

KARACAÖREN (SANDIKLI / AFYONKARAHİSAR) BÖLGESİNİN JEOLJİSİ VE PORFİRİ CU CEVHERLEŞMESİNİN KÖKENSEL ARAŞTIRMASI¹

Geology and Related Porphyry Cu Mineralization in Karacaören (Sandıklı / Afyonkarahisar) Area

Samet Sabri AKSU

Prof. Dr. Atike NAZİK

Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ

Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

ÖZET

Yüksek lisans tez kapsamında, Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesi Karacaören köyü içinde ve civarında gözlenen Cu cevherleşmesi jeolojik ve jeokimyasal açıdan değerlendirilmiştir.

Çalışma alanı ve civarında yüzeyleyen volkanik kökenli kayalarda, gözlenen Cu cevherleşmesi kuzeyden güneye doğru hidrotermal alterasyon şeklinde gelişmiştir. Çalışma alanında porfiri cevherleşme açısından önemli olan propillitik, arjilik, ortaç arjilik ve potasik zonlar gözlenmektedir. Propillitik zon, baz metalleri barındıran bir çeper şeklindedir ve kısmen cevherleşmeyi oluşturmaktadır. Esas cevherleşmenin yeri fillik ile potasik zon sınırı boyunca ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak cevher mineralleri pirit, kalkopirit, kalkozit, bornit, kovellin, daha az oranda molibdenit, manyetit ve hematit gözlenmiştir. Kuzey, güney ve merkezi alterasyon zonu saptanmış ve düşük tenörlüdür. Alterasyonların bulunması düşük Cu tenörü ve mineral parajenez açısından değerlendirildiğinde porfiri tip yataklanma şeklinde olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karacaören, hidrotermal alterasyon, volkanik, Cu cevherleşme.

ABSTRACT

In the frame of MSc study, Cu mineralization has been evaluated geologically and geochemically, observed in and around the village of Karacaören in the town of Sandıklı, Afyonkarahisar

Volcanic origin rocks are generally cropping out in and around the study area, Cu mineralization observed in the study area has developed as hydrothermal alteration from North to South. In the study area, propylitic, argillic, intermediate argillic and potassic zones which are important in terms of porphyry mineralization are observed. The propylitic zone is in the form of a wall containing base metals and partially mineralization occurs. The place of main mineralization emerges along the boundary of phyllic and potassic zone.

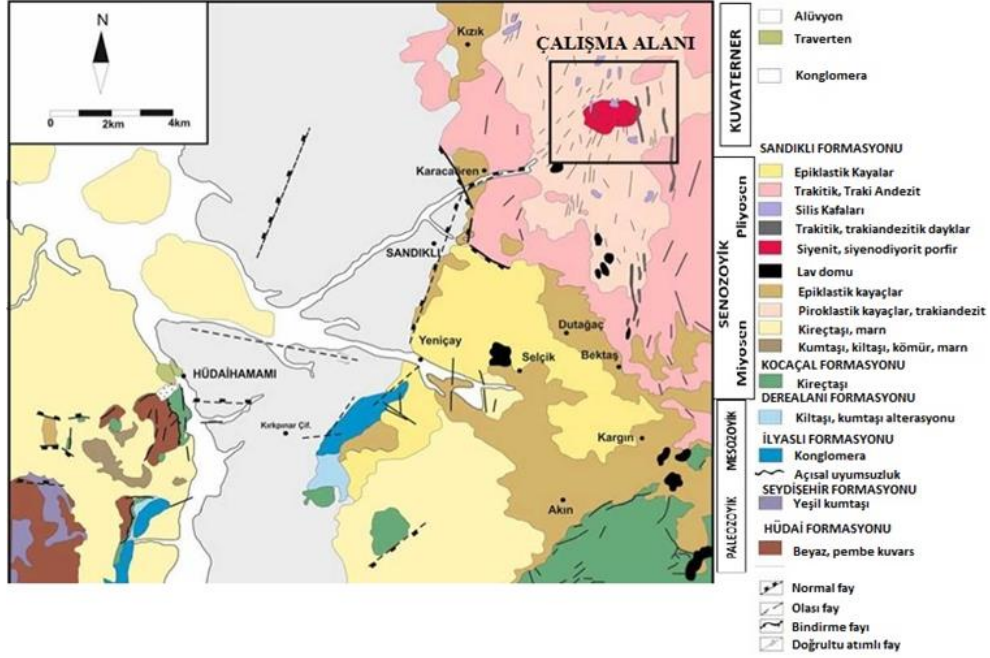
¹ Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

In general, ore minerals pyrite, chalcopyrite, chalcocite, bornite, covelin, to a lesser extent, molybdenite, magnetite and hematite were observed. In the study area, north, south and central alteration zone has been identified and a low grade enrichment has been determined. Considering to presence of alterations is evaluated in terms of low Cu tenor and mineral paragenesis, it is concluded that Cu mineralization in the region occurs as porphyry type bedding.

Key Words: Karacaören, hydrothermal alteration, volcanic, Cu mineralization

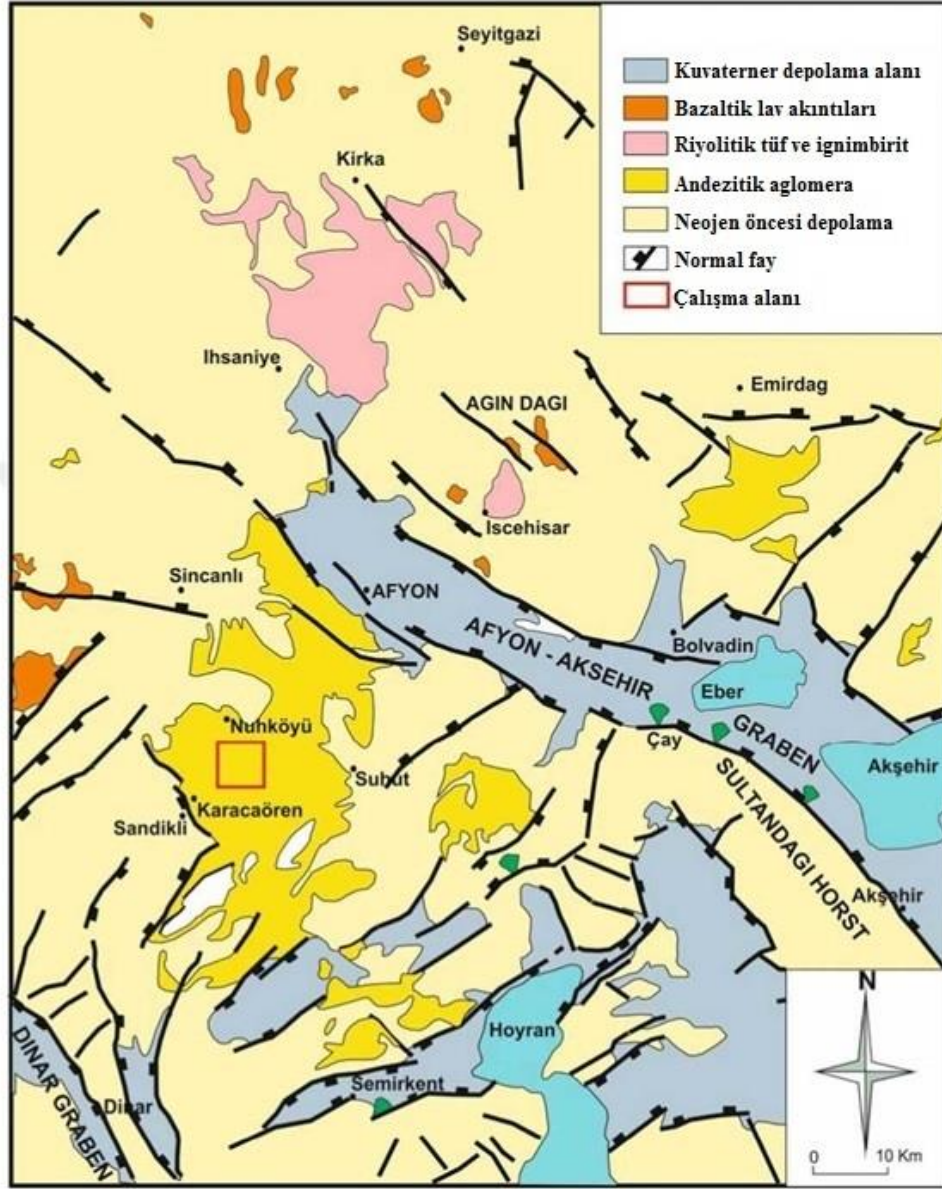
Giriş

Sandıklı yöresinde yer alan çalışma alanında günümüze kadar çeşitli araştırmalar (Öngür, 1973; Gutnic, 1977; Gutnic ve ark., 1979; Kröner ve Şengör 1990; Özgül ve ark., 1991; Dean ve Özgül, 1994; Kozlu ve Göncüoğlu, 1995,1997; Tolluoğlu ve Sümer, 1997; Ay ve ark., 1999; Göncüoğlu ve Kozlu, 2000; Gürsu, 2002; Gürsu ve ark. 2003; Erdoğan ve ark., 2004) yapılmış olmasına rağmen, burada yüzeylenen Mesozoyik öncesi birimlerin stratigrafisi, yaşı ve oluşum koşulları konusunda bir fikir birliği sağlanamamıştır. Özellikle, Geç Alpin dönemdeki yoğun sıkışma tektoniği istifin devrilmesine yol açmış, bu nedenle ortaya çıkan stratigrafik sorunlar günümüze kadar devam etmiştir Batı Anadolu, erken Miyosen'den itibaren açılma tektoniğinin etkisi altında kalmış ve bununla ilişkili gelişen volkanizmanın ürünleri, geniş yüzlekler oluşturmuştur. Genleşme tektoniği ile birlikte bölgede, erken Miyosen'den başlayarak kalk-alkalin volkanizmadan, alkali volkanizmaya geçiş gözlenmektedir. Sandıklı çevresinde gözlenen Miyosen volkanizması geniş alanlarda farklı ürünler oluşturmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının bölgesel jeoloji haritası (Öngür, 1973'den alınarak sadeleştirilmiştir)

Çalışma sahası ve civarında genellikle volkanizma ürünü kayaçlar yüzylemektedir. Bu volkanik kayaçları Kestane deresi merkez olmak üzere Granit porfir ve bu granit porfiri kesen lamprofir daykları yüzylemektedir. Alt volkanik seri Monzosiyenit ve bununla ilişkili yoğun dayk sokulumları nedeniyle Cu, Au, Fe ve diğer cevher minerallerini içeren yoğun alterasyona uğramıştır. Volkanik ve subvolkanik kayaçlar içerisinde KB-GD tektonik hatlara yerleşmiş olan dayklar alterasyon ve cevherleşmenin oluşumunu sağlamıştır (Şekil 2).



Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, Afyon-Sandıklı Cu cevherleşmesinin litolojik birimlerini belirlemek ve bu birimlerin alterasyon-mineralizasyon zonlarıyla zamansal ve mekansal birlikteliklerin ortaya koymak için yapılmıştır.

Materyal ve Metod

Materyal

Bu çalışmada kullanılan ana materyalleri Afyonkarahisar Sandıklı ilçesi çevresinde gözlenen volkanik kayaç örnekleri ve alterasyon zonlarından derlenen örnekler oluşturmaktadır. İnceleme alanları 1/25.000 ölçekli K24-C4, L24-B1 paftaları içerisinde bulunmaktadır.

Metod

Bu tez çalışması; arazi çalışması, laboratuvar çalışması ve büro çalışması olarak 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları 2017-2019 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları alterasyonların belirlenmesi, yan kayaç ilişkilerinin ve özelliklerinin ortaya konması, kayaçların jeolojik, mineralojik, stratigrafik, yapısal ve kökensel özelliklerine yönelik araştırmalar içermektedir. Çalışma alanından sistematik olarak kayaç ve dere sedimanı örnekleri alınmış, Sandıklı-Karacaören bölgesinin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Bu çalışma sırasında Brunton tipi jeolog pusulası, çekiç, lup ve GPS (Global Positioning System) cihazından yararlanılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen analiz sonuçları Rockware programı yardımıyla element değerleri jeostatistik olarak yorumlanmış, sondajlara ait log ve analiz değer grafiği ortaya konmuştur.

Araştırma Bulguları

Çalışma alanı, Afyonkarahisar'ın güneybatı kısmında, Sandıklı'nın kuzeydoğu kısmında temelde metamorfiklerin bulunduğu ve metamorfikleri kesip yerleşen genç volkanik-magmatikler içerisinde yer almaktadır. Afyon metamorfikleri ve Mesozoyik kayaları çok sık kıvrımlanma gösterirler. Kuzey kesimi oluşturan formasyonların şistozite ve tabakalanmaların genel doğrultuları KD-GB ve KB-GD'dur. Bölge uzun zaman sıkışma tektoniğinin etkisinde kalmış ve bunun sonucunda genellikle ters faylar oluşmuştur. Neojen sonunda meydana gelen faylar ise normal çekim faylarıdır (Metin ve ark, 1987).

Volkanik ve subvolkanik kayaçlar içerisinde KB-GD tektonik hatlara yerleşmiş olan dayklar alterasyon ve cevherleşmenin oluşumunu sağlamıştır. KD-GB hattında uzanan bakır ve molibden cevherleşmesinin oluşumu yüzey ve sondaj verileri ile belirlenmiştir.

Çalışma sahasının değişik kesimlerinden, mostra ve yol yarması ve alterasyona maruz kalmış bölgelerden kayaç örnekleri alınmıştır. Farklı kaya türü, damar-damarcık, alterasyon ve dokuyu temsil edecek şekilde alınan 42 adet kayaç örneği ve 19 adet dere sedimanı yorumlanmıştır. Ayrıca 6 adet sondajdan toplam 24

adet jeokimyasal numune alınmış olup, cevherleşme ve geçiş zonları olması konusunda gerekli hassasiyet gösterilmiştir, Cevherleşme alanından öngörülen 7 adet mineralojik petrografi ve 5 adet XRD örneği derlenip analiz edilmiştir. 6 adet sondajdan alınan karot numunelerinin jeokimyasal analizi, mineralojik-petrografi incelemeleri ve XRD analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1).

Sahada cevher mineralleri olan kalkopirit (CuFeS_2), bornit (Cu_5FeS_4), kalkozin (Cu_2S), malahit (Cu_2CO_3), azurit ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) ve pirit (FeS_2), gözle görülüp ayırt edilebilmektedir. Ayrıca analizlerden elde edilen Cu-Mo-As-Sb ve Au değerleri de mineralleşmenin olabileceğini göstermektedir. Sondaj verilerinden gelen ortalama analiz sonuçlarına göre, Altın için en düşük değer 14,14 (ppb), en büyük değer 470 (ppb), ortalama değer 35,13 (ppb)'dir. Bakır için en düşük değer 2,12 (ppm), en büyük değer 7.424 (ppm), ortalama değer 352,95 (ppm)'dir. Molibden için en düşük değer 3,54 (ppm), en büyük değer 575 (ppm), ortalama değer 48,54 (ppm)'dir (Çizelge 2).

Çizelge 1. 42 adet ASK (Afyon Sandıklı Kayaç) yüzey kayacı jeokimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Au(ppb)	Ag(ppm)	As(ppm)	Bi(ppm)	Co(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Ni(ppm)	Pb(ppm)	Sb(ppm)	V(ppm)	Zn(ppm)
ASK 1	<20	<1	55	5	5	17	<5	11	9	6	64	11
ASK 2	<20	<1	59	<5	16	220	20	21	17	6	5	18
ASK 3	<20	<1	29	<5	<5	9	16	5	5	12	8	6
ASK 4	<20	<1	116	<5	<5	25	12	<5	7	46	13	13
ASK 5	<20	<1	61	<5	<5	27	<5	<5	26	<5	38	11
ASK 6	<20	<1	67	15	<5	17	14	<5	13	8	14	8
ASK 7	<20	<1	40	<5	<5	30	6	19	<5	49	22	
ASK 8	<20	<1	36	5	<5	79	28	6	22	<5	67	6
ASK 9	<20	<1	22	<5	<5	50	<5	<5	10	<5	30	6
ASK 10	<20	<1	69	<5	<5	65	9	5	7	<5	11	15
ASK 11	<20	<1	37	<5	<5	13	9	<5	5	<5	16	10
ASK 12	<20	<1	81	<5	<5	135	8	<5	7	6	14	17
ASK 13	<20	<1	124	<5	5	56	6	12	25	<5	75	55
ASK 14	<20	<1	107	6	<5	98	20	5	20	13	13	16
ASK 15	<20	<1	129	10	<5	44	14	6	13	5	50	11
ASK 16	<20	<1	32	8	<5	11	17	5	15	<5	6	9
ASK 17	<20	<1	12	28	<5	21	15	5	25	<5	9	6
ASK 18	<20	<1	165	8	<5	21	60	<5	49	8	17	10
ASK 19	<20	<1	77	22	<5	41	13	<5	65	12	12	11
ASK 20	<20	<1	66	11	<5	46	12	<5	25	5	14	10
ASK 21	<20	<1	11	<5	<5	7	10	6	<5	<5	6	6
ASK 22	20	<1	66	6	<5	16	78	<5	60	<5	11	8
ASK 23	30	<1	59	14	<5	102	67	7	902	12	31	16
ASK 24	<20	<1	69	<5	<5	32	166	<5	45	<5	15	7
ASK 25	<20	<1	26	<5	<5	51	42	<5	92	<5	13	8
ASK 26	40	<1	10	<5	10	250	72	33	26	<5	95	172
ASK 27	1095	1,2	56	<5	5	1780	55	9	96	<5	12	47
ASK 28	400	3	315	<5	<5	1330	729	<5	77	<5	14	13
ASK 29	20	<1	6	<5	<5	11	16	<5	31	<5	<5	4
ASK 30	<20	<1	5	6	14	29	6	22	91	<5	<5	8
ASK 31	<20	<1	<3	<5	11	36	7	35	39	<5	172	62
ASK 32	<20	<1	41	<5	7	135	6	11	20	<5	91	67
ASK 33	<20	<1	6	18	<5	14	104	5	69	<5	25	6
ASK 34	<20	<1	17	5	<5	25	31	<5	28	<5	<5	4
ASK 35	<20	<1	16	12	<5	22	42	<5	70	<5	<5	4
ASK 36	20	<1	46	13	11	70	111	15	310	7	<5	18
ASK 37	<20	<1	6	<5	<5	7	110	<5	109	<5	11	9
ASK 38	<20	<1	3	<5	<5	12	6	<5	15	<5	<5	4
ASK 39	<20	<1	36	<5	<5	102	44	<5	35	5	6	6
ASK 40	<20	<1	15	7	<5	243	74	<5	106	<5	39	14
ASK 41	<20	<1	19	<5	6	270	20	15	118	<5	61	89
ASK 42	<20	<1	11	<5	<5	89	20	<5	5	<5	10	6

Çizelge 2. ASS (Afyon Sandıklı Sondaj), 24 adet jeokimyasal kayaç numune iz element analiz sonuçları

Örnek No	Derinlik		Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Sb (ppm)	V (ppm)	Zn (ppm)	Au (ppb)
ASS-28/56	56,00	57,00	<1	5	<5	14	1013	205	17	210	<5	58	148	40
ASS-28/185	185,00	186,00	<1	7	<5	14	173	27	22	49	<5	18	110	<20
ASS-28/312	312,00	313,00	<1	6	18	18	823	64	27	28	<5	8	21	40
ASS-28/432	432,00	433,00	<1	14	15	<5	47	8	9	15	<5	<5	13	<20
ASS-32/33	33,00	34,00	<1	22	35	<5	46	23	<5	533	8	5	9	<20
ASS-32/102	102,00	103,00	<1	117	13	16	3397	34	25	475	13	<5	14	<20
ASS-32/241	241,00	242,00	<1	36	44	20	123	16	43	67	14	<5	4	<20
ASS-32/363	363,00	364,00	<1	155	<5	27	360	22	46	42	7	5	15	<20
ASS-37/10	10,00	11,00	<1	24	<5	15	1429	114	27	18	<5	<5	9	50
ASS-37/182	182,00	183,00	<1	8	<5	14	725	971	20	219	<5	18	410	<20
ASS-37/284	284,00	285,00	<1	3	<5	14	889	149	28	506	<5	39	205	50
ASS-37/446	446,00	447,00	<1	7	<5	13	527	11	24	19	<5	7	16	30
ASS-42/49	49,00	50,00	<1	8	<5	<5	80	149	11	431	<5	29	90	25
ASS-42/197	197,00	198,00	1.4	85	<5	11	3567	575	22	36	<5	<5	24	<20
ASS-42/375	375,00	376,00	<1	13	<5	16	3927	123	24	53	<5	6	21	470
ASS-42/498	498,00	499,00	<1	5	<5	12	1077	23	19	55	<5	20	49	<20
ASS-46/11	11,00	12,00	<1	5	<5	<5	75	78	19	141	<5	63	170	55
ASS-46/63	63,00	64,00	<1	8	<5	10	1912	215	9	327	<5	29	53	55
ASS-46/253	253,00	254,00	<1	15	12	13	7424	54	29	110	<5	15	28	60
ASS-46/497	497,00	498,00	<1	3	<5	9	131	17	30	29	<5	60	57	<20
ASS-51/38	38,00	39,00	<1	55	<5	13	3111	200	25	331	<5	12	103	80
ASS-51/201	201,00	202,00	<1	25	5	14	983	158	26	219	<5	28	68	45
ASS-51/449	449,00	450,00	<1	7	<5	8	463	362	16	59	<5	5	6	<20
ASS-51/508	508,00	509,00	<1	3	<5	6	1612	211	16	58	<5	32	44	100
ASS-52/91	91,00	92,00	<1	83	<5	54	1291	122	50	113	<5	6	11	25
ASS-52/217	217,00	218,00	<1	124	22	5	1410	84	8	182	<5	<5	72	<20
ASS-52/345	345,00	346,00	<1	<3	<5	5	542	14	10	93	<5	<5	15	<20
ASS-52/408	408,00	409,00	<1	<3	<5	10	744	31	21	89	<5	27	123	105

Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma alanında Miyosen ve sonrası volkanik aktivite etkin rol oynamıştır. Bu aktivite porfirik dokulu volkanik kayaçlar andezit, trakit, trakiandezit, bazaltik andezit ile sub-volkanik olarak porfirik dokulu monzonit porfir, siyenit porfir, lamprofir ve kuvars monzonit porfir kayaçları damar ve stoklar şeklinde yerleşmiştir. Tüm bu kayaçları daha genç trakiandezitler kesmiştir.

Çalışma alanında volkanik ve subvolkanik kayaçların oluşumu ve sonrası tektonik hatlarla yüzeye yükselen hidrotermal sıvılar volkanik ve subvolkanik porfiri kayaçları alterasyona uğratarak cevherleşmeyi bu altere alanlara bırakmıştır. Alterasyon olarak dıştan içe doğru propilitik, arjilik, ileri arjilik, fillik ve potasik alterasyon şeklinde izlenmektedir. Alterasyon zonları, saçınımlı, ağsal ve ince damarlar şeklinde oluşmuştur. Mineralizasyon porfiri-epitermale uzanan bir parajenez sahtir.

Sahada faylar KB-GD uzanımlı olup bunu D-B faylar kesmiştir. Alterasyon ve cevherleşmeler tektonik kontrollü olup genelde bu kesişim hatlarında yer almaktadır.

Cevher mineralleri; kalkopirit, kalkopiritten dönüşen kalkozin, bornit, kovellin ve pirit izlenmektedir. Daha az oranda ise molibdenit, tedrahedrit, manyetit ve hematittir. Çalışma alanında toplam 66 adet kayaç ve 19 adet dere sedimanı jeokimyasal analiz sonucu yapılmıştır. 12 elementin (Au, Ag, As, Sb, Cu, Mo, Pb, Zn, V, Bi, Co, Ni) sonuçları karşılaştırılıp yorumlanmıştır. Mineral kimyası

sonuçlarına göre çalışma alanındaki cevher minerallerinin benzer stokiometrik bileşime sahip ve analiz sonuçlarına göre magmatik hidrotermal kökenli olduğu saptanmıştır.

Arazi, mikroskopik gözlemler, jeokimya analizleri ve XRD analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, cevherleşme şekli, alterasyon türü, mineral parajenezine göre; Sandıklı sahası porfiri koşulları yansıtan porfiri tip Au-Cu-Mo cevherleşmesini destekler niteliktedir.

Gündoğan ve ark., (2009), Karacaören (Sandıklı-Afyon) siyenit-monzonit porfirine bağlı gelişen hidrotermal alterasyonların mineralojisi ve petrografisinde ilksel volkanik kayaların şiddetli hidrotermal alterasyon geçirdiklerini belirtmiştir. Üç tip alterasyon zonu gözlemlendiğini ve bunların dış zon, profilitik zon ve potasik zon olarak belirleyip, bu bilgiler doğrultusunda oluşan cevherleşmenin porfiri olduğu savunulmuştur. Bizim bulduğumuz verilerle karşılaştırıldığı zaman cevherleşmenin kuvarslı monzonit porfir, siyenit porfir ve lamprofir sub-volkanik kayalarda stok ve damarlar şeklinde gözlenip, dört tip alterasyon zonu dıştan içe doğru propilitik, fillik, arjilik, propilitik zonlar görülmüş ve cevherleşmenin porfiri Cu-Mo yataklanması olduğu şeklinde sonucuna varılmıştır.

Sandıklı-Karacaören bölgesinde yapılan sondaj çalışmaları dışında araştırma yapılması gerekmektedir. Bölgede yapılabilecek daha detaylı jeofizik ya da ikiz sondaj çalışmaları ile cevherleşmeye ait mineral parajenezinin daha ayrıntılı olarak ortaya konabileceği düşünülmektedir. Tespit edilen alterasyon zonlarının, detaylı jeofizik ve sondaj çalışmaları sonrasında daha derinde olan ya da erozyona uğramış muhtemel cevherleşmenin ekonomik potansiyeli ortaya konulabilir.

Kaynaklar

- Ay, M., Aytar, N. and Tolluoglu, U. (1999) Orta Kambriyen yasli Sandikli Porfiroyidinin petrografik ve jeokimyasal karakteristikleri. In: Ulusay, R. and Topal, T. (Eds.), Proc. 52th Geol. Congress of Turkey, Ankara, pp. 263-271 (in Turkish with English abst.).
- Dean, W.T. and Özgül, N., 1994. Cambrian Rocks and Faunas, Hüdai area, Taurus Mountains, Southwestern Turkey. Bull. Instit. R. Sci. Naturelle de Belgique-Science de la Terre, 64, 5-20.
- Erdogan, B., Güngör, T., Uchman, A. and Özgül, N. (2000) Lower Cambrian rocks in the Afyon-Sandikli region. In: Ekmekci, M. and Gülec, N. (Eds.), 53rd Geol. Congress of Turkey, Ankara, pp. 175-176.

- Göncüoğlu, M.C. and Kozlu, H. (2000) Early Palaeozoic evolution of the NW Gondwanaland: data from southern Turkey and surrounding regions. *Gondwana Res.*, v. 3, pp. 315-323.
- Gutnic, M. ve Monod, O., 1970, Un serie Mesozoique condansee dans les nappes du Taurus Occidental, la serie du Boyalı Tepe: C.R., somm, soc. Geol. France, fasc., 5, 166-167.
- Gutnic, M., 1977, Geologie du Taurus Pisidien şai nord d'Isparta, Turquie : Principaux resultats extraits des notes de M. Gutnic entre 1964 et 1971 par O. Monod, Univ. de Paris - Sud Orsay, 130 p.
- Gürsoy, H., Piper, J. A., and Tatar, O., (2003). Neotectonic deformation in the western sector of tectonic escape in Anatolia; omagnetic study of the Afyon region,central Turkey. *Tectonophysics*, 374 (2003) 57– 79.
- Gürsu, S. (2002) Geology and petrogenesis of pre-Palaeozoic magmatic rocks in the Inner Western Anatolia (SW Afyon) region. Ph.D Thesis, Hacettepe Univ., Ankara, p. 204.
- Gürsu, S., Göncüoğlu, M.C. and Bayhan, H. (2003) Petrology and petrogenesis of Early Cambrian mafic volcanic rocks in Sandikli (SW Afyon, Turkey) an example of back-arc volcanism in NW Gondwana. 20th Anniv. Geol. Symp. Abst., Isparta, pp. 107-110.
- Kozlu, H. and Göncüoğlu, M.C. (1995) Infracambrian units in Sandikli area. In: Göncüoğlu, M.C, Derman, A.S. (Eds.), *Guide Book to Early Palaeozoic in NW Gondwana*. Turkish Assoc. Petrol. Geol. Spec. Pub., Ankara, v. 2, pp. 11-13.
- Kröner, A. and Şengör, A.M.C. 1990. Archean and Proterozoic ancestry İn late Precambrian to early Paleozoic crustal elements of southern Turkey as revealed by single - zircon dating, *Geology*, 1186-1190.
- Metin, S., Genç, İ. ve Bulut, V., 1987. Afyon ve dolayının jeolojisi. MTA Rapor No: 2113, Ankara.
- Öngür, T., 1973. Sandıklı (Afyon) jeotermal araştırma bölgesine ilişkin jeolojik durum ve jeotermal enerji olanakları, MTA Rapor No: 5520. (yayımlanmamış).

Özgül, N., Bölükbaşı, S., Alkan, H., ve Öztaş, Y., 1991. Göller Bölgesi ve Isparta'nın Jeolojisi ve Stratigrafisi. TPAO arama grubu rapor no:3028, 321 s., Ankara (yayımlanmamış).

Tolluoglu, A.U. and Sümer, E.Ö. (1997) Afyon Metasedimanter Grubunda felsik metavolkanitlerin petrografik ve jeokimyasal özellikleri. Geol. Soc. Turkey, Bull., v. 19, pp. 57-70 (in Turkish with English abst.).

Teşekkür

Bu araştırmanın arazi ve laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesi için olanak sağlayan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne ve Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.