

---

**Metalik Maden Yatakları**  
*Metallic Ores*

Oturum Yürütücüsü / Convener: Taner Ünlü

---

## Doğu-Güneydoğu Anadolu Bölgesi Magmatizma ve Cevherleşmelerinin Jeokronolojik ve Metalojenik Çerçevesi

İlkay Kuşcu<sup>1</sup>, Richard M. Tosdal<sup>2</sup>, Gonca Gençalioglu-Kuşcu<sup>1</sup>,  
Thomas D. Ullrich<sup>2</sup> ve Richard Friedman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Muğla Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
48100 Kötel, Muğla (E-posta: ikuscu@mu.edu.tr)

<sup>2</sup> Mineral Deposit Research Unit, Department of Earth and Ocean Sciences,  
University of British Columbia, Vancouver BC, V6T 1X7, Kanada

Tetis-Avrasya Metalojenik Kuşağının (TAMK) bir parçası olarak Afganistan ve İran üzerinden Türkiye'ye kadar uzanan bir bölge ve Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca Doğu-Güneydoğu Anadolu bölgesinde gözlenen magmatizma ve cevherleşmeler, NeoTetis okyanusunun Geç Kretase'den itibaren kapanması ve Avrasya ve Afro-Arap levhalarının çarpışması ve çarpışma sonrası olaylarının doğal bir sonucudur. Magmatizma ve cevherleşme olayları, dalma batma ve çarpışma geometrisinin (roll-back) değişimi, levha yırtılması (slab rupture) ve STEP (Subduction-Transfer-Edge-Propagator) mekanizmalarının etkili olduğu 82.90±0.43 – 44.43±0.61 My zaman aralığında meydana gelmiştir. 82.90±0.43 – 79.43±0.58 My zaman aralığında sürmüş olan dalma batma, kabuk kalınlaşması ve yay-tipi magmatik kayaçların (Baskil yayı) Malatya-Keban, Bitlis-Pütürge metamorfikleri ve ofiyolitik kayaçlara sokulum yapmasıyla sonuçlanmıştır. Dalma batma ve kabuk kalınlaşması, 76.84±0.6 – 69.0±0.4 My zaman aralığında dalma açısının değişmesi (roll-back) ile tetiklenen çarpışma sonrası gerilmeli rejim ve yükselme (exhumation) ile son bulmuştur. Bu sırada, öncelikle kalk-alkalen (Divriği-Murmano plütönu, 76.6±0.6 – 73.40±0.39 My), daha sonra da alkalen (Hasançelebi volkanikleri ve syenitoidi; Keban plütönu; 76.84±0.6 – 69.0±0.4 My) magmatizması oluşmuştur. Bölgede Erken Eosen'de başlayan yırtılma (slab-rupture) ve STEP faylanma etkisiyle kabuk ikinci bir gerilmeye uğramış ve bu gerilmeye 54.3±1.7 – 44.43±0.61 My zaman aralığında oluşan ko-magmatik, sığ derinlikli kalk-alkalen magmatizma da (Çöpler-Yakuplu, Bizmişen, Çaltı, Çavuşlu-Polat, Karamadazı, Horoz plütönları) eşlik etmiştir.

Az sayıda U-Pb yaşı ile desteklenmiş olan <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Jeokronolojik verisi, bölgedeki cevherleşmelerin 3 ana metalojenik evrede (metallogenic epoch) oluştuğunu ortaya koymaktadır. İlk evrede (77.5±2.7 – 74.20±0.43 My), yay-tipi magmatizmayla ilişkili porfiri Cu, Cu-Au tipi cevherleşmeler (Topalkem-Nazaruşağı ve İspendere-Sişmanköy, Baskil-Elazığ) oluşmuştur. İkinci evrede (74.26±0.45 ve 68.64±0.4 My), çarpışma sonrası gerilme-yükselmenin tetiklediği magmatizmayla ilişkili DOBA (Divriği-Sivas ve Hasançelebi-Malatya) ve porfiri Cu-Mo, Pb-Zn damar (Keban-Elazığ) tipi cevherleşmeleri oluşmuştur. Bu evrede, Divriği A-B kafa DOBA cevherleşmeleri (73.50±0.40 My) erken aşamayı temsil eden kalk-alkalen magmatizmayla, Hasançelebi DOBA ve Keban porfiri Cu-Mo ve Pb-Zn cevherleşmeleri (74.26±0.45 – 68.64±0.4 My) ise geç aşamayı temsil eden alkalen magmatizmayla kökensel birliktelikler sunar. Üçüncü evrede (50.44±0.28 – 40.2±6.8 My), çarpışma sonrası ko-magmatik kalk-alkalen magmatizmayla ilişkili Fe-skarn (Karamadazı-Kayseri, Horoz-Niğde, Bizmişen-Sivas, Dedeyazı-Malatya) ve Porfiri Au, Cu-Au tipi (Çöpler ve Kabataş, Erzincan) tipi cevherleşmeler oluşmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** metallojeni, magmatizma, STEP faylanma, Porfiri Cu, Au-Cu, DOBA, skarn, Doğu-Güneydoğu Anadolu

## Geochronological and Metallogenic Framework of Magmatism and Associated Mineralizations within the Eastern-Southeastern Anatolia (Turkey)

İlkay Kuşcu<sup>1</sup>, Richard M. Tosdal<sup>2</sup>, Gonca Gençalioglu-Kuşcu<sup>1</sup>,  
Thomas D. Ullrich<sup>2</sup> & Richard Friedman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Department of Geological Engineering, Muğla University, Kötekli,  
TR–48100 Muğla, Turkey (E-mail: ikuscu@mu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Mineral Deposit Research Unit, Department of Earth and Ocean Sciences,  
University of British Columbia, Vancouver BC, V6T 1X7, Canada*

As a part of the great Tethyan-Eurasian Metallogenic Belt (TEMB), the magmatism and mineralizations in eastern-southeastern Anatolia hosted within the Bitlis-Zagros Suture zone that extends eastward to Iran and Afghanistan are integral parts of the closure of the NeoTethyan ocean coupled with the collision between Eurasian and Afro-Arabian plates between Late Cretaceous to Middle Eocene. Magmatism and mineralization events reflect the complex geometry of the subduction-collision interface followed by post-collisional and late orogenic extension due to gradual change in the geometry of subduction and post-collisional events (slab roll-back, and STEP-faulting: Subduction-Transfer-Edge-Propagator) over a time period between 82.90±0.43 to 44.43±0.61 Ma. The prolonged subduction from 82.90±0.43 to 79.43±0.58 Ma resulted in the generation and emplacement of arc-type magmatic rocks into metamorphic basement and overlying ophiolitic rocks. After a period of crustal thickening, an extensional regime and exhumation due to roll-back of the subducting slab or decrease in the convergence rate coupled with incipient orogen-parallel extension in the overriding plate was established between 76.84±0.6 to 69.0±0.4 Ma. The onset of extension coincided with the emplacement of calc-alkaline (Divriği pluton, 76.6±0.6 – 73.40±0.39 Ma) followed by alkaline (Hasancelebi and Keban magmatics, 76.84±0.6 to 69.0±0.4 Ma) igneous rocks into the Malatya-Keban metamorphics and overlying ophiolitic rocks. In early Eocene time, a second major episode of extension initiated due either to slab-steepening and consequent slab-pull coupled with initial rupture or STEP-faulting. This regime is accompanied by co-magmatic shallow calc-alkaline magmatism and crustal-scale strike-slip faulting between 54.3±1.7 to 44.43±0.61 Ma, peaking at 48 Ma.

<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology supplemented by a limited U-Pb ages from major magmatic rocks and alteration zones suggested that the ore deposits appear to have formed in three metallogenic events. The first metallogenic event (77.5±2.7 to 74.20±0.43 Ma) is related to arc-type calc-alkaline magmatism and generation of porphyry-type Cu-Au mineralizations at Topalkem-Baskil (Elazığ), and Ispendere-Şişman (Malatya). The second event, between 74.34±0.8 and 68.64±0.4 Ma, is related to post-collisional exhumation and extension. During this phase, early calc-alkaline to alkaline magmatism is coeval with the formation of Fe-skarn and IOCG systems at 74.34±0.8 to 73.50±0.40 Ma at Divriği (Sivas). The alkaline magmatism at 76.84±0.6 to 69.0±0.4 Ma is associated with IOCG systems at Hasancelebi (Malatya) and porphyry-type F-Cu-Mo and vein type Pb-Zn mineralizations at Keban (Elazığ). The third metallogenic event (at 50.44±0.28 to 40.2±6.8 Ma) is associated with the calc-alkaline, shallow co-magmatic associations, and resulted in Cu-Au porphyry at Çöpler-Kabataş (İliç-Erzincan) and Fe-skarn at Karamadazı (Yahyalı-Kayseri)–Horoz (Çiftehan- Niğde)-Durmuşlu-Dedeyazı (Doğanşehir-Malatya), and Bizmişen-Çaltı (Erzincan).

**Key Words:** metallogeny, arc magmatism, post-collisional magmatism, slab rupture, STEP-faulting faults, porphyry Au-Cu, skarn metallogenic phase, southeastern Anatolia, Turkey

## Karacaali Magmatik Kompleksi (KMK) Manyetitlerinin Kimyasal Bileşimlerinin Karşılaştırılması

Okan Delibaş<sup>1</sup> ve Yurdal Genç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüd ve Arama Dairesi Başkanlığı, 06520 Balgat, Ankara (E-posta: delibas@ gmail.com)

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara

Orta Anadolu Kristalin Masifinin kuzeybatısında yer alan Karacaali (Kırıkkale) Magmatik Kompleksi (KMK) bazaltik ve andezitik kayalara bağlı demir zenginleşmeleri içermektedir.

Demir zenginleşmelerinin ana minerali manyetittir. Bazaltik kayalara bağlı manyetit zenginleşmesi makro-mikro ölçekte farklı yapı ve dokularda gözlenmektedir. Arazi gözlemleri ile makro-mikro gözlemler doğrultusunda zenginleşme; (a) bazaltların hamurunu oluşturan matriks tipi, (b) bazaltik kayaların kırık-çatlaklarında damar tipi, (c) breşik zonlarda kayaç parçalarının aralarını dolduran breş matriksi tipi ve (d) bazaltların gaz boşluklarını dolduran boşluk dolgusu tipi manyetit zenginleşmeleri olmak üzere dört farklı tipte ele alınmıştır. Bazaltik kayalara bağlı manyetit zenginleşmelerine ek olarak monzonitik kayaları kesen aktinolit+manyetit damarları da tespit edilmiştir.

Manyetitlerde yürütülen mineral kimyası çalışmalarına (EPMA ve Elektron Mikroskop) göre; matriks tipi manyetitlerin ortalama SiO<sub>2</sub> oranı % 0,33, MgO oranı % 0,16, TiO<sub>2</sub> oranı % 0,22 ve V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı % 0,24'tür. Damar tipi cevherleşmelere ait manyetitlerde ise ortalama SiO<sub>2</sub> oranı % 0,27, MgO % 0,32, TiO<sub>2</sub> % 0,10'dur. V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri dedeksiyon limitinin (% 0,01) altındadır. Breş matriksi tipi cevherleşmeye ait manyetitlerde ortalama SiO<sub>2</sub> oranı % 0,45, MgO oranı % 0,40, TiO<sub>2</sub> oranı % 0,20 ve V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı % 0,15'tir. Boşluk dolgusu tipi cevherleşmeye ait manyetitlerin SiO<sub>2</sub>, MgO, TiO<sub>2</sub> ve V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranları ise sırasıyla % 0,90, % 0,45, % 0,27 ve % 0,34'tür. Monzonitik kayaları kesen damarlarda ise manyetitlerin ortalama SiO<sub>2</sub> oranı % 0,42, MgO oranı % 0,27, TiO<sub>2</sub> oranı % 0,15'tir. V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı ise dedeksiyon limitinin altındadır.

Literatür verilerine göre manyetitlerin yüksek Mg, Mn, Si ve Cr içerikleri hidrotermal, yüksek V, Cu, Ti, P, Ni ve U içerikleri ise birincil magmatik manyetitler için tipiktir. Bu verilere göre matriks tipi manyetitlerde yüksek V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve TiO<sub>2</sub> oranları bu cevherleşmenin birincil cevherleşme olduğunu işaret ederken, damar ve breş matriksi tipi manyetitlerdeki yüksek MgO ve nispeten yüksek SiO<sub>2</sub> oranları hidrotermal manyetitleri işaret etmektedir. Ayrıca matriks tipi cevherleşmelerin akma dokusu göstermesi, yaygın gaz boşlukları içermesi, yer yer farklı tip bazaltlar içinde mikro ölçekli dayklar şeklinde yer alması da silikat fazdan ani olarak ayrımlanan birincil demiroksit fazının önemli göstergeleri olarak kabul edilebilir.

**Anahtar Sözcükler:** Karacaali magmatik kompleksi, manyetit zenginleşmesi, magmatik manyetit, hidrotermal manyetit, matriks tipi manyetit zenginleşmesi, demiroksit fazı

## Comparison of the Magnetites Compositions of Karacaali Magmatic Complex (KMC)

Okan Delibaş<sup>1</sup> & Yurdal Genç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüd ve Arama Dairesi Başkanlığı, Balgat, TR–06520 Ankara, Türkiye (E-mail: delibaso@gmail.com)

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR–06532 Ankara, Türkiye

---

Karacaali (Kırıkkale) Magmatic Complex (KMC) located in the northern west part of the Central Anatolian Crystalline Massif contains iron enrichments hosted by basaltic-andesitic rocks.

Iron enrichments consist of magnetite. Magnetite enrichments are observed as different structure and texture in macro-micro scale. According to field and macro-micro observations, enrichments can be classified as four different types. These are: (a) matrix type molding basaltic matrix, (b) vein type crosscutting the basaltic-andesitic rocks, (c) breccia matrix type (forming the matrix of brecciated basalts) and (d) vesicle-filling type which fills the gas vesicles of basaltic-andesitic rocks. In addition to these enrichments, actinolite+magnetite veins crosscutting the monzonitic rocks are also observed.

Different type magnetites have been studied by electron microprobe (EPMA) and electron microscope. According to mineral chemistry studies; matrix type magnetites contain average 0.33% SiO<sub>2</sub>, 0.16% MgO, 0.22% TiO<sub>2</sub> and 0.24% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Also, vein type magnetites contain 0.27% SiO<sub>2</sub>, 0.32% MgO, 0.10 TiO<sub>2</sub> and V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents below the detection limits. Breccia matrix type magnetites contain average 0.45% SiO<sub>2</sub>, 0.40% MgO, 0.20% TiO<sub>2</sub> and 0.15% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The average SiO<sub>2</sub>, MgO, TiO<sub>2</sub> and V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents of the vesicle-filling type magnetites are 0.90%, 0.45%, 0.27% and 0.34%, respectively. However, magnetites in the veins crosscutting the monzonitic rocks contain average 0.42% SiO<sub>2</sub>, 0.27% MgO, 0.15% TiO<sub>2</sub> and V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents below the detection limits.

In the literature, high Mg, Mn, Si and Cr contents of magnetite are typical for hydrothermal magnetites, however; high V, Cu, Ti, P, Ni and U contents are typical for primary magmatic magnetites. According to these data, high V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> contents of the matrix type magnetite indicate magmatic origin, whereas high MgO and relatively high SiO<sub>2</sub> contents of the vein and breccia type magnetite indicate the hydrothermal origin. Furthermore, matrix type magnetite enrichments with flow texture, orbicular-vesicles, and micro-scaled dykes within different type basalts could be accepted as indicator for sudden separation of a primary iron-oxide phase from a silica-rich melt.

**Key Words:** Karacaali magmatic complex, magnetite enrichment, magmatic magnetite, hydrothermal magnetite, matrix type magnetite enrichment, iron-oxide phase

## Levha Dayk Karmaşığı İçerisindeki Kıbrıs Tipi Masif Sülfid Cevherleşmelerine Türkiye’den Bir Örnek: İncekoz (Adıyaman) Cu Cevherleşmesi

Nail Yıldırım<sup>1</sup>, Ali Aydın<sup>1</sup>, Muhittin Yiğmatepe<sup>1</sup>, Yunus Ay<sup>1</sup>  
Muharrem Akgül<sup>2</sup> ve Esra Yıldırım<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 4. Bölge Müdürlüğü,  
P.K. 178, 44100 Malatya (E-posta: nailyildirim@gmail.com)  
<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23100 Elazığ

İnceleme alanı; Güneydoğu Anadolu bölgesinde, Adıyaman iline bağlı İncekoz Mahallesi, Malatya M-40 a<sub>4</sub> paftasında yer almaktadır. İnceleme alanı, Kenar Kıvrımları Kuşağı ile Toros Orojenik Kuşağı geçiş zonu üzerindedir. Bölgede yer alan birimler başlıca iki yapısal birime ayrılmaktadır. Bunlar otokton ve allokton birimlerdir. Otokton birimler alttan üste doğru; Terbüzek Formasyonu (Üst Maestrihtiyen), Besni Formasyonu (üst Maestrihtiyen), Germav Formasyonu (Paleosen) ve Midyat Formasyonudur (Eosen). Allokton birimler ise; Üst Kampaniyen–Alt Maestrihtiyen de çekim kayması sonucu bölgeye yerleşen Koçali Karmaşığı’dır (Jura–Alt Kretase).

Kenar Kıvrımları Kuşağında bulunan cevherleşme alanı içerisinde, farklı birimlerin bir arada bulunmasına karşın cevherleşme sadece Koçali Karmaşığı içerisinde izlenmektedir. İnceleme alanı ve çevresinde temeli oluşturan Koçali Karmaşığı; serpantin, harzburjit, dünit, gabro, plajiyogranit, levha daykları, spilitik bazalt ve çamurtaşları ile temsil edilmektedir. Karmaşık içerisindeki birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri tektoniktir. Cevherleşme Koçali Karmaşığı içerisinde K80°B/80°KD konumlu olup, levha dayk karmaşığı içerisinde yer almaktadır. Levha dayk karmaşığı içerisinde gelişen bu cevherleşme genellikle zayıf zonları (dayk çıkış kanalları, kırık-çatlaklar, sinjenetik faylar) tercih ederek çatlak dolgusu şeklinde gelişmişken, yer yerde saçınım halde izlenebilmektedir. Ayrıca malzemesini ofiyolitik kaynaktan almış olan geç Maestrihyen yaşlı Terbüzek formasyonunun çakıltaşları içerisinde levha dayklarında izlenen cevher çakıllarının bulunması, cevherleşmenin yaşının geç Maestrihtiyen öncesi olduğunu göstermektedir.

Cevherleşme mineralojik olarak; pirit, kalkopirit, fahlerz (tetraedrit-tennantit), bornit, kalkozin, kovellin ve spekülartten oluşmaktadır. Örneklerde birincil olarak pirit, kalkopirit ve tetraedrit-tennantit bulunurken, ikincil olarak bornit, kalkozin, kovellin ve spekülart gelişmiştir. Cevherleşmenin etrafındaki yan kayaçlarda ise yoğun kloritleşme ve daha az karbonatlaşma, silisleşme, limonitleşme, hematitleşme, epidotlaşma gibi alterasyonlar izlenmektedir. Bu alterasyon türleri deniz tabanı volkanitlerinde yaygın olarak görülmektedir.

İnceleme alanındaki cevherleşmenin Kıbrıs Tipi Masif Sülfid yataklarıyla benzer özellikler sunduğu düşünülmektedir. Bu tip yatakların oluşumu için gerekli hidrotermal sıvıların deniz suyu olduğu ve bu deniz suyunun yeni oluşan okyanus kabuğu içerisinde döngülediği bilinmektedir. Bu döngülenme ile yüksek permeabiliteli volkanitlerin üst kesimlerinde masif cevher ve gossanlar oluşurken, volkanitlerin alt kesimlerinde stockwork tip cevherler oluşmaktadır. Volkanitlerin altında, düşük permeabiliteli levha dayk karmaşığı içerisinde ise çatlak dolgusu şeklinde cevherleşmeler gelişmektedir. Bu cevherleşmeler, daha çok levha dayk çıkış kanallarına, sinjenetik faylara ve kırık-çatlaklara yerleşmişlerdir. İnceleme alanındaki cevherleşmenin de Kıbrıs Tipi Masif Sülfid yataklarının kök kısmını oluşturan levha dayk kompleksindeki cevherleşmelere karşılık geldiği ve yeşilist fasiyesi tarafından karakterize edildiği düşünülmektedir. Benzer özellikteki cevherleşmeler, Trodos, Semail, Josephine ve Betts Cove komplekslerinde tanımlanmışlardır.

Cevherleşmenin sadece Koçali Karmaşığına ait levha dayk karmaşığı içerisinde bulunması, deniz tabanı volkanitlerinde sıkça görülen alterasyon türlerinin izlenmesi, sülfotuzların varlığı ve Üst Maestrihtiyen yaşlı Terbüzek Formasyonunu içerisinde cevher çakıllarının yer alması, İncekoz cevherleşmesinin Kıbrıs Tipi Masif Sülfid cevherleşmeleri olduğunu destekler niteliktedir.

**Anahtar Sözcükler:** Koçali karmaşığı, Kıbrıs tipi masif-sülfid, levha dayk karmaşığı, Adıyaman

## An Example of Cyprus Type Massive Sulphide Mineralizations, Within Plate Dyke Complex, From Turkey: İncekoz (Adıyaman) Copper Mineralization

Nail Yıldırım<sup>1</sup>, Ali Aydın<sup>1</sup>, Muhittin Yiğmatepe<sup>1</sup>, Yunus Ay<sup>1</sup>  
Muharrem Akgül<sup>2</sup> & Esra Yıldırım<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 4. Bölge Müdürlüğü, P.K. 178,  
TR-44100 Malatya, Türkiye (E-mail: nailyildirim@gmail.com)

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-23100 Elazığ, Türkiye

The studied area is located at Southeast Anatolia region İncekoz (Adıyaman) and sheet Malatya M40a4. The investigated area is located in the Southeast Anatolia Thrust Zone and Taurus Orogenic Belt. The units located at this region mainly split into two structural units. There are autochthonous and allochthonous units. The autochthonous units lower to upper are Terbüzek Formation (Upper Maastrichtian) Besni Formation (Upper Maastrichtian), Germav Formation (Paleocen) and Midyat Formation (Eocene). The allochthonous unit is Koçali Complex (Jurassic–Lower Cretaceous), settled in this region at Upper Campanian–Lower Maastrichtian as a result of tensile sliding.

The mineralizations are placed within the Koçali Complex only. Koçali Complex, the most lower unit of the studied area, represented with serpentinite, harzburgite, dunite, gabbro, plagiogranite, plate dykes, spilitic basalt and mudstones. The relation between the units in this complex are tectonic. The mineralizations are placed within the Koçali Complex. The position of ore, which takes part in plate dyke complex, is N80°B/80°NE. This mineralizations generally formed as fracture fillings, as a result of preferring labile zones (dyke exit channels, fragment and fractures, syngenetic faults), and sometimes disseminated. Besides, finding the ore gravels in the Terbüzek Formation (Upper Maastrichtian ) gravels, indicates that the mineralization age is before late Maastrichtian.

The observed ore minerals are: pyrite, chalcopyrite, fahlerz (tennantite- tetrahedrite), bornite, chalcosine, covellite and specularite. Primarily pyrite, chalcopyrite and tetrahedrite-tennantite, secondarily bornite, chalcosine, covellite and specularite occurred. Chloritization, carbonatization, silification, hematization, limonite and epidote alterations observed in wall rocks near mineralizations. Chloritization is the dominant alteration type. These alteration types are usually seen in seafloor volcanics.

It was thought that the mineralizations in the studied area, exhibit the general features of Cyprus Type Massive Sulphide ores. It is known that the hydrothermal fluids, which are necessary for forming this type of deposits, are sea water. In this manner, massive ore and grossans formed at the upper parts of the volcanics, which have high permeability, and stockwork ores formed at the lower parts of them. Under the volcanics, within the plate dyke complex which have low permeability, the mineralizations formed as fracture fillings. This mineralizations mostly settled in plate dyke exit channels, syngenetic faults and fragments-fractures. It was thought that the studied mineralizations are also the mineralizations in plate dyke complex which forms the origin of the Cyprus Type Massive Sulphide deposits, and they characterized by greenschist facies. The mineralizations, which have similar features, are defined at Trodos, Semail, Josephine ve Betts Cove Complex.

Observing the mineralizations in Koçali Complex only, defining the alteration types which are usually seen in seafloor volcanics, the existence of sulphosalts and the existence of ore gravels in Terbüzek Formation gravels, supported that the İncekoz mineralizations are Cyprus Type Massive Sulphide mineralizations.

**Key Words:** Koçali complex, Cyprus-type massive sulphide, plate dyke complex, Adıyaman

## Kabadüz (Ordu, KD-Türkiye) Yöresi Pb, Zn, Cu Cevherlerinin Dokusal Özellikleri ve Mineral Kimyaları Üzerine İlk Bulgular

Yılmaz Demir<sup>1</sup>, M. Burhan Sadıklar<sup>2</sup> ve İbrahim Uysal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
29000 Gümüşhane (E-posta: ydemir@ktu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon*

Kabadüz (Ordu) yöresi cevherleri yaklaşık 60 km<sup>2</sup>'lik alanda, Üst Kretase yaşlı andezitik kayalar içinde, fay zonları boyunca oluşmuş hidrotermal damar tip oluşumlardır. Akgüney, Atköprü, Haydarlı, Ovaşkur, Harami, Çokdam, Boruklu ve Dere mahallelerini kapsayan alanda kalınlıkları birkaç cm'den 2 m'ye kadar değişen çok sayıda cevher damarı bulunmaktadır. Çoklukla KB–GD doğrultulu kırıklara yerleşen cevherler yoğun silisleşmenin yanında limonitleşme ve hematitleşme gösteren mostralar şeklinde görülmektedir.

Damarlarda cevher minerali olarak pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, tennantit, kovelin ve kalkozin, gang olarak da kuvarsın yanında daha az oranda kalsit ve barite rastlanmıştır. Cevher oluşumu 2 ayrı fazda gerçekleşmiş, birinci fazda pirit, kalkopirit, sfalerit, galen ve kuvars, ikinci fazda pirit, kalkopirit, sfalerit, galen, tennantit, kuvars, kalsit ve barit oluşmuştur. Birinci fazdan sonra bir kırılma gerçekleşmiş, ikinci faza ait mineraller yer yer bu kırıkları doldurmuştur. Bu kırıkların ornatma fazlarına kolaylık sağladığı görülmüştür. Kataklastik dokuların yanında piritlerde görülen zonlu ornatım dokusu ve kalkopiritler içinde bulunan sfalerit ayrımları damarların çoğunda görülen karakteristik doku türleridir.

Pirit, kalkopirit ve galenler stokiometrik bileşimde olup, piritler 0.039 % ağı. Ni, 0.95 % ağı. Zn, 0.60 % ağı. As, kalkopiritler, 0.86 % ağı. Zn, 0.14 % ağı. Au, 0.07 % ağı. Ag, galenler ise 0.18 % ağı. Ag içermektedir. Sfaleritler demir içerikleri bakımından fakir olup bileşimi  $Zn_{0.96-1.00}Fe_{0-0.14}S_{0.98-1.00}$  ile temsil edilir. Bunun yanı sıra 0.35 % ağı. Mn, 2.18 % ağı. Cu, 0.07 % ağı. Ag, 0.89 % ağı. Cd, 0.10 % ağı. Hg içermektedir. Tennantitler demir ve gümüş bakımından oldukça fakir olup, % 1.40'lara varan Bi içermektedirler. Bileşimleri  $Cu_{9.63-9.87}Fe_{0.17-0.30}Zn_{1.77-1.97}As_{3.98-4.14}Sb_{0-0.17}S_{13-13.18}$  şeklinde hesaplanmıştır. Mineral kimyası analizlerine göre cevher damarlarında bulunan minerallerin kimyasal bileşimleri birbirlerine çok yakın değerlerdedir.

Mineral bileşimleri göz önüne alındığında piritlerin yüksek Ni ve düşük Co içerikleri cevher oluşumunun bazik karakterli bir kaynağa bağlı olarak oluştuğuna işaret etmektedir. Bunun yanı sıra sfaleritlerdeki düşük Fe içerikleriyle birlikte tennantitlerdeki düşük Fe ve Ag içerikleri cevher oluşumunun düşük sıcaklık şartlarında gerçekleştiğini göstermektedir. Yörede bulunan cevher damarlarının hepsinde mineral parajenezi ve süksesyonunun yanında dokusal özellikler de benzer özellikler taşımaktadır. Dokusal özellikler ve mineral bileşimleri birlikte değerlendirildiğinde yöredeki cevher oluşumlarının aynı veya benzer süreçler sonucunda oluşmuş olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** hidrotermal yataklar, mineral kimyası, cevher mikroskopisi, dokusal özellikler, Pb-Zn-Cu yatakları, Kabadüz-Ordu



## Preliminary Study on the Textural Properties and Mineral Composition of Pb-Zn-Cu Ore Deposits from the Kabadüz Area (Ordu, NE-Turkey)

Yılmaz Demir<sup>1</sup>, M. Burhan Sadıklar<sup>2</sup> & İbrahim Uysal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Gümüşhane University, Department of Geological Engineering,  
TR–29000 Gümüşhane, Turkey (E-mail: ydemir@ktu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Karadeniz Technical University, Department of Geological Engineering,  
TR–61080 Trabzon, Turkey*

Hydrothermal vein type deposits of Kabadüz (Ordu), are located in an area of about sixty km<sup>2</sup> and occur along the fault zones in the Upper Cretaceous andesitic rocks. A number of ore veins with a thickness varying between a few centimeters to 2 meters are present in the Akgüney, Atköprü, Haydarlı, Ovaşkur, Harami, Çokdam, Boruklu and Dere villages. Ore veins show intensive silicification besides limonitization and hematization and mostly formed in fault zones along the NW–SE directions.

The primary mineral paragenesis of the ore veins are composed of pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, tennantite with quartz and less amount calcite and barite as a gangue mineral. Covellite, chalcocite, malachite and azurite are also occurred as secondary phases. Two different stages of mineralization have been distinguished in the ore veins. Pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena and quartz has occurred at the first stage whereas pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, tennantite, quartz, calcite and barite at the second stage. Petrographical studies suggest that the investigated deposits have been intensively deformed after the first stage mineralization, and ore phases belonging to the second stage mineralization filled the cracks formed due to the deformation. These cracks made replacement of first stage mineralization easier by second stage minerals. Concentrically zoned replacement of pyrites and sphalerite exsolutions in chalcopyrites as well as cataclastic textures are the most common textures observed in the investigated ore veins.

Pyrite, chalcopyrite and galena have stoichiometric composition and pyrites contain up to 0.04 wt% Ni, 0.95 wt% Zn, and 0.60 wt% As, and chalcopyrites contain up to 0.86 wt% Zn, 0.14 wt% Au, 0.07 wt% Ag. Galenas are found to contain up to 0.18 wt% Ag. Sphalerites are poor in Fe and have the composition of  $Zn_{0.96-1.00}Fe_{0-0.14}S_{0.98-1.00}$ . In addition, sphalerites contain up to 0.35 wt% Mn, 2.18 wt% Cu, 0.07 wt% Ag, 0.89 wt% Cd, and 0.10 wt% Hg. Tennantites are also poor in Fe and has very low content of Ag. It contains up to 1.40 wt% Bi and general composition is calculated as  $Cu_{9.63-9.87}Fe_{0.17-0.30}Zn_{1.77-1.97}As_{3.98-4.14}Sb_{0-0.17}S_{13-13.18}$ . Composition of minerals from the each different veins are found to be similar.

Considering the mineral compositions, high Ni and low Co contents of pyrites is consistent with the ore formation related with the source of basic character. However low Fe content of sphalerites as well as low Fe and Ag content of tennantites suggest the ore formations has occurred at low temperature conditions. Mineral paragenesis and succession as well as textural properties of the ore veins investigated show similarity. According to the interpretation of textural properties and mineral composition it is suggested that the ore veins in the investigated area may have formed from the same/or similar ore forming process.

**Key Words:** hydrothermal ore deposits, mineral chemistry, ore microscopy, textural properties, Pb-Zn-Cu ore deposits, Kabadüz-Ordu

## **KD Türkiye’de (Tortum-Narman-Oltu) Yeni Metalojenik Kuşaklar**

İsmet Cengiz<sup>1</sup>, Yurdal Genç<sup>2</sup>, Serkan Özkümüş<sup>1</sup>, Mehmet Aslan<sup>3</sup> ve Neşat Konak<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Daire Başkanlığı,  
06520 Balgat, Ankara (E-posta: ismetcengiz@yahoo.com)

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara

<sup>3</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 4. Bölge Müdürlüğü,  
P.K. 178, 44100 Malatya

<sup>4</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı,  
06520 Balgat, Ankara

Doğu Pontitlerin güneyinde yer alan Oltu-Tortum-Narman (Erzurum) yöresinin temelini ‘Olur-Tortum Zonu’na (Sakarya Kitasının doğu devamı) ait Jura–Erken Tersiyer yaşlı istifler ile Geç Kretase yerleşim yaşındaki ‘Erzurum- Kars Ofiyolit Zonu’ oluşturmaktadır. Bu bölgede ayrıntılı jeolojik çalışma yapan araştırmacılar tarafından Doğu Pontitlerin en güneyinde yer alan Olur-Tortum Zonundaki çeşitli istifleri birbirleriyle tektonik ilişkili 3 birliğe ayırarak incelerler. Kuzeyden güneye doğru ‘Olur, Aksu ve Çardaklı birliği’ şeklinde sıralanan bu birimler yaklaşık İnanmış-Balkaya arasında düzensiz bir şekilde ekaylanarak ‘Oltu Ekaylı Zonu’nu (OEZ) oluşturular. Bu birliklere ait tektonik dilimlerin yanında Liyas öncesi yaşlı, ‘Kışla Metamorfileri’ ile Eosen yaşlı kayaların tektonik dilimlerini de kapsamaktadır. Bu zonu güneyden sınırlayan tersiyer istifleri altta Eosen yaşlı denizel kırıntılı ve volkanik kayalardan, üstte ise Oligo–Miyosen yaşlı karasal evaporitik kırıntılı kayalar ve andezitik-bazaltik volkanitlerden oluşur. Bölgede yer alan en genç birimler Geç Miyosen yaşlı çeşitli volkanik kayalar ve Pliyo–Kuvaterner yaşlı çökellerdir.

Ülkemiz jeolojisi açısından son derece ilginç özelliklere sahip bu bölgede MTA tarafından sürdürülen metalik maden arama çalışmaları kapsamında çeşitli tipte metalik maden yataklanmaları belirlenmiştir. OEZ içerisinde Porfiri Cu, Üst Kretase yaşlı ‘Erzurum-Kars Ofiyolit zonu’ içinde Kıbrıs Tip VMS ile epitermal Au-Hg, Tersiyer yaşlı volkonosedimanter havza içinde gelişmiş damar tip Cu-Pb-Zn ve epitermal Au-As cevherleşmeleri ile Pliyo–Kuvaterner yaşlı çökeller içinde gözlenen plaser tipi Cu cevherleşmeleri bölgede bulunan yataklanma tiplerine birer örnek oluşturmaktadır. Bu türden çeşitli tip ve yaşta gelişen yataklanmalardan hareketle Tortum-Narman-Oltu (Erzurum) yöresi aynı zamanda metalojenik kuşakların gözlendiği bir bölge olarak öngörülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** KD Türkiye, Oltu, Narman, Tortum, metalojenik kuşak

## New Metallogenic Belts in the Northeastern Part of Turkey (Tortum-Narman-Oltu)

İsmet Cengiz<sup>1</sup>, Yurdal Genç<sup>2</sup>, Serkan Özkümüş<sup>1</sup>, Mehmet Aslan<sup>3</sup> & Neşat Konak<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Daire Başkanlığı,  
Balgat, TR–06520 Ankara, Türkiye (E-mail: ismetcengiz@yahoo.com)

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe TR–06532 Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 4. Bölge Müdürlüğü,  
P.K. 178, TR–44000 Malatya, Türkiye

<sup>4</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı,  
Balgat, TR–06520 Ankara, Türkiye

---

The basement units of Oltu-Tortum-Narman (Erzurum) district, located at the southern part of the Eastern Pontides are made up of Jurassic to Early Tertiary aged sequences of Olur-Tortum zone and Erzurum-Kars ophiolite zone of Late Cretaceous emplacement age. Various sequences of Olur-Tortum zone, which is located at the southernmost part of the Eastern Pontides are subdivided into three distinct fault-related units, namely, from north to south Olur, Aksu ve Çardaklı units. Above mentioned units form 'Oltu nappe zone' in the vicinity of Inanmış and Balkaya. Apart from tectonic-slices of these units, there are also tectonic-slices of pre-Liassic 'Kışla metamorphics' and Eocene rocks. Tertiary sequences are composed of marine detrital sediments of Eocene age in the lower parts, subareal evaporitic rocks and andesitic-basic volcanics Oligocene-Miocene age in the upper parts. The youngest units of the area are composed of various volcanic rocks of Late Miocene age and Plio–Quaternary deposits.

In addition to being a very interesting district geologically, various type of metallic ore deposits have been detected in context of mineral exploration projects being conducted by General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA). Examples include the porphyry type Cu deposit in Oltu nappe zone, cyprus type volcanic-associated massive sulfide (VMS) deposits in Erzurum-Kars ophiolite of Cretaceous age, vein type Cu-Pb-Zn and epithermal Au-As mineralizations in volcano-sedimentary basin of Tertiary age, and placer Cu mineralizations occurred in Plio–Quaternary deposits.

Therefore, Tortum-Narman-Oltu (Erzurum) district is considered to be a place where significant metallogenic belts observed because of various classes of ore deposits with different geological ages.

**Key Words:** NE Turkey, Oltu, Narman, Tortum, metallogenic belts

## Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat Demir Yatağı'nın Maden Jeolojisi

Deniz Tiringa<sup>1</sup>, Taner Ünlü<sup>2</sup> ve Sönmez İ. Sayılı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi,  
06520 Balgat, Ankara (E-posta: deniztiringa@mta.gov.tr)

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
06100 Tandoğan, Ankara

Karaçat Demir Yatağı ve çevresinde, Torid'ler Tektonik Birliği içinde yer alan Geyikdağı birliğine özgü; Emirgazi formasyonu (Prekambriyen), Zabuk formasyonu (Alt Kambriyen), Değirmentaş formasyonu (Orta Kambriyen) ve Armutludere formasyonu (Ordovisiyen) litolojileri yüzeyler.

Cevher, genelde hematit ve götitten oluşmakta olup, büyük bir bölümü ile siderit dönüşüm ürünü şeklinde izlenmektedir. Yatakta, şu anki konumu ile cevher ve yan kayalar (Zabuk formasyonu, Değirmentaş formasyonu ve Armutludere formasyonu) tektonik ilişkilidir.

Cevherleşme sonrası gelişen faylar, yatağı yüzeye taşımış ve özellikle bu zonlarda gelişen karstlaşma ve yüzeyel etkileşimlerin, büyük bir çoğunlukla sideritleri ve demir minerallerini limonit ve götite dönüştürdüğü saptanmıştır. Bu şekilde bir ölçüde demir bakımından zenginleşen seviyeler, bugün işletmeye ham madde oluşturmaktadır. Yatak yaklaşık 25 milyon ton görünür + muhtemel bir rezerv sahaptır.

Karaçat Demir Yatağı'nın kuzeybatısında, Prekambriyen yaşlı Emirgazi formasyonu içinde sideritlerle ardalanmış veya yan geçişli bazik volkanit örneklerinde, fuksit ve viridian ( $Cr_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) mineralleri belirlenmiş ve bu birimin, Attepe Demir Yatağı yan kayaları ile aynı litokimyasal özellikler sergilediği saptanmıştır.

Bekirhacılı köyünün uzak güneyinde ise, Prekambriyen yaşlı Emirgazi formasyonu içerisinde yer alan metakum-kil taşlarını kesen diyabaz daykının varlığı bu çalışma ile özgünlük kazanmaktadır. Anılan dayklarda yapılan jeokimyasal çalışmalarda 3200 ppm'e varan  $Cr_2O_3$  içeriği saptanmıştır (mikroskopi çalışmalarında da kromit minerali belirlenmiştir). Bu beklenenden, çok yüksek Cr içeriği, dikkate değerdir. Ayrıca, yerli mostralara rastlanılmamış olsa dahi, bazik volkanit (spilit) parçaları da bu lokalitenin çok yakın güneydoğusunda gözlemlenmektedir. Aynı zamanda Bekirhacılı köyünün yakın güneyinde Prekambriyen yaşlı Emirgazi formasyonu içerisinde yer alan volkanit ara katlı meta tortullar da bu çalışma çatısında ortaya konulmuştur. Bu metatortullar içerisinde yer alan polijenik konglomera veya polijenik kaba kumtaşlarında gözlenen bazik volkanik kayaç parçaları (spilit), jeokimyasal çalışmalarla da yüksek Cr içeriği ile (418 ppm'e kadar) desteklenmektedir. Bu özgün sonuç; bölgede daha önceleri Prekambriyen yaşlı Emirgazi formasyonu içerisinde rastlanmış bulunan asit ve ortaç volkanik kayalara, bazik volkanik kayaların da eşlik etmesi nedeniyle (bimodal volkanizma) gerek kökensel, gerekse de bölgenin jeolojisinin açınımlı açısından, anlam taşımaktadır.

Bu koşullarda ve tüm çalışma, bölgede yapılan eski çalışmalar ile birlikte yorumlandığında; Yahyalı (Kayseri)-Mansurlu (Feke-Adana) bölgesi demir yataklarının; Prekambriyen yaşlı, rift kökenli volkanik-sinsedimanter veya ekselatif sedimanter kökenli demir yatakları ile yakın akrabalıkları güncellik kazanmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Kayseri, Yahyalı, Karaçat Demir Yatağı, volkanik-sinsedimanter tip, maden jeolojisi

## Mining Geology of Karaçat Iron Deposit in Kayseri-Yahyalı-Karaköy

Deniz Tiringa<sup>1</sup>, Taner Ünlü<sup>2</sup> & Sönmez İ. Sayılı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Balgat,  
TR–06520 Ankara, Türkiye (E-mail: deniztiringa@mta.gov.tr)

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye

---

The Karaçat Iron deposit and its surroundings are hosted in a variety of formations peculiar to Geyikdağ unit which is located in the Taurid Tectonic Belt. Emirgazi (Precambrian), Zabuk (Lower Cambrian), Değirmentaş (Middle Cambrian) and Armutludere (Ordovisian) formations are some of those exposed in the region.

Ore mineralization consists of hematite and goethite and much of which are observed as a product of siderite alteration. Present-day relation between ore body and country rocks (Zabuk formation, Değirmentaş formation and Armutludere formation) is tectonic-controlled.

Post-mineralization faults caused the deposit to expose and undergone to surface reaction mechanism and karstification. Atmospheric conditions especially in these zones where a surface reaction mechanism predominates altered siderite and iron minerals to limonite and goethite. Iron ore bodies occurred as a result of above mentioned process are currently being used as a industrial raw material. The deposit has a capacity of 25 million tons of proven and probable reserves.

At the northwestern part of Karaçat Iron ore deposit, fuchsite and viridian ( $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) minerals have been detected in the basic volcanics samples intercalated with siderites of Precambrian aged Emirgazi formation and these basic volcanics carry same lithochemical signatures seen on country rocks of Attepe Iron ore deposit.

The presence of diabase dyke cutting across metasand-clay rocks of Precambrian aged Emirgazi formation which is located in far southern part of Bekirhacılı village has been detected in context of this study. Geochemical analysis of above-mentioned dykes show  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  values of up to 3200 ppm (at microscopic studies, the presence of chromite mineral has also been detected). This unexpected very high Cr content attracts attention. Also, some basic volcanic rock fragments are observed in the proximal southeastern part of this location. Metasedimentary rocks interlayered with volcanics of Precambrian aged Emirgazi formation which is located in southern part of Bekirhacılı village has also been detected within the framework of this study. Basic volcanic fragments (spilite) observed in polygenic conglomerate or polygenic coarse sandstone of this metasedimentary sequence contain high Cr values (418 ppm). Apart from acidic and intermediate volcanic rocks which previously found in Precambrian aged Emirgazi formation, basic volcanic rocks (bimodal volcanism) have recently detected within the context of this study. This peculiar result is critically important in terms of genesis and regional geology.

When interpreted together with previous studies, it can be concluded that iron deposits in the Yahyalı (Kayseri) – Mansurlu (Feke-Adana) districts are closely associated with volcanic syn-sedimentary or exhalative sedimentary iron deposits.

**Key Words:** Kayseri, Yahyalı, Karaçat iron deposit, volcanic syn-sedimentary type, mining geology

## Oruçlu (Feke-Adana) Yöresinde Yeni Keşfedilen Cu-Au Cevherleşmesine Ait İlk Bulgular

Selahattin Yıldırım ve İsmail Cihan

*Hitit Madencilik, Çukuranbar Mahallesi, 42. Caddesi, 451. Sokak No: 7/3,  
06520 Ankara (E-posta: syildirim\_tr@yahoo.com)*

İnceleme alanı Adana ili Feke ilçesinin kuzeybatısında, Oruçlu ve Çandırlar köyleri arasındaki bölgedir. Doğu Torosların batı kesiminde yeralan sahanın baz ve değerli metal araştırmalarına yönelik jeolojik ve jeokimyasal incelemesi yapılmıştır.

Yörede Torid jeotektonik kuşağına ait Geyikdağı Birliğinin kayabirimleri yüzeyler. En altta bulunan Prekambriyen yaşlı Oruçlu Formasyonu şeyil, metasilttaşı, metakumtaşı ve kuvarsitlerden oluşur. Bu formasyonun üzerine Alt Kambriyen yaşlı Koçyazı Kuvarsiti ve Orta Kambriyen yaşlı Değirmentaş Kireçtaşı gelir. En üstte ise Üst Kambriyen–Ordovisyen yaşlı Armutludere Formasyonu'na ait şist, metaşeyil, metasilttaşı, fillit ve kalkışitlerle temsil edilen birimler yer alır.

İnceleme sahasından alınan 32 dere kumu örneğinin kimyasal analizlerinde Au değerleri 0.117 ppm'e kadar ulaşmaktadır. Ayrıca, Cu ve Zn anomalileri de belirlenmiştir.

Sahada üç ayrı yerde Cu-Au cevherleşmesi belirlenmiştir: (a) Yukarıarpaçukur cevherleşmesi, 0.10-2.5 m arası kalınlık ve kesikli olarak 80 m uzunlukta olan silisli zonun duruşu K52°B/51°KD'dur, (b) Kocapınar cevherleşmesi, 1–2 m arası kalınlık ve kesikli olarak uzunluğu 18 m kadar olan silisli zonun duruşu K86°D/31°KB'dır, (c) Zorkun Dere cevherleşmesi, 4–6 m arası kalınlıkta kesikli olarak 65 m uzunlukta olan silisli zonun duruşu K04°B/26°GB'dır. Cevherleşmeler Oruçlu Formasyonuna ait metakumtaşı-şeyil birimi içerisinde damarlar şeklindedir.

Cu-Au içerikli zonlardan alınan örneklerin mineralojik-petrografik incelemelerinde, cevher mineralleri olarak kalkopirit, pirit, sfalerit, kovellin, dijenit, hematit, limonit ve götit; gang minerali olarak ise kuvars belirlenmiştir.

Sahada ankerit, ankerit-hematit, limonit-hematit-götit, kalkopirit-pirit-malakit-hematit-silis, bitüm-pirit-hematit-silis, pirit-silis ve kuvars-serisit mineral birliktelikleri gösteren alterasyonlar gelişmiştir. Değişik alterasyon ve mineralizasyon zonlarından alınan 21 kayaç örneğinin analizlerinde belirlenen en yüksek değerler; Cu: %14.02, Au: 27.5 ppm, Ag: 4.6 ppm ve As: 923 ppm dir. Yüksek Cu ve Au değerleri kalkopirit-pirit-malakit-hematit-silis zonlarında gözlenmektedir. Bitüm-pirit-silis zonları içerisinde de Au, Ag, As, Sb, Zn, Cr ve Ni element değerleri anomali düzeyindedirler.

Bölgenin jeotektonik evrimine bağlı olarak, Oruçlu Formasyonu'nun kendi içinde gelişen bindirme düzlemleri, magmatik ve/veya meteorik kökenli çözeltilerin dolaşımı için uygun kanalları oluşturmuştur. Bu kanallar boyunca dolaşan çözeltilerin içindeki Cu ve Au uygun yerlerde çökelmiştir. Cu-Au içerikli silisli, bitümlü ve piritli zonların jeokimyasal element değerleri ve yankayaç ilişkileri hidrotermal kökene işaret etmektedir.

Türkiye'nin önemli Fe ve Pb-Zn provenslerinden birisi olan yörede, Cu-Au cevherleşmesinin varlığı ilk kez bu çalışmayla belirlenmiştir. Bu Cu-Au cevherleşmelerinin bölge metalojenisine ilişkin tartışmalarda yeni bir bakış getireceği umulmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Doğu Toroslar, Oruçlu, Cu-Au cevherleşmesi

## Preliminary Findings of a Newly Discovered Cu-Au Mineralization in Oruçlu (Feke-Adana) Region

Selahattin Yıldırım & İsmail Cihan

*Hitit Madencilik, Çukuranbar Mahallesi, 42. Cadde, 451. Sokak No: 7/3,  
TR-06520 Ankara, Türkiye (E-mail: syildirim\_tr@yahoo.com)*

---

The study area is located between Oruçlu and Çandırlar vilages, in the northwestern part of Feke county, Adana. Geological and geochemical investigations regarding base and precious metal content were performed on the field situated in the western part of Eastern Taurids.

Lithologies peculiar to Geyikdağı Unit of Taurid geotectonic belt crop out in the area. The oldest unit is called the Oruçlu formation of Precambrian age and composed of shale, metasiltstone, metasandstone and quartzite. This formation is overlain by Lower Cambrian Koçyazı Quartzite and Middle Cambrian Değirmentaş Limestone. The uppermost part represented by schist, metashale, metasiltstone, phyllite and chalkschist is Armutludere formation of late Cambrian to Ordovician age.

In study area, 32 stream sediment samples were collected and according to chemical analysis, Au values reach up to 0.117 ppm. Besides, some Cu and Zn anomalies were detected.

Cu-Au mineralization have been identified at three different locations; (a) Yukarıarpaçukur mineralization, N52°W/51°NE trending silicified zone with thickness ranging from 0.10 to 2.5 m and to 80 m long discontinuously, (b) Kocapınar mineralization, N86°E/31°NW trending with thickness ranging from 0.10 to 2.5 m and to 18 m long discontinuously, (c) Zorkun Dere mineralization, N04°W/26°S-trending silicified zone with thickness ranging from 0.10 to 2.5 m and to 65 m long discontinuously. Mineralizations occured in the form of veins within metasandstone-shale unit of Oruçlu formation.

As a result of mineralogical and petrographical determinations of samples collected from Cu-Au-bearing zones, chalcopyrite, pyrite, sphalerite, covelline, digenite, hematite, limonite and goethite were determined as ore minerals and quartz as gangue mineral.

Alteration types such as ankerite, ankerite-hematite, limonite-hematite-goethite, chalcopyrite-pyrite-malachite-hematite-silica, bitumen-pyrite-hematite-silica, pyrite-silica and quartz-sericite mineral assemblages were observed in the study area. Geochemical analysis results of 21 rock samples collected from various alteration and mineralization zones have maximum values of Cu, 14.02%; Au, 27.5 ppm; Ag, 4.6 ppm and As, 923 ppm. High Cu and Au values are detected within chalcopyrite-pyrite-malachite-hematite-silica zones. Anomalous levels of Au, Ag, As, Sb, Zn, Cr and Ni values were observed in bitumen-pyrite-silica zones.

Thrust planes resulting from geotectonic evolution of the region have been favorable conduits for the magmatic and/or meteoric derived fluids. These conduits have also been favorable sites wherein Cu and Au precipitation occured from circulating Au and Cu-bearing fluids. Geochemical element values of siliceous, bitumen and pyritic zones with Cu-Au and wall-rock relationships indicate hydrothermal genesis.

The presence of Cu-Au mineralization in this region has been identified for the first time in context of this study. It is considered that Cu-Au mineralization which is identified will bring up a new point of view to discussions concerning regional metallogeny.

**Key Words:** Eastern Taurids, Oruçlu, Cu-Au mineralization

## Divriği Fe-Yatağının Cevher Mineral Dokuları: Önceki Modellerin Yeniden Değerlendirilmesi

Emin Çiftçi, İbrahim Çopuroğlu ve Ahmet Kolçak

*Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51245 Niğde  
(E-posta: eciftci@gmail.com)*

Divriği Fe yatağı, uzun zamandır bilinen Türkiye'nin ana demir üreticisidir. M.Ö. 2000 yıllarından beri bilinen ve işletilen, Osmanlılar zamanında Bağdat demiryolu hattı inşaatı sırasında Almanlar tarafından yeniden keşfedilen, Cumhuriyet döneminde özellikle 70' yıllardan beri sürekli işletilen bir yataktır. 1930'lu yılların sonuna doğru başlayarak günümüze kadar bir çok araştırmacı yatağı, jeolojik, jeofizik, alterasyon, jeokimya, jeostatistik ve mineralojik açıdan incelemiş ve bu yatağın nasıl oluştuğunu açıklamaya yönelik modeller önermiştir. Bölge hakkında oldukça fazla çalışma olmasına rağmen, yatağın oluşumu hala tartışmalıdır. Bu çalışmada çok temel bir jeolojik araç olan optik mikroskop (RL ve TL modunda) kullanılarak yatak incelenmiş, daha önce önerilmiş modeller kritize edilmiş ve yeni bir modelin önerilmesine teşebbüs edilmiştir. A ve B-kafa yataklardan edinilen örnekler incelenmiş, C-kafa bilinegelen oluşum mekanizması nedeniyle incelemeye dahil edilmemiştir. Parlak ve ince kesitlere ilaveten, karotlardan hazırlanan parlatılmış megaskopik el örnekleri de çalışılmıştır. Yatağın bilinen bir çok özelliğine ilaveten, magnetitik cevherin damar, damarcık, stok şeklindeki yerleşimi ve serpantinleri stokvörk benzeri ornatımı gözlenmiş, magnetit damarları içinde kübanit içeren kalkopirit, pirit, kalkosit gibi primer sülfür mineralleri ile alkali karakteri ima eden skapolit, biyotit, diyopsit, apatit, sfen, klorit, epidot, kuvars ve kalsit gibi primer eşzamanlı silikat, oksit ve karbonat mineralleri gözlenmiştir ki bu alkali magma ile benzer kökenden olduğunu varsayılmaktadır. Diğer çarpıcı bir gözlem is sülfürle eş zamanlı olan ve yağın gözlenen prizmatik magnetit (muşketovit) varlığıdır. Bu, ya cevher oluşum ortamının oksidasyon potansiyelinde dalgalanma olduğunu ya da hematitin magnetit tarafından inorganik olarak ornatılmasını sonuçlayan ferrüs demirin sürekli ortama girdiğini önerir. Eğer ikinci durum doğru kabul edilirse, demirin civardaki ultramafiklerden sökülüp biriktiğini esas alan mekanizmayı kullanışsız kılmaktadır. Çünkü; böylesi bir oksidatif (alterasyon) ortam, yıkanan demirin magnetit yerine baskın olarak hematit olarak oluşması tercih ederdi ki durum öyle değil. Metazomatik-pnömatolitik mekanizma bir noktaya kadar gözlediğimiz durumu açıklayabilmektedir. Ancak; masif magnetit yerleşimi, magnetit ve diğer parajenez mineralleri içerisinde birincil prizmatik ve ışınal skapolit varlığı, aynı şekilde magnetitin skapolit ve diğer parajenez mineralleri içerisinde bulunuşu bu model ile açıklanamamaktadır. Bu gözlemlerden, incelemenin bu başlangıç safhasında, ferrüs demirce zengin, alkali magma ile karışmamış bir eriyiğin oluşmuş olabileceğini, yoğunluğu nedeniyle de magmatik etkinliği hemen takiben onun etkilerini silecek veya perdeleyecek şekilde hali hazırda hazır olan ortama yerleşmiş olabileceğini öneriyoruz.

**Anahtar Sözcükler:** Divriği, Fe-eriyiği, birincil skapolit, sülfürler, magnetit, muşketovit, alkali magma



## Ore Mineral Textures of Divriği Fe-Deposit: Revisiting the Earlier Models

Emin Çiftçi, İbrahim Çopuroğlu & Ahmet Kolçak

*Niğde University, Department of Geological Engineering, TR–51245 Niğde, Türkiye  
(E-mail: eciftci@gmail.com)*

The Divriği Fe-deposit is a long known major Fe-producer of Turkey. It has been mined since B.C. 2000 (Hittites time), later rediscovered by Germans during late Ottoman era while constructing rail road to Baghdad, and production started late 70's and on. Starting from late 30's to date; many researchers investigated the district with regards to many aspects including geological, geophysical, alteration, geochemical, geo-statistical, and mineralogical characteristics and proposed genetic models attempting to explain how it was formed. Although we have voluminous literature about the district, its genesis is still disputed. We investigated the deposit using a very basic geological tool, the optical microscope (in reflected and transmitted modes), to criticize some of the earlier suggestions and perhaps to come up with a new model. We investigated samples acquired from A and B heads, and we didn't consider the C-head, since it is not a primary formation. Polished and thin sections were studied along with polished slabs from the drilling cores. In addition to many long known features of the deposit, magnetite ore emplacements mainly as veins, veinlets, stocks, and stock-work type like replacements of serpentinites by magnetite containing primary sulfides including chalcopyrite with cubic cubanite, pyrite, and chalcocite, and coeval primary silicate, oxide and carbonate minerals such as scapolite, biotite, diopside, apatite, sphe, chlorite, epidote, quartz and calcite implying its alkaline character inherited from the common source with alkaline magma were observed. Another striking observation was the common presence of prismatic magnetite appearing coeval with the sulfides (mushketovite). This suggests either fluctuations in oxidation potential of the ore forming environment or continuous influx of ferrous iron resulting in replacement of hematite by magnetite inorganically. If the latter is assumed to be true, earlier proposed mechanism of leaching iron from the surrounding ultramafics would be incorrect since in such oxidative environment hematite formation over magnetite would be favored, which is not the case. The model of metasomatic-pneumatolitic formation would work to a certain extent. But, massive magnetite emplacement and presence of primary prismatic and radial scapolites in magnetite and in the other paragenetic minerals and magnetite in scapolite and in the other paragenetic minerals could not be explained through this model.

From these observations, at the preliminary stage of this study, we propose that an Fe-rich melt composed chiefly of ferrous iron, unmixed with alkaline magma could be generated and infiltrated into the country rocks overprinting products of magmatic activity that occurred shortly before surge of this melt due to its density.

**Key Words:** Divriği, Fe-melt, primary scapolite, sulfide, magnetite, mushketovite, alkaline magma

## Karacaören (Sandıklı-Afyon) Siyenit-Monzonit Porfirine Bağlı Gelişen Hidrotermal Alterasyonlarının Mineralojisi ve Petrografisi

İbrahim Gündoğan<sup>1</sup>, Yeşim Yücel Öztürk<sup>1</sup>, Cahit Helvacı<sup>1</sup>,  
İsmail Hakkı Karamanderesi<sup>2</sup> ve Talip Güngör<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160 Buca, İzmir  
(E-posta: ibrahim.gundogan@deu.edu.tr)

<sup>2</sup> Evka-3 Mahallesi, Çamlık Sitesi, 126 Sokak, B-1 Blok Daire: 6, 35050 Bornova, İzmir

Karacaören'in (Sandıklı) yaklaşık 4,5 km kuzeydoğusunda, Neojen Sandıklı Formasyonu içindeki piroklastik, epiklastik, volkaniklastik ve lav akmasından oluşan ilksel volkanik kayaların şiddetli hidrotermal alterasyon geçirdikleri gözlenmiştir. Alterasyonun yoğun olarak gözlendiği bölgede ilk kez bu çalışma ile ortaya konan siyenitik-monzonitik bileşimli porfirik bir sokulum tespit edilmiş ve bu sokulumla ilgili olarak, bölgede üç tip alterasyon zonu ayırdedilmiştir. Bunlar dış zonundan siyenitporfir sokulumunun merkezine doğru sırasıyla; kuvars, alunite, serisit, rutil ve az oranda pirit içeren dış zon; klorit, epidot, albit, karbonat ve K-feldispat ile tanımlanan pirofillitik zon, ve ikincil biyotit ve alkali metasomatik K-feldispatlarla tanımlanan potasik zondur.

Karacaören porfiri sisteminde majör opak mineraller olarak pirit, magnetit, rutil ve kalkopirit mineralleri saptanmıştır. Bu mineraller hematit, götit, kalkozin-kovellin gibi ikincil mineralleri oluşturan superjen süreçlerden etkilenmiştir. Siyenitporfir sokulumunun cevherli zonundan yapılan parlak kesit incelemelerinde baskın olarak saçınım halinde pirit ve kalkopirit cevherleşmeleri gözlenmiştir. Porfir çıkış merkezine doğru rutil oluşumlarında belirgin bir azalma buna karşılık manyetit, hematit ve götit mineral oluşumlarında belirgin bir artış gözlenmektedir. Hematit oluşumları çatlak dolgusu ve mineral boşluklarını doldurur şekilde gözlenirken götit oluşumları daha çok altere olmuş mineral boşluklarına yerleşmiştir. İncelenen tüm kalkopiritler kenarlarından itibaren kovellin-kalkozin tarafından ve ayrıca yarı özşekilli olarak gözlenen piritler rutil ve götit oluşumları tarafından ornatılmıştır. Pirit ve kalkopirit mineralleri çoğu zaman özşekilli kuvars minerali etrafında boşluk dolgusu olarak kristallenmiştir. Genel olarak mineral oluşum sırası: kuvars+serisit→pirit→rutil→kalkopirit→kovellin+kalkozin şeklindedir. Bazı örneklerde kuvars+serisit→pirit→hematit→götit→rutil→biyotit→kalkopirit→kovellin+kalkozin mineral oluşum sıralaması gözlenmiştir.

Siyenitporfir içinde hidrotermal alterasyona bağlı olarak kristalleşmiş pirit kuvars, kuvars-kalsedona eşlik eden özşekilsiz vivianit minerallerine rastlanmaktadır. Vivianit ve kalsedon oluşumları olasılıkla hidrotermal alterasyonun son evrelerinde veya faylanmaya bağlı cevherleşmeyle ilişkili olarak oluşmuştur. Elektron mikroskop incelemelerinde ortoklas ve ikincil biyotit sınırında hidrotermal alterasyona bağlı olarak gelişmiş özşekilsiz karbonatlı apatit (?) oluşumları gözlenmiştir. Bilinen karbonatlı apatit minerallerine uymayan bu oluşumlar içinde Te ve yüksek Ag anomalileri çarpıcıdır. Kuvars damarları içinde ayrıca Tc-Ti içeren özşekilsiz karbonatlı apatitler de gözlenmiştir.

Bunun yanında, siyenitporfir sokulumunun K ve KD kenar zonunda yaygın olarak siyah turmalin oluşumları gözlenmiştir. Breşik zon içinde birbirini kesen mikro-dayklar şeklinde yapılar olarak gözlenen turmalin oluşumları trigonal prizmatik kristal şekilleri ve ışınal büyüme yapıları sunmaktadır. Bu oluşumların XRD analizlerinde elbait-dravit-uvit serisi ve foitit gibi turmalin mineral oluşumları ve bunlara baskın olarak eşlik eden kuvars minerali tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** siyenit, monzonit, porfir, hidrotermal alterasyon, Sandıklı, Afyon

## Mineralogic and Petrographic Investigations of the Hydrothermal Alteration Related to the Karacaören (Sandıklı-Afyon) Syenite-Monzonite Porphyry

İbrahim Gündoğan<sup>1</sup>, Yeşim Yücel Öztürk<sup>1</sup>, Cahit Helvacı<sup>1</sup>,  
İsmail Hakkı Karamanderesi<sup>2</sup> & Talip Güngör<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye*  
(E-mail: [ibrahim.gundogan@deu.edu.tr](mailto:ibrahim.gundogan@deu.edu.tr))

<sup>2</sup> *Evka-3 Mahallesi, Çamlık Sitesi, 126 Sokak, B-1 Blok Daire: 6, Bornova, TR–35050 İzmir, Türkiye*

A widespread and intense porphyry-type hydrothermal alteration zone has developed in the Neogene Sandıklı volcanics, consisting of pyroclastic, epiclastic, volcanoclastic and lava flows, at 4.5 km NE of the Karacaören village (Sandıklı). Intense alteration is observed in the study area, and syenitic-monzonitic porphyry intrusion is reported first time in this study. As a result of the intrusion of syenite-monzonite porphyries, three main alteration zones have been recognized, from distal zone to the intrusion center, distal zone including quartz, alunite, sericite, rutile and minor pyrite; propylitic zone (epidote, chlorite, carbonate minerals, albite, K-feldspar); and potassic zone determined with alkali metasomatic K-feldspar and biotite, respectively.

In the Karacaören porphyry-system, pyrite, magnetite, rutile and chalcopyrite occur as major opaque minerals. These minerals have been affected by supergene processes which resulted secondary minerals such as hematite, goethite and chalcocite-covellite. In the study of polished sections from the ore zones of the syenite porphyry, disseminated pyrite and chalcopyrite are found. Towards the porphyry intrusion center, the amounts of rutile decrease, whereas the amounts of magnetite, hematite and goethite increase. Hematite minerals were deposited in veins and mineral cavities, whereas goethite minerals were deposited in altered mineral cavities. Chalcopyrites and subhedral pyrites were replaced by chalcocite-covellite and rutile and goethite, respectively. Pyrite and chalcopyrite minerals were usually crystallized as cavity filling around the euhedral quartz crystals. Mineral paragenesis is observed as follows; quartz+sericite→pyrite→rutile→chalcopyrite→covellite+chalcocite, but in some samples, quartz + sericite → pyrite → hematite → goethite → rutile → biotite → chalcopyrite → covellite+chalcocite.

In the mineralized syenite-porphyry, anhedral vivianite minerals which crystallized as a result of hydrothermal alteration associated with pyrite-quartz, quartz-calcidony are observed. Vivianite and calcidony were probably formed at the last stage of hydrothermal alteration or by mineralization related to faulting. In the study of electron microscope, anhedral carbonated apatite(?) formations are observed at the boundary of orthoclase and secondary biotite, as a result of hydrothermal alteration. In these mineral occurrences which are disagreeable to known carbonated apatite minerals, Te and especially high Ag anomalies are spectacular. Anhedral carbonated apatites, including Tc-Ti, are also observed in quartz veins.

At the N-NE margin of the syenite-porphyry intrusion, black tourmaline occurrences are common. The tourmaline formations, which appear as cross-cutting the micro-dikes in brecciated zone, are characterized by trigonal prismatic crystal shapes and radiated structures. According to the XRD analyses, the tourmalines, dominantly associated with quartz, are elbaite-dravite-uvite and foitite in compositions.

**Key Words:** syenite, monzonite, porphyry, hydrothermal alteration, Sandıklı, Afyon

## Hidrotermal Yatakların İncelenmesinde Yer Radarı: Pb-Zn (Hasbey-Van) ve Fe (Altınsaç-Van) Cevherleşmeleri

Ali Rıza Çolakoğlu<sup>1</sup>, Yusuf Kağan Kadioğlu<sup>2</sup>, Yahya Çiftçi<sup>3</sup> ve Selma Kadioğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 Van  
(E-posta: arc.geologist@yyu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara*

<sup>3</sup> *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi, 06520 Balgat, Ankara*

<sup>4</sup> *Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara*

Yer Radarı sığ yeraltı ortamlarındaki jeolojik ve yapısal sorunların çözümlenmesinde giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada bu yöntem kullanılarak sığ yeraltı koşullarının yüksek çözünürlüklü görüntülerini üretilmesi ve belirli jeolojik yüzeylerin yanal mesafedeki değişimlerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu yöntem, 250 MHz merkez frekanslı kapalı anten kullanılarak iki ayrı hidrotermal damar tipi cevherleşme sahasına uygulanmıştır. Çalışmalar Hasbey (Van-Gevaş) Pb-Zn ile Altınsaç (Van-Gevaş) Fe cevherleşmelerinde yürütülmüştür.

Hasbey Pb-Zn cevheri uzun yıllardır bilinmekle birlikte 2005 yılından bu yana işletmeye alınmış, bu kapsamda birkaç bin ton cevher üretilmiştir. Bu bölgedeki Pb-Zn oluşukları, Bitlis masifi içindeki şist, mermer ve dolomit düzeyleri içindeki fay zonlarında veya breşik dolomitik zonlarda çökelmiş, hidrotermal damar ve yer yer ağsal saçınımlı tip cevher gövdelerinden oluşmaktadır. Bölgedeki oluşuklardan en kalın damar 120 cm dolayında olsa da, oluşum özellikleri (cevherleşmenin yapı kontrollü olması) nedeniyle bu kalınlık kısa mesafelerde önemli oranda değişmektedir. Mostrada ve işletme aynalarında cevher damarı bulunmaması nedeniyle çalışma bu cevherleşmelerin gözlemlendiği kesimlere yakın alanlarda ve ana yapı unsurları gözetilerek yürütülmüştür. Topografyanın aşırı engebeli olması ve bölgenin jeolojik açıdan son derece karmaşık olması nedeniyle birbirinden farklı uzunlukta ve doğrultularda toplam 4 hat üzerinde ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerin veri işlemi ve yorumlanması sonucunda doğrudan cevhere yönelik veri üretilmemiş olsa da, litolojik değişimlerin ve ana yapı unsurlarının oldukça net bir şekilde radargram kesitlerine yansıdığı saptanmıştır. Kullanılan anten ile yaklaşık 3–4 metre penetrasyon sağlanmıştır. Yüzeyde saptanan bindirme düzlemleri ile ana fay yapıları radargram üzerinde tanımlanmıştır. Böylece, çok sığ zonda bu ana yapı unsurlarının yanal takibinin yapılabileceği anlaşılmıştır.

Altınsaç Fe yatağı, oluşum tipi olarak hidrotermal damar ve karstik yapıda oluşmuş bir cevherdir. Cevherleşme karstlaşmaya uğramış meta karbonatlı kayaçlar içinde yer alır. Bu yatağın bulunduğu kesimde iki kademeli bir kazı çalışması yürütülmüştür ve topoğrafya önemli ölçüde eğimlidir. Bu nedenle yer radarı çalışmaları uygun görülen beş kısa hat üzerinde yürütülmüştür. Elde edilen görüntülerin veri işlemi ve yorumlanması sonucunda bu yatağın bulunduğu kesimde en çok 3 metrelik bir derinlik için tanımlanabilir ve yorumlanabilir EM yansıma verisi elde edilebilmiştir. Hasbey sahasında olduğu gibi, bu sahada da ana yapı unsurları alınan ölçüm kesitlerine yansımıştır. Karstlaşmış zon içindeki cevherin limonitleşmesi ve ortamda masif cevher bulunmaması nedeniyle doğrudan cevhere ait yansıma paketleri oluşmamıştır. Elde edilen güçlü yansımalar daha çok karstlaşmış zon içindeki mermer bloklarına aittir.

Sonuç olarak, bu tip oluşuklarda bu yöntemin, jeolojik ortamın ana yapı unsurlarının belirlenmesi ve bunların yanal korelasyonlarının yapılmasında verimli olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** hidrotermal yataklar, Pb-Zn, Fe, Hasbey, Altınsaç, Bitlis masif, yer radarı

## **GPR in the Investigation of Hydrothermal Deposits: Pb-Zn (Hasbey-Van) and Fe (Altınsaç-Van) Deposits**

Ali Rıza Çolakoğlu<sup>1</sup>, Yusuf Kağan Kadioğlu<sup>2</sup>, Yahya Çiftçi<sup>3</sup> & Selma Kadioğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–65080 Van, Türkiye  
(E-mail: arc.geologist@yyu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye*

<sup>3</sup> *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi, Balgat,  
TR–06520 Ankara, Türkiye*

<sup>4</sup> *Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye*

---

Recently, Ground Penetrating Radar technique is widely used for solving geological and structural problems in shallow sub-surface environments. The aim of this study is to determine the lateral changes of some geological surfaces using high-res radar images. Two different hydrothermal vein-type ores were investigated using 250 MHz center frequency antenna in Hasbey (Van-Gevaş) Pb-Zn and Altınsaç (Van-Gevaş) Fe deposits.

The Hasbey Pb-Zn deposit was explored before but ore production started around year 2005; a couple of thousand tones Pb-Zn ore have already been produced. These Pb-Zn ores have deposited in fault and/or brecciated dolomite zones of schist, marble and dolomite units of Bitlis massive. Deposition took place as hydrothermal veins and/or sometimes as disseminated ore bodies. The thickness of the veins sometimes reached about 120 cm, but according to the deposition type valuable differences in thickness took place in short distances. There was no outcrop for Pb-Zn ores during the study, so the radar profiles were orientated according to the major structures of the site. The undulations of the topography did not permit to work properly, only four lines could be measured via different directions and extends. After processing the data, the major discontinuities were identified in 3 to 4 meters upper section but no reflection could be interpreted which is derived direct from the ore body. The main thrust and fault zones were identified clearly in radargrams indicated that structural interpretation is possible in such areas and this method can be used as an indirect ore body prospecting method in such geological environments.

Altınsaç Fe deposit is a hydrothermal vein-type deposit and formed as karstic processes. Fe mineralization occurred in karstic caves of the meta-carbonate rocks. Two-stage quarry were excavated in this site and the natural topography was changed in deep scarps and undulations. Only five short radar profiles could be measured in this site via different orientation. After processing the data, we were able to identify and interpret some reflections in uppermost 3 meters. Like the Hasbey area the major structures could be identified also in this site. Reflections derived direct from the ore body could not be interpreted because the brecciated ore is highly limonitized and massive ore is missing in these deposits. Strong reflections mainly derived from the marble blocks in karstic zone. As a consequence, this method is useful to determine the main structures of the geological environment and permits to correlate these discontinuities along radar profiles.

**Key Words:** hydrothermal deposits, Pb-Zn, Fe, Hasbey, Altınsaç, Bitlis Massif, GPR

## **Yanıklı Altın Cevherleşmesinin Arama Programı ve Cevherdeki Yapısal Kontrol, Artvin-Şavşat, Türkiye**

Cengiz Y. Demirci

*Muğla Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
48100 Kötekli, Muğla (E-posta: cengizdemirci@msn.com)*

---

Çalışma alanı Doğu Pontid Metalojenik Kuşağının dasitik serileri içinde yer almaktadır. Yanıklı volkanikleri volkanik bir kompleks olup latitler, trakitler, traki-andezitler, tüfler, dasitik ve riyo-dasitik kayaların volkanisedimanter ve piroklastik seriler ile ardalanmasından oluşmuştur.

Cevherleşme kayaları ileri derecede silisleşmeye, serisitleşmeye, arjilleşmeye, kloritleşme, karbonatlaşma ve profilitik alterasyona uğramıştır. Faylar, çatlaklar ve eklem düzeyleri mineralleşmeyi yapısal olarak kontrol etmişlerdir.

Alterasyonun şiddeti fay zonlarında, özellikle Beyaztaş tepe ve Calep mahallesinde artmıştır. Beyaztaş fayı KB–GD yönünde gelişip ve Üzümlü yayla bölgesinde mineralleşmeyi kontrol etmekte ve mineralleşme zonu fay düzlemine ve fayın davranışına paralel olarak gelişmiştir. İki birleşik fayda Calep mahallesindeki dissemine mineralleşmeyi kontrol etmekte. Bu faylar sahada yapılan jeofizik çalışması sonucunda tespit edilebildi. Mineralleşmenin yaşı Eosen sonrası olduğu ve mineralleşmenin epitermal-mezotermal aralığında olduğu bu çalışmayla önerilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** altın, epitermal, yapısal kontrol, Pontid Kuşağı

## **Exploration and Structural Control of the Yanikli Gold Mineralization, Artvin-Şavşat Turkey**

Cengiz Y. Demirci

*Muğla Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kötekli,  
TR–48100 Muğla, Türkiye (E-posta: cengizdemirci@msn.com)*

---

The rock unit of the study area lies within the Dacitic Series of the Eastern Pontide Metallogenic Belt (EPMB) of Turkey. Yanikli Volcanics represent a volcanic complex consisting of latites, trachytes, trachy-latites, tuffs, dacitic and ryho-dacitic rocks interlayered with volcanisedimentary and pyroclastic units.

Host rocks were subjected to silicification, sericitic alteration, argillic alteration, chloritization, carbonatization, and propylitic alteration. Faults, fractures and joints act as structural control in the mineralized rocks.

Degree of the alteration is increasing around the fault zones, south of Beyaztaş hill and Calep Mahallesi. The Beyaztaş Fault trends in NW–SE direction and controls the mineralization in the Üzümlü yayla area, in a way that the mineralization is mostly parallel to attitude of the fault. Two conjugate faults control the disseminated mineralization around the Calep Mahallesi. These faults are identified by the geophysical research. The age of the mineralization is proposed as post-Eocene, and mineralization is epithermal to mesothermal.

**Key Words:** gold, epithermal, structural control, Pontide Belt

## İran-Türkiye Sınırı Yakınında, İran'ın Kuzeybatısındaki Lisvenitik Tip Civa Mineralizasyonu ve Ofiyolitik Kayaçların Hidrotermal Alterasyonu

Ali Imamalipour

*Maden Mühendisliği Bölümü, Urmia Üniversitesi, İran (E-posta: a.imamalipour@urmia.ac.ir)*

Khoy ofiyoliti, İran-Türkiye sınırı boyunca, İran'ın kuzeybatısında 3900 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplar. Bu ofiyolitin kuzeybatı kolu, Türkiye'nin kuzey doğusunda bulunan Doğu Pontid tektonik ünite içerisindeki ofiyolitlerle bağlantılıdır. Bu ofiyolitler, Neotetis okyanus baseninin kalıntılarıdır. Ofiyolitik kompleksin Alt Eosen zamanı sonundaki yerleşiminden sonra, asidik-ortaç magmatik aktivite, küçük granitoid intrüzyonları, andezitik-dasitik volkanitler ve bunların subvolkanik eşlenikleri olarak oluşmuş ve ofiyolitik kayaçları kesmişlerdir. Hidrotermal çözeltilerin etkisiyle yeniden aktive olan ofiyolitik kayaçlar ve özellikle de serpantinit, hidrotermal alterasyona uğramış ve lisvenitlerin oluşumuna sebep olmuşlardır. Bu alterasyonlar Hg-Au mineralizasyon birliği açısından önemlidir. Bu kayaçların silika-karbonat alterasyonu, lisvenit oluşumu ve yapısal kontrollere sahip mineral birliktelikleri, Khoy ofiyoliti mineralojisinin diğer ilginç olaylarıdır. Tüm farklı tipler arasında bilinen lisvenit ve civa oluşumları sadece silika tipinde olanlarla ilişkili olmuştur. Alterasyon zonları, şeyl/serpantinit ve serpantinit/konglomera faylı dokanaklarında sınırlandırılmıştır ve bu sınırlardan serpantinite doğru gelişmiştir. Jeokimyasal araştırmalar, civa dağılımının farklı aralıklarda olduğu ve altere zonda oldukça değişik değerler sunduğunu işaret eder. Khangoli bölgesinde civa değerleri 0,4–64200 ppm arasındadır. Altere kayaçlardaki ortalama Hg değeri 430 ppm'dir ve damarlarda ise 50000 ppm'e kadar ulaşır. Tavreh ve Qurshaglo bölgelerinde Hg değerleri sırasıyla 0,36–10500 ppm ve 0,54–9690 ppm arasında değişmektedir. Araştırmalar, çalışılan bölgede Hg'ce zengin tipte bir sistemin olduğunu ve altının bulunmadığını göstermiştir. Hg/Au oranları oldukça yüksektir. Bu nedenle yataklar sadece Hg içeren ve Au'nun bulunmadığı Knoxville ve New Almaden (ABD) yatakları ile benzerdir. Jeokimyasal olarak, bölgedeki serpantinitlerin oldukça değişken Hg içeriklerine ve farklı kayaç tiplerinde farklı Hg dağılımlarına sahip olmaları, bunların bollukları ve altere olmamış taze serpantinitlerden, altere olanlarına doğru artan bir trend sergilemeleri ve daha sonra da tamamen zenginleşmeleri, Hg'nin muhtemel kökeninin ultramafik kayaçlar olduğunu göstermektedir. Jeokimyasal ve jeolojik kanıtlar ile birlikte mineralojenik parajenezler, civa mineralizasyonunun düşük sıcaklık ve basınç altında, uygun yapısal özellikler (ters faylar ve breşleşmiş zonlar) içerisinde, serpantinit ile hidrotermal çözeltilerin etkileşiminden dolayı oluştuğuna işaret eder. Civa mineralizasyonuna, Neojen sonu–Pleyistosen zamanındaki ortaç-asidik magmatizmalara bağlı jeotermal sistemlerden türeyen hidrotermal dolaşımların sebep olduğu görülmektedir. Bu çözeltiler ofiyolitik kayaçlar, özellikle de serpantinitler arasında dolaşarak yıkamaya sebep olmuş ve civahı hareketlendirmiştir. Yoğun hidrotermal çözeltiler, civa ve diğer elementleri daha derin kısımlardan yüzeye doğru taşıyarak ve en sonunda da yüzeye sıcak sular ile ulaşarak, burada değişen fizikokimyasal koşullarla birlikte anakayaçlar ile reaksiyona girip zinober ve diğer mineralleri oluştururlar.

**Anahtar Sözcükler:** İran, Khoy ofiyoliti, lisvenit, serpantinit, zinober, jeokimya



## Hydrothermal Alteration of Ophiolitic Rocks and Listwaenitic-type Mercury Mineralization from Northwest of Iran, Near Iran-Turkey Border

Ali Imamalipour

*Department of Mining Engineering, Urmia University, Iran (E-mail: a.imamalipour@urmia.ac.ir)*

---

Khoy ophiolite covered an area about 3900 km<sup>2</sup> in the northwest of Iran along the Iran-Turkey boundary. This ophiolite with their northwestern trending have been connected to the ophiolites of northeast of Turkey in the eastern Pontides tectonic unit. These ophiolites are remnants of Neotethyan oceanic basin. After emplacement of ophiolitic complex in the end of post lower Eocene time, the acidic to intermediate magmatic activity as small granitoid intrusives and andesitic-dacitic volcanites and their subvolcanic equivalents has occurred and cutted ophiolitic rocks. Reactivation of ophiolitic rocks especially serpentinite with hydrothermal solutions led to the hydrothermal alteration and formation of listwaenites. The importance of these alterations is due to associated Hg-Au mineralizations. Silica-carbonate alteration of these rocks, formation of listwaenites and associated mineralizations that have structural controls, are of other interesting phenomena of metallogeny of Khoy ophiolite. Among all of different types, known listwaenites and mercury occurrences have been formed only in relation with silica type one. The alteration zones are restricted to shale/serpentinite and serpentinite/conglomerate fault type contacts and developed from these boundaries toward serpentinite. Geochemical investigations indicate that mercury distribution have variable values and high variance in altered zones. In Khangoli district values of mercury ranges from 0.4–64200 ppm. The average value of Hg in altered rocks is 430 ppm and in veins is up to 50000 ppm. In Tavreh and Qurshaglo districts, its values vary as 0.36–10500 ppm and 0.54–9690 ppm respectively. The investigations reveal that studied deposit is from Hg-rich type systems and gold absent. The Hg/Au ratios are very high. Therefore, it is similar to Knoxville and New Almaden deposits (U.S.A) only contains Hg without Au. Geochemically, the serpentinites of this area are anomalous about Hg and distribution of Hg in different rock types and its abundances and increasing trends from unaltered fresh serpentinite to altered and finally mineralized zones suggest that the probable origin of Hg are ultramafic rocks. Geological and geochemical evidences together with the mineralogical paragenesis indicate that the mercury mineralization has occurred due to interaction of hydrothermal solutions with serpentinite in suitable structural settings (reverse faults and brecciated zones) at low temperature and pressure. It seems that the hydrothermal circulations responsible for mercury mineralization were derived from geothermal systems caused by intermediate to acidic magmatism in post Neogene–Pleistocene time. These solutions circulated among the ophiolitic rocks specially serpentinites, caused the leaching and mobilizing of mercury. The fertile hydrothermal ascending solutions carried mercury and other elements from deeper parts toward the surface and finally reached to the surface as hot springs; whereby, the reaction with host rocks and changing of physico-chemical characters, the cinnabar and other minerals have deposited.

**Key Words:** Iran, Khoy ophiolite, listwaenite, serpentinite, cinnabar, geochemistry

## **Kalderan Manganez Yatağı (KB İran)'nın Jeokimyası ve Kökeni, Neotetis Okyanus Baseni'ndeki Mn Oluşumlarına Bir Kanıt**

Ali Imamalipour

*Maden Mühendisliği Bölümü, Urmia Üniversitesi, İran (E-posta: a.imamalipour@urmia.ac.ir)*

---

Khoy ofiyoliti İran'ın kuzeybatısında ve İran-Türkiye sınırı boyunca yaklaşık 3900 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplar. Çalışmalar bu ofiyolit, Neotetis'in kuzey ve güney kollarının birlikte bağlantılı olduğu Neotetis okyanus baseninin kuzeybatı gidişli kolunun parçaları olduğuna işaret eder.

Bazı manganez ve demir-manganez yatakları Khoy ofiyolitine ait olan radyolary çörtleri ve pelajik sedimanter kayaçları içerisinde bulunur. Bunlardan birçoğu küçük rezervlere sahipken, sadece Safo yatağı (Chalderan kentinin kuzeyi) işletilebilir, seçkin bir yataktır. Safo yatağında manganez oluşumları, pelajik kayaçlar içerisinde, farklı yatay yönlerde mercekle-tipi cevher kütleleri şeklindedir. Bu stratiform yatak, sin-sedimanter bir oluşumdur. Mineralojik olarak pirolusit, biksbiyit, braunit ve hematit cevher içerisinde ana mineralleri oluştururken, kalsit, kuvars ve barit ana fazları oluşturur. Cevher kütlelerinde bantlı, masif ve dissemine dokular görülmektedir. Jeokimyasal ve jeolojik kanıtlar, denizaltı hidrotermal çözeltilerinin oluşturduğu cevher oluşumlarının, Üst Kretase zamanında Neotetis okyanus baseninin abisal düzlüğünde oluştuğunu işaret eder. Cevherdeki Mn/Fe oranı 1.35–31.7 arasında ve oldukça değişkendir. Ortalama Mn/Fe oranı (8) okyanus ortası metal içeren sedimanların değerinden daha yüksektir. Mn/Fe ve Si/Al'nin yüksek oranları, özellikle Co, Ni ve Cu gibi iz elementlerin çok düşük içerikleri, Y ve Ce'nin düşük içeriği ve SiO<sub>2</sub>, Mn, Fe, Ba ve Sr'nin yüksek içeriği, Mn zenginleşmesinde, hidrotermal akışkanların (eksalatif) ve bu yatağın oluşumundaki hidrojenetik proseslerin katkısının önemsiz olduğunun kanıtlarıdır.

**Anahtar Sözcükler:** İran, kalderan, ofiyolit, manganez yatakları, jeokimya, mineraloji.

## **Geochemistry and Origin of Chalderan Manganese Deposit (NW of Iran), an Evidence of Mn Genesis in the Neotethyan Oceanic Basin**

Ali Imamalipour

*Department of Mining Engineering, Urmia University, Iran (E-mail: a.imamalipour@urmia.ac.ir)*

---

Khoy ophiolite covered an area about 3900 km<sup>2</sup> in the northwest of Iran along the Iran-Turkey boundary. Studies indicate that these ophiolites are the remnants of a branch of Neotethyan oceanic basin that with their northwestern trending have been connected the northern and southern branches of Neotethys together.

Some manganese and iron-manganese deposits are found within sedimentary pelagic rocks and radiolarian cherts which accompanied with Khoy ophiolite. Most of them have little reserve and only the Safo deposit (north of Chalderan city) is the minable one distinguished yet. In Safo deposit, deposition of manganese has been occurred as lense-like ore bodies in different horizons within pelagic rocks. This stratiform deposit has syn-sedimentary origin. Mineralogically, pyrolusite, bixbyite, braunite and hematite are the main minerals present in ore and calcite, quartz and barite present as minor phases. The banded, massive and disseminated textures are seen in orebodies. Geochemical and geological evidences indicate that deposition of ore minerals from submarine hydrothermal solutions have been occurred on the abyssal plain of neotethian oceanic basin in upper cretaceous. The Mn/Fe ratio in the ore is highly variable and ranges from 1.35 to 31.7. The mean Mn/Fe ratio ( 8) is about an order of magnitude higher than that of metalliferous sediments from mid-oceans. The high ratio of Mn/Fe and Si/Al, very low content of trace metals specially Co , Ni and Cu , low content of Y and Ce; and high content of SiO<sub>2</sub>, Mn, Fe, Ba and Sr are evidences of Mn enrichment of hydrothermal fluids (exalatives) and contribution of hydrogenetic processes in formation of this deposit is insignificant.

**Key Words:** Iran, Chalderan, ophiolite, manganese deposits, geochemistry, mineralogy

## Urmia Gölü, Azarshar-Mamaqan Bölgesi, KB İran'daki Eski Sedimanlar İçerisinde Hematit, Pirit ve Montmorillonit Mineralizasyon Oluşumları

Jafar Sharifi

*Jeoloji Bölümü, PayameNoor Üniversitesi, Mashrooteh St., Tabriz,  
Po. Code: 51746, Iran (E-posta: J\_sharifi@pnu.ac.ir)*

---

İran'daki yapısal zonlanmaya göre çalışma alanı Batı Alborz-Azerbaycan zonu içerisinde yer alır. Urmia Gölü'ndeki eski depolanmalar, Azarshar-Mamaqan bölgesindeki Shand volkanik dağlarının yamaçları yakınında, en kalın istifli gölün güneyinde gözlenen kil-kum aralanmalarıdır.

Bölgedeki kil yataklarının yüzeyindeki derin eklemler, kırmızı renkli Fe'ce zengin sedimanlar, denizel mikrobiyoklastları ve mikrolitik kumlarla doldurulmuştur. Bu çalışma ile kil yataklarının yüzeyinde gözlenen gastropoda, ostrapoda, lamelli branchiate ve mikrobiyotürbasyon mikro ortamı içindeki hematit, pirit ve montmorillonit mineralizasyonları tartışılmıştır. Bu bağlamda mineralojik tespitler ve mineralizasyon fazları, XRD ve SEM-EDX yöntemleri ile yapılmış ve minerallerin kimyasal karakteristikleri, minerallerin yüzeylerinden yapılan yarı kantitatif analizlerle tespit edilmiştir. EDX analizi ile gastropodalardaki kalsit ve lamelli branchiate lerdeki siderit saptanmıştır.

Hematitlerin framboidal oluşumları gastropodalar içerisinde gözlenirken piritleşme, ostracoda, lamelli branchiate ve mikrobiyotürbasyonlar içerisinde bulunmaktadır. Montmorillonit minerallerinin büyümesi genellikle pirit ve kloritler arasında ve framboidal hematitlerin çevrelerinde gözlenmektedir. Bu bağlamda pirit ve hematit mineralizasyonu sadece mikro ortamlar içerisinde gözlenirken, montmorillonitleşme tüm kayaçları sarmıştır. Bu mineralizasyonlar; coğrafik faktörler, volkaniklerin alterasyonu, göl suyunun enerjisi, Eh-pH gibi kimyasal koşullar, tuzluluk, su sıcaklığı ve organik maddece zengin göl sedimanlarındaki bakteriyel aktivasyonlar ile kontrol edilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Urmia Gölü, kil fasiyesi, hematit, pirit, montmorillonit, Sahand, İran, mineralizasyon

## **The Study of Hematite, Pyrite and Montmorillonite Mineralization Existence into Old Sediments of Urmia Lake, Azarshar-Mamaqan Area, NW Iran**

Jafar Sharifi

*Department of Geology, PayameNoor University, Mashrooteh St., Tabriz,  
Po. Code: 51746, Iran (E-mail: J\_sharifi@pnu.ac.ir)*

---

According to structural zoning of Iran, the studied area is located in Western Alborz-Azerbaijan zone. The old depositions of Urmia Lake usually are alternations of clay-sand and the most thickness of them is observable in South of lake, near the Sahand volcanic mountains slopes at Azarshahr-Mamaqan area.

There are deep joints on surface of clay beds that they filled with red Fe rich sediments, marine-land microbionclasts, and microlithic sands. This study discussed about mineralization of hematite, pyrite and montmorillonite into gastropoda, ostrapoda, lamellibranchiate and microbioturbation microenvironments that observable at surfaces of clay beds. In this case mineralogy estimations and mineralization phases done by XRD and SEM-EDX and chemical characteristics of minerals was obtained by semi-quantitative analysis from their surfaces. EDX analysis obtained calcite for gastropoda and siderite into lamellibranchiates.

Fromboidal existence of hematites observable into gastropodaes, but pyritization was happend into ostracoda, lamellibranchiates and microbioturbations. The growth of montmorillonite minerals is usually observable into between of pyrites and chlorites and around of fromboidal hematites. In these cases mineralization of pyrite and hematite only is observable into microenvironments, but the montmorillonitization surrounded of whole rock. These mineralizations is controlled by geographic factors, alteration of volcanics, energy of lake water, chemical conditions as Eh-pH, salinity, water temperature and bacterial activations into organic matter rich sediments of lake.

**Key Words:** Urmia Lake, clay facies, hematite, pyrite, montmorillonite, Sahand, Iran, mineralization

## Merkez Srednogorie, Bulgaristan Pesovets Epitermal Sistemindeki Alunit ve Altere Kayaçların Jeokimyası

Atanas Hikov<sup>1</sup>, Catherine Lerouge<sup>2</sup> ve Lilan-Anna Daieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria*

(E-posta: ahikov@geology.bas.bg)

<sup>2</sup> *BRGM, BP 6009, 45060 Orleans cedex 2, France*

Pesovets epitermal sistemi birçok porfiri ve epitermal yataklar ve yoğun magmatik ve volkanik aktivite ile tanımlanmış, Geç Kretase Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) magmatik ve metalojenik kuşağının bir parçası olan Panagyurishte cevher bölgesinde yer alır. Yoğun arjillik, piropilit-arjillik ve piropilitik tipteki hidrotermal alterasyonlar andezit-latit volkanitleri ve piroklastik kayaçları etkilemiştir. Merkez kısımda alunitik kayaçlar ileri arjillik alterasyonu içermekte, bazı bölgelerde kaolinitik kayaçlar topaz-kuvars farklılaşmalarıyla geçişli ve daha derin kısımlarda ise diyaspor-piropilit (+zünit) kayaçları yer almaktadır. Alunitik kayaçların iyi gelişmiş zonu yaklaşık 0,5 km<sup>2</sup>'dir. Hidrotermal sistemin en üstünde tüf fasiyesi baskındır ve alunitler ince tanelidir. Ancak derinlerde volkanik breşler içinde boşluk dolguları ve porfiri minerallerin yerine kaba taneli tabular alunitler yer alır. Mineral birlikteliği olarak alunit (%5–80), kuvars, kaolinit, dikit, rutil, pirit vs. içerir.

Pesovets'deki alunitler bileşimde K-Na ve Na'ya ve Na/K'nın 1/1.5–4/1 oranlarına sahiptir. Bunlar her zaman sınırlı miktarda Ca, Sr, Ba, NTE'nin 0.2'ye kadar olan formül birimini içerir ve fosforun daha yüksek konsantrasyonları ile ilişkilidir. Alunit ve APS mineralleri arasındaki karışım fazları nadiren ayrılmış olmalıdır. APS mineralleri 1/1–2/1 Ca/Sr oranları gösteren ve en sonunda da woodhouseite'ye ulaşan svanbergite-woodhouseite katı karışım serilerini gösterirler. Bunlarda her zaman Ba eklenmesi, NTE, K ve Na (Na/K) azalması görülür. APS minerallerinin daha fazla miktarlarda olan ve kaba tabular kristalleri, kaolinitik ve piropilitik zonlarda gözlenirken, alunit kristallerinin merkez kısımları içindeki APS'nin çekirdekleri nadiren görülür. Alunit kristallerinin BSE resimleri, K ve Na içeriği gibi P, Ca, Sr, Ba, NTE ilave dağılım varyasyonlarına bağlı olarak kimyasal zonlanma gösterirler. Zonalite, sıvı kapanım-ani değişikliklerle meydana gelen sürekli tek düze büyümeler, bazen kısmi çözülmeler vs. sunmaktadır.

İz elementlerin yeniden zenginleşmesi, yoğun hidrotermal alterasyon sırasında olmuştur. Birçok element oldukça mobildir ve altere kayaçlardan türer (Y, Mn, Zn, Ni, Co, Cs). Zr, Cr, V, Ga ve Ti karşılaştırmalı olarak immobil davranış sergilerler. Diğer elementler altere zonların birçoğundan yıkanır fakat sadece birinde zenginleşirler (Rb, piropilit-arjillik içerisinde; Li, kaolinit içerisinde; Pb, alunit zonu içerisinde). Sr ise özel bir davranışa sahiptir. Dış zonlardan türer ve ileri arjillik alterasyonun (alunitik, kaolinitik ve piropilitik) iç kısımlarında konsantre olur. Bu altere kayaçlardaki Sr'nin artan içerikleri APS mineralleri ile bağlantılıdır.

Altere olmamış latit ve piropilitik kayaç içindeki NTE paternleri HNTE'lerde net bir fraksiyonlanmayı gösterir şekilde düzdür ve Eu'da zayıf bir negatif anomali gösterir. Piropilitik-arjillik kayaçlardaki NTE paternleri, tüm NTE'lerde çok az bir tüketilmeye işaret eder. NTE'lerin davranışındaki çok önemli değişiklikler ileri arjillik alterasyonlarda gözlenmiştir. Piropilitik ve kaolinitik kayaçlarda olduğu gibi alunit kayaçlarındaki NTE paternleri, ONTE ve ANTE'lerde güçlü bir fraksiyonlanma gösterir. ONTE ve ANTE'lerin hareketliliği, akışkanların düşük pH'ı ve bu koşullardaki bu elementlerin duraylı bileşikler şeklinde kalabilme yetenekleri ile ilişkilidir. HNTE'nin düşük hareketliliği çok önemli miktarlarda La, Ce ve Nd içeren APS ve alunitin varlığı ile açıklanmaktadır. HNTE aynı zamanda kaolinitin içerisinde de tutulur. Tüm NTE'lerdeki şiddetli azalma, topaz-kuvars altere kayaçlarında gözlenmiştir.

Pesovets sistemindeki alunitin duraylı izotop (S, O) bileşimi, magmatik-hidrotermal sistemlerin karakteristiklerini göstermektedir. Bu veriler Srednogorie zonu içerisindeki diğer epitermal yatakların sonuçları ve Chelopech'deki sonuçlarla oldukça benzerdir ve Pesovets epitermal sistemi için yeni bir perspektif sunar. Diğer taraftan alunitik kayaçlar hammadde gibi iyi karakteristiklere sahiptir.

**Anahtar Sözcükler:** iz elementler, NTE, alunit, APS, ileri arjillik alterasyon, epitermal, Bulgaristan

## Geochemistry of Alunite and Altered Rocks from Pesovets Epithermal System, Central Srednogorie, Bulgaria

Atanas Hikov<sup>1</sup>, Catherine Lerouge<sup>2</sup> & Lilan-Anna Daieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria*

*(E-mail: ahikov@geology.bas.bg)*

<sup>2</sup> *BRGM, BP 6009, 45060 Orleans cedex 2, France*

The Pesovets epithermal system is located in Panagyurishte ore region, part of the Late Cretaceous Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) magmatic and metallogenic belt defined by intensive magmatic and volcanic activity and formation of many porphyry and epithermal deposits. Hydrothermal alterations of advanced argillic, propylite-argillic and propylitic type had affected andesite to latite volcanic and pyroclastic rocks. Advanced argillic alteration consists of alunitic rocks in the central parts, kaolinitic rocks with transitions to topaz-quartz varieties in some places and diaspore-pyrophyllite (+ zunyite) rocks in the deeper parts. Alunitic rocks form well-developed zone about 0.5 km<sup>2</sup>. At the top of the hydrothermal system, tuff facies dominate and alunite is small-grained, while at depth coarse-grained tabular alunites replace porphyry minerals and fill gaps in volcanic breccia. Mineral association consists of alunite (5-80%), quartz, kaolinite, dickite, rutile, pyrite etc.

Alunite from Pesovets is K-Na to Na in composition with Na/K ratio from 1/1.5 to 4/1. It always contains limited amounts of Ca, Sr, Ba, REE up to 0.2 formula unit, associated with higher concentrations of phosphorus. Rare cases of mixed phases between alunite and APS minerals can be distinguished. APS minerals are svanbergite-woodhouseite solid solutions with Ca/Sr ratio from 1/1 to 2/1, while the last reach to woodhouseite. There are always admixtures of Ba, less of REE, K and Na (Na>K). More and coarse tabular crystals of APS minerals can be observed in the kaolinitic and pyrophyllitic zones, while cores of APS in the central parts of alunite crystals are rare. BSE images of alunite crystals often show chemical zoning due to the variations in distribution of admixtures of P, Ca, Sr, Ba, REE, as well as K and Na content. The zonality represents the fluid composition – permanent uniform grown often with sudden changes, sometimes with partial dissolution etc.

Significant redistribution of trace elements is taken place during the intensive hydrothermal alteration. Many elements are highly mobile and are extracted from the altered rocks (Y, Mn, Zn, Ni, Co, Cs). Zr, Cr, V, Ga and Ti have comparatively immobile behavior. Other elements are leached from most of alteration zones but enriched in a single one (Rb in propylite-argillic, Li in kaolinite, Pb in alunite zone). Sr has a specific behavior. It is extracted from outer zones and concentrates in the inner zones of advanced argillic alteration (alunitic, kaolinitic and pyrophyllitic). Increased contents of Sr in these altered rocks are linked to the formation of APS minerals.

REE patterns in unaltered latite and in propylitic rock are flat with clear fractionation of LREE and weak negative Eu anomaly. REE patterns in propylite-argillic rock are similar with slight depletion in all REE. Significant changes in the behavior of REE are observed in advanced argillic alteration. REE patterns in the alunite rocks as well as the pyrophyllitic and kaolinitic rocks show strong fractionation of MREE and HREE. The mobility of MREE and HREE is related to low pH of fluids, and their ability to form stable complexes in these conditions. Low mobility of LREE is explained with presence of alunite and APS which contain significant amounts of La, Ce and Nd. LREE also sorbed on kaolinite. Strong depletion of all REE is observed in topaz-quartz altered rocks.

Stable (S, O) isotope composition of alunite from Pesovets shows characteristics of magmatic-hydrothermal systems. These data are quite similar to the results from Chelopech and other epithermal deposits in Srednogorie zone and give new perspective for the Pesovets epithermal system. On the other hand alunitic rocks have good characteristics as raw material.

**Key Words:** trace elements, REE, alunite, APS, advanced argillic alteration, epithermal, Bulgaria

## **Muğla (GB-Türkiye) Yüksek-Cr ve Yüksek-Al Kromitlerinin Petrolojileri: Kromit Kimyası, Platin Grubu Mineral (PGM), Silikat ve Baz Metal Mineral (BMM) kapanımları ve Re/Os-İzotop Jeokimyası**

İbrahim Uysal<sup>1</sup>, Mahmud Tarkian<sup>2</sup>, M. Burhan Sadıklar<sup>1</sup>, Federica Zaccarini<sup>3</sup>,  
Thomas Meisel<sup>4</sup>, Giorgio Garuti<sup>3</sup> ve Stefanie Heidrich<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080 Trabzon  
(E-posta: iuysal@ktu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Institute of Mineralogy and Petrology, University of Hamburg, Grindelallee 48,  
Hamburg, D-20146 Germany*

<sup>3</sup> *Department of Applied Geological Sciences and Geophysics, Montanuniversität Leoben,  
Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben, Austria*

<sup>4</sup> *General and Analytical Chemistry, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18,  
A-8700 Leoben, Austria*

Muğla (GB-Türkiye) ve yakın civarında yaygın olarak gözlenen manto peridotitleri, genellikle dunit zarfları ile çevrilmiş, lens ve damar şekilli podiform özellikte birçok kromit cevherleşmesi içermektedir. Bu kromit cevherleşmelerinin rezervleri genellikle 100.000 tondan az olmakla birlikte, bazı lokasyonlarda 1 milyon ton civarına çıkabilmektedir. Cr# değerleri dikkate alındığında, bölgedeki kromitlerin çoğu yüksek-Cr özellikte olup (Cr# = 64.2–85.9), çok az bir kısmı da yüksek-Al kromitleri (Cr# 49.2–53.5) olarak sınıflanmaktadır.

Kromitlerin IPGE (Os, Ir, Ru) bollukları, PPGE (Rh, Pt, Pd)'lere nazaran daha zengin olup, toplam platin grubu element (PGE) içerikleri 61 ilâ 1305 ppb arasında değişmektedir. Jeokimyasal verilerle uyumlu olarak, değişim miktarlarda Os içeren laurit-erlichmanit serisi minerallerin en sık rastlanan PGM olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra Os-Ir-Ru alaşımları, irarsit, kaşinit ve ofiyolitik kromitlerde pek rastlanmayan Pt-Fe alaşımı ve Pt-oksit minerallerine de rastlanmıştır. Pentlandit, millerit ve nadir olarak hezlavudit mineralleri baz metal sülfid magmatik kapanımlarını oluşturur.

Re bollukları 0.09–0.6 ppb ve Os bollukları 7.5–220 ppb arasında değişmekte olup, bu değerler dünyanın değişik bölgelerindeki ofiyolitik kromitlerle benzerlik sunmaktadır. Yüksek-Cr kromitlerine ait <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os değerleri (ortalama 0.132), yüksek-Al kromitlerine göre (ortalama 0.136) daha az radyojeniktir. <sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os değerleri 0.004 ilâ 0.09 arasında değişip <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os ile pozitif bir korelasyon sunar. Bu değerler ortalama kondrit değerinden (~ 0.4) daha az olmakla birlikte diğer ofiyolitik kromitlerle benzerlik sunar.  $\gamma$ Os değerleri –0.20 ilâ +10 arasında olup, ortalama +8.7 civarındadır. Ölçülen Os-izotop bileşimleri, Cr# değerleri ve PGE bollukları ile negatif bir korelasyon sunar. Dünyanın değişik bölgelerindeki ofiyolitik kromitlere ait ortalama <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os değerleri (0.12809) ile karşılaştırıldığında, Muğla bölgesi kromitlerinin daha radyojenik olduğu belirlenmiştir.

Mineralojik, jeokimyasal ve Re/Os izotop verilerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, yüksek-Al kromitlerinin, okyanus oluşumu esnasında, verimli üst mantonun düşük dereceli kısmi ergimesi sonucunda oluşan OOSB'lardan itibaren kristallendikleri, buna karşılık, yüksek-Cr kromitlerinin ise, OOSB'ların üst mantodan ayrılmasıyla kısmen tüketilmiş olan klinopiroksence zengin harzburjitlerin, bir yitim zonu ortamında tekrar kısmi ergimeye uğraması neticesinde oluşan boninitik karakterli sulu ergiyiklerden itibaren kristallendikleri sonucuna varılmıştır. Her iki durumda da, söz konusu ergiyiklerden kromit ayrılması ve kromitlerin etrafını saran dunit zarflarının oluşumu, oluşan ergiyiğin üst manto içerisindeki hareketi esnasında gelişen ergiyik-peridotit etkileşimi sonucu meydana gelmiştir. Yüksek-Cr kromitlerine ait kromit kristalleri bünyesinde birincil kapanımlar şeklinde olivin ve klinopiroksen kristallerinin yanı sıra sulu silikatlar olan amfibol ve flogopit gibi minerallerin varlığı, söz konusu yüksek-Cr kromitlerinin bir yitim zonu ortamında oluştuğunu ayrıca desteklemektedir.

**Anahtar Sözcükler:** ofiyolitik kromitler, ergiyik-peridotit etkileşimi, platin grubu elementler, platin grubu mineraller, silikat kapanımları, Re/Os-izotopu



## **Petrology of High-Cr and High-Al Ophiolitic Chromitites from the Muğla, SW Turkey: Implications from Composition of Chromite, Solid Inclusions of Platinum-Group Mineral (PGM), Silicate, and Base-Metal Mineral (BMM), and Re/Os-isotope Geochemistry**

İbrahim Uysal<sup>1</sup>, Mahmud Tarkian<sup>2</sup>, M. Burhan Sadıklar<sup>1</sup>, Federica Zaccarini<sup>3</sup>,  
Thomas Meisel<sup>4</sup>, Giorgio Garuti<sup>3</sup> & Stefanie Heidrich<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Department of Geological Engineering, Karadeniz Technical University,  
TR–61080 Trabzon, Turkey (E-mail: iuysal@ktu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Institute of Mineralogy and Petrology, University of Hamburg, Grindelallee 48,  
Hamburg, D–20146 Germany*

<sup>3</sup> *Department of Applied Geological Sciences and Geophysics, Montanuniversität Leoben,  
Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben, Austria*

<sup>4</sup> *General and Analytical Chemistry, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18,  
A-8700 Leoben, Austria*

Ultramafic rocks around the city of Muğla in SW-Turkey contain large number of chromitite masses which are lens- and vein-shaped of the podiform type and surrounded by dunite envelope. Ore reserves generally are less than 100.000 tons but may reach up to 1 million tons in some locations. Based on Cr# values, most chromitites are classified as high-Cr chromitites, with Cr# from 64.2 to 85.9, while only a small number are high-Al chromitites with Cr# between 49.2 and 53.5.

Most of the chromitites display enrichment in IPGE (Os, Ir, Ru) over PPGE (Rh, Pt, Pd), with concentrations of platinum-group elements (PGE) between 61 and 1305 ppb. Consistent with the PGE geochemistry, laurite-erlichmanite serie minerals with various Os concentrations are found to be the most abundant PGM inclusions in chromite. Os-Ir-Ru alloy, irarsite, kashinite as well as Pt-Fe alloy and Pt-oxide, which are not common in ophiolitic chromitites, were also detected as magmatic PGM inclusions. Pentlandite, millerite, and rare heazlewoodite form the magmatic inclusions of base-metal sulfide.

The range of Re and Os abundances are 0.09–0.6 ppb and 7.5–220 ppb, respectively, which are very similar to Re and Os abundances in chromitites from various parts of the world. <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os ratios of the high-Cr chromitites (average 0.132) are less radiogenic than high-Al chromitites (average 0.136). <sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os values ranging from 0.004 to 0.09 correlate positively with <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os ratios. These values are lower than average chondrite ratio (~0.4) but are consistent with those of typical ophiolitic chromitites. Values of  $\gamma$ Os range between –0.20 and +10 and have an average of +8.7, which is greater than the value for various chromitites worldwide. Measured Os-isotope compositions (uncorrected ages) negatively correlate with Cr# values and PGE abundance. In comparison to average Os-isotope compositions of ophiolitic chromitites of various regions (<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os= 0.12809), chromitite samples of the Muğla region are found to be more radiogenic (suprachondritic).

Compilation of mineralogical, geochemical, and Re/Os isotope data suggest that the high-Al chromitite, having higher content of <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os (average of 0.1361), are crystallized from the MORB type melt which formed due to the low degree partial melting of fertile upper mantle during the sea floor spreading. However, high-Cr chromitites with lower and heterogeneous <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os ratio (average of 0.1324) are assumed to have crystallized from the hydrous boninitic melt, produced by second stage partial melting of already depleted mantle, in a suprasubduction environment. In both cases, chromite precipitation and dunite formation around the chromite deposits are considered to be the product of melt-peridotite interaction. The presence of olivine and clinopyroxene as well as hydrous silicate inclusions such as amphibole and phlogopite in high-Cr chromitite further support the idea that high-Cr chromitites were formed in a suprasubduction environment.

**Key Words:** ophiolitic chromitites, melt-peridotite interaction, platinum-group elements, platinum group minerals, silicate inclusions, Re/Os-isotope

## Murgul (Artvin) Masif Sülfür Yatağı Çevresindeki Volkanik Kayaçların Alterasyon Mineralojisi ve Jeokimyası, KD Türkiye

Emel Abdioğlu<sup>1</sup>, Mehmet Arslan<sup>1</sup> ve Selahattin Kadir<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon  
(E-posta: abdioglu@ktu.edu.tr)

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Meşelik Kampüsü,  
26480 Eskişehir

Geç Kretase yaşlı felsik kayaçlarla ilişkili volkanojenik masif sülfür yatakları, Doğu Pontidler’de yaygın olarak bulunmaktadır. Bölgedeki en büyük yataklardan biri olan ve günümüz itibari ile aralıklı olarak işleme devam eden Murgul (Artvin) masif sülfür yatağı, çevresindeki mafik-felsik volkanitler yoğun olarak hidrotermal alterasyona uğramışlardır. Yörede, tabanda Jura-Alt Kretase yaşlı bazalt, andezit ve piroklastitleri bulunmaktadır. Birim üzerine Senoniyen yaşlı felsik volkanitler gelmektedir. Cevherleşme bu volkanitlerin son evrelerinde oluşan yaklaşık 200–250 m kalınlıktaki dasitik piroklastitler içerisinde yerleşmiştir. Masif sülfür merceğinin örtü kayaçlarını yer yer porfirik dasitler, çamurtaşı-kireçtaşı-kumtaşı-tüf ile başlayan ince bir tortul seri ve jipsli vitrik tüfler oluşturmaktadır. Bu birimler Tersiyer yaşlı bazalt ve andezitleri tarafından örtülmüştür. Dasitik tüf-breşler içerisinde yerleşmiş olan cevher merceği genellikle masif, kısmen ağsal ve saçınımlıdır. Cevher sarı cevher, siyah cevher ve süperjen birliktelikten oluşmaktadır ve sfalerit, galen, pirit, kalkopirit, tetrahedrit, bizmut, bizmutit, bornit, dijenit, kovellin, malakit ve azurit içermektedir.

Yörede bulunan volkanitler yoğun olarak hidrotermal alterasyona maruz kalmışlardır. Tabanda bulunan bazalt, andezit ve piroklastitleri genelde kloritleşmiş, daha az oranda epidotlaşmış, silisleşmiş ve killeşmiştir. Cevhersiz dasitlerde serisitleşme ve yer yer silişme yaygın olarak görülürken, cevherin ana kayacını oluşturan dasitik tüf-breşler yoğun olarak silisleşmiş, serisitleşmiş ve kloritleşmiştir. Cevherleşmenin merkez kısımlarında silisleşme yoğun olarak gelişmiştir. Özellikle ağsal zon çevresinde, merkezden dışa doğru illitleşme, kloritleşme, simektileşme-kaolenitleşme şeklinde bir alterasyon zonlanması görülür. En yaygın görülen kil mineralleri illit, illit/simektit, klorit, simektit ve kaolenittir. Ankerit, dolomit ve daha az oranda kalsit ile temsil edilen karbonatlaşma, albitleşme ve limonitleşme yaygın görülen diğer alterasyonlardır. Cevherin örtü kayaçları hidrotermal alterasyondan daha az oranda etkilenmesine karşın porfirik dasitlerde ve jipsli vitrik tüflerde serisitleşme yaygındır.

Murgul masif sülfür yatağı taban ve örtü kayaçlarında, cevhere yaklaştıkça Na’ca tüketilme, K ve Si’da zenginleşme, alterasyon indeksi (AI= 25.62–98.09) ve klorit-karbonat-pirit indeksindeki (CCPI= 23.00–99.30) artışlar belirgindir. Toleyitik-geçiş, kalkalkalen karakterli olan volkanitlerin tüketilmiş okyanus ortası sırtı bazaltına normalize iz element değişimlerine göre volkanitler büyük iyon yarıçaplı litofil elementler (LILE; K, Rb ve Ba) bakımından zenginleşmiş, Sr ve Ti bakımından ise tüketilmişlerdir. Volkanitlerin kondrite normalize nadir toprak element (NTE) dağılımları ağır nadir toprak elementler bakımında zenginleşme ile karakterize edilir ( $La_N/Lu_N= 0.81-9.98$ ;  $La_N/Sm_N= 0.63-7.13$ ). Volkanitlerin NTE dağılımlarında pozitif ve negatif Eu ( $Eu_N/Eu_N^*= 0.34-1.55$ ) ve Ce ( $Ce_N/Ce_N^*= 0.29-1.37$ ) anomalileri belirgindir. Bu durum sülfür-sülfat cevherleşmesini sağlayan akışkanların volkanitleri hidrotermal alterasyona uğratması ve kısmen plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkisinin korunması ile açıklanmaktadır.

Kil minerallerinin  $\delta^{18}O$  değerlerinin, cevher zonuna doğru sıcaklığın artmasına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. İllitlerde  $\delta^{18}O$  ‰6.6/8.7 ve  $\delta D$  ‰ –42/–50; kloritlerde  $\delta^{18}O$  ‰8.6 ve  $\delta D$  ‰–52’dir. Jipslerin  $\delta^{34}S$  içerikleri ‰20.3 ile ‰20.4 arasında;  $\delta D$  değerleri ise ‰–92 ile ‰–102 arasında değişir. İllitlerden yapılan K-Ar yaşlandırmaları (62–73.3 My) Maastrichtiyen’de başlayıp Erken Daniyen’e kadar devam eden bir illitleşme sürecine işaret etmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Murgul masif sülfür yatağı, hidrotermal alterasyon, duraylı izotoplar, K-Ar yaşlandırması

## Alteration Mineralogy and Geochemistry of the Altered Volcanic Rocks of the Murgul (Artvin) Massive Sulfide Deposit, NE Turkey

Emel Abdioğlu<sup>1</sup>, Mehmet Arslan<sup>1</sup> & Selahattin Kadir<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–61080 Trabzon, Türkiye  
(E-mail: abdioglu@ktu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Meşelik Kampüsü,  
TR–26480 Eskişehir, Türkiye*

Volcanogenic massive sulfide deposits accompanying the Late Cretaceous aged felsic rocks in the Eastern Pontid are common. The Murgul (Artvin) massive sulfide deposit, one of the largest deposits in the region, is discontinuously mined, and is surrounded by the Cretaceous aged, hydrothermally altered mafic-felsic volcanics. The bottom of the study area is formed by Jurassic-Late Cretaceous aged basalt, andesite and pyroclastics. This unit is overlain by Senonian aged felsic volcanics. Ore body is contained in the dacitic pyroclastics, varying 200–250 m thickness and evaluated in the later stage formation of this volcanics. Hanging-wall rocks of the massive sulfide lens are partly porphyritic dacites, a thin sedimentary unit beginning with mudstone-limestone-sandstone-tuff and gypsum-bearing vitric tuff. The ore lens situated in the dacitic tuff and breccia, generally is massive, partly stockwork and disseminated, and formed by yellow ore, black ore and supergene associations consisting of sphalerite, galena, pyrite, chalcopyrite, tetrahedrite, bismuth, bismuthite, digenite, covellite, malachite and azurite.

All the volcanics in the studied area were undergone hydrothermal alteration in varying degrees. Basalt, andesite and pyroclastics at the bottom of the study area are generally chloritized and epidotized, silicified and argillized in a lesser extend. Sericitization and partly silicification are common in the barren dacites, whereas silicification, sericitization and chloritization are observed in the footwall dacitic tuff and breccia. Dense silicification is developed in the center part of the ore horizon. Alteration zonation, especially around the stockwork zone from inner to outer part of the ore body is presented by illitization, chloritization, smectitization-kaolinization. Illite, illite/smectite, chlorite, smectite and kaolinite are common clay minerals. Carbonatization represented by ankerite, dolomite and seldom calcite, albitization and limonitization are other types of the alteration observed in the footwall rocks. Although hanging wall rocks are not heavily affected by hydrothermal alteration, sericitization is common in the porphyritic dacites and the gypsum bearing vitric tuff.

The footwall- and hanging-wall alteration zones of the Murgul massive sulfide deposit show systematic changes with increasing proximity to the ore; Na depletion, K and Si enrichment, increases in alteration index (AI= 25.62–98.09) and chlorite-carbonate-pyrite index CCPI= 23.00–99.30). The volcanics are tholeiitic-transitional and calc-alkaline in character and their trace element patterns show considerable large ion lithophile elements (K, Rb, Ba) enrichment, and Sr and Ti and P depletion relative to N-MORB. Chondrite-normalized REE patterns of the volcanics exhibit marked HREE enrichment ( $La_N/Lu_N= 0.81–9.98$ ;  $La_N/Sm_N= 0.63–7.13$ ) and are pronounced by positive/negative Eu ( $Eu_N/Eu_N^*= 0.34–1.55$ ) and Ce ( $Ce_N/Ce_N^*= 0.29–1.37$ ) anomalies, explained by alteration with sulphide-sulfate rich fluids and semi-protected effect of plagioclase fractionation. .

$\delta^{18}O$  values of clay minerals decrease towards the ore horizon due to the ascendant formation temperature.  $\delta^{18}O$  and  $\delta D$  compositions are 6.6 to 8.7‰ and –42 to –50‰ for illites, and 8.6 to –52‰ for chlorites, respectively.  $\delta^{34}S$  and  $\delta D$  values for gypsums vary 20.3 to 20.4‰ and –92 to –102‰, respectively. K-Ar dating on illites (62–73.3 Ma) indicates an illitization process from Maastrichtian to Early Danian time.

**Key Words:** Murgul massive sulfide deposit, hydrothermal alteration, stable isotopes, K-Ar dating

## Karadulda (VAN-Çaldıran) Lateritik Fe Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Jeokimyası

Ali Rıza Çolakoğlu<sup>1</sup> ve Okan Zimitoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 Van  
(E-posta: arc.geologist@yyu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analiz ve Teknolojileri Dairesi,  
06520 Balgat, Ankara*

Karadulda laterit Fe cevherleşmesi Çaldıran İlçesinin (Van) 25 km güneydoğusunda yer almaktadır. Bu çalışmada Fe laterit cevherleşmesinin jeolojik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Cevherleşme sahasının kuzeyinde şist, kuvarsit ve mermer aralanmasından oluşan temele ait metamorfik kayalar görülmektedir. Cevherleşmenin batı ve kuzeydoğusunda ise Paleosen yaşlı kireçtaşları bulunur. Demir cevherleşmesi serpantinleşmiş peridotitlerin kenar kısmında yer alır. Cevherleşme ile peridotitler tektonik ilişkilidir. Serpantinleşmiş peridotitler laterit demir cevherleşmesi üzerine itilmiştir. Cevherleşmenin tabanında çakıltası, kumtaşı ve silttaşı olarak aralanmalı bulunan Oligosen–Miyosen yaşlı sedimanter kayaç birimleri yer alır. Sedimanter birimler ile cevherleşme yer yer alüvyon ile örtülüdür. Bu nedenle, bazı kesimlerde cevherleşmenin taban ilişkileri net olarak görülememektedir. Yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler sonucunda demir cevherleşmesi, çoğunlukla kırıntılı kuvars damar parçacıklarının, daha az oranlarda ise kromit, hematit, manyetit, killeşmiş serpantin parçacıklarının hematit matriks ile çimentolanmış olduğu bir birim olarak tanımlanmıştır. Ayrıca detay kil analizlerinde matriks içinde kriptokristalen kuvars ve kil mineralleri (simektit-vermikülit, illit ve kaolinit) tesbit edilmiştir. Kuvars damar parçacıkları, kendi içlerinde birbirinden farklı dokusal özellikler göstermekle beraber, tarak dokulu ve kolloform dokulu kuvars oluşumları yaygın olarak gözlenir. Kuvars damarı parçacıklarının tane boyları oldukça değişken olup, 5 santimetreden 60 mikron boyutlara kadar değişmektedir. Hamur içinde ise kriptokristalen boyutlara kadar (10–20 mikron) ağsal damarcıklar şeklinde kuvars oluşumları görülür. Cevherleşmede dört farklı hematit oluşumu saptanmıştır. Bunlar çoktan aza doğru 1-ana cevheri oluşturan, hamurda gözlenen çok ince taneli hematit, 2-ovalimsi ve yuvarlak şekilli kırıntılı hematitler, 3-manyetit ve kromitten dönüşmüş hematitler ve 4-kırıkları ve tanelerin etrafını saran genç hematit oluşukları olarak tanımlanmışlardır.

Karadulda lateritik demir cevherleşmesi birbirine yakın fakat bağımsız olarak en fazla 30x60 metre boyutlarında dört ayrı konumda görülür. Demirli cevher oluşukları, kırmızı renkli görünümünden dolayı sahada kolayca ayırt edilebilmektedir. Cevherleşme zonu Doğu-Batı istikametinde yaklaşık 900 metre uzunluktadır. Cevherleşmenin kalınlığı en fazla 10 metre olarak görülmektedir. Cevherleşme içinde hem makroskobik hem de mikroskobik olarak tektonik deformasyon izleri görülür. Başlıca hematit ve kuvars bileşenlerinden oluşan lateritik demir cevherleşmesi (n= 12) %32.99 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %52.27 SiO<sub>2</sub>, %3.20 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %3.81 MgO, %1.63 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %0.24 CaO içeriğine sahiptir. Serpantinleşmiş peridotitlere göre Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bakımından zenginleşmiş olan lateritik demir cevheri, MgO ve CaO bakımından ise fakirleşmiştir. Cevherleşmeden yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre cevherleşmede önemli bir altın değerine rastlanmamıştır. Altın değeri gerek serpantinleşmiş peridotitlerde gerekse de demir cevherleşmesinde, dedeksiyon değerinin (<0.005 ppm) altındadır. Ekonomik öneme sahip diğer metallere Ni ve Co değerleri cevherleşme içinde (n=12) en yüksek sırasıyla 6500 ppm ve 377 ppm olarak saptanmıştır. Bu değerler serpantinleşmiş peridotitlere göre (n= 8) sırasıyla 1.7 ve 2.36 kat zenginleşme göstermektedir. Diğer elementlerden Pt, Pd, Ir, Os, Rh ve Ru ise serpantinleşmiş peridotitlere göre cevherleşme içinde sırasıyla 2.9, 1.76, 3.2, 2.19, 2.72 ve 3.06 kat zenginleşmiştir.

Sonuç olarak, Karadulda demir cevherleşmesi yüksek silis, düşük demir ve yan ürün elementlerine sahip taşınmış laterit türde bir Fe cevherleşmedir.

**Anahtar Sözcükler:** Van, Çaldıran, ofiyolit, Fe cevheri, laterit, Doğu Anadolu

## Geology and Geochemistry of Karadulda (Van-Çaldıran) Lateritic Fe Ore

Ali Rıza Çolakoğlu<sup>1</sup> & Okan Zimitoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–65080 Van, Türkiye*

*(E-mail: arc.geologist@yyu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analiz ve Teknolojileri Dairesi, Balgat, TR–06520 Ankara, Türkiye*

Karadulda lateritic Fe deposit is located at 25 km southeast of Çaldıran (Van) County. In this study, geological and geochemical characteristics of lateritic Fe deposit are investigated. In the northern part of the study area, metamorphic basement, which is composed of schist, quartzite and marble sequence is observed, whereas Paleocene aged limestones are exposed in the western and northeastern part of the study area. Fe ore deposition is located at the contact of serpentinized peridotites. Ore and peridotites are tectonically related to each other. Serpentinized peridotites are thrust over the lateritic iron ore. At the lowermost part of the deposit, Oligocene–Miocene aged sedimentary sequence, which is composed of pebblestone, sandstone and siltstone alternation. Both the sedimentary rocks and the ore deposit are locally covered by alluvial deposits. That's why, the basement rocks of ore are not observed clearly in some locations. As a result of both the macroscopic and microscopic investigations, the iron deposit is identified as a unit composed of mainly quartz vein fragments and lesser amounts of chromite, hematite, magnetite and argillized serpentinite fragments, which are cemented by hematite matrix. In addition, cryptocrystalline quartz and clay minerals (smectite-vermiculite, illite and kaolinite) have also been determined in the matrix by means of detailed XRD analysis of clay minerals. Quartz vein fragments are divided into several types according to internal textures and among them the fragments, which exhibit comb texture and colloform texture, are the most abundant ones. The dimensions of quartz veins are variable and ranges from 60 microns up to 5 centimeters. In the matrix, there is also small net-like quartz veinlets, which are composed of cryptocrystalline (10–20 microns) quartz. Four different types of hematite mineralization has been determined under microscope. These are; (1) very tiny hematite minerals of matrix as the main component of ore (2) oval and rounded shaped detrital hematite minerals (3) hematites are formed after magnetite and chromite (4) youngest hematite mineralizations, filling micro fractures and surrounding other fragments.

Karadulda lateritic Fe deposit is cropped out as four discrete individual deposits, which have dimensions of maximum 30x60 meters. These deposits can be easily distinguished in the field by means of their reddish color. This ore deposit zone has a length of approximately 900 meters from east to west and it has a thickness of maximum 10 meters. Traces of tectonic deformation can be observed both in macroscopic and microscopic scale within the deposit. The lateritic iron ore, which is mainly composed of hematite and quartz, has a content of 32.99% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 52.27% SiO<sub>2</sub>, 3.20% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3.81% MgO, 1.63% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 0.24% CaO. The deposit is enriched in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with respect to serpentinized peridotites, whereas, it is depleted in MgO and CaO. According to the results of chemical analysis, the deposit does not have significant gold content. The gold content (<0.005 ppm) is below the detection limit in both serpentinized peridotites and iron ore. Among the other metals, which have economical value, the Ni and Co contents of ore deposit (n= 12) have been respectively detected as maximum 6500 ppm and 377 ppm. These values indicates 1.7 and 2.36 times enriched respectively, respect to serpentinized peridotites (n= 8). The deposit also exhibits enrichment in Pt, Pd, Ir, Os, Rh and Ru elements 2.9, 1.76, 3.2, 2.19, 2.72 and 3.06 times with respect to serpentinized peridotites respectively.

In summary, Karadulda deposit has been identified as transported laterite type ore and it has highly silicic but low iron content and by product elements.

**Key Words:** Van, Çaldıran, ophiolite, Fe ore, laterite, Eastern Anatolia

## Kışla Tepe (Çarıksaraylar-Isparta) Lateritik Boksit Zuhurunun Nadir Toprak Element Jeokimyası

Yeşim Bozkır, Ahmet Ayhan ve Fetullah Arık

*Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 42100 Selçuklu, Konya  
(E-posta: y\_bozkir@hotmail.com, ybozkir@selcuk.edu.tr)*

Çarıksaraylar Kasabası kuzeybatısında yüzeyleyen Kışla Tepe boksit zuhuru İslıkayatepe volkanitleri üzerinde bulunmaktadır. Bazik volkanit, yarı ayrılmış volkanit (saprolit) ve tamamen boksite dönüşmüş seviyeler ile temsil edilen profilin kalınlığı 103 m dir. Bu lateritik profil içerisinde iki seviye halinde izlenen otokton boksitler, ortalama % 42.6 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 25.9 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 4.9 TiO<sub>2</sub>, % 11.5 SiO<sub>2</sub> içermektedir. Diyaspor, hematit, böhmit, kaolinit, saponit, nontronit ve anataz minerallerini içeren boksitlerin toplam nadir toprak elementleri (NTE) miktarı 167.2 ppm'dir. Ce, 66.4 ppm ortalama ile en çok bulunan NTE olup, bunu 36.3 ppm ile La ve 34.9 ppm ile Nd izlemektedir. Toplam miktarı 152.6 ppm olan hafif nadir toprak elementleri (HNTE; La-Sm), toplamı 12.7 ppm olan ağır nadir toprak elementleri (ANTE; Gd-Lu)'nin yaklaşık 12 katı oranında bulunmaktadır. NTE, kondritlere göre normalize edildiğinde (La/Lu)<sub>N</sub> = 18.0, (Gd/Yb)<sub>N</sub> = 3.2, (La/Sm)<sub>N</sub> = 3.5, (La/Yb)<sub>N</sub> = 20.1, Eu/Eu\* = 1.2, Ce/Ce\* = 0.8'dir. NTE, bazaltlara göre normalize edildiğinde ise; (La/Lu)<sub>N</sub> = 4.6, (Gd/Yb)<sub>N</sub> = 1.8, (La/Sm)<sub>N</sub> = 1.9, (La/Yb)<sub>N</sub> = 5.0, Eu/Eu\* = 0.9, Ce/Ce\* = 0.8'dir. Negatif Ce anomalisi, boksitlerin oksidasyon koşulları altında bazik volkanitlerden türemiş olduğu varsayımını desteklemektedir. İncelenen boksitler; kondritlere göre 32, tüm dünyaya göre 21, primitif mantoya göre 15, peridotite göre 11 ve okyanus ortası sırtı bazaltına (MORB) göre yaklaşık 2.5 kat daha fazla nadir toprak elementi içermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** otokton boksit, laterit, volkanit, NTE, jeokimya, Çarıksaraylar

## Rare Earth Element Geochemistry of Lateritic Bauxite Occurrence in Kışla Tepe (Çarıksaraylar-Isparta)

Yeşim Bozkır, Ahmet Ayhan & Fetullah Arık

*Selçuk University, Department of Geological Engineering, Selçuklu, TR–42100 Konya, Turkey  
(E-mail: y\_bozkir@hotmail.com, ybozkir@selcuk.edu.tr)*

---

Kışla Tepe bauxite occurrence is cropped out in NW of Çarıksaraylar, situated at the top of the İslıkayatepe volcanite. Thickness of profile represented by basic volcanite, partly weathered volcanite (saprolite) and bauxite levels is 103 meters. Autochthonous bauxites, is observed as two levels in this lateritic profile, contains average 42.6 %  $Al_2O_3$ , 25.9 %  $Fe_2O_3$ , 4.9 %  $TiO_2$ , 11.5 %  $SiO_2$ . Total rare earth elements (REE) of bauxites, which is consist of diaspore, hematite, bohmite, kaolinite, saponite, nontronite and anatase, is 167.2 ppm. Ce is the most abundant element in REE with an average 66.4 ppm and it is followed by La (36.25 ppm) and Nd (34.9 ppm). Light rare earth elements (LREE; La-Sm) (152.6 ppm) were enriched 12 times as much as heavy rare earth elements (HREE; Gd-Lu) (12.7 ppm). Chondrite-normalized REE values for the bauxites are  $(La/Lu)_N = 18.0$ ,  $(Gd/Yb)_N = 3.2$ ,  $(La/Sm)_N = 3.5$ ,  $(La/Yb)_N = 20.1$ ,  $Eu/Eu^* = 1.2$  and  $Ce/Ce^* = 0.8$ ; basalt-normalized REE values for the bauxites are  $(La/Lu)_N = 4.6$ ,  $(Gd/Yb)_N = 1.8$ ,  $(La/Sm)_N = 1.9$ ,  $(La/Yb)_N = 5.0$ ,  $Eu/Eu^* = 0.9$ ,  $Ce/Ce^* = 0.8$ . Negative Ce anomaly suggest that bauxite is formed under the oxidation condition and derived from basic volcanites. The REE contents of lateriric bauxites are 32 times higher than those of the chondrites, 21 times those of the world, 15 times those of the primitive mantle, 11 times those of the peridotites, and 2.5 times those of the Middle Ocean Ridge Basalts (MORB).

**Key Words:** autochthonous bauxite, laterite, volcanite, REE, geochemistry, Çarıksaraylar

## Maden Karmaşığı İçerisindeki Manganez Yataklarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri

Nevin Öztürk<sup>1</sup>, Bayram Türkyılmaz<sup>2</sup> ve Ahmet Şaşmaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ  
(E-posta: asasmaz@firat.edu.tr)

<sup>2</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 4. Bölge Müdürlüğü,  
P.K. 178, 44100 Malatya

İncelenen Mn yatakları, Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı'nda Adıyaman, Bingöl, Elazığ ve Malatya illerinde, Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı içerisinde yer almaktadırlar. Bölgede, Paleozoyik yaşlı Pütürge Metamorfizmaları, Jura–Alt Kretase yaşlı Guleman Ofiyolitleri ve Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait kayalar yüzeylenmektedir. Yöredeki manganez yatakları, Elazığ çevresinde Beyhan, Palu, Sarıkamış, Koçkale, Germili ve Hazar, Malatya çevresinde ise Alihan ve Komik bölgelerinde, Maden Karmaşığı'na ait kırmızı renkli çamurtaşı içerisinde, genellikle mercer, kafa ve tabakalar şeklinde, kalınlıkları birkaç cm ile 5–6 m. arasında değişen kalınlıklarda gözlenmektedir. Cevher, genellikle çok ince taneli ve masif yapılıdır. Cevherleşmeler başlıca manganit, pirolusit, hausmanit, braunit, rodokrozit, hematit ve limonitten oluşmaktadır. Cevherleşmelerin ana oksit bileşenleri Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MnO, CaO ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> şeklinde sıralanmaktadır ve Fe/Mn oranı 1,92 olup, ortalama Fe içeriği % 34,59; mangan içeriği ise % 19' dur. Fe/Mn oranı yöredeki oluşumlarda Fe ve Mn ayrılımlarının çok belirgin olarak gerçekleşmediğini göstermektedir. Bu da çökelimin kaynak bölgeye çok yakın olduğunu işaret etmektedir. Cevherleşmelerde MnO, hem diğer ana oksitlerle, hem de iz elementlerle genellikle negatif korelasyonlar göstermektedir.

Yöredeki manganez cevherleşmelerin ΣNTE içerikleri 64 ile 738 ppm (ortalama 502 ppm) arasında değişmekte olup, bu örnekleri kondritlere göre normalleştirildiğinde, hafif nadir toprak elementler (HNTE) bakımından zenginleştiği görülmektedir. Yöredeki örnekler, kuvvetli negatif Ce anomalisi ve hafif negatif Eu anomalisi göstermektedir. Örneklerdeki yüksek NTE içerikleri, bunların hidrojenetik kökenli olabileceğini desteklerken, negatif Ce anomalisi cevherlerin düşük bir redoks potansiyeli altında, iyi oksijenlenmemiş ve durgun bir su içerisinde oluşabileceğini, negatif Eu anomalisi ise cevherin içinde çökeldiği sıvıların sıcaklığının da yüksek olmadığını göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** GDA bindirme kuşağı, Maden karmaşığı, manganez cevherleşmesi, Adıyaman, Bingöl, Elazığ, Malatya



## Geological, Mineralogical and Geochemical Features of the Manganese Deposits of Maden Complex

Nevin Öztürk<sup>1</sup>, Bayram Türkyılmaz<sup>2</sup> & Ahmet Şaşmaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
TR–23119 Elazığ, Türkiye (E-mail: asasmaz@firat.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Maden Tetkik ve Arama 4. Bölge Müdürlüğü, P.K. 178,  
TR–44000 Malatya, Türkiye*

---

The studied Mn ore deposits are located in South Eastern Thrust zone and in Adıyaman, Bingöl, Elazığ and Malatya provinces. All the deposits are placed in Middle Eocene Maden Complex. Paleozoic Pütürge Metamorphites, Jurassic-Lower Cretaceous Guleman Ophiolites and Eocene Maden Complex are the main geological units in the region. The manganese ores occur as lensoid and stratiform bodies which are from a few cm to 5-6 m thick, in red mudstones. The ores are generally massive and fine grained. The main ore minerals are manganite, pyrolusite, braunite, rhodochrosite, hematite and limonite. The major oxide abundance order of the ores is Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, MnO, CaO and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Average Fe:Mn ratio of the ores is 1,92 and the mean values for Fe and Mn are 34,59 % and 19,0 %, respectively. The Fe:Mn ratios indicate that the Fe-Mn differentiation did not happen during the formation of the ores and sources and deposits were close. MnO contents of the ores correlate negatively with other oxides and trace elements.

The total REE contents of the Mn ores vary between 64 and 738 ppm (average 502 ppm). The chondrite normalized REE patterns show LREE enrichments, strong negative Ce anomalies and weak negative Eu anomalies. High REE contents indicates hydrogenic origin, negative Ce anomalies are due to low Eh and negative Eu anomalies low temperature mineralizing fluids.

**Key Words:** southeast Anatolian thrust zone, Maden complex, Mn mineralizations, Adıyaman, Bingöl, Elazığ, Malatya

## Malatya (Türkiye) Pb-Zn Cevherleşmelerinin Eski İmalat Pasalarının Jeokimyası

Leyla Kalender, Güllü Kırat, Cemal Bölücek ve Ahmet Sağıroğlu

*Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ  
(E-posta: leylakalender@firat.edu.tr)*

İnceleme alanı, Malatya İlinin Yeşilyurt ilçesine bağlı Görgü köyünün 9 km kuzeydoğusunda ve 1/25000 ölçekli Malatya L40-a4 paftasında yer almaktadır.

Görgü (Cafana) Pb-Zn cevherleşmesi, volkanitler (yaş?) ile Malatya metamorfileri (Permo–Karbonifer) içerisinde gelişmiş olup cevherleşmenin büyük bir kısmı andezitik kayalar içerisinde damar şeklindedir.

Sülfür cevherleşmesi olarak gözlenen cevherleşmenin ana mineralleri galen, sfalerit, pirit, markasit, simitsonit, zinkit, hidro-zinkit, anglezit ve seruzit; gang mineralleri ise barit, dolomit, kuvars ve kalsittir.

Bu çalışmada, ana yatak civarından 12 adet pasa ve 18 adet sistematik toprak örneği alınarak, örneklerinin metal içerikleri ve metallerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Pasa örneklerinde ortalama Pb (6259,39 ppm  $\pm$ 3937), Zn (6618,28 ppm  $\pm$ 3725), Ag (3711 ppb  $\pm$ 5180), Mn (829 ppm  $\pm$ 850), Ba (546,4 ppm  $\pm$  475); toprak örneklerinde ise Pb (663 ppm  $\pm$ 2332), Zn (660 ppm  $\pm$ 2107), Ag (64,06 ppb  $\pm$ 30), Mn (993 ppm  $\pm$ 331) ve Ba (276 ppm  $\pm$ 287) içeriği tespit edilmiştir. Toprak ve pasalardaki ortalama metal içerikleri karşılaştırılmış ve topraktaki Au, Mn, Sn, Cu, Sb, Rb ve Sr değerlerinin doğal ayrışma nedeniyle pasalardan daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Veri sayısı az olduğu için pasa örneklerinde spearman korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Bu verilere göre, Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, Mo, Sn ve Hg' nin; Sr, Ba, Rb, Ce, Cs, La, U, Se, Sb ve Cd (LIL: large ion lithophile) ile pozitif, aynı metallerin Sc, V, Y, Nb, Th ve Ti (HFS: High field strength) ile negatif ilişki sunduğu belirlenmiştir. Bu durum, cevherleşmeyi oluşturan hidrotermal çözeltilerde kıtasal kirlenmenin etkili olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Görgü Pb-Zn cevherleşmeleri, jeokimya, pasa, toprak kirliliği

## Geochemistry of Waste at Pb-Zn Görgü Mine, Malatya, Turkey

Leyla Kalender, Güllü Kırat, Cemal Bölücek & Ahmet Sağıroğlu

*Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–23119 Elazığ, Türkiye  
(E-mail: leylakalender@firat.edu.tr)*

---

The study area is located at section Malatya L40-a4 of 1/25000 scale map in the 9 km northeast of Görgü village of Yeşilyurt township in Malatya.

The Görgü (Cafana) Pb-Zn mineralization forms in volcanic rocks (age ?) and Malatya metamorphic rocks (Permo–Carboniferous) and the great deal of mineralization take place in andesitic rocks as vein forming. The Pb-Zn mineralizations have been observed as sulphur minerals. Major minerals are galena, sphalerite, pyrite-marcasite, smithsonite (the dominant ore mineral), zincite, hydro-zincite, anglesite, cerussite and gangue minerals are represented barite, dolomite, quartz and calcite.

In this study, 12 mine waste samples and 18 soil samples were collected from within mine waste piles and around of ore deposits, determined concentrations and distribution of the metals. In the mine wastes and soil samples were estimated average and standard deviation values and Pb (ppm 6259.39 ±3937), Zn (ppm 6618.28 ±3725), Ag (ppb 3711 ±5180), Mn (ppm 829 ±850), Ba (ppm 546.4 ±475); Pb (663 ppm ±2332), Zn (660 ppm ±2107), Ag (64.06 ppb ±30), Mn (993 ppm ±331) ve Ba (276 ppm ±287), respectively. Correlate to element concentrations between waste and soil show that Au, Mn, Sn, Cu, Sb, Rb and Sr values in soil are higher than waste due to natural weathering processes.

Spearman correlation coefficients were evaluated because data were insufficient. According these values, between Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, Mo, Sn, Hg and Sr, Ba, Rb, Ce, Cs, La, U, Se, Sb, Cd (LIL) correlation coefficients are positive. However, between Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, Mo, Sn, Hg and Sc, V, Y, Nb, Th, Ti (HFS) correlation coefficients are negative. It is suggested that the ore forming hydrothermal fluids may be affected by crust contamination.

**Key Words:** Görgü Pb-Zn mineralizations, geochemistry, mine waste, soil pollution

## Susurluk (Balıkesir) Skarn Yatağının Jeokimyasal Özellikleri ve Kontakt Metasomatizma Esnasında Nadir Toprak Elementlerinin (NTE) Davranışları

Ayşe Orhan ve Halim Mutlu

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
26480 Meşelik, Eskişehir (E-posta: ayaltinok@hotmail.com)*

Magmatik ve metamorfik kayaç petrojenezinde oldukça sık kullanılan nadir toprak elementleri (NTE) metamorfik kayaçların alterasyon zonlarında da başarılı uygulama alanı bulmuştur. Özellikle alterasyon zonlarında hareketli davranan NTE'ler, skarn zonlarındaki akışkan etkileşimlerinin açıklanması, metasomatik akışkanların kaynağı ve karakterinin belirlenmesinde oldukça kullanışlıdır. Susurluk Çataldağ Granitoyidi'nin kristalize kireçtaşı ve mermerle olan dokanağında gelişen kontakt metasomatik reaksiyonlar ve hidrotermal akışkan infiltrasyonu sonucu yaygın skarn zonları oluşmuştur. AFC  $[(Al_2O_3+Fe_2O_3)-(Na_2O+K_2O) - (MgO+MnO+FeO) - (CaO-3.3P_2O_5)]$  diyagramında skarn zonuna ait kayaçlar kalsik karakterli olup Ca-silikat bileşimli minerallerin bulunduğu (anortit, granat, vezüvyanit, diyopsit, vollastonit) alana düşmektedir. Granit-endoskarn-ekzoskarn-mermer şeklinde zonlanmanın geliştiği bölgede, zonlanmalara ait NTE içerikleri sırasıyla 14–191 ppm (ort. 64 ppm), 18–386 ppm (ort. 163 ppm), 11–172 ppm (ort. 72 ppm) ve 5.7–8.9 ppm (ort. 7.4 ppm) arasında değişmektedir. Skarn zonunda NTE içerikleri Çataldağ Granitoyidi ve mermere göre aşırı derecede artmakta, endoskarn'dan ekzoskarn zonuna doğru ise kısmen azalmaktadır. Çataldağ Granitoyidi, Batı Anadolu'daki diğer plütonlara benzer NTE yönelimleri ile fraksiyonlanmış özellik göstermekte ve negatif Eu anomalisi ( $Eu/Eu^*= 0.42-0.93$ ) sunmaktadır. Skarn kayaçları ise NTE yönelimleri ve Eu anomalisi ile üç farklı desen sergilemektedir. Prograd evrede gelişen andraditçe zengin zonlar, HNTE'lerindeki konveks deseni ve maksimum Pr ile pozitif Eu anomalisi ile karakteristiktir. Granatların  $X_{And}$  içeriği ile Eu anomalisi arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Hidrotermal akışkanlarla büyümüş zonlu granatlardaki pozitif Eu anomalisi ( $Eu/Eu^*= 0.99-4.07$ ), prograd evrede yoğun bir hidrotermal akışkan infiltrasyonunun geliştiğini göstermektedir. Aynı evrede gelişmiş vezüvyanit, piroksen ve vollastonitçe fakir, grossularca zengin zonlardaki NTE yönelimleri ise Çataldağ Granitoyidi ile uyumlu olup, mermer etkileşimi ile ANTE'leri artmakta ve Eu negatif anomali sergilemektedir. Mermer dokanağında veya mermer içerisinde damar skarnlaşmaları şeklinde gelişmiş vollastonit, kalsit ve vezüvyanitçe zengin retrograd evre ise NTE yönelimleri ile prograd evreden farklılıklar göstermektedir. Mermer dokanağındaki zonların NTE yönelimleri mermerle uyumlu olmasına karşın NTE içeriklerinin (11–97 ppm; ort. 46 ppm) oldukça azaldığı dikkat çekmektedir. Damar skarnlaşmaları ise La'dan Lu'a kadar zikzaklı deseni, negatif Eu, minimum Pr ve maksimum Ce ile Nd anomalileri ile karakteristik olup Çataldağ Granitoyidi'nden oldukça farklı desen sunmaktadır. Susurluk skarn yatağındaki kayaçların NTE içerikleri ve yönelimleri metasomatik akışkanların prograd evrede hidrotermal, retrograd evrede ise hidrotermal ve meteorik akışkanlardan türediklerini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Susurluk skarn yatağı, Çataldağ Granitoyidi, NTE, metasomatik akışkan

## Geochemical Properties of the Susurluk (Balıkesir) Skarn Deposit and Behavior of Rare Earth Elements (REE) During the Contact Metasomatism

Ayşe Orhan & Halim Mutlu

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Meşelik  
TR–26480 Eskişehir, Türkiye (E-mail: ayaltinok@hotmail.com)*

Rare earth elements (REE), which are often used in petrogenesis of magmatic and metamorphic rocks, have also successful application in alteration zones of metamorphic rocks. REEs are of mobile character in particularly alteration zones and are excellent indicators for the source and character of metasomatic fluids as well as fluid interactions in the skarn zones. Metasomatic reactions and hydrothermal fluid infiltration occurring in the contact between the Susurluk Çataldağ Granitoid and limestones – marbles result in formation of widespread skarn zones. In the AFC  $[(Al_2O_3+Fe_2O_3) - (Na_2O+K_2O) - (MgO+MnO+FeO) - (CaO-3.3P_2O_5)]$  diagram, rocks of the skarn zone are of calcic nature and plot into the area of Ca-silicate type minerals (e.g., anorthite, garnet, vesuvianite, diopside, wollastonite). In the area of granite-endoskarn-exoskarn-marble zone, REE contents of respective lithologies are 14–191 ppm (ave. 64 ppm), 18–386 ppm (ave. 163 ppm), 11–172 ppm (ave. 72 ppm) and 5.7–8.9 ppm (ave. 7.4 ppm). REE contents of the skarn zone are significantly greater than those of the Çataldağ Granitoid and marbles and partly decreased from endoskarn to exoskarn zone. REE trends of the Çataldağ Granitoid with a fractionated character and a negative Eu anomaly ( $Eu/Eu^*=0.42-0.93$ ) are similar to those of other plutonic rocks in the western Anatolia. In contrast, REE trends of skarn rocks are represented by three different patterns. Andradite-rich zones of the prograde stage are characteristic with a convex trend and maximum Pr and positive Eu anomalies. In garnets, there is a positive correlation between  $X_{And}$  abundance and Eu anomaly. The positive Eu anomaly ( $Eu/Eu^*=0.99-4.07$ ) in zoned garnets, which are precipitated from hydrothermal fluids, indicates that an intense hydrothermal fluid infiltration was taken place in the prograde stage. The REE trends of vesuvianite-, pyroxene- and wollastonite-poor and grossular-rich zones of the same stage are concordant with the Çataldağ Granitoid and by interaction with the marble HREEs are increased and Eu displays a negative anomaly. The wollastonite-, calcite- and vesuvianite-rich retrograde stage which was formed as vein skarnizations along the marble contact or within the marble shows REE trends that are different from those of the prograde stage. REE patterns of zones at the marble contact are conformable with marbles but their REE contents are considerably decreased (11–97 ppm; ave. 46 ppm). Vein skarnizations are characteristic with a zigzag pattern from La to Lu, a negative Eu, minimum Pr and maximum Ce and Nd anomalies which is noticeably different from the pattern of the Çataldağ Granitoid. REE contents and trends of the Susurluk skarn deposit may indicate that metasomatic fluids of the prograde stage had a hydrothermal origin while those of the retrograde stage are derived from both hydrothermal and meteoric fluids.

**Key Words:** Susurluk skarn deposit, Çataldağ Granitoid, REE, metasomatic fluid

## Miyaney Bölgesi (KB İran) Cu, Pb, Zn Metalojenisi

Behzad Hajalilou ve Bahram Vusuq

*PayameNoor University, Department of Earth Science, Mashrooteh St., Tabriz, 51746 Iran  
(E-posta: coalminer1848@yahoo.com)*

Çalışma alanı, Azerbaycan'ın doğusunda, İran'ın kuzeybatısında, Azerbaycan'ın daha küçük Caucasus metalojenik zonu ile Alborz-Azerbaycan yapısal zonunun batısında bir parça olarak yer alır.

Aktif kıtasal sınır, adayayı volkano-plütonizma ve bunları takip eden hidrotermal alterasyonların oluşumuna göre metalik mineralizasyonlar Miyaneh bölgesinde oluşmuşlardır. Bölgedeki riyolit-silisleşmiş litik kristalen tuf ve andezit-bazalt, riyolit-ignimbirit volkanitleri, Geç Kretase tektonomagmatik rejimi altında oluşan alkalen-kalkalkalen Eosen volkanizması ile ilişkilidirler. Bölgedeki Oligo–Miyosen I-tipi subvolkanikler, Pyrenean orojenik fazındaki çarpışma sonrası genişlemeli rejim altında oluşmuştur. Bölgedeki intrüziflerin biyotit jeotermometresi 730– 880 °C kristalizasyon sıcaklığını işaret ederken, amfibol barometresi 1,4–3 km'lik derinliği göstermektedir. Bu bahsedilen olayları, polimetalik mineral aramalarından ve Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Fe, Mn, Sn, W'ın litojeokimyasal halelerinden yararlanmak için kullanılan, geniş potasik, kuvars-serizitik, alunitik, silisifiye, arjilik, zeolitik ve piropilitik alterasyon zonları izlemiştir. Miyaneh bölgesindeki ana metalojenik bölgeler bakır ve kurşun-çinko metalojenik bölgeleridir.

Miyaneh şehrinin batısında yeralan bakır bölgesi, kalkalkalen subvolkanik granitoidlerinin geç dağılım fazı ile varolan hidrotermal akışkanın etkisi altındaki Eosen andezit kayaların alterasyonu ile oluşmuştur. Bölgedeki bakır mineralizasyonuna sahip anakayaç Eosen andeziti ve megaporfiritik andezit kayadır. Ana bakır madenleri Sheykhadar Abad, Kalhor, Zereshlu, Rezakhanlu'dur.

Kurşun-çinko metalojenik bölgesi, Miyaneh bölgesinin doğu kısmını oluşturur. Bu bölgede riyolit-silisleşmiş litik kristalen tuf üniteleri, Pb-Zn oluşumlarının anakayaçlarını oluşturur. Bu bahsedilen yataklar, magma üreten yüksek potasyumlu şoşonitik kayaların hidrotermal fazlarına sahip tüflü yankayaçların alterasyonu ile ilişkilidir. Bu bölgede bulunan plütonlardaki potasyum oranı, bakır bölgesinden daha yüksektir. Bu bölgedeki en önemli Pb-Zn yatakları: Shah-Ali-Beyglu-Ababin, Senjedeh, Khalaf, Mindijin ve Qahraman jin 'dir.

Miyaneh bakır bölgesi, düşük sülfür fugasitesi, basit cevher mineral parajenezi ile karakterize edilmekte ve ortaç, kalkalkalen subvolkanları tarafından üretilmektedir. Miyaneh batısındaki kurşun-çinko bölgesi, cevher mineral parajenezlerindeki yüksek varyasyon, yüksek sülfür fugasitesi ve magma üreten potasyumca zengin, şoşonitik derinlik kayalarının alterasyonu ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu kayaçlardaki K-feldispat kristalleri içerisindeki potasyum zenginleşmesi, belirtilen bölgedeki anakayacın çatlak ve eklemlerindeki son depolanmaların kompleks bileşikler halinde taşınan hidrotermal akışkanlardaki Pb-Zn'nin matriks olarak ortamdaki uzaklaştırılması ile meydana gelmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** metalojeni, Miyaneh, hidrotermal, alterasyon, kurşun, çinko, bakır

## **Cu, Pb, Zn Metallogeny of Miyaneh Area, NW of Iran**

Behzad Hajalilou & Bahram Vusuq

*PayameNoor University, Department of Earth Science, Mashrooteh St., Tabriz, 51746 Iran  
(E-mail: coalminer1848@yahoo.com)*

---

The Studied area was located at North West of Iran at east Azerbaijan state, as a part of western Alborz-Azerbaijan structural and Azerbaijan lesser Caucasus metallogenic zone.

According to occurrence of active continental margin- island arc volcano-plutonism and their followed hydrothermal alterations, different Metallic mineralizations were existed in Miyaneh region. Rhyolite-silicified-lithic-crystallin tuffs and andesite-basalt, rhyolite-ignimbrite volcanites in this area were produced in relation with alkaline-calc alkaline Eocene volcanism under late cretaceous attractive tectonimagmatic regime. Oligo–Miocene I-type subvolcanoes in this area were existed under depressional post collision regime at Pyrenean orogenic phase. Geothermometry of biotites indicated 730–880 °C for crystallization temperatures and amphiboles barometry estimated 1.4–3 km depth for this location of these intrusives. These mentioned events was followed with wide potassic, quartz-sericitic, alunitic, silicified, argillic, zeolitic and propylitic alteration zones that they are benefit initial lithogeochemical haloes for Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Fe, Mn, Sn, W and polymetallic mineralization prospecting. The main metallogenic regions in Miyaneh area are copper and lead-zinc metallogenic regions.

Copper region, was located at west of Miyaneh city, that occurs with alteration of Eocene andesite rocks under effect of hydrothermal fluid sequence alteration that existed from late diagenesis phase of calc alkaline subvolcanic granitoides. Main host rock for copper mineralization in this area is Eocene andesite and megaporphyritic andesite rocks. Main copper mines are Sheykhdar Abad, Kalhor, Zereshlu, Rezakhanlu.

Lead-zinc metallogenic region have made the eastern parts of Miyaneh area. In this region, Rhyolite-silicified-lithic-crystallin tuff unites formed as host rocks of Pb-Zn mineralizations. These mentioned deposits have relationship with alteration of tuffic wall rock by hydrothermal phases of high potassium shoshonitic rocks producer magma. Rate of potassium in plutons of this region is higher than copper region. The most important Pb-Zn mines in this area are: Shah-Ali-Beyglu-Ababin, Senjedeh, Khalaf, Mindijin and Qahraman jin.

Miyaneh copper region is characterized with low sulfur fugacity, simple ore mineral paragenesis and it produced by calc alkaline intermediate subvolcanoes. Lead-zinc region in west of Miyaneh is indicated with high variation in ore mineral paragenesis, high sulfur fugacity and relationship with alteration of potassium rich shoshonitic intrusive rocks producer magma. Enrichment of potassium in K-feldspar phenocrystals of this rocks have caused to repelling of Pb-Zn as matrix of hydrothermal fluid solution with carrier complex forms ligand and finally deposition of them in joints and fractures of host rocks at mentioned area.

**Key Words:** metallogeny, Miyaneh, hydrothermal, alteration, lead, zinc, copper