



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 12.08.2022
Kabul Tarihi : 18.08.2022

Received Date : 12.08.2022
Accepted Date : 18.08.2022

DADAĞLI (KAHRAMANMARAŞ) BÖLGESİNDE KARBONATLI KAYAÇLAR İLE İLİŞKİLİ EPIJENETİK Pb CEVHERLEŞMESİNİN ALTERASYON JEOKİMYASI

ALTERATION GEOCHEMISTRY OF CARBONATE HOSTED EPIGENETIC Pb MINERALIZATION IN DADAĞLI (KAHRAMANMARAŞ) DISTRICT

Yusuf URAS¹ (ORCID: 0000-0001-5561-3275)
Cihan YALÇIN^{2*} (ORCID: 0000-0002-0510-2992)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye
² Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Bölgeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Cihan YALÇIN, cihan.yalcin@sanayi.gov.tr

ÖZET

Alp-Himalaya Orojenik sistemi nedeni ile Türkiye’de önemli tektonik kuşaklar meydana gelmiştir. Bu kuşaklardan olan Toros Orojenik Kuşağı Kahramanmaraş bölgesinde Arabistan levhasının birimleri ile bir arada gözlenmektedir. Dadağlı (Kahramanmaraş) bölgesi Arabistan levhasının kenar kıvrım kuşağında yer alan önemli bir bölgedir. Bu bölgede Seydişehir formasyonuna ait birimler en yaşlı litolojiyi oluşturur. Bu birim üzerine ise açılal uyumsuzlukla Mesozoyik karbonatları gelmektedir. Dadağlı kuzeyinde mostra veren Mesozoyik yaşlı karbonatlarda da kurşun cevherleşmesi gözlenir. Karbonatlı kayaçların kırık ve çatlaklarında gelişen cevherleşme damar tipi ve epijenetik oluşumludur. Galenit, sfalerit, barit, götit, pirit, serüzit, smitzonit ve gang olarak da kuvars parajenezi oluşturur. Cevher zonundaki örneklerde yapılan jeokimyasal analizlerde PbO maksimum % 60’a ulaşmaktadır. Cevher damarı civarındaki örneklerin saha ve mikroskop incelemesinde karbonatlaşma ve serisitlenme yaygın olarak gözlenir. Bölgedeki jeokimyasal değişimin ortaya konulması amacı ile de alterasyon jeokimyası çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılmak üzere indeksler hesaplanmıştır. Cevher zonunda klorit-karbonatpirit indeksi (CCPI) değerleri; 57.02-93.24 (ortalama: 81.26), kimyasal bozunma indeksi (CIA) değerleri; 4.57-81.92 (ortalama: 30.80) ve alterasyon indeksi (AI) değerleri ise 4.81-94.33 (ortalama: 45.06) arasındadır. CIA değerleri düşük ve orta dereceli ayrışma olduğunu gösterir. Alterasyon jeokimyası diyagramlarında ve mikroskop incelemelerinde yaygın alterasyon türlerinin karbonatlaşma ve serisitlenme olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arabistan levhası, epijenetik, Pb-Zn, alterasyon jeokimyası, Dadağlı (Kahramanmaraş)

ABSTRACT

Significant tectonic belts have existed in Turkey owing to the Alpine-Himalayan Orogenic system. One of these belts, the Taurus Orogenic Belt, is observed closely with the units of the Arabian plate in the Kahramanmaraş region. The Dadağlı (Kahramanmaraş) region is an essential region situated in the marginal fold belt of the Arabian plate. In this region, the units belonging to the Seydişehir formation constitute the oldest lithology. Mesozoic carbonates overlie this unit with angular unconformity. Lead mineralization is still observed in Mesozoic-aged carbonates outcropping north of Dadağlı. The mineralization that develops in the fractures and cracks of carbonate rocks is vein type and epigenetic. The paragenesis consists of galena, sphalerite, barite, goethite, pyrite, cerusite, smithsonite and quartz as gangue, respectively. In the geochemical analyses performed on the ore zone samples, PbO reaches a maximum of 60%. Carbonation and sericitization are generally observed in the field and microscope examination of the samples around the ore vein. Alteration geochemistry studies were implemented to explain the region's geochemical change. Indices were calculated to be applied in these studies. Chlorite-carbonate-pyrite index (CCPI) values in the ore zone are 57.02-93.24 (mean: 81.26), chemical index of alteration (CIA) values are 4.57-81.92 (mean: 30.80) and alteration

ToCite: URAS, Y., & YALÇIN, C., (2022). DADAĞLI (KAHRAMANMARAŞ) BÖLGESİNDE KARBONATLI KAYAÇLAR İLE İLİŞKİLİ EPIJENETİK Pb CEVHERLEŞMESİNİN ALTERASYON JEOKİMYASI. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 724-732.

index (AI) values are between 4.81-94.33 (mean: 45.06) respectively. CIA values show low to moderate segregation. The alteration geochemistry diagrams and microscope examinations determined that the typical alteration types are carbonation and sericitization.

Keywords: Arabian plate, epigenetic, Pb-Zn, alteration geochemistry, Dadağlı (Kahramanmaraş).

GİRİŞ

Kahramanmaraş bölgesinde Neotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla Arabistan levhasına ait litolojiler ile Toros Orojenik Kuşağına ait birimler yan yana gelmiştir (Şengör & Yılmaz, 1981). Farklı tektonik özellikli kayaların bir arada gözlenmesinden dolayı Rigo De Righi ve Cortesini (1964) ve Gül (2000) bu bölgedeki tektonostratigrafik birimleri orojenik kuşaklara ayırmışlardır.

Kurşun yatakları volkanojenik masif sülfid (VMS), sedimanter-eksalatif (SEDEX) ve Missisipi vadisi tipi (MVT) şeklinde genel olarak tanımlanmasına rağmen skarn ve epitermal yataklarda da oluşmaktadır (Davidheiser-Kroll, 2014). Tektonik konum olarak karbonat platformu içeren ortamlarda, deforme olmamış orojenik ön ülke kayaçlarında, ön ülke bindirme kuşaklarında ve rift zonlarında bulunurlar (Leach & Sangster, 1993).

Türkiye'deki karbonatlı kayaçlarda gözlenen Pb yatakları, Alp-Himalaya Orojenik Sistemleri'nin bir parçasıdır (Hanilçi vd., 2019). Bu orojenik kuşağın etkisi ile de Türkiye'de farklı tektonik kuşaklara ait litolojiler bir arada gözlenmektedir. Dadağlı Pb cevherleşmesi, Toros Orojenik Kuşağı'nın güneyinde Arap Platformu'nun kenar kıvrım kuşağında yer alır (Şekil 1). Bu bölgede Cansu ve Öztürk (2020) Paleozoyik yaşlı sedimanter kayaçlarda barit cevherleşmesinin olduğunu ve cevher parajenezinde galenit ve sfaleritin de olduğunu belirtmiştir. Akben vd., (2022) tarafından yapılan çalışmada bu bölgede barit ve kuvars damarları ile ilişkili Pb-Zn cevherleşmesinin olduğu belirtilmiştir. Dadağlı kuzeyinde gözlenen kurşun cevherleşmesi ise karbonatlı kayaçlar ilişkilidir. Bu sebeple bu cevherleşmeye ait farklı verilerin ortaya konulması bölgedeki cevher oluşum sistemleri için önem arz etmektedir.

Cevher zonu boyunca kayaçların mineralojik, jeokimyasal ve mekanik yapıları alterasyon nedeni ile değişkenlik gösterebilir (Huang vd., 2011; Julia vd., 2014; Pola vd., 2014; Wang vd., 2015). Schwartz (1959), değişikliğin genellikle akışkanın sıcaklığı, basıncı ve kimyasal bileşimi, su-kaya oranı ve yan kayaçların kimyasal ve fiziksel yapısı nedeniyle geliştiğini belirtmiştir. Bu değişiklik öncelikle bozuma olarak adlandırılan su ve diğer atmosferik ürünler ile kayaçların etkileşime girmesi ile başlamaktadır (Fritz ve Mohr 1984; Moon ve Jayawardane 2004; Wang vd., 2013). Sonrasında ise hidrotermal sıvıların da etkisi ve kimyasal reaksiyonların açığa çıkması sonucunda kayaçların yapılarının değişmesi şeklinde devam etmektedir. Bu ikinci süreç aynı zamanda hidrotermal alterasyon olarak da adlandırılmaktadır (Browne 1978; Wyering vd., 2014). Bu süreçlerden dolayı cevher zonlarında alterasyon jeokimyası çalışmaları önemli ipuçları sağlayabilmektedir.

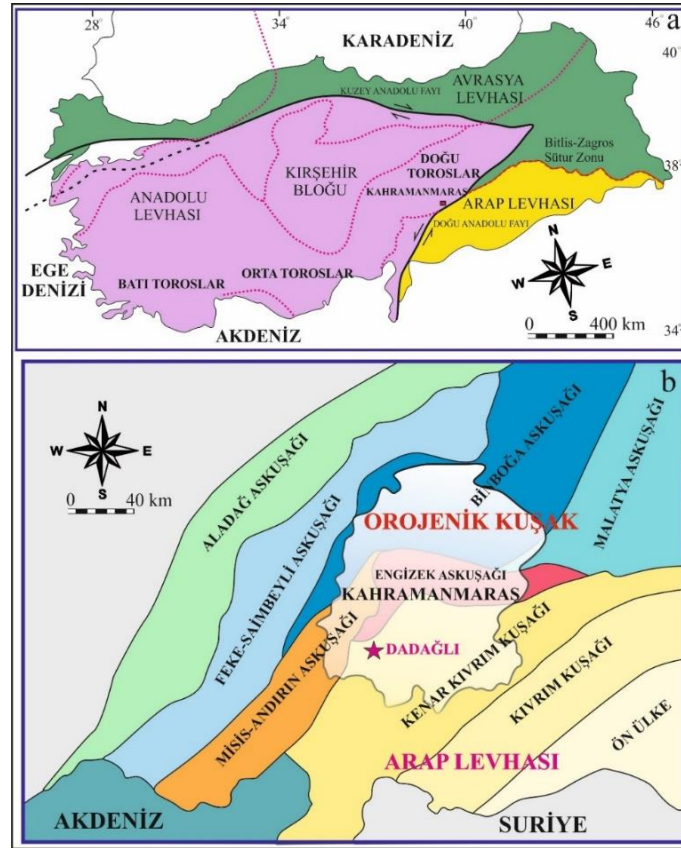
Bu çalışmada Dadağlı bölgesindeki karbonatlarda gözlenen kurşun zenginleşmesinin alterasyon jeokimyası ve petrografik özellikleri ortaya konulmuştur.

GENEL JEOLJİ

Seydişehir formasyonu inceleme alanının temelini oluşturmaktadır. Birim esas olarak şeyl, silttaşı, metakumtaşı ve kuvarsitten oluşmaktadır (Blumenthal, 1947; Dean & Monod, 1990). Bu birimin litolojileri sırasıyla Altınova, Dadağlı ve Hopurlu bölgelerinde gözlenir (Şekil 2). Bu birimi ise Mesozoyik yaşlı karbonatlar açısız uyumsuzlukla üzerlemektedir. Küreci dolomitik kireçtaşları ve Karadağ kireçtaşlarından oluşan Mesozoyik istif Önsenhopuru ve Dadağlı (Şekil 2) civarında gözlenmektedir. Amanos'un bu birimlerini açısız uyumsuzlukla Üst Miyosen yaşlı bazaltlar örter (Yoldemir, 1987; Ulu vd., 1991). Kuvaterner alüvyonlar bölgenin en genç litolojilerini temsil etmektedir.

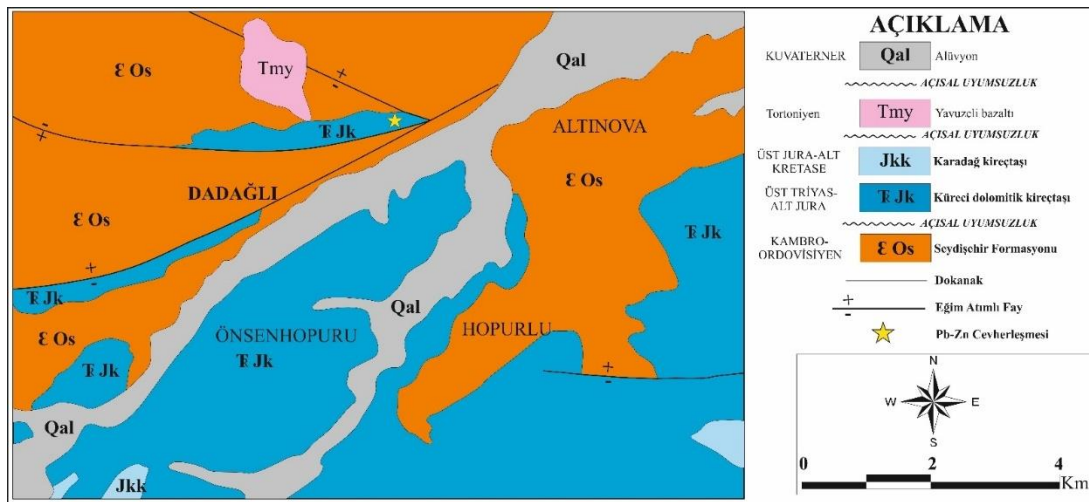
İnceleme alanı, Türkiye'nin tektonik açıdan en önemli faylarından biri olan Doğu Anadolu Fayı'na (DAF) çok yakındır. Bu nedenle bu bölgedeki deformasyonların kaynağı DAF'ın oluşumundan önceki tektonik yapıların yanı sıra DAF'dan kaynaklı da olabilir. Bu uyarı bölgede cevher oluşumunda etkili olan fay ve eklem gibi faktörlerin önemi için yapılmıştır. Çünkü bölgede çok sayıda fay gözlenmektedir (Şekil 2). Bu fayların etkisiyle kayalar deforme

olmuş ve sıvıların hareketine bağlı olarak damar tipi cevherleşmeler gelişmiştir. Ayrıca bu damarların çevresindeki kayalarda ezik ve altere zonlar bulunmaktadır.



Şekil 1. a. İnceleme alanının tektonik konumu (Işık, 2016'dan değiştirilmiştir) b. Gül (2000)'e göre Dadağlı cevherleşmesinin konumu

Cevher zonu Neotetis Okyanusu'nun güney kolunun kapandığı bölgeye çok yakındır (Şengör & Yılmaz, 1981). Bu kapanma sonucunda ise Toros ve Arap levhaları birleşerek kenet kuşaklarını meydana getirmiştir (Robertson & Dixon, 1984; Yılmaz, 1993; Yılmaz vd., 1987; 1988; Yiğitbaş, 1989; Robertson vd., 2004). Bu bölgenin kuzey-güney yönlü bir sıkışma dönemi geçirdiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

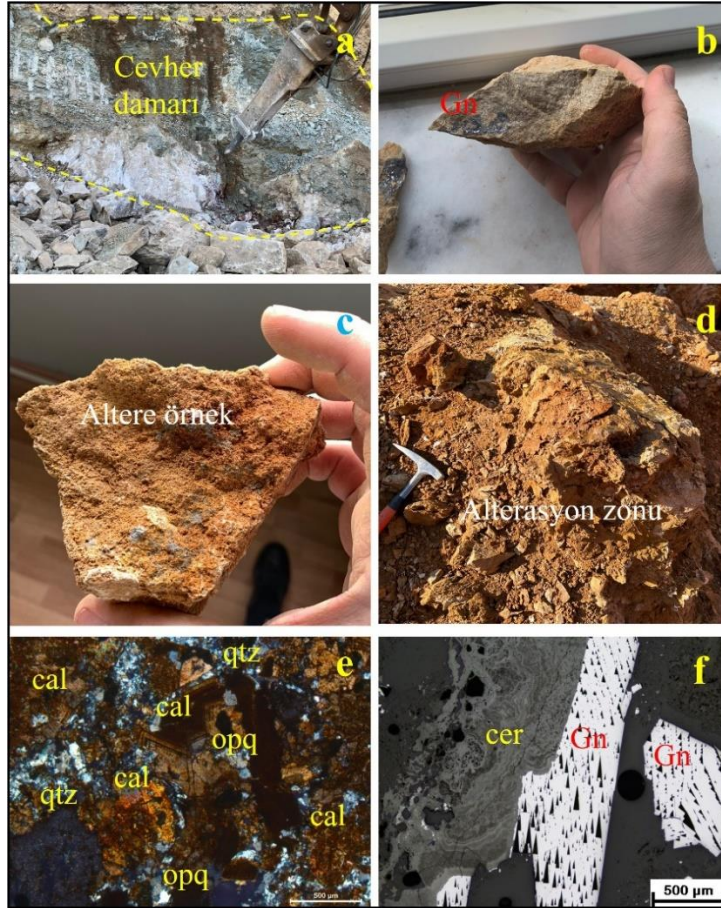


Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (Herece, 2008'den değiştirilmiştir)

Cevherleşme

Pb cevherleşmesi Dadağlı kuzeyindeki karbonatlı kayalar içerisinde gelişen kırık zonlarında gözlenir. Damar tipi şeklinde gözlenen cevherleşme epijenetik oluşumdur (Şekil 3a). Bu bölgedeki karbonatlarda kırık ve çatlaklarda gözlenen cevherleşme ortalama 1 metre kalınlığında 200 metre uzunluğundadır. Cevher zonu oldukça alteredir. El örneklerinde galenit yaygın olarak gözlenir (Şekil 3b). Yan kayalarda ise alterasyonun etkisi ile yeni yapılar ortaya çıkmıştır (Şekil 3c-d). Alterasyon zonunda kayalarda ayrışma da oldukça yaygın gözlenen bir durumdur.

Cevher damarlarından derlenen örneklerin ince kesit incelemesinde kuvars damarları ilişkili opak minerallerin gözlenmektedir (Şekil 3e). Opak mineraller etrafında karbonatlaşma oldukça yaygındır (Şekil 3e). Cevher mikroskopisi çalışmalarında ise galenit-seruzit (Şekil 3f), dönüşümleri gözlenir.



Şekil 3. a. Cevher damarının genel görünümü **b.** Cevherin el örneği **c.** Cevher zonunda yan kayacın el örneği **d.** Alterasyon zonunun genel görünümü **e.** Kuvars damarı boyunca gözlenen opak mineraller ve karbonatlaşmanın mikroskop görüntüsü (Kısaltmalar; qtz: kuvars, opq: opak mineral, cal: kalsit) **f.** Galen-seruzit dönüşümü (Kısaltma; Gn: galen, cer: seruzit)

MATERYAL VE METOT

Cevher zonunda alterasyon jeokimyası çalışması yapabilmek için 10 adet örneğin ana oksit analizleri X-ışınları Floresans (XRF) yöntemi ile BRUKER S8 TIGER model cihazda İstanbul Teknik Üniversitesi Jeokimya Araştırmaları Laboratuvarında yapılmıştır (Tablo 1).

BULGULAR

Ana oksit Jeokimyası

Yapılan analizlere göre PbO değeri %30,99'dur. Birçok örnek demirce fakir olmasına rağmen iki örnekte Fe₂O₃ değeri % 12'yi geçmektedir. CaO değeri ise ortalama %11,54'tür.

Elde edilen bu veriler ile de alterasyon jeokimyası çalışmaları yapılmıştır. Cevher zonundaki kimyasal ve mineralojik değişimleri belirlemek için sırası ile aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

- 1- Klorit-karbonat-pirit indeksi (Ishikawa vd., 1976; Large vd., 2001) hesaplanmıştır. (CCPI= $100(\text{MgO} + \text{FeO}^*) / (\text{MgO} + \text{FeO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$),
- 2- Kimyasal alterasyon indeksi (Nesbitt ve Young, 1982) hesaplanmıştır. (CIA= $\text{molar Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \times 100$),
- 3- Alterasyon indeksi (Ishikawa vd., 1976; Large vd., 2001) hesaplanmıştır. (AI= $100(\text{K}_2\text{O} + \text{MgO}) / (\text{K}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$ hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Dadağlı Pb-Zn zenginleşmesinin mikrotermometrik özellikleri.

OKSİT (%)	DK-1	DK-2	DK-3	DK-4	DK-5	DK-6	DK-7	DK-8	DK-9	DK-10
SiO ₂	35,35	26,26	27,10	32,77	39,38	20,15	23,15	25,20	27,30	18,15
Na ₂ O	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,04
MgO	5,47	5,14	0,47	2,32	8,60	4,30	3,23	1,20	7,45	3,56
Al ₂ O ₃	2,45	4,39	4,03	7,10	2,39	2,62	4,10	2,30	2,20	3,40
P ₂ O ₅	0,27	0,23	0,18	0,17	0,23	0,10	0,10	0,12	0,24	0,10
SO ₃	2,87	2,81	10,64	5,65	0,47	3,41	3,20	3,50	6,20	8,80
K ₂ O	0,90	1,82	0,74	2,78	0,77	0,90	0,98	1,28	0,82	1,45
CaO	14,05	15,11	0,27	5,20	21,41	0,29	0,40	10,20	25,10	23,40
TiO ₂	0,21	0,33	0,12	0,45	0,22	0,16	0,11	0,21	0,22	0,32
MnO	ND	0,10	0,11	0,09	0,13	0,10	0,10	0,10	ND	0,01
Fe ₂ O ₃	1,31	2,07	2,27	1,56	2,29	1,07	2,20	1,45	12,20	12,30
Cr ₂ O ₃	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PbO	23,86	20,39	45,64	34,93	4,49	60,70	56,28	38,20	7,20	18,20
BaO	0,22	3,57	6,96	3,90	0,52	0,25	2,30	3,30	10,30	8,72
LOI	12,80	17,55	1,06	2,34	18,89	9,81	3,58	12,60	0,60	1,20
TOPLAM	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,80	99,70	99,90	99,70

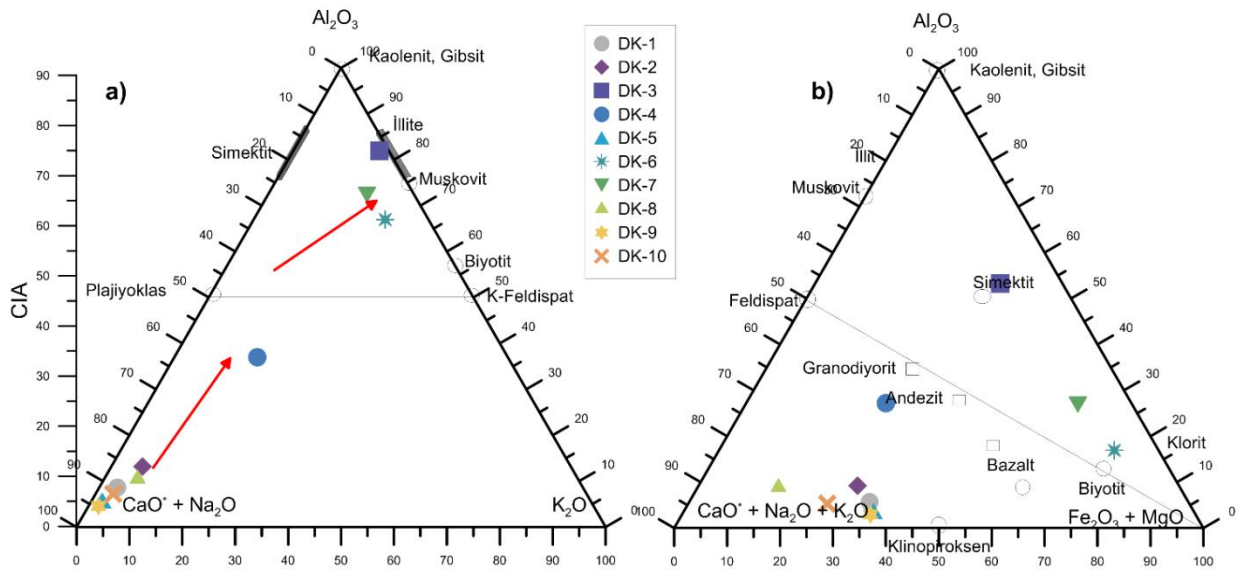
Tablo 2. Dadağlı Pb zenginleşmesinin alterasyon indeksi değerleri.

ÖRNEK	CaO*	CIA	CCPI	AI	FeO
DK-1	0,24	8,62	87,58	31,13	1,17
DK-2	0,26	13,19	79,24	31,51	1,86
DK-3	0,00	81,92	76,83	80,78	2,04
DK-4	0,09	36,97	57,02	49,38	1,41
DK-5	0,38	5,74	93,16	30,45	2,06
DK-6	0,00	66,99	85,14	94,33	0,97
DK-7	0,00	72,37	84,03	91,13	1,98
DK-8	0,18	10,46	65,66	19,51	1,31
DK-9	0,44	4,57	93,24	4,81	10,98
DK-10	0,41	7,18	90,75	17,61	11,07
ORTALAMA	0,20	30,80	81,26	45,06	3,48

Alterasyon Jeokimyası

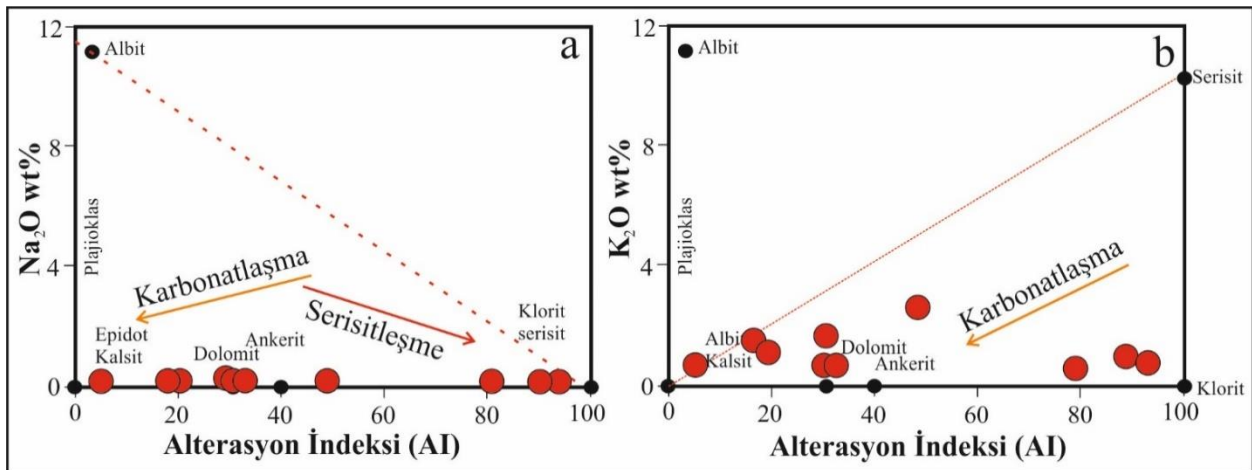
Alterasyon indeks değerleri (CIA); 4.57-81.92 arasında olup ortalama 30.80'dir. Klorit-karbonat-pirit indeksi (CCPI) değerleri ise 57.02-93.24 arasında olup ortalama 81.26'dır. Hesaplanan alterasyon indeksi (AI) değerleri de 4.81-94.33 arasında ve ortalama 45.06'dır. Hesaplamalarda kullanılan CaO^* sonuçları 0-0.44 arasındadır. FeO değerleri de % 0.97-11.07 arasındadır (Tablo 2).

Fillosilikat minerallerinin (klorit ve kaolenit) CIA değeri 95-100, simektit ve illitin CIA değeri ise 75-85 aralığındadır (Nesbitt ve Young, 1982). CIA değerlerine göre orta ve düşük dereceli ayrışma gerçekleşmiştir. A-CN-K ($Al_2O_3-CaO^*+Na_2O-K_2O$) diyagramında K-feldispat mineralleri büyük oranda alterasyona uğrayarak fillosilikata (illit) dönüşmüş ve ortamda K_2O azalırken Al_2O_3 ve $CaO+Na_2O$ değerleri artmıştır (Şekil 4a). A-CN-K-FM ($Al_2O_3-CaO^*+Na_2O+K_2O-FeO^*+MgO$) (Nesbitt ve Young, 1989) diyagramında ise Fe_2O_3 ve MgO'nun (FM) toplamı Ca_2O , Na_2O ve K_2O 'e (CNK) göre artarak kloritleşmeye ve karbonatlaşmaya doğru bir eğilim sergilemektedir (Şekil 4b).



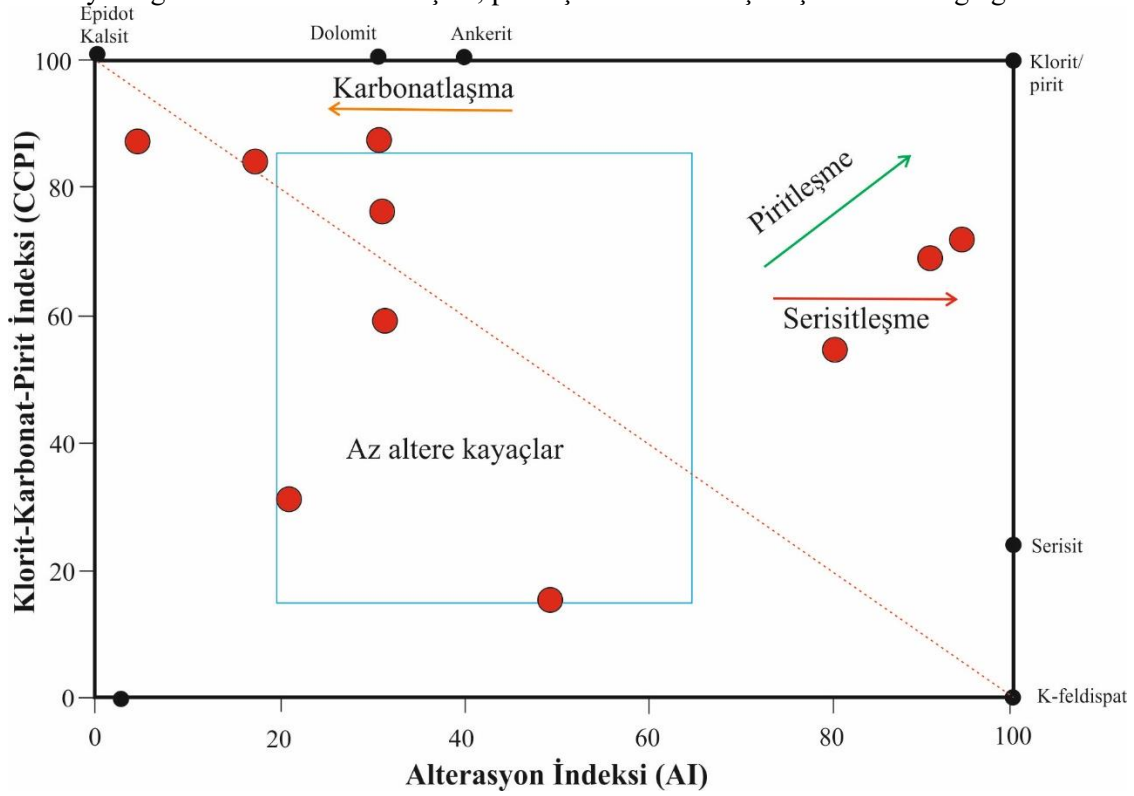
Şekil 4. Derlenen örneklerin, a. A-CN-K ($Al_2O_3-CaO^*+Na_2O-K_2O$) ve b. A-CN-K-FM ($Al_2O_3-CaO^*+Na_2O+K_2O-FeO^*+MgO$) diyagramları

Elde edilen alterasyon indeksi (AI) değerleri Na_2O (Şekil 5a) ve K_2O (Şekil 5b) diyagramlarında değerlendirilmiştir. Diyagramlara göre hidrotermal akışkanların da etkisi ile cevher zonunda karbonatlaşma ve serisitleşme eğilimi gözlenmektedir.



Şekil 5. Derlenen örneklerin, a. AI- Na_2O ve b. AI- K_2O diyagramı.

CCPI ve AI değerleri kullanılarak hazırlanan diyagramda (Şekil 6) bazı örneklerin az altere alanda dağılım gösterdiği ve yaygın alterasyon eğiliminin ise karbonatlaşma, piritleşme ve serisitleşme şeklinde olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Derlenen örneklerin AI-CCPI indeksleri diyagramı.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Cansu ve Öztürk (2020) Dadağlı bölgesine yakın Şekeroba barit cevherleşmesinde parajenezde galenlerin olduğunu belirtmiş ve cevher zonunda sıvı kapanımı ve izotop jeokimyası çalışmaları yapmıştır. Yalçın (2022) Dadağlı civarındaki barit oluşumuna ait ilksel verilerde BaO değerlerinin % 65.07'ye kadar ulaştığını, SrO bakımından fakir olan cevherleşmenin damar tipi şeklinde olduğunu ve parajenezde yer alan galenit ve sfalerit minerallerinin karbonatlaşması ile de smitsonit ve seruzit minerallerinin de bulunduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada bölgedeki alterasyonun eğilimini ortaya koymak amacı ile indeksler hesaplanmıştır. Hesaplanan indeksler diyagramlar yardımı ile yorumlanmıştır. Cevher zonunda klorit-karbonatpirit indeksi (CCPI) değerleri; 57.02-93.24 (ortalama: 81,26), kimyasal bozunma indeksi (CIA) değerleri; 4.57-81.92 (ortalama: 30.80) ve alterasyon indeksi (AI) değerleri ise 4.81-94.33 (ortalama: 45.06) arasındadır. CIA değerleri düşük ve orta dereceli ayrışma olduğunu göstermektedir. Alterasyon jeokimyası diyagramlarında da yaygın alterasyon türlerinin karbonatlaşma, serisitleşme ve çok az piritleşme olduğu tespit edilmiştir. Petrografik ve jeokimyasal değerlendirmelere göre kırık hatlarında dolaşan cevherli çözeltilerin yan kayaçlar üzerinde de etkiler bıraktığı ve bu bölgede karbonatlaşmanın hakim olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Akben, Y.B., Yalçın, C., & Uras, Y. (2022, December). Geology and geochemistry of the Pb-Zn mineralization observed in the carbonates in the north of Dadağlı (Kahramanmaraş). In 2022 VI. International Scientific and Vocational Studies Congress – Engineering (BILMES EN 2021), Abstract Proceedings Book, pp. 28-29, TURKEY, ISBN: 978-605-74786-6-5.

Blumenthal, M.M. (1947). Geologie der Taurusketten im Hinterland von Seydişehir und Beyşehir, M. T. A., Ankara.

Browne, PRL. (1978). Hydrothermal alteration in active geothermal fields. Annu Rev Earth Planet Sci, 6, 229–250.

- Cansu, Z., & Öztürk, H. (2020). Formation and genesis of Paleozoic sediment-hosted barite deposits in Turkey. *Ore Geol. Rev.* 125, 103700. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103700>.
- Davidheiser-Kroll, B.J. (2014). Understanding the fluid pathways that control the Navan Ore body. Ph. D. Thesis. University of Glasgow, Scotland.
- Dean, W.T., & Monod, O. (1990). Revised stratigraphy and relationships of Lower Palaeozoic rocks, eastern Taurus Mountains, south central Turkey. *Geol Mag*, 127, 333–347.
- Fritz, S.J., & Mohr, DW. (1984). Chemical alteration in the micro weathering environment within a spheroidally-weathered anorthosite boulder. *Geochim Cosmochim Acta*, 48, 2527–2535. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(84\)90303-X](https://doi.org/10.1016/0016-7037(84)90303-X).
- Gül, M.A. (2000). Kahramanmaraş Yöresinin Jeolojisi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 304 s.
- Hanılçı, N., Öztürk, H., & Kasapçı, C. (2019). Carbonate-hosted Pb-Zn deposits of Turkey. Chapter 10 In: Pirajno, F., Dönmez, C., Şahin, M.B. (Eds.), *Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*. Springer Nature, Switzerland, 497–533. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0>.
- Herece, E. (2008). Atlas of East Anatolian Fault, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-13, 359, 13 appendices as separate maps. ISBN / ISSN: 9786054075126.
- Huang, ZQ., Wang, Z., & Hou, HM. (2011). Alteration and engineering characteristics of altered-rock in Tianchi Pumped-storage power station. *J North China Inst Water Conserv Hydroelectr Power* 32, 1–5 (in Chinese with English abstract).
- Ishikawa, Y., Sawaguchi, T., Iwaya, S., & Horiuchi, M. (1976). Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on modes of volcanism of underlying dacite and alteration haloes. *Mining Geology*, 26, 105-117. <https://doi.org/10.11456/shigenchishitsu1951.26.105>.
- Işık, V. (2016). Torosların Jeolojisi; Türkiye Jeolojisi Ders Notu. Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Julia, F., Vladimir, L., Sergey, R., & David, Z. (2014). Effects of hydrothermal alterations on physical and mechanical properties of rocks in the Kuril-Kamchatka island arc. *Eng Geol* 183, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.10.011>.
- Large, R.R., Gemmeil, J.B., Paulick, H., & Huston D.L. (2001). The alteration box plot: A simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and litho geochemistry associated with volcanic hosted massive sulfide deposits: *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, 96, 957-971. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.96.5.957>.
- Leach, D.L., & Sangster, D.F. (1993): Mississippi Valley-type lead-zinc deposits.- In: Kirkham, R.V., Sinclair W.D., Thorpe R.I. & Duke, J.M. (eds.): *Mineral Deposit Modeling*. Geological Association of Canada Special Paper, 40, 289–314. <https://doi.org/10.1130/0091-7613>.
- Moon, V., & Jayawardane, J. (2004). Geomechanical and geochemical changes during early stages of weathering of Karamu Basalt, New Zealand. *Eng Geol*, 74, 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.02.002>.
- Nesbitt, H.W., & Young, G.M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299, 715-717. <https://doi.org/10.1038/299715a0>.
- Nesbitt, H.W., & Young, G.M. (1989). Formation and diagenesis of weathering profiles: *The Journal of Geology*, 97, 129-147. <http://www.jstor.org/stable/30065535>.
- Pola, A., Crosta, GB., Fusi, N., & Castellanza, R. (2014). General characterization of the mechanical behaviour of different volcanic rocks with respect to alteration. *Eng Geol*, 169, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.11.011>.

- Rigo De Righi, M., & Cortesini, A. (1964). Gravity tectonics in Foothills structure belt of southeast Turkey, A.A.P.G. Bull., 48-12, 1911-1938.
- Robertson, A.H.F. & Dixon, J.E. (1984). Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: Dixon JE, Robertson AHF (eds) The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geol Soc London, Spec Publ, 17, 1–74.
- Robertson, A.H.F., Ünlügenç, U.C., İnan, N. & Taslı, K. (2004). The Misis–Andırın Complex: a Mid Tertiary mélangé related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. J Asian Earth Sci, 22, 413–453. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(03\)00062-2](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00062-2).
- Schwartz, G.M. (1959). Hydrothermal alteration. Econ. Geol. 54, 161–183.
- Şengör, A.M.C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181–241.
- Ulu, U., Genç, Ş., Giray, S., Metin, Y., Çörekçioğlu, E., Örcen, S., Ercan, T., Yaşar, T. & Karabıykoğlu, M., (1991). Belveren-Araban-Yavuzeli-Nizip-Birecik Alanının Jeolojisi, Senozoyik Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrolojisi ve Bölgesel Yayılımı. M.T.A. Enst. Derleme Rap. No: 9226 (Yayınlanmamış), Ankara.
- Wang, A.M., Zhou, J., Zhong, FW., Wu, Q., & Cui, JL. (2013). Characteristics analysis of rock weathering and alteration for Tianchi pumped storage power station. J North China Inst Water Conserv Hydroelectr Power, 8, 21–25 ((in Chinese with English abstract)).
- Wang, A.M., Li, XG., Huang, ZQ., Huang, XC., Wang, ZF., Wu, Q., Cui, JL., & Lu, XJ. (2015). Laboratory study on engineering geological characteristics and formation mechanism of altered rocks of Henan Tianchi pumped storage power station, China. Environ Earth Sci, 74, 5063–5075. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4520-6>.
- Wyring, LD., Villeneuve, MC., Wallis, IC., Siratovich, PA., Kennedy, BM., Gravley, DM., & Cant JL. (2014). Mechanical and physical properties of hydrothermally altered rocks, Taupo Volcanic Zone, New Zealand. J Volcanol Geoth Res, 288, 76–93. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.10.008>.
- Yalçın, C. (2022). Geochemical and Geological Approach to the Carbonate-hosted Barite Deposits in Dadağlı (Kahramanmaraş), Turkey. Engineering Applications, 1(1), 55-62.
- Yılmaz, Y. (1993). New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. Geol Soc Am Bull, 105, 251–271.
- Yılmaz, Y., Gürpınar, O., Kozlu, H., Gül, MA., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, C. & Keskin, M. (1987). Maraş kuzeyinin jeolojisi (Andırın- Berit-Engizek-Nurhak-Binboğa Dağları) yapı ve jeolojik evrimi. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., Gürpınar, O. & Yiğitbaş, E. (1988). Amanos Dağları ve Maraş Dolaylarında Miyosen Havzalarının Tektonik Evrimi. T.P.A.O. Bülteni C.1/1, 52-72.
- Yiğitbaş, E. (1989). Engizek dağı (K.Maraş) dolayındaki tektonik birliklerin petrolojik incelenmesi; Doktora tezi, İst. Üniv. Fen. Bil. Enst., 347 s.
- Yoldemir, O. (1987). Suvarlı-Haydarlı-Narlı-Gaziantep Arasında Kalan Alanın Jeolojisi ve Petrol Olanakları. T.P.A.O. Rap. No: 2275, Ankara (yayınlanmamış).