

Aladağlar'da Paleokarstlaşmaya Bağlı Zn-Pb Mineralizasyonu

Paleokarst related Zn-Pb mineralization of Aladağ Mountains

MUSTAFA ÇEVİRİM, Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre der RWTH, Aachen, F. Almanya
WOLFRAM ECHLE * * * * *
GÜNTHER FRIEDRICH * * * * *

ÖZ: Zamanti metal provensinin (Orta Toroslar, Türkiye) güneybatı kesimini oluşturan Aladağlar'da incelenen çinko-kurşun mineralizasyonu herhangi bir stratigrafik seviyeye veya magmatik olaya bağımlılık göstermez. Permian ve Jura kireçtaşı serilerinde bulunan çinko-kurşun cevherleşmelerinin oluşumu, Kretaseden sonra meydana gelen aşınma yüzeylerinde, özellikle kırık tektoniğinin yoğun olduğu yerlerdeki paleokarstlaşmayla ilgilidir. Gözlenen maden yatakları tipleri, yöresel tektoniğin ve karstlaşmanın, litolojisi farklı kireçtaşlarındaki gelişimine bağlıdır.

Cevherleşmeler, genellikle değişik oranda klastik malzeme ile birlikte, tektonik veya karstik kökenli boşluklarda depolanır. Ornatım yoluyla mineralizasyon sadece masif kireçtaşlarında, kırık tektoniğince belirlenen ezik zonlarda önem kazanır. Maden yatakları'nın alt seviyelerine kadar etkili olan ayrışım sonucu, sfalerit, galenit ve pirit/markasitten oluşan sülfürlü cevher parajenezine az rastlanır. Cevherleşme genellikle limonit, smitsonit, hemimorfit, hidrozinik ve Zn-Al-silikatlardan meydana gelir. Dolgu tipi cevherler, detritik çökellerle ardışıklı katmanlar veya bunların çimentosu şeklinde bulunurlar ve değişik karst zonlarına özgü heterojen mineralojik bileşim ve çoğunlukla jeopetal yapı gösterirler.

Karstlaşmaya uğrayan kireçtaşlarını -stratigrafik veya tektonik olarak- üzerleyen ofiyolitli seriler ve daha yaşlı tortul kayalar, karst boşluklarındaki çakıl ile kil boyutlarındaki detritik dolguların kaynak alanını oluştururlar. Karstlaşan kireçtaşlarının kalıntıları önemsiz yer tutar. Esas karst dolma süreci Eosen olarak kabul edilebilir.

Arazide ve mikroskopik boyutlarda yapılan gözlemlerle jeokimyasal verilere dayanılarak, dış-kökenli taşınma olaylarına bağlı bir köken önerilmektedir.

ABSTRACT: The Zn-Pb occurrences of the Aladağ Mountains are in the southeastern part of the Zamanti District of the Middle Taurus, Turkey. The mineralization depends neither on the stratigraphy of the host rocks nor on any magmatic activity. The occurrences are hosted by paleokarst features, developed at the post Cretaceous emergence surfaces in Permian and Jurassic limestone series. The distribution and shape of the ore deposits are influenced by the local fracturing and paleokarstification related to the varying lithology.

The orebodies were deposited as fillings of karstic networks and open-spaces in fracture zones. The mineralized material consists in general of chemically or mechanically transported fragments. Replacement of the wall rock represents an important process of mineralization only in structure-controlled weakness zones in massive limestones. The sulfide paragenesis consisting almost entirely of sphalerite, galenite and pyrite/marcasite, is rare in all occurrences due to oxidation processes. The oxidic ores contain predominantly smithsonite, hemimorphite, hydrozincite, Zn-Al-silicates and high amounts of limonite. The filling-type ores occurring in layers and/or as cement of clastic sediments reveal very heterogenous composition and structures (mainly geopetal arrangement) with characteristic variations in different karst zones. The detritus between clay and pebble size are derived from -stratigraphically or tectonically- overlying ophiolitic and older sedimentary source rocks. The insoluble residues of the karstified limestones are only of little importance.

The main period of the karst filling and karst mineralization is very probably of Eocene age. Results on the ore deposition, from regional down to microscopic scale, considering also our geochemical data point to an epigenetic origin for the mineralization through remobilisation by exogene processes.

GİRİŞ

Aladağlar çinko-kurşun maden yatakları, Zamanti metal provensinin güney kesimini oluştururlar (Şekil 1). İlk çağlardan beri madencilik yönünden önemli olan bu bölge, 1970 senelerinden bu yana sürdürülen arama ve üretim çalışmalarından ve Kayseri yakınında ÇINKUR tesislerinin kurulmasından sonra daha güncel bir ekonomik değer kazanmıştır.

Yüzölçümü $30 \times 40 \text{ km}^2$ dolayında olan bir alan içinde, rezervleri birkaç bin ton ile bir milyon ton arasında değişen, çok sayıda çinko-kurşun yatağı yer almaktadır (Şekil 2). Belirli bir yapısal veya litostratigrafik bağımlılık göstermeyen bu cevherleşmelerin kökensel sınıflandırılması, bölgedeki maden arama ve değerlendirme çalışmaları için daha sağlam bir temel oluşturabilir.

Zamanti yöresi çinko-kurşun maden yatakları üzerine mevcut veriler (VACHE, 1964; İMREH, 1965; VOHRZYKA, 1966) daha çok kuzey kesimdeki cevherleşmelerde yapılan araştırmalara dayanmaktadır. Uygun coğrafi şartların yanı sıra, bu kesimdeki maden sahalarının, mineralizasyonun kökeni için «anahtar bölge» olarak kabul edilmesi (İMREH, 1965), araştırmaların burada yoğunlaşmasında önemli etkenlerdir.

METAG ve STOLBERGER ZINK tarafından 1968-1971 seneleri arasında sürdürülen ve bir rapor haline getirilen araştırmalar, Aladağlar'daki maden sahalarını da kapsamakta ve Zamanti maden yöresinde toplam 60 kadar çinko-kurşun cevherleşmesinin ayrıntılı jeolojisini ve yapılan sondajlı aramaların sonuçlarını içermektedir.

Son yirmi yıl içinde çeşitli maden sahalarında yapılan bu araştırmaların köken ile ilgili sonuçları değişik olmasına karşın, ortak olan yönleri, Zamanti bölgesini bir «metalojenik provens» olarak kabul ederek, bu yöredeki tüm çinko-kurşun cevherleşmelerini aynı kökene bağlamalarıdır. Köken hakkında ağırlıkta olan hidrotermal görüş, Zamanti maden bölgesinin bazı kenar kesimlerinde (Karamadazi, Mağara)

yüzeyleyen magmatik oluşumlara dayandırılmaktadır.

Aladağlar'da üç ayrı maden sahasında yaptığımız araştırmaların amacı, son yıllardaki yoğun cevher üretimiyle (kısmen açık işletme olarak) alt seviyelerine kadar açığa çıkan mineralizasyonun yan kayacıkla ve diğer yapısal etkenlerle ilişkisini incelemek ve köken hakkında yeni veriler elde etmektir.

Delikkaya, Tekneli ve Suçatı arasındaki çalışma sahasında (Şekil 2), Zamanti bölgesinin önemli birçok kayacık birimi yüzeylemekte ve inceleme kapsamına alınan zuhurların ikisi (Delikkaya ve Tekneli), bu metal provensindeki çinko-kurşun mineralizasyonunun değişik litolojideki «esas maden yatakları tipleri» olarak gösterilmektedir (METAG ve STOLGERBER ZINK, 1971).

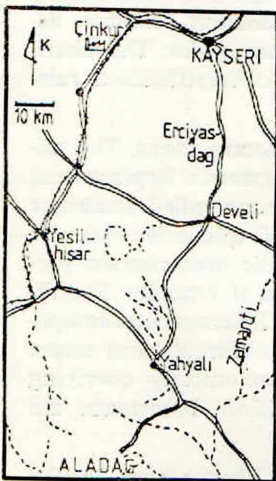
GENEL JEOLJİK YAPI

Zamanti maden bölgesinin ve Aladağlar'ın jeotektonik yapısı, Alp orojenezi sırasında meydana gelen ve Üst Devoniyen-Orta Kretase arasında oluşmuş, çoğunluk karbonatlı kayacık serilerini kapsayan naplar tarafından belirlenir (Şekil 3). Bu jeotektonik yapının en belirgin unsurlarından birini, nap sınırlarında dar şeritler şeklinde yüzeyleyen ve ancak çalışma bölgemizin dışında güneydoğuda geniş bir alana yayılan ofiyolitli seriler oluşturur.

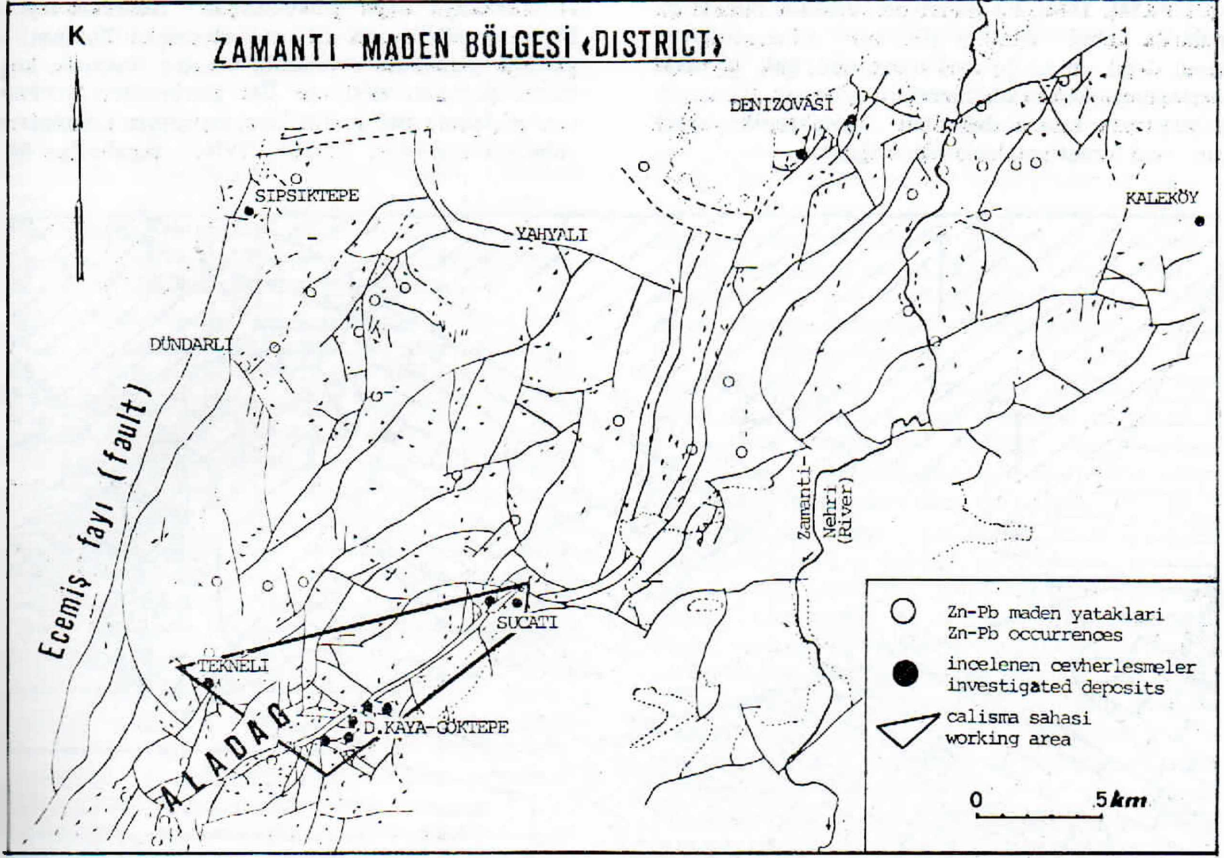
Genel çizgileriyle BLUMENTHAL (1952) ve METZ (1956) tarafından ortaya konulan bu naplı ve ekaylı-karmaşık jeolojik yapı bütün Toros kuşağı için geçerli olup, birbirinden değişik havza koşullarını yansıtan birimlerden («Birlik») meydana gelir (ÖZGÜL, 1976). RICOU (1980), Torosların kireçtaşı ekseninin, Arap-Afrika platformunun bir uzantısı olduğunu ve kuzeyden başlayarak, Senoniyen, Eo-Oligosen ve Miyo-Pliyosende yerleşmiş, radyolaritli, ofiyolitli ve metamorfik napların altında pencereler dizisi şeklinde yer aldığını kabul eder. Çalışma sahamızın yer aldığı Orta Torosların kuzey kesiminde TEKELİ (1980) kuzeybatıdan güneydoğuya doğru birbirini üzerleyen şu napları ayırdeder: Yahyalı-, Siyah Aladağ-, Beyaz Aladağ-, Çatal Oturan-, Üstkuşak- ve Peridotit napı, ayrıca güneydoğuda Belemelik otoktonu. Zamanti bölgesinin çok sayıda çinko-kurşun maden yatağı Yahyalı ve Siyah Aladağ naplarında yer alır.

Yahyalı Napı (ÖZGÜL 1976)e göre «Bolkar Birliği» Kırşehir Masifinin örtüsünü oluşturur ve genellikle yeşil şist fasiyesinde metamorfizma gösteren karbonatlı kayacık serileri içerir (ÖZGÜL, 1976). Yahyalı'nın batısında, Triyas öncesinde oluşan (VACHE, 1966) granodiyoritik intrüzyonlar yüzeyleyebilir.

Siyah Aladağ napı genellikle karbonatlı ve kırıntılı kayacık serilerini içerir ve Aladağlar'daki çalışma sahamızın önemli bölümünü oluşturur. Bu jeotektonik birim magmatik ve metamorfik özellikler göstermez. Çalışma alanında (Şekil 4) çoğunluk Karbonifer'e ve yer yer Triyas'a ait karbonatlı seriler genellikle uyumlu istiflenirler. Jurasik ve muhtemelen Kretase'de oluşan tabakalı veya masif kireçtaşları daha çok, ofiyolitli melanj ile belirlenen nap sınırına yakın kesimlerde, dar bir alanda görülürler. Bu istiflerin Tri-



Şekil 1 : Yer bulduru haritası.
Figure 1 : Index map of study area.



Şekil 2 : Zamanti maden bölgesinde Zn-Pb maden yataklarının dağılımı (METAG ve STOLBERGER ZINK, 1971).

Figure 2 : The distribution of the Zn-Pb occurrences in the Zamanti District (METAG & STOLBERGER ZINK, 1971).

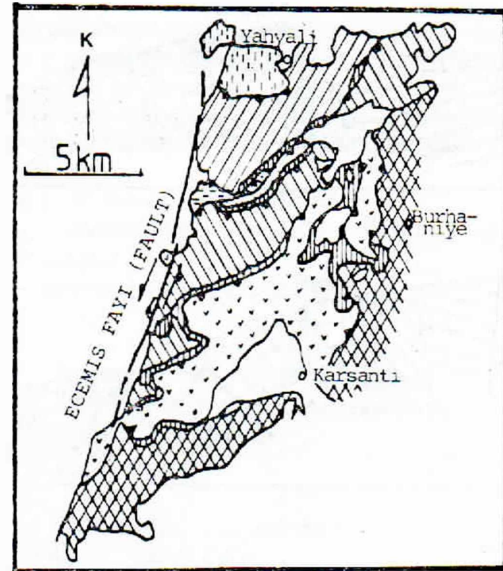
yas ve Permokarbonifer serilerine dokanağı her, yerde uyumsuz olup, yer yer boksit merccekleri ile de izlenebilen açılı uyumsuzluk ve bindirme de gözlenir. Çalışma alanında KD-GB yönlü dar bir zonda yüzeyleyen ve birçok önemli cevherleşme içeren Jurasik kireçtaşları, aynı yönde uzanan ve tüm Zamanti yöresinde önemli blok tektoniğine neden olan faylarla Paleozoyik serilerden ayrılırlar ve doğu-güneydoğuda nap sınırını teşkil eden ofiyolitli melanjin altına dağlarlar (Şekil 4, Jeolojik kesit B-B'). Paleozoyik ve Mezozoyik kayaç serileri yer yer Eosen kireçtaşları tarafından transgresif ve daha çok Neojen konglomeraları tarafından paleorölyefe uygun şekilde örtülürler.

ZAMANTI BÖLGESİNDEKİ ÇİNKO-KURŞUN MİNERALİZASYON TİPLERİ

Aladağ bölgesindeki çinko-kurşun maden yatakları üzerine yaptığımız incelemeler ve kısmen Zamanti yöresinin diğer kesimlerindeki cevherleşmeleri de kapsayan arazi gözlemleri ile jeokimyasal araştırma-

Şekil 3 : Aladağlar'ın yapısal haritası (TEKELİ, 1980).

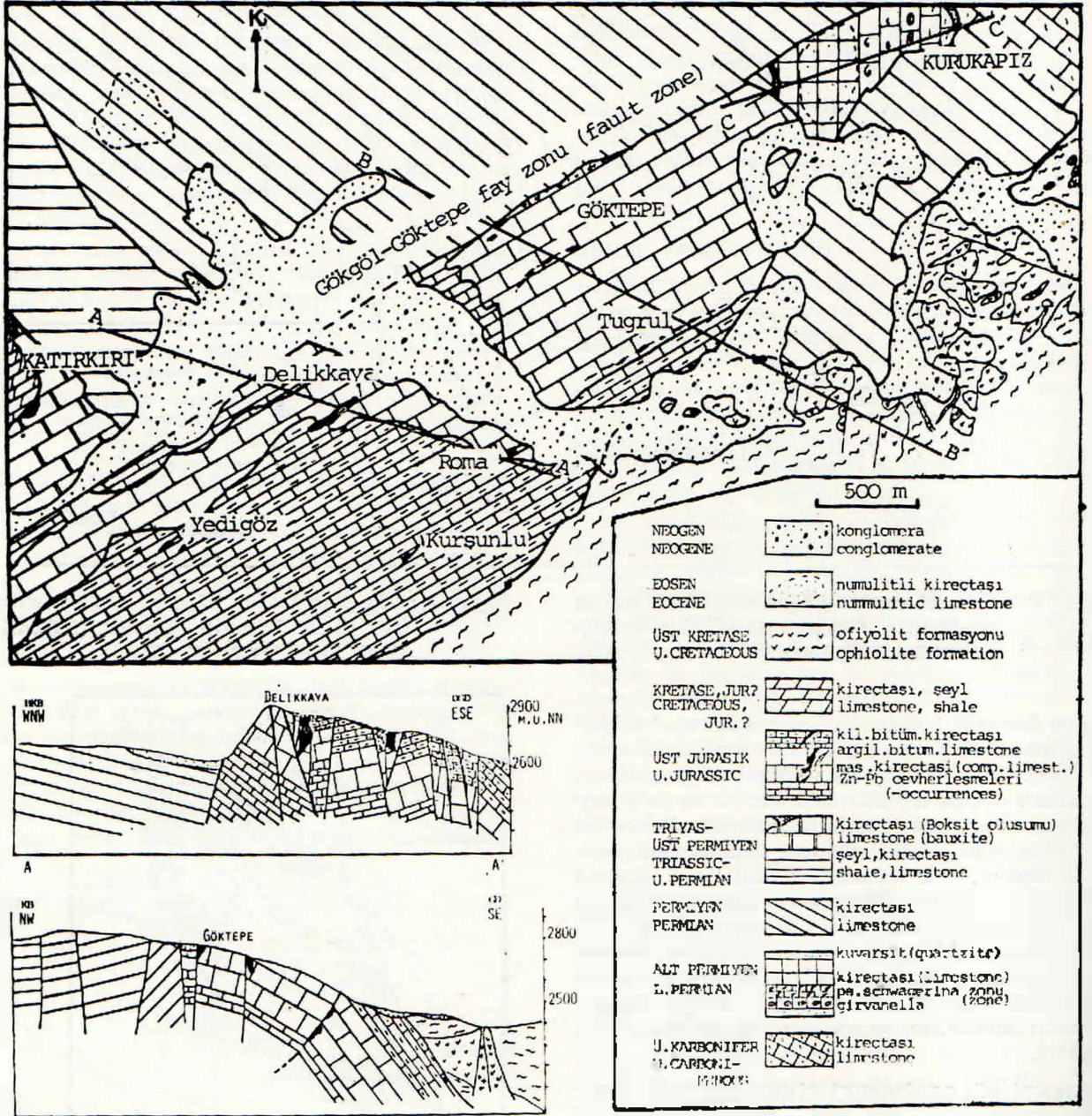
Figure 3 : Structural map of the Aladağ Mountains (TEKELİ, 1980).



- Peridotit napa (Peridotite nappe)
- Senoniyen ve ofiyolitli melanjin (ophiolitic melange)
- Beyaz Aladağ napa (White Aladağ nappe)
- Cataloturan napa (Cataloturan nappe)
- Üstkusak napa (Üstkusak nappe)
- Siyah Aladağ napa (Black Aladağ nappe)
- Yahyalı napa (Yahyalı nappe)
- Belemedik otoktonu (Belemedik autochthonous)

lar (CEVRİM, 1984), bu metal provensinde önceki çalışmalarda kabul edildiği gibi, bir mineralizasyon olayının değil, en az üç ayrı oluşumun, çok sayıda cevherleşmeye köken olabileceğini gösterir. Bu varsayım, yukarıda kısaca değinilen jeotektonik yapıya ilişkin yeni araştırmalarla da bağdaşır.

1) Tabakaya bağlı çinko-kurşun mineralizasyonu : Bu mineralizasyona ait cevherleşmeler Zamanti bölgesinde genellikle ekonomik yönden önemsiz, küçük demir şapkalar şeklinde Üst Karbonifer/Alt Permiyen geçişinde bol fosilli kireçtaşlarının tabakalanma yönünde dizilirler. ÖZGÜL (1976) tarafından Siyah



Şekil 4 : Delikkaya ile Göktepe arasındaki çalışma sahasının jeolojik haritası ve şematik kesitler (METAG ve STOLBERGER ZINK (1971) verilerine dayanılarak)

Figure 4 : Geological map and schematic cross sections of the studied area between Delikkaya and Göktepe (modified after METAG & STOLBERGER ZINK, 1971).

Aladağ napı için ayırtman seviye olarak belirlenen bu biopisolitik, fuzulimli kalkerler, taban ve tavan kesiminde yer alan kuvarsit bantlarıyla da arazide kolayca izlenir ve toplam 40 m kadar bir kalınlığa erişirler. Cevherleşmeler düzenli olarak pseudoschwagerinalı seviyede yer alırlar. Aynı stratigrafik seviyeler Hadim bölgesinde işletilebilir maden yatakları içerirler (C. ALP, 1980, sözlü görüşme). Aladağdaki çalışma sahasında, sadece Köşkderesinde ve Tekneli'nin güneyinde saptanabilen bu önemsiz cevherleşmeler araştırmalarımızın dışında bırakılmıştır.

2) Birincil hidrotermal mineralizasyon: Bu mineralizasyon Yahyalı'nın batısında, Karamadazi'nda yüzeyleyen granodiyoritik intrüzyona bağlıdır (METAG ve STOLBERGER ZINK (1971), Mağara bölgesinde de benzer magmatik oluşumlara işaret etmektedir). Karamadazi'deki intrüzyon kondağında önemli bir manyetit-skarn yatağı oluşmuş bulunup, bakırca da zengin çinko-kurşun cevherleşmeleri bu intrüzyonun, Keybettepe ve Şipşiktepe civarındaki apofizlerine bağlıdır. Yahyalı napında oluşan bu mineralizasyona ait cevherleşmeler, Aladağlar'da incelenen madenlerden birçok bakımdan farklıdır: Parajenez önemli oranda bakır minerali içerir; sfalerit içinde gözlenen kalkopirit ayrışmaları, galenitteki gümüş mineralleri (MÜLLER, 1982) ve yüksek eser element içeriği (her biri 1000 ppm den fazla Ag, Sb, Bi), ayrıca kükürt izotoplarının sıfıra yakın oluşu, bu cevherleşmelerin yüksek ısıda oluştuğuna işaret eder.

3) Paleokarstlaşmaya bağlı çinko-kurşun mineralizasyonu :

Bu mineralizasyona ait maden yatakları, Aladağlar'da ve Zamanti bölgesinin kuzey kesiminde, Siyah Aladağ napının Üst Devoniyen ile Kretase arasındaki değişik stratigrafik seviyelerinde bulunurlar ve bu maden yöresindeki çinko-kurşun rezervlerinin en önemli bölümünü meydana getirirler. Makalemizin konusu, bu mineralizasyonun kökenine ilişkin Aladağlar'da yaptığımız araştırmalardır.

ALADAĞLAR'DA KARSTLAŞMAYA BAĞLI ÇİNKO-KURŞUN CEVHERLEŞMELERİ

Maden yataklarının dağılımı ve yerleşim şekilleri

Aladağlar'da üç ayrı maden sahasında şu yataklar incelenmiştir: Delikkaya - Kurşunlu - Yedigöz - Roma - Göktepe - Tuğrul; Suçatı; Tekneli.

Tekneli'deki cevherleşme, Alt Permiyen'in üst seviyelerindeki tabakalı kalkerlerde, birbirine paralel üç ayrı fay zonunda oluşmuştur.

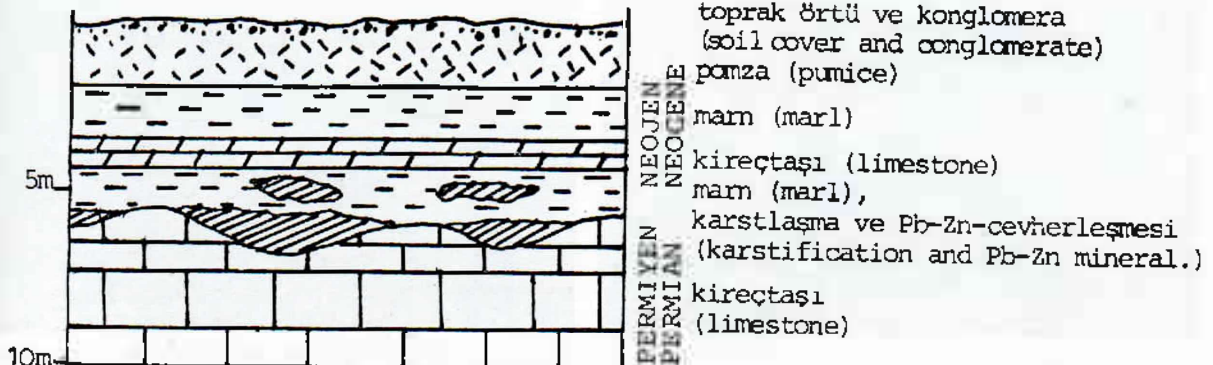
Delikkaya ile Suçatı arasındaki cevherleşmeler ise, Üst Jura'nın çeşitli seviyelerinde ve kırık tektoniğinin yoğun olduğu kesimlerde yerleşirler.

Dağılımı herhangi bir stratigrafik seviyeye bağımlılık göstermeyen bu cevherleşmelerin yan kayacını oluşturan kireçtaşı serileri, killi-bitümlü, ince tabakalı kireçtaşları ile, karbonat oranı çok yüksek, masif kireçtaşları arasında değişir. İncelenen bütün cevherleşmelerde herhangi bir magmatik olayla ilişki gözlenmemiştir.

Aladağlar'daki maden yatakları, genellikle KD-GB yönlü fay zonlarında, kırık tektoniğinin yoğun olduğu yerlerde oluşmuştur. İMREH (1965) tarafından Denizovası bölgesinde de saptandığı gibi, mineralizasyon için belirleyici etken, bu fayların atım ve uzunluğu değil, kırılmanın şiddeti ve buna bağlı olarak paleokarstlaşmanın gelişimidir. Buna en elverişli koşullar, çeşitli yönlerdeki kırıkların çok olduğu, karstlaşmanın kademeli fay sistemleri ile veya litolojik olarak (killi ve kuvarsitli seviyelerle) sınırlanabildiği yerlerde gerçekleşmiştir. Bu konuda diğer önemli bir gözlem de, cevherleşmelerin, boksit oluşumları, konglomera ve göl çökelleri ile belirlenen, Kretase sonrası aşınma yüzeylerinin altında yer almalarıdır. Karstlaşmaya bağlı cevherleşme ile Tersiyer çökeltileri arasındaki dereceli geçişler en belirgin olarak çalışma sahasının dışında, Zamanti bölgesinin kuzey kesiminde görülür (Şekil 5).

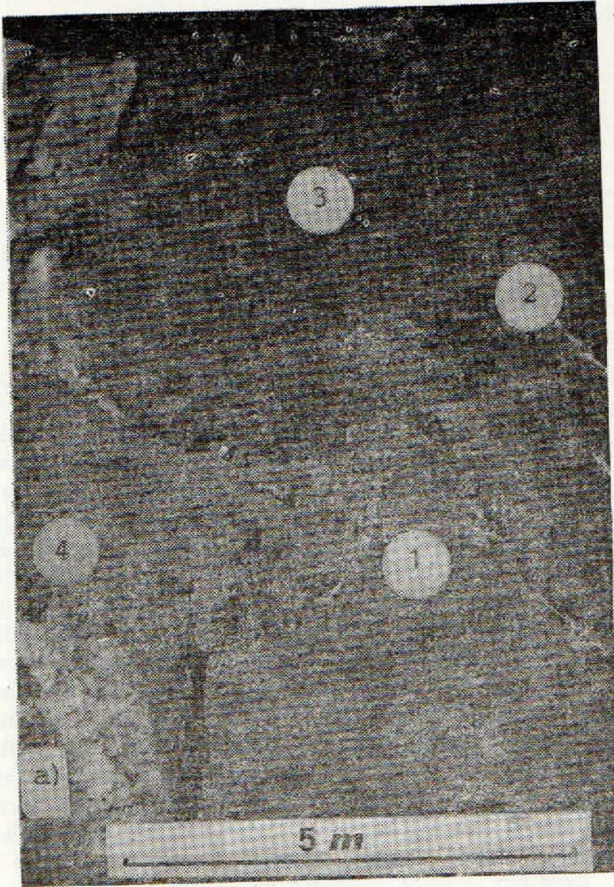
Konumu böylece tektonik ve paleocoğrafik koşullarla saptanan çinko-kurşun cevherleşmelerinin yerleşmesi uyumsuzdur. İşletilen maden yatakları çoğunlukla karstik veya tektonik boşlukları doldururlar. Metasomatik tipte cevherleşme sadece masif kireçtaşlarında, karst sistemi çevresindeki çok ezikli makaslama ve göçme zonlarında önem kazanır. Bu zonlar keskin fay düzlemleriyle sınırlanmıştır. Değişik maden yatakları tipleri şu yöresel etkenlere bağlıdır :

- kırık tektoniğinin gelişmesi
- cevherleşmenin yer aldığı kireçtaşı serilerinin litolojisi
- paleokarstlaşmanın gelişmesi



Şekil 5 : Ağcaşar madeninin şematik düşey kesiti.

Figure 5 : Vertical sketch profile of Ağcaşar mine.



Maden yatakları sadece kırık tektoniğinin çok etkin olabildiği masif kireçtaşlarında enine ve derinliğine önemli bir genişleme gösterirler. Buna karşın, ince tabakalı, killi ve kuvarsit seviyeli kireçtaşı serilerinin genellikle damar tipinde cevherleşmeler oluşabilmiştir.

Bu genel gelişme şekillerine rağmen, METAG ve STOLBERGER ZINK (1971) raporlarında ileri sürüldüğü gibi, bölgedeki tüm yatakların «stok» veya «damar» tipleri olmak üzere nitelendirilmesinin doğru bir değerlendirme olarak görmüyoruz. Böyle bir sınıflandırma ile stok tipinde metasomatik cevherleşmenin aşırı önem kazanması, çalışma sahasındaki maden yataklarının rezerv hesaplarında önemli hatalara yol açmıştır. Stok tipindeki cevherleşme, kalın tabakalı masif kalkerlerde mevcut çeşitli oluşumlardan sadece birini teşkil eder ve kırık tektoniğince kontrol edilen, ezik ve göçme zonlarında etkin bir mineralizasyon olayıdır. Mevcut rezervlerin çok yüksek tahmin edilmesine neden olarak ayrıca, karstlaşmaya bağlı mineralizasyonun yapı ve tenörü ile eski üretimin kabul edilenden fazla oluşu görülebilir. Cevherleşme tipleri genellikle mevcut karst morfolojisine doğrudan bağlıdır (Şekil 6,7) ve çoğunlukla aşağıdaki yerleşme şekilleri gözlenir:

- eklem, çatlak ve yarık dolguları
- değişik morfoloji ve boyutlardaki karst dolguları

Şekil 6 : Çinko - kurşun cevherleşmelerinin bazı yerleşim şekilleri :

- a: Karst boşluklarının değişik yapıda cevherli dolgusu (Delikkaya, 2715-25 m) 1 = tabakalı «terra rossa», 2 = limonit, smitsonit ve detritik malzemeden oluşan, karst morfolojisine uygun katmanlar, 3 = oksitli cevher blokları, 4 = yüzeysel ayrışan ve kısmen limonite dönüşen masif kireçtaşı.
- b: çok kırıklı zonalardaki ornatım ve = detritik malzemeye birlikte — çatlak dolgusu tipindeki cevherleşmeler (Delikkaya, 2735 m.)
- c: cevherleşmesi alınmış karst boşlukları (Suçatı).
- d: Fay boyunca oluşan, oksitli cevher içeren karst cebi (Suçatı).

Figure 6 : Shapes of the Zn-Pb mineralization :

- a: mineralized karst filling with various fabrics (Delikkaya, 2715-25 m) 1 = thin bedded «terra rossa», 2 = layers of limonite, smithsonite and detritic material adapted to the karst morphology, 3 = blocks of massive oxidic ores, 4 = compact limestone weathered and locally replaced by limonite.
- b: Ores of strongly fractured zones as replacement and together with detritus as fissure filling (Delikkaya, 2735 m)
- c: Mined karst cavities (Suçatı).
- d: Oxidic ore-bearing karst pocket developed along the fault (Suçatı).

- damar ağı, empregnasyon ve ornatım zonları
- yüzeğe yakın, zayıf tenörlü döküntüler.

Cevher tipleri

Yukarıda belirtilen yerleşme şekillerine bağlı olarak, cevher bileşimi ve yapısal düzenleri göz önünde bulundurulmadan, esas iki cevher tipi ayırdedilebilir:

- (1) ornatım tipi cevherler
- (2) dolgu tipi cevherler

İnceleme sahasındaki maden yataklarında çok ilerlemiş oksidasyon sonucunda sülfürlü mineral parajenezi her iki cevher tipinde de az görülür. Özellikle karst dolgularında kuvvetli ayrışım ve dönüşüm sonucu, oksidasyon cevherleri hakimdirler. Ayrıca artan limonit oranı ve değişik miktarlardaki detritik çökeller bu cevherlerin tenörünü düşürür. Bunda kolay çözülen çinko minerallerinin kaybı da önemli rol oynar.

Metasomatik cevher tipinde çok basit bir mineralojik bileşim ve yapı görülür. Çoğunlukla karst boşluklarının sardığı kireçtaşı bloklarında ve fay düzlemleriyile sınırlı ezik zonlarda görülen bu cevher tipi, zayıf empregnasyon ile sıkı yapılı zengin cevher kütlelerini kapsar.

Sülfürlü mineralizasyon genellikle kırık tektoniğinin esas yönünde (KD-GB), kademeli fay sistemlerinde ve tabakalı ile masif kireçtaşlarının kantağına yakın kesimlerde (karst sularının birikmesi sonucu indirgeyici ortam!) görülür. Bu cevherler, ayrışma sonucu kollomorf ve kabuk veya sıkı yapılı oksidasyon ürünlerine dönüşürler. Çoğunlukla sadece galenit, seruzit içinde serpilmiş kalıt mineral olarak gözlenir. Zengin cevherli ornatım bloklarının önemli bir kısmı sadece smitsonit içerir. Sülfid kalıntılarının veya bunlara ilişkin kalıt dokuların saptanamadığı bu cevherler, karst sistemi çevresinde önemli bir metasomatizma olayına işaret ederler. Kireçtaşlarının yüzeysel ayrışmasını, kabuk ve gözenekli cevher oluşumlarını ve giderek birkaç metre genişliğe kadar zonlu ornatımını kapsayan bu cevherler, belirgin bir şekilde ornatılan kireçtaşlarının kalıt dokusunu gösterirler.

Oksidasyon kuşağının derinlere kadar etkisiyle artan ayrışımın beraber, limonit oranı da artar. İksel sülfürlü cevherlerin yoğun olduğu zonlarda tipik gözenekli yapıda, sert limonit kütleleri oluşurken, karbonatlı cevher blokları masif homojen limonite dönüşüp, ayrışım ilerledikçe, toprağımsı dağılırlar. Dolgu tipi cevherler karst ceplerinde mevcut sülfürlü oluşumlar dışında, çok heterojen ve kısa mesafede değişen bir yapı gösterirler. Daha çok smitsonit ve limonit, scyrek olarak da sülfid mineralleri içeren bu cevherleşme, detritik karst çökelleriyle ardışıklı ve/veya döküntü malzemenin çimentosu olarak görülür. Değişik cevher tipleri, karst sisteminin çeşitli zonlarında etkin sedimantasyon koşullarının ve gerek dolma sürecinde, gerekse daha sonraki ayrışım, dönüşüm ve taşınma olaylarının sonucudur.

Aralarında geçişler bulunan şu cevher tiplerini ayırdedebiliriz :

- masif-sülfid cevherli karst dolguları
- kollomorf yapılı smitsonit ve limonit oluşumları

- cevherli karst çökelleri
- karst boşluklarının tabakalı cevherleşmeleri
- karst morfolojisine uygun, katmanlı limonit - kil smitsonit bantları
- ritmik - tabakalı yarık damar ve cep dolguları
- kumlu veya milli, kil ve cevher arakatlı dolgular
- genç kil-limonit çökelleri ve kabuk oluşumları

Cevherleşmenin mineralojisi

İncelenen maden yataklarının sadece bazı kesimlerinde bulunan ve bir kısmında hiç mevcut olmayan sülfid mineralizasyonu esas olarak sfalerit, galenit ve pirit/markasitten oluşan bir parajenez gösterir. Pek seyrek de olsa, galenit içinde kalkopirit tanecikleri ve oksidasyon cevherlerinde kovelin toplulukları da gözlenebilir.

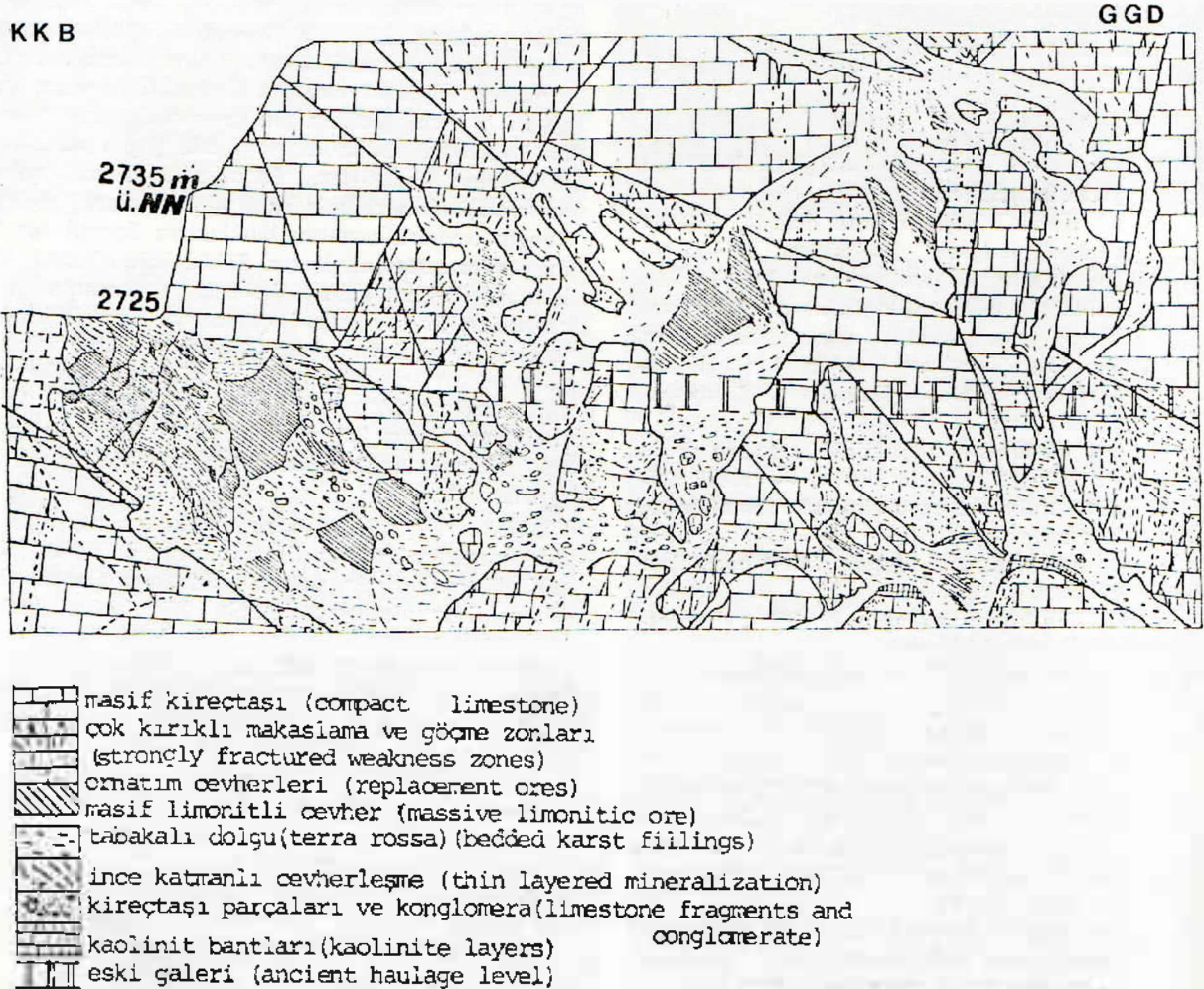
Sülfürlü cevherler genel olarak çok ince taneli olup, karmaşık birleşme düzeni içinde masif kütleler oluştururlar. Mineralizasyonun bileşimi, ayrı ayrı maden yataklarının çeşitli kesimlerinde karşılaştırıldığında, yüzeye yakın kesimlerin galenitçe zengin

olduğu ve tabanda sfaleritin arttığı görülür. Böyle bir zonlaşma, Zamanti yöresinin diğer kısımlarında da mevcuttur (İMREH, 1965).

Sfalerit parajenezin ilk oluşumlarından biridir. Milonitleşmeye varan şiddetli kataklastik etki altında kalmıştır. Bu olayla meydana gelen sayısız çatlak ve boşluk hipidyomorf pirit/markasit tarafından doldurulur (Şekil 8-a). Boş kalan yerlere galenit (veya seruzit) ve smitsonit yerleşir. Bu birleşme düzeni, sülfid mineralleri tamamen ayrıştıktan sonra da kalıt doku olarak korunur ve ilksel sülfid cevherleşmesinin tanınmasında yararlı olabilir.

Sfaleritin çok rastlanan zonlu yapısı, özellikle oksidasyonun başlangıç safhasında veya galenit ve smitsonit tarafından ornatılması halinde daha belirgindir (Şekil 8-b). Bazan sfaleritin, çok sayıda galenit saçınımları da içeren jel şeklinde kristallenmesi görülür.

Pirit ve markasit çoğunlukla sfaleritle beraber bulunurlar ve onun kataklastik çatlaklarını doldurur, kısmen de ornatırlar. Bir kısım pirit/markasit taneleri kataklastik yapı ve korozyon etkileri gösterirken, aynı numunede geniş alan kapsayan levhamsı ve kırı



Şekil 7 : Delikkaya madeninden cevherli fay zonu doğrultusunda düşey bir kesit

Figure 7 : Cross section of Delikkaya mine along the mineralized fault zone

düzenli demir-sülfid minerallerinin görülmesi, daha genç fazların da varlığına işaret eder.

Sülfürlü cevherlerde sık sık pirit-markasitçe veya sfaleritçe zengin tabakalar ayırdetmek mümkündür.

Galenitçe zengin cevher kütlelerinde pirit ve markasit limonite dönüşmüş olarak bulunurlar. Bu şekilde meydana gelen psödomorf dönüşüm ürünlerine karst dolgularının çeşitli katmanlarında da rastlanır.

Galenit incelenen maden yataklarının bilhassa ta-
van kesiminde nerdeyse tek sülfid minerali olarak bulunur. Bu sülfid bloklarında yalnız az miktarda pirit/markasit ve ancak saçınımlar şeklinde sfalerit gözlenir. Her üç sülfid türünün bulunduğu alt kesimlerde de, diğerlerine oranla oksidasyona karşı dayanıklı olan galenit, smitsonite ve limonite dönüşmüş kısımlarla ardışıklı bantlar halinde geri kalır. Galenit, sülfid parajenezinin en genç minerali olarak, kataklastik sfaleriti ve pirit/markasiti kabuk şeklinde sarar ve giderek sfaleriti ornatır.

Heri derecede ayrılmış cevherlerde de galenit, daha çok serüze içinde sayısız saçınımlar şeklinde, tek sülfid minerali olarak gözlenir. Rekrystalizasyon sonucu yer yer oksitli cevherleri kesen galenit damarcıkları meydana gelir.

Cevherli karst çökellerinde de galenit, küşeli çakıllar veya ince tabakalar, yahut ta serüze dönüşmüş olarak detritik malzemenin arakatkısı şeklinde yer alır.

Oksidasyon cevherlerinin bileşimi esas olarak karbonatlar ve limonittir. Çoğunlukla serüze tarafından temsil edilen kurşunlu oksidasyon mineralleri, sadece sülfürlü cevherlerin yoğun olduğu kesimlerde önemli miktarlarda bulunur. Karbonatlı cevherlerin hakim olduğu bu maden yataklarında esas mineral smitsonittir. Daha sonra oluşan hemimorfit ve hidrozinkeit, ayrışım, taşınma ve deformasyon sonucu meydana gelen çeşitli gözenek ve boşlukları doldurup, karst çökellerinde ve yantaşlarda kabuklar şeklinde görülürler. Karst dolgusunda yer alan cevherleşmenin önemli bir bölümünü «çinko-alumosilikatlar», çoğunlukla fraypontit oluşturur. Bu cevher minerallerinin yanısıra, kil mineralleri ve demir oksit ve hidroksitleri de, adsorpsiyon yoluyla, önemli oranlarda metal ihtiva ederler.

Smitsonit değişik cevher tiplerinde çok farklı şekillerde bulunur. Masif-karbonatlı ornatım cevherlerinde genellikle ince veya orta taneli ve özbiçimsiz olan smitsonit, kovuk ve gözeneklerde zonlu yapı, özbiçimli ve polisentetik kristaller şeklinde görülür. Gözenekli-ayrışmış cevherlerde smitsonit ve hidrozinkeit, kolloid böbrek yapıları meydana getirirler.

Çok ezikli zonlarda kireçtaşının smitsonit tarafından doğrudan ornatımı belirgin şekilde görülebilir. Çoğunlukla özbiçimsiz smitsonit zonları, kalsitin romboedrik bölünüm yüzeyleri boyunca aralanırlar; çözülmeye meydan gelen gözenekler daha sonra hidrozinkeit ve submikroskopik boyuttaki taşıntılarla dolunurlar (Şekil 8-d).

Smitsonit, içerdiği demir oranına göre, çeşitli renkler gösterir. Demir, ya izomorf karışımlar şeklinde (monhaymit), veya smitsonit içinde dağılmış limonit taşıntıları olarak bulunur. Zonlu yapı smitsonitin değişen demir içeriği mikroskopta belirgin şekilde gözlenebilir.

Çeşitli karst boşluklarında smitsonit, detritik malzemenin çimentosu şeklinde, tenörü % 40 dan fazla zengin cevherleşmeler oluşturur. Bu cevherlerde smitsonitin tane boyu, çok ince pelitik ile mesokristalin arasında değişir ve çok sayıda detritik tanelerin de saçınımlar şeklinde sarıldığı görülür. Farklı yapıdaki smitsonitten oluşan bantların ve değişik oranda klastik malzeme içeren katmanların ardalananmasıyla (Şekil 8-c) karst boşluklarının tipik ritmik yapıları cevherleri meydana gelir. Değişik smitsonit tiplerinin (ÇEVİRİM, 1984), dikey ve yanal geçişlerle birbirini izlediği gözlenir.

Hidrozinkeit, çoğunlukla ayrışma neticesi meydana gelen kovuk ve gözeneklerde dolgu veya karbonatlı cevherleri saran kabuk oluşumları şeklinde bulunur. Hidrozinkitin genç sinte teşekkülleri (aragonit ile birlikte) kalın kabuk ve stalaktit şeklinde gözlenir.

Hemimorfit, gözenek dolgusu ve ince damarlar şeklinde bütün cevherlerde görülür. Fakat daha fazla miktarlarda karst dolgularındaki detritik malzemenin arakatkısı olarak bulunur. Yer yer kumlu çökellerle ardalanan hemimorfit katmanları da saptanmıştır (Şekil 8-e). Detritik çökellerin arakatkısında silikat jellerinden veya çinko-alumosilikatların ayrışmasından oluşan kolloid veya levhamsi hemimorfit, irili ufaklı birçok kum taneciklerini de sarar. Fakat bu cevher minerali çoğunlukla smitsonitin ve hidrozinkeitin bir ayrışım ürünü olarak görülmelidir.

Karst dolgularında ve bunları sınırlayan kireçtaşı bloklarındaki mineralizasyonun diğer önemli bir bileşeni, genel olarak «çinko-alumosilikatlar» olarak adlandırdığımız cevher mineralleridir. Amorf ile kristalleşmiş birçok dönüşüm fazını içeren bu çinko mineralleri ayrı bir çalışmada daha etraflı incelenecektir. Özellikle fraypontit değişik karst zonlarındaki killi cevherlerin önemli bir bileşenidir.

İncelenen bütün cevherleşmeler, ilerlemiş alterasyon sonucu önemli oranda limonit (çoğunlukla götüt, bazan lepidokrokit) içerirler. Bu oksidasyon ürünleri sülfürlü ve karbonatlı cevherlerin veya karst dolgusunun bileşimindeki demir içerikli detritik silikatların, karst ortamında ayrışmasıyla oluşabilecekleri gibi, karst dolgularının kaynak alanlarında, aşınma ve lateritik ayrışmadan sonra, taşınmış da olabilirler. SMIRNOV (1954)'da «ornatım» ve «dolgu tipi limonit» şeklinde bir ayırım önerir.

Mekanik taşınma ürünleri arasında tamamen limonitleşmiş bol fosil parçacıklara da rastlanır (Şekil 8-f). Limonitleşmeye rağmen, gözle de görülebilen alg yapıları, bunların blok tektoniğiyle Jura kireçtaşlarının sınırlayan Alt Permiyen seviyelerinden taşındığını gösterirler.

Kurşun-oksidasyon mineralleri incelenen madenlerde sadece sülfürlü cevherin yoğun olduğu kısımlarda

önemli miktarlarda bulunurlar; geniş karst boşluklarını dolduran cevherleşmenin kurşun oranı % 1 in altındadır.

Galenit, ayrışma neticesinde, tane sınırlarından veya bölünme yüzeylerinden başlayarak anglezite veya çoğunlukla serüzite dönüşür. Seyrek olarak piro-morfit de gözlenir.

Serüzit, cevherli karst dolgularında genellikle yeşilimsi renkte, septeklorit (ve fraypontit) arakatlı olup, killi cevherlerde özbiçimsiz veya levhamsı kristaller halinde bulunur. Çoğunlukla korozyona uğramış bu kristaller, çinko-alumosilikatların da yer aldığı killi hamurla iç içe bulunurlar.

PALEOKARSTLAŞMANIN GELİŞİMİ

Karst dolgularının bileşimi

İncelenen maden yataklarında karst boşluklarını dolduran malzeme, genel olarak mekanik veya kimyasal yolla taşınma ürünü olup, daha az oranda, karstlaşmaya uğrayan kireçtaşlarının kalıntıları da içerir. Cevher mineralleri diğer karst çökeltileriyle ardalanmış katmanlar şeklinde veya bunların çimentosu olarak bulunurlar. Karst dolguları, paleokarstın dolma sürecinde çeşitli taşınma olayları ile periyodik olarak aktarılmışlardır.

Alloktan karst dolguları. Bunlar karst boşluklarını çeviren kireçtaşlarından gelen çöküntü veya kırıntı ürünlerini ve karst ortamına çeşitli uzaklıktan taşınan detritik malzemeyi kapsarlar. Karst dolgusunda milimetre ile metre boyutlarındaki kireçtaşı parçaları kuvvetli ayrışma ve dönüşme gösterirler. Büyükçe bloklarda soğan kabuklarına benzer ayrışma şekilleri ve çoğunlukla smitsonit veya fraypontit tarafından ornatım gözlenir.

Çoğunlukla silikath, detritik taşıntıların tane boyu kil ile çakıl arasında değişir. Karst sisteminin alt seviyelerine doğru tane boyunun küçüldüğü ve kimyasal çökeltilerin arttığı görülür. Çeşitli kayaç ve mineral tanelerini içeren detritik malzemenin mineralojisini belirlemek, erozyona uğrayan kayaç serileri ile karst ortamı arasında süregelen kuvvetli ayrışım-dan dolayı tam olarak mümkün değildir.

Çalışma sahasındaki karst dolgularında genellikle şu mineralojik bileşimde döküntülere rastlanır:

- Serpentin, septeklorit, smektit, serisit ve kaolinite dönüşmüş kayaç parçacıkları (bunlar ilksel ortamda lateritik ayrışım veya karst sisteminde oluşan dönüşüm ürünleri olabilir)
- Kuvarsit, boynuztaşı, radyolarit ve boksit taneleri
- Cevherli ve limonitleşmiş (kısmen fosilli) döküntüler
- Kuvars, amfibol, piroksen, feldspat ve mika taneleri
- Ağır mineraller (kromit, manyetit, titanomanyetit, hematit, rutil v.s.)

Karst dolgusundaki otojen oluşumlar şöyle sıralanabilir.

- Çinko, kurşun ve demirin sülfürlü ve oksidasyon mineralleri.
- Demir ve alüminyum oksid-hidroksid-jelleri
- Kalsit, aragonit, opal, kalsedon
- Kil mineralleri (kısmen taşıntı)

Klastik karst dolgularının kaynak alanı

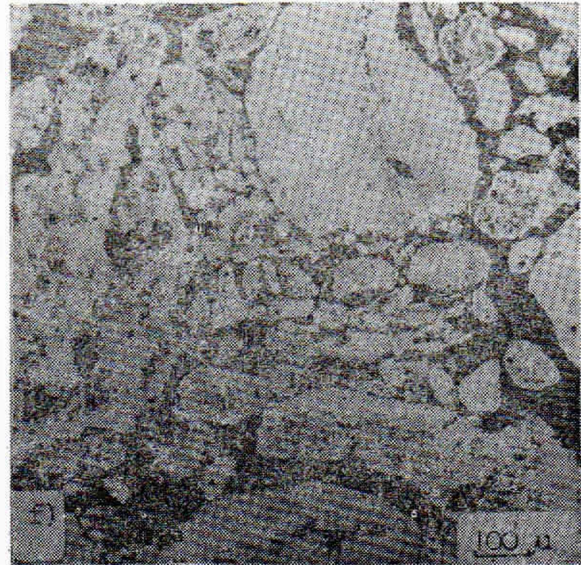
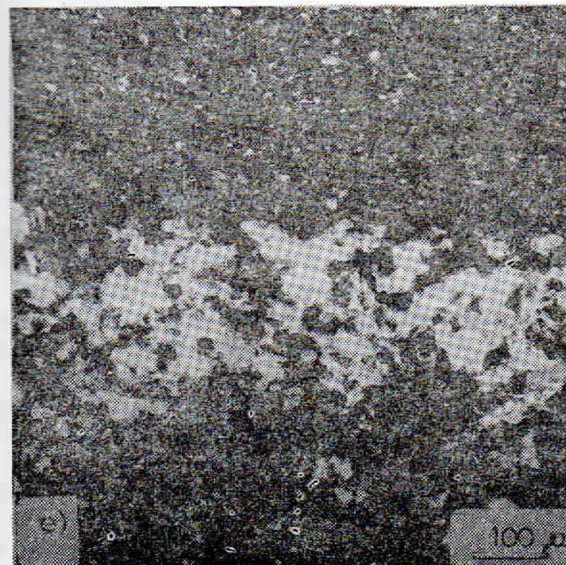
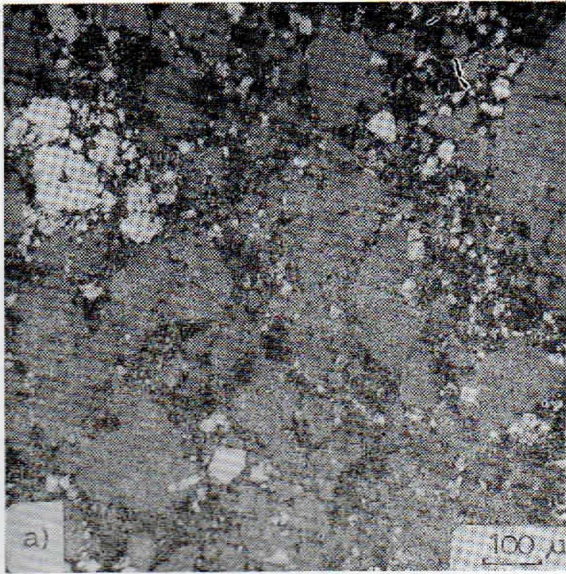
Karst dolgularının önemli bileşenlerinin Jura kireçtaşlarının ve bunların üzerindeki toprak örtünün mineralojik yapısı ve ofiyolitli zondaki önemli kayaç türleri ile karşılaştırılması silikath detritik malzemenin çoğunlukla ofiyolitli zondaki kayaçlardan kaynaklandığını göstermektedir. Cevherli karst dolgula-

Şekil 8 : Aladağ'daki cevherleşmelerin mineral parajenezi ve birleşme düzenleri (IK = ince kesit, PK = parlak kesit)

- a) kataklastik sfaleritte (gri) saçınmalar ve çatlak dolgusu şeklinde pirit - markasit (beyaz) ve kuvars (siyah); (PK).
- b) Zonlu yapıli sfaleritli (açık gri) smitsonit (gri-siyah) ve galenit saçınmaları da içeren serüzit (gri-beyaz) tarafından ornatımı; (PK).
- c) Ritmik-katmanlı, karbonatlı cevher (çoğunlukla smitsonit); detritik çökeltilerin yoğun olduğu seviyeler koyu renkte; (IK).
- d) Kalsitin smitsonit tarafından zonlu ornatımı; ortada kabuk şeklinde hidro-zinkit (siyah) ve çok ince taneli döküntü; (IK).
- e) Karst boşluklarının cevherli kum çökeltilerinde hemimorfitçe (beyaz) zengin katmanlar; (IK).
- f) Kalsit tarafından çimentolanan cevherleşmiş (daha çok limonitli) alg yapıları (PK).

Figure 8 : Fabrics and intergrowths of ore minerals from Aladağ (TS = thin section, PS = polished section)

- a) Cataclastic sphalerite (grey) and as intercalations and fracture fillings-pyrite/marcasite (white) and quartz (black); (PS).
- b) Zonal sphalerite replaced by smithsonite (dark grey) and cerussite (light grey) including galena (white); (PS).
- c) Rhythmically bedded carbonatic ore (mostly smithsonite); dark layers with higher amounts of detrital material; (TS).
- d) Replacement of calcite by zoned smithsonite; in the middle part encrusting of younger hydrozincite (black) and sub-microscopical detrital filling; (TS).
- e) Hemimorphite (white) concentrated along layers of mineralized sand fillings of the karst cavities; (TS).
- f) Mineralized (limonitic) algae fragments embedded in calcite; (PS).



rında önemli yer tutan limonitin de bir bölümü bu bazik-magmatik kayaç serilerinin lateritleşme veya karst ortamında ayrışma ürünü olabilir.

Ayrıca karstlaşmış kireçtaşlarının tavanında yer alan killi seviyeler veya blok tektoniğiyle yükselen Paleozoyik seriler (genellikle Permien kireçtaşı ve kuvarsitleri) bu taşınma ürünlerine kaynak teşkil edebilirler. Fakat petrografik araştırmaların da gösterdiği gibi, karstlaşmış olan kireçtaşlarının çözülmesiyle oluşan kalıntı killer paleokarst dolgusunda ancak önemsiz yer tutar.

Karst boşluklarında depolanma şekilleri

Farklı depolanma şekilleri, karst sisteminin çeşitli kesimlerindeki çökeltme ortamında değişen hidro-dinamik ve fiziksel-kimyasal koşulların sonucudur.

Karst sisteminin üst zonlarındaki dolgular daha çok kil arakatlı kalın kum ve çakıl döküntülerini kapsar. Derinlere inildikçe, iri taneli klastik malzemenin azaldığı ve kimyasal çökeltmenin arttığı gözlenir. Bunun yanı sıra, üst seviyelerde çoğunluk düzensiz olan depolanma, alt zonlarda iyi bir periyodik istiflenme gösterir.

Çalışma sahasında ilerlemiş cevher üretimiyle (kısmen açık işletme olarak) 200 metre derinliğe kadar açığa çıkan cevherli karst dolguları yanal ve düşey çok kısa mesafelerde, petrografik yapı ve renk bakımından sürekli değişiklik gösterirler. Bu heterojen yapı, genel olarak, karst dolgularının ayırtman bir özelliği olarak kabul edilebilir.

Karst boşluklarında mekanik veya kimyasal yolla depolanan dolgu, karst topoğrafyasına uygun olarak düzgün tabakalar şeklinde, ya da yüksek eğimli karst duvarlarında kayma yapılarıyla sık sık kesilen bantlar şeklinde depolanır. Periyodik olarak ardalanan santimetre ile desimetre kalınlığındaki cevher, limonit, kil ve kum çökelleri, bir kaç metreye varan düzenli istifler oluştururlar. Diğer yandan, bir kısım karst boşluklarında oldukça sürekli bir sedimentasyonla çok ince tabakalı, kil-limonit dolgusu (terra rossa) yer alırken, bunların yakınında, çok sayıda kalker breşini de içeren kaotik bir dolgu oluşabilir.

Tabakalanma. Cevherli ve killi-limonitli katmanların çoğunluk detritik kalın taneli çökellerle ardalanmasıyla, aşınan tabaka yüzeylerindeki sinter-kabuk oluşumlarıyla (genellikle hidrozinkit) ve bazı tabakalarda yoğun breşik tanelerin sıralanmasıyla belirginleşir. Değişik depolanma safhaları genellikle ince kil zarflarıyla sınırlanır.

Detritik çökellerde dereceli ve sık sık çapraz tabakalanma görülür. Özellikle killi-limonitli karst dolgularında dalgalı dokanaklar ve karst boşluğuna uzanan çıkıntılarda veya çökelmiş malzemenin içine düşen kalker blokları etrafında, akıntı eğrileri şeklinde büzülme ve kıvrımlar oluşur. Daha genç çökeller bunların üzerlerini düzgün bir tabakalanmayla örtler.

Jeopetal düzende çökeltme. Kuvvetli ayrışım ve oksidasyona uğramış karst dolgularında da bir çok

ayırtman özellik göz önünde bulundurularak tanımlanabilir: dereceli ve çapraz tabakalanma, tabaka içi laminalanmalar, tabaka geçişlerinde biriken breşik taneler, tek taraflı dalgalanmalar ve sinter-kabuk oluşumlarının büyüme yönleri v.s.

Karst dolgularında mikroskopik boyutlara dek izlenebilen **deformasyon ve kayma olayları**, dolma sürecinde başlayıp, günümüze değin sürerler. Henüz sertleşmemiş dolgunun oturmasıyla veya göçük kireçtaşı bloklarının etkisiyle, katmanlarda dalgalanmalar, özellikle killi çökellerin su alarak kabarması, gravimetrik kaymalar ve oksidasyon olayları ile ayrışma ve çözümler, karst dolgusunda önemli yapısal değişikliklere neden olur.

Karst dolma sürecinin yaşı hakkında düşünceler

Karst dolgularında önemli yer alan silikatlı detritik malzemenin genellikle ofiyolitli zondan kaynaklanması, dolma yaşı hakkında ilk önemli ip ucu olarak kabul edilebilir.

Üst Kretase'de, olasılıkla Senoniyen'de (TEKELİ, 1980) oluşan ofiyolitli kayaç birimi, Maastrichtiyen'de nap tektoniğiyle Siyah Aladağ napını parotokton olarak üzerler.

Üst Kretase'de ve Eosen'de etkin aşınma safhaları, bir yandan ofiyolitli serilerde lateritik ayrışma ve paleoreliyef içinde taşınmalarla boksit oluşumlarına (WIPPERN, 1964), diğer yandan Siyah Aladağ napının kireçtaşı serilerinde karstlaşmaya neden olurlar. Zamantı bölgesinin kuzey bölümünde rastlanan taneli demir cevherleşmelerinin (VACHE, 1966) oluşumu da bu olaylarla ilgili olabilir.

Aladağlar'daki araştırma sahasının güneyinde, Maden Boğazı'nda yüzeyleyen 150 m kadar kalınlıktaki bir Eosen istifinde BLUMENTHAL (1952), bizim cevherli karst dolgularında saptadığımız mineralojik bileşimde, çoğunluk yeşil kayaç kökenli taşınma ürünlerinin, Eosen'e (Lutesyen) ait numulitli kireçtaşları ile ardalanarak, Üst Jura yaşlı, ince tabakalı kireçtaşı serilerini örttüğünü belirtir.

Çalışma sahasında, Delikkaya ve Göktepe kesiminde, numulitli kireçtaşları da içeren aynı türde döküntü malzeme, Eosen sonrası bir erozyonun artıkları olarak bulunmaktadır. Bu genç erozyon olayları derin vadili bir röliyef yaratmış ve karst cevherleşmelerinin de yer aldığı seviyelere kadar etkili olmuştur. Paleoröliyefe uygun şekilde istiflenen Neojen konglomeraları, genel olarak aşınan ofiyolitli örtünün ve bunun altındaki kireçtaşlarının ürünlerinden oluşur ve kısmen cevher parçacıkları da içerirler. Karst dolgusunun ve çinko-kurşun cevherleşmelerinin üst yaş sınırı hakkında daha belirgin gözlemler Denizovası-Ağcasar bölgelerinde yapılabilir. Burada karst boşluklarını dolduran allohton mineralizasyon, çoğunluk Neojen'e ait göl çökelleri ve Üst Miyosen'de başlayan Erciyas volkanizmasının tüfleri ile örtülür. Sonuç olarak, esas karst dolgu safhasının ve çinko-kurşun cevherleşmelerinin üst yaş sınırı hakkında daha belirgin gözlemler Denizovası-Ağcasar bölgelerinde yapılabilir. Burada karst boşluklarını dolduran

allokton mineralizasyon, çoğunluk Neojen'e ait göl çökelleri ve Üst Miyosen'de başlayan Erciyes volkanizmasının tüfleri ile örtülür.

Sonuç olarak, esas karst dolgu safhasının ve çinko-kurşun mineralizasyonunun Eosen'de yer aldığı tahmin edilmektedir.

ALADAĞ BÖLGESİNDEKİ ÇİNKO - KURŞUN MADEN YATAKLARININ JENEZİ HAKKINDA DÜŞÜNCELER

Delikkaya - Göktepe, Suçatı ve Tekneli'deki maden sahalarında incelenen çinko-kurşun yataklarının, kırık tektoniğinin ve paleocografik gelişmenin hazırladığı yerlerde, farklı kireçtaşı serileri içinde uyumsuz olarak bulunması, mineralizasyonun **ardoluşumlu** (epijenetik) özelliğini vurgular.

Önemli cevherleşmelerin olduğu Jura kireçtaşlarında yapılan jeokimyasal incelemeler (ÇEVİRİM, 1984) bu kayaç serilerinin normal çinko-kurşun miktarları içerdiğini ve bu metallerin önceden mevcut bir derişiminin söz konusu olmadığını gösterir. Cevherleşmelerin tesir alanında, çatlak ve fayların yakınlarında veya tavan kesimindeki killi-bitümlü serilerde tespit edilen daha yüksek oranlardaki çinko-kurşun miktarları, yayılma (Dispersiyon) ve adsorpsiyon olayları ile açıklanabilir.

Araştırma sahasındaki maden rezervlerinin esas bölümünü, çeşitli yarık damar ve karst boşluklarını dolduran ve bugün genellikle oksitli ve karbonatlı cevherleri içeren mineralizasyon oluşturur. Bu cevherlerde saptanan yapı ve onların bileşimindeki döküntü malzeme, sadece **dışkökenli bir taşınmanın ürünü** olarak açıklanabilir.

Örneğin Tuğrul ocağındaki yüksek tenörlü (% 30'dan fazla Zn), çoğunluk karbonatlı cevherler, detritik-silikatlı çökellerin çimentosunu oluşturup, çeşitli karst boşluklarını doldururlar. Bu tür bir cevherleşme, birincil sülfürlü bir mineralizasyonun oksidasyon ürünü olamayacağı gibi, sadece detritik malzemenin dış kökenli olması da kabul edilemez. Genelde tespit edilen yapı da, cevherli **tüm karst dolgusunun allokton olduğunu** gösterir. Ağcaşar bölgesinde karst morfolojisini dolduran cevherli dolgu ile genç Tersiyer çökelleri arasındaki dereceli geçişler de bu yargıyı destekler.

Sülfürlü cevherlerin de bir çok yerde karst ceplerini doldurması (Göktepe, Suçatı) ve klastik çökellerin arakatısında veya bunlarla ardışıklı katmanlar şeklinde görülmesi (Delikkaya, Denizovası), paleo-karstlaşma ve dolma olayı ile mineralizasyon arasında sadece ikincil bir ilişki olmadığını gösterir.

EL AREF ve AMSTUTZ (1984), Kızıl Denizin batısında, çinko, kurşun ve demirin sülfürlü ve oksidasyon minerallerinin, graben ve karst ortamında, mekanik döküntülerin çimentosu biçiminde burada incelenenlere çok benzer iki maden yatağı oluşturduklarını belirtirler.

Kireçtaşlarının ornatımı sonucu oluşan ve bilhassa karst sisteminin çevresindeki karakteristik zonlarda

(LAGNY, 1975) görülen, karbonatlı zengin cevherleşmeler de **ikincil (descendent) metasomatizma** ile açıklanabilir. Kırık tektoniğince zedelene kireçtaşı bloklarında dört-beş metre genişliğe varan, yer yer zonlu cevherleşmenin, derine doğru kamalaşması ve yerini killi-limonitli çatlak dolgularına bırakması, mineralizasyonun ikincil niteliğini destekler. Diğer yandan zengin karbonatlı cevher bloklarının, maden yataklarının bir çok kesiminde sülfid artıkları içermeyişi ve değişik smitsonit tiplerinin kalsiti ornatması, bu cevherlerin ilksel niteliğini vurgular.

Karst ortamındaki detritik malzemenin ayrışmasıyla oluşan, Si ve Al oranı yüksek çözelti ve jeller, damar ve karst boşluklarını sınırlayan kireçtaşlarında, onların dolgu içinde gömülü parçacıklarında ve genel olarak klastik dolgunun arakatısında çinko-alumosilikat minerallerini içeren, bir parajenez oluştururlar. Deneysel incelemeler de (HARDER, 1975) bu varsayımı desteklemektedir.

Cevherleşmelerin yerleşmesine ve maden yataklarının şekline ilişkin gözlemler de birincil nitelikli bir mineralizasyonla uyusmamaktadır.

Cevher üretiminin, «kök zonuna» kadar indiği bir çok maden yatağında, mineralizasyonun tabanda dar veya geniş çapta bir kamalanma ile sona erdiği görülmektedir. Daha derine varan fay ve çatlaklarda tenörü çok düşük killi-limonitli bir dolgu veya iri taneli kalsit koluşumları yer alır.

Yanal genişlem gösteren metasomatik bir cevher kütlesi masif kireçtaşlarında da yoktur. Cevherli zonlarla steril kireçtaşları arasında, dik fay düzlemlerindeki killi zonla belirlenen keskin bir kontak mevcut olup, buna sınırlayan bloklarda hiç bir tesir gözlenmez.

Kırık tektoniğinin yoğun olmadığı yerlerde, örneğin Göktepe'de, yüzeye yakın karst ceplerinde oluşan mineralizasyon, bir kaç metre derinlikte, tabakalanmanın eğim yönünde kamalaşır. Benzer durumda oluşan Yedigöz ve Kurşunlu'daki cevherli damarlar sadece tavan kesimindeki ince tabakalı kireçtaşı serilerinde yer alıp, alt seviyelerdeki masif kireçtaşları-karstlaşma bu derinliğe erişemediğinden mineralize olmamışlardır. Ayrıca çalışma sahasının en önemli fay zonunda (Gökgöl-Göktepe), yalnız yüzeyde, morfolojik graben yapısında düşük tenörlü döküntüler yer alır; METAG ve STOLBERGER ZINK' (1971)ın burada gerçekleştirdiği 200 metreye varan sondajlarda, çinko-kurşun cevherleşmesi saptanamamıştır.

Aladağ bölgesinde incelenen çinko-kurşun maden yatakları taşınma (mobilizasyon) neticesinde oluşmuşlardır.

Sülfürlü cevher minerallerinde yapılan jeokimyasal araştırmaların ve isotop analizlerinin değerlendirilmesi (ÇEVİRİM, 1984) bu görüşü desteklemektedir: Örneğin, ortalama olarak sfaleritte % 2-3 Fe, % 0.15 Cd, 58 ppm Mn; galenitte 30-150 ppm Ag, 100 ppm den az oranlarda Sb, Bi, Sn ve pirit/markasitte ancak 15 ppm Co ile 25 ppm Ni (Co/Ni \leq 1) saptanmıştır. Bu şekilde düşük oranlarda eser element içeren

sülfid minerallerine genellikle düşük ısıda veya mobilizasyon yoluyla oluşan cevherleşmelerde rastlanır. Değişik zuhurlardan alınan galenit numunelerinde tespit edilen yüksek oranda radyojen kurşun birikimi (J-tipi kurşun) ve hesaplanan Th/U oranı ($\mu \approx 4$) ile, galenit, sfalerit ve pirit/markasitte «ağır kükürt isotopunun» önemli derecede zenginleşme göstermesi ($\delta^{34}\text{S} = +8 - 13.2\%$), bu cevherlerin yer kabuğu kökenli olduklarına ve mobilizasyonla oluştuklarına (OHMOTO ve RYE, 1979; HEYL ve diğerleri, 1974) ilişkin kanıtlar olarak görülebilir.

Araştırma sahasındaki maden yataklarında veya bir zuhurun çeşitli kesimlerinde rastlanan mineral parajenezleri ile yapılar, genel olarak paleokarst gelişiminin değişik safhalarında etkin hidro-dinamik ve fiziksel-kimyasal şartlar ile yeraltı su seviyesinin hareketleriyle ilgilidir.

Aladağ bölgesinde cevherleşme şekilleri ile paleokarst morfolojisi arasındaki sıkı bağlantı ve genç olarak izlenen görünüşler ancak dış-kökenli bir karstlaşma ve karst dolgusu ile açıklanabilir.

Tektonik ve karstik olaylarla belirlenen bu «jeokimyasal kapanlara» çinko ve kurşunun hangi kaynaklardan ve nasıl taşındığına ilişkin önemli sorun, burada ancak genel hatlarıyla tartışılabilir.

Sistematik jeokimyasal araştırmalar (örneğin KRAUSKOF, 1955; CADEK ve diğerleri, 1968; WEDEPOHL, 1978) bir çok magmatik ve sedimanter kayaç türünün, yüzeye yakın sularla çözülüp taşınarak, uygun ortamlarda cevherleşme derecesinde birikimler oluşturmaya yetecek oranda metal içerdiklerine işaret ederler. CADEK ve diğerleri (1968) bu konuda çeşitli deneysel araştırmalar da yaptıklarını belirtirler ve genel olarak etkin bir birikimde rol oynayan jeotektonik ve jeokimyasal faktörleri özetlerler.

Diğer yandan, ayrışmaya ve aşınmaya uğrayan kâkâç serilerinin yer yer ilksel mineralizasyonlar da içerebileceğini ve genelde, normal metal oranlarının da ayrışma olayları neticesinde kısmen (örneğin çinko, kurşun) önemli derecede artabileceğini (WEDEPOHL, 1953; FUCHS, 1976) gözönünde bulundurmak gerekir.

Yukarıda sayılan her olanak, Aladağ bölgesindeki cevherleşmeler için kaynak alanı oluşturabilir.

Yan kayaçlarda yapılan jeokimyasal incelemeler, gerek karstlaşmaya uğrayan masif kireçtaşlarının tavanında yer alan ve çoğunluk aşınmış, killi-bitümlü seviyelerin (ÇEVİRİM, 1984), gerekse nap tektoniğiyle bunların üzerine itilen ofiyolitli kayaç serilerinin -bilhassa asidik intruzyonların (METAG ve STOLBERGER ZINK, 1971) önemli oranda çinko ve kurşun içerdiklerini gösterir. Yazımızın giriş bölümünde, Siyah Aladağ napında, Alt Permiyenin bol fosilli ayırtman seviyelerindeki tabakaya bağlı bir çinko-kurşun mineralizasyonuna işaret edilmişti. Jura kireçtaşlarının karst dolgularında bulduğumuz, Alt Permiyenden taşındığı bariz, limonitli-algeli döküntüler ve çok miktarda kuvarsit çakılları, Tersiyerdeki blok tektoniğiyle oluşan paleocoğrafik röliyefe

bağlı aşınmanın, olasılıkla cevherli bu Paleozoyik seviyeleri de etkilediğini gösterir. Bölgenin paleocoğrafik evrimine ilişkin daha etraflı çalışmalar ve Alt Permiyen'deki cevherleşmeleri de kapsayan izotop araştırmaları ile karstik mineralizasyonun kaynak alanına dair daha belirgin veriler elde edilebilir.

Çinko ve kurşunun çözeltide taşınma ve depolanma şekilleri bir çok yazar tarafından (ROBERTS, 1967; BERNARD, 1977; BARNES ve CZAMANSKE, 1979; HAYNES ve MOSTAHGEL, 1982) araştırma ve tartışma konusudur. Genel olarak şu olanaklar söz konusudur: Klorid, sulfat, sülfid, bisülfid bileşikleri; kloridli, karbonatlı veya organik kompleksler; hidratlı iyonlar veya bunlara ve diğer maddelere adsorptif bağlı olarak. Diğer yandan, değişik taşınma mekanizmalarının kısmen bir arada da etkin olabileceği ve genelde çözeltide hakim kimyasal şartların önemli rolü de göz önünde bulundurulmalıdır.

Kükürt izotoplarının sonuçlarına dayanarak, incelenen cevherleşmelerdeki kükürtün, zayıf-alkalik veya nötr, homojen, sulu çözeltilerde, muhtemelen metal-bisülfid-kompleksleri şeklinde taşınmış olabileceğini tahmin ediyoruz. Bu yolla taşınmanın, düşük ısıda da etkin olduğunu BARNES ve CZAMANSKE (1979) nin deneysel araştırmaları da göstermektedir. Ayrıca karst ortamında mevcut zayıf-alkalik şartlar, kireçtaşının çözülmesiyle sağlanan tampon etkisiyle süreklilik kazanır. Bu şartlarda çinko ve kurşunun hidroksidleri kolay çökeldiğinden dolayı, bu metallerin adsorptif yolla depolanması da söz konusudur (WEDEPOHL, 1953; BINGHAM ve diğerleri, 1964).

HAYNES ve MOSTAHGEL (1982), galenit ve sfaleritin günümüzde de, (Kanada'da) genç karst sistemlerinin belli zonlarında çökeldiğini belirtirler. Bu oluşumlar, bizim jenzle ilgili görüşlerimizi destekler.

Karst ortamı, gerek sulu çözeltilerde taşınan metallerin ve gerekse diğer mekanik ayrışma ürünlerinin depolanması için en uygun koşulları içerir. BERNARD (1971) tarafından öngörülen bir «Karst-Modelinde», yüzeyden yer altı su seviyesine kadar çeşitli karst zonlarında etkin hidro-dinamik ve fiziksel-kimyasal ortam şartlarına bağlı olarak, karst dolgusunun ve cevherleşmenin oluşumu açıklanmaktadır.

Metallerin karst ortamında depolanmasında, hidroliz, sorpsiyon ve oksidasyon-reduksiyon olayları önem kazanır (CADEK ve diğerleri, 1968).

Önemli olan, karst sularının biriktiği kesimlerde reduksiyon şartlarının sağlanabilmesi ve killi-bitümlü karst çökellerinin de bunda önemli bir rol oynamasıdır.

Karst dolgularındaki ayrışma ve taşınma olayları günümüze değin sürmüştür. Bu olaylarla cevherleşmeler, alt seviyelerine kadar oksidasyona ve kısmen de erozyona uğramıştır. Buna bağlı olarak karst röliyefi içinde, çoğunluk zayıf tenörlü döküntüler biçiminde çok genç cevherleşmeler de oluşur.

Ayrışma ve taşınma neticesi, değişik karst zonlarındaki dolguların bileşimi ve görünümü giderek değişir. İncelenen maden yataklarının başlıca metalleri olan çinko, kurşun ve demirin farklı jeokimyasal özellikleri, ayrışma ve çözülüp tekrar depolanma sırasında, bu metallerin oksidasyon minerallerinin ayrılmasına ve değişik zonlarda yoğunlaşmasına neden olur.

Diğer yandan ilksel cevherleşmelerin ayrışması, çözülmesi ve detritik karst dolgusunun çimento şeklinde tekrar çökmesi, daha zengin cevherleşmelerde oluşturmaya elverişlidir (GINSBURG, 1966).

Sonuç olarak, Aladağ bölgesindeki çinko-kurşun cevherleşmelerinin, karstlaşmaya uğrayan kireçtaşlarını stratigrafik veya tektonik üzerleyen kayalar serilerinden veya bunların içerdiği ilksel cevherleşmelerden taşınmayla oluştuğunu kabul ediyoruz. Mineralizasyon olayı, Tersiyer sırasında, nap tektoniğinden sonra, olasılıkla birkaç safhada, litolojisi ve stratigrafisi farklı kireçtaşlarında meydana gelmiştir. Cevherleşmeler arasında paleocografik bağlantı ve genelde, cevherleşme ile karstlaşma arasındaki temel ilişkiden hareketle, ROUVIER (1971) tarafından «metacoritizasyon» olarak adlandırılan bir sürecin (dış-kökenli olaylarla yeniden taşınma ve depolanma) mineralizasyona neden olduğu tahmin edilmektedir.

KATKI BELİRTME

Aachen Teknik Üniversitesi Mineraloji ve Maden Yatakları Enstitüsünde yapılan bir doktora çalışmasının bazı bölümlerini içeren bu araştırmalar, M.T.A. Enstitüsü ve KAYSERİ ÇİNKÜR İşletmeleri tarafından desteklenmiştir. Bizden hiç bir yardımı esirgemeyen ÇİNKÜR Maden İşletmeler Müdürü İlhan Mollamustafaoğlu'nun, bölgede bütün deneyimleriyle ve yönlendirici tartışmalarla çalışmalarımıza katkısı büyüktür. ÇİNKÜR Maden Arama Müdürü Cemil Alp'in ve Aladağ İşletmesi yöneticileri Yavuz Özgür ile Hüsnü Akyol'un teknik yardımlarının, arazi çalışmalarımızın verimliliğindeki payları büyüktür. Adı geçen kişi ve kuruluşlara teşekkürü borç biliriz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- BARNES, H.L., ve CZAMANSKE, G.K., 1979, Solubilities and transport of ore minerals; BARNES, H.L., ed, Geochemistry of hydrothermal ore deposits de: Wiley, New York.
- BERNARD, A.J., 1971, Metallogenic processes of intra-karstic sedimentation: 8. Int. Sed. Congress, «Ores in Sediments», Heidelberg, 43-58.
- , 1977, Quelques réflexions sur la genèse des gisements du type «Vallé du Mississippi» Sciences de la Terre, 21, 3, 271-302.
- BINGHAM, F.T., PAGE, A.L., ve SIMS, J.R., 1964, Retention of Cu and n by H-Montmorillonit: Soil Sci. Soc. Am. Proc., 28, 351.
- BLUMENTHAL, M.M., 1952, Das taurische Hochgebirge des Aladag, neuere Forschungen zu seiner Geographie, Stratigraphie und Tektonik: M.T.A. yayını, seri: D, 136 s.
- CADEK, J., MALKOVSKY, M., ve SULCEK, Z., 1968, Geochemical significance of subsurface waters for the accumulation of ore components: XXIII. Int. Geol. Cong., 6, 161-168.
- ÇEVİRİM, M., 1984, Die Zink-Blei-Vererzungen des Aladag-Gebietes/Türkei mit Betrachtungen zur Paläokarstentwicklung: Doktora tezi, Aachen, 184 s.
- EL AREF, M.M. ve AMSTUTZ, G.C., 1984, Lead-zinc deposits along the Red Sea coast of Egypt, New observations and genetic models on the occurrences of Um Geigh, Wizr, Essel and Zug El Bohar: Monog. Ser. Min. Dep., 21, 110 s.
- FUCHS, Y., 1976, A propos de quelque exemples de relations entre altérations et concentrations métallifères (Pb, Zn, Cu, U, Ba, Sr, F...) dans la domaine épicontinental: Bull. Soc. géol. France, 7, XVIII, 1, 91-94.
- GINSBURG, I.I., 1966, Karst und Erzbildung: Zeitschr. f. angew. Geol., 12, 2, 67-71.
- HARDER, H., 1975, Synthese von Zink-Montmorin (Smectit) unter Oberflächenbedingungen: Die Naturwissenschaften, 62, 517.
- HAYNES, S., ve MOSTAGHEL, M.A., 1982, Present-day precipitation of lead and zinc from groundwaters: Min. Dep., 17, 213-228.
- HEYL, A.V., LANDIS, G.P., ve ZARTMANN, R.E., 1974, Isotopic evidence for the origin of Mississippi Valley-Type mineral deposits: A review: Econ. Geol., 69, 992-1006.
- IMREH, L., 1965, Zamanti metal cevherleşmesi bölgesinin kurşun-çinko mineralizasyonları: M.T.A. Dergisi, 65, 92-118.
- KRAUSKOPF, K.B., 1955, Factors controlling the concentrations of thirteen rare metals in seawater: Geochim. Cosmochim. Acta, 9, 1.
- LAGNY, Ph., 1975, Le gisement plumbo-zincifère de Salafossa (Alpes italiennes orientales): Remplissage d'un paléokarst triassique par des sédiments sulfurés: Min. Dep., 10, 345-361.
- METAG ve STOLBERGER ZINK, 1971, Zamanti çinko-kurşun, projesi, nihai rapor: Maden sahalarının jeolojisi, mineraloji-paleontoloji ekleri: D.P.T. Müsteşarlığı, 177 Sayfa.
- METZ, K., 1956, Ein Beitrag zur Kenntnis des Gebirgsbaues von Aladag und Karanfil Dagi und ihres Westlandes (Kilikischer Taurus): M.T.A. Derg., 48, 68-78.
- MÜLLER, D., 1982, Mineralparagenese und Aufbereitarbeit der Blei-Zink-Erze des Zamanti-Distrikts/Zentralanatolien/Türkei: Doktora tezi, RWTH Aachen, 146 s.
- OHMOTO, H., RYE, R.O., 1979, Isotopes of sulfur and carbon; BARNES, H.L., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits de: Wiley, New York.

- ÖZGÜL, N., 1976, Torosların bazı temel özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 19, 65-78.
- RICOU, L.E., 1980, Toroslar'ın Helenidler ve Zagridler arasındaki yapısal rolü: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 101-118.
- ROBERTS, W.M.B., 1967, Sulfide synthesis and ore genesis: Min. Dep., 2, 188-199.
- SMIRNOV, S.S., 1954, Die Oxidationszone sulfidischer Lagerstätten: Akademie Verlag, Berlin, 312 s.
- TEKELİ, O., 1980, Toroslarda, Aladağların yapısal evrimi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 11-14.
- VACHE, R., 1964, Die Blei-Zink-Lagerstätte am Bakirdağ im Antitaurus (Provinz Kayseri): M. T.A. Derg., 62, 91-102.
- , 1966, Zur Geologie der Varisziden und ihre Lagerstätten im südanatolischen Taurus: Min. Dep., 1, 30-42.
- VOHRYZKA, K., 1966, Zur Geologie und Metallogeneese des Gebietes zwischen Yahyalı (Kayseri) and Zamanti-fluß: M.T.A. Derg., 67, 97-104.
- WEDEPOHL, K.H., 1953, Untersuchungen zur Geochemie des Zinks: Geochim. Cosmochim. Acta, 3, 93-142.
- , ed., 1978, Handbook of Geochemistry: Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- WIPPERN, J., 1964, Toros boksitleri ve bunların tektonik durumu: M.T.A. Derg., 58, 47-70.

Yazının Geliş Tarihi : 11.4.1985

Yayına Verildiği Tarih : 25.1.1986