of ore samples of Kuşkayası manganese deposit.

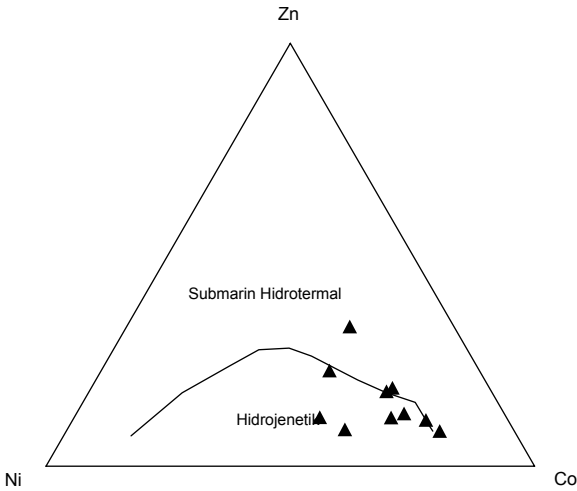


Şekil 7. Kuşkayası manganez yatağına ait cevher örneklerinin Boström (1983) log Ba ve log Fe/Mn diyagramı.

Figure 7. Boström (1983) log Ba and log Fe/Mn diagram of ore samples of Kuşkayası manganese deposit.

Manganez cevherleşmelerindeki Ba içeriğinin de hidrotermal aktiviteye bağlı olarak arttığı bilinmektedir. Bu durumda Ba-Fe/Mn diyagramındaki örnek dağılımı incelendiğinde Kuşkayası manganezlerinin diğer hidrotermal Mn yataklarıyla aynı alana düştükleri görülmektedir (Şekil 7).

Mn-oksit yataklarının iki tipi Co,Ni,Cu ve Zn elementlerinin miktarlarıyla kolayca ayırtlanabilmektedir. Hidrojenetik yataklarda Co miktarı oldukça yüksektir. Buna karşılık Ni ve Zn değerleri ise hidrotermal yataklarda oldukça fazladır. Otlukbeli Mn örneklerini Zn-Ni-Co üçgen diyagramına uyarladığımızda, yatağın hidrotermal kökenli olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Kuşkayası manganez yatağına ait cevher örneklerinin Choi ve Hariya (1992) Zn-Ni-Co diyagramı.

Figure 8. Choi and Hariya (1992) Zn-Ni-Co diagram of ore samples of Kuşkayası manganese deposit.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kuşkayası manganez yatağının yataklanma şekli, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelendiğinde, hidrotermal kökenli bir maden oluşumu olduğu anlaşılmaktadır. Sadece inceleme alanında değil, tüm Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde bu tip cevherleşmelere rastlanmaktadır. Erzurum, Erzincan ve Sivas yörelerinde bulunan manganez yatakları katmanımsı şekillerde ve ofiyolitler ya da radyolaritler içinde; bölgenin kuzey kesimlerinde Karadeniz sahiline doğru olan bölgede ise Senoniyen yaşlı kırmızı rengine sahip biyomikritlerin arasında katmanımsı ve uzun merccekler şeklinde yerleşmişlerdir (MTA, 1965; Gedikoğlu ve diğ. 1985; Yalçınalp ve Taşhan, 1999). Saptanan verilere göre, Kuşkayası manganez yatağı, Apsiyen-Albiyen zaman aralığında oluşan ve yerleşen ofiyolitik karışığın içinde oluşmuştur. Denizaltı volkanizma aktiviteleri sırasında, deniz suyunun kırık ve çatlak zonlarından aşağı kesimlere doğru süzülmesi ve ortamda dolaşmasıyla oluşan asit ve indirgen karakterli hidrotermal eriyikler, çevre kayalardan aldıkları metalleri deniz tabanında bırakarak, radyolaritler içinde katmanımsı şekilli manganez cevherleşmelerinin oluşumuna neden olmuştur. Kuşkayası maden yatağı da damar, ağsal damarcık ve saçınım yapılarının tümünün görüldüğü bir hidrotermal aktiviteyi işaret etmektedir. Nisbeten yüksek ısıda oluşan braunit ve biksibit mineralleri de yükseltgen bir ortamda gelişmiş hidrotermal oluşumun göstergesidir. Jeokimyasal incelemelerde saptanan düşük Fe/Mn oranı, buna karşın Co a göre yüksek Ni ve Zn değerleri, günümüz denizaltı hidrotermal Mn oksit oluşumlarıyla büyük benzerlikler göstermektedir (Choi ve Hariya, 1992). Bamba (1984); ortamdaki Al un tortulaşmadaki kil minerallerinden itibaren

oluşturduğunu ve bu nedenle bir yataktaki çok düşük Al değerlerinin, o cevherleşmenin sadece hidrotermal aktiviteyle oluşabileceğini belirtmiştir. Ayrıca Ba içeriğinin de hidrotermal olaylara bağlı olarak arttığı saptanmıştır (Boström, 1983). Buna göre bu yataktaki düşük Al ve yüksek Ba değerleri de hidrotermal oluşumu desteklemektedir. Geçmişte yatağı çalıştıranların ucuz işletme maliyeti için açık işletmeyi tercih etmesi ve şev eğimini, yamaç stabilitesini ortadan kaldıracak derecede açmaları nedeniyle, damarın kuzeybatı yamacı heyelan yapmıştır. Artık sadece kapalı işletme yöntemleriyle çalışılabilecek olan Kuşkayası maden yatağında, %42 Mn tenörlü 12.000 tondan fazla cevher bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Gümüşhane) Bölgesinin Jeolojisi. KTÜ Dok. Tezi, Trabzon.
- Akdeniz, N., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H., 1997, Pulur Bölgesinin Stratigrafisi ve Tektoniği (Bayburt-Doğu Pontidler). MTA Dergisi 119, 1-22.
- Altıparmak, S., Angılı, A. ve Can, A., 1982, Demirözü Permo-Karbonifer Yaşlı Birimlerin Çökel Ortamı ve Taşkömürü oluşumları. MTA Rap No: 298 (Yayınlanmamış) Ankara.
- Aslan, Z., 1998, Saraycık-Sarıhan Granitoidleri (Bayburt) ve Çevre Kayaçlarının Petrografisi, Jeokimyası ve Petrolojisiyle, Sarıhan Granitoidinin Jeokronolojik İncelenmesi. KTÜ Fen Bil. Ens.Dok. Tezi, 221 s. Trabzon.
- Bamba, T., 1984, The Tokoro Belt, a tectonic unit of the central axial zone of Hokkaido. Hokkaido University Scientific Journal Series 4,21-75.
- Bergougnan, H., 1987, Elides Geoloques dans l'est Anatolien, Universite P., et M. Curie Memories des Sciences de la Terre, these de doctorat etat, Paris, p.606.
- Bonatti, E., Zerbi, M., Kay, R. and Rydell, H.,S., 1976, Metalliferous Deposits Aphenine Ophiolites. Geology Society of America Bulletin, 87, 83-94.
- Boström, K., 1983, Genesis of Ferromanganese Deposits-Diagenetic Criteria for Recent and Old Deposits: Rona, P., A., and etc. Ed., Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Center., Nato Conference Series IV, Marine Sciences,12, 473-489.

- Choi, J., H. and Hariya Y., 1992, Geochemistry and Depositional Environment of Mn-oxide Deposits the Tokkoro Belt, Northeastern Hokkaido, Japan. *Economic Geology*, 87, 1265-1274.
- Crerar, D.,A., Namson, J., Chyi, M.,S., Williams, L. and Feigenson, M.,D., 1982, Manganiferous Cherts of the Franciscan Assemblage: 1. General Geology, Ancient and Modern Analogues and Implications for Hydrothermal Convection at Oceanic Spreading Centers. *Economic Geology*, 77, 519-540.
- Gedikoğlu, A., Van, A., Eyüboğlu, I. ve Yalçınalp, B., 1985, Doğu Karadeniz Bölgesi Cevherleşmelerine Bir Örnek: Ocaklı(Maçka-Trabzon) Manganez Zuhuru. *Jeoloji Mühendisliği*, 25, 23-37.
- Korkmaz, S., ve Baki, Z., 1984, Demirözü (Bayburt) Güneyinin Stratigrafisi. *TJK Kurultayı Bülteni*,5, 107-115.
- MTA, 1965, Türkiye Manganez Yatakları. MTA Yayın,120, Ankara.
- Nicholson, K., 1992, Contrasting Mineralocigal – Geochemical Signatures of Manganese Oxides: Guide to Metallogenesis. *Economic Geology*, 87, 1253-1264.
- Okay, A. and Şahintürk, Ö., 1997, Geology of the Eastern Pontides, in A.G. Robinson ed., *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, American Association of Petroleum Geologist (AAPG) Memoir No.68, p.291-311.
- Oygür, V., 1990, Çayırılı (Haymana-Ankara) Manganez Yatağının Jeolojisi ve Kökeni Üzerine Görüşler. *MTA Dergisi*,110, 29-44.
- Özer, E., 1983, Bayburt yöresinin Jeolojisi ve Mikrofasies İncelemesi. KTÜ Yük, Lis. Tezi, Trabzon.
- Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi. KTÜ Yayın No: 87, 103 s. Trabzon
- Robinson, A., G., Banks, C.,J., Rutherford, M., M. and Hirst J. P. P., 1995, Stratigraphic and Structural Development of the Eastern Pontides Turkey. *Journal of the Geological Society*, 152, 861-872.
- Rona, P., A., 1982, Polymetallic Sulphides at Seafloor Spreading Centers: A Global Overview, *Marine Technic Society Journal*, 16, 81-86.
- Roy, S., 1992, Environments and Processes of Manganese Deposition, *Economic Geology*, 87,1218-1236.
- Yalçınalp, B. ve Taşhan, E., 1999, Değirmendere Vadisi (Maçka-Trabzon) Manganez Cevherleşmelerinin Jeolojik Konumu, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı*, 215-222, Ankara.

Fındıkpınarı-Erdemli/Mersin bölgesinde Nikel akümülatörü bir bitki türü *Alyssum murale* Waldst.&Kit

*Nickel Accumulating species of *Alyssum murale* Waldst.&Kit from Fındıkpınarı-Erdemli/Mersin area*

Zeynep ÖZDEMİR¹, Erkan DEMİR²

¹Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33160 Mersin (zozdemir@mersin.edu.tr)

²Jeoloji Mühendisleri Odası il temsilciliği, Yenişehir, Mersin (erkdemir@gmail.com)

ÖZ

Biyojeokimyasal prospeksiyon yöntemleri, bilinmeyen maden cevherlerinin ortaya çıkarılması amacıyla bitki örneklerinin kimyasal analizlerinin yapılması ilkesine dayanmaktadır. Bu amaçla kullanılan bitkilere de belirtgen, akümülatör ve hiperakümülatör bitkiler denilmektedir. Akümülatör bitkiler topraktaki elementleri fazla miktarda bünyelerine alabilen bitkilerdir Bu çalışma da Fındıkpınarı-Erdemli/Mersin bölgesinde *Alyssum murale* Waldst & Kit, *Alyssum floribundum* Boiss & Ball, *Alyssum peltarioides*, Boiss, subsp, virgatifarme (Ngar) olmak üzere 3 *Alyssum* bitki türü saptanmıştır. 42 istasyondan sistematik olarak bitki türleri (yaprak, dal ve çiçekler) ve yetiştikleri topraklardan da örnekler toplanmıştır. Ni, Co, Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri de atomik absorpsiyon alev spektrofotometresinde analiz edilmiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak incelenerek *A. murale* (n: 20, r: 0.8879, P<0.01, %99 güvenirlikle ve aşırı Ni için n: 4, r: 0.9873, P<0.05, %95 güvenirlikle, çiçekte) bitki türünün Ni için akümülar bitki olabileceği, bu bitki türünün de biyojeokimyasal prospeksiyonda başarılı olarak kullanılabilceği gibi, çevresel monitör olarak ta kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyojeokimyasal prospeksiyon, akümülatör bitki, Ni, Fındıkpınarı-Mersin

ABSTRACT

*The method of biogeochemical prospecting, with aim of exploring unknown mine ores, bases on the principle of chemical analysis of plant samples, for the purpose that are called indicator, accumulator and hyperaccumulator. Accumulator plants have the ability to take up large amounts of metals from soils. Because of this , three species (*Alyssum murale* Waldst & Kit, *Alyssum floribundum* Boiss & Ball, *Alyssum peltarioides*, Boiss, subsp, *virgatiforme* (Ngar)) of *Alyssum* (in leaves ,twigs and flowers) and soil samples were collected from 42 sites in the Findıklınarı-Erdemli/Mersin) area, were chemical analysed for their Ni, Co, Fe, Cu, Mn ve Zn contents .These elements of samples were determined by flame atomic absorpsiyon spektrofotometer. Data for the statistical significance of plant/soil relationship for Ni are summarised. The *A. murale* (n: 20, r: 0.8879 and for extreme Ni , n: 4, r: 0.9873, P<0.05, %95 , in flowers) species for Ni showed highly significant, (P<0.01, %99 with reliability.) relationships. This plant species is apparently good accumulator for Ni element and could be succesfully used for the further biogeochemical prospecting and environmental monitoring.*

Key words: *Biogeochemical prospecting, accumulator plant, Ni, Findıklınarı- Mersin*

GİRİŞ

Maden yataklarının ortaya çıkarılması amacıyla kullanılan biyojeokimyasal prospeksiyon ilk olarak 1926'lar da tartışılmaya başlanmasına rağmen, 1950 de Hutchinson'un yaptığı doktora çalışması ilk biyojeokimyasal çalışma olarak kabul edilmektedir (Erdman ve Kokkola, 1984; Dunn, 2007). Aynı yıllarda Kovalevsky bariyer etkisi kavramını ortaya atarak ve her mineralizasyona bütün bitkilerin rehber olamayacağını ileri sürmüştür. Yapılan araştırmalarda, bitki türlerinin sadece % 5 inin dokularındaki element konsantrasyonu ile topraktaki element konsantrasyonu arasında güçlü bir ilişkinin olduğu ortaya konulmuştur. Ancak biyojeokimyanın öncülleri bitkilerin tamamen topraktaki elementleri yansıtabilmesinin mümkün olamayacağını belirterek "böyle bir ilişki var olabilir ancak bu bir kural değildir" demişlerdir. Asıl toprakla bitki arasında doğrusal bir ilişki bulunan bitkilerin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu bitkilere de belirtgen bitkiler (indikatör) denilmektedir (Erdman ve Kokkola, 1984). Ancak bu doğrusallık toprağın artan miktarına karşılık bitkide aynı orandan daha fazla, aynı şekilde miktar olarak daha fazla element biriktiren bitkiler akümülatör ve hiperakümülatör olarak adlandırılmışlardır (Ornella ve Gabbrielli, 1987).

Bugüne kadar başta bitkiler olmak üzere kuşlar, köpekler ve mikroorganizmalar (jeomikrobiyoloji) kullanılarak maden yatakları saptanmaya çalışılmıştır. Yaygın uygulama alanları göz önüne alındığında biyojeokimya denilince ilk akla gelen bitkilerdir (fitojeokimya, bitki jeokimyası). Bitkilerin adeta sığ sondaj yapar gibi yeraltından bilgi getirmesi, bir bitkinin yalnızca bir organında kimyasal analiz yapılarak maden yataklarının bulunabilecek olması konuyu daha da ilginç hale getirmiştir (Sağiroğlu ve Özdemir, 1997;

Schlesinger, 2006, Dunn, 2007). Kısaca sistematik olarak toplanan bitki örneklerinin kimyasal analizlerinin yapılarak cevher aranmasına biyojeokimyasal prospeksiyon denilirken, bitkilerin morfolojik ve fizyolojik özelliklerine bakılarak yapılan cevher aranmasına da jeobotanik prospeksiyon denilmektedir. Dünyada 1965 yıllarından itibaren yaygın olarak kullanılmaya başlanan bu yöntemlerle 25 yıllık süre içerisinde 90'dan fazla maden yatağı keşfedilmiştir. Başta Au olmak üzere Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr, U, Pb, B ve benzeri 45'den fazla elementin oluşturduğu maden yataklarının keşfedilmesi için saptanmış belirtgen bitkiler literatürde bulunmaktadır (Kovalevsky, 1984; Angle vd., 2003; Brooks, 1977, Brooks vd., 1979; 1992; 1995; Demir, 2008; Rose vd., 1979; Köksoy, 1991; Nkoane, 2005; Sağiroğlu ve Özdemir, 1997; Ornella ve Gabbrielli, 1987; Akçay vd., 1998; Özdemir ve Sağiroğlu, 1997; 1998; 1999; 2000a; 2000b; Özdemir, 2003; 2005; Schlesinger, 2006; Turan vd., 2006; Dunn 2007).

Brooks vd. (1977, 1979); Adıgüzel ve Reeves, (2002) in çalışmalarında bazı *Alyssum* bitki türünün 100 den fazla türünün olduğu ve bu türlerin de bir çoğunun Anadolu da yetiştiği ve Ni belirleyicisi olabileceği vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, Fındıklı-İrdemli/Mersin bölgesinde Ni için biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi amacıyla bölgede yetişen *Alyssum* bitki türlerinden *A. peltarioides*, *A. murale*, *A. floribundum* türleri saptanmıştır. Hem bu bitki türlerinden hemde yetiştikleri topraklardan sistematik olarak örnekler toplanarak laboratuara getirilmiş olup, kimyasal analizleri yapılarak sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve biyojeokimyasal anomaliler incelenerek Ni için akümülatör bitki türü saptanmaya çalışılmıştır.

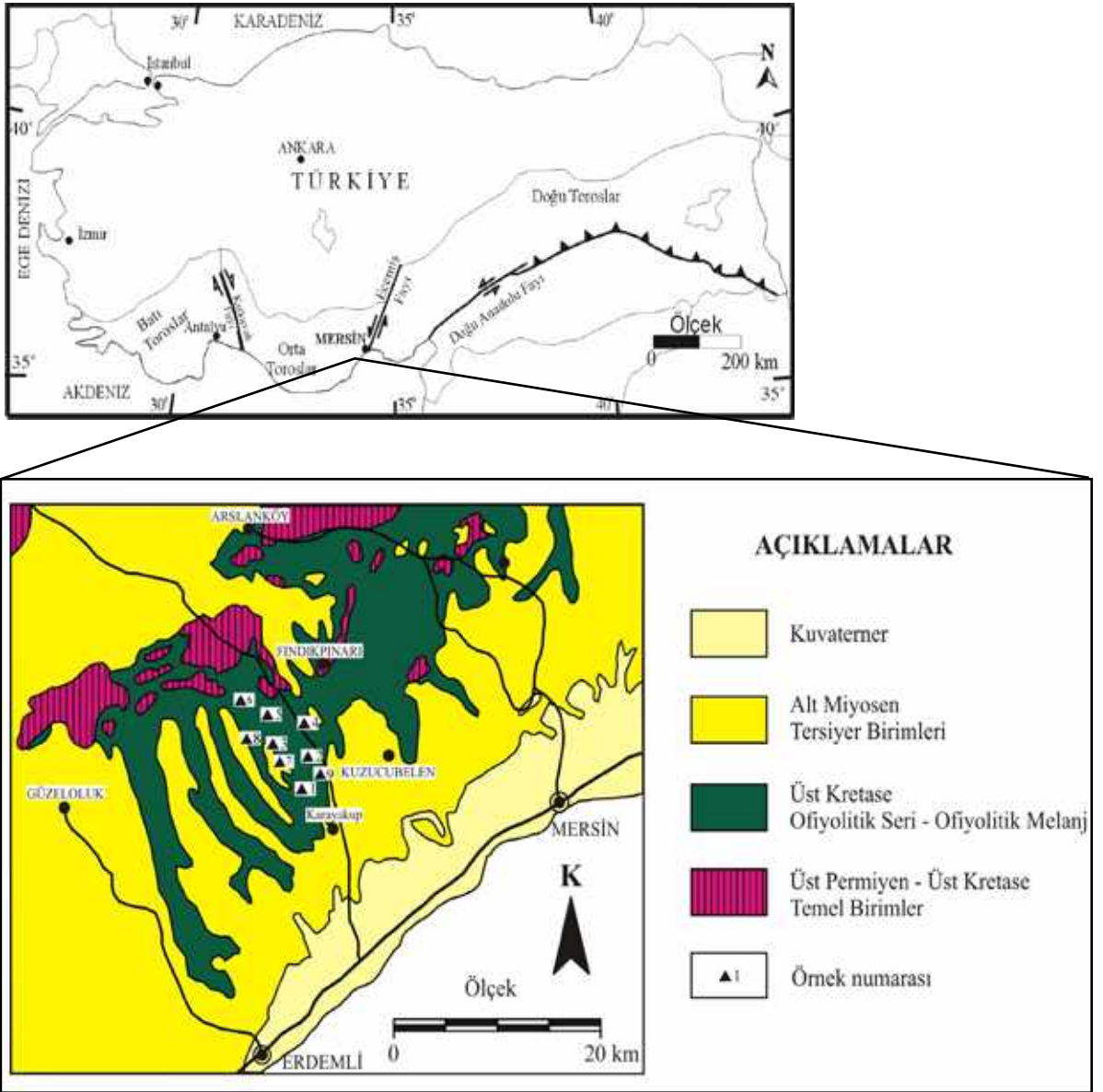
ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanı Mersin'in yaklaşık 55 km KB'da bulunan Fındıkpınarı (Erdemli/Mersin) bölgesini içeren 25 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgenin jeolojisi genel olarak 3 ayrı birimden oluşmaktadır (Şekil 1).

Bunlar; alttan üstte doğru, Geç Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı temel birimler, ofiyolitik kayaçlardan ve ofiyolitik melanjdan oluşan

birimler ve bu birimleri açıl uyumsuzlukla örten Tersiyer yaşlı birimlerdir.

Temeli oluşturan kayaçlar bölgede Üst Permiyen yaşlı kireçtaşları ile başlamaktadır. Triyas dönemi kırıntılı kayaçların ardalanması ile temsil edilmektedir. Jura-Üst Kretase dönemi platform karbonatlarından oluşmaktadır. Geç Kretase ise derin denizel pelajik kireçtaşları ve türbiditlerle temsil edilmektedir (Demirtaşlı ve diğ., 1984).



Şekil 1. Çalışma bölgesinin jeoloji haritası (MTA gov.tr den basitleştirilerek)

Figure 1. Geological map of investigated area (Simplified from MTA gov.tr)

Bölgeye Geç Kretase döneminde yerleşen ofiyolitik kayaçlar, bir ofiyolitik diziliminde yer alan bütün kaya birimlerini kapsamaktadır. Ofiyolitik melanj ise killi kireçtaşı, türbiditik kumtaşından oluşan bir matris ve içinde mafik-ultramafik kayaç ve değişik yaşlarda (Permiyen, Triyas, Jura-Kretase) kireçtaşı bloklarından oluşur (İşler, 1990).

Bölgede yer alan Tersiyer birimleri Oligosen-Miyosen ve Kuvaterner dönemlerinde çökelmiş olup, temel ve ofiyolit birimleri üzerine açılmal uyumsuzlukla gelmektedir. Tersiyer birimleri birbirleri ile yanal ve dikey geçişli olup, Oligo-Miyosen yaşlı Gildirli, Alt-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya, Karaisalı ve Güvenç, Orta-Üst Miyosen yaşlı Kuzgun ve Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Handere formasyonlarından oluşmaktadır (Şenol ve diğ., 1998).

Gildirli formasyonu akarsu çökellerinden konglomera- kumtaşı, siltaşı- kilttaşlarından oluşmaktadır. Kaplankaya formasyonu killi kireçtaşı, killi kumtaşı, marn ve fosilli kireçtaşlarından oluşurken, Karaisalı formasyonu ise resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bölgede resif önü, sığ-derin deniz ortamında çökelmiş Güvenç formasyonu killi kireçtaşı-marn ve kilttaş-siltaşlarından oluşur. Kuzgun formasyonu, kumtaşı-konglomera, resifal kireçtaşı, tüfit ve kilttaş-marn-siltaşı gibi belirgin dört birimden oluşmaktadır. Handere formasyonu ise, beyazımsı, sarımsı renkli, kilttaş-marn-sittaşı, fosilli oolitik kireçtaşı, alçtaşı (jips) ve kumtaşı-konglomeralardan oluşmaktadır. Kuvaterner ise traverten ve alüvyonlarla temsil edilmektedir (Şenol ve diğ., 1998).

Bölgede tipik akdeniz iklimi hüküm sürmekte; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Maksimum yağış kışın, minimum

yağış yazın düşer ve yaz ve kış yağışları arasındaki fark oldukça fazladır. Yıllık yağış ortalaması 600-1000 mm, yıllık sıcaklık ortalaması 18-20°C'arasındadır. Ocak ayı ortalaması 8-10°C, temmuz ayı ortalaması 28-30°C'dir ve yıllık sıcaklık farkı 15-18°C'dir. Karakteristik bitki örtüsü zeytin, defne, kekik gibi bitkilerden oluşan makilerdir (frmtr.com/cografya/697796-turkiyede-iklim-cesitleri.html).

Çalışma alanında gözlenen *Alyssum* bitki türleri de düzensiz bir dağılım göstererek 800- 1000 m. arasındaki yükseklikte yayılım göstermekte, yalnızca temmuz- ağustos aylarında çiçeklenme gösteren çok yıllık bir bitki türüdür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Fındıkpınarı-Erdemli/Mersin yöresinde ultrabazik birimlerde 42 bitki örneği sistematik olarak (şekil 1 de verilen 9 istasyon temel alınarak, 42 istasyondan örnek toplanmıştır, ancak bitkilerin düzensiz dağılımları nedeniyle bir çizgiye göre istasyon oluşturmak mümkün olamamıştır) 3 yıl boyunca çiçeklendiği temmuz-ağustos aylarında toplanmıştır. Toplanan bitki örnekleri bir kısmı preslenerek kurutulduktan sonra sistematik tanımlamaya hazırlanmış ve *Alyssum* türleri olarak *A. murale*, *A. floribundum*, *A. peltarioides*, olmak üzere 3 bitki türü saptanmıştır. Ayrıca bu bitki türlerinin yetiştikleri topraklardan da 20-25 cm derinliklerden örnekler alınarak Ni analizi için aşağıdaki şekilde analize hazırlanmıştır.

Toprak örneklerinin (toplam 42 adet) element düzeyleri Brooks ve diğ., (1992)'den yararlanılarak yapılmıştır. 80 °C kurutulan toprak örneklerinden 0,1000 g tartıldıktan sonra polietilen kaba konulmuş ve üzerine 10 ml derişik HF+HNO₃ (1:1) karışımı

eklendikten sonra buharlaştırılmış ve üzerine 7 ml derişik HCl eklenmiş ve buharlaştırma işlemleri tekrarlanmıştır. Elde edilen kalıntı 7 ml derişik HCl'de çözüldükten sonra deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanarak elde edilen çözeltilerde element miktarları alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile analiz edilmiştir.

Preslenen bitki örneklerinin sistematik tanımlamaları yapıldıktan sonra, yıkanıp saf sudan geçirilerek 80 °C kurutulmuş ve daha sonra Benton ve Jones (1984) tarafından geliştirilen yöntemle göre analize hazırlanmıştır. Kurutulmuş bitki örneklerinin yaprak, dal ve çiçek (toplam 90 örnekte) gibi organlarına ayrılarak 2.00 g tartılıp porselen krezellerin içinde kül fırınında 50 °C/saat hızla 550 °C'ye kadar ısıtılmış ve bu sıcaklıkta 10 saat bekletilmiştir. Elde edilen kül üzerine 5 ml derişik HNO₃ çözeltileri eklendikten sonra ısıtıcı tabla üzerinde kuruyuncaya kadar buharlaştırılıp kalan kalıntı üzerine de 5 ml derişik HCl eklenerek balon jöje içerisinde deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Tüm örneklerde element düzeyleri alevli atomik absorpsiyon spektrofotometrisinde (AAS) okunarak sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden verilmiştir. Toprak- bitki arasındaki ilişki Scroll (1975)'e göre %95 ve %99 güvenilirlikle yorumlanmıştır.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bitkilerin kuru ağırlığının büyük bir kısmını C, O, H oluşturur. Bu elementleri bitki CO₂ ve H₂O'dan elde eder. Önem bakımından daha sonra N ve sırası ile K, Ca, Mg, P, S ve F gelir. Bugün için belirlenmiş olan elementlerin en az 60'ının bitkilerde bulunduğu bilinmektedir. Bitki köklerinin bir dereceye kadar çevresindeki toprakta bulunan bütün

elementleri absorblayabilecekleri düşünülse de bitkiler çeşitli iyonları absorblama hızlarını ayarlayabilme ve seçim yapabilme yeteneğine sahiptirler. Ayrıca farklı türlerin belli elementler arasında seçim yapma yetenekleri de farklıdır (Yürekli ve Aslanargun, 2002).

Bitki gelişimi için gerekli bir besin elementi olarak tanımlanmış olan nikelin, topraklarda yüksek konsantrasyonda bulunduğu durumlarda bazı bitki türlerinin büyümesine ters etki yaptığı gibi, bazı bitki türlerinin de nikeli çok fazla miktarda bünyelerine aldıkları bilinmektedir.

Bazı araştırmacılara göre çeşitli ortamlardaki Ni düzeyleri şöyle özetlenebilir; Köksoy ve Topçu'ya göre (1976) Ni içeriğinin topraklarda 41 ppm, bitkilerde (kül ağırlık üzerinden) ise 50 ppm olduğu belirtilmektedir. Rose vd., (1979) Ni içeriğinin magmatik kayalarda 45-2000 ppm, sedimenter kayalarda 2-68 ppm, topraklarda 17 ppm , bitkilerde (kül ağırlık üzerinden) ise 18 ppm, olduğunu belirtmişlerdir. Özbek vd., (1993) Ni bakımında zengin kayalardan oluşan topraklarda 100-5000 ppm Ni içeriğinin bulunduğunu, bitkilerin Ni içeriğinin ise genelde < 3 ppm olduğunu, bu değerlerin 11-30 ppm arasında olması halinde toksik etki gösterebileceğini belirtmişlerdir (bitkilerde kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır). Alloway (1995), Ni değerlerinin magmatik kayalarda 2-3400 ppm, tortul kayalarda 26-1000 ppm arasında değiştiğini ifade etmiştir. Yazar toprağı oluşturan ana kayacın özelliğine göre topraklardaki Ni içeriğinin değiştiğini, örneğin genel olarak topraklarda 20 ppm olduğu belirtilen Ni içeriğinin serpantinlerin oluşturduğu topraklarda 7000 ppm' e kadar çıktığını belirtmiştir. Ayrıca Ni elementince normal düzeyde olan topraklar üzerinde yetişen bitkilerde ise Ni içeriğinin 0,1-5 ppm

arasında değişmekte olduğu, serpantin kökenli topraklar üzerinde yetişen bitkilerde ise genel olarak 20-100 ppm arasında Ni bulunduğu ve bazı hiperakümülatör bitkilerin 1000 ppm'den fazla Ni bünyelerinde barındırdıklarını belirtmektedir. Demirezen ve Aksoy, (2004) Kayseri civarında yaptıkları çalışmada topraklarda Ni içeriğini 90 ppm, bitkilerde ise 1-20 ppm olduğunu saptamışlardır.

Genel olarak da Ni elementi çoğu bitkilerin bünyesinde 18-51 ppm kül ağırlık (kuru ağırlık üzerinden 1.5 ppm) düzeyindedir. Ancak *Alyssum* bitkisinin % 1 düzeyinin üzerinde Ni biriktiren türleri de bulunmaktadır. Dünya da *Alyssum*'un 168, Avrupa da 14 türü bulunmakta ve Türkiye'de ise bu türlerden bazıları doğal olarak yetişmektedir Mersin, Hatay, Kahramanmaraş, Kayseri, Malatya, Sivas, Erzincan, Tunceli, Muğla, Denizli, Antalya, Bursa, Kütahya, Eskişehir vb. gibi illerde bol miktarda, özellikle de ofiyolitik kayaların yayılım gösterdiği alanlarda yetişmektedir (Brooks, 1977; Brooks vd., 1979; Adıgüzel ve Reeves, 2002). Şekil 1 de jeoloji haritasında görülen Fındıkpınarı - Erdemli / Mersin bölgesinden toplanan *Alyssum* sp. bitki türleri (*A. murale*, *A. floribundum*, *A. peltarioides* ve yetiştikleri topraklardan örnekler alınmış olup bitkilerde Ni için yapılan kimyasal analiz sonuçlarında normal değerlerin çok (4 örnekte aşırı miktarda, 19 472 ppm e kadar çıktığı) üzerinde olduğu saptanmıştır (normal değer Ni için yaklaşık 3 ppm dir).

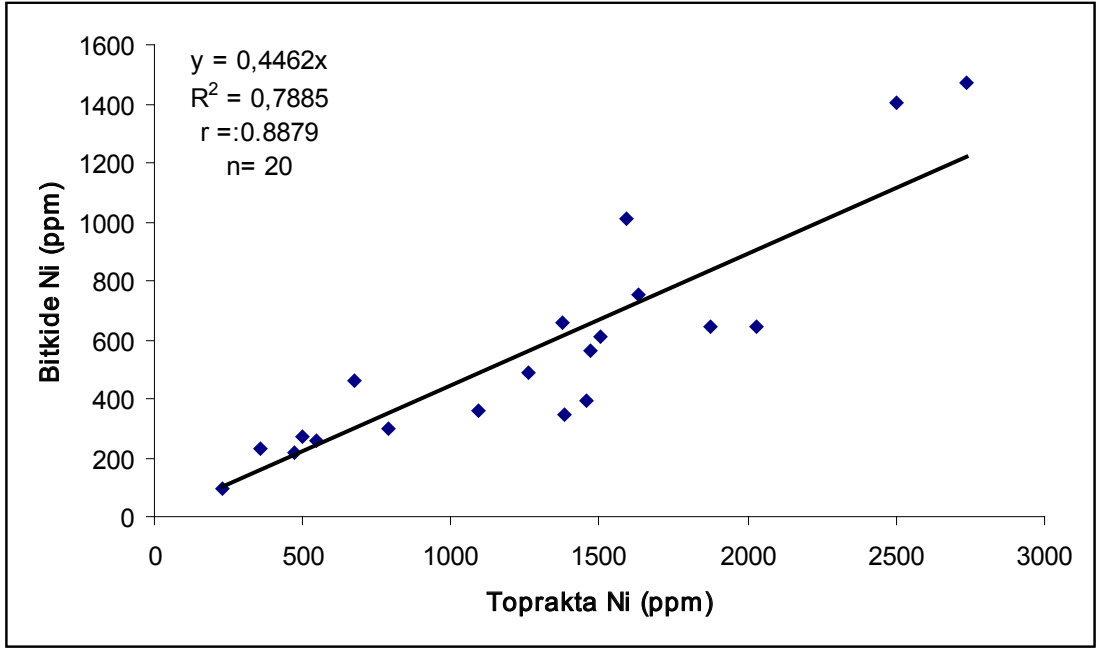
Laboratuvarda kimyasal analize hazırlanan bitki ve toprak çözeltilerinde Ni düzeyleri, atomik absorpsiyon spektrofotometrisinde (AAS) okunarak sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiştir. *A. floribundum* Boiss & Ball, *A. peltarioides*, Boiss, subsp, virgatifarme (Ngar)) bitki türleri için Ni başta olmak üzere Fe, Zn, Mn, Cu, için bu bitki türlerinin

istatistiksel anlamda bir anlam taşımadığı saptanmıştır (% 95 güvenirlikle, $P < 0.05$).

Bu üç bitki türü içerisinde yalnız *A. murale* bitki türünün çiçeğindeki Ni düzeyi ile topraktaki Ni düzeyi (Tablo 1, 2) arasında (1. populasyon için $r: 0.8879$, $n: 20$, %99 güvenirlikle, $P < 0.01$) doğrusal bir ilişki olduğu (Şekil 2) ve bu türün yalnızca çiçeğinin nikelin bulunduğu maden yataklarının biyojeokimyasal prospeksiyonda belirtgen bitki olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Toprakta aşırı miktarda Ni değerine karşılık bitkinde aşırı miktarda Ni alması nedeni ile de bu bitki türünün akümülatör bitki olabileceği söylenebilir. Şekil 3 te verilen grafikte toprakta az veya çok nikel bulunması durumunda bitkinin aynı oranda az veya çok alması (Ornella ve Gabbrielli, 1987; Özdemir 2009) literatürde belirtildiği gibi ayrı populasyon olarak kabul edilerek, grafikleri ayrı ayrı çizilmiş olup, istatistiksel değerlendirilmeleri de ayrı yapılmıştır (2. populasyon için, $r=0.9873$, $n=4$, % 95 güvenirlikle). Bu davranışta Ornella ve Gabbrielli (1987) tanımladığı akümülatör bitki tanımlamasına uyum göstermektedir. Bu durumda belirtgen bitki yerine akümülatör bitki terimi daha uygun olacaktır.

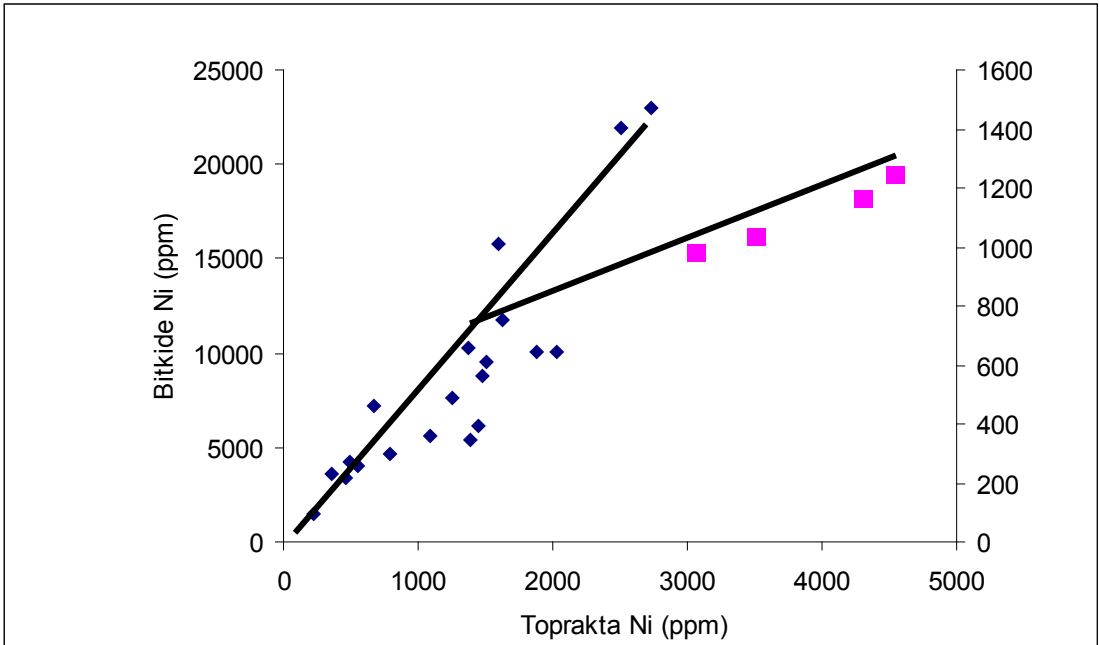
A. murale bitki türü ile Ni yataklarının aranması yapılabildiği gibi çevresel ortamların Ni için belirlenmesi, yalnızca bu bitkinin çiçeğinin analiz edilmesiyle topraktaki Ni içeriğinin saptanması, Ni fazlalığının olduğu veya atığın bulunduğu ortamlarda yetiştirilerek o ortamdaki Ni nin temizlenmeside olasıdır. Co, Fe, Zn, Mn, Cu için ise bu bitki türünün istatistiksel bakımdan bir anlam taşımadığı söylenebilir ($P > 0,05$, %95 güvenirlikle).

Bölgede gözlenen *Alyssum* türlerinden *A. murale*, *A. floribundum* türlerinde bazı



Şekil 2. Bitki ve toprak Ni içerikleri arasındaki ilişki (1. populasyon)

Figure 2. Correlation between Ni content of soil and plant (1.population)



Şekil 3. Nikel akümülatörü *Alyssum murale* Waldst.&Kit bitki türü (1.♦ ve 2.■ populasyon)

Figure 3. Nickel Accumulating species of *Alyssum murale* Waldst.&Kit (1.♦ and 2.■ population)

	Toprakta Ni , ppm	Bitkide Ni, ppm
Min. değer	230	94
Max. değer	4538	19472
Aritmetik ortalama değer	1702	3353
Ortanca değer	1463	585

Tablo 1. *Alyssum murale* Waldst&Kit bitki türünün Ni için istatistiksel parametreleri

Table 1. The statistical parameters of *Alyssum murale* Waldst&Kit plant species for Ni

<i>Alyssum murale</i> Waldst&Kit					
Toprakta aralık, ppm (n: 4)		Bitkide aralık, ppm (n: 4)			
		Yaprak	Dal	Yassı dal	Çiçek
Fe	7812-8125	125-925	25-325	43-56	-
Zn	146-968	106-200	36-175	40-50	-
Mn	421-476	100-237	31-91	81-93	-
Cu	62-78	6-31	6-25	6-7	-
Co	140-171	3-15	3-5	2-3	2-8
Ni	230-2734 (n=20) 3056-4532 (n=4)	21-362	21-85	62-750	94-1471♦ 15398-19472■

♦ (1. populasyon) [$y = 0,4462x$, $R^2 = 0,7885$, $r = 0,8879$, $n = 20$ ($P < 0,01$, % 99 güvenirlikle)]

■ (2. populasyon) [$y = 2,6959x + 6952,2$, $R^2 = 0,9749$, $r = 0,9873$, $n = 4$ ($P < 0,05$, % 95 güvenirlikle)]

n: örnek sayısı, R^2 : korelesyon katsayısı karesi; r: korelesyon katsayısı, P:güvenirlilik derecesi

Tablo 2. *Alyssum murale* Waldst&Kit bitki türü ve yetiştiği topraklarda Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co için element içerikleri

Table 2. *Alyssum murale* Waldst&Kit plant species and Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co contents in soil

bitkilerde (bazen de aynı kökte) yassı dallar gözlenmiştir. Bu yassı dallarda element analizi yapıldığında genel olarak elementleri bünyelerine fazlasıyla aldıkları saptanmıştır (Tablo 2 ve 3). Özellikle *A. murale* bitki türünün bu çalışma ile Ni akümülatörü olarak saptanması nedeni ile, bu bitkinin aşırı miktarda bünyesine nikel almasının dallarında anormal şekiller (yassılaşıma) yarattığını söylenebilir (Şekil 4 ve 5). Bu da ileride yapılacak jeobotanik prospeksiyonda *A. murale* bitki türünü yassı dallı olarak gözlemlendiğinde o bölgenin Ni açısından umutlu bir bölge olabileceği düşünülebilir.

Elementler arası ilişkiler incelendiğinde (Tablo 5) *A. murale* bitkisinin çiçeğindeki Ni ile topraktaki Ni arasında %99güvenirlikle, ($P < 0,01$) bir ilişki vardır. Ancak bitkideki Ni içeriği ile topraktaki Co arasında bir ilişki bulunmamaktadır ($P > 0,05$) yani, bitkide Ni bulunması topraktaki Co dan bağımsızdır. Bitkideki Ni içeriği topraktaki Co içeriği açısından bağımsızdır denebilir. Ayrıca *A. murale* bitkisinin çiçeğinde Fe, Zn, Mn, Cu değerleri belirleme sınırı altında (< 2 ppm AAS de) olduğundan Ni ile aralarındaki elementler arası ilişkisi incelenememiştir.



Şekil 4. *Alyssum murale* Waldst&Kit bitki türü (normal dal)

Figure 4. *Alyssum murale* Waldst&Kit plant species(normaly twigs)



Şekil 5. *Alyssum murale* Waldst&Kit bitki türü (yassı anormal dal)

Figure 5. *Alyssum murale* Waldst&Kit plant species (flat abnormaly twigs)

<i>Alyssum peltarioides</i> , Boiss, subsp. <i>Virgatiforme</i> (Ngar)					
Toprakta aralık, ppm (n: 4)		Bitkide aralık, ppm (n: 4)			
		Yaprak	Dal	Yassı dal	Çiçek
Fe	7812-8203	115-312	31-112	131-148	-
Zn	18-182	156-281	75-250	117-125	-
Mn	476-593	112-475	37-138	48-55	-
Cu	78-109	6-18	5-9	7-8	-
Co	6-171	5-50	3-5	3-4	3-9
Ni	687-1359	307-372	21-37	237-250	-

n: örnek sayısı,

Tablo 3. *Alyssum peltarioides*, Boiss, subsp. *Virgatiforme* (Ngar) bitki türü ve yetiştiği topraklarda Fe, Zn, Mn,Cu, Ni, Co için element içerikleri

Table 3. *Alyssum peltarioides*, Boiss, subsp. *Virgatiforme* (Ngar) plant species and Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co contents in soil

<i>Alyssum floribundum</i> Boiss&Ball					
Toprakta aralık, ppm (n: 3)		Bitkide aralık, ppm (n: 3)			
		Yaprak	Dal	Yassı dal	Çiçek
Fe	7812-8203	61-350	30-143	-	-
Zn	96-156	43-327	37-275	-	-
Mn	417-601	115-437	3-12	-	-
Cu	62-78	5-21	4-12	-	-
Co	140-171	3-26	3-4	-	3-7
Ni	812-937	295-368	18-34	-	-

n: örnek sayısı,

Tablo 4. *Alyssum floribundum* Boiss&Ball bitki türü ve yetiştiği topraklarda Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co için element içerikleri

Table 4. *Alyssum floribundum* Boiss&Ball plant species and Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co contents in soil

Bitki türünde, Ni	Toprakta, Ni
<i>Alyssum murale</i> Waldst.& Kit. çiçeğinde Ni	ÇÖ

ÇÖ: Çok önemli ($P < 0.01$, % 99 güvenirlikle),

Tablo 5. Toprak ve bitkide elementler arası ilişki

Table 5. Relationships between soil and plant elements

Sonuç olarak *A. murale* bitki türünün yalnızca çiçeği biyojeokimyasal prospeksiyonda akümülatör bitki olarak, topraktaki nikeli doğrusal olarak bünyesine almaları nedeniyle ise çevresel monitör olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Anadolu’ da bol miktarda *Alyssum* bitki türlerinin bulunması, bu bölgelerde nikel potansiyelinin olabileceği, *A. murale* ile de ayrıntılı biyojeokimyasal ve jeobotanik prospeksiyon çalışmalarının yapılması önerilebilir. Ayrıca bu bitki türünün Ni kirliliği olan bölgelerin ortaya çıkarılmasında kullanılabilmesi gibi, yetiştirilerek de bölge topraklarının temizlenmesi olasıdır.

KATKI BELİRTME

Bölgenin jeolojisinin oluşturulmasında katkılarında dolayı Araş.Gör. Dr. Hayati Koç'a (Me.Ü.) teşekkür ederiz.

Bu çalışma Me. Ü. Araştırma Fonu (Müh. F.J.M. (ZÖ)-2004-3-) projesi nin bir bölümünü oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alloway, B.J.(ed.), 1995. Heavy Metals in Soil. Blackie Academic and Professional, Secand Edition, s.368.
- Akçay, M., Lermi, A. ve Van, A.,1998. Biogeochemical exploration for massive sulphide deposits in areas of dense vegetation: an orientation survey around the Kanköy Deposit (Trabzon, northeastern Turkey, J. Geo.Exp., 63, 3, 173-187.
- Adıgüzel, N. ve Reeves, R.D., 2002. A new nickel-accumulating species of *alyssum*(*cruciferae*) from western Turkey, *Edinburg journal of botany* ,59(2), 215-219.
- Angle,J.S.,Baker, A.J.,Whiting, S. N. ve Chaney, 2003. Soil moisture effects on uptake of metals by *Thalaspia*, *Alyssum*, and *Berkheya*, *Plant and soil*, 256, 325-332.
- Benton , J. ve Jones, R., 1984. Devlopments in the measurment of trace metal in foods, *Anal. Food. cont.* 157-206.
- Brooks, R.R., 1977. Copper and Cobalt uptake by *Hauminiastrium* species, *plant and soil*, 48, 541-545.
- Brooks, R.R., Morrison, R.S., Reeves, R. D.,Dudley, T.R. ve Akman Y., 1979. hyperaccumulation of nickel by *Alyssum Linæus*(*cruciferae*) *Proc.R.Soc.Lond. Sect.B*, 203, 287-403.
- Brooks R.R.,Baker A.J.M.ve Malaisse F.1992. Copper flowers *national geographic, ressearc and exploration* 8(3),338-351.
- Brooks, R.R., Dunn, C,E. ve Hall, G.E. M., 1995. Biological system in mineral exploration and processing. *Elles Horwood Limited*, s. 538.
- Demir E., 2008. Kazanlı (Mersin) Bölgesinde Biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi ve çevresel ortamın belirlenmesi, Me.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,s.108 (yayınlanmamış).
- Demirezen D. ve Aksoy, A., 2004. Accumulation Of Heavy Metals İn *Typha Angustifolia* (L.) And *Potamogeton Pectinatus* (L.) Living İn Sultan Marsh (Kayseri, Turkey), *Chemosphere*, 56, 685-696.
- Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A.Z. and Selim, M., 1984. Geology of the Bolkar Mountains. *Geology of the Taurus Belt, International Symposium*, (Ed. Okan Tekeli ve M. Cemal Göncüoğlu), 26-29 Eylül, s.125-141, Ankara-Turkey.
- Dunn C.E., 2007. Biogeochemistry in Mineral Exploration,*Handbook of exploration and Environmental Geochemistry*,V.9, Elsevier,. s. 462, London.
- Erdman, J.A. ve Kokkola, M.,1984. Workshop 2: Biogeochemistry in mineral Exploration *J. Geo.Exp.* 21, 123- 128.

- İşler, F., 1990. Fındıkpınarı ve Yöresi (Mersin) Ofiyolitlerinin Jeolojisi ve Petrografisi. Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik dergisi, Seri A, Yerbilimleri, 6-7 (1-2), 45-53.
- Kovalevsky A.L., 1984. Biogeochemical prospecting for ore deposits in the U.S.S.R, J. Geo.Exp., 21, 63-72.
- Köksoy M., 1991. Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi yayınları, A-64, s. 366, Ankara.
- Köksoy M., ve Topçu S., 1976. Jeokimyasal Prospeksiyonun Tanıtımı ve Laboratuar Metodları. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 16, s. 95, Ankara.
- Nkoane, B. B. M., Sawula, G. M., Wibetoe, G. ve Lund, W., 2005. Identification Of Cu And Ni İndicator Plants From Mineralised Locations İn Botswana, J. Geo.Exp., 86, 130-142.
- Ornella V.G ve Gabbrielli R., 1987. The response of plants to heavy metals: organic asid production, Giornale Botanico Italiano, 121,3-4, 209-212.
- Özbek, H., Kaya, Z, Gök, M. ve Kaptan, H., 1993. Toprak Bilimi, Schehten çeviri. Ç. Ü. Ziraat Fak. Yayınları 73 s. 816, Adana.
- Özdemir Z. ve Sağıroğlu A., 1997. Elazığ-Maden Bölgesi Maden çayı boyunca Bakır için Biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi, Yerbilimleri, Geosound, 30, 755-763.
- Özdemir Z. ve Sağıroğlu A., 1998. Maden Çayı (Maden-Elazığ) boyunca Fe elementi için biyojeokimyasal anomalilerin incelenmesi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 41/1, 49-54.
- Özdemir, Z. ve Sağıroğlu, A., 1999. Biogeochemical Manganese Anomalies Along the Maden Çayı Valley, Maden-Elazığ, Geochemistry International, 37, 7, 673-677.
- Özdemir, Z. ve Sağıroğlu, A., 2000a. Biogeochemical Zinc Anomalies along the Maden Çayı Valley, Maden-Elazığ, Turkey, Z. angew. Geol., 46;218-222.
- Özdemir, Z. ve Sağıroğlu, A 2000b. Salix acmophylla Boiss, Tamarix smyrnensis Bunge and Phragmites australis (cav) Trin. ex. Stuedel as biogeochemical indicators for copper deposits in Elazığ-Turkey, Journal of Asian Earth Sciences.18, 595-601.
- Özdemir, Z. 2003. Biogeochemical studies at the Musalı and silifke-Anamur area in Mersin, Turkey Geochemistry International, 41, 9, 1-6.
- Özdemir, Z. 2005. Pinus brutia as a biogeochemical medium to detect iron and zinc in soil analysis, chromite deposits of the area Mersin, Turkey, Chemie der Erde 65,79-88.
- Özdemir, Z. 2009. Bitkilerle Maden Bulunabilir mi? Biyojeokimyasal (Bitki Jeokimyası) Prospeksiyon nedir? Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi, 1, 3, 14-19.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E. ve Webb, J.S. 1979. Geochemistry in mineral Exploration, 2nd ed. Academic Press, New York, s. 657.
- Sağıroğlu A. ve Özdemir Z., 1997. Biyojeokimyasal Prospeksiyon, Jeoloji Mühendisliği, 51, 1-17.

- Schlesinger W.H.(Edit.),2006.Holland H.D. ve Turekian K. K, 2006. Biogeochemistry, Treatise on geochemistry 8, Elsevier, s. 702, London.
- Schroll,E. (ed), 1975. Analytische Geochemie Enke. verl.Bd.I.Stuttgart. s.292.
- Şenol, M., Şahin, Ş. Ve Duman, T., 1998. Adana-Mersin Dolayının Jeoloji Etüd Raporu, MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana.
- Turan H., Özdemir Z. ve Zorlu S., 2006. Çiftehan (Ulukışla-Niğde) Bölgesinin Cu, Zn, Fe, Mn, ve Ni için Biyojeokimyasal anomalilerin araştırılması, İ.Ü.Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 19/2, 131-140.
- Yürekli, A. K. ve Aslanargun, B. A., 2002. Bitkilerde Mineral Beslenme Fizyolojisi T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları, 1432, s. 119., Eskişehir.
- <http://www.frntr.com/cografya/697796-turkiyede-iklim-cesitleri.html>