

OVACIK (Tavşanlı-Kütahya) FLUORİT YATAĞININ JEOLJİSİ VE OLUŞUMU

Geology and Genesis of Fluorite Deposit of Ovacık (Tavşanlı-Kütahya)

İsmet ÖZGENÇ

D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

ÖZ: Tersiyer yaşlı epi-mezotermal fluorit yatağı Ovacık yöresindeki Üst Kretase yaşlı allohton kireçtaşları içinde oluşmuştur. Kireçtaşları dışındaki litolojik birimlerde cevherleşme yoktur. Cevherleşme zonu boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluoritin yoğunlaştığı kesimlerde daha belirgindir. Yatakta sülfid mineralizasyonu gelişmemiştir. Fluorit oluşumu Gediz-Simav grabenine paralel BKB-DGD doğrultulu genç bir fayla ilişkilidir. Bu faya bağlı olarak KB, KD ve D-B doğrultulu makaslama ve genişleme kırıkları oluşmuştur. Cevherleşme bu kırık sistemleri ile denetlenen erime boşlukları içinde boşluk dolgusu ve daha az oranda damar dolgusu şeklinde gelişmektedir.

Yataktaki esas cevher minerali fluorittir. Esas gang minerali ise kalsittir. Daha az oranda barit ve kuvars görülür. Cevherleşme, erime boşlukları içinde fluorit-kalsit şeklinde gelişen simetrik bantlı yapı gösterirken, damarlarda asimmetrik bantlı yapı görülür. Fluoritli dolgular dışında, genellikle genişleme kırıkları içinde gelişen birkaç küçük monomineralik barit damarı da saptanmıştır.

Yatakta saptanan mineral parajenezi oldukça fakir olup, sıvı kapanım çalışmaları sonucu iki parajenetik evre ayırtlanabilmektedir.

Mezotermal Evre: Mor fluorit + kuvars + yeşil fluorit + barit

Epitermal Evre : Kahverengi kalsit + pembe fluorit + beyaz kalsit.

Fluorit, barit, kalsit ve kuvars minerallerinde yaklaşık 100 adet sıvı kapanımda mikrotermometrik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler iki fazlı (gaz+sıvı) ve tek fazlı (sıvı) birincil kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Ortalama homojenleşme sıcaklıkları mor fluoritler için 270 °C, kuvars için 254 °C, yeşil fluoritler için 243 °C, barit için 219 °C, kahverengi kalsit için 206 °C, pembe fluoritler için 178 °C ve beyaz kalsit için 160 °C olarak bulunmuştur. Fluoritlerde tuzluluk % 7-8 NaCl eşdeğeridir. Monomineralik barit damarlarında ortalama homojenleşme sıcaklıkları 219-241 °C arasında değişmektedir.

Fluoritlerin nadir toprak element (NTE) içerikleri 0,11-5,20 ppm arasında değişmektedir. Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementlerince (HNTE) zenginleşme gösterebildikleri ortaya koymuştur. Tb/La oranları mor fluoritlerin önce kristallendiğini gösterir. Fluorit NTE / Kondirit NTE değerleri, fluoritlerin duraylı bir negatif Ce anomalisine sahip olduklarını göstermiştir. Bu veri hidrotermal sıvıların kaynaktan yüksek oksijen fugasitesine sahip olduklarını gösterir. Önce kristallenen mor fluoritlerde saptanan pozitif Eu anomalisi, hidrotermal sıvıların kireçtaşlarının etkileşimi ile gelişen dolomitleşme sonucu, kireçtaşlarından serbest kalan Eu^{2+} 'un cevherleşme ortamında oksidasyon koşullarının devam etmesi nedeniyle Eu^{+3} e okside olması ile açıklanabilir. Yeşil ve pembe fluoritlerde saptanan negatif Eu anomalisi, hidrotermal sıvıların bünyesinde iki farklı değerlikli Eu'un (Eu^{2+} ve Eu^{+3}) birlikte varlığına işaret eder.

Jeolojik, jeokimyasal ve sıvı kapanım verileri, Ovacık fluorit yatağının, çevrede çok sayıda termal kaynak ve sülfid cevherlemeleriyle karakterize olan Tersiyer hidrotermal sistemlere bağlı olarak oluştuğunu ortaya koyar. En olası gözükülen oluşum mekanizması, yüksek ısıya sahip asit karakterli cevherli eriyiklerin kireçtaşları ile etkileşimi sonucu bünyelerindeki Mg'u bırakarak kireçtaşlarından Ca alması ve pH değerinin de nötrleşmesi ile fluorit oluşumu şeklinde açıklanabilir.

ABSTRACT: Epi-mesothermal fluorite mineralization of Tertiary age occurs in allochthon limestone of Late Cretaceous age. The mineralization is controlled by WNW-ESE trending young faults and related shears and extension fractures. General trends of young faults are parallel to the Gediz - Simav graben system. Some dissolution cavities occurred mainly in shears. Fluorite mineralization occurs in shears and dissolution cavities. Extension fractures are represented by small barite veins. Depositional texture is open space filling and represented by asymmetric banded texture in shears and symmetric banded texture in dissolution cavities.

Fluorite is major ore mineral in the deposit. Calcite is major gangue mineral. Minor gangue minerals are barite and

quartz. No sulfide mineralization have been observed in the deposit.

The host rock is limestone. Dolomitization of wall rock is common and locally intense where fluorite mineralization is dominant.

Two paragenetic stages have been distinguished.

Mesothermal stage: Purple fluorite - quartz-green fluorite - barite.

Epithermal stage: Brown calcite - pink fluorite - white calcite.

Microthermometric measurements on nearly 100 two phase (1+v), phase (1) primary inclusions, yielded mean homogenization temperature of 270 C° for purple fluorite, 254 C° for quartz, 243 C° for green fluorite, 219 C° for barite, 206 C° for brown calcite, 178 C° for pink fluorite and 160 C° for white calcite. The salinity of fluorite ranges from % 7-8,1 equ iv .wt. of NaCl. The mean homogenization temperature of monomineralic barite veins range between 219-241C°:

The REE content of fluorites are slightly variable, ranging from 0,11 to 5,20 ppm. Ce/Yb ratios reflect the dominant trend of light REE enrichment. The purple fluorite has a lower Tb/La ratio which is indicative for earlier crystallization. Relatively higher Tb/La ratios of green and pink fluorite indicate a sequential crystallization after purple fluorite. Chondrite normalized plots and REE ratios reveal persistent negative Ce anomalies indicating high oxygen fugacities at the source area. Positive Eu anomaly of purple fluorite indicates the release of Eu⁺² during dolomitization limestone and oxidation to Eu⁺³ at deposition site and subsequent incorporation in the purple fluorite. Negative Eu anomalies of green and pink fluorite indicate the presence of divalent Eu in the hydrothermal fluids.

The geologic, geochemical and fluid inclusion data support deposition in Tertiary hydrothermal system which is characterized by sulfide mineralization and too many thermal springs around the fluorite deposit. The most likely depositional mechanism is believed to be an increase in the pH of the ore bearing fluids upon interaction with limestone which resulted in the fluorite deposition.

GİRİŞ

Fluorit birçok maden yatağında ya cevher minerali ya da gang minerali olarak oluşur. Stratiform kurşun-çinko yataklarında zaman zaman birincil mineral olarak ortaya çıkar. Hidrotermal yataklarda damar tipi fluorit oluşumu yaygındır. Hidrotermal altın, kalay, tungsten ve uranyum yataklarında gang minerali olarak bulunur. Karbonatitlere ve alkali kayalara bağlı olarak çoğunlukla nadir toprak mineralleri ile birlikte esas cevher minerali şeklinde ortaya çıkar. Pegmatitlerde genellikle aksesuar mineral olarak görülür.

Fluoritin esas cevher minerali olarak bulunduğu yataklarda oluşum mekanizmalarının iyi anlaşılması, aynı koşullarda oluşan yeni yatakların veya cevherli zonların saptanmasında yararlı olmaktadır. Fluoritlerin gang minerali olarak bulunduğu yataklarda fluoritin oluşum mekanizmasının iyi bilinmesi, esas cevher minerallerinin oluşumunu kontrol eden süreçlerin ortaya çıkartılmasında önemli bir ipucu olmaktadır. Fluoritler 100-500 C° ısı aralığında oluşabilmektedir. 100-350 C° ısı aralığında oluşan fluoritlerde cevher getirici hidrotermal sıvılar içindeki Ca⁺², Na⁺, K⁺, Mg⁺², Cl⁻, HCO₃⁻, CO₂⁻², SO₄⁻², H₂S, H⁺ ve F⁻ gibi iyonlar fluorit oluşumunu kontrol ederken, Fe⁺³, Sn⁺⁴, Sn⁺², U⁺⁶ ve B⁺³ iyon konsantrasyonlarının yüksek olması fluorit oluşumunu kısıtlamaktadır (Holland, 1967; Richardson ve Holland, 1979). Fluoritler içindeki sıvı kapanımlarda yapılan mikrotermometrik ölçümler ve fluoritlerin NTE analizleri hidrotermal sıvıların kaynağı hakkında önemli ipuçları vermektedir.

Fluorit yataklarının mineralojisi ve yataktaki zonlanmanın ortaya konulması, oluşum mekanizması hakkın-

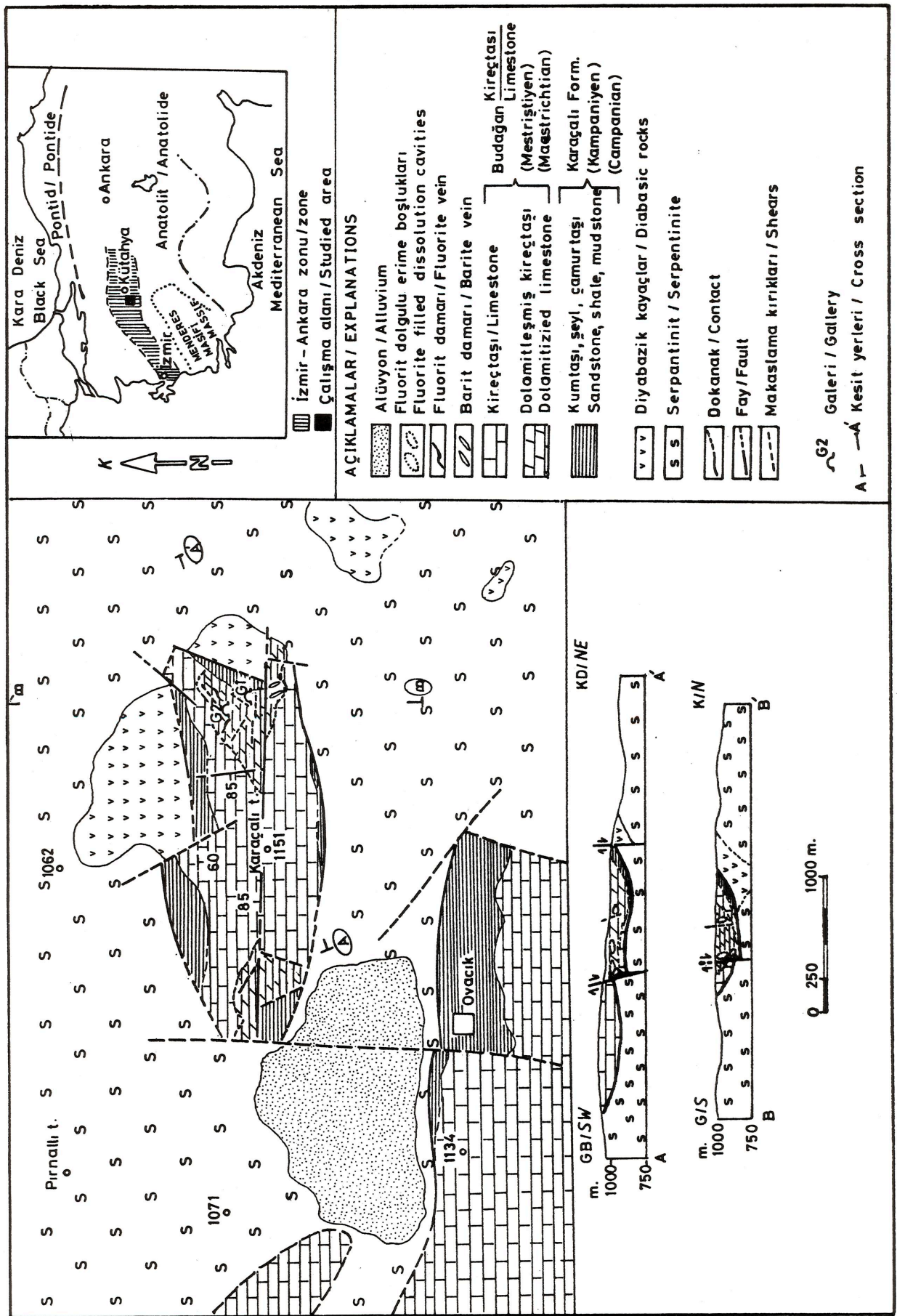
da belirleyici verilerin saptanmasında önemli bir rol oynar. Yataktaki karbonat mineralojisi, feldspatın varlığı veya yokluğu, alterasyon mineralleri ve yan kayalarındaki değişimler, cevher getirici sıvıların Ca/Mg, Na/K ve pH değeri hakkında belirleyici limitlerin yakalanmasındaki en önemli verilerdir. Birçok fluorit yatağına ev sahipliği yapan yan kayacın çoğunlukla kireçtaşı olması, cevherli sıvıların Mg/Ca oranının üst sınırı ile pH değerinin alt sınırı konusunda ayırtman olmaktadır.

Batı Anadolu'da Miyosen ve sonrası genç tektonizmaya bağlı olarak gelişen magmatik kayalarla birlikte birçok yörede oluşan sülfid yataklarında görülen önemli gang minerallerinden biri fluorittir. Fluoritin esas cevher minerali olarak bulunduğu Ovacık fluorit yatağı hiç sülfid minerali içermez. Yatak ekonomik anlamda fazla bir öneme sahip değildir. MTA Genel Müdürlüğüne yapılan çalışmalarla %51 CaF₂ tenörlü 6.000 ton görünür+muhtemel ve 22.500 ton jeolojik rezerv saptanmıştır (Sündal, 1969). Ancak yatak jeolojik açıdan ilginç özellikler gösterir.

Bu çalışmanın amacı jeolojik, jeokimyasal ve sıvı kapanım verilerinden yararlanarak Ovacık fluorit yatağının oluşum mekanizmasına bir yaklaşım yapmak ve elde edilen bulguları sunmaktır.

BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanı Brinkmann(1966) tarafından tanımlanan Kretase yaşlı "İzmir-Ankara" zonunun doğu ucunda, Kütahya'nın batısında yer alır(Şekil 1). Bölge genel jeolojik anlamda birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir(Kalafatçıoğlu, 1962; Brinkmann, 1966; Kaya, 1972, 1988, 1990; Bingöl, 1976, 1977; Akdeniz ve Konak, 1979; Yılmaz, 1981; Baş, 1983; Üşümezsoy, 1987;



Şekil. 1 Ovacık yöresi jeoloji haritası

Figure. 1 Geologic map of Ovacık area

Şengün ve diğr. 1990). Tavşanlı-Kütahya yöresi maden yatakları yönünden de birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur. Nebert(1962) yöredeki kömür yataklarının jeolojik incelemesini yapmıştır. Eğrigöz masifi çevresindeki kurşun-çinko yatakları Gümüş(1964) ve Dora (1969) tarafından, Muratdağı çevresindeki antimon yatakları Erler(1979) ve Gökçe(1993) tarafından ayrıntılı incelenmiştir.

Çalışma alanı çevresinde temeli Menderes masifinin metamorfik kayaları oluşturur. Permo-Karbonifer yaşlı sığ deniz karbonat fasiyesi ile belirgin Paleozoik, genellikle Alt Triyas yaşlı ankimetamorfik birimler içinde olistolitler şeklinde izlenir(Bingöl, 1976). Alt Jura karasal ve denizel fasiyeste olup, Üst Jura-Alt Krete se genellikle karbonat fasiyesindedir(1976, 1977). Bölgedeki ofiyolitlerin yerleşim yaşı Kaya(1972) tarafından Triyas, Bingöl(1977) ve Yılmaz(1981) tarafından Orta-Üst Krete se olarak verilmiştir. Çalışma alanı yakın çevresindeki Eğrigöz masifinin yaşı radyometrik verilere göre Oligosen(Öztunalı, 1973), Muratdağı-Baklan granitinin yaşı, Paleosen-Eosen, Karacahisar volkanitlerinin yaşı ise Orta-Üst Miyosen(Bingöl, 1977) olarak verilmektedir.

YÖRESEL JEOLJİ

Ovacık fluorit yatağı Kütahya iline bağlı Tavşanlı ilçesinin 7 km batısında yer alır (Şekil. 1) Çalışma alanında temeli yoğun serpantinleşmiş ofiyolitler oluşur. Ofiyolitler lav yapıları içeren diyabazik lav akıntularını ve daykları kapsarlar. Başlıca kumtaşı, şeyl ve çamurtaşı birimlerinden yapıları Kampaniyen yaşlı karaçalı formasyonu, kendi üzerine uyumsuzlukla gelen Mestristiyen yaşlı Budağan kireçtaşı ile birlikte tektonik dokanıkları serpantinileri üstler (Kaya, 1972, 1990).

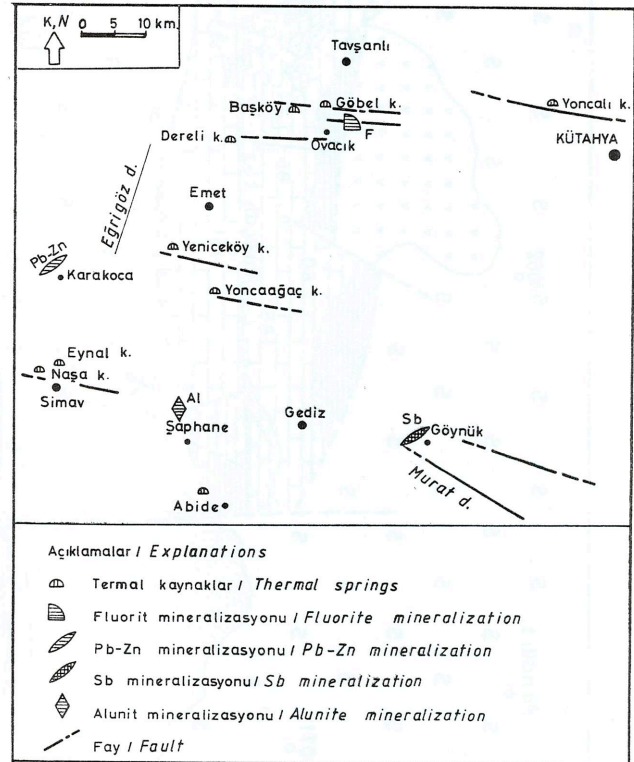
Çalışma alanının genel tektonik yapısı K-G, KB-GD ve KD-GB yönlü kuvvetlerle şekillenmiştir (Bingöl, 1976, 1977). Buna bağlı olarak, çalışma alanı yakın güneyinde bulunan BKB-DGD yönlü Gediz - Simav grabenine paralel olarak gelişen düşey faylar, çalışma alanındaki genç yapısal unsurları oluşturur. Ovacık yöresinde fluorit cevherleşmesini denetleyen ana fay K 85° B ve 85° KD eğimli Karaçalı fayıdır. Bu faya bağlı olarak gelişen D-B, KD ve KB doğrultulu makaslama ve KB doğrultulu genişleme kırıkları kireçtaşlarını yoğun şekilde etkilemiştir. Bu kırık sistemlerinin kendisi ve bunlar içinde oluşan erime boşlukları cevher yerleşimi için uygun ortamı yaratmıştır.

Gediz-Simav grabeninden başlayarak kuzeye doğru sistematik biçimde gelişen BKB-DGD doğrultulu faylar boyunca çok sayıda termal kaynaklar oluşmuştur (Şekil. 2). MTA Genel Müdürlüğü'nce bölgedeki jeotermal alanların belirlenmesine yönelik çalışmalarda, yörede sıcaklığı 180-230 C° olan bir jeotermal akışkanın varlığı belirlenmiştir (Şener ve Gevrek, 1986; Demirel, 1991).

FLUORİT CEVHERLEŞMESİ

Ovacık yatağında esas cevher minerali fluorittir. Esas gang minerali ise kalsitir. Daha az oranda barit ve kuvars görülür. Yatakta sülfid mineralizasyonu saptanmamıştır. Fluorit cevherleşmesi Karaçalı fayının doğu ve batısında görülür. Batıdaki cevherleşme eko-

nomik değildir. Ekonomik fluorit cevherleşmesi, kırık sistemlerinin daha fazla geliştiği doğu kısmında bulunur (Şekil. 1). Cevherleşme zonu batıya doğru, Karaçalı tepenin doğu yamacında görülen K 10° B ve 85° GD eğimli fay ile sınırlanmıştır. Cevherleşmenin doğu sınırı K 20 D doğrultulu düşey bir fay ile belirlenir. Cevherleşme zonunun uzunluğu kesintili olarak 500 m ve derinliği 100 m dir. Fluorit cevherleşmesi 30-60 metreler arasında yoğunlaşmıştır. Fluorit oluşumu baskın olarak erime boşlukları içinde simetrik bantlı boşluk dolgusu şeklinde ve daha az olarak makaslama kırıklarında asimetrik bantlı damar dolgusu şeklinde gelişmektedir (Şekil. 3). Erime boşlukları, baskın olarak Karaçalı fayına paralel kırık sistemleri içinde bir dizi boşluk zinciri şeklinde gelişmiştir. Erime boşlukları yaklaşık oval şekilli olup küçük eksenleri 0,50-1,50 m ve büyük eksenleri 2,00-3,00 m arasında değişir. Yatakta fluorit damarlarından ancak iki tanesi önemlidir. Bunlardan 2 no'lu galerinin batısında K 70° B doğrultulu ve 80° GB eğimli olan damardır. Bu damarın uzunluğu 30 m. dir ve kalınlığı 15-25 cm arasında değişir. Diğeri ise 2 no'lu galerinin doğusunda bulunan K 70° D ve 30° GD eğimli damardır. Bu damarın uzunluğu 35 m. olup kalınlığı 30-40 cm. arasında değişir. Cevherleşme alanı içinde görülen monomineralik barit filonları, K 30° B doğrultulu genişleme kırıklarında gelişir. Kalınlıkları 10-20 cm. olup uzunlukları max. 1,50 m. dir. Ekonomik anlamda küçük ve önemsizdirler.



Şekil. 2 Ovacık fluorit yatağı çevresindeki termal kaynaklar ve sülfid cevherleşmeleri

Figure. 2 Thermal springs and sulfide mineralization around the Ovacık fluorite deposit

Cevherleşme yalnızca kireçtaşları içinde gelişmektedir. Çalışma alanı içindeki diğer litolojik birimlerde cevherleşme gözlenmemiştir. Cevherleşmeye ev sahipliği yapan kireçtaşlarında cevherleşme zonu boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluorit cevherleşmesinin yoğunlaştığı kesimlerde daha yoğundur.

Yatakta saptanan parajenez oldukça fakir olup sıvı kapanım çalışmaları sonucu iki parajenetik evre ayırtlanabilmiştir. Bu evrelerin ayırtlanmasında Lindgren (1933) tarafından önerilen sıcaklık sınırları esas alınmıştır. Parajenez katılan mineraller ve oluş sırası şöyledir:

Mezotermal Evre: Mor fluorit + kuvars + yeşil fluorit + barit.

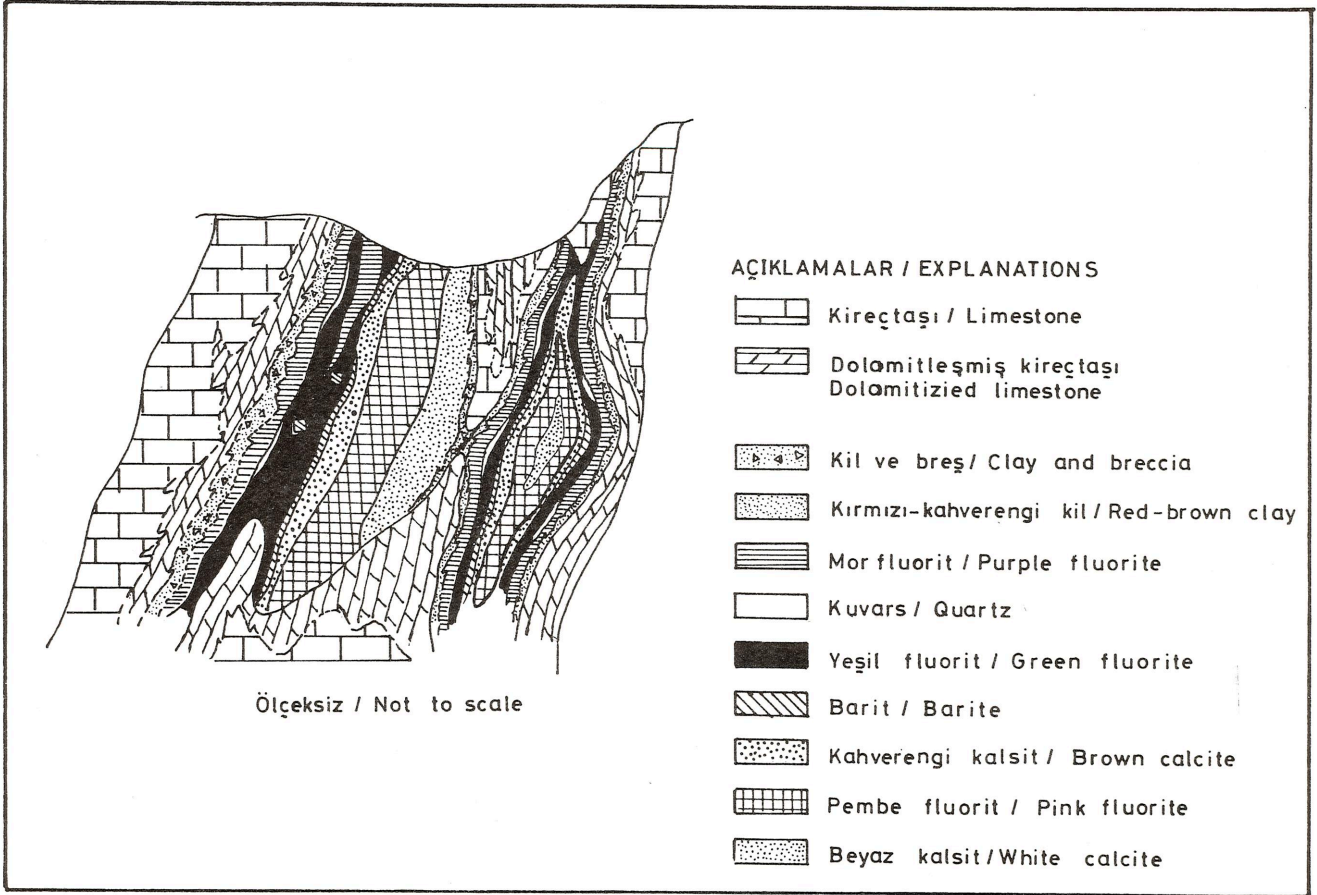
Epitermal Evre: Kahverengi kalsit + pembe fluorit + beyaz kalsit (Şekil. 4). Barit, iki evre arasında geçiş minerali konumundadır.

Gerek erime boşlukları gerekse de damarların dolguları mor, yeşil, ve pembe fluorit türlerinin her üçünü de içermektedir. Damarların tavan çeperlerinde kil ve küçük, köşeli kireçtaşı çakıllarından yapılabir breş zonu gözlenir. Buna karşın erime boşluklarının çeperlerinde kırmızı-kahverengi bir kil zonu görülür. Küçük kristalli (1-2 mm) ve 5-10 cm. kalınlıktaki mor fluorit bantı ile başlayan cevherleşme, küçük kristalli (1-2 mm) ve 2-3 cm. kalınlıktaki kesikli kuvars bantı ile devam eder.

Buna daha büyük kristalli (3-4 mm) ve 5-10 cm. kalınlıktaki yeşil fluorit bantı izler. Yeşil fluorit bantı içinde seyrek olarak 1-2 cm. boyutlarındaki barit kristalleri görülür. Yeşil fluoritleri, orta kristalli (3-6 mm) ve 4-5 cm. kalınlıktaki kesikli bir barit bantı izler. Büyük kristalli (5-10 mm) ve 5-10 cm. kalınlıktaki kahverengi kalsitler sürekli bir bant oluşturur. Kahverengi kalsitleri büyük kristalli (7-12 mm) pembe fluoritler 25-40 cm. kalınlığında bir bant oluşturarak izler. Pembe fluorit oluşumundan sonra başka fluorit gelişi olmaksızın, büyük kristalli (1-4 cm) beyaz kalsitler zaman zaman 50 cm.'ye varan kalınlıkta bir bant oluşturarak cevherleşme dönemini kapatır. Damarlar içinde gelişen bu asimetrik bantlı yapı, erime boşlukları içinde simetrik bantlı yapı şeklinde görülür. Bazı küçük erime çepelerinde yalnızca kalsit-pembe fluorit şeklinde izlenen bantlaşma, cevherleşme esnasında da erime boşluklarının oluşumunun devam ettiğini düşündürmektedir. Mikroskobik çalışmalar ve arazi gözlemleri cevherleşmeden sonra herhangi bir faylanma ve kırılanmanın gelişmediğini göstermiştir.

CEVHERLEŞMENİN YAŞI

Ovacık fluorit yatağı Üst Kretase yaşlı alloktan kireçtaşları içinde oluşmuştur. Cevherleşme, Gediz-Simav grabenine paralel BKB-DGD doğrultulu genç Karaçalı fayı ile denetlenmektedir. Tavşanlı-Kütahya



Şekil. 3 Erime boşluklarında ve damarlarda gelişen simetrik ve asimetrik bantlı dolgular

Figure. 3 Symmetric and asymmetric banded fills in dissolution cavities and veins

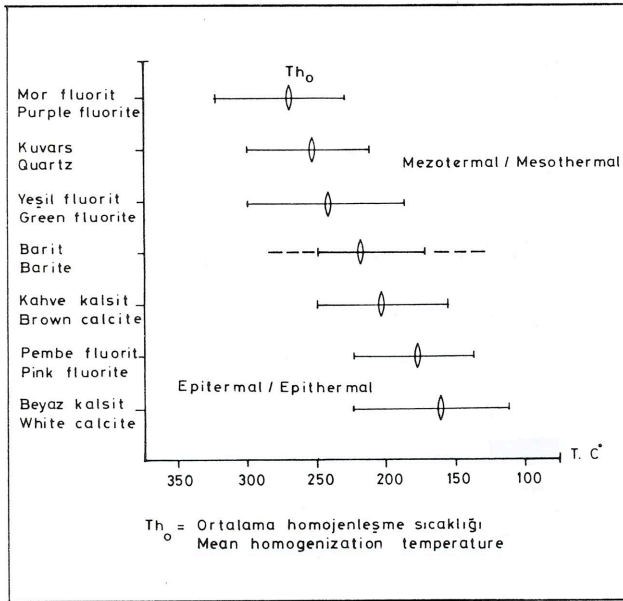
yöresindeki asit karakterli volkanitlerin yaşı Orta Üst Miyosen olarak verilmektedir (Bingöl, 1977; Ercan, 1979). Diğer taraftan yöredeki asit sokulumların yaşı da Paleosen-Orta Miyosen olarak belirtilmektedir (Bingöl, 1976, 1977; Öztunalı, 1973). Asit karakterli yüzey ve derinlik kayalarıyla temsil edilen bu Tersiyer yaşlı mağmatik faaliyet yöredeki hidrotermal cevherleşmelerin de kaynağıdır. Bu nedenle Ovacık fluorit cevherleşmesinin yaşı üst Miyosen veya sonrası olabilir.

SIVI KAPANIM ÇALIŞMALARI

Sıvı kapanım çalışmaları esas olarak fluoritler ile kalsit, barit ve kuvars gibi gang minerallerinde yapılmıştır. Mikrotermometrik ölçümler için MTA Genel Müdürlüğüne, MAT Daire Başkanlığı Laboratuvarlarında bulunan 600 C° kapasiteli ve iki amaçlı ısıtma-soğutma tablası kullanılmıştır. Ölçümler Roedder (1983) tarafından tanımlanan kriterlere göre seçilen birincil kapanımlarda yapılmıştır. Fluorit oluşumu sığ derinliklerdeki boşluklarda dolgu şeklinde geliştiğinden, ölçümlere ait basınç düzeltmeleri ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle ölçülen homojenleşme sıcaklıkları, oluşum sıcaklıklarına eşittir.

Ölçümler, yaklaşık 100 adet iki fazlı(sıvı+gaz) ve birincil kökenli sıvı kapanımlarda gerçekleştirilmiştir. Bunların yanı sıra tek fazlı(sıvı) kapanımlara da rastlanmıştır. Mor ve yeşil fluoritler baskın olarak iki fazlı kapanımlar içerirken, pembe fluorit, barit, kalsit ve kuvarslar baskın olarak tek fazlı kapanımlar içermektedir.

Mor fluoritlerin homojenleşme sıcaklıkları $Th=230-325$ C° arasında değişmekte olup ortalama değer



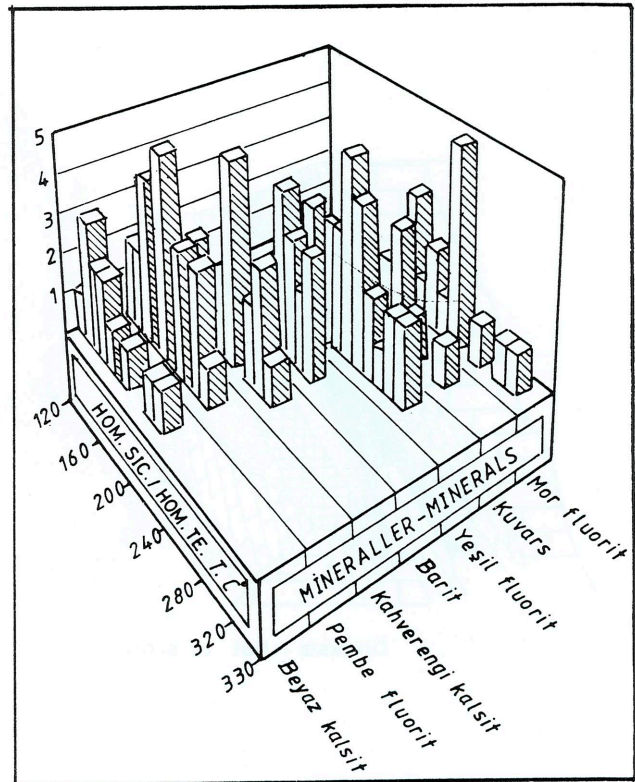
Şekil 4 Ovacık fluorit yatağında saptanan parajenetik evreler ve süksesyon (Barit iki evre arasında geçiş minerali konumundadır)

Figure 4 Paragenetic stages and succession of Ovacık fluorite deposit (Barite occupies an intermediate position between two stages)

$Th=270$ C° dir (Şekil 4 ve 5). Bu fluoritlerde tuzluluk % 8.1 NaCl eşdeğeridir. Kuvarslarda $Th=210-300$ C° arasındadır ve $Th=254$ C° dir. Yeşil fluoritlerde $Th=187-300$ C° arasında değişir ve $Th=243$ C° dir. Bu fluoritlerde tuzluluk % 7.9 NaCl'e eşdeğerdir. Baritlerde $Th=172-250$ C° arasında değişir ve $Th_0=219$ C° bulunmuştur. Kahverengi kalsitlerde $Th_0=154-249$ C° arasındadır ve $Th_0=206$ C° dir. Pembe fluoritlerde $Th=138-225$ C° arasında değişir ve $Th_0=178$ C° dir. Bu fluoritlerde tuzluluk %7-8 NaCl'e eşdeğerdir. Beyaz kalsitlerde $Th=123-225$ C° arasında değişir ve $Th_0=160$ C° dir.

Monominerallik barit filonlarında ortalama homojenleşme sıcaklıkları $Th_0=219-241$ C° arasında değişmektedir.

Sıvı kapanım çalışmaları, fluorit cevherleşmesine neden olan hidrotermal sıvıların orta derecede bir tuzluluk oranına sahip olduğunu ve cevherleşmenin mezotermal evrenin erken fazlarında başlayarak epitermal evrenin geç fazlarına kadar devam ettiğini göstermektedir. Fluoritlerin tuzluluk oranlarında cevherleşmenin sonuna kadar bir duraylılık görülmekle birlikte, ilk oluşan mor fluoritlerin göreceli olarak daha yüksek bir tuzluluk oranına sahip oldukları söylenebilir.



Şekil 5 Fluoritlere ve gang minerallerine ait homojenleşme sıcaklıkları histogramı

Figure 5 Histogram of homogenization temperatures of fluorites and gangue minerals

FLUORİTLERİN NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ (NTE) JEOKİMYASI

Fluoritlerin NTE analizleri XRAL-Kanada laboratuvarlarında "ICP" yöntemi ile yapılmıştır. Ölçüm sınırları Eu ve Lu için 0,05 ppm, diğer elementler için 0,1 ppm düzeyindedir. Ölçüm hassasiyeti \pm %5 civarındadır. Standart olarak CANMET-SY-2(Standards' Department of Canadian Government) standardı kullanılmıştır. Fluoritlerin Ca analizleri D.E.Ü. Jeoloji Bölümü Laboratuvarında atomik absorpsiyon yöntemiyle yapılmıştır.

Fluoritlerin NTE içerikleri 0,11-5,20 ppm arasında değişmektedir(Tablo 1). Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementlerince(HNTE) zenginleşme gösterdiklerini belirtir. Bu zenginleşme mor fluoritlerden pembe fluoritlere doğru azalır. Fluorit oluşumu anında Terbiyum(Tb) ve Lantanyum(L) yoğun bir ayırılmanmaya uğrar. Bu nedenle Tb/La ve Tb/Ca oranları, oluşum ortamlarının ve ayırılma derecesinin belirlenmesinde kullanılabilir (Schneider ve diğ. 1975., Möller ve diğ. 1976; Möller ve Morteani, 1983). NTE bileşiklerinin farklı denge alanlarına sahip olmalarının bir sonucu olarak, ilk kristallenen fluoritler La bakımından zengin, Tb bakımından fakirdirler ve bu nedenle düşük Tb/La oranına sahiptirler. Fluorit kristalizasyonunun devam etmesi halinde, hidrotermal sıvılar içinde derişmiş flor hızla tüketilir ve bunun sonucu olarak da Tb F⁺² ve diğer NTE bileşikleri bozunur. Bu sırada La'un büyük bir kısmı kullanıldığından, son kristallenen fluoritler Tb bakımından zenginleşir ve yüksek Tb/La oranına sahip olurlar.

Tb/Ca oranları da oluşum ortamını belirlenmesinde

kullanılabilmektedir(Möller ve Morteani, 1983). Oluşum ortamının bir fonksiyonu olarak fluoritlerde NTE derişimi, Ca derişimine bağlı olarak değişmektedir. Yüksek Tb/Ca oranları pegmatitlerde, düşük Tb/Ca oranları sedimanter fluoritlerde görülür. Hidrotermal fluoritlerde Tb/Ca oranları orta değerlerdedir.

Ovacık yatağında, mor fluoritlerde saptanan düşük Tb/La oranı bunların kristallendiğini gösterir(Tablo 1). Yeşil ve pembe fluoritlerde saptanan Tb/La oranları göreceli olarak mor fluoritlerden yüksektir. Bu veriler, mor fluorit oluşumunu yeşil fluoritlerin izlediğini ve en son olarak da pembe fluoritlerin kristallendiğini belirtir. Bu sonuç, sıvı kapanımlardan elde edilen oluşum sıcaklıklarına bağlı olarak parajenezdeki minerallerinin oluşumunu desteklemektedir.

Her üç fluorit örneğine ait Tb/La ve Tb/Ca oranları, Möller ve Morteani (1983) tarafından önerilen diyagrama taşındığında, bunların hidrotermal alana düştükleri görülmüştür(Şekil 6). Fluoritlerin Tb/La oranları normal bir ayırılma gidişine paralel olarak kristallenme sırasına göre belirgin bir artış göstermektedir.

Ovacık fluoritlerine ait Ce/Ce* ve Eu/Eu* oranları (Tablo 1) Ce ve Eu'un olabilecek anomali büyüklüklerine bir yaklaşım yapmak amacıyla hesaplama yoluyla bulunmuştur. Ce* değerleri, La ve Sm'un normalize değerlerinden, Eu* değerleri de Tb ve Sm'un normalize değerlerinden ekstrapolasyon yoluyla hesaplanmıştır. Ovacık fluoritleri duyarlı bir negatif Ce anomalisi göstermektedir(Şekil 7). Bu veri hidrotermal sıvıların kaynakta yüksek oksijen fugasitesine sahip olduklarını gösterir. Bunun sonucu olarak Ce⁺³, okside olarak Ce⁺⁴ şeklinde kaynak ortamında kalmakta ve fluoritlerde ne-

ÖRNEK (SAMPLE)	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Ce/Yb	REE	Ce/Ce*	Eu/Eu*	Tb/La	Tb/Ca	Ca
Mor fluorit (Purple fluorite)	2,8	5,2	2,2	0,98	0,6	1,0	0,14	5,2	12,92	0,65	1,1	0,214	1,26.10 ⁶	475700
Yeşil fluorit (Green fluorite)	1,7	3,2	2,4	0,84	0,7	1,1	0,13	2,91	10,07	0,51	0,85	0,412	1,50.10 ⁶	465500
Pembe fluorit (Pink fluorite)	1,5	2,9	2,6	0,80	0,8	1,3	0,11	2,23	10,01	0,42	0,80	0,533	1,75.10 ⁶	458000
Kondirit- Cl* (Chondrite -Cl)	0,244	0,632	0,153	0,058	0,0374	0,166	0,0254							
Örnek/Kondirit (Sample/Chondrite)														
Mor fluorit (Purple fluorite)	11,5	8,3	14,37	16,90	16,0	6,0	5,5							
Yeşil fluorit (Green fluorite)	7,0	5,0	15,70	14,50	18,70	6,6	5,1							
Pembe fluorit (Pink fluorite)	6,2	4,6	15,90	13,80	24,0	7,8	4,3							

* Cl Kondirit değerleri Palme ve diğ. (1981) ' den alınmıştır.

Cl Chondrite values, after Palme et al. (1981)

Tablo. 1 Ovacık fluoritlerine ait nadir toprak elementleri (NTE) analizleri (ppm)

Table. 1 REE analyses (ppm) of Ovacık fluorites.

gatif Ce anomalisi ortaya çıkmaktadır.

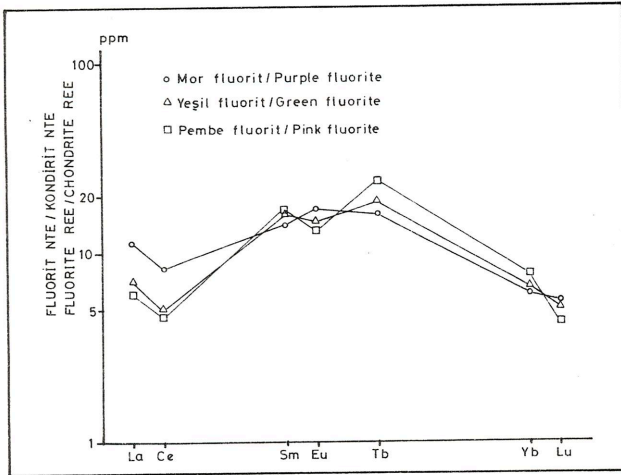
İlk oluşan mor fluoritlerde belirgin pozitif Eu anomalisi saptanmıştır. Büyük olasılıkla bunun nedeni, cevher getirici eriyiklerin kireçtaşları ile etkileşimi sonucu gelişen dolomitleşme anında Eu^{+2} 'un ortamdan alınması ve sıvılarla cevherleşme ortamına taşınmasıdır. Oksidasyon koşullarının cevherleşme ortamında devam ediyor olması sonucu Eu^{+2} , Eu^{+3} şeklinde okside olarak aynı anda fluorit içinde yerini almaktadır.

Yeşil ve pembe fluoritler zayıf bir negatif Eu anomalisi verirler(Şekil 7). Bu veri, Eu^{+2} 'un ortamda halen var olduğunu ve mor fluoritlerin oluşumundan sonra ortamda düşük oksijen fugasitesinin geliştiği belirtir. Eu^{+2} 'un büyük iyonik yarıçapa sahip olması nedeniyle, fluorit içindeki Ca tarafından tutulması olanaksızdır. Bu nedenle negatif Eu anomalisi gelişmektedir. Bu suretle ortamda iki farklı değerlikli Eu'un(Eu^{+3} ve Eu^{+2}) varlığı ortaya çıkmaktadır. Bunun birkaç nedeni olabilir:

- Fluorit cevherleşmesi anında hidrotermal sıvıların oksijen fugasitesinin sulfat-sülfid redox dengesine yakın olması halinde, önemli miktarda Eu^{+2} ve Eu^{+3} ortamda birlikte bulunabilmektedir(Sverjensky, 1984).

- Diğer taraftan NTE sulfat bileşiklerinin oldukça duyarlı olması ve Eu^{+2} ile Ba^{+2} 'un eşit iyonik yarıçapları nedeniyle baritler tipik olarak her zaman pozitif Eu anomalisi verirler. Ovacık fluorit yatağında mor fluoritlerden hemen sonra yeşil fluorit bantları içinde az da olsa görülmeye başlayan barit oluşumu ve fluorit cevherleşmesi dışındaki monomineralik barit damarlarının varlığı, Eu^{+2} 'un barit tarafından tutulmuş olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle yeşil fluoritlerde pozitif Eu anomalisi gelişmemiş olabilir. Pembe fluoritlerde negatif Eu Anomalisinin devam etmesi, bunların oluşumundan önce Eu^{+2} bakımından zengin bir fazın(barit mineralizasyonu) varlığını destekler.

Ovacık fluoritlerine ait fluorit NTE/kondirit NTE diyagramında(Şekil 7), fluoritlerin ne HNTE ne de ANTE bakımından önemli bir zenginleşme göstermedikle-



Şekil. 6 Ovacık fluoritlerine ait Tb/La-Tb/Ca diyagramı

Figure. 6 Tb/La versus Tb/Ca diagram of Ovacık fluorites

ri açıkça görülmektedir. Diğer taraftan fluoritlerde saptanan duyarlı ve orta değerdeki tuzluluk(%7-8 NaCl'e eşdeğer) oranı da göz önüne alındığında, fluorit oluşumuna neden olan hidrotermal sıvıların ileri aşamada evrim geçirmiş olduğu söylenebilir. Tb/La oranlarında büyük farklar olmaması, fluoritlerin hemen hemen aynı zamanda oluştuğunu düşündürür.

YATAĞIN OLUŞUMU

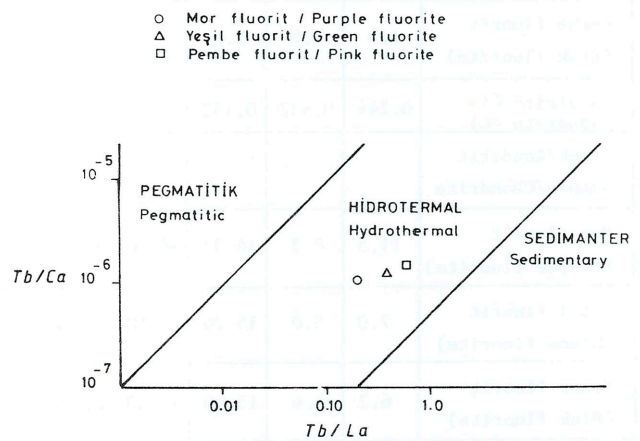
Ovacık fluoritlerinden elde edilen ortalama homojenleşme sıcaklıkları, fluoritlerde belirgin bir zonlanmanın varlığını göstermiştir. Bu zonlanma damarlarda asimetric bantlı yapı şeklinde ortaya çıkarken, erime boşlukları içinde simetric bantlı yapı şeklinde görülür. İlk olarak mor fluoritler, sonra yeşil fluoritler ve en son olarak da pembe fluoritler oluşur. Bu oluş sırası NTE analizleriyle ortaya çıkan Tb/La oranları ile de belirgindir. Fluoritlerde saptanan tuzluluk, cevher getirici eriyiklerin düzenli ve duyarlı bir bileşime sahip olduklarını belirtir.

Cevherleşme zonu boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluorit cevherleşmesinin yoğunlaştığı kesimlerde daha yoğundur. Çalışma alanı içindeki diğer litolojik birimlerde cevherleşme görülemez. Tb/La ve Tb/Ca oranları, fluoritlerin hidrotermal kökenli olduğunu gösterir. Sıvı kapanım verileri, cevherleşmenin epizotermal evrelerde geliştiğini ortaya koymuştur.

Hidrotermal fluorit yataklarının üç değişik mekanizma ile oluşabileceği ileri sürülmüştür(Holland, 1967; Richardson ve Holland, 1979). Bunlar:

- Cevher getirici eriyiklerin ısı ve/veya basıncının düşmesi,
- Farklı kimyasal bileşim ve tuzluluktaki eriyiklerin karışması,
- Hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi şeklinde belirtilmektedir.

Ovacık fluorit yatağından elde edilen jeolojik, jeo-kimyasal ve sıvı kapanım verileri, yukarıda belirtilen



Şekil. 7 Ovacık fluoritlerine ait FLUORİT NTE/KONDİRİT NTE diyagramı

Figure. 7 FLUORITE REE/CHONDRITE REE diagram of Ovacık Fluorites

ilk iki oluşum mekanizmasının geçerli olamayacağını göstermektedir. Sıvı kapanım verileri (ortalama homojenleşme sıcaklıkları (170-270 °C arasında ve tuzluluk % 8-10 NaCl' eşdeğer) basit soğuma mekanizması ile fluorit oluşumunu desteklemektedir. Diğer taraftan basınç düşmesiyle fluorit oluşumu da mümkün görülmemektedir. Çünkü basınç düşmesiyle oluşacak fluorit miktarı, ısı düşmesiyle oluşacak fluorit miktarından azdır (Richardson ve Holland, 1979). Doğal olarak hidrotermal sıvılar yukarı doğru yükselirken iç basınçları azalır. Deneysel çalışmalar 250-300 °C arasındaki sıcaklıklarda basıncın 1642 atm.'den 43,3 atm.'e düşmesiyle fluoritin sudaki çözünürlüğünün 16,2 mg.'dan 13,0 mg CaF₂/kg. H₂O'a düştüğünü göstermiştir. (MacDonald ve North, 1974). Diğer bir deyişle basınçtaki büyük düşmeye rağmen fluorit çözünürlüğündeki azalma oldukça küçüktür. Diğer taraftan basınç düşmesiyle kalsit ve barit gibi gang minerallerinin çözünürlüğü de azalmaktadır (Holland, 1967). Ancak ovacık fluorit yatağında cevherleşmenin en yoğun olduğu derinlik 30-60. metreler arasındadır ki bu da 5-6 atm. (hidrostatik gradyan) bir düşmeyi ifade eder. Bu nedenle Ovacık yatağında ne fluoritin ne de önemli miktarlardaki kalsit ve barit gibi gang minerallerinin oluşumunu basınç düşmesiyle açıklamak zorlaşmaktadır.

Farklı kimyasal bileşim ve tuzluluktaki iki veya daha fazla sıvının karışması ile fluorit oluşum mekanizması da Ovacık yatağı için geçerli değildir. Yataktaki fakir parajenez ve fluoritlerdeki % 7-8 oranındaki duraylı tuzluluk, herhangi bir karışımın mümkün olmadığını göstermektedir.

Hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi sonucu fluorit oluşum mekanizması, Ovacık fluoritlerinin oluşumu için en uygun mekanizma olarak gözükmektedir. Yan kayaç konumundaki kireçtaşlarında gözlenen dolomitleşme, flor'un çözeltiler içinde MgF₂ ve Ca F₂ bileşiklerinde taşındığını göstermektedir. Diğer taraftan hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi pH'nı değişmesine neden olur. Buna bağlı olarak cevherli eriyikler içindeki Ca ve Mg derişimleri de değişir. Fluoritin asit çözeltilerdeki çözünürlüğü fazladır. pH'nı asitten nötr değerlere değişimi fluorit çözünürlüğünü azaltmaktadır. Deneysel çalışmalar, 200 °C sıcaklıkta % 2 NaCl içeren çözeltide, pH'nı 3'ten 5'e değişmesiyle fluorit çözünürlüğünün 104 mg'dan 63 mg CaF₂/Kg. H₂O'a düştüğünü göstermiştir (Richardson ve Holland, 1979). Bundan başka asit karakterli hidrotermal sıvıların kireçtaşları ile etkileşimi sonucu pH ve oksijen fugasitesi sabitleşmektedir (Holland, 1965).

Hidrotermal sıvılarda fluoritin çözünürlüğü Ca ve/veya Mg derişimlerinin artmasıyla artar (Richardson ve Holland, 1979). Ca ve/veya Mg minerallerinin oluşmaya başlamasıyla da fluorit çözünürlüğü azalır ve bunun sonucu olarak fluorit oluşabilir. Hidrotermal sıvıların kireçtaşları ile etkileşimi sonucu meydana gelen dolomitleşmesi de fluorit oluşumuna neden olmaktadır. Herne kadar MgF₂, CaF₂'a göre daha dengeli ise de Mg derişiminin azalması ve aynı oranda Ca derişiminin artması, fluorit oluşumuna neden olmaktadır. Örneğin, 200 °C sıcaklıkta 0.3 mol. Ca ve 0.08 mol. Mg içeren bir çözelti kireçtaşı ortamına girdiğinde bünyesindeki Mg'u bı-

rakarak, kireçtaşından Ca alır (katyon değişimi). Bu değişim, m_{Ca}=0.35 m. ve m_{Mg}=0.03 m. olana kadar devam eder (Richardson ve Holland, 1979). Bu etkileşim sonucu fluoritin çözünürlüğü 45.4'ten 36 mg. CaF₂/kg H₂O değerine düşer. Bunun sonucu olarak 9.4 mg fluorit ve 9.2 gr. dolomit oluşabilmektedir.

Ovacık fluorit yatağında yan kayacın dolomitleşmesi ve esas gang minerali olarak kalsitin oluşması fluorit cevherleşmesinin, hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi sonucu Mg derişiminin azalması ve Ca derişiminin artması ve pH'nın da nötrleşmesi ile oluşabileceğini düşündürmektedir. NTE analizleri ve sıvı kapanım çalışmaları ile elde edilen veriler bu oluşum mekanizmasını desteklemektedir. İlk oluşan mor fluoritlerde görülen pozitif Eu anomalisi ve % 8.1 civarındaki nispeten yüksek tuzluluk, hidrotermal sıvıların yan kayaç arasındaki etkileşimin varlığını desteklemektedir.

SONUÇLAR

Ovacık epi-mezotermal fluorit yatağı yöredeki Üst Kretase yaşlı alloktan kireçtaşları içinde oluşmuştur. Kireçtaşları dışındaki litolojik birimlerde cevherleşme yoktur. Cevherleşme boyunca görülen hafif dolomitleşme, fluoritin yoğunlaştığı kesimlerde daha yükündür. Yataкта sülfid mineralizasyonu gelişmemiştir. Fluorit oluşumu BKB-DGD doğrultulu genç bir fayla ilişkilidir. Bu faya bağlı olarak KB, KD, D-B doğrultulu kırık sistemleri gelişmiştir. Cevherleşme baskın olarak bu kırık sistemleriyle denetlenen erime boşlukları içinde boşluk dolgusu ve daha az oranda damar dolgusu şeklinde gelişmektedir.

Fluoritlerde izlenen sıvı kapanımlar genelde iki fazlıdır (sıvı + gaz). Fluoritlerde saptanan ortalama homojenleşme sıcaklıkları 170-270 °C arasında değişmektedir. Cevherleşmede iki parajenetik evre ayırtlanmıştır.

Fluoritlerin NTE içerikleri hafifçe değişkendir. Tb/La ve Tb/Ca oranları fluoritlerin hidrotermal kökenli olduğunu ve mor fluoritlerin önce kristallendiğini, yeşil ve pembe fluoritlerin de sonra kristallendiklerini göstermiştir.

Ce/Ce* ve Eu/Eu* oranları fluoritlerin duraylı negatif Ce anomalisine sahip olduklarını belirtir. Bu veri hidrotermal sıvıların kaynağında yüksek oksijen fugasitesinin varlığını belirtir. Fluoritlerde hem negatif ve hem de pozitif Eu anomalisi saptanmıştır. Pozitif Eu anomalisi, yan kayaçla hidrotermal sıvıların arasındaki etkileşimi gösterir ve Eu⁺² un cevherleşme ortamında oksidasyona uğradığını belirtir. Negatif Eu⁺² anomalisi Eu⁺² un ortamdaki varlığının devam ettiğini gösterir. Ce/Yb oranları fluoritlerin hafif nadir toprak elementleri yönünden zenginleşme gösterdiklerini yansıtır. Ancak ne hafif nadir toprak elementleri ne de ağır nadir toprak elementleri fluoritler içinde yüksek derişim göstermezler. Bu durum fluoritlerde saptanan duraylı tuzluluk (% 7-8 NaCl'e eşdeğer) oranları da göz önüne alındığında, fluorit cevherleşmesine neden olan hidrotermal sıvıların ileri aşamada evrim geçirmiş olduklarını ortaya koyar.

Ovacık fluorit yatağının, hidrotermal sıvıların yan kayaçla etkileşimi sonucu Ca derişimlerinin artması ve buna bağlı olarak pH'nın da nötrleşmesi şeklinde gelişen bir mekanizma sonucu oluştuğu söylenebilir.

KATKI BELİRTME

Yazar, sıvı kapanım çalışmalarının gerçekleştirilmesinde her türlü olanağı sağlayan MTA Genel Müdürlüğü MAT Daire Başkanı Dr. Evren Yazgan'a ve Servis Şefi Dr. Jerf Asutay'a teşekkür eder. Yazar sıvı kapanım ölçümlerinde her türlü yardım ve katkılarından ötürü Dr. Zeynep Ayan'a özel teşekkür borçludur. Yazar ayrıca NTE analizlerinin yapılmasında yakın ilgilerini gördüğü XRAL-Kanada yöneticilerine teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdeniz, M. ve Konak, N. 1979, Simav-Emet-Tavşanlı Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi: MTA rap. no. 6547., Ankara.
- Baş, H., 1983, Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya yörelerinin Tersiyer jeolojisi: MTA rap. no. 7293, Ankara.
- Bingöl, E., 1976, Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi: MTA Derg., 86, 14-34, Ankara.
- Bingöl, E., 1977, Muratdağı jeolojisi ve ana kayalar birimlerinin petrolojisi: TJK Bült., c. 20, s. 2, 13-66, Ankara.
- Brinkmann, R., 1991 Geotektonische gliederung von Westanatolien: N. Jb. Geol. Pal. Mh., 603-618
- Demirel, Z., 1991, Kütahya-Tavşanlı Göbel kaplıcası koruma alanları incelemesi: MTA, Derleme no. 9127., Ankara.
- Dora, Ö., 1969, Karakoca granit masifinde petrolojik ve metalojenik etüdü: MTA Derg., 73, 10-26, Ankara.
- Ercan, T., 1979, Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması: Jeol. Müh., 9, 23-46, Ankara.
- Erler, A., 1979, Karakoca (Simav-Kütahya) kurşun yatağı kükürt izotoplarının incelemesi: TJK Bült., c. 22, s. 1, 117-120, Ankara.
- Gümüüş, A., 1964, Important lead-zinc deposits of Turkey: Symposium on Mining Geology and the Base Metals., CENCO., 155-168, Ankara.
- Gökçe, A., 1993, Hidrotermal maden yataklarının köken ve oluşum koşullarının araştırılmasında kararlı izotoplar jeokimyası incelemeleri ve Türkiye'den örnekler: 46. Türkiye Jeol. Kurultayı., Bildiri özleri, 46., Ankara.
- Holland, H.D., 1965, Some applications of thermochemical data to problems of ore deposits: Econ. Geol., 60, 1101-1166.
- Holland, H.D., 1967, Gangue minerals in hydrothermal deposits. In: Geochemistry of hydrothermal ore deposits., H.L., Barnes (Ed.), Holt, Reinhart and Winston Inc., USA.
- Kalafatçıoğlu, A., 1962, Tavşanlı-Dağardı arasındaki bölgenin jeolojisi ve serpantin ile kalkerlerin yaşı hakkında not: MTA Derg., 58, 38-46., Ankara.
- Kaya, O., 1972, Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri: TJK Bült., c. 15, s. 1, 2-108., Ankara.
- 1988, A possible Early Cretaceous thrust origin for the North Anatolian Fault: METU Jour. P.A. Sc., 21, 105-126., Ankara.
- 1990, Constraints on the age, stratigraphic and structural significance of ophiolitic and adjoining rocks in the western parts of Turkey: An alternative structural-stratigraphic classification: IESCA Proceedings., v. II, 193-209., İzmir.
- Lindgren, W., 1933, Mineral deposits: Mc Graw Hill Inc.,

New York., 930 p.

- McDonald, R.W. ve North, N.A., 1974, The effect of pressure on the solubility of CaCO_3 , CaF_2 and SrO_4 in water: Con. J. Chem., 52, 3181-3186.
- Möller, P. ve Morteani, G., 1983, On the geochemical fractionation of rare earth elements during the formation of Ca minerals and its application to problems of the genesis of ore deposits in Augustiths. In: S.S. (Ed.), The significance of trace elements in solving petrogenetic problems and contraversies: Theophrastus Pub., p. 747-791., Athens.
- Möller, P., Parekh, P.P. and Schneider, H.J., 1976, The application of Tb/Ca, Tb/La abundance ratios to problems of fluorspar genesis: Min. Deposita., v. 11, 111-116.
- Nebert, K., 1962, Serpantin kitleleri arasına sıkışmış bir Neojen bloğuna misal olmak üzere Alabarda (Tavşanlı) linyit bölgesi MTA Derg., 58, 31-37., Ankara.
- Öztunalı, Ö., 1973, Uludağ (Kuzeybatı Anadolu) ve Eğrigöz (Batı Anadolu) masiflerinin petrolojileri ve jeokronolojileri: İÜFF. Monog., 23, 115 s, İstanbul.
- Palme, H., Suess, H.E. ve Zeh, H.D., 1981, Abundances of the elements in the solar system. In: Landolt-Bornstein Group VI: Astronomy, Astrophysic, Extension and Supplement 1, Subvolume a (ed. in chief, K.H. Hellwege), pp. 257-272, Springer-Verlag., Berlin.
- Richardson, C.K. ve Holland, H.D., 1979, Fluorite deposition in hydrothermal systems: Geochim. et Cosmochim. Acta., 43, 1327-1335.
- Roedder, E., 1983, Origin of fluid inclusions and changes that occur after trapping: Mineralog. Assoc. Canada., Short Course Handbook., 2nd ed., v. 6, 101-137.
- Schneider, H.J., Möller, P. ve Parekh, P.P., 1975, REE distribution in fluorites and carbonate sediments of the east Alpine mid Triassic sequences in Nordliche Kalkalpen: Min. Deposita., 10, 330-344.
- Şener, M. ve Gevrek, A.I., 1986, Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları: Jeol. Müh. Derg., 28, 43-50., Ankara.
- Şengün, M., Keskin, H., Akçagören, F., Altun, I., Sevin, M., Akat, U., Armağan, F., ve Acar, Ş., 1990, Kastamonu yöresinin jeolojisi ve paleotetis'in evrimine ilişkin jeolojik sınırlamalar: TJK Bült., c. 33, s. 1, 1-16., Ankara.
- Üşümezsoy, Ş., 1987, Kuzeybatı Anadolu yığışım orojeni-Paleotetis'in batı kenet kuşağı: TJK Bült., c. 30, s. 2, 53-62., Ankara.
- Yılmaz, Y., 1981, Sakarya kıtası güney kenarının tektonik evrimi: İstanbul Yerbilimleri., c. 1, s. 2, 33-52., İstanbul.