

Bulancak Sfaleritlerinde Eser Element Dağılımına ve Renge Etkiyen Etmenler

Factors controlling trace element distribution and colour of Bulancak Sphalerites

ÖMER AKINCI *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara*

ÖZİ Dofu Kamdente Cevher Zonu içinde yeralan bakirli ve piritli zuhurların yapısal kontrol altında oldukları bilindiklerinden Bulancak güneyindeki Sülfid damarlarının hem yapısal özelliklerini hem de sfaleritlerdeki eser element miktar ve dağılımını araştırmak amacıyla Darıköy - Tekmezar yöresinin ayrıntılı jeolojisi incelenerek elektron mikrogrub analizleriyle F, Mn ve Cd miktarları saptanmıştır,

Tapılan çalışmalar manganezce zengin sfaleritlerin bölgede KB-GD, demir ve kadmiyumca zengin sfaleritlerin ise KD-GB yönlü bir zon boyunca» ki bunlar bölgedeki egemen iki kırık sisteminin yönleridir, yer aldıklarını göstermiştir. Siyaha kadar koyulukta renkli sfaleritlerin düşük demir yüzdeleri, sfaleritin rengi ile içerdiği miktarı arasında doğrudan doğruya bir bağlantının olmadığı ortaya koymaktadır»

ABSTRAKT; As the copper and pyrite deposits of the Eastern Pontus ore province are known to be structurally controlled, structural characteristics of the sulphide veins and the Fe, Mn and Cd content and the distribution of these elements in sphalerites of Southern Bulancak area (Giresun, Turkey) were investigated by means of detailed geological studies and electron microscope analysis.

It is shown that Krich sphalerites lie on a NW-SE trending zone while Fe, trending zone. These trends correlate with two dominant fracture systems in the area. The low Fe-Content of the dark brown/black coloured sphalerites show no direct relationship between the colour and the iron content.

GİRİŞ

İnceleme konusu olan sfalerit örnekleri Bulancak güneyinde yer alan Danköy, Tekmezar, Küçükdere, İnce ve Yayımlık köyleri civarında bulunan sülfid damarlarından toplanmıştır. İncelenen sahadaki egemen kırık sistemi, birçok çalışmacılar tarafından ortaya konmuş olan KB*GD ve KD-GB yönlü Dofu pontidler egemen kırık sistemiyle uyumluluk gösterir* Ordu ve Trabzon vilayetleri arasında sahil dalının kırık örneklerini hava fotoğraflarından inceleyen Kronberg (1970) in bulunduğu sonuçlar daha önce elde edilen verileri doğrulamaktadır, Tokel (1973) e göre, KB-GD yönlü faylan oluşturan yapısal hararetler Liyas'da başlayarak zamanımıza kadar devam etmiştir, Schultee - Westrum (1961) Tirebolu civarında günümüzde devam etmekte olan hareketleri ortaya çıkarmıştır. Tekrarlanan yapısal hareketler sonucunda çalışma sahası güneyindeki porfiritik dasit alanında ufak ölçekte de görülen Horst ve Graben yapıları meydana gelmiştir. Eğimleri düşey ile yarı düşey arasında değişen egemen eklem takımları inceleme sahasındaki KB-GD yönlü ana fay ve damarlara ağı yukarı paraleldir ve yönleri Ardahan dereden Küçükgüre deresine doğru tedrici bir değişim gösterir,

Dofu Karadente Cevher bölgesinde pirit cevherleşmesinin KD-GB, bakırların ise KB-GB yönlü kin Wan tercih ettiği (Gümü, 1970), her iki kırık sisteminin kesitli yerlerde bakır zenginleşmesinin olabileceği ileri sürülmüştür (PoUak, 1961),

BULANCAK DAMARLARININ ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanındaki sülfid damarlarının özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- 1, Damarlar, Sarıdiken dere « Küçükdere kavşağından Kuloflu Mahallesi yönünde ulanan 8 km* geniş, 7-8 km* uzun bir cevherlepece Zonu içinde yer alırlar.
- 2, Bu KD-GB yönlü cevherleşme zonu içinde M takriben birbirine paralel damarların egemen doğultusu KB « GD'dur, Damarların genel olarak dizilişleri eşlenik bir damar sistemi görünüşündedir. Yer yer görülen aralıklı aşamalı damarlar da egemen damar doğultusuna paralel dizilirler, inceleme alanında muhtelif büyüklükte, aralı ve aşamalı faylar da görülebilir,
- 3, Hernekadar damarlar aralı ve aşamalı görünüşlü ise de damarların duruş kalınlığı ve mineral topluluğu dikkate alındığında düzenli olmadıkları ortaya çıkar. Merceksel killi, jips ve daralmalar halinde devam eden paralel damar topluluklarının birbirlerine cevherli damarcıklarla bağlandıkları mikro ölçüde el numunelerinde görülmüştür. Ayrıca damarların kesitli me noktalarında zenginleşmeler olmaktadır. Bu duruma bölgesel ölçüde tekrarlanabilir,
4. Breşlenmiş kayaç parçalarının cevherde gimentolandığı damar zonlarında breglenme en olası özellikler-

dendir. Kabuklanma da olağan olarak görülebilir. İnce damarların çoğu kuvars damarlarından ibarettir. Kuvars gang minerali olarak hemen hemen incelenen her numunede içeriklidir.

5. Büyükgüre dere ve Ardahan dere mecrası boyunca mostra veren damarların büyük bir kısmı kalkopirit bakımından zengindir. Bu kalkopiritce zengin zon genel olarak Armutlu tepe - Yomasapağı - Darıköyden geçen araba yolu ile Ardahan dere arasında kalan alanı kapsar. Bu alanda Alt Bazik Seri yaygın bir şekilde porfiritik dasit formasyonu ile örtülüdür. Bu zonun dışında damarlar çok metallidir (Şekil 1).

Sfaleritin Optik Özellikleri

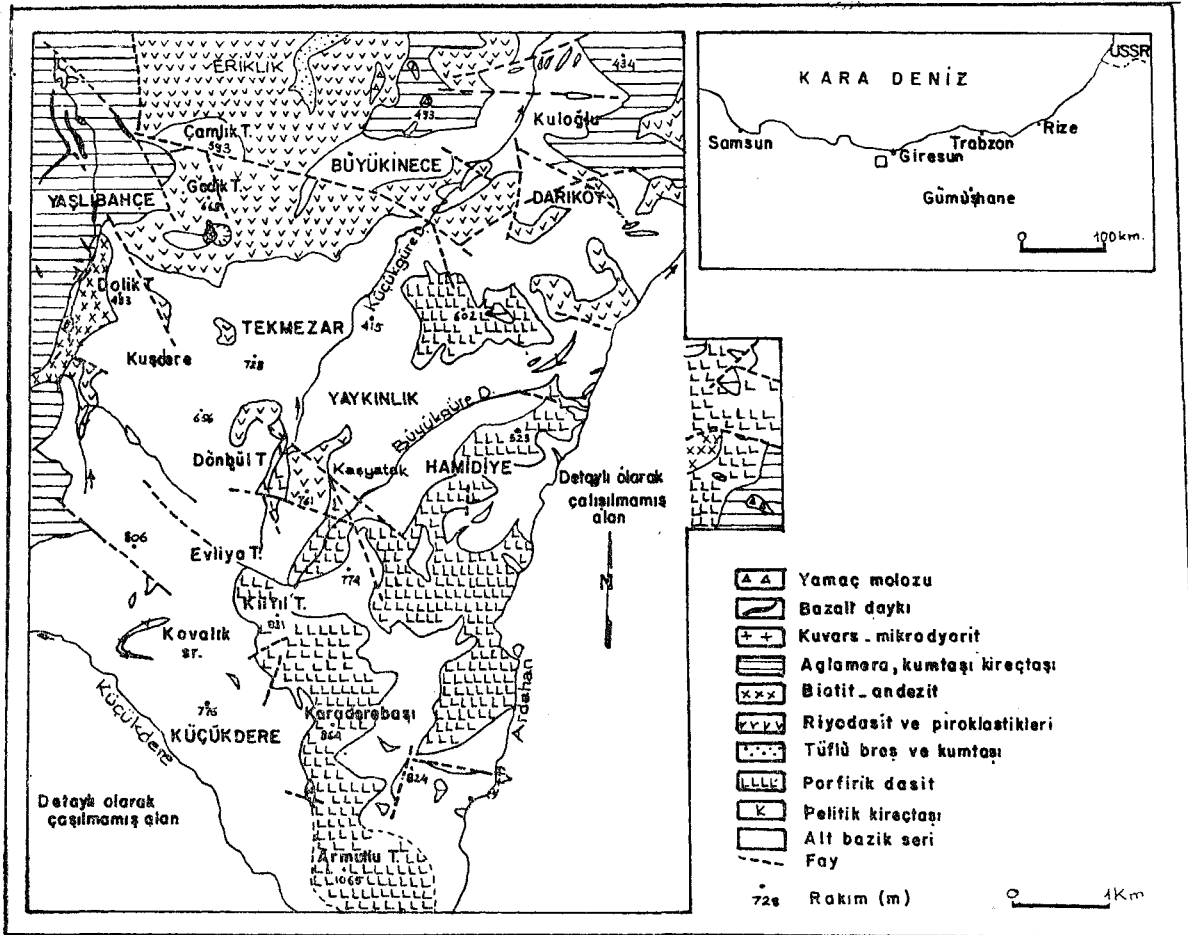
Sfalerit çok metalli damarlarda egemen mineral olup yarı öz şekilli veya şekilsiz taneler, yahut da yenmiş, ornatılmış şekillerde kaba taneli bir dokuya sahip bulunur. Tane büyüklüğü, 50 ile 800 mikron, ortalama olarak 300 ilâ 500 mikron arasındadır. Dilinim çizgileri ve şeritli ikizlenme asitle dağlama yoluyla ortaya çıkarılmıştır. Genellikle ışığı geçirir durumdadır, fakat 0.5 mm. kalınlığındaki iki yüzü parlatılmış kesitlerde bile ışığı geçirmeyen örnekler de bulunmaktadır. Renkleri beyazımsı sandan bal rengine, koyu kahverenginden

siyaha kadar değişir ve kırmızımsı kahverenkli zayıf iç yansımalar gösterir.

Breşlenmiş tanelerin oluşum sonrası kuvars ile çimento-landığı da görülebilir. Parlak kesitlerde incelenen bütün sfalerit örneklerinin oval şekilli kalkopirit ayrıntı damarları, emülsiyon tipli kapanımlar, ayrıntı şeritleri, şeritçik ve ayrılma damarları içerdiği görülmüştür. Bazı örnekler kaba karışmazlık (ummixing) durumundadırlar. Ekseriya galena, tetraedrit - tenantit, limonit, serüsit, dolomit, kovellin ve kuvars damarlarıyla katedilirler.

SFALEKİTLERİN ESER ELEMENT ANALİZM3Rİ

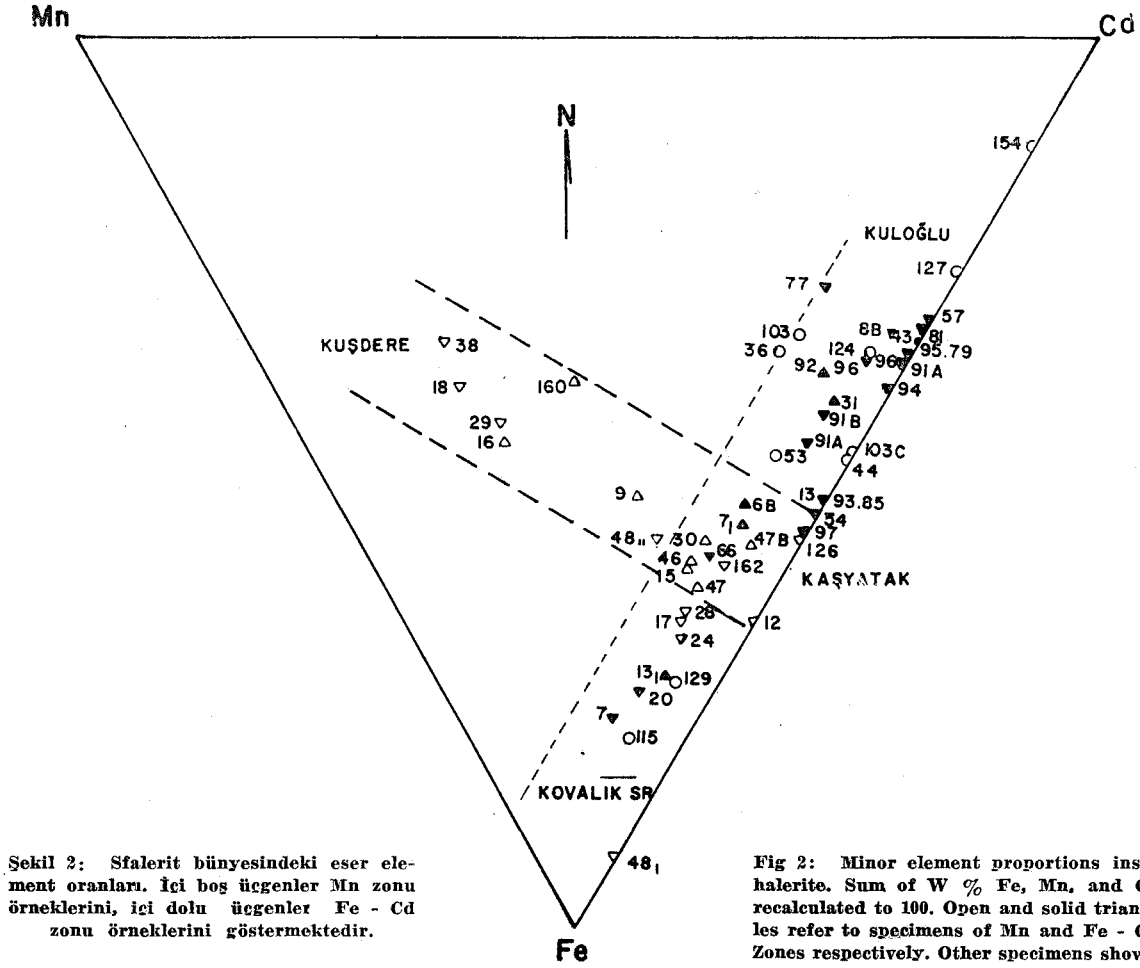
Damar örneklerinden konsantre edilerek hazırlanan sfaleritlerin eser element dağılımı Cambridge-Geoscan Mk. II model elektron mikroprobu ile incelenmiştir. Analiz yöntemi bir başka makalede (Akıncı, 1975) açıklandığından tekrar edilmeyecektir. Analizi yapılacak sfalerit taneleri sentetik reçine içinde kalıplandıktan sonra mikroprob numune taşıyıcısı ölçülerine uygun şekilde 0.5 cm. çapındaki silindirler halinde kesilmiştir. Bu şekilde hazırlanmış 25 değişik numune mikroprob çalıştırma düzeni bozulmadan analiz edilebilmektedir. Ayrıca analiz edilecek yerleri mürekkeple işaretlenmiş, 37 mm. çapındaki standard parlak kesitlerde analizler için kullanıl-



Şekil. 1 _ Darköy_Tekm@zar (Balıncak) Jeoloji HarfJası

Örnek Numarası	Lokasyon	Yükselti (MS)	Zn	S	Fe	Mn	Cd	Sfalent rengi
6 B	SARIDİKEN DERE	660	66.85	32.17	0.51	0.08	0.38	Amber - kırmızımtrak kahverengi
7 (1)	"	595	66.18	32.80	0.72	0.09	0.50	Sarı - açık kahverengi
7 (2)	"	595	64.51	32.75	2.01	0.22	0.40	
30	"	590	66.38	32.66	0.65	0.11	0.39	
31	"	580	66.00	32.70	0.41	0.05	0.54	
8 B	KIŞLA CAMİSİ DERE	690	65.69	32.32	0.49	0.04	0.91	Koyu kahverengi
8 Y	"	690	66.64	32.22	0.70	0.11	0.36	Sarı
28	KOVALIK SR.	780	66.19	32.59	0.92	0.10	0.40	Koyu, kırmızımtrak kahverengi
29	"	625	65.38	32.52	0.97	0.82	0.45	Kırmızımtrak kahverengi
24	KIŞLA MAH.	760	65.38	32.65	1.18	0.12	0.46	
126	YAYKINLIK	570	65.83	32.70	0.74	n.d.	0.57	
9	"	705	65.58	32.71	0.72	0.26	0.41	
12	KORNALI DERE							
	DOĞU YAMACI	565	67.11	31.81	0.93	n.d.	0.49	
13 (1)	KORNALI DERE	585	66.21	32.75	0.64	n.d.	0.59	Koyu kırmızımtrak kahverengi
13 (2)	"	585	66.80	32.37	1.17	0.09	0.37	"
160	"	540	66.22	32.59	0.57	0.46	0.44	
20	"	530	65.62	32.67	1.12	0.11	0.30	
162	"	430	64.76	32.72	1.06	0.11	0.62	
17	KORNALI DERE							
	BATI YAMACI	625	65.98	32.57	1.14	0.12	0.48	Koyu, kırmızımtrak kahverengi
16	"	600	65.66	32.64	0.87	0.67	0.37	
15	"	590	66.21	32.27	0.95	0.15	0.50	"
18	"	540	65.55	32.54	0.83	0.92	0.42	
46/2	ŞİŞPELİT DERE	600						
46/1	"	600	66.30	32.45	0.82	0.14	0.44	Kırmızımtrak, koyu kahverengi
48 (1)	"	505	64.83	32.75	2.28	n.d.	0.20	Koyu kahverengi - siyah
48 (2)	"	505	66.08	32.65	0.78	0.19	0.41	
47	"	540	66.96	32.23	0.52	0.06	0.26	"
47 A	"	530	65.91	32.69	0.68	0.06	0.45	"
54	DAMYATAĞI DERE	525	67.33	32.20	0.34	u.d.	0.30	Açık kahverengi
57	"	365	66.75	32.50	0.24	n.d.	0.52	Kırmızımtrak, koyu kahverengi
53	GEDİK T. BATISI	470	66.69	32.37	0.54	0.09	0.53	Koyu kahverengi - siyah
36	DÖNBÜL T. BATISI	580	67.12	32.25	0.26	0.10	0.38	Koyu kahverengi
37	KUŞDERE	515	66.55	32.62	0.30	0.18	0.42	
38	"	500	66.20	32.00	0.67	0.90	0.37	Koyu kahverengi
44	GONURCA DERE	620	66.24	32.86	0.48	n.d.	0.53	
43	"	580	66.71	32.32	0.31	u.d.	0.60	Kırmızımtrak - koyu kahverengi
42	"	550	67.19	32.15	0.05	0.09	0.20	Kırmızımtrak kahverengi
66 (1)	TAMYANI D (İNECE)	360	65.60	32.70	1.37	0.06	0.39	
66 (2)	"	360	66.30	32.70	0.70	0.10	0.40	Açık, kırmızımtrak kahverengi
77	KÜÇÜKGÜRE D.	180	67.00	32.50	0.20	0.09	0.42	Sarı, açık kahverengi
96	"	160	66.48	32.55	0.40	0.05	0.65	
81	KULOĞLU (KARAYALAK)	280	66.72	32.22	0.37	u.d.	0.75	Amber, kırmızımtrak kahverengi
79	KULOĞLU	280	66.66	32.38	0.39	n.d.	0.68	Sarı, açık kahverengi
85 (1)	SİNEKLİ D. (DARIKÖY)	190	66.27	32.53	1.07	n.d.	0.30	
85 (2)	"	190	66.00	32.55	0.73	n.d.	0.68	Amber, koyu kahverengi
103 C	"	405	66.58	32.55	0.48	n.d.	0.55	
103	"	395	66.79	32.57	0.24	0.09	0.39	
102	DARIKÖ Y	440	66.20	33.00	0.38	n.d.	0.38	
91 A(1)	YK. ÜZÜMLÜK	320	66.29	32.60	0.52	0.06	0.57	
91 A(2)	"	320	66.10	32.59	0.50	n.d.	0.84	Sarı, açık kahverengi
91 B	"	310	66.38	32.65	0.46	0.05	0.57	
93	ORTA ÜZÜMLÜK	270	65.81	32.56	0.70	n.d.	0.65	
92	"	260	66.30	32.64	0.47	0.09	0.68	Kırmızımtrak kahverengi
94	AŞAĞI ÜZÜMLÜK	220	66.20	32.66	0.51	n.d.	0.76	Kahverengi
95	"	170	65.79	32.56	0.66	n.d.	1.18	Amber, kırmızımtrak kahverengi
97	"	160	66.41	32.58	0.67	n.d.	0.53	Amber, koyu kahverengi
115	BÜYÜKGÜRE D.	300	65.12	32.87	1.68	0.12	0.33	
127	ARDAHAN DERE	260	66.37	32.58	0.27	n.d.	0.75	
129	"	245	65.62	32.72	1.02	0.06	0.33	
124	"	165	66.14	32.71	0.34	0.04	0.57	
164	AKKÖY MADENİ		65.98	32.77	0.13	n.d.	0.89	Siyah, koyu kahverengi

Çizelge 1: Sfalerit örneklerinin mikroprob analizleri ve renkleri.



Şekil 2: Sfalerit bünyesindeki eser element oranları. İçi boş üçgenler Mn zonu örneklerini, içi dolu üçgenler Fe - Cd zonu örneklerini göstermektedir.

Fig 2: Minor element proportions in sphalerite. Sum of W % Fe, Mn, and Cd recalculated to 100. Open and solid triangles refer to specimens of Mn and Fe - Cd Zones respectively. Other specimens shown by open circle.

miştir. Bazı özel durumlarda iki yüzü parlatılmış kesitler de (Disc wafers) renk bandlarındaki Mn, Cd, ve Fe değişimini incelerken hem ışığı geçirme hem de geriye yansıtma özelliğinden faydalanmak için hazırlanmıştır. İki yüzü parlatılmış kesitler prob analizleri için, analiz yapılacak alanın hemen altında bol miktarda kalkopirit ayrıntı damarları ve emülsiyon tipli kapanımları içerme olasılığına sahip sfalerit numuneleri için faydalı bulunmuştur.

Değişik damarlardan toplanmış 61 sfalerit örneğinin Zn, Fe, Mn, Cd ve S analizleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere sfaleritlerin Fe, Mn ve Cd miktarları sırasıyla %0.05 - 2.28, %0.04 - 0.92 ve %0.20 - 1.18 arasında değişmektedir.

Eser Element Dağılımına Etki Yapan Etmenler

• % ağırlık olarak Çizelge 1'de verilen Fe, Mn ve Cd değerleri inceleme alanındaki dağılım örneğini görmek üzere, Şekil 2'deki üçgen diğrama aktarılmıştır. Bu elementlerin olağan olarak sfaleritin yapısına girip birim hücre kenarını arttırdıkları bilinmektedir. (Kullerud, 1953; Sorokin et al, 1970).

Şekil 2'den anlaşılacağı üzere ilk bakışta bu elementlerin düzensiz bir şekilde dağıldığı söylenebilir fakat örneklerin

aldığı yerler, yükseltmeler ve homojenleşme ısıları dikkate alınır (Akıncı, 1974) Manganezce zengin sfaleritlerin KB dan (Kuşdere) GD'ya (Kaşyatak) doğru hemen hemen Kaşyatak Fayı'na paralel bir zon boyunca yer aldığı ve Mn değerlerinin KB'dan GE'ya doğru azaldığı söylenebilir. Fe ve Cd bakımından zengin sfaleritlerin ise buna dik bir zonda sıralandığı görülür.

Şurasını belirtmek yerinde olurki bu bariz zonlanma örneği yapısal bir kontrolü gösterecek şekilde KB-GD ve KD-GB yönündeki ana iki kırık sistemine bağlılıkla açıklanabilir. Bununla beraber Eriyiklerin ısı, yükselme kanallarına yakınlık da Fe, Cd ve Manganezin dağılımında egemen kırık sistemleri kadar etkili olmuştur denebilir.

Bazı örneklerde (7, 13, 48) sfaleritin Fe miktarının, prob analizi yapılan bir taneden diğer bir taneye bariz bir şekilde değiştiği saptanmıştır. Böyle numuneler iki zonun kesiştiği yerlerden gelmiş olması dolayısıyla mi yoksa Godovikov ve Ptitsyn (1966) tarafından açıklandığı üzere sfaleritin içerdiği FeS'in eriyiğinin ilksel bileşimine bağlılığından mı ileri geldiği henüz açıklanamamıştır. Yukarıda adı geçen yazarlara göre aynı sıcaklıklarda diğer demir sülfid mineralleri sfaleritle beraber oluşsa bile, hidrotermal yeniden kristalleşme sonucu değişik miktarlarda FeS içeren sfalerit oluşabilir.

Schroll (1953) belli bir elementin miktarın veya bir mineralin yapısına girebilecek iki elementin oranını (1) ısı ve basıncı, (2) bölgesel etmenler, (3) Cidar kayanın ve intrüzif, kayanın tipiyle ilgili etmenlerin etkilediğini ileri sürmüştür.

Bu makalenin yazarı sfaleritin içerdiği demir miktarını etkileyen etmenleri daha önce şöyle özetlemiştir (Akıncı, 1970):

1. "Sugaki and Tashiro (1957) ve Donnay and Kullerud (1958) tarafından açıklandığı üzere kalkopirit ile sfalerit arasındaki katı eriyik etkisi; Sonraki yazarlara göre %10 arasındaki kalkopirit 600° C ZnS bünyesinde çözülerek sfaleritin içerdiği demir miktarını etkiler. Diğer taraftan 500°C'de ZnS in Cu₂S içinde katı eriyik olarak bulunabilme olasılığı ağırlık yüzdesi olarak 1.5, Cu₂S in ZnS içinde katı eriyik olarak bulunabilme olasılığı %0.1'den azdır. (Craig and Kullerud, 1973).
2. Isı; Isı yükseldikçe daha fazla demir çözünür.
3. Kısmi basınç; artan P_e ile birlikte piritinden ziyade pirit sfalerit ile birlikte oluşur.
4. Toplam basınç; Kullerud (1953) deneysel olarak basıncın FeS'in ZnS içinde çözünürlüğünü azalttığını kanıtlamıştır".

Birinci ve ikinci etmenler Bulancak'da sfalerit, pirit ve kalkopirit arasındaki olağan dokusal bağlantıyı sonuçlamıştır. En yüksek Fe ve Mn değerleri cevherli eriyik mecraları olarak görev yapan KB - GD yönlü faylar boyunca yer alan numunelerde içerik olduğundan (Akıncı, 1974) ısı etmeninin bu kırıklar boyunca etkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Genel olarak bütün bu etmenler hidrotermal sistemlerde olağan özelliklerdir.

Renk Bandlarının Eser Element Analizleri

Sıvı kapanım incelemesi için hazırlanmış, iki yüzü parlatılmış bir sfalerit numunesinin beyazımsı sarıdan kırmızısına kadar değişen renk bandlarını içerdiği görülerek prob analizi yapılmıştır. Ortalama Fe, Mn ve Cd miktarları sırayla 300 ilâ 490 ppm., 300 ilâ 520 ppm., 900 ilâ 2500 ppm. olarak bulunmuştur. Analizin ilginç yönü en yüksek Fe ve Cd miktarlarının açık renkli alanlarda bulunmuş olmasıdır. %0.13 Fe içeren Akköy madeni sfaleritinden sıvı kapanımlar incelenmesi için hazırlanan iki yüzü parlatılmış; 0.5 mm. kaim numunenin ışığı hiç geçirmediği görülmüştür.

Sfaleritin Rengi Üzerine Düşünceler

Uzun zamandanberi sfaleritin rengine başlıca demirin etki ettiği ve koyu renklerin yüksek miktardaki demirden ileri geldiği ileri sürülmüştür. Mavi ve kırmızı renk dalga aralığında az miktardaki Co²⁺ iyonundan ileri gelen emilmenin düşük miktarda demir içerik sfaleritlerin sarı rengini verdiği kanıtlanmıştır (Slack et al, 1966, 1967). Renk ayrıca ışığın emilmesi sonucu olarak elektronik geçişmeler (transitions) yüzünden de meydana gelebilir. Örneğin eser miktardaki Fe²⁺ + iyonu mor ve çivit renklerini emerek bunun tamamlayıcısı olan sarı rengi verebilir.

Roedder ve Dwornik (1968) değişik renklerdeki ince bantlı, kolloform bir sfalerit örneğinin elektron mikroprob

ile analiz ederek demirin bu bandlarda %0.2'den 2.9'a kadar çıktığını kanıtlamıştır.

Baker IH (1960) sfaleritteki kalkopirit ayrıntı damlacıklarının renk değişmelerine sebep olduğunu açıklamıştır.

Bu makalenin yazarı (1970) sentetik olarak hazırlanmış, değişen miktarlarda %23.48'e kadar demir içeren sfaleritlerde; demirin sfaleritin rengine olan etkilerini incelemiş göze çarpan bir renk değişiminin olmadığını kantitatif olarak kanıtlamıştır. Renk değişimi ancak saf sfalerit ile en çok Fe içeren sfalerit arasında farkedilebilmektedir.

SONUÇLAR

İnceleme alanındaki sülfid damarları 3 km. geniş, 7 km. uzun, KD-GB yönünde uzanan bir cevherleşme zonunda toplanmıştır. Egemen damar doğrultusu KB-GD dur. Tekmil damar boyunca cevherleşme düzenli değildir. Örgülü sistem olarak da, vasıflandırılabilecek aralı ve aşamalı damarlarda breşlenme olağandır.

Sfaleritlerin Fe, Mn ve Cd analizleri inceleme alanında egemen iki kırık sisteminin yapısal etkilerini ortaya çıkarmıştır. Manganazce zengin sfaleritler KB-GD yönlü, demir ve kadmiyumca zengin sfaleritlerin buna dik yönlü bir zon boyunca yer aldığı kanıtlanmıştır. Hernekadar sfaleritlerin rengi sarıdan siyaha kadar değişmekteyse de, en yüksek demir miktarı %2.28 bulunmuştur ki, bu da demir miktarı ile sfaleritin rengi arasında doğrudan doğruya bir bağlantının olmadığını ortaya koymuştur.

TEŞEKKÜR

Yazar çalışmaları yöneten İngiltere'nin Durham Üniversitesi öğretim görevlilerinden Mr. Phillips'e ve aynı üniversitenin öğretim görevlisi Dr. A. Peckett ve Mr. R. Hardy'e yardımlarından ötürü teşekkürü bir borç bilir.

Bu çalışmalar için NATO araştırma bursunu veren Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumuna teşekkür etmek isterim. Mesai arkadaşların Saym Dr. T. Engin ve I. Hende'nin de makalenin hazırlanmasındaki emekleri dolayısıyla ayrıca teşekkür ederim.

Tavıma verildiği tarih: Ocak 1975

DEĞİNİLMİŞ BELGELER

- Akıncı, Ö., 1970: The effect of iron substitution on the cell size, reflectivity and colour of sphalerite: M.Sc. Thesis, University of Durham, England. Unpublish.
- , 1974: The geology and mineralogy of copper, lead, zinc, sulphide veins from Bulancak, Turkey: Ph. D. Thesis, University of Durham, England. Unpublished.
- , 1975: On the Discovery of Betehtinite in the Bulancak (Giresun-Turkey) sulphide veins: MTA Derg., 85, (Baskıda).
- Baker III, A., 1960: Chalcopyrite blebs in sphalerite at Johnson Camp, Arizona: Econ. Geol., 55, 387-398.
- Barton, P. B., Jr. and Toulmin, P. III., 1966: Phase relations involving sphalerite in the Pe-Zn-S system: Econ. Geol., 61, 815-849.
- Craig, J. R., and Kullerud, G., 1973: The Cu-Zn-S system: Mineral Deposita (Berl.) 8, 81-91.
- Donnay, G., and Kullerud, G., 1958, High temperature chalcopyrite: Carnegie Inst., Wash. Yearbook 57. 246.
- Godovikov, A. A. and Ptitsyn, A.B., 1966: Entry of iron into sphalerite during hydrothermal recrystallization: Dokl. Akad. Nauk SSSR, 166, 102-105.

- Gümüg, A., 1970: Türkiye Metalojenisi: MTA yayın no. 144.
- Kronberg-, P., 1970: Doğu Karadeniz dağlarının (Kuzeydoğu Türkiye) tektoniği hakkında veriler: MTA Derg., 74, 57-65.
- Kullerud, G., 1953: The FeS-ZnS system, a geological thermometer: Norsk. Geol., Tidsskr., 32, 61-147.
- Pollak, A., 1961: Karadeniz sahilinde Giresun vilâyeti dahilinde Lahanos cevher yatakları: MTA Derg., No. 56, 40-52.
- Eoder, E. and Dwornik, E. J., 1968: Sphalerite color banding: Lack of correlation with iron content: Am. Mineralogist, 53, 1523-1529.
- Schroll, E., 1953: **Über Minerale und Spurelemente, Vererzung und Entstehung der Blei-Zink-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth, Kärnten in Österreich:** Mitt, der Österr. Mineral. Gesellschaft, Sonderheft, 2, 1-60. Y.f,hJ
- Schultze-Westurm, H. H., 1961: Das geologische Profil des Aksudero bei Giresin-Ein Beitrag zur NE anatolischen Mineralprovinz; MTA Derg., 51, 63-71.
- Skinner, B. J. et al., 1959: Effects of FeS on the Tjnitcell edge of sphalerite: a revision: Econ. Geol., 54, 1040-1046.
- Black, G. A., et al., 1966: Optical absorption of tetrahedral Fe²⁺ ("d⁸) in cubic ZnS, CdTe, and MgAUO₂: Phys. Rev., 152, 376.
- , 1967: Far infrared optical absorption of Fe²⁺ in ZnS.. Ibid, 155, 170-177.
- Sorokin, V. I., et al, 1970: Variation of the a₀ parameter with the content of iron in sphalerite obtained under hydrothermal conditions: Geochem. Int., 4, 361-363.
- Sugaki, A. and Tashiro, C., 1957: **Thermal studies on the skeletal crystals of chalcopyrite in sphalerite:** Sci. Repts. Tohoku Univ. Ser. III, 5, 293-304.
- Tokel, S., 1973: The stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane Area, North-East Anadolia: Ph. D. Thesis, University Collage London, Dept. of Geology, unpubl.