

Sülfürlü Mineraller İçeren Maden Yataklarında İşletme Sırasında ve Sonrasında Asit Kaya (Maden) Drenajlarının Oluşup Oluşmayacağına Yönelik Kestirimler: Akdağ, Karıncadağ ve Bolkardağ Örneği

1. Bölüm: Genel Jeolojik Durum, Parajenezdeki Minerallerin Mineralojisi

Mesut ANIL^{1*}, Ali Can ÖZDEMİR¹, Zehra ALTINÇELEP¹ ve Emine DEMİREL¹

¹Ç.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

Özet

Parajenezlerinde sülfürlü mineraller içeren madenlerin gerek işletmeleri sırasında ve gerekse işletme sonrası başta akifer kaynakları olmak üzere çevrede oluşturacakları asit kaya/maden drenajı oluşup oluşmayacağına önceden kestirilmesi önemlidir. Türkiye’de son 20 yıldır önem kazanan bu konularda henüz bir geleneğin oluşturulduğu söylenemez. Ancak özellikle düşük tenörlü altın madenleriyle gündeme gelen çok geniş alanlarda sürdürülen açık işletmeler ve büyük hacimli topografik değişimler çevresel kirlenmeler konusunda dikkat çekmiş ve asit kaya/maden drenajlarının sorgulanmasını gerektirmiştir. Bu çalışmada varlığı Roma Döneminden beri bilinen Bolkardağ, Karıncadağ ve Akdağ polimetallik parajenezlerinde yer alan başta pirit olmak üzere sülfürlü minerallerin oluşturacağı asidite ile bunları nötürlemede en etkin formasyonlar olan karbonatlı yankayaçlar dikkate alınarak kestirimde bulunulmuştur. Birinci bölümde öngörülerin (kestirimin) yapılabilmesi için cevherleşmelerin görüldüğü bölgenin genel jeolojisi özetlenmiş, önceki çalışmalar ve bu dönemde alınan numunelerin parajenezindeki tüm minerallerin mineralojik incelemesi hem cevher mikroskopisi ve hem de kimyasal içerikleri XRF yöntemiyle kontrol edilmiş ve XRD difraktometreleri çekilerek faz analizleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise derlenen verilere göre asit/baz hesaplamaları yapılarak drenajın oluşup oluşmayacağına karar verilecektir.

Anahtar Kelime: Genel jeoloji, Sülfürlü mineraller, Mineraloji, Asit kaya/Maden drenajı, Karıncadağ- Bolkardağ

Predictions Related to Whether Acide Mine Drainages will Occur or not in Mine Deposits Containing Sulphurous Minerals During and after Operating: Examples of Akdağ, Karıncadağ and Bolkardağ

Chapter 1: General Geological Situation, Mineralogy of the Mineral Paragenesis

Abstract

It is important that the prediction of whether acide mine drainage will be occur or not at the mines containing sulphurous minerals in their paragenesis not only during the processing but also after the exploitation. It cannot be said to being created a custom about these issues coming into prominence in the

* Yazışmaların yapılacağı yazar: Mesut ANIL, Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana. manil@cu.edu.tr

last 20 years. But, open pit mines exploited in too large area due to low grade gold mines and topographic changes at spacious volumes attracted the attention about environmental contamination and necessitated to being investigated acid mine drainages. In this study, it was foretold by considering acidity which will be created by sulphurous minerals such as pyrite located on Bolkardağ, Karıncadağ and Akdağ polymetallic parageneses known since Roman ages and carbonated wall rock formations which are the best affective formation for neutralising this acidity. In the first chapter, general geology of the area was summarized and mineralogical analyses of all of the minerals in the paragenesis were revealed by applying XRF and XRD methods addition to ore microscopy method. In the second chapter, whether drainage will be occur or not is going to be decided by calculating acid/base equilibrium according to the compiled data.

Key Words: General geology, Mineralogy, Sulphide minerals, Acid rock/mine of the drainage, Karıncadağ-Bolkardağ,

1. GİRİŞ

Bu makale sayfa sınırlaması sebebiyle zorunlu olarak iki bölüm halinde yayına hazırlanmıştır.

İlksel konumları itibariyle derinde oluşan ve buradayken doğal dengede bulunan sülfürlü mineralizasyonlar, jeolojik zaman içindeki tektonik aşımılara bağlı olarak ekonomik seviyelere kadar aşınır ve hatta yüzeyde mostra verebilirler. Burada meteorik etkilere açık hale gelen bu cevherleşmeler ikincil alterasyona maruz kalarak erime-iyonlaşma- hidroliz ve oksitlenme olayları bir dizi dönüşüm ürünlerini oluşturabilirler.

Yüzeysel suların hava ile etkin olduğu zonlarda (yıkama, oksitlenme, demir şapka, üst sülfür zonları gibi) silikat minerallerinin duraylılığı esas olarak çözeltinin pH'ına bağlıdır. Piritin yüzeysel sularla yıkaması (oksitelemesi) sonucunda oluşan sülfürik asit, asit kaya/maden drenajına (AKD/AMD) sebep olur. Bu dönüşümler sırasında feldspat ve mafik mineraller (biyotit, piroksen, amfibol) hidroliz hızının artmasına sebep olurlar ve silikatların bozulması tetiklenir. Bu dönüşümlerde en yaygın ikincil mineraller: Kaolinit-illit-kuvars ve limonittir. Plajiyoklaz ve K-Feldspat, illit+kaolinit+serüzit'e dönüşür. Kimyasal bozuşma yani asit kaya/maden drenajı (AKD/AMD), yeraltı su tablasında veya hemen altında biter. Çünkü kayadaki kırık, çatlak ve boşluklarının su ile dolu olduğu yerlere O₂ ve CO₂ Kolayca ulaşamaz. Kimyasal bozuşmayı

(AKD/AMD) denetleyen diğer parametreler; minerallerin birleşimi, kayaların dokusu, geçirgenliği, bölgedeki iklim koşulları, drenaj ağları, zaman, yüzeylenme süresi, yapısal konum ve yerel erozyonun taban düzeyidir [1].

Asit maden drenajının çeşitli yollarla su kaynaklarına karışması ve drenaj suyu içindeki ağır ve bazen de toksik (zehirleyici) metal konsantrasyonları suların kalitesini olumsuz etkileyebilir. Etkilenen bu suların kendi debileri, içerdikleri metal konsantrasyonları bölgedeki akarsuların bolluğu, klimatolojik değerler seyreltilmeyi sağlayacaklarından dolayı kirlenme derecesinde oldukça etkilidirler. Her maden sahasının kendine has asit drenajı üretme potansiyeli ve oluşan bu asiditeyi nötürleştirecek ya da azaltacak karşı koyma potansiyeli bulunmaktadır. Bu sebeple genel prensipleri aynı sayılan fakat uygulamada farklılıklar gösteren sülfürlü mineral içeren maden sahaslarının mineralojik ve kimyasal özellikleri ayrıntılarıyla incelenerek yankayaç ve gang minerallerinin bileşimleri de dikkate alınarak pasif ve aktif yöntemler hem işletme öncesi kestirimler yapılarak, hem de işletme sırasında önlemler alarak asit drenajlarına karşı koyulmaktadır. Maden ömrünü tamamladıktan sonra da gerekli tedbirler alınarak artık yığınları ve derin çukurlar ve basamaklar oluşan işletme sahasının asit üretmemesi için önlemler alınarak kontrol kuyularından takip işlemleri tavizsiz yürütülmelidir [2]. Kimyasal bozuşma, Na-Ca-Mg'un hızla yıkaması, K ve Si'in yavaş yıkaması biçimindedir. Kimyasal bozuşma kaba

bir dengeye ulaştıktan sonra ortamda limonit (çoğunlukla götit), kuvars ve kaolinit kalır. Silikat mineralleri hidroliz yoluyla çözüldüklerinden bozuşmaları için oksijene ihtiyaçları kalmaz [1].

Çevre sorunlarını doğuran sebeplerin üzeri çizilemeyeceğine göre bir taraftan üretim-tüketim ilişkisi sürdürülürken çevrenin daha da bozularak yaşanamaz hale gelmemesi için çözüm çabalarının sabırla sürdürülmesi önemli görüldüğünden gerek Birleşmiş Milletler Çevre Örgütü, gerek ulusal devletlerin kendi kuruluşları ve gerekse engellenemeyecek derecede büyüyen çevreci sivil toplum örgütleri koruma tedbirlerini yakından denetlemektedirler. Diğer yatırımlarda olduğu gibi sanayileşmenin olmazsa olmaz sektörü konumundaki madencilik alanında 20. yüzyıla kadar çevre üzerindeki muhtemel etkileri hesaba katılmadan ekonomik, siyasal ve askeri hedeflere paralel maden üretim politikaları yürütülmüştür. Diğer sanayi kollarında olduğu gibi maden işletmeleri ömürlerini doldurup sahalar terk edilirken önceki faaliyetler sırasında oluşan kirlilik, doğanın tahribatı ve sonraki yıllarda oluşması muhtemel tehditlere yönelik tedbirler alınmadan son noktanın konulması mümkün olabilmıştır. Bu zaman süresince olumsuzluklar yaşanmadığı sürece idari ve adli yaptırımlar da hayata geçirilmemiştir. İşletilmiş maden sahalarının olduğu gibi bırakılmasından bir süre sonra atmosferik yağışlar asidik drenajların oluşmasına sebep olmuş ve yavaş yavaş hem yeraltı su kaynakları ve hem de yüzeydeki toprağın ağır metaller (bazıları toksik özellikte olabilir) yönünden kirletilmeye başlamıştır. 1950'lere kadar pek çoğu küçük boyutta ve yeryüzüne yakın konumda olan açık işletmeler daha sonra devasa kazı makinalarının keşfi ve yüksek tenörlü madenlerin azalmasıyla daha düşük tenörlerde ama daha derinlerde yataklanmış madenlerin işletilmeye başlanmasıyla çok büyük boyutlu çukurların oluşmasını doğurmuştur. Yaşanan bir dizi olumsuzluklar üzerine çevre bilincinin de yaygınlaşması madencilerin faaliyetleri mercek altına alınarak siyasi iradelerce pek çok yaptırım uygulanmaya konulmuştur. İşte bu yaptırımların en yenilerinden olan asit-kaya veya asit-maden oluşup oluşmayacağı başta sülfürlü madenler olmak üzere birçok maden işletme ruhsatı için

hazırlanacak ÇED raporlarında ayrı başlık altında istenmeye başlanmıştır. Herhangi bir madenin asit drenajı oluşturup oluşturmayacağı kararı verilmeden cevher minerallerinin mineralojik ve kimyasal özelliklerinin ayrıntılarıyla bilinmesi olmazsa olmaz şarttır. Bu sebeple asit üretme potansiyeli ve nötürleştirme potansiyelleri hesaplanmadan önce ruhsat sahasındaki kompleks cevherleşmesinin mineralojik ve jeokimyasal açıdan değerlendirilmesi önceki çalışmalar ve bu incelemeler sırasında alınan numuneler üzerinde çeşitli inceleme sonuçlarından yararlanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada yakın çevremizde bulunan Akdağ, Karıncadağ ve Bolkardağ çoğu karbonatlı platformlarda yataklanmış ve parajenezinde sülfürlü mineraller içeren maden sahalarında işletme ve işletme sonucunda asit kaya/maden drenajının oluşma ihtimalleri üzerinde durulmuş ve bu sorunun cevaplandırılması için gerekli olan mineralojik, petrografik ve kimyasal analizlerle bazı statik ve dinamik testlerin uygulamalarına yer verilmiştir.

2. İNCELEME ALANININ KISA GENEL JEOLJİSİ VE CEVHERLEŞMELERİN MİNERALJİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Adana İli, Pozantı İlçesi dahilinde bulunan çok sayıda maden sahasında yapılan ilk çalışmalarda kompleks cevher (kurşun, çinko, bakır, altın ve gümüş gibi polimetallik cevherleşmeler) belirlenmiştir. Romalılar döneminde de bu bölgedeki cevherleşmeler üzerinde yarma, kuyu ve galeri gibi çok derine inmeyen aramaların yapıldığı ve Karıncadağ'ın güneyinde kalan Akdağ karbonatlı kayalar içinde Pb-Zn-Cu damarlarının içinde yine Roma döneminden kalan eski çalışmaların varlığı bilinmektedir [3-5]. Cumhuriyet döneminde de bu bölgede cevher arama ve üretim gayretleri gösterilmiş ise de halen bölgede çalışmaları sürdüren Koza Altın İşletmeleri A.Ş. ve Gümüştaş Altın İşletmeleri'nin faaliyetleri uzunca bir süredir varlığı bilinen bu bölgedeki maden varlıklarının önemini artırmıştır. Üniversitelerdeki akademik çalışmaların

Bolcardağ, Akdağ ve Karıncadağ'ı da içine alan ve Ulukışla'yı da kapsayan geniş bölgede başta Pb-Zn-Cu olmak üzere pirit, kalkopirit, sfalerit, galenit gibi birincil sülfür mineralleriyle bunların ikincil mineralleri limonit, smitsonit, serüzit, anglezit, malakit, azurit ve götit cevherleşmelerine sıkça rastlanılmış ayrıca kasiterit (kalay), gümüş, altın, molibden ile ofiyolitik zonların kontaklarında Cr, Ni ve Co ile bazı demir cevherleşmeleri belirlenmiştir.

Önceki yıllarda 5-6 gr/ton'un altındaki Au tenörlerine rağbet yokken günümüzde altın fiyatlarındaki artışlar 1,5 gr/ton tenörün bile değerlendirilmeye alınabileceğini göstermektedir. Bu sebeple sahada yapılan çalışmalarda belirlenen cevherin üretimi yapılması ve pazarlanması planlanarak özel bir şirket tarafından işletme projesi hazırlanmış ve Maden İşleri Genel Müdürlüğü (MİGEM)'ne sunulmuştur. Şirket elemanlarının sahada gerçekleştirdikleri çalışmalarda değişik yerlerinde bakır, kurşun, çinko cevherleşmesi belirlenmiştir. Arama çalışmalarının genişletilmesi ile görünür alan dışındaki alanlarda cevherleşme belirlenmesi durumunda bu alanlarda işletmeye geçilecektir. Sahada demir cevherleşmesi de belirlenmiş olup, potansiyeli ve kullanım durumunun belirlenmesi amacıyla çalışmalar devam etmektedir. İşletme projesinde ruhsat sahasında şirket elemanlarınca gerçekleştirilen prospeksiyon, jeolojik etüd, numune alımı ve analiz çalışmalarından sonra değişik alanlarda cevherleşme toplam 700 m uzunlukta ve ortalama 2 m kalınlığında olup cevher derinliğinin 30 m, cevher yoğunluğunun 3,5 ton/m³ olarak alındığında, işletme izin sahasında toplam 147.000 ton kompleks cevher varlığı belirlenmiştir. İşletme projesinde görünür rezerv alanı dışında da kompleks cevherleşmesi izlendiği belirtilmiş ve ruhsat sahasının çeşitli yerlerinde 70.000 ton civarında muhtemel cevher rezervi olabileceği tahmin edilmiştir. Ayrıca, görünür ve muhtemel rezerv alanı altındaki bölüm mümkün rezerv alanı olarak kabul edilmektedir. Bu sahaların ÇED uygunluk belgesi alındığı ve işletmeye geçmek için öteki faaliyetlerin sürdürüldüğü bilinmektedir. Ecemiş fay kuşağının batı bloğunda yer alan Bolkar mermer ve şistleri çalışma alanı içerisinde Karıncadağ ve güney

kesimlerinde yüzeilenmektedir. Birim mermer, dolomitli mermer, dolomit ve bunlarla yer yer ardalanan şistlerden oluşmaktadır. Orta-kalın tabakalanmalı kireçtaşları metamorfizma sonucunda mermerleşmiştir. Bolkar mermerleri genellikle koyu gri, kirli beyaz renkli orta-kalın tabakalı olmakla beraber taze kırık yüzeyi de kirli beyaz, krem, gri ve kahverengimsi gri renklerde sağlam, keskin köşeli ve kırıklı ve dayanımlıdır. Dolomitler çoğunlukla koyu gri ve kalın tabakalanmalı olup, mermerleşen kireçtaşı tabakaları ile uyum göstermektedir. Aşırı deformasyon nedeni ile Bolkar mermerlerinde kıvrımlanma ve faylanmalar gelişmiştir. Çevikbaş [3] tarafından üye mertebesinde ayrıtılan şistler, Uçar [6] tarafından Bolkar mermerleri içerisinde incelenmiştir. Karıncadağ ve dolaylarında yüzeilen şistler alacalı renklerde yeşil, yeşilimsi mavimsi gri renklerde olup, serüzit-mikaşist ve kuvars şistler yaygındır. Şistler genellikle çok ince yapraklanmalı, kırılma klivajlı ve tektonizma nedeniyle aşırı derecede ezilmiş olarak bulunmaktadır. Bolkar mermerlerinin tabanı çalışma alanı içerisinde gözlenmemekte, üzerine ise Alihoca ofiyoliti, Madenköy ofiyolitik melanjı, Ömerli formasyonu ve Kalkankaya formasyonu tarafından açısız uyumsuz olarak örtülmektedir. Karıncadağ'da ise Horoz granodiyoritinin kuvars porfir damarları tarafından kesilmektedir. Demirtaşlı ve ark. [7]'nin belirlemiş oldukları fosil kapsamına göre Bolkar mermer ve şistlerine Permiyen yaşı verilmiştir.

Karmaşık içerisinde yer alan şistler genellikle muskovit-klorit ve kalkışist olup yer yer aktinolit tremolit şistler olarak gözlenmektedir [3]. Bu alandaki şistler açık-koyu yeşil tonlarında kıvrımlı, ezilmiş ve yapraklanmalıdır. Melanj içerisindeki sarı renkli kalkışistler genellikle düzgün tabakalı olup, yer yer merccekler şeklinde bulunmaktadır. Ecemiş fay kuşağının doğu kenarı boyunca geniş yayılımlar sunan Akdağ grubu içerisinde yer alan platform karbonat özelliğinde açık-gri orta-kalın tabakalı kireçtaşından oluşan birim ilk kez Yetiş [8] tarafından Demirkazık kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Birim inceleme alanı dışında Pozantı güneydoğusunda Akdağ ve Fındıklı kuzeydoğusunda Çetinlikdağı dolaylarında yüzeilenmektedir.

Ecemiş fay kuşağı boyunca kuzeydoğudan güneybatıya uzunlamasına bir şerit boyunca yerleşen ve karasal bir ortam özelliği gösteren birime ilk olarak Yetiş [8], Çukurbağ formasyonu ismini vermiştir. Ruhsat alanının yakın çevresinde bulunan Fındıklı Köyü ve dolayları ile Pozantı İlçe'sinin doğu ve güneyinde yaygın olarak yüzeylenmektedir. Çakıt suyu ve diğer dere kenarları boyunca yaygın olarak bulunan alüvyonlar, mermer, kireçtaşı, granit, bazik ve ultra bazik kayalar ile inceleme alanı dışındaki Kırkeçit derede daha çok volkanik kayalar parçaları ile mikritik kireçtaşı, radyolarit ve kuvarslardan oluşmaktadır. İnceleme alanındaki akarsular genellikle düşük enerjili ve örgülü akarsu özelliğindedir. Bölgede Pozantı deresinin Ecemiş fay kuşağına ulaştığı Şekerpınarı dolaylarında bulunan dinlenme tesislerinde su ihtiyacını karşılamak amacı ile açılan sondajlar sırasında 40-50 m'lik alüvyon kesilmiştir [6].

Bölgenin önemli kısmını içine alan bölgeye ait jeoloji haritası Şekil 1'de verilmiştir.

3. PARAJENEZ VE MİNERALOGİSİ

Sülfürlü mineral içeren maden yataklarının ilerleyen safhalarda asit drenajı oluşturup oluşturmayacağını belirleyen testler için cevherleşmenin parajenezinde görülen özellikle sülfür içeren minerallerin mineralojisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu sebeple gerek önceki çalışmalardan ve gerekse 2013 yılında çalışma alanından alınan numunelerde elde edilen bilgiler değerlendirilmiştir.

Çevikbaş [3] Karıncadağ'daki cevherleşmeleri de içine alan "Niğde Havzası'nın Jeodinamik Evrimi ve Maden Yatakları Bakımından Önemi" başlıklı tezinde Karıncadağ kurşun-çinko-bakır cevherleşmelerini Bolcardağ Grubu cevherleşmeleri başlığında ayrıca ele alarak ayrıntılı olarak incelemiştir. Burda görülen cevherleşmelerin açıldığı galeri ve yarmaları inceleyerek cevherleşmenin primer sülfür ve bunların oksitlenmesiyle oluşan ikincil çinko cevherleşmesi olarak saptamıştır. Etkin bir karstlaşmadan da bahseden yazar mineralojik

incelemesinde pirit, kalkopirit, sfalerit ve galeniti birincil sülfür mineralleri olarak ayırmıştır. Gang mineralleri olarak kuvars, kalsit-dolomit, serüzit, klorit ayırt etmiş ve karbonatlardan bir kısmının siderit-ankerit olarak psödomorf şeklinde götite dönüştüğünü açıklamıştır. Yazar Karıncadağ cevherleşmeleri ile ilgili bir parajenez ve süksesyona tablosu düzenlemiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Karıncadağ yatağının cevher mineralleri [3].

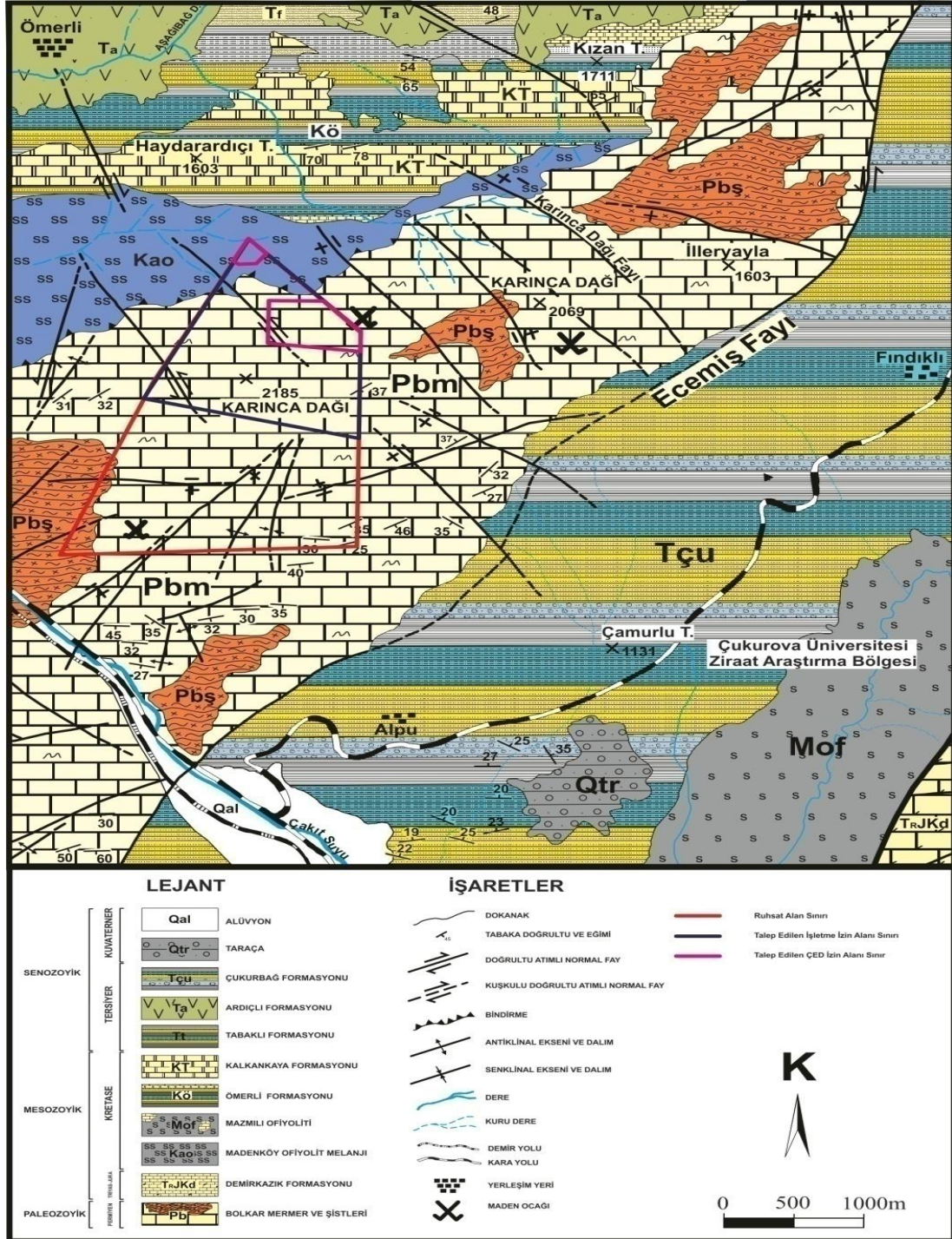
Birincil Mineraller	İkincil Mineraller	Gang Mineralleri
Sfalerit	Smitsonit	Kuvars Karbonat Serisit Klorit
Galenit	Serüzit, Anglezit	
Pirit	Limonit	
Kalkopirit	Malakit Azurit Kalkosin Limonit Götit	

Bölgede maden yatakları konusunda ayrıntılı çalışma yapan Akyıldız [5] hem Akdağ'daki Çinkur sahasından ve hem de Karıncadağ cevherleşmelerinden alınan cevher örnekleri üzerinde bir dizi mineralojik ve kimyasal analizler yapmıştır. Aynı örnekler o yıllarda CRPG (Fransa)'de mikroprop analizleri de gerçekleştirilmiştir.

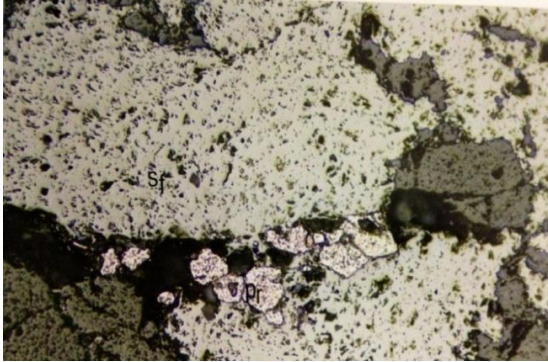
Yazar doktora tezinde birincil sülfür minerallerinden sfaleritin öteki minerallere göre daha yüksek sıcaklıkta geliştiğini ve yarıöz şekilli pirit ile galenitin kalsit gangı ile sfaleriti ornatarak çatlakları boyunca yerleştiğini belirtmiş ve maden mikroskobu görüntüleriyle bu tespiti vurgulamıştır (Şekil 2 ve 3).

Akyıldız [5]'a göre en yaygın görünen primer minerallerden pirit öz, yarıöz ve özşekilsiz olarak bazen de süngerimsi yapıda olmak üzere iki tip mikroskopik görünüm göstermekte olup,

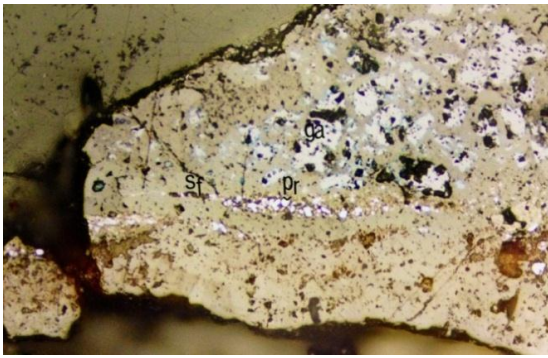
Sülfürlü Mineraller İçeren Maden Yataklarında İşletme Sırasında ve Sonrasında Asit Kaya (Maden) Drenajlarının Oluşup Oluşmayacağına Yönelik Kestirimler: Akdağ, Karıncadağ ve Bolkaradağ Örneği, 1. Bölüm



Şekil 1. Çalışma alanını da içine alan bölgenin jeoloji haritası [6]



Şekil 2. Kahverengimsi-gri renkli özşekilsiz sfalerit (Sf), pirit tarafından ornatılmış durumdadır.



Şekil 3. Sfaleritin (Sf) boşluk ve kırıklarını dolduran galenit (Ga) ve pirit (Pr) kristalleri ile birlikte sfaleritin kenarları boyunca smitsonite dönüşmesi

birinci tipi galenit, sfalerit ve diğer cevher mineralleriyle öteki tiptekine göre daha büyük yarıöz ve özşekilsiz piritler olduğunu belirtmiştir. Sfaleritlerle beraber olan galenitlerde elipsoidal ve yuvarlak taneler halinde fahlerz kapanımlarının varlığına dikkat çeken yazar, galenitin özellikle kenar ve kırık zonlarından itibaren serüzit ve anglezite dönüştüğünün açıkça görüldüğünü belirtmiştir.

Akdağ-Karincadağ kompleks cevherleşmeleri için hem birincil (ana mineralizasyon) ve hem de ikincil cevher mineralleri (post mineralizasyon) için süksesyon tablosu hazırlamıştır. Birincil

cevherleşmenin gerçekleştiği ana mineralizasyon evresinde ortamın sıcaklık basınç, pH, Eh gibi parametrelerle çözeltilerin bileşimlerinin değişmesi yeni minerallerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Yeni minerallerin ortaya çıkması evrenin bir yerinde kaybolması, minerallerin birbirini ornatması, kapanım veya ayrılımlar şeklinde kristallerin oluşması, yapı ve dokularındaki farklılıklarına göre yazar ana mineralizasyonda 3 evre saptamıştır (Çizelge 2). Kataklastik pirit, kuvars, kalkopirit ve seyrek olarak kalsit ilk evreye, sfalerit, öz ve yarıöz şekilli pirit ve kalsit ikinci evrede kalsit ve galenit de son evrede oluşmuştur diyen yazar bunlarla birlikte çok az gözlenen fahlerz, neodijanit ile sfalerit, pirit ve seyrek olarak kuvarsin bu son evrede tekrarlandığını vurgulamıştır. Yazara göre 3. evredeki sfaleritin içinde bazen kapanımlar şeklinde kalkopirit kapanımları da görülmüştür. Ana mineralizasyon evresinde oluşan cevher mineralleri gerek atmosferik şartların ve gerekse yüzey-yeraltı sularının etkisiyle ayrışarak oksitli ve karbonatlı ikincil minerallerden smitsonit, serüzit-anglezit, hidrozinkit, azurit-malakit ile limonite dönüşmüştür. Önceki yıllarda girilebilen galerilerin karstik mağaralara kadar ulaşması ikincil cevherlerin oluşumunda bir karstlaşma evresinin bölgede hüküm sürdüğünü işaret etmektedir. Benzer konumdaki Karincadağ'ın güneyinde yer alan Akdağ Zn-Pb cevherleşmelerinde Roma devrinden kalan Çinkur galerilerinde de karstlaşma yaygındır.

Karincadağ kompleks cevherleşme zonundan 2013 yılında alınan örnekler üzerinde de mineralojik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Alınan numunelerin koordinat bilgileri ve saha tanımlamaları Çizelge 3'de verilmiştir. Tarafımızca alınan örneklerin mineralojik incelemeleri aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

K-1: Oksitli Cevher

Karstik erime boşlukları içeren ve dış görünüş itibarıyla vişne çürüğü, açık kahverengi ve sarımsı renklerde bir görünüme sahip olan örnek içinde götit ve limonit hakim cevher mineralleridir. Birincil sülfür minerallerinden sfaleritin tamamına yakını ikincil smitsonite dönüşmüş durumdadır. Birincil sülfür zonundan

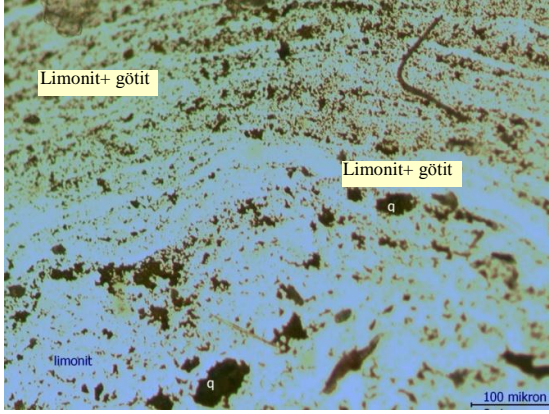
Çizelge 2. Akdağ-Karıncadağ kompleks cevherleşmelerinin mineral süksesyonu [5]

Mineral	Ana Mineralizasyon			Post Mineralizasyon
	1. Evre	2. Evre	3. Evre	
Pirit	————	————	————	————
Kalkopirit	————	————	————	
Sfalerit		————	————	
Galen			————	
Fahlerz		————	————	
Neodijanit	————		————	
Kuvars	———	————	————	————
Kalsit	————			————
Smitsonit			————	————
Anglezit			————	————
Serüzit				————
Malakit				————
Azurit				————
Limonit				————
Hidrozinkit				———— ——— ———

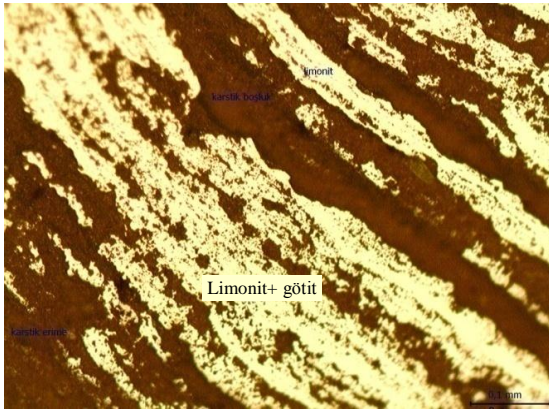
Çizelge 3. Bölgeden 2013 yılında alınan numunelerin koordinat bilgileri ve saha adlanmaları

Numune No	Koordinat	Saha Açıklaması
K1	665761D, 4153040K	Sarımsı-açık kahverengi, oksitlenmiş
K2	665789D, 4153005K	Oksitli zondan, K1 ile benzer özellikte ufalanmış durumda
K3	665789D, 4153005K	Oksitli ve silisli zondan
K4	665789D, 4153005K	Oksitli, yüksek silisli zondan
K5	665789D, 4153005K	Oksitli, silisli ve kalsit kristalli zondan
K6	665789D, 4153005K	Gossan malzemeli yoğun okside zondan
K7	665789D, 4153005K	Mermer-Kalkşist, yankayaç
K8	665789D, 4153005K	Mermer-Kalkşist, yankayaç
K9	665765D, 4153033K	Silisli intrüsf
K10	665765D, 4153033K	Opak mineraller içeren mermer

kaldığı anlaşılan kuvars oldukça seyrekdir (Şekil 4-5).



Şekil 4. Maden Mikroskobu, Yansıyan Işık, hakim mineral limonit+götit, daha çok karstik boşluklarda seyrek olarak gelişmektedir.



Şekil 5. Maden Mikroskobu, Y.I., alterasyon sonucu gelişen limonit ve götit, konsantrik ve yollu yapıların oluşumun uzunca bir süre devam ettiğini göstermektedir.

Bu numunenin ilksel konumunun birincil mineralleri bolluk sırasına göre pirit, sfalerit, galenit ve kalkopirit olması muhtemeldir. Ancak süperjen alterasyonlar ve oksitlenmeler sonucunda piritin götit+limonite, sfaleritin ise smitsonite dönüştüğü ve karstik boşluklarla diğer süreksizlik zonlarında dolaşan çözeltilerin bu çökelmelere

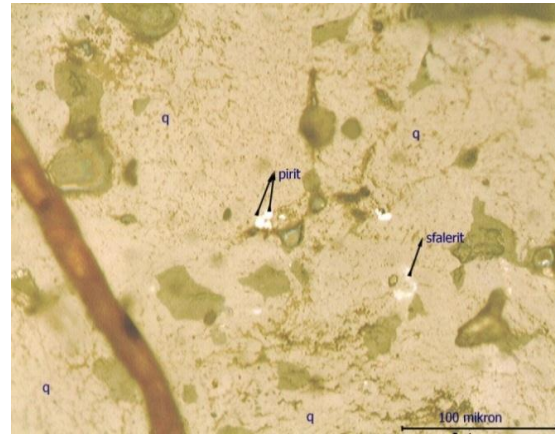
sebepler oldukları anlaşılmaktadır. Kimyasal formülü $HFeO_2$ olan ve +adsorbe olarak büyük miktarda su içeren götit Al_2O_3 , CaO ve SiO_2 de içermektedir. Aynı örneğin XRF analizinde de bu durum açıkça görülmektedir. Hazırlanan parlak kesit örnekteki erime boşluklarının çok yaygın olması sebebiyle iyi kalitede parlatılamadığından pirit, sfalerit, galen ve kalkopirit gibi birincil mineralleri tayin etmek mümkün olmamıştır.

K-2: Toz Cevher Numunesi

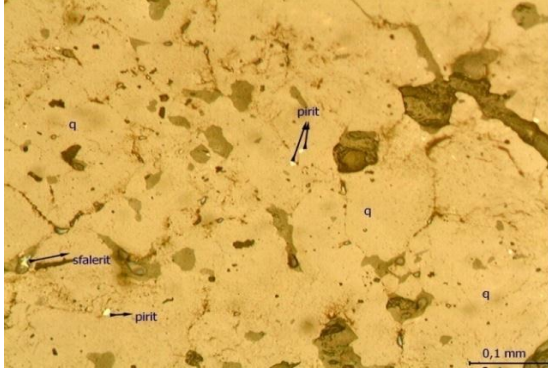
İleri derecede oksitlendiği ve rutubetini kaybedince kum haline geldiği için parlatılamamıştır. K1 örneğine oldukça benzer olup XRF analizinden götit+limonit, sfalerit+smitsonit varlığı anlaşılmıştır.

K-3: Oksitli ve Silisli Cevherli Yankayaç

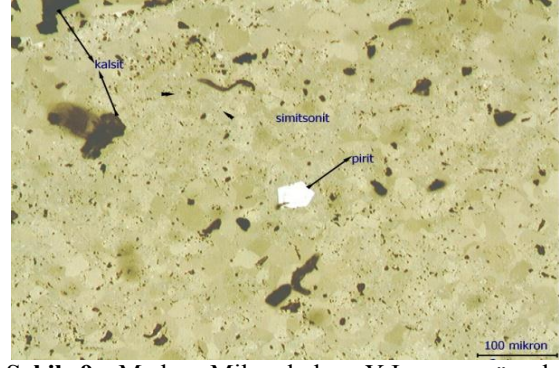
Numune silis zonundan alındığı için esas olarak kuvars, çok az karbonat ve biraz da demir oksitten oluşmuştur. Karstik erime boşlukları burada da görülmektedir. Parlak kesiti yaptırılan kayaç içinde hem mikro çatlaklar içinde ve hem izole olarak genellikle küçük boyutlu bol miktarda birincil sülfür mineralleri gözlenmiştir. Bunların en yaygını pirit olup genellikle öz ve yarıöz şekillidir. Sfalerit ve galenite de seyrek olarak rastlanmıştır (Şekil 6-7).



Şekil 6. Maden Mikroskobu, Y.I., Kuvars damarı içinde kırıklarda ve izole olarak görülen birincil sülfür minerallerinden en yaygını pirit



Şekil 7. Maden Mikroskobu, Y.I., kuvars içerikli damar içindeki pirit ve sfalerit.



Şekil 9. Maden Mikroskobu, Y.I., aynı örnek içindeki yarıöz şekilli pirit

K-4: Oksitlenmiş Silisli Zondan Alınan Numune

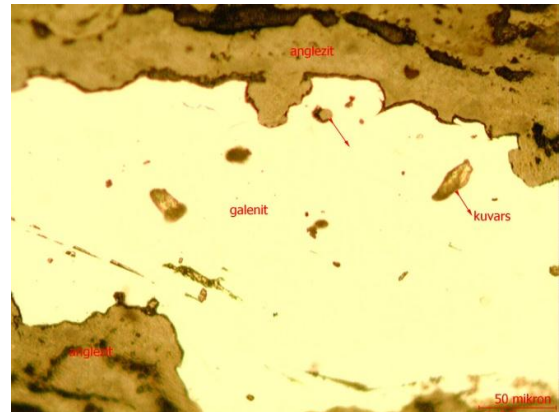
Dış görünüşü itibariyle koyu ve açık kahverengi, yer yer yeşilimsi yollu yapıya ve erime boşluklu bir yapıdadır. En hakim mineralin smitsonit (Şekil 8) olduğu XRF analiz sonuçlarından da anlaşılmaktadır. Götit ve limonit gibi ikincil minerallere smitsonitten daha az oranda rastlanmaktadır. Örnek içinde gelişigüzel dağılmış küçük boyutlu özşekilli pirit kristalleri görülmektedir (Şekil 9). Bu örneğin XRF analizinde büyük oranda ZnO (%68,81), % 0,1 oranında Co₃O₄, % 10,8 Nb₂O₅ (Niobyum oksit), % 1,7 PdO (Palladium oksit) ve % 1,1 Y₂O₃ (Yttrium oksit) görülmektedir. XRD analizinde ise Sphaerocobaltit (CoCO₃) piki belirlenmiştir. Ayrıca ileri derecede oksitlenmeye uğramış örnek içinde hala birincil sülfür fazına ait pirit ve sfalerit seçilebilmektedir.



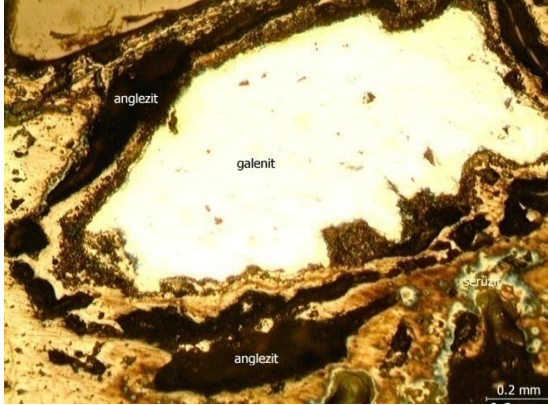
Şekil 8. Maden Mikroskobu, Y.I., konsantrik yollu yapılar sunan smitsonit, götüt ve limonit

K-5: Oksitli, Silisli ve Kalsit Kristalli Zondan Alınan Numune

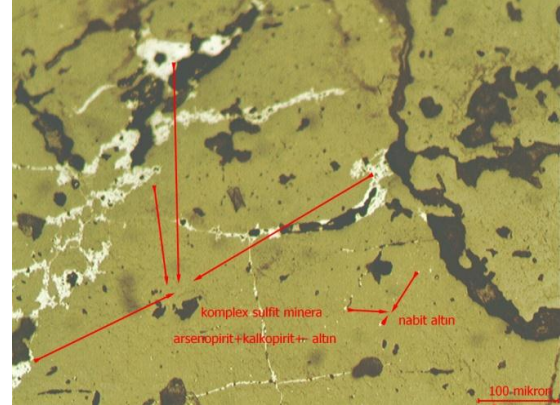
Kuvars damarlarının bariz olarak görüldüğü ve iri rekristalize kalsit kristallerinin çıplak gözle bile seçildiği numunede yankayacın mermer olduğu ve kuvars damarının bunun içine muhtemelen daha sonraki evrelerde girdiği anlaşılmaktadır. Gerek kuvars fazı ve gerekse mermerleşen karbonat içinde hem birincil sülfür mineralleri ve hem de onların alterasyon ürünleri görülmektedir. Sfalerit smitsonite, galenit anglezite, pirit de limonit ve götite dönüşmüş olmasına rağmen yine de numune içinde birincil sülfür mineralleri görülebilmektedir (Şekil 10-11).



Şekil 10. Maden Mikroskobu, Y.I., cevher numunesi içinde primer sülfür minerallerinden galenitin kenar zonlarından itibaren anglezite ve serüzite dönüşmesi



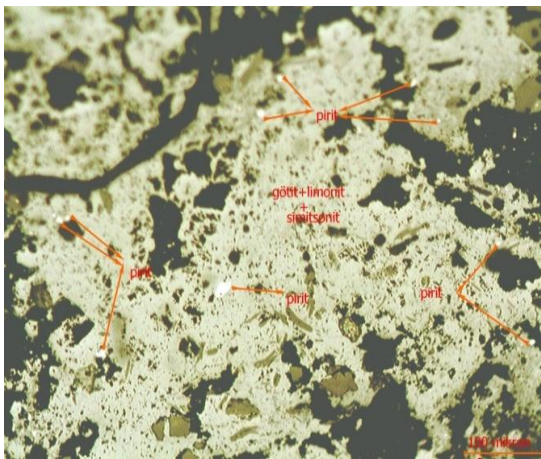
Şekil 11. Maden Mikroskobu, Y.I., primer galenitten dönüşen ikincil minerallere bir başka örnek



Şekil 13. Maden Mikroskobu, Y.I., götüt+limonit içindeki kompleks sülfür mineralleri ve 5 mikrondan küçük nabit altın taneleri

K-6: Gossan Malzemeli Yoğun Okside Zondan Alınan Örnek

Karstik erime boşlukları içeren ve dış görünüş itibariyle vişne çürüğü, koyu ve açık kahverengi yer yer sarımtırak renkler içinde bir görünüme sahip olan örnek içinde götüt ve limonit hakim cevher mineralleridir. Gang mineralleri kuvars ve kalsit oldukça yaygındır. Birincil sülfür minerallerinden pirit sıkça görülür (Şekil 12). Ayrıca muhtemelen arsenopirit, kalkopirit ve nabit altın gibi kompleks minerallere de seyrek olarak rastlanır (Şekil 13).



Şekil 12. Maden Mikroskobu, Y.I., götüt+limonit+ smitsonit+pirit, gang olarak kalsit ve kuvars

Numunenin XRF analizindeki yüksek demir içeriği de neden koyu bir renge sahip olduğunu doğrular niteliktedir. Gözenekler ve erime boşluklarında gelişen ikincil karbonatların görülmesi de analiz sonuçlarından belli olmaktadır. Ayrıca XRD analizlerinde hem kuvars ve hem de kalsitin varlığı sabittir.

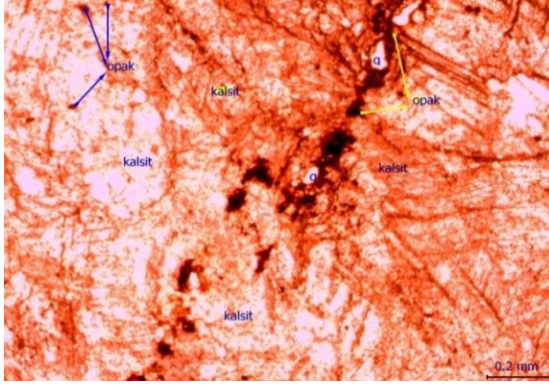
K-7: Kayaç Numunesi

Hazırlanan ince kesitin polarizan mikroskop altında incelenmesinde esas minerallerin rekrystalize kalsit olduğu ve aralarında boşluk bırakmaksızın kenetlenerek oldukça masif bir yapı oluşturdukları görülmektedir. Mermerleşmenin tamamlandığı kayaç içinde gelişen gerek mikro çatlaklar ve gerekse çıplak gözle dahi seçilebilecek büyüklükteki kırıkların hem opak mineraller ve hem de kuvars kristalleriyle doldurulmuş olduğu gözlenmektedir (Şekil 14-15).

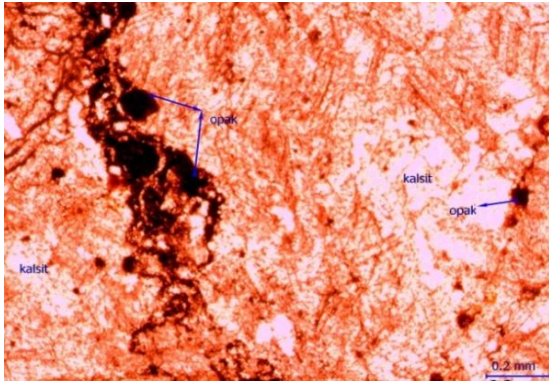
Numunenin genel durumu mermerleşmiş karbonat içindeki kırık ve çatlaklarda birincil sülfür fazına ait minerallerin geliştiği fakat sonraki evrelerde bunların önemli bir kısmının oksitlenerek ikincil faz minerallerine dönüştüğü anlaşılmaktadır.

XRF analiz sonuçlarından da bu durum belli olmaktadır. Gerek pirit, gerek sfalerit ve kalkopiritin düşük oranlarda olsa da kayaç içinde mevcut olduğu hatta kalayın bile iz olarak yer aldığı anlaşılmaktadır. Kırık ve çatlaklarda gelişen

cevherleşme içinde gang minerali olarak kuvarsın varlığı hem XRF ve hem de XRD analiz sonuçlarından açıkça görülür.



Şekil 14. Polarizan mikroskop, Tek Nikol, mermer içindeki kırık ve çatlaklarda ve izole olarak gelişen opak mineraller. Yan kayaç mermer olup kalsit kristalleri tamamen birbirleriyle kenetlenmiş durumdadır.

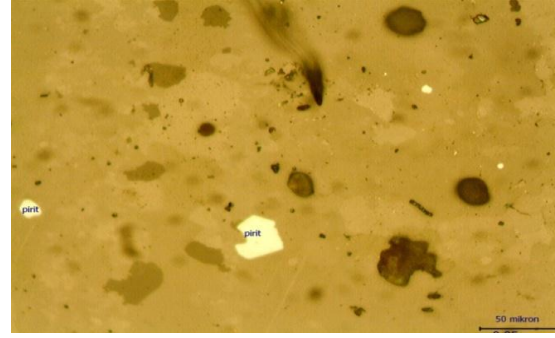


Şekil 15. Polarizan mikroskop, Tek Nikol, aynı örnekten başka bir görüntü. Opakların çoğu öz ve yarıöz şekilli pirit formunda gözlenmektedir.

K- 8: Mermer-Kalkşist, Yankayaç

Bu örnekten parlak kesit yaptırılmış ve K7 örneğindeki durumların maden mikroskobu altında nasıl bir kompozisyon sundukları araştırılmıştır. Bu numunenin de esas olarak karbonat fazından oluştuğu ancak içindeki kırık ve öteki boşluklarda

silisçe zengin cevher taşıyıcı çözeltilerin dolaşarak başta pirit, kalkopirit ve sfalerit gibi birincil sülfür minerallerinin oluşmasına sebebiyet verdikleri görülmektedir (Şekil 16-17).



Şekil 16. Maden Mikroskobu, Y.I., mermerleşmiş karbonat fazı içindeki kırık ve erime boşluklarında gelişen birincil sülfür fazından öz ve yarıöz şekilli pirit. Yankayaç tamamen mermerden oluşmakta ve cevher minerallerine kuvarsın gang minerali olarak eşlik ettiği anlaşılmaktadır.

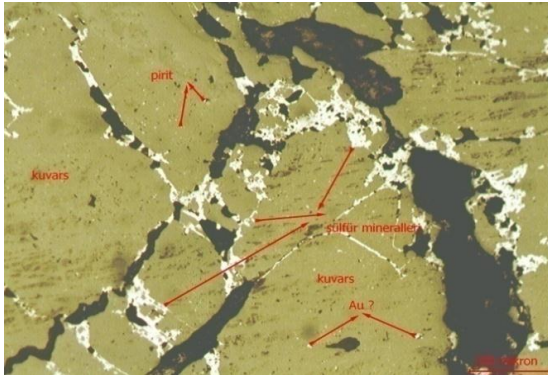


Şekil 17. Aynı örneğin bir başka kısmından alınan görüntü. Piritin yanı sıra gelişen kalkopirit ve sfalerit. Özellikle sfaleritin kenar zonlarından itibaren muhtemelen smitsonite dönüştüğü 5-10 mikron mertebesinde bile seçilebilmektedir.

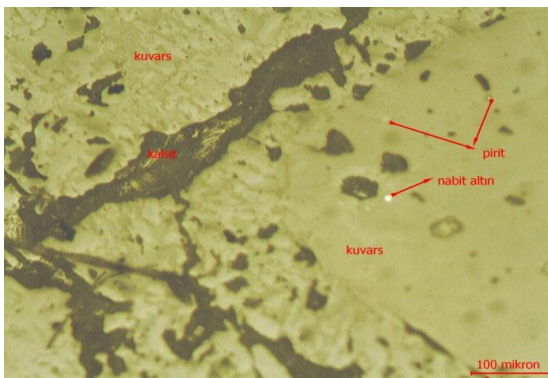
K-9: Silisli İntrüsif Zondan Alınan Numune

Silisliye zondan alınan bu örnekte kuvars kristalleri çıplak gözle dahi görülebilmekte ve kayadaki mikro kırıkların sonradan okside olan

primer minerallerin açığa çıkardığı opaklarla dolu olduğundan yer yer açık kahverengi rengeyle dikkat çekmektedir. Bu örnekten parlak kesit yaptırılarak maden mikroskobunda incelenmiş ve parlayabilen minerallerin oldukça küçük boyutlarda yankayaç içinde izole olarak dağıldıkları görülmüştür. Kırıklarda ince damarcıklar şeklinde gelişen sülfürlü minerallerin kesin tayinleri yapılamamıştır (Şekil 18). Ancak muhtemelen arsenopirit, kalkopirit ve nabit altın gibi kompleks minerallere de seyrek olarak rastlanır (Şekil 19).



Şekil 18. Maden Mikroskobu, Y.I., kuvars damarı içinde daha çok kırık ve çatlaklarda gelişen sülfür minerali. Ayrıca kuvars damarı içinde 10 mikron'u geçmeyen izole kapanımlar. Bunlar altın veya arsenopirit olabilir.

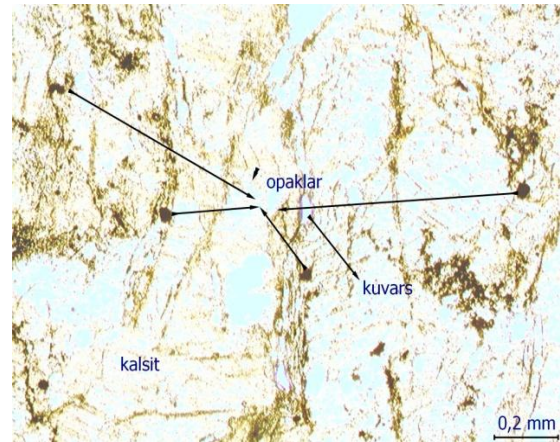


Şekil 19. Maden Mikroskobu, Y.I., aynı kesitten bir başka görüntü, kuvars kristalleri içinde küçük boyutlu pirit ve muhtemelen Au kapanımları

XRD analizlerinde % 64'e yakın SiO₂ görülen kayacda Cu, Zn, Pb, As, Rb, Pd, Cd, Pt ve Au gibi metallerin de iz olarak görülmesi bu kompleks minerallerin varlığına işarettir. Son yıllarda Türkiye'de özellikle Au tenörlerinin 1,5 g/ton'a inmiş olması önceki yıllarda düşük konsantrasyonlarda Au, Ag ve Sn içeren geniş sahaların değerlendirilmesine fırsat doğurmuştur.

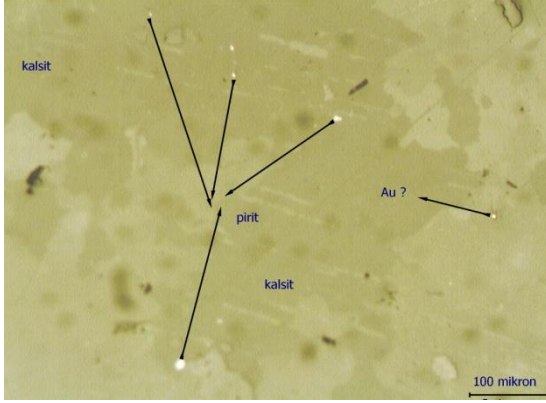
K-10: Opak Mineraller İçeren Mermer

Kayaç esas olarak mermerdir. Birbiriyle boşluk bırakmadan kenetlenen kalsit kristallerinin yanında seyrek olarak kuvars kristallerine de rastlanmaktadır. Kırıklarda ve erime boşluklarında gelişen opakların çoğunun öz ve yarıöz şekilli pirit olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 20). Bu kesitte sülfür minerallerinin oldukça seyrek görülmesi XRF ve XRD analizlerinden de görülmektedir. Aynı numunenin parlak kesitinde de benzer durumlar saptanmış olup çok küçük boyutlu piritin ve muhtemelen nabit altının ana kayaç içinde saçınımlar şeklinde yer aldığı görülmüştür (Şekil 21).



Şekil 20. Mikrofoto, Polarizan mikroskop, Tek Nikol, mermer içinde görülen opaklar ve seyrek rastlanan kuvars

Koordinatları Çizelge 3'de ayrıntılı olarak verilen 10 adet kayaç ve cevherli numunelerde gerçekleştirilen mineralojik incelemelerden arazi gözlemleriyle önceki yıllarda bu bölgede gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen bulgular ışığında Karıncadağ'ın tepe noktasının yaklaşık



Şekil 21. Aynı numuneden yapılan parlak kesit. Maden Mikroskobu, Y.I. mermer içinde görülen saçınımlı opaklar

600 m kuzey eteğindeki cevherleşmelerin Bolcardağ Mermerleri olarak adlandırılan [3-5] yankayaçları ince damarlar şeklinde kesen ve çoğunda silis içerikli bir yapı sundukları anlaşılmıştır. İşletme izin sahası içinde kalan ve çok önceki yıllardan kalma (bölgede Roma Dönemi olarak ifadeler kullanılmaktadır) ama Cumhuriyet döneminde birkaç defa yeniden açılan galeri ve yarmalarda yapılan aramalar olumlu sonuç vermemiştir.

Bu çalışmada alınan 10 adet örneğin mineralojik incelenmesinde de benzer sonuçlar bulunmuş olup pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenit birincil sülfür mineralleri olarak belirlenmiştir.

Gang mineralleri olarak kuvars ve karbonat (genellikle kalsit)'ın en yaygın olduğu bunlara özellikle karbonatlardan gelişen siderit-ankerit ve yalancı şekilli götit görülmüştür. Bu incelemelerden primer sfaleritin → smitsonit, galenitin → serüzit + anglezit, piritin → limonit, kalkopiritin → malakit, azurit, kalkosin, limonit ve götit gibi ikincil minerallere dönüştüğü bilinmektedir. Alınan 10 numune içinde en yaygın ikincil minerallerin smitsonit, anglezit+serüzit, limonit ve götitin tanımlanabildiği öteki ikincil minerallerin incelenen örnek sayısının az olması sebebiyle saptanamadığı anlaşılmıştır.

Alınan bu kayaç ve cevher örneklerinin kimyasal içeriklerinin belirlenmesi amacıyla da yarı kantitatif analiz yöntemi olan XRF ile analize tabi tutularak örneklerin durumu incelenmiştir. Daha sonra aynı toz numunelerden (-0,106 mm) XRD kristal faz diyagramları çekilerek en yaygın mineral fazları hakkında bilgi edinilmiş ve en son aşamada da bu toz numunelerinin büyütme binoküler mikroskop altında incelemeleri yapılarak metalik minerallerin görülüp görülmediğine bakılmıştır.

XRF Analizleri

Çalışma sahasından alınan 10 adet numunenin XRF yöntemiyle bulunan kimyasal içerikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

XRD Analizleri

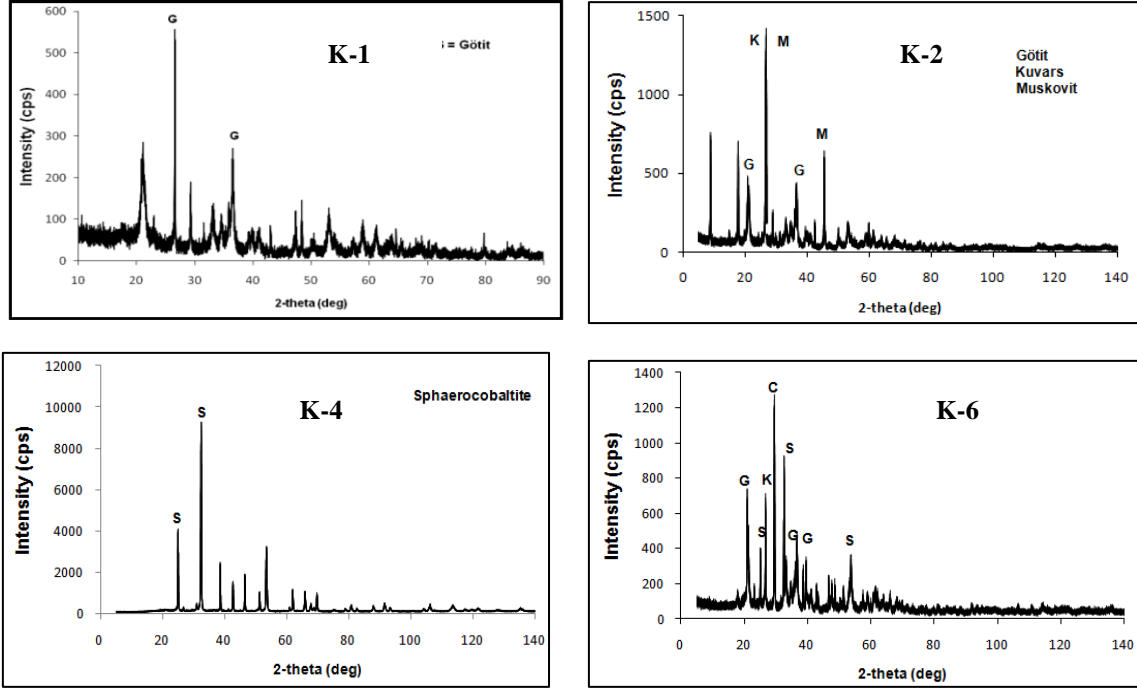
Aynı örnekler XRD analizi mineralojik analizi XRD (X-Ray Diffraction) Rigaku Minflex II marka difraktometre ile Cu K α tüple, 2 θ 10-90° arasında, 0,02°/dk ganyometre hızında yapılmıştır. Patternin kalitatif faz analizleri PDXL yazılımı ile yapılmıştır.

PDXL kalitatif analiz otomatik olarak minerallere ait pikleri ve profilleri her bir pik için genişlik, bütünleşmiş şiddet (pik yoğunluğu), pozisyon, yükseklik gibi pik bilgilerini doğrularak ayırmaktadır. Otomatik araştırma fonksiyonu veri tabanındaki doğrulanmış ayrıntılı pik bilgilerini kullanarak numunenin kristal fazını belirlemektedir. PDXL kalitatif analiz pik bilgilerini ve klasik profil bilgileri testlerini esas olarak çift karşılaştırma yaklaşımını kullanmaktadır. Seçilen numunelere ait faz diyagramları aşağıda verilmiştir (Şekil 22).

Gerek XRF analizleri yapılan ve gerekse XRD incelemeleri gerçekleştirilen 10 adet numuneye ait toz boyutundaki numunenin züm özelliği olan binoküler mikroskop altında ayrıntılı incelemeleri yapılarak opak mineral varlığı araştırılmıştır. Kimyasal ve mineralojik incelemelerde varlığı belirlenen opak mineraller toz numuneler içinde de ayrılmıştır.

Çizelge 4. Karıncadağ mevkiinden alınan kayaç ve cevher örneklerinin kimyasal içerikleri (XRF Yöntemi).

K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8	K-9	K-10
SiO ₂ 3,5	SiO ₂ 16,6	SiO ₂ 71	SiO ₂ 1,08	SiO ₂ 33,7	SiO ₂ 9,47	SiO ₂ 6,23	SiO ₂ 2,79	SiO ₂ 63,9	SiO ₂ 4,77
Al ₂ O ₃ 2	Al ₂ O ₃ 6	Al ₂ O ₃ 2	Al ₂ O ₃ 0	Al ₂ O ₃ 0,78	Al ₂ O ₃ 2,4	Al ₂ O ₃ 1	Al ₂ O ₃ 1,2	Al ₂ O ₃ 18,4	Al ₂ O ₃ 1,9
Fe ₂ O ₃ 81,7	Fe ₂ O ₃ 59,81	Fe ₂ O ₃ 15,1	Fe ₂ O ₃ 9,63	Fe ₂ O ₃ 11,82	Fe ₂ O ₃ 51,87	Fe ₂ O ₃ 2,32	Fe ₂ O ₃ 1,28	Fe ₂ O ₃ 3,24	Fe ₂ O ₃ 1,154
MgO 0,3	MgO 2,2	MgO 0,5	MgO 1	MgO 0,2	MgO 0,08	MgO 0,4	MgO 0,8	MgO 0,55	MgO 0,62
CaO 7,99	CaO 0,85	CaO 3,12	CaO 4,12	CaO 37,6	CaO 14,2	CaO 46,06	CaO 45,93	CaO 2,04	CaO 45,79
TiO ₂ 0,03	K ₂ O 1,71	Na ₂ O 0,1	TiO ₂ 0,011	Na ₂ O 1,6	K ₂ O 0,42	Na ₂ O 0,3	Na ₂ O 1,2	K ₂ O 8,23	K ₂ O 0,35
MnO 0,116	MnO 0,021	K ₂ O 0,59	MnO 0,22	MnO 0,037	TiO ₂ 0,098	TiO ₂ 0,093	K ₂ O 0,08	TiO ₂ 0,23	MnO 0,057
P ₂ O ₅ 0,04	As ₂ O ₃ 2,98	TiO ₂ 0,08	As ₂ O ₃ 0,03	P ₂ O ₅ 0,24	MnO 0,101	MnO 0,2	TiO ₂ 0,117	MnO 0,034	Cr ₂ O ₃ 0,02
As ₂ O ₃ 0,74	Cr ₂ O ₃ 0,032	MnO 0,02	Cr ₂ O ₃ 0,02	As ₂ O ₃ 0,73	P ₂ O ₅ 0,2	P ₂ O ₅ 0,12	MnO 0,15	As ₂ O ₃ 0,21	ZnO 0,002
Cr ₂ O ₃ 0,039	ZnO 2,14	P ₂ O ₅ 2	ZnO 68,81	Cr ₂ O ₃ 0,029	As ₂ O ₃ 0,22	As ₂ O ₃ 0,04	P ₂ O ₅ 0,18	Cr ₂ O ₃ 0,008	PbO 0,03
ZnO 1,6	SnO ₂ 0,32	As ₂ O ₃ 0,45	PdO 1,7	ZnO 4,65	Cr ₂ O ₃ 0,027	Cr ₂ O ₃ 0,03	Cr ₂ O ₃ 0,03	ZnO 0,064	SnO ₂ 0,38
CuO 0,085	PdO 1,13	Cr ₂ O ₃ 0,02	CuO 0	SnO ₂ 0,28	ZnO 17,1	ZnO 2,74	ZnO 0,21	PbO 0,032	PdO 6,31
Co ₃ O ₄ 0,41	CuO 0,397	ZnO 0,57	NiO 0	PdO 5,52	PdO 1,19	SnO ₂ 0,47	SnO ₂ 0,45	PdO 2,71	CuO 0,026
MnO ₃ 0	Co ₃ O ₄ 0,35	CuO 0,13	Co ₃ O ₄ 0,102	CuO 0,779	CuO 0,518	PdO 0,86	PdO 6,86	CuO 0,021	Co ₃ O ₄ 0,01
Sc ₂ O ₃ 0,04	Ag ₂ O 0,3	Co ₃ O ₄ 0,13	Ga ₂ O ₃ 0,2	NiO 0,001	BaO 0,1	CuO 0,109	CuO 0,025	NiO 0,001	HgO 0,02
SeO ₂ 0,006	Sc ₂ O ₃ 0,007	Ga ₂ O ₃ 0,01	Sc ₂ O ₃ 0,04	CdO 0,27	CdO 0,2	NiO 0,001	NiO 0,005	CdO 0,13	NiO 0
V ₂ O ₅ 0,025	SeO ₂ 0,008	Sc ₂ O ₃ 0,02	V ₂ O ₅ 0,02	SrO 0,15	Co ₃ O ₄ 0,37	CdO 0,28	BaO 0,117	BaO 0,08	CdO 0,27
Nb ₂ O ₅ 0,8	V ₂ O ₅ 0,054	SeO ₂ 0	Y ₂ O ₃ 1,13	Co ₃ O ₄ 0,106	Ga ₂ O ₃ 0,03	SrO 0,91	SrO 0,89	SrO 0,044	BaO 0,09
GeO ₂ 0,03	Nb ₂ O ₅ 1,4	V ₂ O ₅ 0,01	Nb ₂ O ₅ 10,8	Ga ₂ O ₃ 0,005	Sb ₂ O ₃ 0,2	Co ₃ O ₄ 0,26	CdO 0,3	Co ₃ O ₄ 0,035	CdO 0,27
Rb ₂ O 0,19	Rb ₂ O 0,19	Nb ₂ O ₅ 0,68	ZrO ₂ 0,3	Sb ₂ O ₃ 1,05	Sc ₂ O ₃ 0,088	V ₂ O ₅ 0,009	Co ₃ O ₄ 0,015	HgO 0,01	SrO 0,53
ZrO ₂ 0,3	ZrO ₂ 0,07	Rb ₂ O 0,03	Cl 0,05	V ₂ O ₅ 0	V ₂ O ₅ 0,02	In ₂ O ₅ 0,98	Ga ₂ O ₃ 0	Tl ₂ O ₃ 0,01	Cd ₂ O ₃ 0,001
SO ₃ 0	SO ₃ 3	SrO 0,03	Br 0,007	La ₂ O ₃ 0,06	Y ₂ O ₃ 0,32	ZrO ₂ 0,3	SeO ₂ 0	V ₂ O ₅ 0,007	Tl ₂ O ₃ 0,02
Cl 0,04		ZrO ₂ 0,04	Ar 0,3	In ₂ O ₅ 0,32	In ₂ O ₅ 0,2	Cl 0,03	V ₂ O ₅ 0,004	Lu ₂ O ₃ 0,02	V ₂ O ₅ 0,003
		SO ₃ 3,1		GeO ₂ 0,02	Rb ₂ O 0,109	Ar 0,29	Lu ₂ O ₃ 0,02	Rb ₂ O 0,057	Lu ₂ O ₃ 0,02
		Cl 0,23		IrO ₂ 0,03	SO ₃ 0,1		In ₂ O ₅ 0,98	ZrO ₂ 0,07	In ₂ O ₅ 1,2
		Ar 0,1		PtO ₂ 0,075	Ar 0,24		GeO ₂ 0,001	PtO ₂ 0,01	GeO ₂ 0,002
							ZrO ₂ 0,2	Au 0,09	ZrO ₂ 0,1
							PtO ₂ 0,02		PtO ₂ 0,02
							SO ₃ 0,07		SO ₃ 0,1
							Br 0,117		Au 0,03



Şekil 22. Cevher zonundan alınan örneklerden K1, K2, K4 ve K6 numunelerine mineral faz diyagramları

4. SONUÇLAR

Adana İli, Pozantı İlçesi dahilinde Karıncadağ mevkiinde bulunan kompleks cevher (kurşun, çinko, bakır, altın ve gümüş gibi polimetalik cevherleşmeler) üzerinde 1950'li yıllardan beri çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Karıncadağ'ın güneyinde kalan Akdağ karbonatlı kayalar içinde Pb-Zn-Cu damarlarının içinde oldukça zengin bir primer sülfürlü parajenez bulunmaktadır. Bu birincil parajenezde esas olarak pirit, kalkopirit, sfalerit ve galenit gibi mineraller yaygın olarak görülmektedir. Birincil parajenezde tali olarak fahlerz, nabit Au, Sn gibi değerli metaller de eşlik etmektedir. Gang minerali olarak ise en çok kuvars bazen de kalsit görülür. Bu parajenezde yer alan birincil cevher mineralleri gerek atmosferik şartların ve gerekse yüzey-yeraltı sularının etkisiyle ayrışarak oksitli ve karbonatlı ikincil minerallerden smitsonit, serüzit-anglezit, hidroznit, azurit-malakit ile limonite dönüşmüştür.

Alınan örneklerden hazırlanan parlak kesitlerin maden mikroskopunda incelemelerinde birincil parajenezde ait sülfürlü mineralleri çeper kısımlarından başlayarak dönüşüme uğrayıp piritin limonit ve götite, galenin anglezit ve serüzite, sfaleritin de smitsonit veya hidroznitde dönüştüğü net olarak görülmüştür. Bolcardağ grubuna ait mermerleşen karbonatlar içinde de çok küçük pirit kristallerini görülmesi, sonradan oluşan kırık ve çatlaklarında piritin oksitlenmesiyle oluşan opaklar oldukça yaygındır. Alınan örneklerin tozlarında çekilen XRD faz diyagramlarında XRF analizlerinde düşük konsantrasyonlarda görülen elementlerin oluşturduğu ikincil minerallerin varlığını göstermiştir. Bu birinci bölümde oldukça geniş bir alanda asırlardır varlığı bilinen polimetalik cevherleşmelerin mineralojik ve kimyasal incelemeleri yapılmış ve maden sahasında asit kaya/maden drenajının oluşup oluşmayacağı konusu sayfa sınırlaması sebebiyle 2. bölüme bırakılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Dilek, S., 2009., Maden-Madencilik, Altın ve Çevre, Altın Politikaları Sempozyumu, TMMOB Mad. Müh. Odası. Ankara.
2. Karadeniz, M., 2008. Sülfürlü Madenlerin Sorunu Asit Maden Drenajı ve Çözümü, MMO Yayını, 231 s, Ankara.
3. Çevikbaş, A., 1991. Ulukışla-Çamardı (Niğde) Tersiyer Havzasının Jeodinamik Evrimi ve Maden Yatakları Yönünden Önemi, Doktora Tezi, İ.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl., 235 s. (Yayınlanmamış), İstanbul.
4. Çevikbaş, A., Öztunalı, Ö., 1991. Ulukışla-Çamardı (Niğde) Havzasının Maden Yatakları, Jeoloji Mühendisliği, 39, 22-40, Ankara.
5. Akyıldız, M., 1999. Pozantı'nın (Adana) Doğu (Akdağ) ve Kuzeydoğusunda (Karıncadağ) Yüzeyleyen Kurşun-Çinko Yatakları, Ç. Ü. Fen Bilimleri, Enst., Doktora Tezi, 189 s.
6. Uçar, L., 1997. Gülek-Pozantı-Kamışlı (NW Adana) Dolayının Stratigrafik ve Sedimanter Petrografik İncelenmesi, Ç.Ü Fen. Bil. Ens. Doktora Tezi. 472 s.
7. Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A. Z., 1986. Bolkar Dağları ile Ereğli-Ulukışla Havzasının Genel Jeolojisi. MTA Jeoloji etüdüleri dairesi, 133 s., Ankara.
8. Yetiş, C, 1978. Çamardı (Niğde ili) Yakın ve Uzak Dolayının Jeoloji İncelemesi ve Ecemiş Yanlım Kuşağının Maden Boğazı-Kamışlı Arasındaki Özellikleri: İ.Ü. Fen Fak., Doktora tezi, 151 s, yayınlanmamış.
9. Anıl, M., Çetin, H., 2013. Adana ili, Pozantı İlçesi Karıncadağ Mevkiinde Bulunan ve Ruhsat Hukuku Koza Altın İşletmeleri A.Ş. de Bulunan IV. Grup Maden İşletme (Kompleks Cevher/Bakır, Kurşun, Çinko, Altın ve Gümüş) Sahasının Asit Kaya/Maden Drenajı Hususunda İnceleme Raporu, Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, (Yayınlanmamış).

