



Geochemistry and GIS Analysis of Cu-Zn Mineralization Observed in Eocene Tuffs in the Kuzuluk (Sakarya) District

Cihan Yalçın, Mustafa Kumral, Zübeyde Buket Aydın,
Ceren Korkmaz, Alişan Gürsoy and Onur Aksoy

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

October 26, 2021

Kuzuluk (Sakarya) Bölgesindeki Eosen Yaşlı Tüflerde Gözlenen Cu-Zn Cevherleşmesinin Jeokimyası ve CBS Ortamında Analizi

Cihan Yalçın¹, Mustafa Kumral², Zübeyde Buket Aydın^{3*}, Ceren Korkmaz⁴, Alişan Gürsoy⁵, Onur Aksoy⁶

¹Dünya Bankası Proje Uygulama Birimi/ Sanayi Bölgeleri Genel Müdürlüğü, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Türkiye
ORCID ID 0000-0002-0510-2992

²Jeoloji Mühendisliği / Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
ORCID ID 0000-0001-7827-8721

³Jeoloji Mühendisliği / Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
ORCID ID 0000-0003-2672-6769

⁴Jeoloji Mühendisliği / Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
ORCID ID 0000-0001-6463-5476

⁵Jeoloji Mühendisliği / Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
ORCID ID 0000-0002-8409-8871

⁶Jeoloji Mühendisliği / Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
ORCID ID 0000-0002-8900-4141

(aydinzu16@itu.edu.tr)

Özet – Pontid’lerin batı kesiminde yer alan Kuzuluk (Sakarya) bölgesinde farklı kökene ait kayaçlar bulunur. Bölgede yaşlıdan gence doğru Sultaniye Metamorfileri (Permian-Triyas), Abant formasyonu (Üst Kretase), Çaycuma ve Yığılca formasyonları (Orta Eosen), Örencik formasyonu (Pliosen) ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar gözlenir. Bu birimleri yan yana getiren en önemli tektonik yapı ise sağ yönlü doğrultu atımlı faylar ile eğim atımlı faylardır. Tektonik açıdan aktif olan bu bölgede Yığılca formasyonuna ait tüflerde de eğim atımlı fay zonları belirlenmiştir. Acısu tepesi güneybatısında yer alan fay zonunda ise damar tipi şeklinde epijenetik oluşumlu Cu-Zn cevherleşmesi bulunmaktadır. Saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda cevher parajenezi pirit, kalkopirit, bornit, sfalerit, götit, kuvars ve kalsitten oluşmaktadır. Oldukça altere olan bu zonda derlenen örneklerin majör oksit ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda cevher zonundaki Fe₂O₃ içeriği %14.08-24.10, CaO içeriği %2.63-10.7, SO₃ içeriği %6.52-35.96, SiO₂ içeriği %5.16-28.25 ve Al₂O₃ içeriği ise %2.08-7.39 arasında değişmektedir. Bu örneklerin Zn değeri 150-980 ppm (ort. 470 ppm), Cu değeri ise 155-1700 ppm (ort. 1014 ppm) şeklindedir. Cevher zonu boyunca derlenen örneklerin mekânsal olarak jeokimyasal değişimlerini ortaya koymak amacı ile de Adobe Illustrator 2020 programı kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında tematik haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalara göre fay zonuna yaklaşıldıkça Cu konsantrasyonunun arttığı ve fay zonlarından uzaklaştıkça ise altere zonlara geçtiği belirlenmiştir. Termal suların yoğun olarak gözlemlendiği bu alandaki Cu-Zn cevherleşmesinin oluşumunda hidrotermal akışkanlar ve fay zonlarının da etkisi olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Yığılca formasyonu, Tüf, Cevherleşme, CBS, Fay

Geochemistry and GIS Analysis of Cu-Zn Mineralization Observed in Eocene Tuffs in the Kuzuluk (Sakarya) District

Abstract – There are rocks of various origins in the Kuzuluk (Sakarya) district, situated in the western part of the Pontides. Sultaniye Metamorphites (Permian-Triassic), Abant formation (Upper Cretaceous), Çaycuma and Yığılca formation (Middle Eocene), Örencik formation (Pliocene), and Quaternary alluviums

observed in the region from old to young. The most important tectonic structure that contributes to these units side by side is right-lateral strike-slip faults and dip-slip faults. In this tectonically active region, dip-slip fault zones were established in the tuffs of the Yığılca formation. In the fault zone located southwest of Acısu Hill, there is a vein-type epigenetic Cu-Zn mineralization. As a proceeding of field and laboratory studies, ore paragenesis consists of pyrite, chalcopyrite, bornite, sphalerite, goethite, quartz, and calcite respectively. Major oxide and trace element analysis of the samples selected from this greatly altered zone were carried out. As a result of the analyzes, Fe₂O₃ content in the ore zone ranges between 14.08-24.10%, CaO content ranges between 2.63-10.7%, SO₃ content ranges between 6.52-35.96%, SiO₂ content ranges between 5.16-28.25%, and Al₂O₃ content ranges between 2.08-7.39%. The Zn value of these samples is 150-980 ppm (average 470 ppm), and the Cu value is 155-1700 ppm (average 1014 ppm). In order to explain the spatial geochemical variations of the samples collected along the ore zone, thematic maps were constructed in the Geographical Information Systems (GIS) environment by using the Adobe Illustrator 2020 program. According to these maps, it was determined that the Cu concentration increased as the fault zone was approached, and changed into altered zones as it moved away from the fault zones. It is recognized that hydrothermal fluids and fault zones still have an implement on the formation of Cu-Zn mineralization in this area where thermal waters are intensely observed.

Keywords – Yığılca formation, Tuff, Mineralization, GIS, Fault

I. GİRİŞ

İnceleme alanı Pontidler'in batı kesiminde, Armutlu-Almacık Bloğu'nda yer alan, Sakarya'nın Kuzuluk bölgesindeki yer almaktadır. Bu bölge ve civarında birçok jeolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir ([1], [2], [3]). Şahin [4] Kuzuluk bölgesindeki jeotermal suların aranması çalışmalarında farklı sondaj lokasyonları önermiş Yücel ve Aydoğdu [5] ise 160 metre derinlikte bulunan kristalize kireçtaşında 82°C sıcaklıkta ve 125 lt/sn debide artezyenli üretim yapıldığını belirtmiştir.

Pehlivan [6] Kuzuluk (Akyazı) bölgesinde ayrıntılı jeoloji haritası hazırlamış ve bu bölgede derlediği kayaç ve toprak örneklerinin ana ve iz element sonuçları ile bölgedeki sıcak suyun majör iyon analiz sonuçlarını bir arada değerlendirmiştir.

Tektonik ve hidrotermal aktivite bakımından zengin bir bölge olan Kuzuluk bölgesindeki fay zonlarında gözlenen Cu-Zn cevherleşmelerinin jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler aynı zamanda CBS ortamında da ilk kez değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

A. Jeoloji

Bölgenin temelini Permiyen-Triyas yaşlı Sultaniye Metamorfikleri oluşturmaktadır. Bu temel üzerine açısız uyumsuzlukla Üst Kretase yaşlı Abant formasyonu gelmektedir. Abant formasyonu üzerinde ise yanal düşey geçişli Alt-Orta Eosen yaşlı Çaycuma ve Yığılca formasyonları gözlenir. Pliyosen yaşlı Örencik formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tüm birimleri açısız uyumsuzlukla

örtmektedir. Kuzuluk (Sakarya) güneydoğusunda gözlenen Cu-Zn cevherleşmesi Eosen yaşlı Yığılca formasyonuna ait tüflerdeki fay zonlarında yer almaktadır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanında cevher zonunda jeolojik gözlem yapılmıştır. Bu gözlem neticesinde cevher zonuna ait sketch harita hazırlanmıştır. Hazırlanan bu sketch harita üzerinde yapılan örneklemeler işaretlenmiş ve CBS ortamına (Adobe Illustrator) atılmıştır.

Derlenen örneklerin X-Ray Fluorescence (XRF) ve ICP-MS analizleri İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarında (İTÜ-JAL) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları da CBS ortamında kullanılmış ve 1:50000 haritaları oluşturulmuştur.

III. BULGULAR

A. Cevherleşme

Kuzuluk (Sakarya) güneydoğusunda gözlenen Cu-Zn cevherleşmesi Eosen yaşlı Yığılca formasyonuna ait tüflerde yer alır. Bu tüfler içerisindeki fay zonunda gözlenen cevherleşme epijenetik oluşumlu damar tipi şeklindedir. Fay zonunda gözlenen bu cevherleşmede yer yer kuvars damarları da gözlenmektedir.

Cevher damarının kalınlığı yaklaşık 1 metre olup uzunluğu 300 metre civarındadır. Cevher damarının doğrultu, eğim ve eğim yönü K55D, 20°GD şeklindedir. Cevher damarı aynı zamanda eğim atımlı bir fay tarafından da kesilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1 Cevher zonunun genel görünümü.

Cevher parajenezi pirit, kalkopirit, bornit, sfalerit, götit, kuvars ve kalsitten oluşmakta olup cevher mineralleri saçınımlıdır.

B. Jeokimya

İnceleme alanında 11 adet örnek alınmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 1-2). Yapılan analizler sonucunda cevher zonundaki Fe₂O₃ içeriği %14.08-24.10, CaO içeriği %2.63-10.7, SO₃ içeriği %6.52-35.96, SiO₂ içeriği % 5.16-28.25 ve Al₂O₃ içeriği ise %2.08-7.39 arasında değişmektedir. Bu örneklerin Zn değeri 150-980 ppm (ort. 470 ppm), Cu değeri ise 155-1700 ppm (ort. 1014 ppm) şeklindedir.

Tablo 1. Derlenen örneklerin majör oksit analiz sonuçları

Örnekler	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	LOI%
K1	ND	3,68	2,28	5,97	0,06	0,01	10,07	0,11	0,01	14,08	32,67	31,05
K2	ND	0,24	2,08	5,16	0,03	ND	2,63	0,06	0,03	21,32	35,96	32,5
K3	ND	0,28	3,02	9,99	0,04	ND	5,36	0,14	0,06	19,34	31,84	29,93
K4	ND	0,83	7,39	28,25	0,17	0,02	5,15	0,6	0,12	17,58	20,29	19,61
K5	ND	0,52	4,57	13,98	0,07	0,02	7,61	0,31	0,08	19,97	26,47	26,39
K6	ND	0,62	4,57	14,96	0,1	0,02	6,42	0,37	0,08	19,49	27,03	26,34
K7	ND	1,16	5,16	20,08	0,13	0,03	7,57	0,88	0,14	20,42	24,08	20,34
K8	ND	2,3	4,87	19,18	0,16	0,02	8,51	0,9	0,15	24,1	18,15	21,66
K9	ND	2,28	5,68	24,71	0,2	0,04	8,89	0,95	0,13	21,91	16,1	19,11
K10	0,01	2,61	6,82	27,37	0,24	0,02	9,57	0,79	0,11	23,14	11,51	17,83
K11	0,01	3,11	7,01	32,45	0,26	0,01	9,63	0,83	0,12	23,86	6,52	16,19

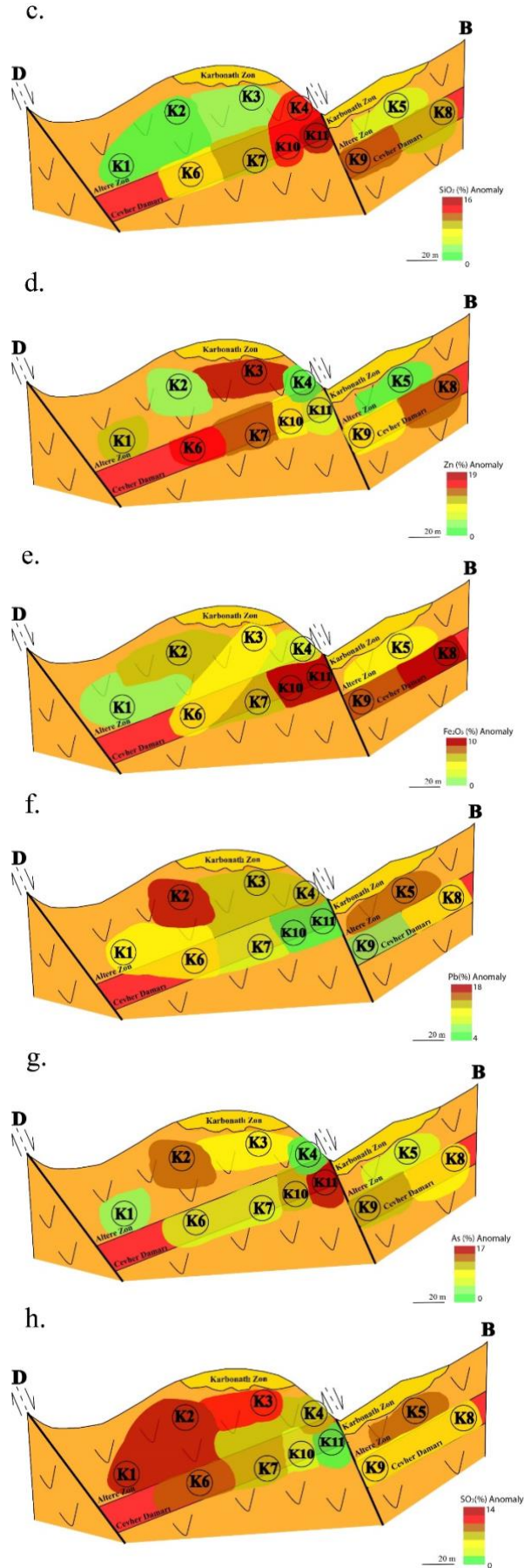
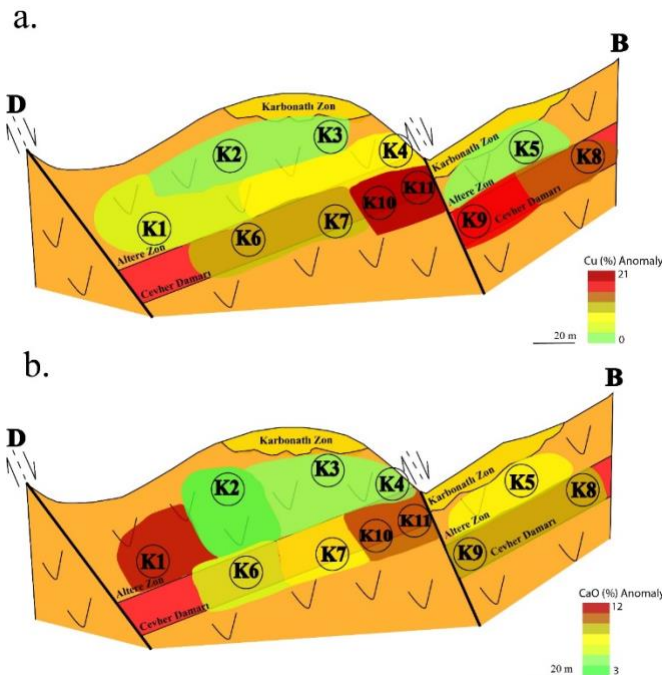
Tablo 2. Derlenen örneklerin iz element analiz sonuçları

Örnekler	Sc	V	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Pb
K1	19	67	1	131	155	560	ND	122	33	70	ND	23	47
K2	11	39	7	350	ND	150	ND	445	16	33	26	55	118
K3	16	55	54	167	ND	982	ND	301	ND	14	21	56	81
K4	32	148	58	94	385	32	1	ND	34	47	58	140	79
K5	16	70	62	198	ND	ND	67	185	25	60	55	90	100
K6	18	72	ND	106	798	777	18	166	26	5	ND	21	47
K7	21	65	56	105	866	650	40	211	31	52	51	65	42
K8	24	71	64	114	1027	616	21	245	45	28	49	79	48
K9	19	85	68	102	1494	477	52	352	29	63	ND	115	34
K10	28	101	62	119	1681	509	38	389	51	44	63	136	32
K11	27	135	65	121	1711	415	66	495	48	77	68	152	30

C. CBS ile analiz

Coğrafi Bilgi Sistemleri birçok mesleki disiplin tarafından kullanılmaktadır. Bölgesel veya mekânsal analiz çalışmalarında sahadan elde edilen verilerin değerlendirilmesi CBS programları ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada cevher zonu boyunca derlenen örneklerin jeokimyasal değişimlerini ortaya koymak amacı ile Adobe Illustrator 2020 programı kullanılarak tematik şekiller oluşturulmuştur. Öncelikle cevher zonunun sketch haritası hazırlanmış ve bu harita üzerine örnek noktaları yerleştirilmiştir. Örnek noktalara ait analiz sonuçları da bir arada değerlendirilerek dağılımları belirlenmiştir.

Çalışma alanından alınan ve K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11 olarak adlandırılan örneklerin Cu, Zn, Fe₂O₃, SO₃, SiO₂, As, CaO, Pb major oksit değerlerine bakılarak Eosen volkanitlerinin CBS ortamında ısı haritaları (heatmap) oluşturulmuştur (Şekil 2). K7, K8, K9, K10, K11 örneklerinde daha yüksek Cu ve CaO konsantrasyonları bulunmuştur (Şekil 2a, Şekil 2b). Öte yandan, K4, K7, K9, K10, K11 örneklerinin bileşimlerinde yüksek konsantrasyonlarda SiO₂, Zn ve K2, K8, K10, K11 örneklerinde yüksek Fe₂O₃ konsantrasyonuna sahip olduğu gözlenmiştir (Şekil 2c, Şekil 2d, Şekil 2e). K2, K3, K4, K5 örneklerinde ise Pb konsantrasyonu yüksektir (Şekil 2f). Buna ek olarak As konsantrasyonu K2, K9, K10, K11 örneklerinde yüksek iken SO₃ konsantrasyonunun K1, K2, K3 örneklerinde daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 2g, Şekil 2h).



Şekil 2 Çalışma alanındaki örneklerin major oksit değerlerinin ısı haritaları a. Cu; b. CaO; c. SiO₂; d. Zn; e. Fe₂O₃; f. Pb; g. As; h. SO₃

IV. TARTIŞMA

Gerilmeli tektonik ortamlarda gelişen fay zonlarında birçok önemli sayılabilecek cevherleşmeler gelişebilmektedir. Marchev vd., [7] Rodop masifindeki ignimbiritler ile ilişkili olarak damar tipi ve karbonat ornatım şeklinde Pb-Zn cevherleşmelerinin olduğunu ve cevherleşmede fay zonlarının etkili olduğunu belirtmiştir.

Esmali vd., [8] İran'daki Zenjan bölgesinin güneydoğusunda Khalyfehlou Cu cevherleşmesinin var olduğunu ve damar tipi şeklinde olan bu cevherleşmenin Eosen dönemine ait volkano-sedimanter istif içerisinde yer aldığını belirtmiştir. Khalyfehlou Cu cevherleşmesine ait parajenez kalkopirit, bornit, kalkosit, kovelit, kuvars, serisit ve kalsit şeklinde olup sıvı kapanımı ve izotop çalışmaları neticesinde ise bu yatağın Cordilleran tipi mezotermal bir sistemle oluştuğu belirtilmiştir ([8]).

Rajapbour vd., [9] İran'ın kuzeybatısındaki Urmıye-Dokhtar bölgesinde Eosen-Oligosen volkanik birimleri içerisinde stratabound karakterli fay kontrollü Cu cevherleşmesinin olduğunu belirtmiştir. Bu cevher zonunda arjilik ve silisik alterasyonların yoğun olduğu, Mineral topluluğu çalışmasında, arsenopirit jeotermometresinin 250 ila 370 °C arasında değiştiği ve bu verilerin orta-yüksek sülfidasyonu temsil ettiği belirtilmiştir ([9]).

Shahbazi vd., [10] Zehabad Pb-Zn-Au-Ag (Cu) yatağının Eosen tüfleri ile ilişkili olan fay zonlarında geliştiğini ve cevherleşmenin beş aşamada gerçekleştiğini belirtmiştir. Parajenezde yer alan kuvars ve kalsit gang minerallerinin cevherleşme ile yakın ilişki gösterdiği ve cevher damarı civarında hidrotermal alterasyonların geliştiği belirtilmiştir ([10]).

Yalçın vd., [11] Hasenekevleri (Maden-Elazığ) Cu cevherleşmesinin epijenetik oluşumlu ve damar tipi şeklinde olduğunu belirtmiştir. Cevherleşmenin diyabazlar içerisindeki kırık hatlarındaki kuvars damarları ile ilişkili olduğu belirtilmiş ve hidrotermal alterasyonların gözlemlendiği öne sürülmüştür.

Kuzuluk bölgesindeki cevherleşmede bölgenin hidrotermal aktivitesinin yanında fayların da etkili olduğunu söylemek mümkündür.

V. SONUÇLAR

İnceleme alanında Yığılca formasyonu içerisinde eğim atımlı faylar ile sınırlandırılmış damar tipinde epijenetik oluşumlu Cu-Zn cevherleşmesi bulunmaktadır.

Cevher parajenezi pirit, kalkopirit, bornit, sfalerit, götit, kuvars ve kalsitten oluşmaktadır.

Yapılan analiz sonucunda, Zn değeri 150-980 ppm (ort. 470 ppm), Cu değeri ise 155-1700 ppm (ort. 1014 ppm) şeklindedir.

Sahadan derlenen örneklerin cevher zonundaki jeokimyasal değişimini anlamak amacı ile CBS ortamında tematik haritalar hazırlanmıştır. Fay zonuna yaklaşıldıkça Cu konsantrasyonunun arttığı ve uzaklaştıkça altere zonlara geçtiği alterasyonun ise genel olarak karbonatlaşma şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Bölgede varlığı bilinen hidrotermal sular, saha çalışmaları, cevher mikroskobisi ve jeokimyasal analiz sonuçları ile beraber yapılan CBS uygulaması cevherleşmenin damar tipi hidrotermal bir yatağı karakterize ettiğini göstermektedir.

İnceleme alanında bitki örtüsünün yoğun olması saha çalışmalarını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple detay çalışmalarda jeofizik yöntemler uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] E. Kipman, Sakarya Çamdağ Deniz Çökeltisi Demir Cevherinin Jeolojisi: *İstanbul Üniv. Fen Fak., Monogr.*, 25, 1-72, 1974.
- [2] O. Kaya, A. Dizer, İ. Tansel, ve S. Özer, *Yığılca (Bolu) alanı Üst Kretase ve Paleojenin stratigrafisi*, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, Cilt. 107, s. 13-32, 1987.
- [3] M. Yazman, ve R. Çokuğraş, "Adapazarı-Kandıra-Düzce Akçakoca Yerleşim Merkezleriyle Sınırlı Alanın Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları" [Geology and Hydrocarbon Potential of Adapazarı-Kandıra-Düzce-Akçakoca Region]. Turkish Petroleum Corporation (TPAO) Report no. 1747 [in Turkish, unpublished]. 1983.
- [4] H. Şahin, "Sakarya-Akyazı-Kuzuluk Sahası Jeotermal Enerji Aramaları Jeoelektrik Etüdü", MTA Rapor No. 9653, 1993.
- [5] B. Yucel, and O. Aydogdu, "Akyazı-Sakarya Kuzuluk Sıcaksu Sondajı Kuyu Bitirme Raporu", MTA report no. 9839, Turkey: Mineral Research and Exploration Institute, 1994.
- [6] R. Pehlivan, Marmara Bölgesi Termomineral Kaynaklarının Jeolojisi ve Hidrojeokimyasal İncelemesi, *Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1996.
- [7] P. Marchev, M. Kaiser-Rohrmeier, C. Heinrich, M. Ovtcharova, A. von Quadt, R. Raicheva, 2: *Hydrothermal Ore Deposits Related To Post-Orogenic Extensional Magmatism and Core Complex Formation: The Rhodope Massif Of Bulgaria And Greece*, Ore Geol Rev 27:53-89. doi:10.1016/j.oregeorev.2005.07.027, 2005.
- [8] M. Esmali, M. Lotfi, N. Nezafati, *Fluid Inclusion and Stable Isotope Study of the Khalyfehlou Copper Deposit*,

- Southeast Zanjan, Iran, Arabian Journal of Geosciences*
8 (11): 9625- 9633, 2015.
- [9] S. Rajabpour, M. Behzadi, S.Y. Jiang, I. Rasa, B. Lehmann et al., *Sulfide Chemistry and Sulfur Isotope Characteristics of the Cenozoic Volcanic-Hosted Kuh-Pang Copper Deposit, Saveh County, Northwestern Central Iran*, *Ore Geology Reviews* 86:563-583, 2017.
- [10] S. Shahbazi, M. Ghaderi, P. Alfonso, *Mineralogy, Alteration, and Sulfur Isotope Geochemistry of the Zehabad Intermediate-Sulfidation Epithermal Deposit, NW Iran*, *Tur. J. Earth Sci.* 28, 882–901, 2019.
- [11] C. Yalçın, M. Kumral, M. Kaya, M. Karaman, *Hasenekevleri (Maden-Elazığ) Güneyindeki Diyarbazlarda Gelişen Hidrotermal Cu Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Alterasyon Jeokimyası*, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3), 1282-1296. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.630452>, 2020.