

**CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ DERGİSİ
SERİ A**

YERBİLİMLERİ

**Cumhuriyet University
Bulletin of the Faculty of Engineering
Serie A**

Earth Sciences

SAHİBİ (OWNER)

C.Ü. Mühendislik Fakültesi adına:
on behalf of the Faculty of Engineering, C.Ü.:
AHMET GÖKÇE

EDİTÖR (EDITOR)

IŞIK YILMAZ

Yayın Kurulu (Editorial Board)

Demir ALTINER (O.D.T.Ü.)	Aral OKAY (İ.T.Ü.)
Ömer BOZKAYA (Cumhuriyet Ü.)	Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Ü.)
Hasan BAYHAN (Hacettepe Ü.)	Cem SARAÇ (Hacettepe Ü.)
Erdin BOZKURT (O.D.T.Ü.)	Gürol SEYİTOĞLU (Ankara Ü.)
Durmuş BOZTUĞ (Cumhuriyet Ü.)	Abdülrahim ŞAHBAZ (Muğla Ü.)
Atilla ÇİNER (Hacettepe Ü.)	Abidin TEMEL (Hacettepe Ü.)
Mehmet EKMEKÇİ (Hacettepe Ü.)	Okan TEKELİ (Ankara Ü.)
Vedat DOYURAN (O.D.T.Ü.)	Vedia TOKER (Ankara Ü.)
Burhan ERDOĞAN (Dokuz Eylül Ü.)	Mahmut TUNÇ (Cumhuriyet Ü.)
Yavuz ERKAN (Hacettepe Ü.)	Necdet TÜRK (Dokuz Eylül Ü.)
Aziz ERTUNÇ (Süleyman Demirel Ü.)	Asuman TÜRK MENOĞLU (O.D.T.Ü.)
Ahmet GÖKÇE (Cumhuriyet Ü.)	Reşat ULUSAY (Hacettepe Ü.)
Ergun KARACAN (Muğla Ü.)	Taner ÜNLÜ (Ankara Ü.)
Naci GÖRÜR (İ.T.Ü.)	Baki VAROL (Ankara Ü.)
M. Cemal GÖNCÜOĞLU (O.D.T.Ü.)	Hüseyin YALÇIN (Cumhuriyet Ü.)
Nilgün GÜLEÇ (O.D.T.Ü.)	Namık YALÇIN (İstanbul Ü.)
Remzi KARAGÜZEL (Süleyman Demirel Ü.)	Mefail YENİYOL (İstanbul Ü.)
Ali KOÇYİĞİT (O.D.T.Ü.)	Namık YALÇIN (İstanbul Ü.)
Engin MERİÇ (İstanbul Ü.)	Ali YILMAZ (Cumhuriyet Ü.)
Ali İhsan KARAYİĞİT (Hacettepe Ü.)	Osman YILMAZ (İstanbul Ü.)
Ergun GÖKTEN (Ankara Ü.)	Yücel YILMAZ (İ.T.Ü.)

Yazışma Adresi
(Correspondance Address):

Prof. Dr. Işık YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Dergisi

Seri A

YERBİLİMLERİ

58140 SİVAS

Telefon

0-346-219 10 10 (1305 Dahili)

Faks

0-346-219 11 71

e-posta

iyilmaz@cumhuriyet.edu.tr

isik.yilmaz@gmail.com

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ DERGİSİ
SERİ A

YERBİLİMLERİ

Cumhuriyet University
Bulletin of the Faculty of Engineering
Serie A

Earth Sciences

Cilt / Volume : 26

No.: 1-2

2009

**İÇİNDEKİLER
(CONTENTS)**

- Karakaya karmaşığı birimlerinde (KB Anadolu ve Tokat yöresi) (meta)-kumtaşlarının jeokimyasal özellikleri ve kökeni**
Geochemical properties and origin of (meta)-sandstones in the Karakaya complex units (NW Anatolia and Tokat area)
Sema TETİKER 1
- Antalya Birliği - Alakırçay Napı Triyas yaşlı volkanik kayaçlarının alterasyon mineralojisi**
Alteration mineralogy of Triassic volcanic rocks from Antalya Unit-Alakırçayır Nappe
Ömer BOZKAYA, Hüseyin YALÇIN 23
- Kumarlar (Çanakkale) Pb-Zn cevherleşmesinin sıvı kapanım özellikleri**
Fluid inclusion characteristics of Kumarlar (Çanakkale) Pb-Zn mineralization
Gülcan BOZKAYA ve Şükrü ÇELİK 43

Karakaya karmaşığı birimlerinde (KB Anadolu ve Tokat yöresi) (meta)-kumtaşlarının jeokimyasal özellikleri ve kökeni

Geochemical properties and origin of (meta)-sandstones in the Karakaya complex units (NW Anatolia and Tokat area)

Sema TETİKER

Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

ÖZ

Bu çalışmada KB Anadolu ve Orta Pontidler'de Sakarya Kompozit Birliği içerisinde yer alan Paleotetis ile ilişkili Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı birimlerinde (meta)-kumtaşlarının mineralojik/jeokimyasal özellikleri ortaya konularak, bu kayaçların kökenleri hakkında katkıda bulunulması amaçlanmıştır. KB Anadolu'da Alt Karakaya birimlerinden Nilüfer biriminin alt kesimi mavişist, üst kesimi ise yeşilsist fasiyesi; kireçtaşı blokları içeren Üst Karakaya birimleri psamit, pelit, karbonat ve spilitik bazalt ile temsil edilmektedir. Tokat yöresinde Alt Karakaya birimlerinden Turhal Metamorfileri'nin alt kesiminde mavişist, orta-üst kesiminde yeşilsist; Üst Karakaya birimlerinden Devecidağ Karışığı'nda psamit, pelit, spilitik metabazalt ve karbonat kayaçları bulunmaktadır. Dokusal özellikler, mineral birliklikleri, kil/fillosilikat mineral dönüşümleri, tipik indeks mineraller ve fillosilikatların kristalkimyasal verilerine göre; Alt Karakaya birimleri yüksek basınç-düşük sıcaklık ile temsil edilen sıkışmalı, Üst Karakaya birimleri ise ısı akışının etkili olduğu genişlemeli baseni yansıtan diyajenetik/metamorfik özelliklere sahiptir. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait (meta-)kumtaşları kıtasal ağırlıklı olmak üzere magmatik bir kaynaktan beslenmiş olup; çoğunlukla aktif kıtasal kenar ve ada yayı ortamlarını işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeotektonik ortam; paleotetis; petrografi; sedimanter süreçler.

ABSTRACT

In this study, it has been aimed to contribute the definition and formation of the Paleotethys-related Permo-Triassic Karakaya Complex by revealing the geochemical properties of the units that is located within the Sakarya Composite Terrane in the NW Anatolia and Central Pontides. Nilüfer unit from the Lower Karakaya Unit is represented by blueschist in the lower parts, and greenschist in the upper parts; as for the Upper Karakaya units bearing limestone blocks, they are made up of psammit, pelit, carbonate and spilitic basalt. In the Tokat area, Turhal Metamorphites of the Lower Karakaya Unit contains blueschist in the lower parts, greenschist. The Devecidağ Melange of the Upper Karakaya Unit, on the other hands, includes psammit and pelit rocks, spilitic metabasalt and carbonate rocks. According to textural features, mineral associations, clay/phylosilicate transformations, typical index minerals and crystallochemical data of phyllosilicates; Lower Karakaya units have represented by high pressure-low temperature in the compressional basin, whereas Upper Karakaya units reflect diagenetic/metamorphic characteristics in the extensional basin dominating a low heat flow. (Meta-)sandstone from Karakaya Complex units are derived from a magmatic source (largely continental) and point out active continental margin and arc settings.

Keywords: Geotectonic setting; paleotetis; petrography; sedimentary processes.

GİRİŞ

Magmatik kayalarındaki kadar yaygın olmamakla birlikte, petrolojik ve jeokimyasal incelenmeler özellikle klastik kayalarda sedimanter ve metamorfik süreçler ile provenans ve jeotektonik ortamlarının anlaşılması için 30 yıldan beri kullanılmaktadır (Örneğin; Dickinson ve Suczek, 1979; Dickinson vd., 1983; Bhatia, 1983; Taylor ve McLennan, 1985; Bhatia ve Crook, 1986; Roser ve Korch, 1986, 1988; Winchester ve Max, 1989).

Sunulan çalışma; KB Anadolu ve Orta Pontidler olmak üzere iki farklı alandan seçilmiştir (Balıkesir-Çal-Orhanlar-Havran, Bursa-Orhaneli-Demirtaş ve Tokat-Turhal-Zile). Bu çalışmada Karakaya Karmaşığı içerisinde yer alan ince-kaba taneli (meta)-klastik kayalarda mineral birliktelikleri, beslenme rejimi-kaynak bölge-kaynak kayaç-ortam ve/veya fasiyes-mineraller arasındaki ilişkiler ile bunların iki farklı bölgeye göre benzerlik ve/veya farklılıklarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu çerçevede KB Anadolu ve Tokat yöresinden noktasal ve çoğunluğu ölçülü kesitler boyunca toplam 253 adet örnek derlenmiş ve Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarlarında (ince-kesit petrografisi, XRD-X-ışınları kırınımı) incelenmiştir (Tetiker, 2009). Seçilen 20 adet kumtaşı örneğindeki kimyasal analizler Activation Laboratuvarları'nda (Ontario-Kanada) gerçekleştirilmiştir. Ana element çözümlerlerinde lityum metaborat/tetraborat eritiş ICP, iz/eser ve REE çözümlerlerinde ICP-MS kullanılmıştır.

JEOLJİK KONUM

Sakarya Kompozit Birliği (Göncüoğlu vd., 1997) içerisinde yer alan Jura-öncesi Paleotetis ile ilişkili birimlerden Karakaya Karmaşığı (Şengör vd., 1984) iki bölüme ayrılmaktadır (Tekeli, 1981): Bunlardan Alt Karakaya Karmaşığı; yapısal ve olasılıkla stratigrafik olarak altta yer almakta olup; Paleozoyik sonu veya Triyas'ta genellikle yeşilşist ve kısmen mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş çoğunlukla metabazit, fillit ve mermer, az miktarda metaçört, metagabro ve serpantinitle temsil edilmektedir (Okay ve Göncüoğlu, 2004).

Üst Karakaya Karmaşığı ise içerisinde çok sayıda Permo-Karbonifer yaşlı ortama yabancı kireçtaşı blokları içeren (Bailey ve McCallien, 1950, 1953; Erol, 1956), kuvvetlice deforme olmuş Permiyen veya Triyas yaşlı dört seriden (arkozik kumtaşı; kireçtaşı bloklu grovak; bazalt, kireçtaşı, tane akıntısı, moloz akıntısı ve olistostrom; şeyl) oluşmaktadır (Okay ve Göncüoğlu, 2004). Sakarya Kompozit Birliği içerisindeki inceleme alanının kuzeyi İntra-Pontid Kenedi ile sınırlı olup, güneyinde sırasıyla İzmir-Ankara Kenedi ve Torid-Anatolid Platformu'na ait kayalar bulunmaktadır (Şekil 1). Karakaya Karmaşığı Jura-Tersiyer yaşlı kırıntılı-karbonatlı kayalar tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.

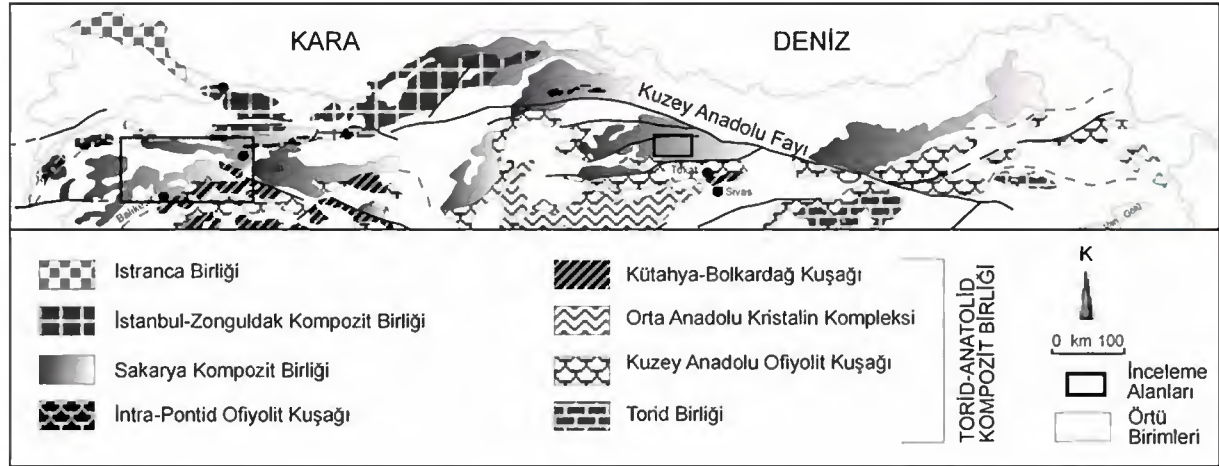
KB Anadolu'da yüzeyleyen kayaların stratigrafik dağılımı incelendiğinde; metamorfik Kazdağ Grubu (Bingöl vd., 1975), metasedimenter Kalabak formasyonu (Krushensky vd., 1980), Çamlık Metagranodiyoriti (Okay vd., 1990) ve Manyas Grubu (Okay vd., 1990) Permo-Triyas öncesi birimleri temsil etmektedir. Alt Karakaya Karmaşığı birimlerinden Nilüfer birimi Kazdağ Grubu Metamorfileri'ni tektonik olarak üzerlemekte olup; foliasyonlu metapsamit (metakumtaşı), metapelit (sleyt, fillit, şist) ve metakarbonat (metakireçtaşı, metadolomit, mermer) seviyeleri ile araldanma sunan ve oldukça deforme yeşil renkli yer yer tabakalanma sunan kalın metabazik kayalardan (metavolkanik, metatüf) oluşmaktadır (Tetiker vd., 2009a). Üst Karakaya Karmaşığı birimlerinden Hodul birimi Çamlık Metagranodiyoriti üzerinde uyumsuzlukla yer almakta ve beyaz-sarı ve açık yeşil renkli arkozik kumtaşları ile arakatlı (meta-)pelit (çamurtaşı, şeyl, sleyt, silttaşı) ve metakireçtaşı blokları içermektedir. Orhanlar birimi, metakireçtaşı blokları ile silttaşı, şeyl ve marn arakatlıları içeren sarı-kahve ve yeşil renkli grovaklardan oluşmaktadır. Çal birimi, olistostromal kireçtaşı blokları içeren spilitik bazalt, aglomera ve klastikler (çamurtaşı, şeyl, kumtaşı) ile temsil edilmektedir.

Orta Pontidlerde Sakarya Kompozit Birliği'nin temelini Karakaya Karmaşığı'na ait birimler oluşturmaktadır. Bunlar Permo-Triyas yaşlı metamorfik kayaç topluluklarından oluşan Turhal

Metamorfileri (Özcan vd., 1980; Gökçe, 1983) ve Devecidağ Karışığı'dır (Özcan vd., 1980).

Alt Karakaya Karmaşığı birimlerinden Turhal Metamorfileri, gri-yeşil renkli metapelit (şist, sleyt, fillit, metasilttaşı) ve metakumtaşları ile ardalanma

sunan metabazik kayalar (metabazalt, metatüfit, metagabro, metadiyabaz); Üst Karakaya Karmaşığı birimlerinden Devecidağ Karışığı metaklastik (şeyl, silttaşı, sleyt, meta-kumtaşı), metavolkanit (spilitik) seviyeler ile metakireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Tetiker vd., 2009b).



Şekil 1. İncelenen alanların Türkiye'nin Alpin Birlikleri içindeki yeri (Göncüoğlu vd., 1997).

Figure 1. Location within Alpine Terrane of Turkey of study areas (Göncüoğlu et al., 1997).

KUMTAŞI PETROGRAFİSİ

Karakaya Karmaşığı kumtaşlarının sınıflandırılması ve adlandırılmasında modal mineralojik bileşim kullanılmıştır (Çizelge 1). Kumtaşlarında kuvars % 18-42 (ortalama % 32), feldispat % 2-20 (ortalama % 6), kayaç parçacıkları % 27-40 (ortalama % 33), ağır mineraller % 4-39 (ortalama 20), matriks % 0-14 (ortalama % 6) ve çimento % 0-9 (ortalama % 2) arasında değişen miktarlara sahiptir. Bunlardan kuvarsları polikristalin; kayaç parçacıklarını metamorfik ve volkanik, ağır mineralleri ise mika ve klorit temsil etmektedir. Kumtaşları QFL sınıflamasına göre (Folk, 1974); Hodul için subarkoz, litik arkoz ve feldispatik litarenit; Orhanlar için litikarkoz, sublitarenit ve feldispatik litarenit ve Çal için subarkoz sınırları içerisinde bulunmaktadır. (Meta-)kumtaşları Turhal Metamorfileri'nde kuvars arenit ve subarkoz; Devecidağ Karışığı'nda sublitarenit, litikarkoz ve feldispatik litarenit olarak adlandırılmıştır.

KB Anadolu'da yer alan Nilüfer birimi metakumtaşlarında bileşenleri başlıca kuvars,

feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz), serizit, mika (muskovit, biyotit), kalsit, kayaç parçaları ve opak mineraller oluşturmaktadır. Blastopsamitik dokulu, kötü boylanmalı bu kayalarda mikroyönlenme ve fillosilikatça zengin seviyelerde sleyt klivajı gözlenmektedir. Bağlayıcı malzemeyi büyük ölçüde fillosilikat matriks ve daha az kalsit çimento oluşturmaktadır. Bu kayalarda volkanik (bazaltik) ve metamorfik (kuvarsit, şist) kayaç parçalarına da rastlanılmıştır.

Hodul birimi kumtaşları (çoğunlukla litik arkoz, kısmen subarkoz ve feldispatik litarenit) genellikle kötü-orta boylanmalı, orta-çok kaba kum boyu, köşeli ve yarı yuvarlak tanelerden oluşmaktadır. Dokusal açıdan çoğunlukla olgunlaşmamış olan bu kayaların bileşenleri kuvars, feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz ve ender mikroklin), mika (muskovit, serizit, biyotit), opak mineral ve kayaç parçalarıdır (metamorfik, granitik, ender kireçtaşı).

Orhanlar birimi kumtaşlarında (litarenit, litikgrovak, litik arkoz ve feldispatik litarenit) psamitik dokulu, olgunlaşmamış, orta-kötü boylanmalı, ince-veyer yer

çok kaba kum boyundaki ana bileşenleri kuvars, feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz), mika (muskovit, serizit, biyotit), kalsit; tali bileşenleri ise opak mineral, zirkon, epidot, turmalin ve apatit temsil etmektedir. Matrikste fillosilikat (klorit, serizit), çimentoda çok az miktarda kalsit mineralleri bulunmaktadır. Kumtaşlarında plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşan bazaltik, şist ve/veya fillit ve kuvarsitik kayaç parçacıkları da gözlenmiştir.

Çal biriminde ara seviyeler şeklinde gözlenen kumtaşları (feldispatik grovak) karbonat çimentolu ve fillosilikat bileşimli matriks içerisinde başlıca kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, muskovit, serizit, klorit, mikrolitik dokulu volkanik kayaç parçacıkları, ender olarak zirkon ve opak minerallerden oluşmaktadır. Kötü boylanmaya sahip bu kayaçlarda matriks bütünüyle fillosilikatlardan (klorit, serizit) meydana gelmiştir.

Tokat Yöresi'nde tanımlanan Turhal Metamorfittleri metakumtaşları ince ve orta taneli, blastopsamitik dokulu olup, ilksel sedimanter mikrolaminasyonun yanı sıra, mineral yönlenmesi ve buruşma klivajları da gözlenmektedir. Bileşenler; kuvars, feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz), mika (muskovit, serizit, biyotit), Fe-oksit (hematit, götit), kalsit, klorit, ender olarak epidot, turmalin, apatit ve zirkon mineralleridir. Bağlayıcı malzemeyi fillosilikat (lifsi klorit, pulsu serizit) matriks; az miktardaki kalsit veya silis çimento oluşturmaktadır. Kuvars mineralleri; monokristalin (yer yer dalgalı sönmeli) ve polikristalin özellikte, yer yer rekristalizasyon sonucu grift sınır ilişkisi göstermektedir. Mikroyönlenme ve bükülme gösteren mikalar; muskovit/biyotit-klorit istif/pod yapılarını (Voll, 1960; Craig vd., 1982; Kinsley vd., 1983) oluşturmaktadır.

Çizelge 1. Karakaya Karmaşığı'na ait kumtaşlarının modal mineralojik bileşimleri (%).

Table 1. Modal mineralogical compositions (%) of sandstones from Karakaya Complex.

YÖRE	Birim	Örnek No/ Bileşenler	%						%			%		
			Q	F	Lt	H	M	C	Q	F	L	Qm	F	Lt
TOKAT	Turhal Metamorfittleri	TKK-2	39	3	35	19	4	0	93	7	0	8	7	85
		TKK-33	32	2	31	23	7	6	95	5	0	3	5	92
		TKK-43	38	2	37	13	7	3	96	4	0	4	4	92
		TKK-59	29	3	29	32	7	0	85	7	8	8	7	85
		TKK-61	32	2	27	39	0	0	96	4	0	14	4	82
		TKK-62	31	2	29	30	8	0	95	5	0	5	5	90
		TKK-67	33	2	31	30	1	3	95	5	0	5	5	90
	Devecidağ	DKK-217	18	14	40	25	3	0	33	25	42	3	25	72
		DKK-220	21	20	28	27	3	0	42	39	18	4	39	57
		DKK-224	39	5	36	8	3	9	80	10	10	16	10	74
		DKK-241	28	13	29	24	3	3	56	25	19	5	29	66
DKK-244		36	3	35	19	1	6	87	6	7	10	6	84	
KB ANADOLU	Çal	CKK-179	39	7	34	4	10	6	85	14	1	13	14	73
	Orhanlar	BKK-188	30	4	34	18	14	0	76	9	15	6	9	85
		BKK-193	30	11	34	16	8	0	65	24	11	4	24	72
		BKK-196	23	6	33	28	10	0	56	15	29	4	15	81
		BKK-197	29	7	34	15	10	5	66	16	18	7	16	77
	Hodul	NKK-130	35	8	37	4	13	2	72	17	11	5	17	78
		HKK-149	42	6	39	6	7	0	85	12	3	9	12	79
		HKK-157	29	5	33	25	6	1	70	11	19	10	11	79

Q=Toplam kuvars (Qm Monokristalin kuvars + Qp Polikristalin kuvars), F=Toplam feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz, mikroklin), Lt=Toplam kayaç parçacıkları (Qp + Ls Sedimanter kayaç parçacıkları + Lm Metamorfik kayaç parçacıkları + Lpv Magmatik kayaç parçacıkları), H=Ağır mineraller (muskovit, biyotit, klorit, apatit, zirkon, turmalin, epidot, opak), M=Matriks (kil, serisit), C=Çimento (karbonat, silis, Fe-oksit), L=Toplam duraysız kayaç parçacıkları (Ls+Lm+Lpv).

Devecidağ Karışığı metakumtaşları; blastopsamitik dokulu, kötü boylanmalı, yarı köşeli ve yuvarlak minerallerden oluşmaktadır. Genellikle ilksel doku özelliklerini korumuş gözükmekte, ancak bazı fillosilikat ve mika minerallerinde (muskovit, biyotit) klivaj düzlemleri de gelişmiştir. Bağlayıcı malzemeyi fillosilikat matrisi (serizit, klorit) ve kalsit ve/veya dolomit ve silis çimentonun yanı sıra Fe oksidasyonu oluşturmaktadır. Bileşenleri bolluk sırasına göre kuvars, feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz), mika (muskovit, serizit, biyotit), klorit, kayaç parçacıkları (volkanik, metamorfik) ve eser miktarda turmalin, zirkon, apatit, epidot mineralleri temsil edilmektedir.

JEOKİMYA

Karakaya Karmaşığı'nın farklı birimlerini temsil eden (meta-)kumtaşlarında elde edilen jeokimyasal veriler; farklı yaşlardaki kayaçların ortalama bileşimleri Zenginleşmiş-Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları (E-MORB), Alt Kitasal Kabuk (LCC), Üst Kitasal Kabuk (UCC), Arkean-Proterozoyik-Paleozoyik-Mezosenozoyik Bazaltik Volkanikler (BV), Arkean-Proterozoyik-Fanerozoik Granitik Plütonikler (GP), Arkean-Proterozoyik-Paleozoyik-Mesosenozoyik Felsik Volkanikler (FV), Kuzey Amerikan Şeylleri-Birleştirilmiş (NASC) ve Arkean-Proterozoik-Fanerozoik Kratonik Kumtaşları (CS) ile karşılaştırılarak aşağıda sunulmuştur.

(Meta-)kumtaşlarında yapılan kimyasal çözümler Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir. En bol bulunan element oksitleri, KB Anadolu için yaklaşık SiO_2 % 59-81, TiO_2 % 0.3-0.7, Al_2O_3 % 8-14, tFe_2O_3 % 1.6-5.4, MnO % 0.01-0.10, MgO % 0.3-2.7, CaO % 0.1-0.9, Na_2O % 0.9-4.8, K_2O % 1.0-3.9, P_2O_5 % 0.04-0.65 ve ateşte kayıp % 1.8-6.8; Tokat yöresi için yaklaşık SiO_2 % 55-80, TiO_2 % 0.3-1.0, Al_2O_3 % 9-19, tFe_2O_3 % 4-10, MnO % 0.03-0.13, MgO % 1.5-3.1, CaO % 0.1-0.8, Na_2O % 0.8-5.1, K_2O % 0.5-3.7, P_2O_5 % 0.02-0.21 ve ateşte kayıp % 1.9-5.8 arasında değişmektedir. Bu değerler; (meta-)kumtaşlarının kayaç oluşturan ana (kuvars, plajiyoklaz, ortoklaz, mikroklin, fillosilikat) ve tali minerallerin (apatit, zirkon, turmalin, epidot, opak) ve kısmen kayaç parçacıklarının kimyasına karşılık gelmekte, buna karşın karbonat minerallerinin çok az ve/veya hiç içermediğini göstermektedir.

İz element değerleri (ortalama ppm) KB Anadolu'daki Çal birimi için geçiş metallere Cr (250) ve Ni (80); Orhanlar birimi için Co (17) ve Sc (13); Hodul birimi için V (99) ve Zn (60); Çal ve Orhanlar birimleri için granitoid elementlerinden W (679 ve 274); Hodul birimi için karışık davranışlı elementlerden As (24), kalıcılığı düşük elementlerden Rb (93), Cs (7), Ba (469); Çal birimi için Tl (1); Orhanlar birimi için Sr (226); Hodul birimi için kalıcılığı yüksek elementlerden Nb (14); Çal birimi için Hf (6) Zr (241) ve Y (23); Hodul birimi için Th (14) ve U (3); Çal birimi için nadir toprak elementlerinden Sm (8), Eu (2), diğerleri Hodul biriminde en bol bulunmaktadır. Ortalama ppm cinsinden iz element derişimleri; Tokat yöresinde Turhal Metamorfileri için Cr (187), Ni (101), V (119), Zn (101), As (35) Hf (7), Zr (239), Y (22), Th (9) ve U (3); Devecidağ Karışığı için W (423); Ba (257) ve Sr (155) en bol bulunan elementlerdir.

SEDİMANTER SÜREÇLER

Bozuşma ve Bozunma

Terrijen sedimanter kayaçların jeokimyasını en çok etkileyen sedimanter süreçlerden birisi bozunma (weathering) /bozuşma (alteration)'dir. Üst kitasal kabuğun tipik yüzeysel bozunmasında feldispatların ve kısmen volkanik camın alterasyonu belirleyici olmaktadır. Çünkü bağıl olarak dayanıklı bir mineral olan kuvars ihmal edilirse, bu grup minerallerin ortalaması üst kitasal kabuğun yaklaşık olarak % 70'ini oluşturmaktadır (Nesbitt ve Young, 1984; Taylor ve McLennan, 1985). Bu nedenle, ana element bileşimindeki etkinin çoğu derinsel bozuşma indeksi (Kimyasal Alterasyon İndeksi-CIA) ile değerlendirilmektedir (Örneğin; Nesbitt ve Young, 1984; Nesbitt vd., 1996).

$\text{Al}_2\text{O}_3-(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O})-\text{K}_2\text{O}$ diyagramında (Şekil 2a); CIA değerleri KB Anadolu için 59-75 (ortalama 65), Tokat yöresi için 58-76 (ortalama 66) arasında değişmektedir. KB Anadolu ve Tokat yöresi (meta-)kumtaşları $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{K}_2\text{O}$ çizgisine yakın ve magmatik kayaçların (bazalt-andezit-granit) bozunma yönelimine paralel uzanmakta olup; plajiyoklaz-K-feldispat çizgisinin üzerinde plajiyoklaz-smektit-şeyl üçgeninde şeyl noktasının çevresinde kümelenmektedir.

Çizelge 2. KB Anadolu'da Karakaya Karmaşığı birimlerine ait kumtaşlarının ana (%) ve iz (ppm) element kimyasal bileşimleri ($\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ = Toplam Fe, LOI=Ateşte kayıp (1000 °C).

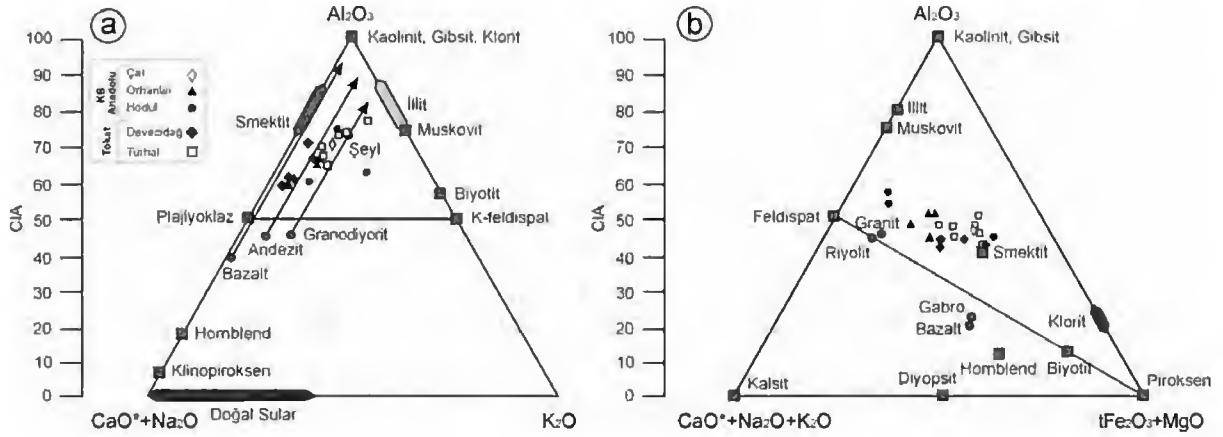
Table 2. Major (%) and trace (ppm) elements chemical compositions of sandstones from Karakaya Complex units in NW Anatolia ($\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ = Total Fe, LOI=Loss on Ignition (1000 °C).

Birim	Hodul			Çal	Orhanlar				
	NKK-130	HKK-149	HKK-157		CKK-179	BKK-188	BKK-193	BKK-196	BKK-197
Oksit %									
SiO ₂	81.03	77.80	59.17	81.05	70.54	71.11	73.46	69.11	
TiO ₂	0.252	0.28	0.616	0.636	0.689	0.484	0.629	0.681	
Al ₂ O ₃	10.68	11.86	14.23	8.40	12.35	13.38	11.39	13.49	
$\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.59	2.03	13.98	4.13	5.39	3.20	3.73	4.09	
MnO	0.006	0.006	0.102	0.028	0.061	0.058	0.047	0.051	
MgO	0.51	0.31	1.86	1.59	2.65	1.36	1.25	2.15	
CaO	0.23	0.13	0.90	0.19	0.43	0.55	0.12	0.20	
Na ₂ O	3.12	1.67	0.90	1.21	2.57	4.40	2.48	4.81	
K ₂ O	1.56	3.93	1.57	1.09	1.61	1.07	1.46	1.01	
P ₂ O ₅	0.05	0.04	0.65	0.14	0.15	0.14	0.08	0.04	
LOI	1.84	2.55	6.81	2.48	3.67	3.63	3.86	2.98	
Toplam	100.9	100.6	100.8	100.9	100.1	99.38	98.50	98.59	
Cr (ppm)	30	<20	60	250	180	120	150	140	
Ni	<20	<20	20	80	80	40	40	40	
Co	1	9	11	10	38	12	9	10	
Sc	4	6	14	8	16	10	12	13	
V	31	29	236	68	113	78	91	113	
Cu	<10	<10	10	20	20	10	20	10	
Pb	14	20	23	25	15	15	11	7	
Zn	<30	40	90	70	70	60	50	60	
Bi	<0.1	0.3	<0.1	0.7	0.3	0.3	0.2	<0.1	
In	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Sn	2	2	5	2	2	1	3	2	
W	65.2	123.0	8.9	679.0	350.0	11.0	6.7	727.0	
Mo	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
As	14	25	32	<5	7	10	14	<5	
Sb	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	
Ge	1.1	1.1	1.3	1.7	1.2	1.1	1.4	1.1	
Be	2	2	3	1	2	2	2	1	
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Rb	71	131	78	50	65	39	61	40	
Cs	2.2	5.7	12.9	3.5	4.4	3.4	4.6	2.7	
Ba	235	935	237	189	288	217	212	196	
Sr	70	149	62	39	138	306	141	319	
Tl	0.42	1.27	0.67	0.86	0.36	0.26	0.35	0.19	
Ga	13	15	22	14	19	17	17	18	
Ta	1.07	1.17	1.78	1.40	0.79	0.39	0.63	0.86	
Nb	4.7	7.0	28.8	9.2	10.7	6.6	9.9	8.5	
Hf	4.8	2.8	9.0	6.0	4.2	2.8	4.1	3.6	
Zr	171	103	362	241	181	122	184	159	
Y	14.8	11.6	35.0	23	24.1	13.0	16.5	18.2	
Th	8.93	6.32	25.30	11.80	7.50	4.56	7.67	5.09	
U	3.12	1.44	5.48	3.08	2.10	1.29	1.97	1.65	
La	17.7	13.7	56.7	45.7	25.9	15.1	25.2	22.6	
Ce	37.8	25.1	128.0	106.0	52.0	30.9	49.6	44.7	
Pr	3.76	2.66	11.8	10.8	5.72	3.34	5.36	4.87	
Nd	14.1	9.62	43.4	39.7	20.0	12.3	17.9	17.2	
Sm	2.90	2.07	8.06	8.17	4.38	2.65	3.64	3.56	
Eu	0.581	0.442	1.530	1.620	1.040	0.696	0.854	0.900	
Gd	2.52	1.76	7.61	6.06	4.40	2.61	3.14	3.23	
Tb	0.40	0.30	1.18	0.86	0.69	0.39	0.49	0.50	
Dy	2.42	1.88	6.88	4.51	4.05	2.26	2.90	2.99	
Ho	0.47	0.39	1.40	0.83	0.84	0.46	0.60	0.64	
Er	1.42	1.19	4.22	2.42	2.53	1.40	1.93	2.03	
Tm	0.216	0.184	0.613	0.344	0.366	0.201	0.284	0.293	
Yb	1.45	1.21	3.89	2.17	2.26	1.20	1.69	1.75	
Lu	0.232	0.178	0.607	0.327	0.340	0.179	0.268	0.261	

Çizelge 3. Tokat yöresinde Karakaya Karmaşığı birimlerine ait kumtaşlarının ana (%) ve iz (ppm) element kimyasal bileşimleri (ΣFe_2O_3 = Toplam Fe, LOI=Ateşte kayıp (1000 °C)).

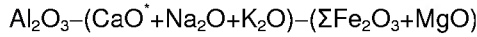
Table 3. Major (%) and trace (ppm) elements chemical compositions of sandstones from Karakaya Complex units in Tokat area (ΣFe_2O_3 = Total Fe, LOI=Loss on Ignition (1000 °C)).

Birim	Turhal							Devecidağ				
	TKK-2	TKK-33	TKK-43	TKK-59	TKK-61	TKK-62	TKK-67	DKK-217	DKK-220	DKK-224	DKK-241	DKK-244
Oksit %												
SiO ₂	72.95	73.14	75.03	66.99	54.64	66.98	71.12	63.11	62.62	80.05	66.22	76.04
TiO ₂	1.015	0.815	0.743	0.773	0.945	0.713	0.725	0.665	0.753	0.341	0.759	0.753
Al ₂ O ₃	10.89	12.70	11.21	14.57	19.42	12.90	13.20	15.97	15.95	9.00	12.94	10.06
ΣFe_2O_3	7.44	4.56	4.09	7.90	9.88	8.13	5.08	6.34	6.17	4.45	7.75	5.48
MnO	0.070	0.053	0.051	0.153	0.132	0.184	0.058	0.095	0.097	0.028	0.056	0.077
MgO	2.29	2.10	1.48	2.34	3.00	2.26	2.55	3.06	2.68	1.28	3.10	1.86
CaO	0.32	0.07	0.25	0.22	0.36	0.34	0.18	0.81	0.35	0.10	0.22	0.28
Na ₂ O	1.82	2.65	2.27	1.58	0.81	1.50	2.77	5.45	5.06	3.07	2.62	2.15
K ₂ O	1.10	1.74	1.94	2.19	3.71	1.72	2.22	0.90	1.34	0.53	0.69	1.07
P ₂ O ₅	0.22	0.02	0.13	0.16	0.21	0.15	0.10	0.21	0.17	0.07	0.06	0.19
LOI	2.59	3.15	2.49	3.71	5.80	3.47	2.49	4.17	3.82	1.90	5.60	2.60
Toplam	100.70	101.00	99.69	100.60	98.90	98.34	100.50	100.80	99.03	100.80	100.00	100.60
Cr (ppm)	120	230	150	220	140	210	240	110	170	90	310	140
Ni	30	80	270	90	90	70	80	30	50	20	50	50
Co	12	13	10	26	23	21	8	39	9	5	18	13
Sc	11	12	8	15	22	14	13	15	16	5	23	12
V	97	113	83	131	174	116	120	113	142	45	181	81
Cu	30	10	20	40	50	30	30	20	20	<10	30	10
Pb	<5	<5	28	20	25	13	22	17	14	21	7	<5
Zn	120	100	80	110	140	80	80	70	80	50	80	60
Bi	0.2	<0.1	0.2	0.5	0.7	0.3	0.2	0.3	1.1	<0.1	0.2	0.1
In	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sn	5	3	2	2	5	3	3	4	3	1	<1	11
W	51.8	1.07	30.7	19.8	18.2	22.7	18.0	324.0	235.0	914.0	173.0	467.0
Mo	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
As	<5	<5	18	42	24	8	144	7	16	10	<5	<5
Sb	<0.2	<0.2	17.2	1.5	1.6	<0.2	7.1	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Ge	1.4	1.1	1.5	1.3	1.7	1.2	1.0	0.7	1.3	1	1.3	1.3
Be	1	2	2	2	3	2	2	2	2	<1	1	1
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Rb	46	79	73	89	157	72	82	28	45	24	26	42
Cs	1.9	3.0	2.9	4.5	8.5	3.5	3.4	0.8	1.4	1.0	1.5	1.9
Ba	157	214	308	240	424	199	256	234	297	93	100	171
Sr	35	21	29	46	64	39	20	329	258	41	88	59
Tl	0.30	0.34	0.47	0.51	0.93	0.29	0.49	0.14	0.28	0.13	0.11	0.17
Ga	12	15	13	17	27	15	16	21	20	11	16	15
Ta	1.39	1.12	1.21	0.98	1.40	0.88	1.05	1.87	1.75	1.07	0.26	0.85
Nb	19.6	17.4	12.8	15.7	23	14.2	12.6	32.1	19.5	10.9	4.1	10.8
Hf	16.0	5.7	6.1	4.7	5.0	4.5	4.4	4.3	4.5	1.8	2.7	4.2
Zr	562	207	222	171	178	163	169	201	191	83	121	186
Y	30.0	18.8	19.6	19.6	28.9	23.9	15.8	20.3	15.4	12.5	12.8	24.1
Th	13.5	4.85	7.94	8.82	14.5	8.74	7.15	13.9	10.3	4.88	3.03	6.11
U	3.00	2.16	2.00	2.34	3.35	2.26	2.55	3.23	3.00	1.33	1.05	2.18
La	41.9	31.3	30.4	28.5	48.3	32.8	19.9	45.2	24.0	20.1	6.68	31.4
Ce	79.4	60.6	59.8	55.8	92.3	60.2	44.8	80.1	43.6	37.4	13.1	67.5
Pr	7.98	6.08	5.88	5.58	9.39	6.14	4.54	8.06	4.61	3.74	1.65	7.24
Nd	30.4	21.2	21.8	21.6	35.3	24.2	16.2	25.0	15.3	12.5	6.38	26.6
Sm	6.64	4.55	4.51	5.00	7.46	5.59	3.29	4.35	3.04	2.46	1.53	5.67
Eu	1.310	0.852	0.915	1.020	1.580	1.220	0.736	1.150	0.759	0.531	0.498	1.500
Gd	5.51	3.58	3.67	4.10	6.37	4.85	2.71	3.78	2.54	2.29	1.69	5.47
Tb	0.90	0.57	0.59	0.64	0.96	0.75	0.43	0.59	0.42	0.36	0.31	0.79
Dy	5.44	3.26	3.30	3.68	5.34	4.30	2.51	3.60	2.57	2.09	2.06	4.41
Ho	1.12	0.65	0.66	0.71	1.03	0.83	0.52	0.73	0.54	0.42	0.46	0.88
Er	3.34	1.96	1.91	2.08	3.02	2.31	1.61	2.26	1.73	1.24	1.58	2.59
Tm	0.505	0.297	0.291	0.307	0.452	0.333	0.253	0.317	0.277	0.169	0.240	0.364
Yb	3.30	1.84	1.86	2.01	2.93	2.07	1.68	1.92	1.79	0.98	1.45	2.13
Lu	0.532	0.286	0.285	0.313	0.461	0.297	0.272	0.302	0.294	0.148	0.230	0.318



Şekil 2. (Meta-)kumtaşlarının CIA (McLennan ve Murray, 1999) ile bazı oksitlerin moleküler oranlarının üçgen diyagramlarda dağılımı, a) felsik diyagram (bazı magmatik ve sedimanter minerallerin ideal bileşimleri ile üst kabuğa ait bazı kaya türlerinin yüzeysel bozunma yönelimleri: McLennan vd., 2003), b) mafik diyagram (ortalama magmatik kayaç bileşimleri: Nockolds, 1954).

Figure 2. Distribution in triangular diagrams of molecular ratios of some oxides with CIA in the (meta-)sandstones (McLennan and Murray, 1999), a) felsic diagram (some magmatic and sedimentary minerals of ideal compositions and weathering trends of some rock types from upper crust: McLennan et al., 2003), b) mafic diagram (mean of magmatic rock compositions: Nockolds, 1954).

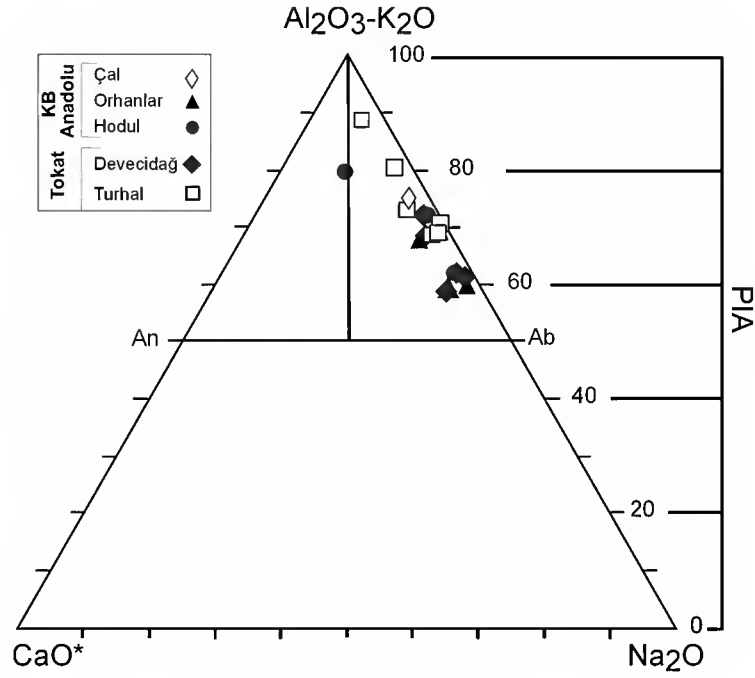


diyagramında (Şekil 2b); inceleme alanı (meta-)kumtaşlarının CIA değerleri KB Anadolu için 42-56 (ortalama 48), Tokat yöresi için 40-49 (ortalama 44) arasında değişmekte, feldispat-piroksen çizgisinin üzerinde ve granit-smektit-muskovit üçgeninde yoğunlaşmaktadır. CIA değerleri; kaolin gibi saf alüminosilikat kalıntıları için 100 olmak üzere, yüzeysel bozunma geçirmemiş çoğu magmatik ve metamorfik kayaçlarda yaklaşık 50 veya daha azdır. Her iki diyagramdaki veriler diyajenetik/metamorfik ve/veya detritik fillosilikatlar ve feldispatın bolluğu ile açıklanabilmekte, ayrıca sedimanter boyanmanın da iyi geliştiğini göstermektedir.

Harnois (1988) tarafından formülize edilen bozunma indeksine (Kimyasal Yüzeysel Bozunma İndeksi-CIW) göre; (meta-)kumtaşlarının CIW değerleri Hodul için 66-82 (ortalama 76), Orhanlar için 62-73 (ortalama 67), Çal için 78, Turhal için 73-91 (ortalama 78) ve Devecidağ için 60-73 (ortalama 66) arasında değişmektedir.

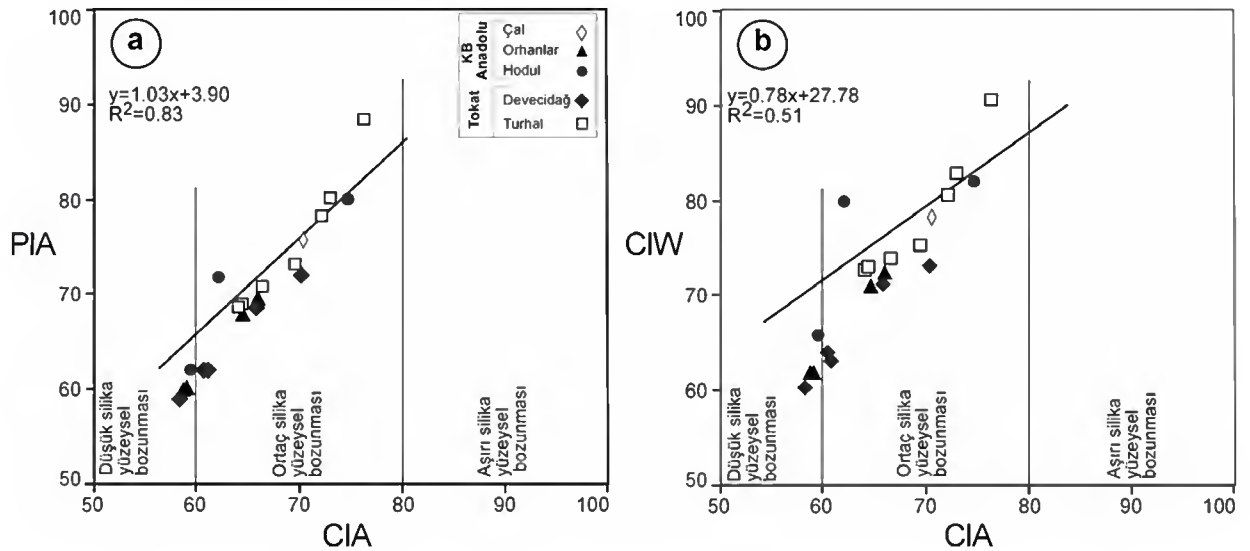
Fedo vd. (1995) tarafından bir başka bozunma indeksi (Plajiyoklaz Alterasyon İndeksi-PIA) ise plajiyoklazların sedimanlardaki bozunma yönelimlerini ortaya koymaktadır. PIA değerleri Hodul için 62-80 (ortalama 71), Orhanlar için 60-70 (ortalama 64), Çal için 76, Turhal için 69-89 (ortalama 75) ve Devecidağ için 59-72 (ortalama 65) arasında değişmektedir (Şekil 3). Bu değerler Karakaya Karmaşığı (meta-)kumtaşlarına ait plajiyoklazların önemli ölçüde bozduğunu göstermektedir. İnceleme alanı (meta-)kumtaşlarının kimyasal bozunma/bozunma ilişkilerinin PIA (Fedo vd., 1995)-CIA (McLennan ve Murray, 1999) ve CIW (Harnois, 1988)-CIA (McLennan ve Murray, 1999) diyagramlarında silikatların ortaç derecede yüzeysel bozunma geçirdiklerini ortaya koymaktadır (Şekil 4). Ayrıca bu ilişkilerin pozitif ve önemli korelasyon katsayısına sahip olduğu da görülmektedir.

İnceleme alanı (meta-)kumtaşlarının Th ve U içerikleri LCC, E-MORB ve BV'dan farklıdır (Şekil 5). Buna karşın; örnekten örneğe ve birimden birime değişimle birlikte NASC, UCC, CS, GP ve FV'e benzerlikler göstermektedir.



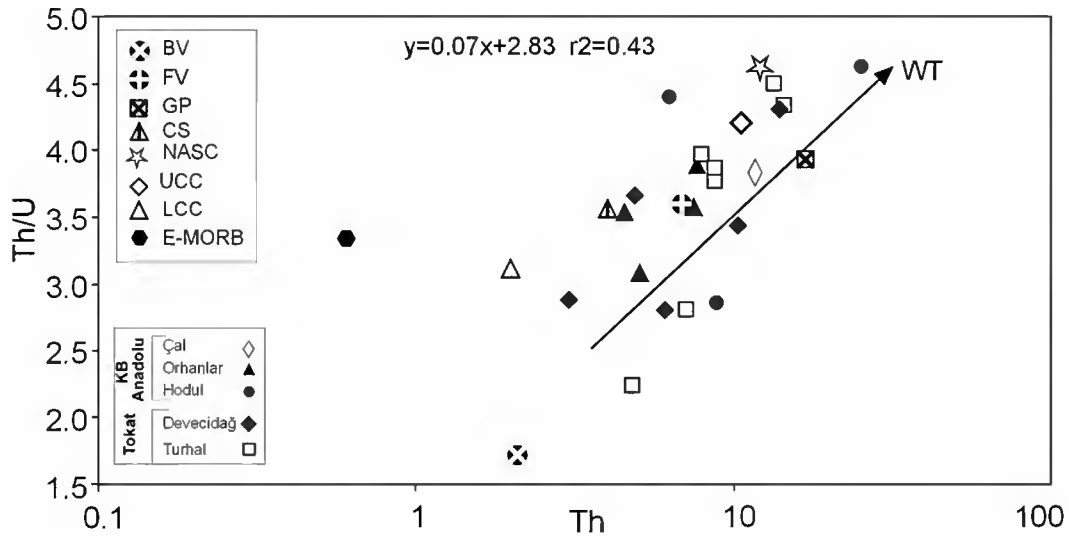
Şekil 3. (Meta-)kumtaşlarının PIA (Fedo vd., 1995) ile bazı oksitlerin moleküler oranlarının üçgen diyagramlarda dağılımı (Ab=Albit, An=Anortit).

Figure 3. Distribution in triangular diagrams of molecular ratios of some oxides with PIA (Fedo et al., 1995) in the (meta-)sandstones (Ab=Albite, An=Anorthite).



Şekil 4. (Meta-)kumtaşlarının kimyasal bozunma/bozuşma ilişkileri, a) PIA (Fedo vd., 1995)-CIA (McLennan ve Murray, 1999), b) CIW (Harnois, 1988) -CIA (McLennan ve Murray, 1999).

Figure 4. Chemical weathering/alteration relation in the (meta-)sandstones, a) PIA (Fedo et al., 1995)-CIA (McLennan and Murray, 1999), b) CIW (Harnois, 1988) -CIA (McLennan and Murray, 1999).



Şekil 5. (Meta-)kumtaşlarının Th–Th/U diyagramı (WT: Yüzeysel bozunma yönelimi; LCC ve UCC: Taylor ve McLennan, 1981; E-MORB: Sun ve McDonough, 1989; NASC: Gromet vd., 1984; CS, GP, BV: Condie, 1993).

Figure 5. Th–Th/U diagram of (meta-)sandstones, (WT: Weathering trend; LCC and UCC: Taylor and McLennan, 1981; E-MORB: Sun and McDonough, 1989; NASC: Gromet et al., 1984; CS, GP, BV: Condie, 1993).

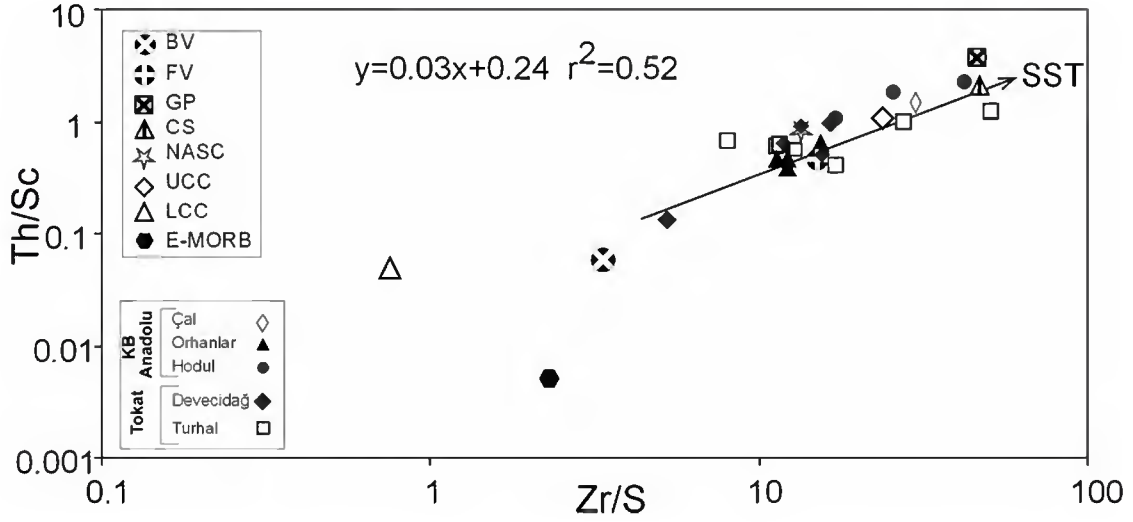
(Meta-)kumtaşlarının Th/U oranları KB Anadolu yöresi için 2.9-4.6, Tokat yöresi için 2.3-4.3 arasında değişmekte olup; hem kaynaktaki yüzeysel bozunmaya hem de provenansa işaret etmektedir. Th/U oranları ortalama BV'den büyük, NASC'den küçüktür. Buna karşın LCC, UCC, CS, GP, FV ve E-MORB'a göre büyük veya küçük olabilmektedir. Diğer taraftan, U tüketilmesini, diğer bir ifadeyle Th zenginleşmesini de gösteren yüzeysel bozunma yönelimi (WT); orta derecede pozitif bir deneştirme verecek biçimde devam etmektedir.

Sedimenter boylanma

Kum ve kumtaşlarında ağır minerallerin (örneğin; zirkon, monazit, manyetit) zenginleşmesine neden olan sedimenter süreçlerden birisi de sedimenter boylanmadır (Pettijohn vd., 1973). Ağır mineral topluluklarındaki ilişkiler, ana mineraller arasındaki ilişkilere göre sedimenter taşınma süreçlerinden daha az etkilenirler (Örneğin, Morton ve Johnson, 1993). Sedimanların tekrarlanan çevrimleri bol ağır mineral içeren kumlarda, bu minerallere bağlı iz elementlerde kuvvetli zenginleşme göstermek-

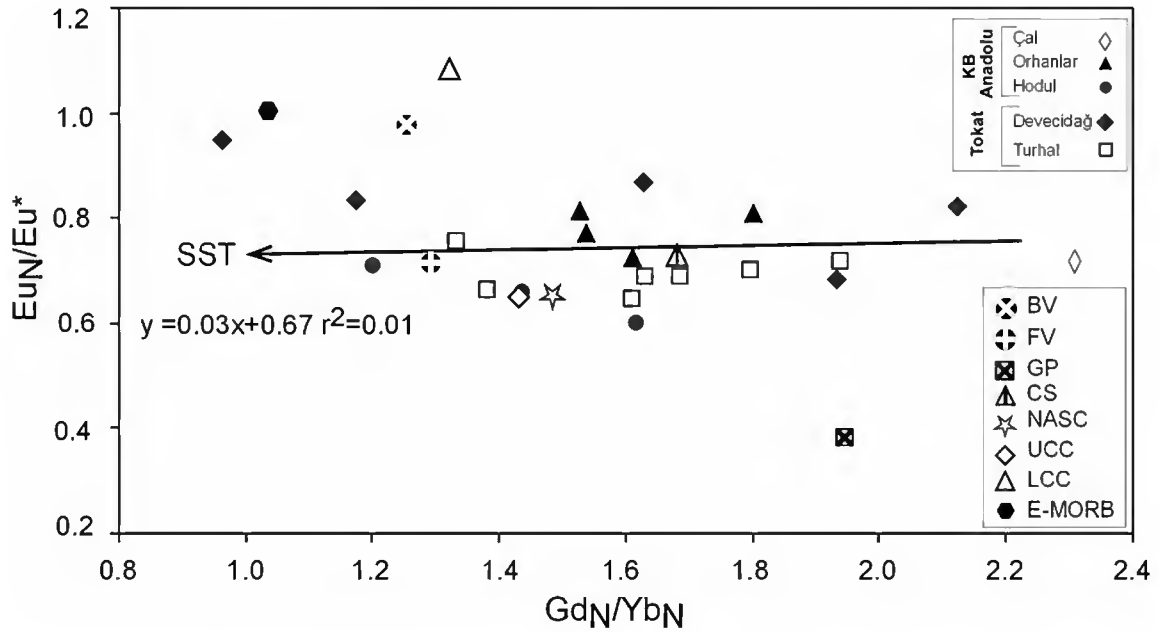
tedir (Örneğin; McLennan vd., 1993; McLennan, 2001).

İnceleme alanı (meta-)kumtaşları için bu jeokimyasal etkiler Th/Sc–Zr/Sc diyagramında görülebilmektedir (Şekil 6). Th/Sc oranları KB Anadolu yöresi birimleri için 0.4-2.4 ve Tokat yöresi birimleri için 0.1-1.2; Zr/Sc oranları sırasıyla 11-51 ve 5-28 arasında değişmektedir. Th ve Zr uyumsuz elementler olup, daha uyumlu bir element olan Sc'a göre bağıl olarak zenginleşmiştir. Ayrıca örneklerin element oranları arasında orta derecede pozitif bir korelasyon bulunmakta olup; zirkon eklenmesini, dolayısıyla sedimenter boylanma yönelimine (SST) işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle; sedimenter döngü (yeniden çevrim) süreçlerinde Zr/Sc, Th/Sc'deki değişimlerden yaklaşık bağımsız olarak daha fazla artma eğilimindedir. Hf (zirkon), Sn (kassiterit), Ti (ilmenit, titanit, rutil), Cr (kromit) ve Th (monazit) gibi diğer elementler de benzer biçimde etkilenmektedir. Ayrıca (meta-)kumtaşlarının Th/Sc ve Zr/Sc oranları LCC, E-MORB ve BV'den oldukça farklı; buna karşın bazı örnek ve birimler için UCC, NASC, CS, GP ve FV'lere son derece benzer ve/veya aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 6. (Meta-)kumtaşlarının Th/Sc-Zr/Sc değişim diyagramında dağılımları (SST: Sedimenter Boylanma Yönelimi; LCC ve UCC: Taylor ve McLennan, 1981; MORB: Zr ve Th için Pearce, 1983; Sc için Pearce, 1982; NASC: Gromet vd., 1984; CS, GP, FV, BV: Condie, 1993).

Figure 6. Distribution in Th/Sc-Zr/Sc variation diagram of (meta-)sandstones (SST: Sedimentary Sorting Trend; LCC and UCC: Taylor and McLennan, 1981; MORB: Zr and Th after Pearce, 1983; Sc after Pearce, 1982; NASC: Gromet et al., 1984; CS, GP, FV, BV: Condie, 1993).



Şekil 7. (Meta-)kumtaşlarının Eu_N/Eu^* - Gd_N/Yb_N değişim diyagramı (McLennan, 1989; E-MORB: Sun ve McDonough, 1989; NASC: Gromet vd., 1984; CS, GP, FV, BV: Condie, 1993).

Figure 7. Eu_N/Eu^* - Gd_N/Yb_N variation diagram of (meta-)sandstones (McLennan, 1989; E-MORB: Sun and McDonough, 1989; NASC: Gromet et al., 1984; CS, GP, FV, BV: Condie, 1993).

İnceleme alanı (meta-)kumtaşılarının $(La/Yb)_N = (La_{Örnek}/Yb_{Örnek}) / (La_{Kondrit}/Yb_{Kondrit})$ oranları KB Anadolu yöresi için 8.1-15.1 (ortalama 10.0), Tokat yöresi birimleri için 3.3-12.2 (ortalama 10.8) arasında değişmekte olup; genellikle CS (ortalama 11.5) ve GP (ortalama 11.4) ve UCC'kine (9.8), benzer; LCC (4.6), NASC (7.2), FV (ortalama 6.1), BV (2.7) ve E-MORB' kinden (ortalama 1.9) ise yüksektir.

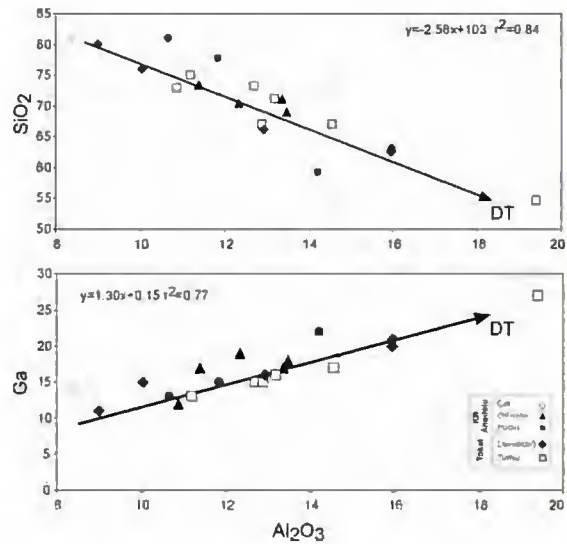
(Meta-)kumtaşılarının Eu_N/Eu^* oranları KB Anadolu birimleri için 0.60-0.81 (ortalama 0.72), Tokat yöresi birimleri için 0.65-0.95 (ortalama 0.75) arasında değişmekte olup, genellikle CS (ortalama 0.73), FV (ortalama 0.72) ve NASC'e (0.65) benzer, GP'den (ortalama 0.38) yüksek, BV'e (ortalama 0.98) göre düşüktür. (Meta-)kumtaşılarının Gd_N/Yb_N oranları KB Anadolu için 1.20-1.80 (ortalama 1.63) ve Tokat yöresi için 1.17-2.12 (ortalama 1.60) dir. Bu değerler E-MORB (1.04), BV (1.25), FV (1.29), LCC (1.32), UCC (1.43) ve NASC'den (1.49) büyük; CS (1.68) ve GP'den (1.95) küçüktür. $Eu_N/Eu^*-Gd_N/Yb_N$ değişim diyagramında inceleme alanı (meta-)kumtaşıları; LCC, E-MORB, GP'den oldukça farklı, buna karşın CS'ye daha yakın bir alanda kümelenmektedir (Şekil 7). İncelenen örnekler Gd_N/Yb_N eksenine yaklaşık paralel dizilmekte ve sedimanter boylanma yönelimini de vermektedir.

Diyajenez/Metamorfizma

İnceleme alanı (meta-)kumtaşılarının ana-iz element değişim diyagramları; detritik yönelimi de ortaya koyacak biçimde son bozuşma/bozunma ürünü olan Al_2O_3 'e karşı diğer oksit ve iz elementler kullanılarak Şekil 8'de verilmiştir.

Bunlardan SiO_2 hariç, diğer element oksitleri Al_2O_3 ile pozitif korelasyona sahiptir. Al_2O_3 'ün korelasyon ilişkisi en zayıf Na_2O ($r^2=0.03$), en yüksek SiO_2 ($r^2=0.84$) ile olmaktadır. İçerikleri açısından Al_2O_3 yüksek ve SiO_2 düşük olan (meta-)kumtaşıları diyagramın sağ; Al_2O_3 düşük ve SiO_2 yüksek olanlar ise sol kesiminde kümelenmektedir. Bu durum, K-mikaların ve/veya feldispatların artışına karşın, kuvars miktarının azalmasıyla ilişkilidir. Benzer ilişkiler Al_2O_3 ve K_2O arasında da görülebilmektedir. Al_2O_3 'in artışına karşın CaO ve

Na_2O 'in kısmen sabit kalışı plajiyoklazlar; $Al_2O_3-TiO_2$ ilişkisi daha ziyade Ti- ve/veya TiFe-oksitler, $Al_2O_3-tFe_2O_3$ ilişkisi sırasıyla Fe-oksit ve biyotit, Al_2O_3-MgO ilişkisi amfibol ve biyotit, $Al_2O_3-P_2O_5$, ilişkisi apatit içeriği ile denetlenmektedir. Al_2O_3 -iz element korelasyon ilişkisi ana oksitlere göre daha belirgin olup, $r^2=0.01-0.77$ (Sm ve Ga) arasında değişmektedir. Al_2O_3 'e karşı kalıcılığı düşük elementlerden Rb ve Ga'un artışı K-mikalar; diyajenez/metamorfizmadan etkilenmeyen geçiş metallere V, kalıcılığı yüksek elementlerden Th ile REE'lerden Nd ve Sm'un artışı türedikleri kaynak bölgeye işaret eden taşınmış terrijen bileşenler ile ilişkilidir.

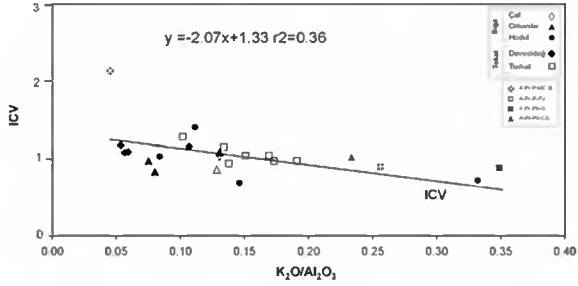


Şekil 8. (Meta-)kumtaşılarının ana-iz element- Al_2O_3 Harker değişim diyagramları (DT= Detritik Yönelim).

Figure 8. Major-trace element- Al_2O_3 Harker variation diagrams of (meta-)sandstones (DT= Detrital Trend).

Cox vd. (1995) tarafından çamurtaşılarında tanımlanan Bileşimsel Değişim İndeksi (ICV); inceleme alanı (meta-)kumtaşıları için geniş bir aralıkta; KB Anadolu (meta-)kumtaşıları için 0.7-1.4 ve Tokat (meta-)kumtaşıları için 0.1-0.4 arasındadır. $ICV-K_2O/Al_2O_3$ diyagramında feldispat ve K-fillosilikatların örneklerdeki bolluğuna göre birimlerin dağılımları da farklı olmaktadır (Şekil 9). Diğer bir ifadeyle diyajenetik/metamorfik evrim en

çok Hodul, en az Turhal (meta-)kumtaşlarını etkilemiştir.

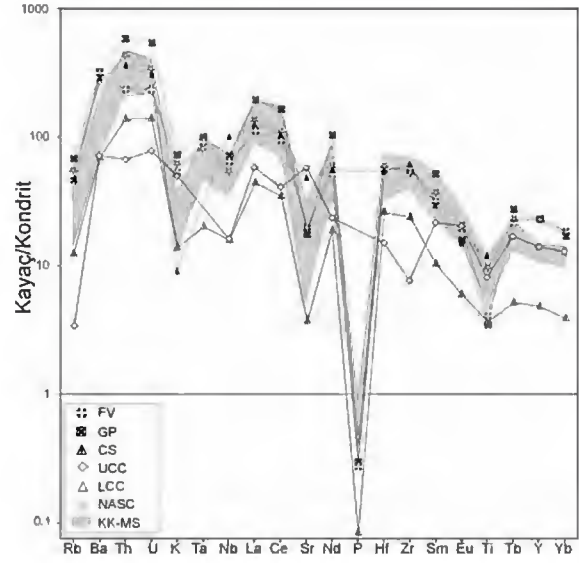


Şekil 9. (Meta-)kumtaşlarının ICV-K₂O/Al₂O₃ (Cox vd., 1995) değişim diyagramı (CS, GP, FV, BV: Condie, 1993).

Figure 9. ICV-K₂O/Al₂O₃ (Cox et al., 1995) variation diagram of (meta-)sandstones (CS, GP, FV, BV: Condie, 1993).

(Meta-)kumtaşlarının birimlere göre bazı iz elementlerin ortalama bileşimleri, kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş, ayrıca karşılaştırma amacıyla LCC, UCC, NASC, CS, GP ve FV'de eklenerek Şekil 10' da verilmiştir. (Meta-)kumtaşlarının desenleri NASC, CS, LCC, GP ve FV'e benzer olmakla birlikte, birimler birbirinden ayrılmakta ve belirgin ayrılaşmayı ifade etmektedir. (Meta-)kumtaşları kondrit değerlerine göre fakirleşme/tüketilme gösteren P (4-9 kat) hariç, kuvvetli zenginleşmeye (Sr için 5 ve Th için 466 kat) sahiptir. P'daki fakirleşme apatit gibi P-içeren ağır minerallerin azlığını veya yokluğunu; Th'daki zenginleşme ise Th-içeren ağır minerallerin, özellikle zirkon, monazit ve/veya titanit'in katkısını işaret etmektedir. İncelenen (meta-)kumtaşları sırasıyla Th, Ta, La, Nd ve Tb için belirgin pozitif; K, Nb, Sr, P ve Ti için negatif anomaliye sahiptir.

Toplam REE konsantrasyonu Karakaya Karmaşığı birimleri için 38-276 ppm arasında değişmektedir (ortalama değerler Hodul 141, Orhanlar 104, Çal 230, Turhal 150, Deveçidağ 112). (Meta-)kumtaşlarının nadir toprak element içerikleri kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilerek element bollukları karşılaştırılmış; ayrıca LCC, UCC, NASC, CS, GP ve FV de eklenmiştir. (Şekil 11).



Şekil 10. (Meta-)kumtaşlarının kondrit-normalize iz element desenleri (KK-MS=Karakaya Karmaşığı (meta-)kumtaşları; Kondrit: Sun ve McDonough, 1989; CS, FV, GP: Condie, 1993; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet vd., 1984).

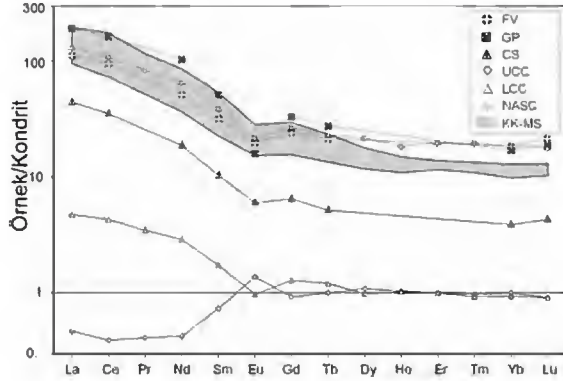
Figure 10. Chondrite-normalized trace element patterns of (meta-)sandstones (KK-MS=Karakaya Complex (meta-)sandstones; Chondrite: Sun and McDonough, 1989; CS, FV, GP: Condie, 1993; Nb and Y for NASC: Condie, 1993; other elements: Gromet et al., 1984).

Desenler birbirinden kısmen ayrılmakta olup, UCC hariç LREE açısından bir zenginleşme göstermektedir. (Meta-)kumtaşlarında tüm elementler için belirgin yaklaşık 193-10 (La-Lu) kat arasında değişen zenginleşmeler mevcut olup, negatif Eu anomalisine sahiptir. REE içerikleri NASC, GP ve FV'e benzer; buna karşın LCC, UCC ve CS'na göre belirgin biçimde artmaktadır. Bu veriler inceleme alanı (meta-)kumtaşlarının sedimanterden ziyade, ağırlıklı olarak magmatik bir kaynaktan beslendiğini düşündürmektedir.

Provenans

Ana elementler kullanılarak kumtaşı-çamurtaşı birlikteliklerinin provenans izlerini saptamaya yönelik ayırtman diyagramları Roser ve Korch (1988) tarafından önerilmiştir. Birinci ayırtman diyagramında incelenen (meta-)kumtaşları çoğun-

lukla kuvarslı sedimanter provenans alanı içinde bulunmaktadır (Şekil 12a).



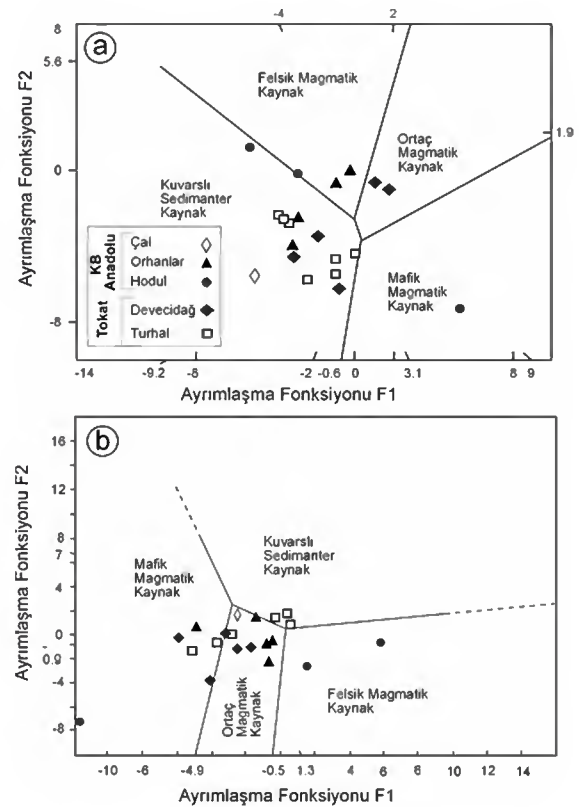
Şekil 11. (Meta-)kumtaşlarının kondrit-normalize REE bollukları (KK-MS=Karakaya Karmaşığı (meta-)kumtaşları; Kondrit: Sun ve McDonough, 1989; NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin vd., 1968; diğer elementler Gromet vd., 1984; LCC ve UCC: Taylor ve McLennan, 1981; CS, FV, GP: Condie, 1993).

Figure 11. Chondrite-normalized REE abundances of (meta-)sandstones (KK-MS=Karakaya Complex (meta-)sandstones; Chondrite: Sun and McDonough, 1989; NASC: Ho and Tm elements after Haskin et al., 1968, other elements after Gromet et al., 1984; LCC and UCC: Taylor and McLennan, 1981; CS, FV, GP: Condie, 1993).

Devecidağ'a ait üç örnek kuvarslı sedimanter ve iki örnek ortaç magmatik; Hodul birimine ait örnekler kuvarslı sedimanter, mafik ve felsik magmatik; Orhanlar birimine ait iki örnek kuvarslı sedimanter ve diğer iki örnek felsik magmatik; Çal birimine ait örnek ise kuvarslı sedimanter kaynak bölgesinde bulunmaktadır. İkinci ayırtman diyagramında Turhal (meta-)kumtaşları iki örnek hariç kuvarslı sedimanter; buna karşın Devecidağ (meta-)kumtaşlarından iki örnek mafik, diğer iki örnek ortaç magmatik; Hodul birimi kumtaşlarından iki örnek felsik, bir örnek mafik magmatik kaynak; Orhanlar birimi üç örnek ortaç ve bir örnek mafik magmatik; Çal birimi kumtaşı ise ortaç magmatik kaynak alanında ortaya çıkmaktadır (Şekil 12b).

Petrografik ve yukarıda belirtilen bazı jeokimyasal veriler magmatik (özellikle granitik) bir provenansa

işaret ederken, birinci ayırtman diyagramında kuvarslı sedimanter kaynağı yansıması, örneklerin serizitleşmiş matriksten kaynaklanan K yüksekliği ve diyajenetik ikincil silis büyümelerinden kaynaklanabilir. Bu nedenle, diyajenez/metamorfizmadan aşırı etkilenmiş kumtaşlarında bu tür ayırtman diyagramlarının kullanılmasına ihtiyatla yaklaşılmalıdır.

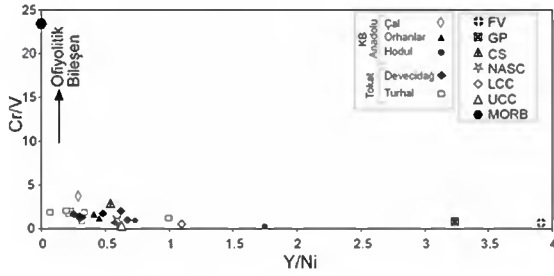


Şekil 12. a) Ana elementlere göre kumtaşı-çamurtaşı birlikteliklerinin provenansı için jeotektonik ayırtman diyagramı (Roser ve Korch, 1988), **b)** Ana element oranlarına göre kumtaşı-çamurtaşı birlikteliklerinin provenansı için jeotektonik ayırtman diyagramı (Roser ve Korch, 1988).

Figure 12. a) Geotectonic discrimination diagram for provenance of sandstone-mudstone units based on major elements (Roser and Korch, 1988), **b)** Geotectonic discrimination diagram for provenance of sandstone-mudstone units based on major element ratios (Roser and Korch, 1988).

Kayaçlardaki ferromagneziyen geçiş metallerinin (örneğin Fe, Cr, Ni, V) zenginleşmeleri; yüksek

Cr/V ve Cr/Ni ve düşük Y/Ni oranlarına sahip ofiyolitik veya mafik ve ultramafik magmatik bir kaynak bileşeninin bulunuşunda bir indikatör olarak alınabilmektedir (Örneğin; Danchin, 1967; Hiscott, 1984; Wrafter ve Graham, 1989; Bock vd., 1998). Cr/V oranları; mafik kaynaklardaki kromitin, yani ofiyolitik provenansın varlığına işaret etmektedir. İnceleme alanı (meta-)kumtaşlarının yaklaşık 0.3-3.7 arasında değişen çok düşük Cr/V oranları, ofiyolitik veya ultramafik bir kaynaktan beslenmediğini göstermektedir (Şekil 13). Y/Ni oranları ferromagneziyen zenginleşmenin bir indeksi olarak felsik kaynağa karşı mafik kaynağın belirteci olmaktadır. Y/Ni oranları 0.1-1.8 arasında değişmekte olup; silisik+felsik bir provenansı düşündürmektedir. İnceleme alanı kumtaşları için Cr/Ni oranları 1.0-6.2 arasında olup; mafik/ultramafik provenans için önerilen Cr/Ni oranları 10 veya daha büyüktür (Örneğin Jaques vd., 1983).



Şekil 13. (Meta-)kumtaşlarının Cr/V-Y/Ni değişim diyagramında dağılımları (LCC, UCC: Taylor ve McLennan, 1981; PM: Taylor ve McLennan, 1985; NASC: Cr ve Ni için Gromet vd., 1984, V ve Y için Condie, 1993; CS, FV, GP: Condie, 1993).

Figure 13. Distributions in Cr/V-Y/Ni variation diagram of (meta-)sandstones (LCC, UCC: Taylor and McLennan, 1981; PM: Taylor and McLennan, 1985; NASC: Cr and Ni after Gromet et al., 1984, V and Y after Condie, 1993; CS, FV, GP: Condie, 1993).

Jeotektonik Konum

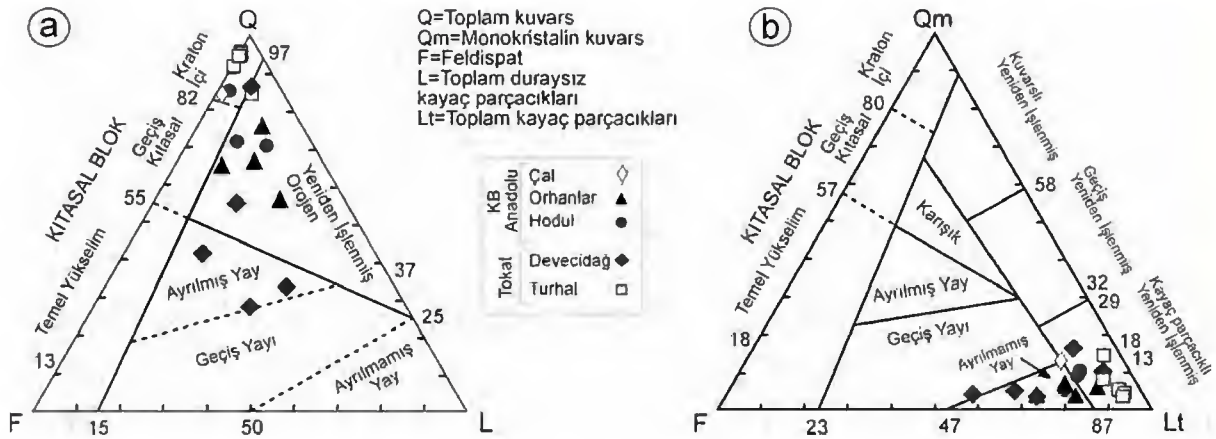
Kumtaşlarında yapılan modal mineralojik nokta sayım sonuçları (bak Çizelge 1) QFL (Dickinson vd., 1983) ve QmFLt (Dickinson ve Suczec, 1979) üçgen diyagramlarına yerleştirilmiştir (Şekil 14). QFL diyagramında örneklerin çoğunluğunun

kayaç parçacıklı yeniden işlenmiş orojenik, az bir kısmının ise kıtasal blok kaynağını temsil ettiği görülmektedir (Şekil 14a). Tokat Bölgesi'nde Turhal Metamorfitleleri'ne ait örneklerin biri hariç diğerleri tümüyle kıtasal kraton içi bölgede; Devecidağ Karışığı'na ait örneklerin ise biri hariç, diğerlerinin ayrılmış yay bölgesinde dağılım sergilediği gözlenmektedir. KB Anadolu'da Çal birimine ait örnek ise kraton içi kaynağı temsil etmektedir. QmFLt diyagramında Hodul ve Turhal Metamorfitleleri örnekleri kayaç parçacıklı yeniden işlenmiş orojen; Orhanlar birimi ve Devecidağ Karışığı ayrılmamış yay alanlarında yer almaktadır (Şekil 14b).

Bhatia (1983) tarafından Paleozoyik kumtaşları için birinci ve ikinci ayırtman fonksiyonlarını esas alan değişim diyagramına göre; Tokat yöresindeki birimlere ait ve KB Anadolu'daki birimlerden Orhanlar ve Çal birimlerine ait kumtaşları pasif kenarı temsil ederken, Hodul birimine ait kumtaşı örneklerinden biri aktif kıta kenarı, diğeri ise ada yayında konumlanmıştır (Şekil 15).

Kumtaşlarının jeotektonik ortamını belirlemede kullanılan üçüncü diyagram Roser ve Korch'un (1986) SiO_2-K_2O/Na_2O biçiminde eski sedimanları temsil eden kimyasal analizlere göre oluşturduğu ikili değişim diyagramıdır (Şekil 16a). Burada Orhanlar birimi örnekleri aktif kıtasal kenar, Çal ve Hodul birimlerine ait birer örnek pasif kenar bölgesinde yer almaktadır. Turhal metamorfitleleri (meta-)kumtaşları aktif kıtasal kenarı temsil ederken, Devecidağ (meta-)kumtaşlarına ait üç örnek ada yayı ve iki örneğin aktif kıtasal kenarda konumlandığı gözlenmektedir.

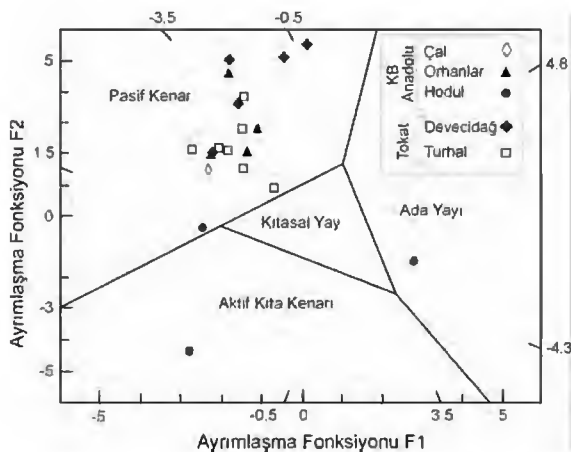
(Meta-)kumtaşlarının jeotektonik ortamını belirlemede ana elementlerin kullanıldığı ikili değişim diyagramları; farklı tektonik ortamlardan alınan güncel kumtaşlarına göre düzenlenmiştir (Bhatia, 1983). $(tFe_2O_3+MgO)-TiO_2$ diyagramında incelenen örneklerin çoğu tanımlanan alanların dışında dağınık olarak kalmakta; bir kısmı pasif kenar ortamını veya bu ortama yakın kesimleri temsil etmektedir (Şekil 16b). $(tFe_2O_3+MgO)-(Al_2O_3/SiO_2)$ ve $(tFe_2O_3+MgO)-(Al_2O_3/(CaO+Na_2O))$ diyagramlarında da benzer bir durum bulunmaktadır (Şekil 16c ve 16d).



Şekil 14. Kumtaşlarının üçgen diyagramlarda jeotektonik ortamlara göre dağılımları, a) QFL (Dickinson vd., 1983), b) QmFLt (Dickinson ve Suczek, 1979).

Figure 14. Distributions of sandstones according to geotectonic environments in triangular diagrams, a) QFL (Dickinson et al., 1983), b) QmFLt (Dickinson and Suczek, 1979).

$(t\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - \text{TiO}_2$ ve $(t\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) - (\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2)$ arasındaki pozitif ilişki oldukça önemli olup; büyük ölçüde koyu renkli mineral içerikleri ile ilişkili olmasının yanı sıra; birimlerin (Turhal Metamorfittleri ada yayı ve Hodul birimi pasif kenar) çökme ortamları açısından evrimini de göstermektedir.



Şekil 15. Kumtaşlarının F1-F2 ayrılaşma fonksiyonu diyagramında jeotektonik ortamlara göre dağılımları (Bhatia, 1983).

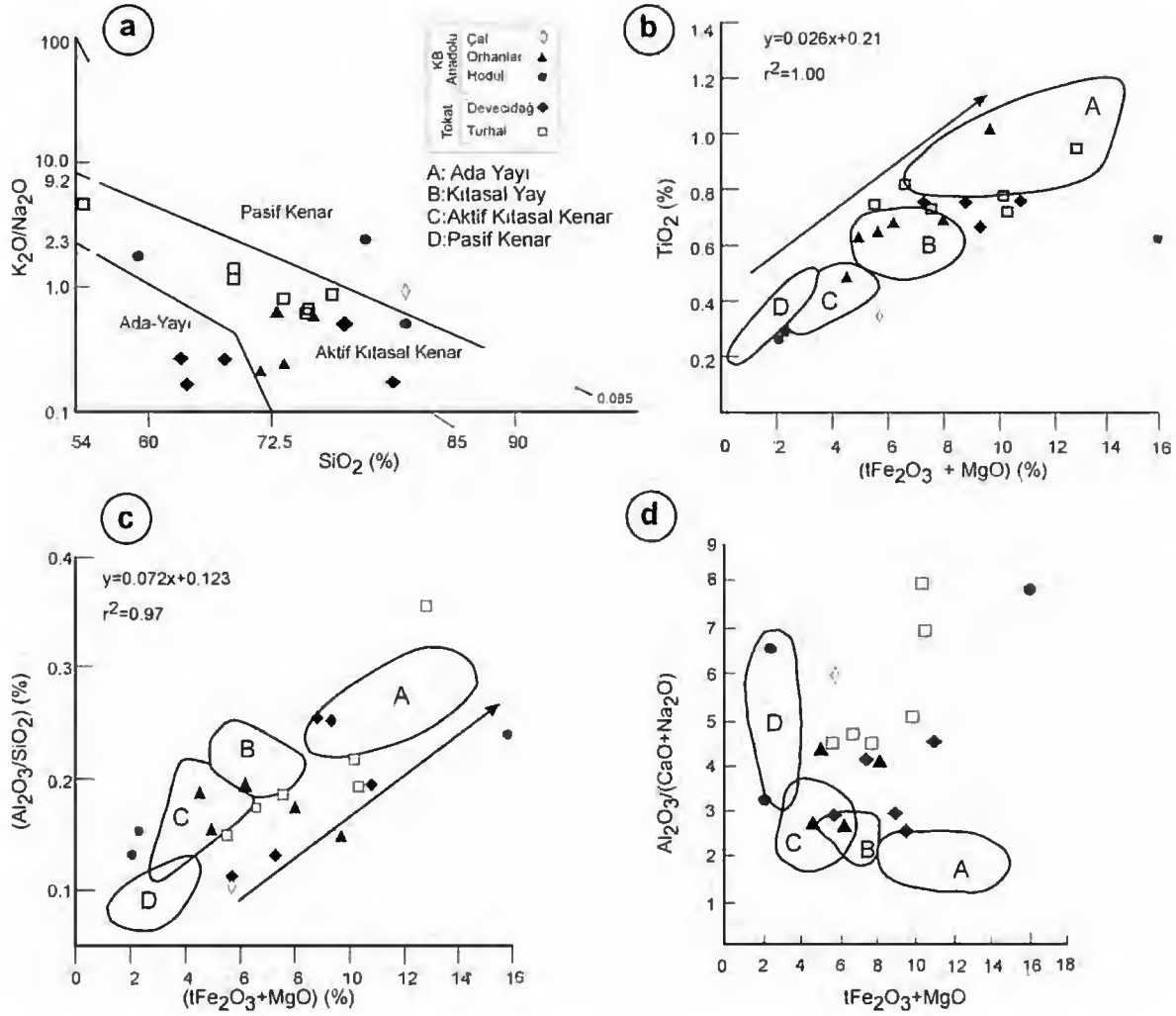
Figure 15. Distributions of sandstones according to geotectonic environments in F1-F2 discrimination functions diagram (Bhatia, 1983).

Bhatia ve Crook (1986) farklı tektonik ortamlara ait grovaklar için diyagramlar geliştirmiştir. La/Th değişim diyagramında örnekler çoğunlukla kıtasal yay (Şekil 17a); La-Th-Sc üçgen diyagramında örnekler La köşesine yakın olup, çoğunlukla kıtasal yay (Şekil 17b); Ti/Zr-La/Sc değişim diyagramında kıtasal yay ve aktif kıtasal kenar (Şekil 17c); La/Y-Sc/Cr değişim diyagramında pasif kıtasal kenar ortamını temsil etmektedir (Şekil 17d). Th-Co-Zr/10 diyagramında örneklerin bir kısmı tanımlanmamış bölgede yer almakla birlikte, çoğunluğu ada yayı ve kıtasal yay ile pasif kenar ortamlarını kapsayacak biçimde geniş bir alanda kümelenmektedir (Şekil 17e).

Th-Sc-Zr/10 üçgen diyagramında yine örneklerin büyük bir çoğunluğu kıtasal yay ortamında yoğunlaşırken, Hodul birimi ve Devecidağ Karışığı'na ait birer örneğin sırasıyla pasif kenar ve ada yayı alanı içerisinde yer aldığı gözlenmektedir (Şekil 17f).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Karakaya Karmaşığı (meta-)kumtaşlarından elde edilen veriler ile kaynak kayaç ve/veya kaynak bölge arasındaki ilişkiler aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

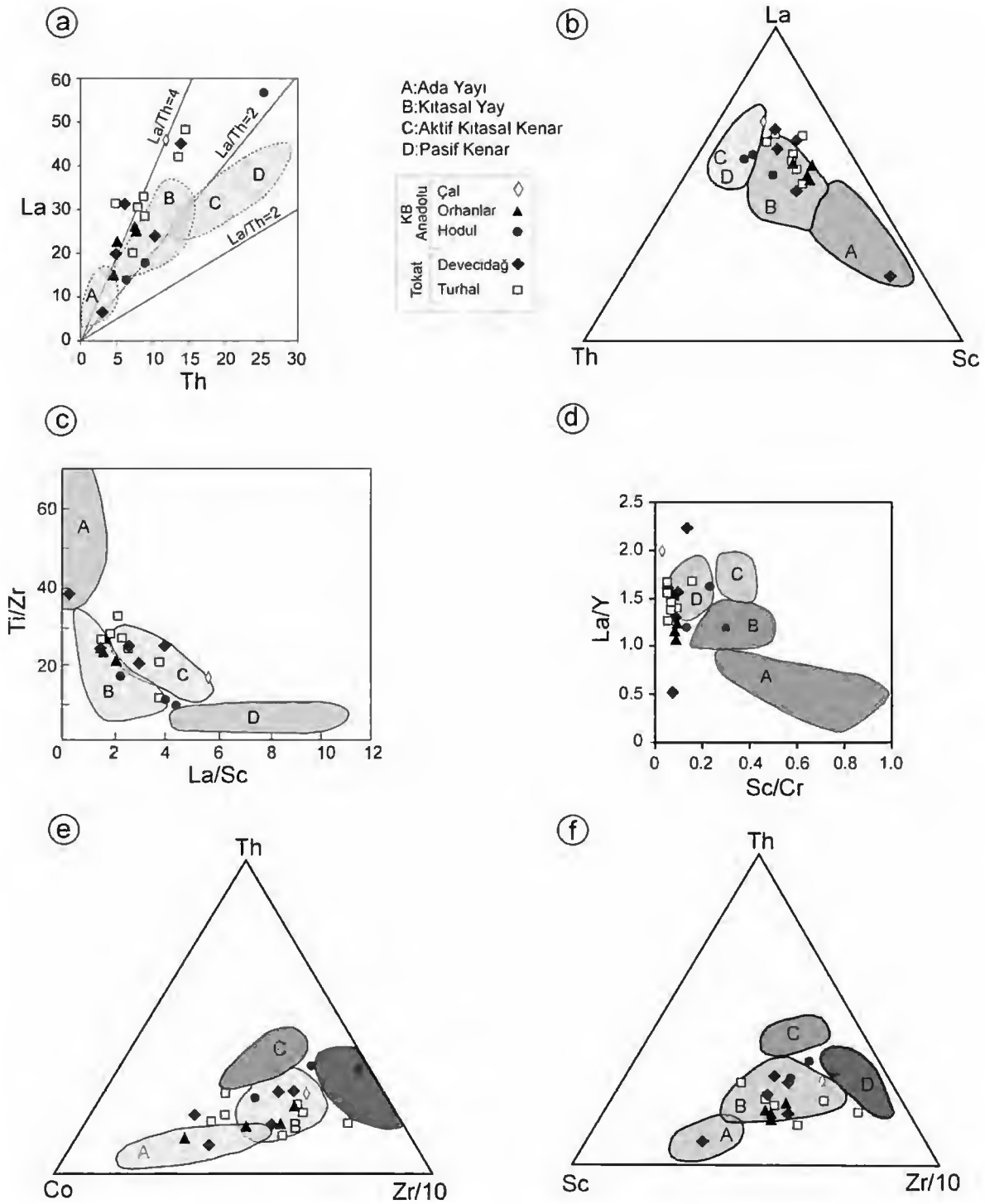


Şekil 16. Kumtaşları için jeotektonik değişim diyagramları, a) SiO₂-K₂O/Na₂O (Roser ve Korch, 1986), b) (tFe₂O₃+MgO)-TiO₂ (Bhatia, 1983), c) (tFe₂O₃+MgO)-(Al₂O₃/SiO₂) (Bhatia, 1983), d) (tFe₂O₃+MgO)-(Al₂O₃/(CaO+Na₂O)) (Bhatia, 1983).

Figure 16. Geotectonic variation diagrams for sandstones, a) SiO₂-K₂O/Na₂O (Roser and Korch, 1986), b) (tFe₂O₃+MgO)-TiO₂ (Bhatia, 1983), c) (tFe₂O₃+MgO)-(Al₂O₃/SiO₂) (Bhatia, 1983), d) (tFe₂O₃+MgO)-(Al₂O₃/(CaO+Na₂O)) (Bhatia, 1983).

Kumtaşlarında Alt Karakaya Karmaşığı birimlerinde kuvarların yaygın olarak monokristalin, Üst Karakaya Karmaşığı birimlerinde ise polikristalin türde olması; kaynak bölge ve kayaların farklılığının yanı sıra, çökelmeyle yaşıt volkanizma ve sonraki tektonik olayları kapsamaktadır. Bazı ortoklaz minerallerinde karlsbad ikizlenmesi ve plajiyoklaz kapanımları gözlenmesi, granitik beslenmenin izlerini oluşturmaktadır. Feldispatların ikiz lamellerindeki bükülmeler de kataklazma etkilerine işaret etmektedir. KB Anadolu' da feldispat minerallerinin ortalama

bollukları Orhanlar biriminde artmaktadır. Birimlere göre feldispatların miktarlarındaki farklılık; kaynak bölgedeki bozunma/bozuşma, kaynak kayaç bileşimi, taşınma sırasındaki aşınma ve çözünme, diyajenez sırasındaki çözünme ve tektonizma (hızlı yükselim ve aşınma) ile ilişkilidir (Örneğin; Ronov vd., 1963). Karakaya Karmaşığı'nda bazik magmatiklerin bulunduğu düşünülürse, asidik bileşenlerin daha yaşlı birimlerden taşındığı ileri sürülebilir. Ayrıca, bazı ağır minerallerin (örneğin zirkon) belirgin biçimde yuvarlaklaşmış olması, bu görüşü doğrulamaktadır.



Şekil 17. Grovacklar için jeotektonik ortamlara göre değişim ve üçgen ayırtman diyagramları (Bhatia ve Crook, 1986); a) La/Th, b) La–Th–Sc, c) Ti/Zr–La/Sc, d) La/Y–Sc/Cr, e) Th–Co–Zr/10, f) Th–Sc–Zr/10.

Figure 17. Variation and triangular discrimination diagrams for graywackes according to geotectonic environments, (Bhatia and Crook, 1986); a) La/Th, b) La–Th–Sc, c) Ti/Zr–La/Sc, d) La/Y–Sc/Cr, e) Th–Co–Zr/10, f) Th–Sc–Zr/10.

Karakaya Karmaşığı (meta-)klastiklerinin ana ve iz element bollukları; sedimanter ve/veya metamorfik süreçler (bozunma/bozuşma derecesi, boylanma, diyajenez ve/veya metamorfizma ve kaynak kayaç/provenans), klastik ve/veya diyajenetik ve/veya metamorfik bileşenlerin türü ve oranı ile denetlenmektedir.

Karakaya Karmaşığı (meta-)kumtaşlarının iz element içerikleri ve kondrit-normalize desenleri LCC, NASC, GP ve FV türü magmatiklere oldukça benzer; buna karşın UCC ve CS'na göre element içerikleri belirgin olarak artmakta, desenleri ise ayrılmaktadır. REE içerikleri ve kondrit-normalize desenleri; NASC, GP ve FV benzer; ancak LCC, UCC ve CS'dan oldukça farklıdır. Bu veriler Üst Karakaya birimlerinin kıtasal ağırlıklı olmak üzere magmatik bir kaynaktan beslendiğini düşündürmektedir. Pickett ve Robertson (2004) Orhanlar ve Çal birimlerine ait siltaşı ve kumtaşlarından (4 örnek) elde ettikleri veriler ile bu kayaçların terrijen kökene sahip olduklarını belirtmektedir. Diğer taraftan, Karakaya Karmaşığı (meta-)kumtaşlarının çok düşük Cr/V oranları, ofiyolitik veya ultramafik bir kaynaktan beslenmediğini, ayrıca Y/Ni oranları silisik+felsik bir provenansı düşündürmektedir.

Sedimanter kayaçlar için kullanılan jeokimyasal ayırtman diyagramları; levha tektoniği ortamı ve sediman provenansı arasında yakın bir bağ olduğunu göstermektedir. Bu yöntem belirli miktarda kayaç parçacıkları içeren olgunlaşmamış sedimanlarda büyük ölçüde başarı ile uygulanabilir gözükmektedir. Bununla birlikte tektonik ortamlardan sedimanter bir basene taşınan farklı kökene sahip sedimanlar için belirsizlikler bulunduğundan, sedimanter kayaçlar için ayırtman diyagramları kullanılarak sedimanter bir basenin orjinal tektonik konumunun belirlenmesinde oldukça dikkatli olunmalıdır (McLennan vd., 1990). Bu kısıtlamalar çerçevesinde KB Anadolu ve Tokat yöresindeki Alt ve Üst Karakaya birimlerine ait kumtaşlarının ayırtman diyagramlarında farklı veriler elde edilmiş olmakla birlikte; çoğunlukla aktif kıta kenarı ve kıtasal yay ortamları işaret edilmektedir. Ancak bu ortamlar, kumtaşlarının çökme ortamlarından ziyade, provenans ve kaynak kayaç ile ilişkilidir. Diğer bir ifadeyle; bu veriler (meta-)kırıntılıların

ada yayından malzeme aldığı biçiminde değerlendirilmiştir.

Üst Karakaya Karmaşığı birimlerine ait (meta-)kumtaşlarının jeokimyası farklı jeotektonik ortamlara işaret etmekle birlikte; pasif kıta kenarından ziyade, aktif kıtasal kenarı temsil eden bir havzada çökeldiğini düşündürmekte ve daha ziyade ada yayından beslenmiş bir kaynağı temsil etmektedir.

İnceleme alanı (meta-)kumtaşları; düşük-orta derecede yüzeysel bozunma ve bozuşma geçirmiş olup, iyi derecede boylanmışlardır. Diyajenetik süreçlerde özellikle neoformasyon, metamorfik süreçlerde ise transformasyon mekanizmalarından etkilenmişlerdir. Provenans' taki kaynak kayaçların çeşitliliği de yer yer heterojen verilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

KATKI BELİRTME

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde maddi destek sağlayan Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: M 301); çalışmanın tüm aşamasındaki bilimsel yönlendirmeleri için danışmanım Prof.Dr.Hüseyin YALÇIN'a, KB Anadolu ve Tokat yörelerindeki birimlerin arazide tanıtılmasını sağlayan sırasıyla Dr.Mehmet DURU ve Prof.Dr.Ahmet GÖKÇE'ye, ayrıca bilimsel eleştirileri için Prof.Dr.Ömer BOZKAYA, Prof.Dr.Ali YILMAZ, Prof.Dr.Cemal GÖNCÜOĞLU ve Prof.Dr.Haluk TEMİZ'e, laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için Kimya Yüksek Müh. Fatma YALÇIN ve teknisyen Ufuk KUŞ'a, makalenin değerlendirilmesindeki geliştirici önerileri için Prof.Dr.Abidin TEMEL'e teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Bailey, E.B. ve McCallien, W.J., 1950. The Ankara melange and the Anatolian Thrust. *Nature* 166, 938-941.
- Bailey, E.B. ve McCallien, W.J., 1953. Serpentine lavas, The Ankara melange and the Anatolian Thrust. *Transactions of the Royal Society of Edinburg*, 62, 403-442.

- Bhatia, M.R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *Journal of Geology*, 91, 611-627.
- Bhatia, M.R. ve Crook, K.W., 1986. Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 92, 181-193.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1975. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara, 70-77.
- Bock, B., McLennan, S.M. ve Hanson, G.N., 1998. Geochemistry and provenance of the Middle Ordovician Austin Glen Member (Normanskill Formation) and the Taconian Orogeny in New England. *Sedimentology*, 45, 635-655.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Cox, R., Lowe, D.R. ve Cullers, R.L., 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica*. 59, 2919-2940.
- Craig, J., Fitches, W.R. ve Maltman, A.J., 1982. Chlorite-mica stacks in low-strain rocks from Central Wales. *Geological Magazine*, 119, 243-256.
- Danchin, R.V., 1967. Chromium and nickel in the Fig Tree Shale from South Africa. *Science*, 158, 261-262.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A. ve Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting, *Geological Society of America Bulletin*, 94, 222-235.
- Dickinson, W.R. ve Suczek, C.A., 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bulletin* 63, 2164-2182.
- Erol, O., 1956. Ankara güneydoğusundaki Elma Dağı ve çevresinin jeolojisi ve jeomorfolojisi üzerine bir araştırma. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, Ankara, Seri D 9.
- Eroskay, O., 1965. Paşalar Boğazı-Gölpazarı sahasının jeolojisi. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, Seri B, 30, 133-170.
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W. ve Young, G.M., 1995. Unravelling the effects of potassium metamorphism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance and tectonic setting. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 1061-1081.
- Folk, R.L., 1974. The natural history of crystalline calcium carbonate: effect of magnesian content and salinity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 40-53.
- Gökçe, A., 1983. Turhal antimon yataklarının maden jeolojisi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri, Ankara, 150 sayfa.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K. ve Kozlu, H., 1997. General characteristics of pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey. *Annales Geologique de Pays Hellenique*, 37, 515-536.
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. ve Korotev, R.L., 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482.
- Harnois, L., 1988. The CIW index: a new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*, 55, 319-322.
- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A. ve Wildeman, T.R., 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: *Origin and Distribution of the Elements*, L.H. Ahrens (ed.). Pergamon Press, 889-912.
- Hiscott, R.N., 1984. Ophiolitic source rocks for Taconic-age flysch: trace elements evidence. *Geological Society of America Bulletin*, 95, 1261-1267.
- Jaques, A.L., Chappell, B.W. ve Taylor, S.R., 1983. Geochemistry of cumulus peridotites and gabbros from the Marum Ophiolite

- Compleks, northern Papua New Guinea. Contributions to Mineralogy and Petrology, 82, 154-164.
- Krinsley, D.H., Pye, K. ve Kearsley, A.T., 1983. Application of backscattered electron microscopy in shale petrology. Geol. Mag. 120, 109-114.
- Krushensky, R., Akçay, Y. ve Karaege, E., 1980. Geology of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey. Bull. U.S.A. Geological Survey, 1461, 1-72.
- McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: Influence of provenance and sedimentary processes. In: Geochemistry and mineralogy of rare earth elements (Eds. B.R. Lipin ve G.A. McKay), Reviews in Mineralogy, Soc. Amer. 169-200.
- McLennan, S.M., 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 2, Paper number 2000GC00109.
- McLennan, S.M. ve Murray, R.W., 1999. Geochemistry of sediments. In: Marshall, C.P. Fairbridge, R.W. Encyclopedia of Geochemistry. Kluwer Academic Publishers, 282-292.
- McLennan, S.M., Taylor, S.R., McCulloch, M.T. ve Maynard, J.B., 1990. Geochemical and Nd-Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: crustal evolution and plate tectonic associations, Geochimica et Cosmochimica Acta, 54, 2015-2050.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K. ve Hanson, G.N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. In: M.J. Johnsson ve A. Basu, (eds.), Process Controlling the Composition of Clastic Sediments: Geological Society of America, Special Paper, 284, 21-40.
- McLennan, S.M., Taylor, S.R. ve Hemming, S.R., 2003. Composition, differentiation, and evolution of continental crust: constraints from sedimentary rocks and heat flow. In: Brown, M. ve Rushmer, T. (eds). Evolution and Differentiation of the Continental Crust: Cambridge University Press.
- Morton, A.C. ve Johnson, M.J., 1993. Factors influencing the composition of detrital heavy mineral suites in Holocene sands of the Apure River drainage basin, Venezuela. In: Johnson, M.J. ve Basu, A. eds. Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments. Geological Society of America, Special Paper, 284, 21-40.
- Nesbitt, H.W. ve Young, G.M., 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. Geochimica and Cosmochimica Acta, 48, 1523-1534.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., McLennan, S.M. ve Keays, R.R., 1996. Effects of chemical weathering and sorting on the petrogenesis of siliciclastic sediments, with implications for provenance studies. Journal of Geology, 104, 525-542.
- Nockolds, S.R., 1954. Average chemical compositions of some igneous rocks. Geological Society of America Bulletin, 65, 1007-1032.
- Okay, A.İ. ve Göncüoğlu, M.C., 2004. The Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts. Turkish Journal of Earth Sciences, 13, 77-95.
- Okay, A.İ., Siyako, M. ve Bürkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 2, 83-121.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümergen, M. ve Tekeli, O., 1980. Kuzey Anadolu fayı ile Kırşehir masifi arasının temel jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Rapor No: 6722, 136 s (yayınlanmamış).
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Andesites, (Ed. R.S.Thorpe), 525-548.
- Pearce, J.A., 1983. The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In: C.J. Hawkesworth, and M.J. Norry (eds), Continental Basalts and Mantle Xenoliths, 230-249.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. ve Siever, R., 1973. Sand and Sandstone. Wiley, New York, 1-168.

- Pickett, E.A. ve Robertson, A.H.F., 2004. Significance of the Triassic volcanogenic Nilüfer Unit for Paleotethys and the Karakaya suture zone in NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 97-143.
- Ronov, A.B., Mikhailovskaya, M.S. ve Solodkova, I.I., 1963. Evolution of the chemical and mineralogical composition of arenaceous rocks. In: *Chemistry of the Earth's Crust*, Academy of Sciences of the U.S.S.R., The Israel Program for Scientific Translation, 1, pp. 212-262.
- Roser, B.P. ve Korsch, R.J., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology*, 94, 635-650.
- Roser, B.P. ve Korsch, R.J., 1988. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data, *Chemical Geology*, 67, 119-139.
- Sun, S.S. ve McDonough W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders ve M.J. Norry (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Special Publication, Geological Society of London, 42, 313-345.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y. ve Sungurlu, O., 1984. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Paleo-Tethys. In: J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson (eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*. Geological Society, London, Special Publications, 17, 77-112.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1981. The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Phil. Trans. R. Soc.*, A.301, 381-389.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312 s.
- Tekeli, O., 1981. Subduction complex of pre-Jurassic age, Northern Anatolia, Turkey. *Geology*, 9, 68-72.
- Tetiker, S., 2009. Batı-Orta Pontidler'deki (Balıkesir, Bursa ve Tokat yöreleri) Karakaya Karmaşığı birimlerinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Doktora Tezi, 396 s (yayımlanmamış).
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2009a. KB Anadolu'daki Karakaya Karmaşığı birimlerinin diyajenezi-düşük dereceli metamorfizması. *H.Ü.Yer Bilimleri*, 30, 193-212.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2009b. Karakaya Karmaşığı (Tokat yöresi) birimlerinin düşük dereceli metamorfizması. 14. Ulusal Kil Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1-3 Ekim, Bildiriler Kitabı, 155-173.
- Voll, G., 1960. New work on petrofabrics. *Liverpool and Manchester Geological Journal*, 2, 503-567.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Wrafter, J.P. ve Graham, J.R., 1989. Ophiolitic detritus in the Ordovician sediments of South Mayo, Ireland. *Journal of the Geological Society of London*, 146, 213-215.

Sema TETİKER

Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
58140 Sivas

sema.tetiker@cumhuriyet.edu.tr

Antalya Birliği - Alakırçay Napı Triyas yaşlı volkanik kayaların alterasyon mineralojisi

Alteration mineralogy of Triassic volcanic rocks from Antalya Unit-Alakırçayır Nappe

Ömer BOZKAYA, Hüseyin YALÇIN

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

ÖZ

Toros Kuşağı'nın güneybatı kesiminde yüzeyleyen Antalya Birliği'nin Alakırçay Napı'na ait Triyas yaşlı Karadere Formasyonu çoğunlukla spilitik bazalt, kısmen aglomera ve tüflerden oluşmaktadır. Sil ve/veya mercerler biçiminde yerleşen yastık yapıları volkanik kayalar açılmalı basendeki riftleşmeyle ilişkili deniz-altı volkanizmasını temsil etmektedir. Volkanik kayaların matris ve boşluklarında fillosilikat (hidroksiapofillit, smektit, illit, klorit, karışık tabakalı C-S, C-V, I-C ve I-S), zeolit (analsim, natrolit ve tetranatrolit), Fe-mineralleri (hematit, götit), spinel, kuvars, feldispat ve kalsit gelişmiştir. Bu minerallerin kökeni başlıca volkanik cam ve deniz suyu arasındaki etkileşim, oluşumu neoformasyon ve/veya transformasyon, evrimi ise diyajenez/çok düşük dereceli metamorfizma ile ilişkilidir. Dokusal ilişkiler, mineral birliktelikleri ve Na-çeren minerallerin baskınlığı, sıcak volkanojenik malzeme-soğuk deniz suyu arasındaki etkileşim; denizaltı volkanizmasının petrografik-mineralojik kayıtları olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açılmalı basen; denizaltı volkanizması; XRD; SEM; petrografi.

ABSTRACT

Triassic Karadere Formation of Alakırçayır Nappe from Antalya Unit, outcropped in the southwestern part of Tauride Belt, is formed of mainly spilitic basalt, partly agglomerate and tuffs. Pillow-structured volcanic rocks intruded as sill and/or lenses are represented by submarine volcanism related to rifting within the extensional basin. Phyllosilicate (hydroxyapophyllite, smectite, illite, chlorite, mixed-layers C-S, C-V, I-C and I-S), zeolite (analcime, natrolite and tetranatrolite), Fe-minerals (hematite, goethite), spinel, quartz, feldspar and calcite are developed within the matrix and pores of volcanic rocks. The origin, occurrences, and evolution of these minerals are primarily related to interaction between volcanic glass and sea water, neoformation and/or transformation and diagenesis/very grade metamorphism, respectively. Textural relationships, mineral associations and dominance of Na-bearing minerals, interaction between hot volcanogenic material and cold sea water are evaluated as petrographic-mineralogic records of submarine volcanism.

Keywords: Extensional basin; submarine volcanism; XRD; SEM; petrography.

GİRİŞ

Hidrotermalizm ve deniz suyu arasındaki bağlantının bozuşma/alteration biçiminde önemi ortaya konulduktan sonra (Speiss ve diğ., 1980),

volkanojenik malzemenin bozuşma (Örneğin; Keith ve Staples, 1985 Karlsson ve Clayton, 1991; Pearce, 1993; Robert Goffé, 1993; Yalçın, 1997; Alt, 1999; Yalçın ve Bozkaya, 2002; McPhie ve diğ., 1993) ve yüzeysel bozunma/weathering

(Delvigne, 1998; Velde ve Meunier, 2008) ürünlerine yönelik çalışma ve temel eserler sunulmuştur. Volkanik kayaların gerek yüzeysel, gerek düşük-sıcaklık derinsel bozuşması, ana kayaçta mineralojik ve kimyasal değişimlere neden olmaktadır. Farklı jeolojik ortamlarda gelişebilen bozuşma süreçlerine bağlı olarak volkanik kayaların matriks ve boşluklarında neoformasyon, kristallerinde ise ornatma mineralleri oluşmaktadır. Bunların başlıcaları zeolit, fillosilikat, silika, karbonat ve Fe-oksit/hidroksit mineralleridir.

Deniz suyu-volkanik kayaç etkileşimi için tipik örnek oluşturması açısından Batı Toroslar (GB Anadolu) bölgesinde Antalya, Kemer ve Kumluca boyunca yüzeyleyen Antalya Birliği napılarının bulunduğu Antalya O24, O25, P24 ve P25 1:100.000 ölçekli paftalarındaki volkanojenik birimler incelenmiştir (Şekil 1). Bu çalışmada Gondwana'nın kuzeybatı sınırının evrimi açısından son derece önemli bir jeolojik olay olan Triyas riftleşmesi (Robertson ve Woodcock, 1981a,b, 1982, 1984; Özgül, 1984; Robertson, 1994, 2000) sonucu ortaya çıkan volkanojenik malzemenin bozuşma ürünlerinin mineralojik kayıtlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

STRATİGRAFİ VE LİTOLOJİ

Toros Kuşağı'nın orta ve batı kesimi boyunca yüzeylenen birimler farklı yaş aralığına ve litolojiye sahip otokton (Kambriyen-Eosen yaşlı Geyikdağı Birliği) ve allokton (Devoniyen-Alt Tersiyer yaşlı Bolkardağı, Üst Devoniyen-Üst Kretase yaşlı Aladağ, Kambriyen-Üst Kretase yaşlı Antalya, Permian-Üst Kretase yaşlı Bozkır ve Permian-Alt Tersiyer yaşlı Alanya Birliği) olmak üzere çeşitli birliklere ayrılmışlardır (Özgül, 1976). Bunlardan Batı Toroslar bölgesinde yüzeyleyen Antalya Birliği (Özgül, 1984); Tekirova Ofiyolit Napı, Tahtalıdağ Napı, Alakırçay Napı ve Çataltepe Napı olmak üzere dört tektonostratigrafik birime ayrılmaktadır. Alakırçay Napı; Tesbihli, Karadere, Çandır, Gökdere ve Ballık formasyonlarından oluşmaktadır (Şenel, 1997a-d).

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan Karadere Formasyonu (Marcoux, 1974); Alakırçay Napı'nın

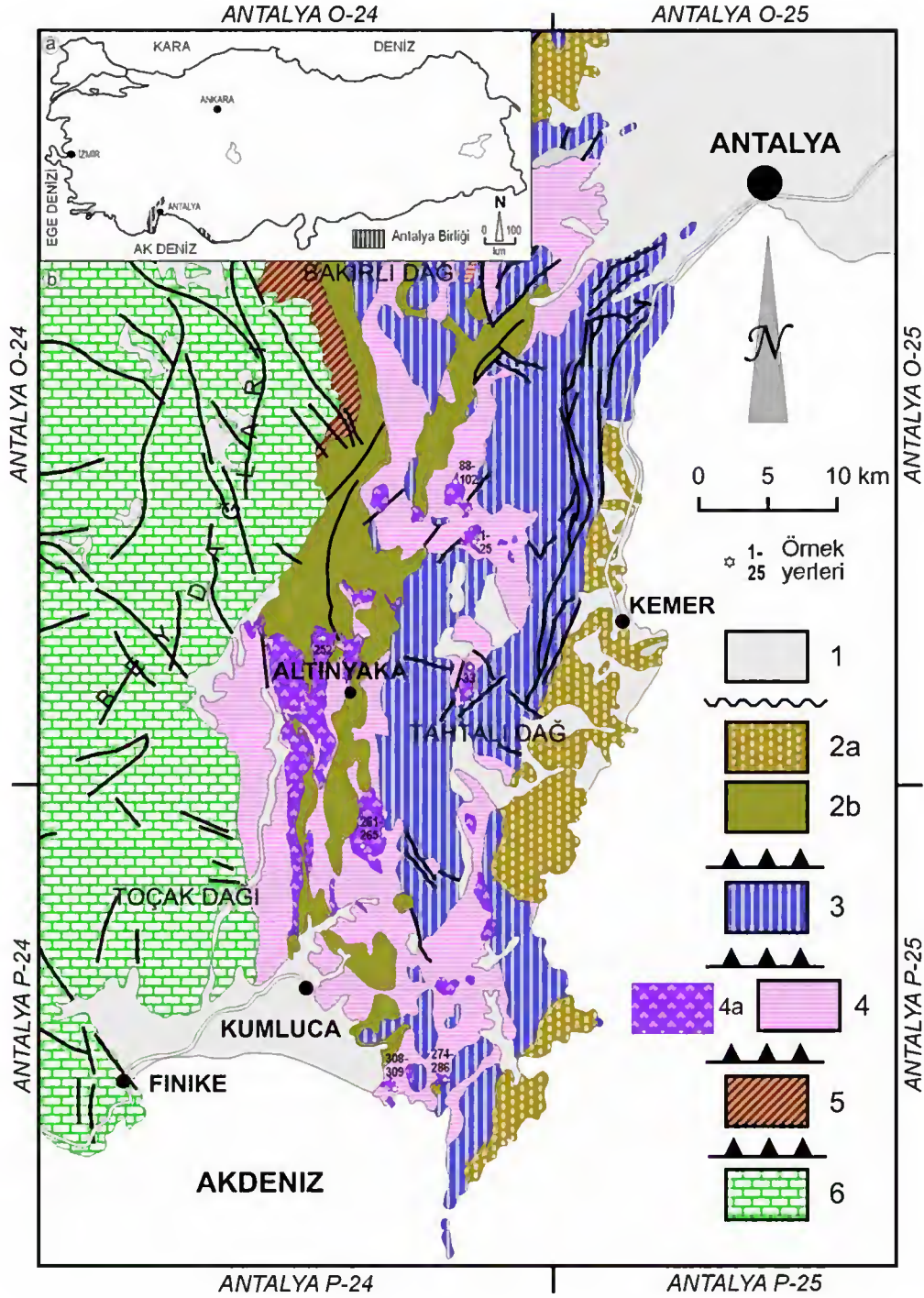
batı ve güney kesimlerinde geniş yüzlekler sunmaktadır. 700 m kalınlığa ulaştığı belirtilen (Şenel, 1997a-d) birime ait spilitleşmiş bazaltlar Silüriyen ve Devoniyen yaşlı birimler içerisinde sil veya mercerler biçiminde sokulum yapmakta, ana kütle içerisinde ise yastık yapıları lav yapısı sergilemektedir (Şekil 2a). Elipsoyidal her bir yastık 20-80 cm arasında değişen çaplara sahiptir (Şekil 2b). Lavlarda soğan kabuğu biçiminde iç içe geçmiş farklı bozuşma zonları gözlenmektedir (Şekil 2c). Volkanik kayaların yaygın biçimde karbonat ve zeolit dolgulu boşluklara (mm- 5 cm) sahip olmaları karakteristiktir (Şekil 2d). Bazaltik volkanitlerin yanı sıra aglomera ve tüflerle temsil edilen piroklastik kayaç ve çört ve şeyl türü litolojiler de kapsamaktadır.

Stratigrafik konumuna göre Ladiniyen-Noriyen yaşlı olduğu bildirilen birim, Aniziyen sonu, Ladiniyen başlangıcında platformun parçalanması sonucu açılmalı basende gelişen riftleşmeyle ilişkili deniz-altı volkanizmasını temsil etmektedir. Volkanik faaliyetin Noriye sonlarına kadar devam ettiği düşünülmektedir (Şenel, 1997a-d). Ayrıca, Alakırçay Napı'na ait Karadere Formasyonu volkanik kayalarının Neotetis'in okyanus adası ya da levha içi alkali bazaltlarını temsil ettiği belirtilmektedir (Varol ve diğ., 2007; Maury ve diğ., 2008; Çelik, 2009).

MATERYAL VE YÖNTEM

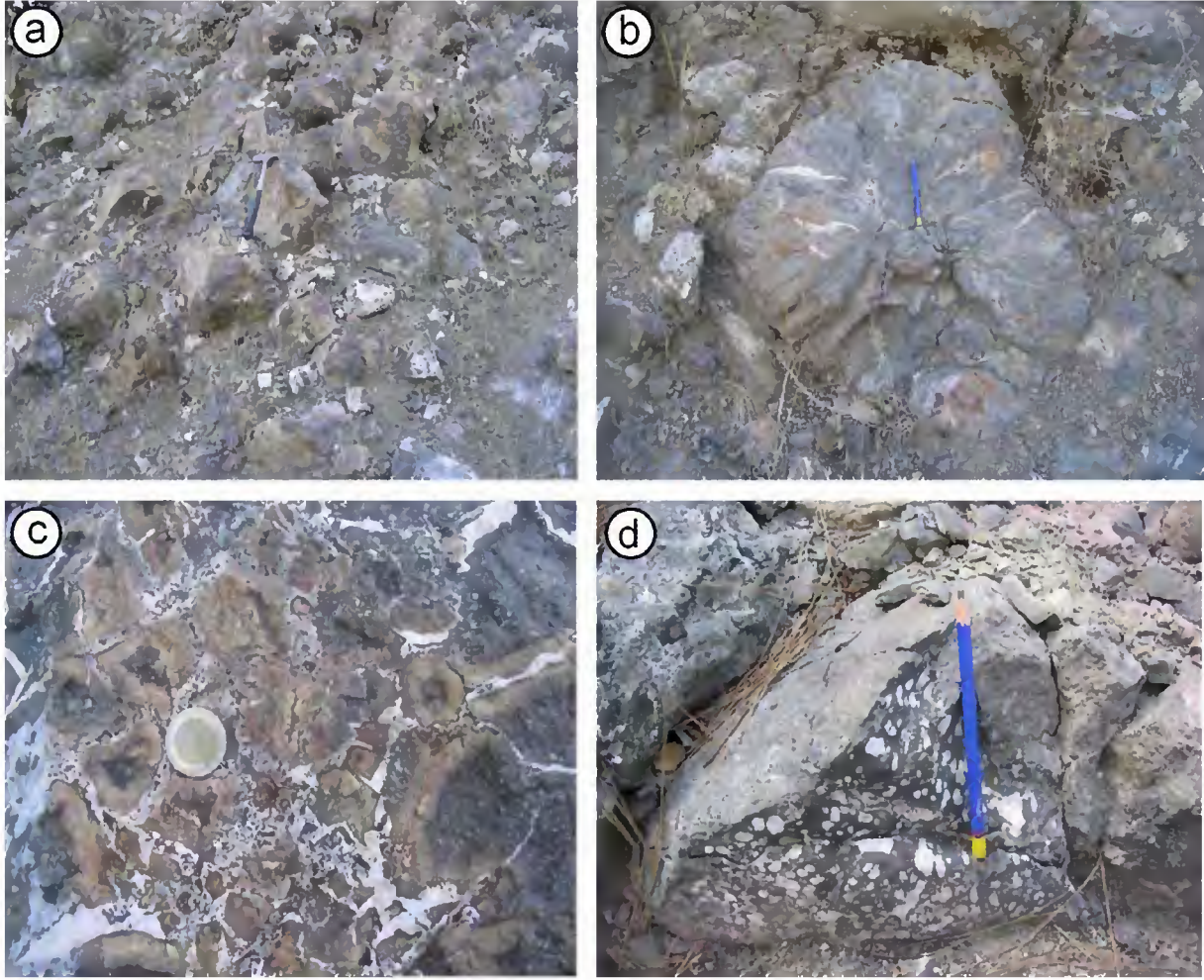
Karadere Formasyonu'ndan ait ölçülü kesit boyunca ve noktasal olmak üzere toplam 31 adet örnek alınmıştır. Örnekler suyla yıkanarak yüzeysel tozlardan temizlenip kurutulduktan sonra kırma-öğütme-eleme, ince-kesit, vitrinin yansıması, X-ışınları kırınımı (XRD) tüm kayaç (TK) ve kil fraksiyonu (KF), b_0 , politi ve kimyasal analiz (tüm kayaç, ana, iz, nadir toprak element-REE) gibi çeşitli işlemlerden geçirilmiştir.

İncelemelerin büyük bir bölümü, C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kırma-Öğütme-Eleme, Kil Ayırma ve Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları'nda (MİPJAL) ve Elektron Mikroskop İncelemeleri Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'nda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. a) Antalya Birliği'nin dağılımı ve yer bulduru haritası, b) Batı Toroslardaki Antalya Birliği Naplarının jeolojik dağılımı (Şenel, 1997a-d). 1: Kuvaterner, 2-5: Antalya, 2: Tekirova Ofiyolit Napı, 2a: Ofiyolitli melanj, 2b: Ofiyolit, 3: Tahtalıdağ Napı, 4: Alakırçay Napı, 4a: Karadere Formasyonu, 5: Çataltepe Napı, 6: Beydağları Otoktonu (Geyikdağı Birliği).

Figure 1. a) The distribution of Antalya Unit and location map, b) Geological distribution of Antalya Unit Nappes in western Taurides (Şenel, 1997a-d). 1: Quaternary, 2-5: Antalya, 2: Tekirova Ophiolite Nappe, 2a: Ophiolitic melange, 2b: Ophiolite, 3: Tahtalıdağ Nappe, 4: Alakırçay Nappe, 4a: Karadere Formation, 5: Çataltepe Nappe, 6: Beydağları Autochthonous (Geyikdağı Unit).



Şekil 2. Karadere Formasyonu volkanik kayaçları (Gölcük köyü güneyi), a) Yastık yapıllı lavların genel görünümü, b) Kalsit dolgululu ışınsal çatlaklar içeren bazaltik spilitleler (Gölcük köyü güneyi), c) Soğan kabuğu bozuşmalı spilitik bazaltlar (Gölcük köyü güneyi), d) Gözenekleri kalsit ve zeolit dolgululu amigdaloidal bazaltik spilitleler (Adrasan köyü güneyi).

Figure 2. Volcanic rocks of Karadere Formation, a) General view of pillow lavas (South of Gölcük village), b) Basaltic spilites with calcite-filled radial cracks, c) concentric-altered spilitic basalts, d) amygdaloidal spilitic basalts with pores filled calcite and zeolite (South of Adrasan village).

Optik mikroskop incelemeleri NIKON marka binoküler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopunda yapılmıştır. Dokusal özelliklerin ve özellikle sleyt diliniminin ve/veya şistozitenin daha iyi belirlenebilmesi amacıyla foliyasyon düzlemlerine mümkün olduğunca dikey yönde kesitler hazırlanmıştır. Bu incelemeler ile mineraller ve matriksin birbirleriyle olan ilişkileri belirlenerek diyajenez/çok düşük dereceli metamorfizmaya bağlı olarak gelişen petrografik özellikler incelenmiştir.

X-ışınları kırınımı çalışmaları için kullanılan örnekler önce 3-5 cm'lik parçalar halinde çekiçle, daha sonra FRITISCH marka çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde kırılmış ve yine aynı marka silikon karbid çanaklı öğütücüde kayacın sertliğine göre yaklaşık 10-20 dakika süreyle öğütülmüştür. Bu şekilde elde edilen toz malzeme naylon torbalara konulup etiketlendikten sonra incelemelere hazır konuma getirilmiştir.

X-ışınları kırınımı çözümlenmeleri RIGAKU marka DMAX IIIC model X-ışınları difraktometresinde (Anot = Cu ($CuK_{\alpha}=1.541871\text{\AA}$), Filtre = Ni, Gerilim = 35 kV, Akım = 15 mA, Gonyometre hızı = 2°/dak., Kağıt hızı = 2cm/dak., Zaman sabiti = 1 sn, Yarıklar = 1° 0.15 mm 1° 0.30 mm, Kağıt aralığı = $2\theta = 5-35^{\circ}$) yapılmıştır.

X-ışınları incelemeleri ile sedimanter ve metasedimanter kayaçların tüm kayaç ve kil boyu bileşenleri ($< 2 \mu\text{m}$) belirlenmiş (J.C.P.D.S., 1990) ve dış standart yöntemine (Brindley, 1980) göre yarı nicel yüzdeleri hesaplanmıştır. Tüm kayaç ve kil fraksiyonu hesaplamalarında mineral şiddet faktörleri kullanılmış olup, pik yükseklikleri mm cinsinden ölçülmüştür. Mineral yüzdelерinin hesaplanmasında tüm kayaç için dolomit, kil fraksiyonu için glikollü çekimlerden itibaren kaolinit referans olarak alınmıştır (Yalçın ve Bozkaya, 2002). d-mesafelerinin ölçülmesinde kuvars iç standart olarak kullanılmıştır. Fillosilikat minerallerinin tanımlanması çoğunlukla (001) bazal yansımalarına göre yapılmıştır.

Tüm kayaç toz çekimlerinde gonyometre hızı 2°/dak ve kayıt aralığı $2\theta = 5-35^{\circ}$ şeklinde ayarlanmıştır. Kil fraksiyonu ayırımı sedimantasyon yöntemi (3 saat 40 dak.) ile yapılmış olup, difraktogramları kil çamuru sıvanmış cam lamlardan itibaren normal (oda sıcaklığında kurutma), glikolleme (16 saat 60 °C de etilen glikol buharında bırakma) ve fırınlama (4 saat 490 °C de ısıtma) işlemlerinden geçirilerek elde edilmiştir. Kil fraksiyonu çekimlerinde gonyometre hızı 1°/dak ve kayıt aralığı $2\theta = 2-30^{\circ}$ (hata miktarı $\pm 0.04^{\circ}$) olarak ayarlanmıştır.

X-ışınları kırınımı kil fraksiyonu çözümlenmeleri için gerekli kil ayırma işlemi sırasıyla kimyasal çözme (çözünebilir kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme – dekantasyon / dinlendirme ve yıkama, süspansiyonlama - sedimantasyon - sifonlama - santrifüjleme ve şişelemeden oluşmaktadır. Santrifüjleme işlemi HERAEUS SEPATECH marka VARIFUGE 3.2 S model 5600 devir/dk hıza ve 200 cc kapasiteli metal kodelere sahip santrifüjde yapılmıştır. Süspansiyon elde edilme işleminin uzaması durumlarında çok az

miktarda sodyum polifosfat (CALGON) eklenerek, bu süreç hızlandırılmıştır.

İllitlerin $d(060)$ yansıması yardımıyla oktaedrik bileşimleri ($d_{(060,331)}=1.4936+0.0203 \text{ Mg+Fe}$: Hunziker ve diğ., 1986) belirlenmiştir. Kayıt aralığı $2\theta=59-63^{\circ} (\pm 0.01^{\circ})$ olan bu ölçümlerde kuvarsın $d_{(211)}$ piki ($2\theta= 59.97^{\circ}$, $d=1.541 \text{ \AA}$) referans alınmıştır.

Politipi incelemeleri illit ve klorit minerallerinde yapılmış olup, yönlendirilmemiş plaketlerden itibaren uygulanan kayıt aralığı $2\theta=2-65^{\circ}$ arasındadır. Politipi belirlemelerinde Bailey (1988) tarafından önerilen diyagnostik pikler kullanılmıştır. $2M_1$, $1M$ ve $1M_d$ oranlarının belirlenmesinde Grathoff ve Moore (1996) tarafından önerildiği gibi $I_{(2.80 \text{ \AA})}/I_{(2.58 \text{ \AA})}$ ve $I_{(3.07 \text{ \AA})}/I_{(2.58 \text{ \AA})}$ pik oranları kullanılmıştır. İllitlerin kristalit büyüklükleri için WINFIT (Krumm, 1996) programı yardımıyla saptanmıştır.

Karışık tabakalı illit-smektitlerdeki (I-S) illit veya smektit oranı Moore ve Reynolds'un (1997) değerlerinden elde edilen $\% \text{ illit}=183.41 \times \ln(\Delta^{\circ}2\theta)-297.48$ ($R^2=0.9896$) denkleminde itibaren hesaplanmıştır. Burada $\Delta^{\circ}2\theta$, I-S'lerin glikollü çekimlerindeki d_{005} ve d_{003} yansımalarına karşılık gelen 2θ farkını ($\Delta^{\circ}2\theta=2\theta_{005}-2\theta_{003}$) ifade etmektedir. I-S'lerdeki belirlenen illit ve smektit oranları NEWMOD® programı (Reynolds, 1985) tarafından oluşturulan hesaplanmış I-S paternleri ile de karşılaştırılarak kontrol edilmiştir. Diğer taraftan, I-S'lerde farklı tabakalanma tiplerinin (R0 düzensiz, R1 ve R3 düzenli aratabakalanma) birlikte bulunması durumunda, bunların birbirinden ve illit ve smektit gibi diğer fazlardan ayırtılabilmesi için WINFIT programı (Krumm, 1996) kullanılmıştır.

Kloritlerin XRD yöntemi ile kimyasal bileşimlerinin belirlenmesinde; ilk aşamada $d_{(005)}$ piklerinden itibaren $d_{(001)}$ değerleri bulunmuş ve $d_{(001)}=14.55 \text{ \AA}-0.29Al^{IV}$ formülüne göre (Brindley, 1961) tetrahedral Al miktarı hesaplanmıştır. Oktahedral Fe^{+2} miktarı kil difraktogramlarından itibaren $[(002)+(004)]/[(001)+(003)]$ (Brown ve Brindley, 1980) ve $(002)/(001)$ ile $(004)/(003)$ (Chagnon ve Desjardins, 1991) oranları kullanılarak elde

edilmiştir. Mg içeriği ise $Al^{IV}=Al^{VI}$ kabul edilerek $Fe+Al^{VI}+Mg=6$ eşitliğinden belirlenmiştir.

Analsimlerin birim hücre boyutu (a_0) ve kimyasal bileşimleri arasındaki ilişki Saha (1959) yöntemi ile Coombs ve Whetten'in (1967) regresyon eğrisi birleştirilerek araştırılmıştır. Burada analsimin $d_{(963)}=1.22 \text{ \AA}$ yansıması kullanılmış, kayıt aralığı $2\theta=59-80^\circ$ olarak seçilmiş, aletin kalibrasyonunda ise kuvarın $d_{(211)}$ piki referans alınmıştır. Araştırmacıların regresyon eğrisinden itibaren $Al=\exp[(5.2842-\Delta^\circ 2\theta)/1.2703]$ $R^2=0.9992$ denklemi elde edilmiş ve böylece analsimlerin birim hücre bileşimleri hesaplanmıştır. $\Delta^\circ 2\theta$ değeri, analsimin $d_{(639)}$ ve silisyumun $d_{(331)}$ farkına ($Anl_{639}-Si_{331}$) karşılık gelmektedir.

Elektron Mikroskop İncelemeleri (SEM) Birleşik X-ışınları Floresans Enerji Dispersiv Spektrometresi (IXRF EDS) sistemine sahip JEOL JSM-6490 model taramalı elektron mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Aletsel koşullar Zaman Sabiti (TC)=32.0, kV=20.0, WD=22 mm olarak düzenlenmiştir.

PETROGRAFI

Optik Mikroskop İncelemeleri

Karadere Formasyonu'ait volkanik kayalar (Çizelge 1); eş taneli olmayan porfiritik, boşluk dokularından amigdaloidal ve yönlü dokulardan trakitik-hyalopilitik veya pilotaksitik olmak üzere üç farklı dokusal ilişki göstermektedir (Mackenzie ve diğ., 1988). Yer yer breşik dokuya da rastlanılmaktadır. Volkanik kayalarda belirlenen başlıca mineraller plajiyoklaz, ojit ve demiroksitlerdir. Streckeisen (1978) sınıflamasına göre bazalt olarak adlandırılmışlardır. Formasyonun büyük bir kesimini oluşturan bazaltik spilitlelerde koyu kahve renkli matriksin büyük bölümünü ince taneli demiroksit (hematit) mineralleri oluşturmaktadır.

Volkanik camda kloritleşme, zeolitleşme, karbonatlaşma, silisleşme, serisitleşme ve Fe-oksidasyonu tipi yaygın bozuşmalar gözlenmektedir. Ayrıca, plajiyoklazlarda serisitleşme, karbonatlaşma (kalsitleşme) ve kloritleşme,

piroksenlerde kloritleşme ve karbonat-laşma gelişmiştir. Mikrolitik-porfirik ve amigdaloyi-dal dokulu volkanik kayalarda genellikle 1 mm'den küçük küresel ve oval boşluklarda, bağlayıcı malzemede ve çatlaklarda farklı neoformasyon mineralleri gelişmiştir.

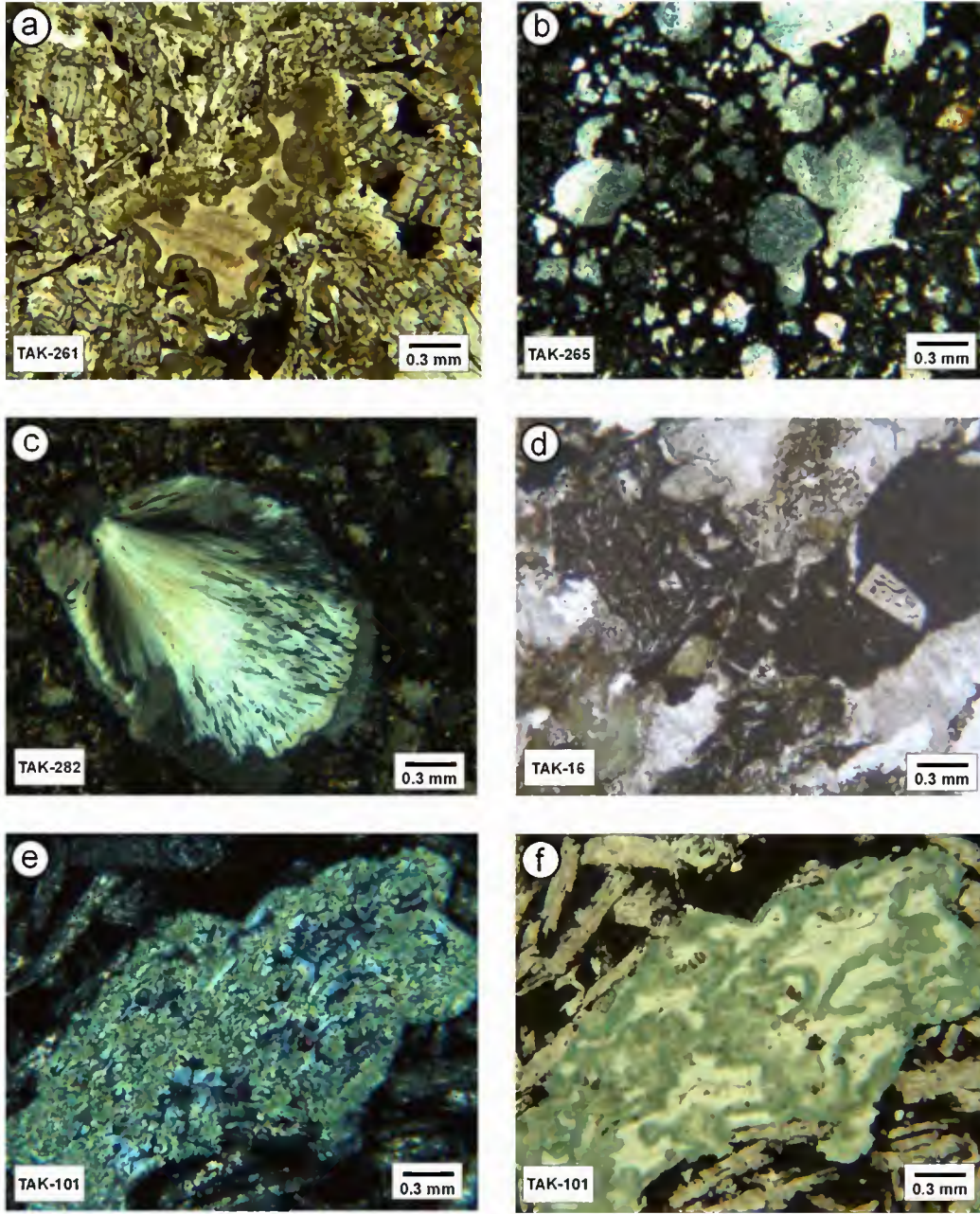
Matrikste serizit, klorit ve demiroksit oluşumları gözlenen bazaltların gözeneklerinde/boşluklarında kalsit, klorit/C-S, natrolit/tetranatrolit ve analsim mineralleri belirlenmiştir (Şekil 3a-c). Amigdallerde kalsit ile amigdal çeperi arasında bant biçiminde ince klorit/C-S oluşumları, natrolit/tetranatrolit ile amigdal çeperi arasında kalsit oluşumları göze çarpmaktadır. Gözeneklerde ve çatlaklarda gelişen karbonat mineralleri bütünüyle kalsitlerle temsil edilmektedir.

Formasyonda volkanik kayalar arasında ince tabakalı seviyeler halinde piroklastik kayalar da belirlenmiştir (Şekil 3d). Yaygın olarak volkanik kayalar parçacıkları içeren ve Schmid'in (1981) tanımlamalarına göre litik kül tuf olarak olarak adlandırılan bu kayalarda volkanik kayalarda olduğu gibi volkan camında, serizitleşme/killeşme, zeolitleşme ve kloritleşme yaygın biçimde izlenmektedir.

Kloritler ve C-S'ler matrikste gelişebildiği gibi amigdalleri bütünüyle veya kısmen doldurmuş durumda da bulunabilmektedir. Amigdal veya gözeneklerdeki kloritler optik engebese düşük açık yeşil renkli iken, C-S'ler optik engebese daha yüksek böbreğimsi görümlü iğnemsilifsi bireylerin oluşturduğu yelpaze biçimlere sahiptir (Şekil 3e-f). Amigdalleri ve gözenekleri dolduran bir diğer mineral de kalsedonik kuvardır. Bu mineraller C-S yelpazelerinin dış kesiminde amigdallerin çeperini kaplayacak konumda oluşmuştur.

Taramalı Elektron Mikroskop İncelemeleri

Alakırçayır Napı birimlerinden volkanojenik kökenli Karadere Formasyonu'na ait SEM mikrofotografilerindeki dokusal ilişkilerin ve mineral morfolojilerinin tanımlanmasında önceki araştırmacıların yararlanılmıştır (Sudo ve diğ., 1981; Welton, 1984; O'Brien ve Slatt, 1990).



Şekil 3. Karadere Formasyonu volkanik kayaçlarının optik mikroskop görünüşleri a) Bozuşmuş volkaniklerde gözeneğin çeperini oluşturan ışınal klorit/C-S mineralleri ve kalsit dolgusu (tek nikol), b) Bazaltik spilitlede amygdal çeperini çevreleyen ince klorit oluşumları ve kalsit dolguları (çift nikol), c) Bazaltik spilitlede amigdallerde ışınal natrolit dolgusu ve amygdal çeperi ile natrolit arasında yer alan kalsit oluşumları (çift nikol), d) Bazaltik litik kül tüflerdeki volkanik kayaç parçacıkları (tek nikol), e-f) Bozuşmuş volkaniklerin gözeneklerinde gelişmiş koyu renkli C-S ve açık renkli klorit oluşumları (çift ve tek nikol).

Figure 3. Optical microscopic views of volcanic rocks from Karadere Formation, a) Radial chlorite/C-S minerals forming the rim of pore and calcite filling in the altered volcanics (open nicol), b) Fine chlorite occurrences surrounding amygdal rim and calcite fillings in the basaltic spilites (crossed nicol), c) Radial natrolite filling and, calcite occurrences between amygdal rim and natrolite in the basaltic spilites (crossed nicol), d) Volcanic rock fragments within the basaltic lithic ash tuff (open nicol), e-f) Dark colored C-S and light colored chlorite occurrences developed within the pores of altered volcanics (open and crossed nicols).

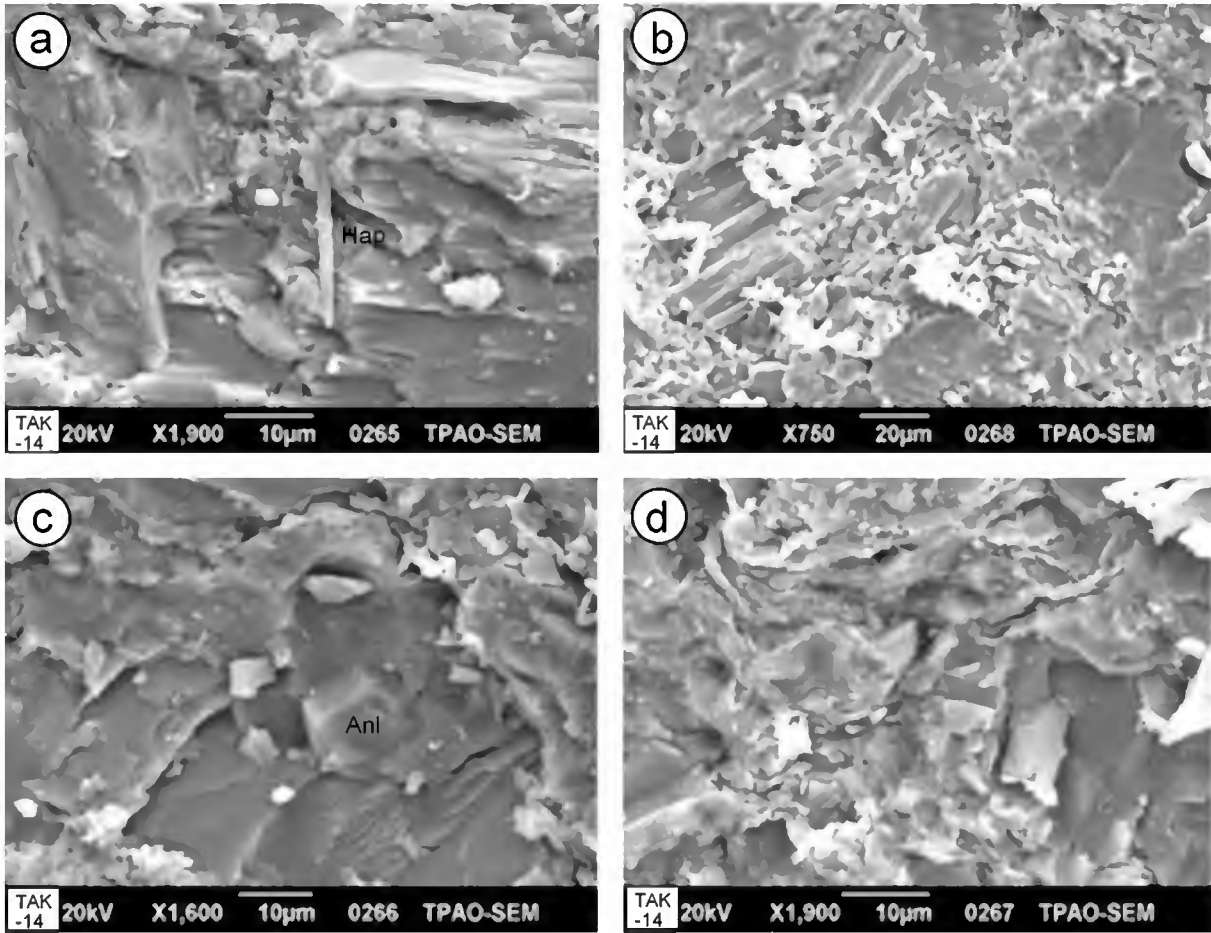
Çizelge 1. Karadere Formasyonu kayaç örneklerinin optik mikroskop inceleme sonuçları.**Table 1.** Results of optical microscopic studies in the rock samples of Karadere Formation.

Örnek No	Bileşim	Özellikler	Kayaç Adı
TAK-1	Plg+Hb+Tr/Akt+Chl+Cal+Src+Ap+Zrn±Bt±Om	Gözeneklerde klorit+C-S, plajiyoklazlarda serizitleşme ve karbonatlaşma, piroksenlerde uralitleşme	Altere volkanit
TAK-2	Plg+Px+Bt+Chl+Ap+Om	Gözeneklerde ışınal klorit-S+C ve zeolit, plajiyoklazlarda serizitleşme	Altere gabro
TAK-4	Plg+Chl+C-S+Src+Cal+Om	Matrikste bütünüyle kloritleşme, plajiyoklazlarda serizitleşme, mikro çatlaklarda kalsit	Altere volkanit
TAK-7	Plg+Aug+Chl+C-S+Bt+Ep±Om	Işınal zeolit mineralleri, plajiyoklazlarda serizitleşme ve kloritleşme	Altere volkanit (Bazalt)
TAK-12	Plg+Src+Cal+Chl/C-S+Anl±Bt±Om	Plajiyoklazlarda serizitleşme, mikro çatlaklarda kalsit ve analsim, yaygın klorit/C-S	Bozuşmuş volkanit
TAK-14	Anl+Apo±Cal±Om	Volkan camında bütünüyle killeşme-analsimleşme	Bozuşmuş toz tuf
TAK-15	Anl+Ntr+C-S±Aug±Plg±Om	Gözeneklerde analsim, natrolit ve C-S oluşumları	Bozuşmuş volkanit
TAK-16	Aug+Anl+Vkp±Cal±Om	Volkan camında bütünüyle analsimleşme, gözeneklerde ışınal C-S	Litik kül tuf
TAK-17	Anl±Apo±Ka±Om	Volkan camında bütünüyle killeşme-analsimleşme, kalsit dolgulu radyolarıya fosilleri	Bozuşmuş radyolaritli toz tuf
TAK-18	Fel+Anl+Px+Chl/C-S±Om	Volkan camında bütünüyle killeşme, amigdallerde analsim ve ender C-S, natrolit	Bazaltik spilit
TAK-25	Cal+Qtz+Chl+Om	İzotropik kloritler ve böbreğimsi görünümlü kalsitler	Bozuşmuş volkanit
TAK-33	Plg+Chl/C-S+Anl+Aug±Om	Plajiyoklazlarda serizitleşme, gözeneklerde ışınal klorit/C-S	Bozuşmuş volkanit
TAK-101	Plg+Src+Chl/C-S±Om	Gözeneklerde ışınal-böbreğimsi klorit/C-S, hamur opasitleşmiş	Bozuşmuş volkanit
TAK-261	Plg+Px+Chl/C-S+Anl±Ntr± Cal± Zrn±Om	Böbreğimsi dokulu C-S+klorit	Bozuşmuş diyabaz
TAK-262	Cal±Om	Işınal kalsit oluşumları	Kalsit
TAK-264	Plg+Px+Anl+Chl/C-S+Cal±Ntr±Zrn± Om	Işınal C-S mineralleri	Bozuşmuş bazalt/diyabaz
TAK-265	Cal+Plg+Src+Chl+Anl±Om	Amigdallerde kalsit ve C-S+analsim oluşumları	Bazaltik spilit
TAK-274	Plg+Aug+Cal±Om	Volkan camı bütünüyle killeşmiş, kalsit dolgulu amigdaller	Bazalt
TAK-282	Plg+Cm+Cal+Aug+Anl+Ntr±Om	Amigdallerde kalsit, analsim ve ışınal natrolit oluşumları	Bazaltik spilit
TAK-286	Plg+Aug+Anl+Ntr+Chl+C-S±Om	Amigdallerde natrolit+C-S oluşumları	Spilitleşmiş bazalt
TAK-308	Fel+Ojit+Cal+Chl+C-S±Om	Amigdallerde kalsit dolgu	Bazaltik spilit

Plg=Plajiyoklaz, Px=Piroksen, Aug=Ojit, Fel=Feldispat, Qtz=Kuvars, Anl=Analsim, Ntr=Natrolit, Apo=Apofillit, Chl=Klorit, C-S=Klorit-smektit, Bt=Biyotit, Cal=Kalsit, Zrn=Zirkon, Src=Serizit, Cm=Kil mineralleri, Vrf=Volkanik kayaç parçacıkları, Om=Opak mineral.

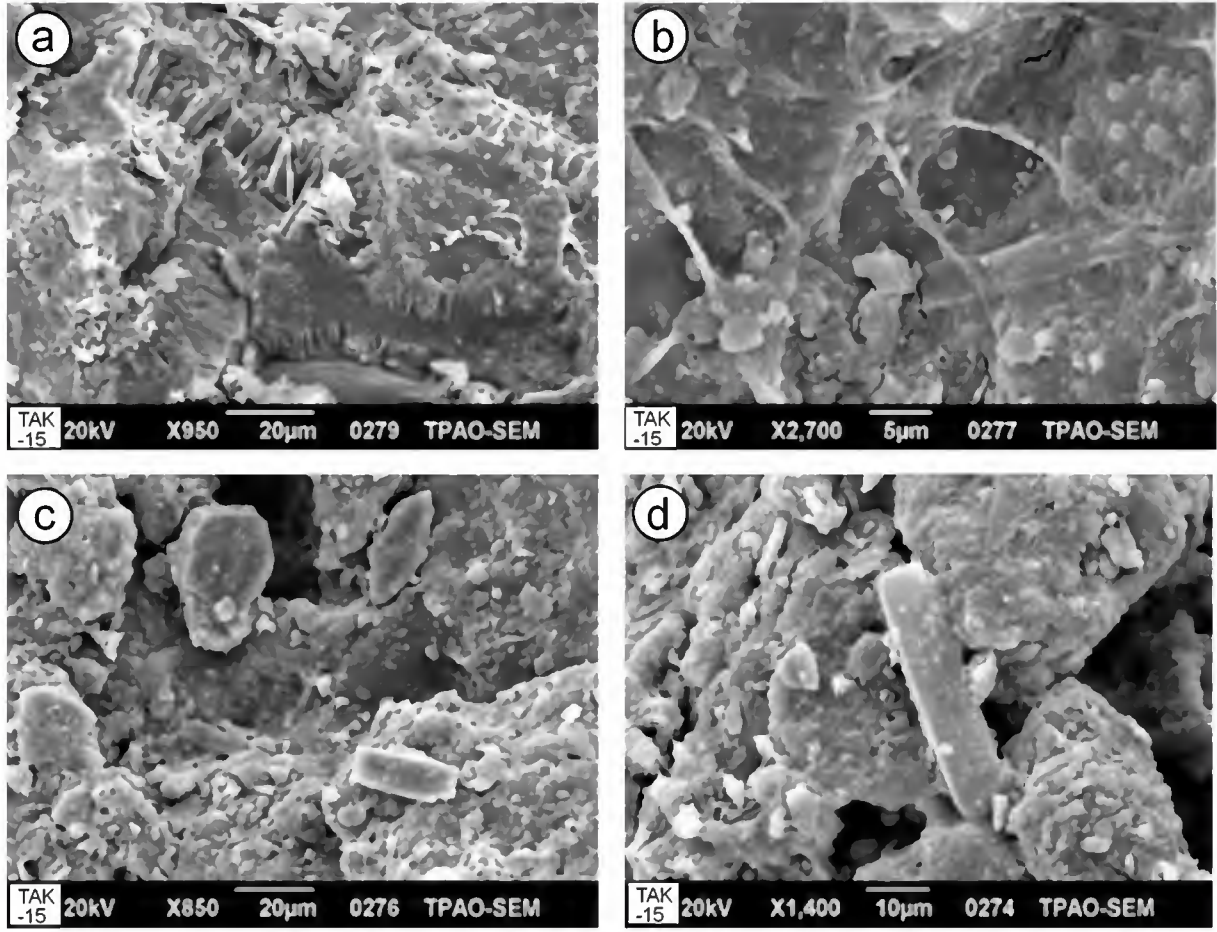
Bozuşmuş volkanitlerin bağlayıcı malzemesinde ince-uzun çubuksu tek ve birbirine paralel dizilmiş hidroksiapofillitler (Şekil 4a-b), eşboyutlu (12 μm) hegzahedron analsim (Şekil 4c) ve smektit ve C-S yaprakcıkları gelişmiştir. Hidroksiapofillitler; yaklaşık 1 μm kalınlığına ve 10-25 μm uzunluğa sahiptir. Bir başka bozuşmuş volkanik kayaç örneğinde matris ve volkanik camın eşlik ettiği ince taneli smektit ve C-S birlikteliği, yaklaşık 10 μm büyüklüğünde iri taneli C-S levhaları (Şekil 5a), smektit filamentleri (Şekil 5b), yüzeyleri iyi gelişmemiş, yarı-özşekilli kısa prizmatik (25-50

μm) natrolitler (Şekil 5c) ve özşekilli çubuksu prizmatik monoklinik tetranatrolitler (Şekil 5d) bulunmaktadır. Tetranatrolitlerin uzun kenarı 20-40 μm , kısa kenarı yaklaşık 10 μm büyüklüğündedir. Ayrıca, 10-20 μm uzunluğunda-ki smektit yaprakcıkları ve C-S levhalarının birbirine paralel ve ışınsal dizilimleri (Şekil 6a), özşekilli (5-20 μm) hegzahedron ve oktahedron Fe-oksit ve spinel grubu mineralleri (Şekil 6b), özşekilli (5-10 μm x 20-50 μm) levhamsı prizmatik monoklinik feldispat mineralleri (Şekil 6c, I-S ve smektit yaprakları (Şekil 6d) neoformasyon ürünleri olarak izlenmektedir.



Şekil 4. Karadere formasyonu bozuşmuş volkanit örneğinin SEM mikrofotografaları, a) Matris/volkanik cam ve ince-uzun çubuksu hidroksiapofillit (Hap), b) Birbirine paralel dizilmiş ince-uzun çubuksu hidroksiapofillitler. c) Matris/volkanik cam ve eşboyutlu analsim (Anl), d) Matris/volkanik cam üzerinde gelişmiş smektit ve C-S yaprakcıkları.

Figure 4. SEM microphotographs of altered volcanite sample from Karadere Formation, a) Matrix/volcanic glass and fine-long hydroxyapophyllite (Hap), b) and fine-long prismatic hydroxyapophyllites arranged parallel to each other, c) Matrix/volcanic glass and isometric analcime (Anl), d) Smectite and C-S flakes developed on the matrix/volcanic glass.



Şekil 5. Karadere formasyonu bozuşmuş volkanit örneğinin SEM mikrofotografaları, a) Matris/volkanik cam üzerinde gelişmiş C-S levhaları, b) Smektit filamentleri, c-d) Yarı-özşekilli natrolit, d) Özşekilli tetranatrolitler.
Figure 5. SEM microphotographs of altered volcanite sample from Karadere Formation, a) C-S flakes developed on the matrix/volcanic glass, b) Smectite filaments, c) Subhedral natrolite, d) Euhedral tetranatrolites.

MİNERALOJİ

Karadere Formasyonu'na ait volkanik-volkanoklastik örnekler üzerinde yapılan XRD çözümlerine göre feldispat, kuvars, kalsit, piroksen, fillosilikat ve zeolit mineralleri belirlenmiştir. (Çizelge 2, Şekil 7). Zeolit minerallerini başlıca analsim, natrolit ve tetranatrolit oluşturmaktadır.

Fillosilikat ve feldispatlar en yüksek bulunuş frekansına sahip minerallerdir. Bolluklarına göre birimde saptanan yaygın mineraller fillosilikat, feldispat, analsim, kalsit, piroksen ve kuvars biçiminde sıralanmaktadır. Zeolit minerallerinden analsim en yüksek, tetranatrolit ise en düşük

bulunuş frekansına sahiptir. Natrolit iki, hidroksiapofillit ise üç örnekte gözlenmiştir.

Kil fraksiyonu çözümlerine göre başlıca klorit, smektit, illit, C-S ve I-S, daha az da C-V ve I-C mineralleri saptanmıştır (bak Çizelge 2, Şekil 8). İllit ve kloritler yüksek bulunuş frekansına sahip olmakla birlikte, genel ortalamalarına göre bolluk sırası C-S, I-S, klorit, smektit, illit, C-V ve I-C şeklindedir. En yaygın kil mineral parajenezlerini illit + klorit + I-S, illit + klorit + C-S + I-S, illit + I-S + smektit, klorit + C-S + smektit ve klorit + C-S oluşturmaktadır. Diğer aratabakalı mineraller sırasıyla illit + klorit + C-V, C-S + C-V + smektit ve illit + klorit + I-C birlikteliklerine eşlik etmektedir.

Çizelge 2. Karadere Formasyonu kayaç örneklerinin XRD tümkayaç ve kil fraksiyonu inceleme sonuçları.
Table 2. Results of XRD whole-rock and clay fraction studies in the rock samples of Karadere Formation.

Örnek No	TÜM KAYAÇ										KİL FRAKSİYONU						
	Cal	Qtz	Fel	Cm	Anl	Ntr	Tnt	Hap	Px	Gt	I	C	C-S	C-V	I-C	I-S	S
TAK-1		3	71	26							50	30			20		
TAK-2		4	37	26	19				14		35	55		10			
TAK-4	22		58	20													
TAK-7		3	58	39							11	55	34				
TAK-12	7		50	36	7						5	85		10			
TAK-14	6	3	11	27	38			15									
TAK-15			9	36	31		20	4				5	52				43
TAK-16			12	38	50								66	7			27
TAK-17	17		9	33	33			8									
TAK-18			20	22	58							7	93				
TAK-25	29	8		55					8	20							80
TAK-33			40	33	27						2	6	82				10
TAK-88		12	33	55							8	62					30
TAK-89	8	4	66	22							8	62					30
TAK-96	6	16	54	24							13	37					50
TAK-101		4	20	58					18		8	12	45				35
TAK-102	2	61	15	22							8	12	35				45
TAK-252		8	37	37					18		22						78
TAK-261			35	29	10				26			15	85				
TAK-262	99	1															
TAK-263	46			13	41												
TAK-264			17	19	64							10	30				60
TAK-265	18		20	30	32												
TAK-274			29	27					44		13					20	67
TAK-275				100							4						96
TAK-281	10		31	59							46					40	14
TAK-282	15		10	25	10	10			30							20	80
TAK-285	7		3	70					20		13	5					72
TAK-286			7	14	24	10			45		11	8	73			8	
TAK-308	12	47		41							5	5	20				70
TAK-309	4	11	14	63						8	27	8					65

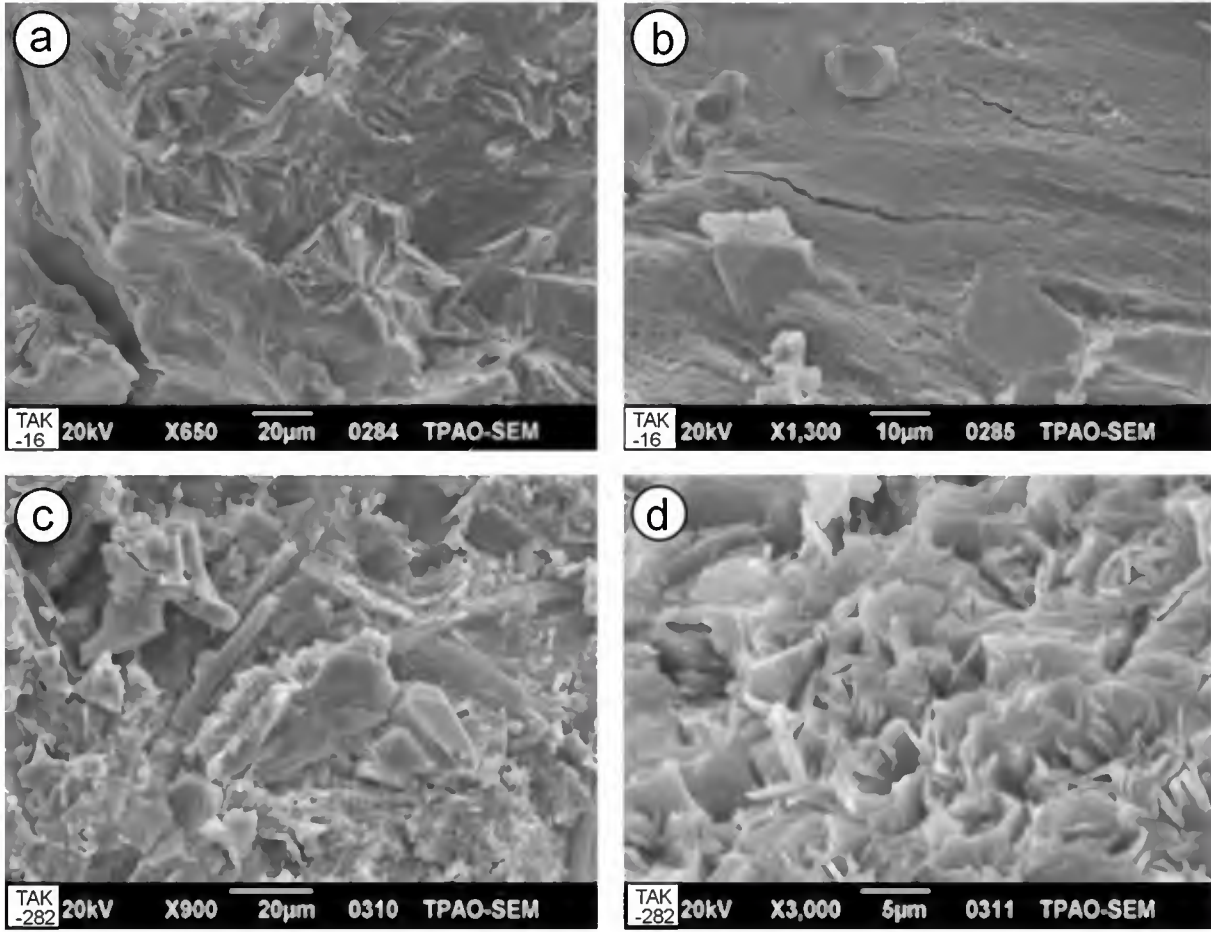
Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Fel=Feldispat, Anl=Analsim, Ntr=Natrolit, Tnt=Tetranatrolit, Hap=Hidroksiapofillit, Px=Piroksen, Gt=Götit, I=İllit, C: Klorit, C-S=Klorit-Smektit, C-V=Klorit-Vermiküllit, I-C=İllit-Klorit, I-S=İllit-Smektit, S=Smektit

İllit + I-S'lerden oluşan üç örnekte belirlenen $d_{(060)}$ değerleri dioktahedral (1.4999-1.5028 Å, ortalama 1.5012 Å), smektitlerden oluşan iki örnekte ise trioktahedral (1.5272 ve 1.5292 Å, ortalama 1.5282 Å) bileşimi yansıtmaktadır. Bu verilere göre, dioktahedral bileşimli illit + I-S'lerin oktahedral (Fe+Mg) içerikleri 0.31-0.45 (ortalama 0.37) arasında değişmektedir.

Sekiz örnekte gerçekleştirilen $2\theta = 5-11^\circ$ arasındaki pik çözümlmelerine göre; formasyon-

daki I-S'ler R0, R1 ve R3 düzenlenme tipine sahiptir. Üç örnekte I-S'ler bütünüyle R3, bir örnekte R3 ve R1, diğerlerinde ise R1 ve R0 birlikteliği sergilemektedir. R0 I-S'ler % 30-56, R1 I-S'ler % 70-80, R3 I-S'ler ise % 87-95 arasında illit tabakası içermektedir.

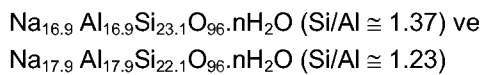
Kloritçe zengin üç örnekte politipi ve dört örnekte XRD yöntemiyle kimyasal bileşim incelemelerine göre birimdeki kloritler la politipinde ve bir örnek hariç Mg-ca zengin (klinoklor) bileşime sahiptir.



Şekil 6. Karadere formasyonu bozuşmuş volkanit örneklerinin SEM mikrofotografaları, a) Smektit yapraklıkları ve C-S levhalarının birbirine paralel ve ışınsal dizilimleri, b) Neoformasyon ürünü özşekli Fe-oksit ve spinel grubu mineralleri, c) Neoformasyon ürünü özşekli feldispat mineralleri, d) I-S ve smektit yaprakları.

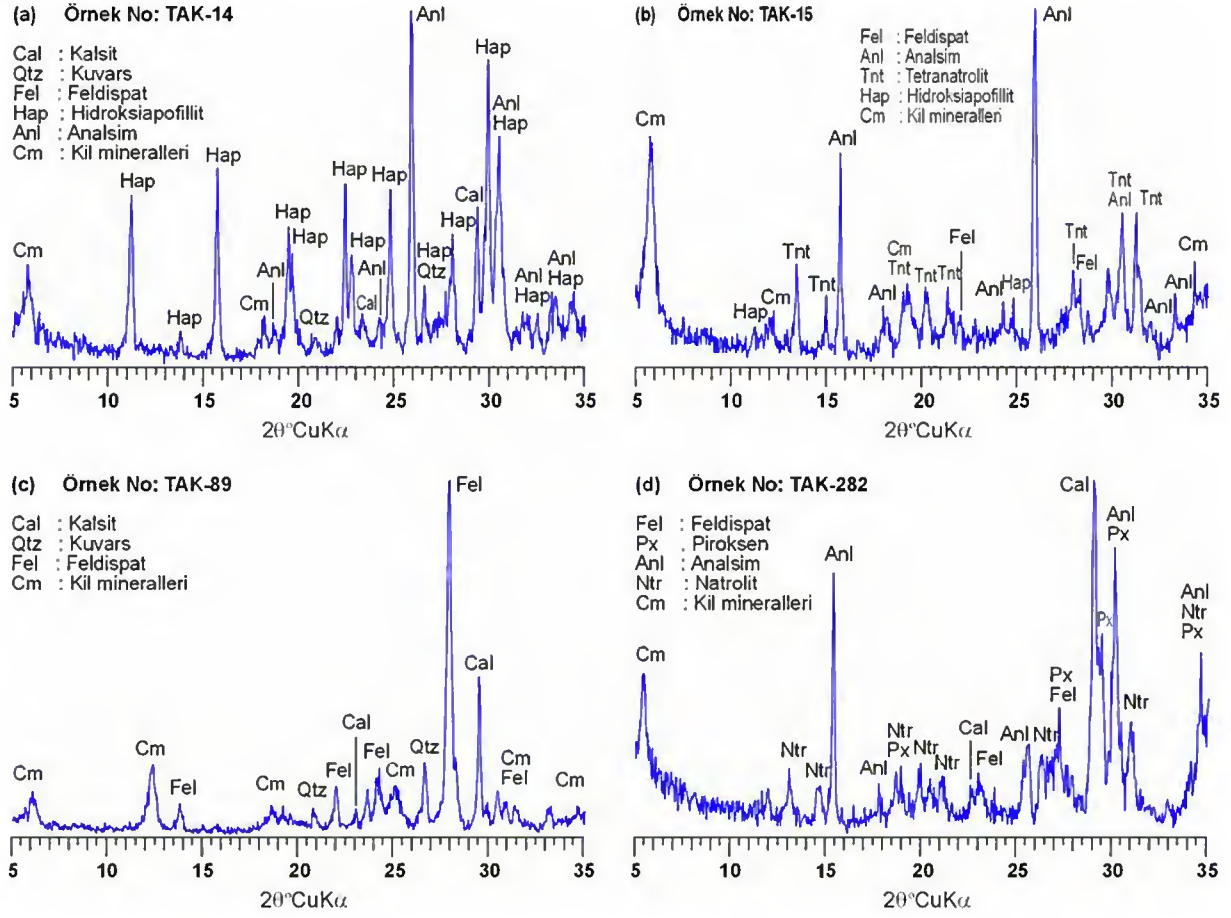
Figure 6. SEM microphotographs of altered volcanite sample from Karadere Formation, a) Smectite flakes and C-S plates parallel and radial orders to each others, b) Euhedral Fe-oxide and spinel group minerals as neoformation products, c) Euhedral feldspar minerals as neoformation products, d) I-S and smectite flakes.

Bozuşmuş volkanitlerdeki analsimlerin kristalokimyasal özellikleri ile XRD verileri arasındaki ilişki Saha'nın (1959) yöntemi ile Coombs ve Whetten'in (1967) regresyon eğrisi birleştirilerek araştırılmıştır (Şekil 9). Na-zeolitler ideal analsim ve natrolit bileşimleri arasında yer almaktadır. Regresyon eğrisi denkleminde itibaren analsimli ve analsim+natrolit birlikteliklerindeki analsimlerin ortalama kimyasal bileşimleri sırasıyla aşağıdaki gibidir:



MİNERALLERİN KÖKENİ VE OLUŞUMU

Karadere Formasyonu'nda smektit, illit ve klorit fazlarının değişen oranlarda karışımı şeklinde bir mineral topluluğunun bulunması; birden fazla ortam ve mekanizmayı gerektirmektedir. Bu nedenle Formasyonda belirlenen zeolit (analsim, natrolit ve tetranatrolit) ve buna eşlikçi fillosilikat (hidroksiapofillit, smektit, illit, klorit ve karışık tabakalılar), karbonat (kalsit) ve demiroksit (hematit, götit) minerallerinin oluşumu, kökeni ve evrimi OM ve SEM verileri ışığında aşağıda tartışılmıştır:



Şekil 7. Karadere Formasyonu kayaçlarında belirlenen tümkayaç mineral birliklikleri, a) Piroklastik, b-d) Volkanik.

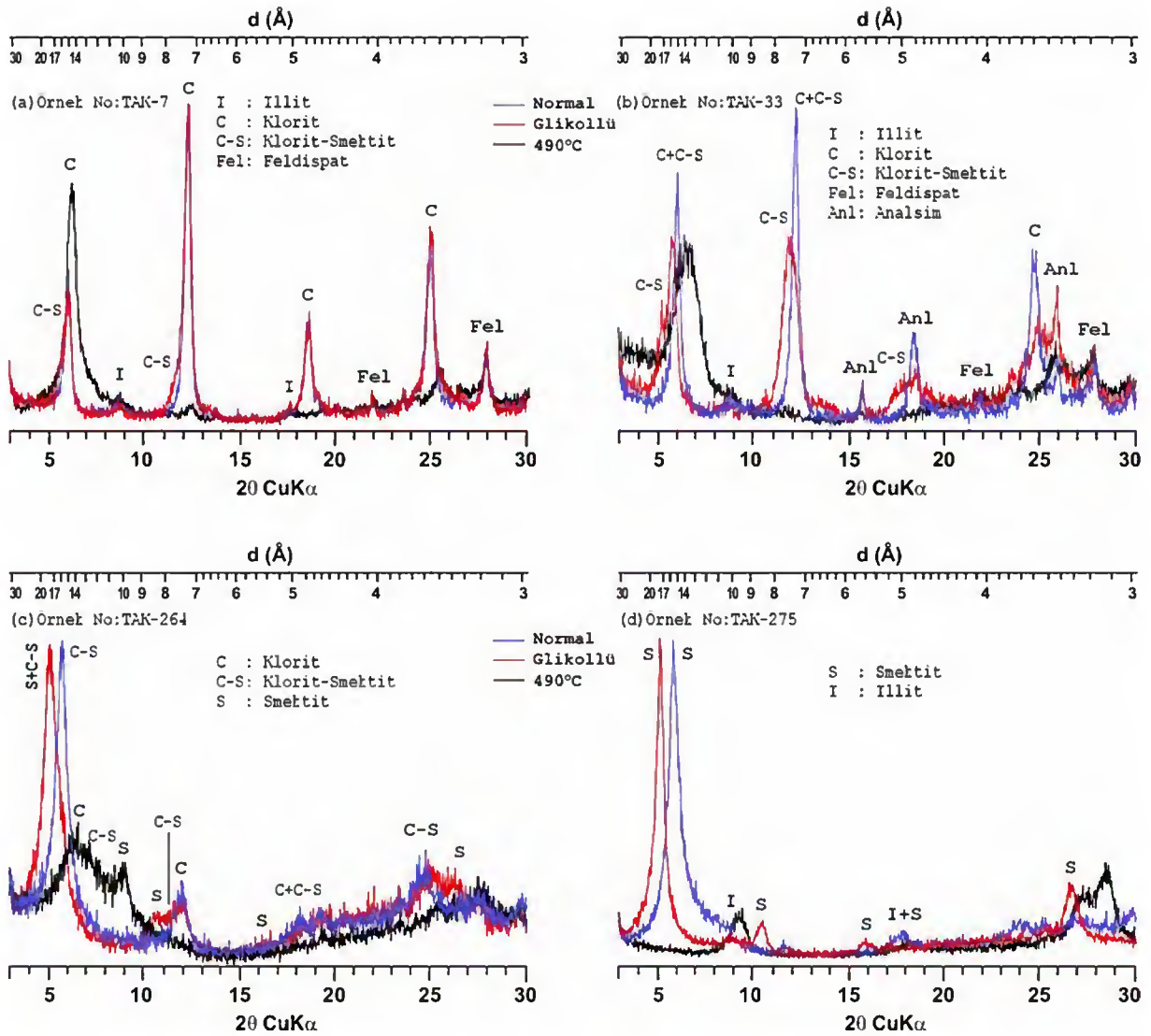
Figure 7. Whole-rock mineral associations determined in the rocks of Karadere Formation, a) Pyroclastic rock, b-d) Volcanic rock.

Kil minerallerinin kökeni iki gruba ayrılarak irdelenebilir (Örneğin; Millot, 1970; Grim ve Güven, 1978): (1) magmatik ürünler ile ilişkili olmayan killeri: (a) yüzeysel bozunma, (b) sedimanter, (c) yeniden işleme; (2) magmatik ürünler ile ilişkili killeri: (a) volkanik kül veya tüfün yerinde alterasyonu, (b) magmatik kayaçların hidrotermal alterasyonu, (c) magmatik malzemenin döyterik alterasyonu.

Karadere Formasyonu volkanojenik ürünlerinde hidrotermal bozuşmaya işaret edecek minerallerin gözlenmemesi, vesiküllerde ve matrikste bulunan minerallerin hidrotermal kökenli olmadığını göstermektedir. Lavların su ortamında depolanmış olması nedeniyle, volkanojenik malzeme ve deniz suyu arasındaki tepkimelerle camsı ve mikrokris-

talın matriksin ayrışarak neoformasyon minerallerinin oluşması (Örneğin; Keith ve Staples, 1985; Robert ve Goffé, 1993; Yalçın, 1997), vesiküllerin neoformasyon mineralleri ile doldurulması, açık ve koyu renkli minerallerin ornatılması (Örneğin; Karlsson ve Clayton, 1991; Pearce, 1993) ve son olarak kayaçların gözenek, yüzey ve çatlaklarına karbonat ve Fe-sivamalarının yerleşmesi biçimindeki birbirini izleyen süreç/mekanizmalar daha geçerli gözükmetedir (Yalçın ve Bozkaya, 2002).

Diğer taraftan, Karadere Formasyonu'nda gömülme diyajenez/metamorfizmasının etkileri yaygın olmamakla birlikte; yerel fillosilikat dönüşümlerine yol açtığı, mineral birlikliklerinin dağılımından anlaşılmaktadır.



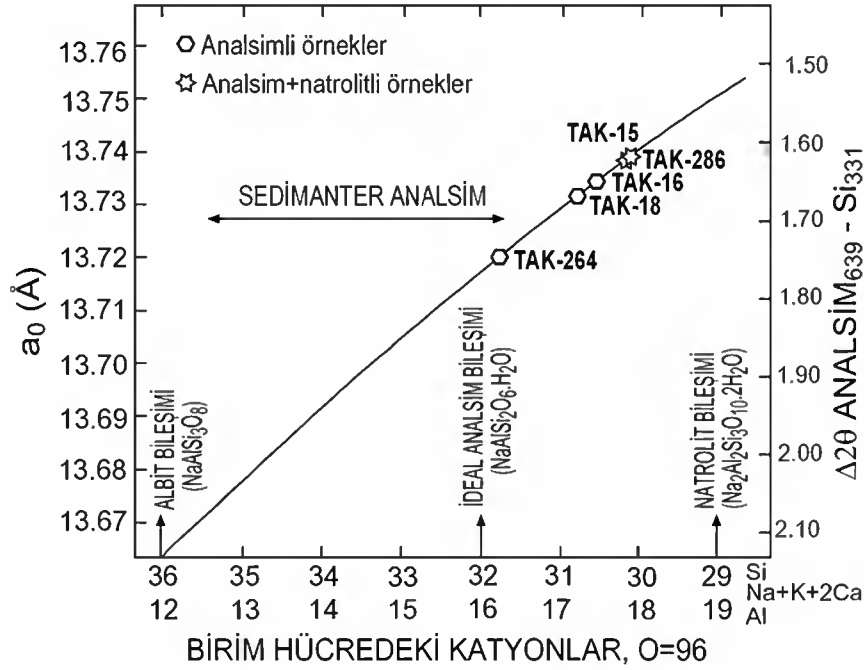
Şekil 8. Karadere Formasyonu kayaçlarında belirlenen kil mineral birliktelikleri, a-b-c) volkanik, d) volkanojenik kiltışı.

Figure 8. Clay mineral associations determined in the rocks of Karadere Formation, a-b-c) Volcanic rock, d) Volcanogenic claystone.

Sulu bir ortam, volkanik camın, külün veya tüfün smektit ve/veya zeolite hidrasyonu için gereken suyun sağlanmasında önemlidir. Neoformasyon minerallerinin volkanik malzemeden itibaren doğrudan veya sulu Al-silikat jeli biçimindeki ara bir fazdan geçerek gerçekleşmesi olası gözükmetedir (Örneğin; Gündoğdu ve diğ., 1996; Bohor ve Triplehorn, 1993).

Karışık tabakalı kil mineralleri gerek matrikste, gerekse amigdallerde volkanik cam ile tepkime

izleri taşımaktadır. Smektitlerin karışık tabakalı I-S mineraline dönüşümünde dokulararası çözeltilerin bileşimi, dolayısıyla tabakalar arasına Mg, Na ve K' un adsorpsiyonu da önemli bir etkidir. Karadere Formasyonu'ndaki smektitler; piroklastik kayaçlarda dioktahedral, buna karşın volkanik kayaçlarda trioktahedral bileşimlidir. Dioktahedral smektitlerle birlikte düşük illit içerikli düzensiz I-S aratabakalı kil minerallerinin gözlenmesi, erken diyajenez evresiyle uyumlu gömülme diyajenezi etkisini yansıtmaktadır.



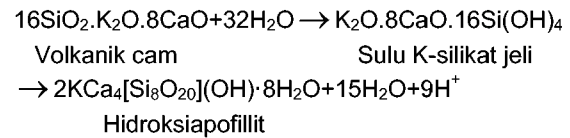
Şekil 9. Karadere Formasyonu bozuşmuş volkanitlerdeki analsimlerin birim hücre, kimyasal bileşim ve XRD verileri arasındaki ilişkiler (Coombs ve Whetten, 1967).

Figure 9. Relationships among unit-cell, chemical composition and XRD data in the altered volcanites from Karadere Formation (Coombs and Whetten, 1967).

Smektitin klorite dönüşümü çoğunlukla korensit (1:1 düzenli C-S veya C-V) ara evresinden itibaren gerçekleşmekte olup; korensitler bazik ve ortaç piroklastik ve volkanoklastik kayalarda yaygındır (Evarts ve Schiffman, 1983; Brigatti ve Poppi, 1984; Inoue, 1985, 1987; Inoue ve diğ., 1984, 1987; Bettison ve Schiffman, 1988; Inoue ve Utada, 1991). C-V ve I-C aratabakalıları ise daha çok volkanojenik biyotitlerin ornatılması ile klorite dönüşümündeki ara evreyi temsil etmektedir. Kloritlerin volkanojenik malzemeden itibaren açılmalı basenlerde sıcaklığın etkisiyle diyajenetik alterasyon sonucu oluşması, benzer çalışmalarda da benimsenmiştir (Ör.; Bozkaya ve Yalçın, 2000, 2004a-b, 2005; Bozkaya ve diğ., 2002; 2006).

Montmorillonitik killerin illitleşmesi için dokulararası çözeltilerdeki K derişimi önemli olup, smektitin bulunuşu veya bulunmayışı diyajenetik derecenin bir fonksiyonu olduğu kadar, derinlerdeki suların kimyasal bileşimini açıklamada da bir belirteç olabilmektedir. Ayrıca, detritik muskovitlerin ve $2M_1$ politipli illitlerin gözlenmemesi, illitlerin detritik kökenden ziyade I-S'lerden itibaren ilerleyen diyajenetik/metamorfik süreçlerle oluştuğunu düşündürmektedir.

İlk kez Dunn ve diğ. (1978) ve Rouse ve diğ. (1978) tarafından tanımlanan hidroksiapofillit $KCa_4[Si_8O_{20}](OH) \cdot 8(H_2O)$; apofillit-(KOH) olarak yeniden adlandırılmış (Burke, 2008) olup; bazaltların boşluklarında, ayrıca skarn zonlarında hidrotermal bozuşma ürünü olarak rastlanılmaktadır. Karadere Formasyonu'nda saptanan hidroksiapofillit de, tetranatrolit gibi volkanik camdan itibaren sentezlenmiştir. Volkanik camdaki Na analsim ve/veya tetranatrolit oluşumunda, buna karşın K I-S yerine hidroksiapofillit oluşumunda kullanılmıştır:

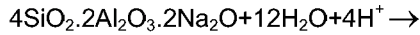


Lifsi zeolitlerden natrolit grubu minerallerinin (natrolit $Na_{16}[Al_{16}Si_{24}O_{80}] \cdot 16H_2O$: Ross ve diğ., 1992; paranatrolit $Na_{14}[Al_{16}Si_{24}O_{80}] \cdot 24H_2O$: Chao, 1980; tetranatrolit $Na_{12}Ca_4[Al_{20}Si_{20}O_{80}] \cdot 22H_2O$: Ross ve diğ., 1992; gonnardit $Na_{10}Ca_4[Al_{18}Si_{22}O_{80}] \cdot 24H_2O$: Evans ve diğ., 2000) kimyasal-kristalografik özellikleri üzerinde halen tartışmalar devam etmektedir.

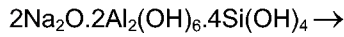
Tetranatrolit'in ayırt edici bir kimyasal ve kristalografik parametreye sahip olmadığı iddia edilerek, bu mineralin gerçekte gonnardit olduğu bildirilmektedir (Artoli ve Gali, 1999). Buna karşın, bu minerallerin kristalleşmesi ile ilgili parajenetik tepkimeler (< 200 °C); (1) natrolit-paranatotrit, (2) paranatotrit-tetranatotrit ve (3) gonnardit-tomsonit biçiminde önerilmektedir (Evans ve diğ., 2000). Tetranatotritin paranatotritin susuz (dehidrasyon) bir ürünü olup, gerçek bir duraylılık alanına sahip olmadığı belirtilmektedir (Evans ve diğ., 2000).

Tetranatotriti; ilk kez Greenland alkalın masifinde hidrotermal damarlar içerisinde Anderson ve diğ. (1969) tanımlamıştır. Daha sonra Mont Saint-Hilaire (Québec) alkalın gabro-siyenit kompleksinde (Chen ve Chao, 1980), Kola Peninsula'da Lovozero ve Khibiny alkalın masiflerinde (Khom-yakov ve diğ., 1987), Magnet Cove (Arkansas) alkalın magmatik kompleksinde (Ross ve diğ., 1992), Mont St. Hilaire ve Puy De Dôme (Fransa) masifinde (Chen ve Chao, 1980) saptanmıştır.

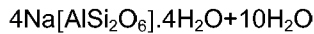
Yukarıdaki görüşlerin ışığında; tetranatotritin alkalın plütonik kayalarda hidrotermal, alkalın volkanik kayalarda (özellikle bazalt) ise boşluklarda ve volkanik camda neoformasyon ürünü olarak, diğer zeolitlerin birçoğunda olduğu gibi bir jel arafazından geçerek oluştuğu ileri sürülebilir (Örneğin; Gündoğdu ve diğ., 1996; Yalçın, 1997; Yalçın ve Bozkaya, 2002). Burada çözeltideki Si/Al ve Na/Ca oranları oluşacak analsim ve/veya natrolit grubu minerallerinin türünü denetleyecektir:



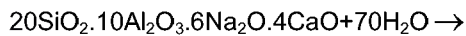
Volkanik cam



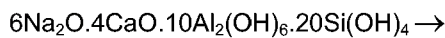
Sulu NaAl-silikat jeli



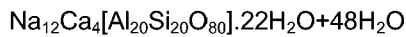
Analsim



Volkanik cam



Sulu NaCaAl-silikat jeli



Tetranatotrit

Volkanik cam-su etkileşimi sonucu gerek matrikste gerekse boşlukların çevresinde fillosilikat ve zeolitlerin yanı sıra, kuvars ve Fe-oksit/ oksihidroksit mineralleri oluşmuştur. Fillosilikat ve zeolitlerin sentezinden artan silis kuvarsin; demir ise yükseltgen bozuşma koşullarında hematit veya götütin oluşumunu gerçekleştirmiştir. Deniz suyundaki alkalinitenin zaman zaman artması ile boşlukların bir kısmı kalsit ile doldurulmuştur.

SONUÇLAR

Volkanik ve tektonik etkinliğin yaygın olduğu sığ ve derin denizel ortamı yansıtan ve tipik bir açılmalı basen özelliği taşıyan Alakırçay Napı'nın Karadere Formasyonu'nda volkanojenik kayalarının matriks ve boşluklarında gelişen fillosilikat, zeolit, spinel, Fe ve Fe-Ti minerallerinin varlığı ilk kez bu çalışmada ortaya konulmuştur. Bunlardan Na-zeolit mineralleri; alkalı volkanizmanın ve düşük sıcaklıklarda volkanik malzeme-deniz suyu arasındaki etkileşiminin; diğer bir ifadeyle, açılmalı basenin varlığını kanıtlamaktadır.

Lavlarda ilişkili trioktahedral ve piroklastikler ile ilişkili dioktahedral smektitler; volkanizmanın hem lav, hem de piroklast biçiminde malzeme ürettiğini gösteren önemli verilerdir.

Sulu karasal ortamlardaki volkanojenik malzemeden gelişen karışık tabakalı kil minerallerinin ince taneli olmasına karşın, denizaltı volkanizmasında oluşanların kalın levhalar oluşturması, ayırt edici bir özellik olarak yorumlanabilir gözükmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma 104Y329 no.lu TÜBİTAK projesinin bir bölümünü kapsamakta olup; laboratuvar çalışmaları sırasında yardımları için Yük. Lis. Öğr. Deniz Hozatlıoğlu, Arş.Gör.Dr. Zeynel Başbüyük'e, XRD çekimlerinde yardımları için Kim.Yük.Müh. Fatma Yalçın'a ve ince kesitlerin yapımındaki emekleri için Tek. Ufuk Kuş'a teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

Alt, J.C., 1999. Very low-grade hydrothermal metamorphism of basic igneous rocks. In:

- Low-Grade Metamorphism, M. Frey, D. Robinson (eds.), Blackwell, Oxford, UK, pp. 169-201.
- Anderson, E.K., Danø, M., Peterson, O.V., 1969. A tetragonal natrolite. *Meddelelser om Grøland*, 181, 1-19.
- Artioli, G., Gali, E., 1999. Gonnardite: Re-examination of holotype material and discreditation of tetranatrolite. *American Mineralogist*, 84, 1445-1450.
- Bailey, S.W., 1988. X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite. *Clays and Clay Minerals*, 36, 193-213.
- Bettison, L.A., Schiffman, P., 1988. Compositional and structural variations of phyllosilicates from the Point Sal ophiolite, California. *American Mineralogist*, 73, 62-76.
- Bohor, B.F., Triplehorn, D.M., 1993. Tonsteins: altered volcanic ash layers in coal-bearing sequences. *Geological Society of America, Special Paper*, 285, 44 pp.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2000. Very low-grade metamorphism of Upper Paleozoic-Lower Mesozoic sedimentary rocks related to burial and thrusting in the Central Taurus Belt, Konya, Turkey. *International Geology Review*, 42, 353-367.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2001. Antalya Birliği'nin diyajenez/metamorfizmasına ilişkin açılımlar, Alanya-Gazipaşa, Orta Toroslar. 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler CD, 7-10 Mayıs, Ankara, Bildiri No: 54-47.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004a. Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Palaeozoic to early Mesozoic rocks of the Eastern Taurides, Turkey. *Clay Minerals*, 39, 481-500.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004b. New mineralogic data and implications for the tectono-metamorphic evolution of the Alanya Nappes, Central Tauride Belt, Turkey. *International Geology Review*, 46, 347-365.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2005. Diagenesis and very low-grade metamorphism of the Antalya Unit: mineralogical evidence of Triassic rifting, Alanya-Gazipaşa, Central Taurus Belt, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 109-119.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2002. Mineralogic and organic responses to stratigraphic irregularities: an example from the Lower Paleozoic very low-grade metamorphic units of the Eastern Taurus Autochthon, Turkey. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 82, 355-373.
- Bozkaya, Ö., Gürsu, S., Göncüoğlu, M.C., 2006. Textural and mineralogical evidence for a Cadomian tectonothermal event in the eastern Mediterranean (Sandıklı-Afyon area, western Taurides, Turkey). *Gondwana Research*, 10, 301-315.
- Brigatti, M.F., Poppi, L., 1984. Crystal chemistry of corrensite: a review. *Clays and Clay Minerals*, 32, 391-399.
- Brindley, G.W., 1961. Chlorite minerals. In: *The X-ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals*, G. Brown (ed.), Mineralogical Society, London, 242-296.
- Brindley, G.W., 1980. Quantitative X-ray mineral analysis of clays. In: *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification*, G.W. Brindley, G. Brown (eds.), Mineralogical Society, London, 411-438.
- Brown, G., Brindley, G.W., 1980. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification*, G.W. Brindley, G. Brown (eds.), Mineralogical Society, London, 305-360.
- Burke, E.A.J., 2008. Tidying up mineral names: an IMA-CNMNC scheme for suffixes, hyphens and diacritical Marks. *Mineralogical Record*, 39, 131-135.
- Çelik, Ö.F., 2009. Alakırçayır melanji içinde yüzeyleyen volkanik kayaçların petrografik ve jeokimyasal özellikleri (GB Türkiye). *Uygulamalı Yerbilimleri*, 1, 49-60.
- Chagnon, A., Desjardins, M., 1991. Détermination de la composition de la chlorite par diffraction et microanalyse aux rayons X. *Canadian Mineralogist*, 29, 245-254.
- Chao, G.Y., 1980. Paranatrolite, a new zeolite from Mont St-Hilaire, Québec. *Canadian Mineralogist*, 18, 85-88.

- Chen, T.T., Chao, G.Y., 1980. Tetranatrolite from Mont St-Hilaire, Québec. *Canadian Mineralogist*, 18, 77–84.
- Coombs, D.S., Whetten, J.T., 1967. Composition of analcime from sedimentary and burial metamorphic rocks. *Geological Society of American Bulletin*, 78, 269-282.
- Delvigne, J.E., 1998. Atlas of Micromorphology of Mineral Alteration and Weathering. The Canadian Mineralogist Special Publication 3, Canada, 494.
- Dunn, P.J., Rouse, R.C., Norberg, J.A., 1978. Hydroxyapophyllite, a new mineral, and a redefinition of the apophyllite group. I. Description, occurrences, and nomenclature. *American Mineralogist*, 63, 196-202.
- Evans, H.T. Jr., Judith, A., Konner, J.A., Ross, M., 2000. The crystal structure of tetranatrolite from Mont Saint-Hilaire, Québec, and its chemical and structural relationship to paranatrolite and gonnardite. *American Mineralogist*, 85, 1808-1815.
- Evarts, R.C., Schiffman, P., 1983. Submarine hydrothermal metamorphism of the Del Puerto Ophiolite, California. *American Journal of Science*, 283, 289-341.
- Grathoff, G.H., Moore, D.M., 1996. Illite polytype quantification using Wildfire© calculated X-ray diffraction patterns. *Clays and Clay Minerals*, 44, 835-842.
- Grim, R.E., Güven, N., 1978. Bentonites: Geology, Mineralogy, Properties and Uses. Elsevier, Amsterdam, *Developments in Sedimentology*, 24, 256 pp.
- Gündoğdu, M.N., Yalçın, H., Temel, A., Clauer, N., 1996. Geological, mineralogical and geochemical characteristics of zeolite deposits associated with borates in the Bigadiç, Emet and Kirka Neogene lacustrine basins, Western Turkey. *Mineralium Deposita*, 31, 492-513.
- Hunziker, J.C., Frey, M., Clauer, N., Dallmeyer, R.D., Friedrichsen, H., Flehmig, W., Hochstrasser, K., Roggviler, P., Schwander, H., 1986. The evolution of illite to muscovite: mineralogical and isotopic data from the Glarus Alps, Switzerland. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92, 157-180.
- Inoue, A., 1985. Chemistry of corrensite : a trend in composition of trioctahedral chlorite/smectite during diagenesis. *Journal of College of Arts and Sciences, Achiba University*, B-18, 69-82.
- Inoue, A., 1987. Conversion of smectite to chlorite by hydrothermal and diagenetic alterations, Hokuroku Kuroko mineralization area, Northeast Japan. *Proc. Int. Clay Conf., Denver, L.G. Schultz, H. van Olphen, F.A. Mumpton (eds.)*, The Clay Minerals Society, Bloomington, Indiana, 158-164.
- Inoue, A., Utada, M., 1991. Smectite-to-chlorite transformation in thermally metamorphosed volcanoclastic rocks in the Kamikita area, Northern Honshu, Japan. *American Mineralogist*, 76, 628-640.
- Inoue, A., Utada, M., Nagata, H., Watanabe, T., 1984. Conversion of trioctahedral smectite to interstratified chlorite smectite in Pliocene acidic pyroclastic sediments of the Ohyu District, Akita Prefecture, Japan. *Clay Science*, 6, 103-116.
- Inoue, A., Kohyama, N., Kitagawa, R., Watanabe, T., 1987. Chemical and morphological evidence for the conversion of smectite to illite. *Clays and Clay Minerals*, 35, 111-120.
- J.C.P.D.S., 1990. Powder Diffraction File. Alphabetical Indexes Inorganic Phases, Swarthmore, U.S.A., 871 pp.
- Karlsson, H. R., Clayton, R. N., 1991. Analcime phenocrysts in igneous rocks: Primary or secondary? *American Mineralogist*, 76, 189-199.
- Keith, T. E., Staples, L.W., 1985. Zeolites in Eocene Basaltic pillow lavas of the Siletz River volcanics, Central Coast Range, Oregon. *Clays and Clay Minerals*, 33, 135-144.
- Khomyakov, A.P., Cherepivskaya, G.Y., Mikheyeva, M.G., 1987. First paranatrolite finds in the USSR. *Scripta Technica, Inc.*, 136–139.
- Krumm, S., 1996. WINFIT 1.2 : version of November 1996 (The Erlangen geological

- and mineralogical software collection) of WINFIT 1.0 : a public domain program for interactive profile-analysis under WINDOWS. XIII Conference on Clay Mineralogy and Petrology, Praha, 1994, Acta Universitatis Carolinae Geologica, 38, 253-261.
- McPhie, J., Doyle, M., Allen, R., 1993. Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks. Tasmanian Government Printing Office, 196 pp.
- Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H., Guilford, C., 1988. Atlas of Igneous Rocks and their Textures. ELBS Longman, London, 148 pp.
- Marcoux, J., 1974. Alpine type Triassic of the upper Antalya nappe, Western Taurides, Turkey. In: Die Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias-Symp. Wien, May 1973. Schriftserd. Komm. Osterr. Akad. Wiss., Bd. Vienne, 145-146.
- Maury, R.C., Lapierre, H., Bosch, D., Marcoux, J., Krystyn, L., Cotten, J., Bussy, F., Brunet, P., Senebier, F., 2008. The alkaline intraplate volcanism of the Antalya nappes (Turkey): a Late Triassic remnant of the Neotethys. Bulletin de la Société Géologique de France, 179, 397-410.
- Millot, G., 1970. Geology of Clays. Translated by W.R.Farrand and H.Paquet. Springer-Verlag, New York, Berlin, 429 pp.
- Moore, D.M., Reynolds, R.C., 1997. X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University Press, New York, 378 pp.
- O'Brien, N.R., Slatt, R.M., 1990. Argillaceous Rock Atlas. Springer-Verlag, New York, 141 pp.
- Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri, TJK Bülteni, 19, 65-67.
- Özgül, N., 1984. Alanya Tectonic Window and geology of its western part. Ketin Symposium, 20-21 February 1984, Ankara, Geological Society of Turkey, 97-120.
- Pearce, T.H., 1993. Analcime phenocrysts in igneous rocks: Primary or secondary?- Discussion, American Mineralogist, 78, 225-229.
- Pye, K., Krinsley, D.H., 1983. Inter-layered clay stacks in Jurassic shales, Nature, 304, 618-620.
- Reynolds, R.C.Jr., 1985. NEWMOD® A Computer Program for the calculation of one-dimensional diffraction patterns of mixed-layered clays: R.C. Reynolds, Jr., 8 Brook Rd., Hanover, N.H.
- Robert, C., Goffé, B., 1993. Zeolitization of basalts in subaqueous freshwater settings: Field observations and experimental study. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57, 3597-3612.
- Robertson, A.H.F., 1994. Role of the tectonic facies concept in orogenic analysis and its application to Tethys in the Eastern Mediterranean region. Earth Science Reviews, 37, 139-213.
- Robertson, A.H.F., 2000. Mesozoic-Tertiary tectonic-sedimentary evolution of a south Tethyan oceanic basin and its margins in southern Turkey. E. Bozkurt, J.A. Winchester, J.D.A. Piper (eds.), Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area, Geological Society Special Publications, London, 173, 97-138.
- Robertson, A.H.F., Woodcock, N.H., 1981a. Alakırçay Group, Antalya Complex, SW Turkey: a deformed Mesozoic carbonat magrin. Sedimentary Geology, 30, 95-131.
- Robertson, A.H.F., Woodcock, N.H., 1981b. Gödene zone, Antalya Complex: volcanism and sedimentation along a Mesozoic continental margin, SW Turkey. Geologische Rundschau, 70, 517-562.
- Robertson, A.H.F., Woodcock N.H., 1982. Sedimentary of the south-western segment of the Mesozoic-Tertiary, Antalya continental margin, south-western Turkey. Eclogae Geologie Helvetia, 75, 517-562.
- Robertson, A.H.F., Woodcock, N.H., 1984. The SW segment of the Antalya Complex, Turkey as a Mesozoic-Tertiary Tethyan continental magrin, The geology Evolution of the Eastren Mediterranean, J.E. Dixon, A.H.F. Robertson (eds.), Geological

- Society Special Publications, 17, 251-272.
- Ross, M.L., Flohr, M.J.K., Ross, D.R., 1992. Crystalline solution series and order-disorder within the natrolite mineral group. *American Mineralogist*, 77, 685–703.
- Rouse, R. C., Peacor, D. R., Dunn, P.J., 1978. Hydroxyapophyllite, a new mineral, and a redefinition of the apophyllite group. II. Crystal structure. *American Mineralogist*, 63, 196-202.
- Saha, P., 1959. Geochemical and X-ray investigation of natural and syntetic analcimes. *American Mineralogist*, 44, 300-313.
- Schmid, R., 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, *Geology*, 9, 41-43.
- Speiss, F.N., Macdonald, K.C., Atwater, T., Ballard, R., Carranza, A., Cordoba, D., Cox, C., Diaz-Garcia, V.M., Francheteau, J., Guerrero, J., Hawkins, J., Haymon, R., Hessler, R., Juteau, T., Kastner, M., Larson, R., Luyendyk, B., Macdougall, J.D., Miller, S., Normark, W., Orcutt, J., Rangin, C., 1980. East Pasific Rise: Hot springs and geophysical experiments. *Science*, 207, 1421-1433.
- Streckeisen, A., 1978. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Recommendations and Suggestions. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen* 31, 1-14.
- Sudo, T., Shimoda, S., Yotsumoto, H., Aita, S., 1981. *Electron Micrographs of Clay Minerals, Developments in Sedimentology*, Elsevier, 203 pp.
- Şenel, M., 1997a. 1:100 000 ölçekli Türkiye jeoloji Haritaları, Antalya-M10-M11 paftaları, MTA, 6.
- Şenel, M., 1997b. 1:100 000 ölçekli Türkiye jeoloji Haritaları, Antalya-L10 paftası, MTA, 7.
- Şenel, M., 1997c. 1:100 000 ölçekli Türkiye jeoloji Haritaları, Antalya-L11 paftası, MTA, 8.
- Şenel, M., 1997d. 1:100 000 ölçekli Türkiye jeoloji Haritaları, Antalya-L12 paftası, MTA, 9.
- Varol, E., Tekin, U.K., Temel, A., 2007. Age and geochemistry of Middle to Late Carnian basalts from the Alakırçayır Nappe (Antalya Nappes, SW Turkey): Implications for the evolution of the southern branch of Neotethys. *Ofioliti*, 32, 163-176.
- Velde, B., Meunier, A., 2008. *The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 406 pp.
- Welton, J.E., 1984. *SEM Petrology Atlas*. The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, 237 pp.
- Yalçın, H., 1997. Eosen yaşlı denizaltı volkanizması ile ilişkili İç Kuzey Anadolu zeolit oluşumları, *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri*, 14, 43-56.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2002. Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası: Denizsuyu-kayaç etkileşimine bir örnek. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri*, 19, 81-98.

Ömer BOZKAYA

Cumhuriyet Üniversitesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
58140 Sivas

bozkaya@cumhuriyet.edu.tr

Kumarlar (Çanakkale) Pb-Zn cevherleşmesinin sıvı kapanım özellikleri

Fluid inclusion characteristics of Kumarlar (Çanakkale) Pb-Zn mineralization

Gülcan BOZKAYA¹ ve Şükrü ÇELİK²

¹ Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas

² Dedeman Madencilik, İstanbul

ÖZ

Biga Yarımadasının kuzey kesiminde değişik yerlerde gözlenen çok sayıda kurşun-çinko cevherleşmelerinden birisi olan Kumarlar kurşun-çinko cevherleşmesi, Oligo-Miyosen yaşlı piroklastik kayalar içerisinde K-G doğrultulu çatlaklar boyunca konumlanmıştır. Cevher damarlarında galenit ve sfaleritin ana mineraller, kuvars, pirit, kalkopirit, kovellin ve markazit gibi minerallerin ise tali miktarda bileşime katıldıkları görülmüştür. Sıvı kapanım incelemeleri sırasında sfalerit ve kuvars kristallerindeki birincil ve ikincil kapanımlarda; ilk erime (T_{FM}), son buz erime (T_{MICE}) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümleri yapılmış olup T_{FM} değerleri (-55.5 ile -52 °C aralığında) yardımıyla hidrotermal çözeltiler içinde NaCl, CaCl₂ ve MgCl₂ gibi tuzların bulunduğu işaret etmektedir. T_{ICE} değerlerinden itibaren tuzluluk değerleri; sfaleritlerin oluşumu sırasında % 15.8 (% NaCl eşdeğeri), kuvarsların oluşumu sırasında ise % 18.5 (% NaCl eşdeğeri), olduğu belirlenmiştir. Homojenleşme sıcaklığı değerleri, sfaleritlerin oluşumu sırasında çözeltilerin sıcaklıklarının 238.6 ile 263.5 °C aralığında, kuvarsların oluşumu sırasında ise 252.8 ile 281.4 °C aralığında olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kumarlar; Çanakkale; kurşun; çinko; sıvı kapanımı.

ABSTRACT

Kumarlar (Çanakkale) lead-zinc mineralization are typical examples of the lead-zinc deposits occurred in the Tertiary volcanic rocks outcropped in the Biga Peninsula, and are being mined for lead-zinc production. Volcanic rocks around the investigated deposits are Oligo-Miocene Adadağı pyroclastics (tuffs and agglomerates with trachytic, latitic, dacitic and rhyolitic compositions and rarely andesitic and dacitic lavas). The investigated deposits hosted by Adadağı pyroclastics and show ore veins along the fault zones in the tuffs. Galena and sphalerite are the main minerals and accompanied by minor amounts of pyrite, chalcopyrite, fahlerz (tennantite), marcasite, chalcocite, covellite, bornite, tenorite and quartz. T_{FM} , T_{MICE} and T_H values measured during fluid inclusion studies indicate the presence of CaCl₂ and MgCl₂ types of salts in the mineralizing hydrothermal solutions, salinity of the hydrothermal solutions is 15.8 (% NaCl eqv.) during sphalerite crystallisation in the early episode of mineralization, while % 18.5 (% NaCl eqv.) decreased during the quartz crystallisation later episode of mineralization. Homogenization temperature show that sulfide minerals formed in a temperature range of 238.6 ile 263.5 °C and quartz minerals formed in a temperature range of 252.8 ile 281.4 °C.

Keywords: Kumarlar; Çanakkale; lead; zinc; fluid inclusion.

GİRİŞ

Cevher ve gang mineralleri üzerinde gerçekleştirilen sıvı kapanım incelemeleri, sıcak ve soğuk sulu çözeltilerden itibaren oluşmuş minerallerin ve/veya cevherleşmelerin oluşum koşullarının ve kökenlerinin araştırılmasında oldukça yararlı bilgiler ortaya koymaktadırlar (Örn: Roedder, 1965,1984,1988; Roedder and Bodnar, 1997). Biga yarımadasındaki değişik yan kayaç ve oluşum yaşına sahip kurşun-çinko yataklarında yapılan sıvı kapanım incelemeleri, ilgili yatakların köken ve oluşumlarının aydınlatılmasına yönelik önemli bilgiler sağlamıştır (Bozkaya (2001) ve Bozkaya ve Gökçe (2001), Bozkaya et all. (2007, 2008), Bozkaya (2009), Bozkaya and Gökçe (2009), Çelik (2009). İnceleme alanındaki yataklara benzer litolojiye sahip Kuru ve Balcılar yöresindeki baritli kurşun-çinko yataklarına ait sıvı kapanımı verilerine göre (Bozkaya, 2001; Bozkaya ve Gökçe, 2001; Bozkaya, 2009), hidrotermal çözeltilerin sıcaklık ve tuzluluk değerleri Kuru için 14.6 %NaCl ve 153.1°C iken Balcılar da 21.1 %NaCl ve 180.2 °C ölçülmüş olup Kumarlarda elde edilen verilerle karşılaştırılacaktır.

İncelemenin konusunu oluşturan Kumarlar kurşun-çinko cevherleşmesi Biga Yarımadasının kuzey kesiminde gözlenen çok sayıda kurşun-çinko cevherleşmesinden birisidir (Şekil 1). Yatakların bulunduğu bölgede, maden jeolojisi amaçlı ilk çalışma Gjelsvik (1936) tarafından yapılmış olup; daha sonraki yıllarda sırasıyla Dinçer (1958), Tolun ve Baykal (1960), Alpan (1968) Yanagiya ve Sato (1989) ile, Andiç ve Kayhan (1997) gibi araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, prospeksiyon ve rezerv hesaplamalarına yönelik çalışmalar şeklinde olup, cevherleşmenin jeolojik özellikleri ve oluşum koşulları hakkında sınırlı bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmada, yöredeki cevherleşmelerin yataklanma şekilleri, cevher-yan kayaç ilişkileri, mineralojik bileşimleri, yapısal ve dokusal özellikleri gibi temel özelliklerine ek olarak, sfaleritin yanı sıra kuvars kristalleri içerisindeki sıvı kapanım çalışmaları ile yatakların oluşum koşulları ve kökenleri aydınlatılması amaçlanmıştır.

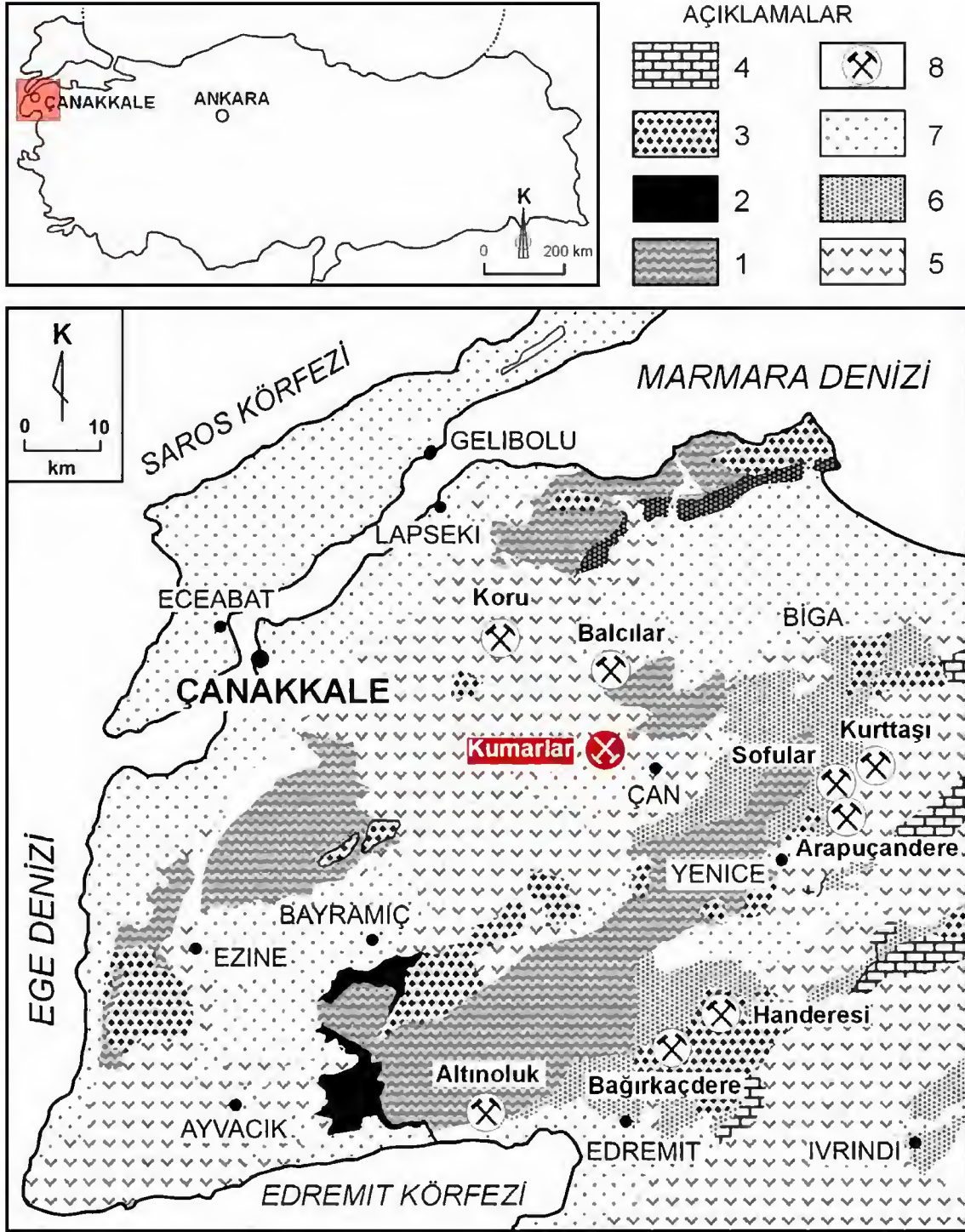
STRATİGRAFI VE LİTOLOJİ

İnceleme alanının içinde bulunduğu Biga yarımadası değişik yaş ve litolojilere sahip metamorfik, plütonik, volkanik, volkano-sedimenter ve sedimenter kayalardan oluşmaktadır (Ercan ve diğ., 1995; Ercan ve Türkecan, 1984; Holmes, 1966; Kopp, 1964; Okay ve diğ., 1990; Önem, 1974; Sfondrini, 1961; Siyako ve diğ., 1989; Ünal, 1986; Yanagiya ve Sato, 1989).

İnceleme alanı yakın çevresinde yalnızca sadece Oligo-Miyosen yaşlı piroklastik kayalar yüzeylenmektedir (Şekil 1). Bu kayalar, Bozkaya (2001) ve Bozkaya ve Gökçe (2001, 2003) tarafından inceleme alanının kuzeybatısında yer alan kurşun-çinko yataklarında yapılan çalışmalara bağlı olarak Adadağı piroklastikleri olarak adlandırılmıştır.

Adadağı piroklastikleri başlıca camsı ve litik kül tuf ve aglomeralardan meydana gelmektedir. Tüfler beyaz, sarı, bordo ve koyu griden koyu yeşile kadar değişen renklerde gözlenmektedir. Tüfler aglomeralarla ardalanmalı olduğu seviyelerde, aşınma farklılıkları nedeniyle daha belirgin tabakalı bir görünüm sergilemektedir (Şekil 2a). Alt seviyeleri temsil eden kesimlerde ortaya çıkan andezitik ve dasitik bileşimli volkanik kayaç arakatıkları ise grimsi - yeşil renklidir. Aglomeralar silisce zengin tuf hamuru içerisinde çapı 15 cm'ye kadar ulaşan bomba ve blok görünümlü dasitik ve riyolitik bileşimli lav ve pomza bileşenleri içermektedir. Tüflerle gerek arakatıklar şeklinde, gerekse en üst seviyelere karşılık gelen kesimlerde silisce zengin zonlar da yer almaktadır. Aglomeraların yanı sıra, silisce zengin (riyolitik) seviyelerde köşeli bileşenlerden oluşan piroklastik breşler de gözlenmektedir (Şekil 2b). Pb-Zn cevherleşmelerinin bulunduğu kesimlerde tüflerde serizitleşme, silisleşme ve kaolinleşme türü alterasyonlar yaygındır.

İnce kesit incelemelerinde tüfler trakit - andezit ile riyolit - dasit arasında olmak üzere geniş bir bileşim aralığına sahip olup, Schmid (1981) sınıflamasına göre başlıca litik kül tuf, ender olarak da camsı kül tuf olarak adlandırılmıştır.

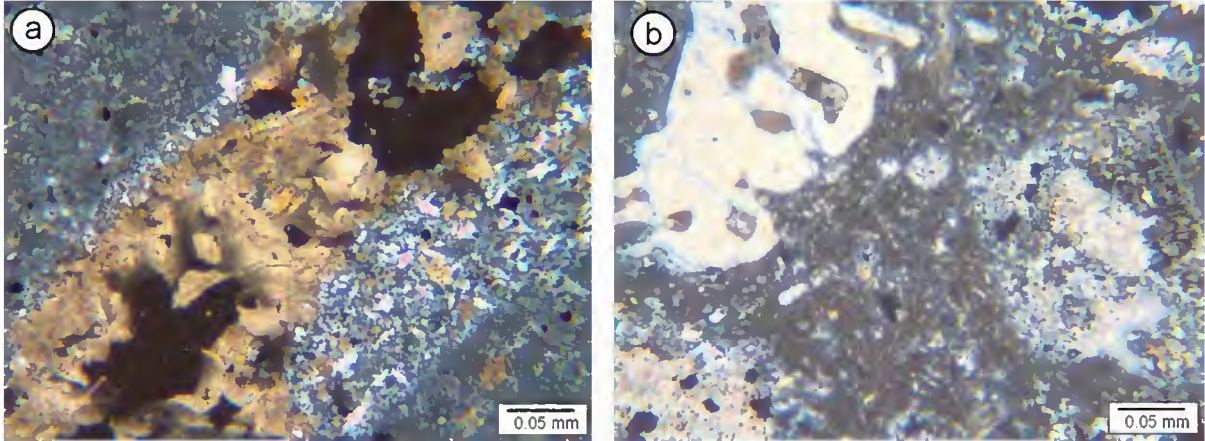


Litik kül tüfler başlıca volkanik kayaç parçacıkları (Şekil 3a), daha az da volkanik cam kıymıkları ve pomza ile plajiyoklaz, sanidin, kuvars, biyotit, ender amfibol pseudomorfları içermektedirler. Tüflerde piroklastik bileşenin yanı sıra epiklastik bazaltik andezitik ve granitik kayaç parçacıkları da yer almaktadır. Plajiyoklazlarda silisleşme, serizitleşme ve karbonatlaşma, sanidinlerde serizitleş-

me, biyotit ve hornblendlerde opaklaşma ve kloritleşme gözlenen genel bozunma türlerini oluşturmaktadır (Şekil 3b). Silisleşmenin az veya gözlenmediği riyalitik bileşimli tüflerde özşekilli - yarı özşekilli veya kemirilmiş dokuya sahip kuvarlar ile serizitlemiş sanidin fenokristalleri tipiktir.



Şekil 2. Adadağı piroklastiklerine ait litolojilerin görünümleri. a) Tabakalı tüfler, b) Aglomeralar.
Figure 2. Lithologic aspects form Adadağı pyroclastics. a) Bedded tuffs, b) Agglomerates.



Şekil 3. Adadağı piroklastiklerinden alınan örneklere ait petrografik görünüm: Karbonatlaşmış plajiyoklazlar (a), Litik k l tüflerde gözlenen kemirilmiş kuvars ve volkanik kayaç parçacıkları (b).
Figure 3. Petrographic characteristics of Adadağı pyroclastics: Carbonatized plagioclases (a), Corroded quartz and volcanic rock fragments within lithic ash tuffs (b).

Silisce zengin piroklastik kayalar cevherleşme zonu dışındaki alanlarda da yer almakla birlikte, cevherleşme zonu ve yakın kesimdeki tüflerde daha da artmaktadır. Cevherleşme zonundaki tüflerin gerek hamuru gerekse fenokristalleri aşırı silisli bir görünüm sunmaktadır. Bazı kayalarda ışınal silisleşmeye uğramış hamur içerisindeki plajiyoklaz fenokristalleri tümüyle kuvars kristalleri ile doldurulmuştur. Işınal olarak gelişen silisleşmiş ve killeşmiş volkan camının gözenek ve çatlaklarında gelişen iri kristalli kuvarlar daha sonraki bir evreyi temsil etmektedir.

Adadağı Piroklastikleri inceleme alanı dışında değişik yerlerde yapılmış çalışmalarda; ilk olarak Krushensky (1976) tarafından Hallaçlar formasyonu olarak tanımlanmış ve Oligosen yaşı verilmiştir. Sümengen ve diğ.'nin (1987) "Hisarlıdağ Volkaniti" olarak adlandırdıkları volkanitlerde yapılan radyometrik yaş ölçümü Alt Oligosen yaşını vermiştir. Siyako ve diğ. (1989) 'Doyran Volkanitleri' olarak adlandırdıkları birimin yaşını Alt Miyosen olarak kabul etmişlerdir. Ercan ve diğ. (1995) tarafından "Çan Volkanitleri" olarak adlanan birimde yapılan radyometrik yaş ölçümleri sonucunda volkanitlerin Alt Oligosen sonlarından itibaren etkin olduğu saptanmıştır.

Birim içerisinde yaş verebilecek fosil belirlenememeye birlikte önceki araştırmacılarca verilen Oligosen yaşı bu çalışmada da benimsenmiştir.

MADEN JEOLJİSİ

İnceleme alanı içerisindeki cevherleşmeler Kumarlar Köyü'nün yaklaşık 5 km KB'sında gözlenmektedir (Şekil 4). Cevherleşmeler eski yıllarda açılmış bir arama ve/veya işletme galerisinin girişinde gözlenmekte olup KG/65 B konumlu ve 10 cm kadar kalınlığı olan bir damardır (Şekil 5a). Damarların konumu ile tüflerde ölçülen egemen çatlak konumları arasında uyumluluk söz konusu olup damarlar tüflerin KG doğrultulu çatlakları boyunca konumlanmıştır (Şekil 5b). Damarların kalınlıkları 2-10 cm arasında değişmektedir. Makroskopik olarak cevher damarlarında galenit hakim (% 95 kadar) olup az miktarda kuvars (% 5 kadar) izlenmektedir.

Mineralojik Bileşim ve Dokusal Özellikler

Cevher örneklerinden hazırlanmış incekesit ve parlatma bloklarından galenit ve sfaleritin hakim mineraller oldukları; kuvars, pirit, kalkopirit, kovellin ve markazit gibi minerallerin ise az miktarda bileşime katıldıkları görülmüştür. Bu minerallerden galenit, sfalerit, kalkopirit, pirit, fahlerz, markazit ve kovellin gibi cevher mineralleri erken evreyi temsil ederlerken, kuvarlar boşluklarda ikinci bir evrede oluşmuşlardır (Şekil 6.a).

Galenitler yaygın olarak özşekilsiz kristaller halinde olup; iki farklı evrede oluşmuşlardır. Erken evre galenitleri sfaleritlerle kuşatılmış ve kemirilmiş olarak gözlenirken, geç evre galenitler sfaleritleri kapanımlar şeklinde içermektedirler. Galenitlerin yankayaçla sınırlarında serüzit-anglezit ve kovellin oluşumları gözlenmektedir (Şekil 6.b). Yer yer gang tarafından kuşatılmışlardır.

Sfalerit kristallerinin sınırları boyunca, kılcal damarlar ve saçınımlar halinde kalkopirit oluşumları gözlenmektedir (Şekil 6.c).

Kalkopiritler; özşekilsiz kristaller şeklinde ya sfalerit kristallerinin sınırları boyunca oluşmuş kılcal damarlar halinde ya da galenitlerle gang minerallerinin sınırında gözlenmektedir. Galenitle olan sınırları boyunca tenöritle birlikte görülmektedir. Kalkopirit ve fahlerz (tennantit veya freiberjit) beraberliği kesitlerde yaygın olarak görülmekte ve kalkopiritlerin çoğunda kırık ve çatlaklarından itibaren tennantit oluşumları gözlenmektedir (Şekil 6.d). Gang ve galenitle olan sınırı boyunca kovellin oluşumları da sıkça görülmektedir.

Piritler öz şekilli ve yarı özşekilli olarak genellikle yan kayaç içinde saçınımlar şeklinde gözlenmektedir. Yer yer kırık ve çatlaklarından itibaren markazite dönüşmüşlerdir.

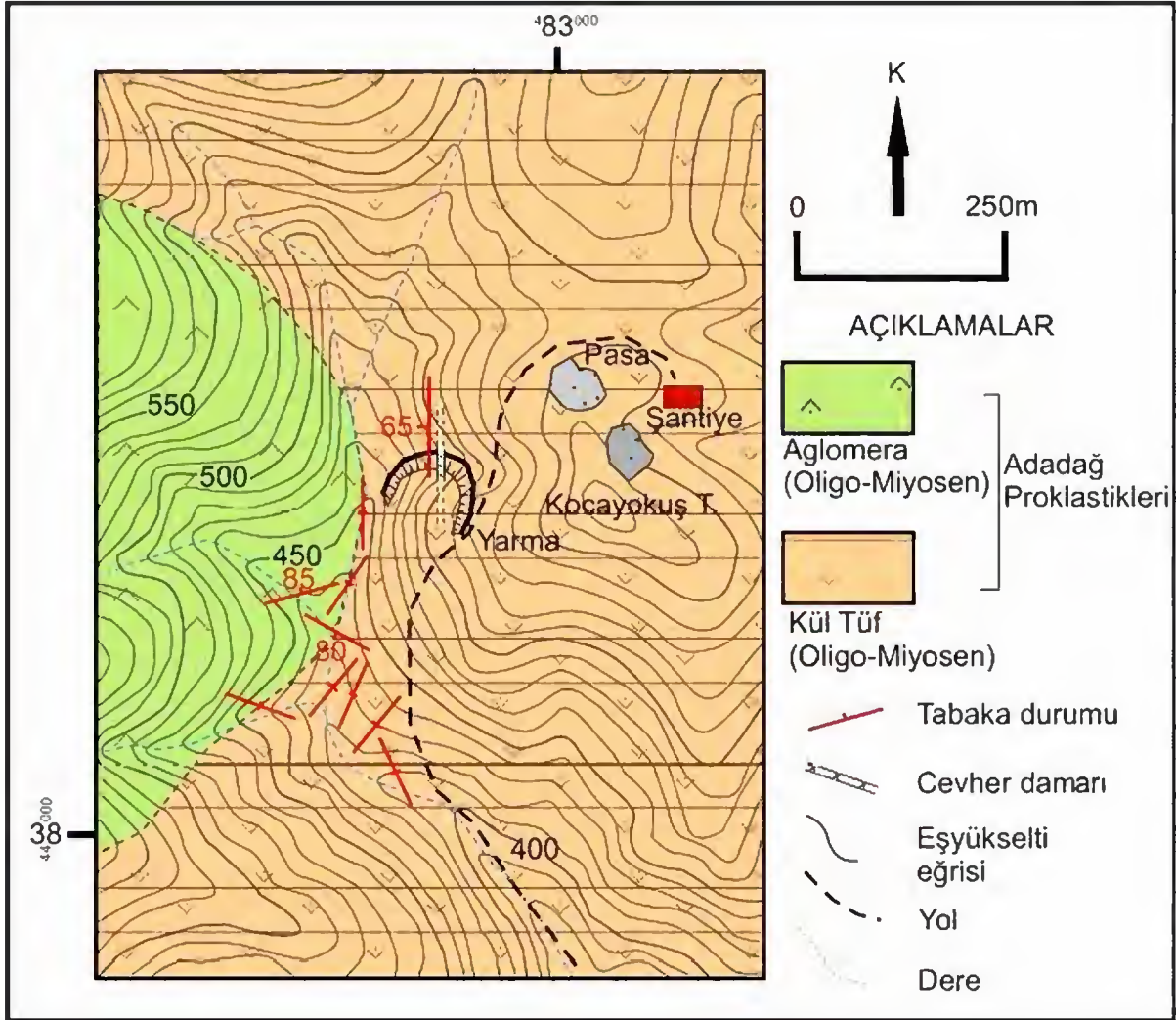
SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Örnek Seçimi ve Yöntem

Kumarlar cevherleşmesini temsil edecek şekilde alınmış dokuz adet örnek seçilerek iki yüzü parlatılmış ince kesitleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu kesitlerin ancak dördündeki kuvars ve sfalerit

kristallerinde çok sayıda ve değişik boyutlarda sıvı kapanımları gözlenmiş olup, diğer kesitlerdeki kristallerde ise çok az sayıda ve ölçüm yapılamıyacak kadar küçük boyutlu sıvı kapanımları gözlenmiştir. Sıvı kapanım incelemeleri C.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü'nde bulunan ve NIKON Labophot-Pol tipi polarizan

araştırma mikroskobuna monte edilmiş LINKAM THMS-600 ve TMS 92 tipi soğutma ve ısıtma sistemleri ile yapılmış olup, örneklerde ilk erime (T_{FM}), son erime (T_{ICE}) ve homojenleşme (T_H) sıcaklığı ölçümleri belirlenmiştir. Her üç ölçümde de hata payı ± 0.5 °C'den daha azdır.



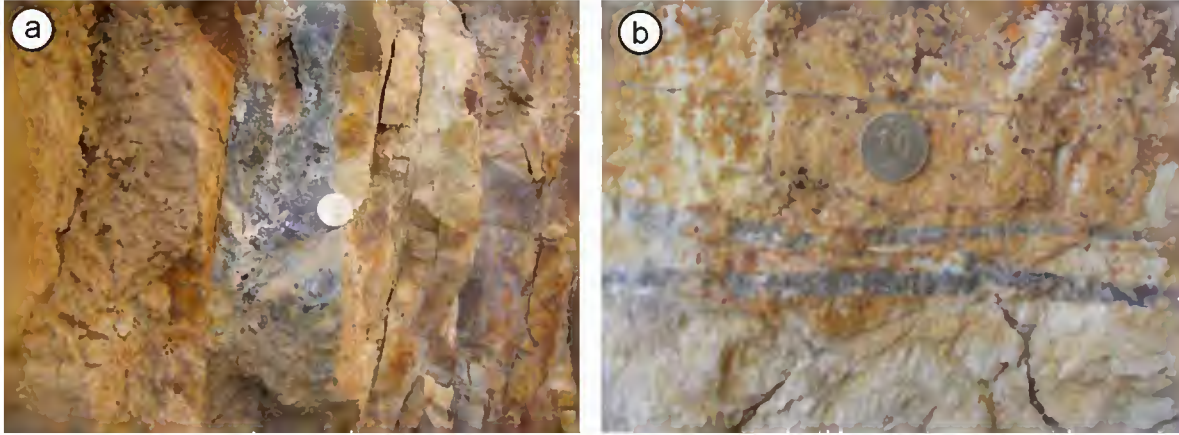
Şekil 4. Cevherleşmenin gözleendiği yarma ve çevresinin jeoloji haritası.

Figure 4. Geologic map of Pb-Zn veins and surrounding area.

Kapanımların Morfolojik Özellikleri

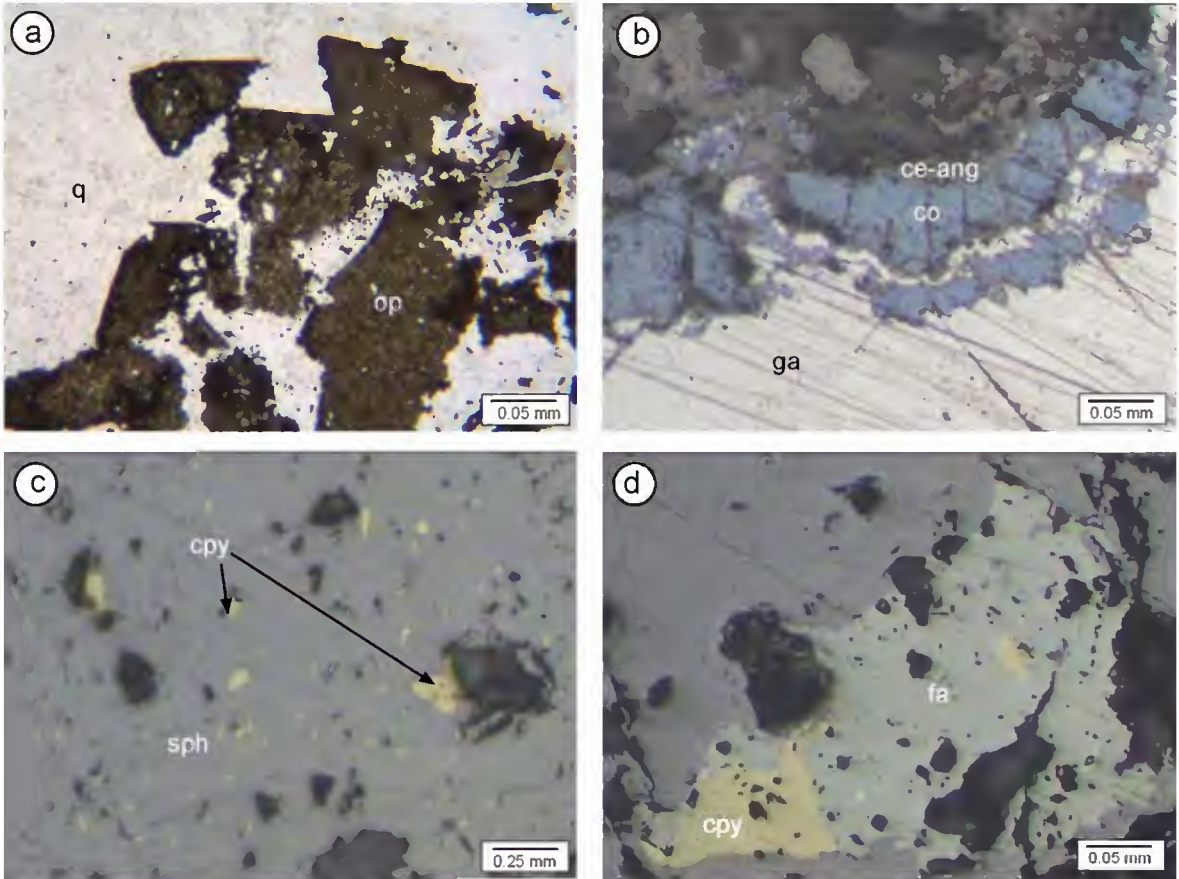
Kuars ve sfalerit kristalleri içindeki sıvı kapanımları birincil ve ikincil kapanımlar şeklinde ayrılmıştır (Şekil 7). Sfaleritler içindeki kapanımlar genellikle düzensiz dış şekilli olup iki fazlıdır (L+V) (Şekil 7.a ve b). Kuars kristalleri içindeki sıvı kapanımları, değişik boyutlarda (10 - 10 μ m),

değişik dış şekilli ve iki fazlı (L+V) kapanımlar şeklinde olup; sıvı faz kapanımların %80-95'ini, gaz faz ise %5-20'sini oluşturmaktadır. Birincil kapanımlar daha yaygın olup, kuars kristalleri içinde düzensiz olarak dağılmışlardır (Şekil 7.c). İkincil kapanımlar ise kuars kristallerini kesen çatlaklar boyunca dizilmiş olarak gözlenmektedirler (Şekil 7.d) .



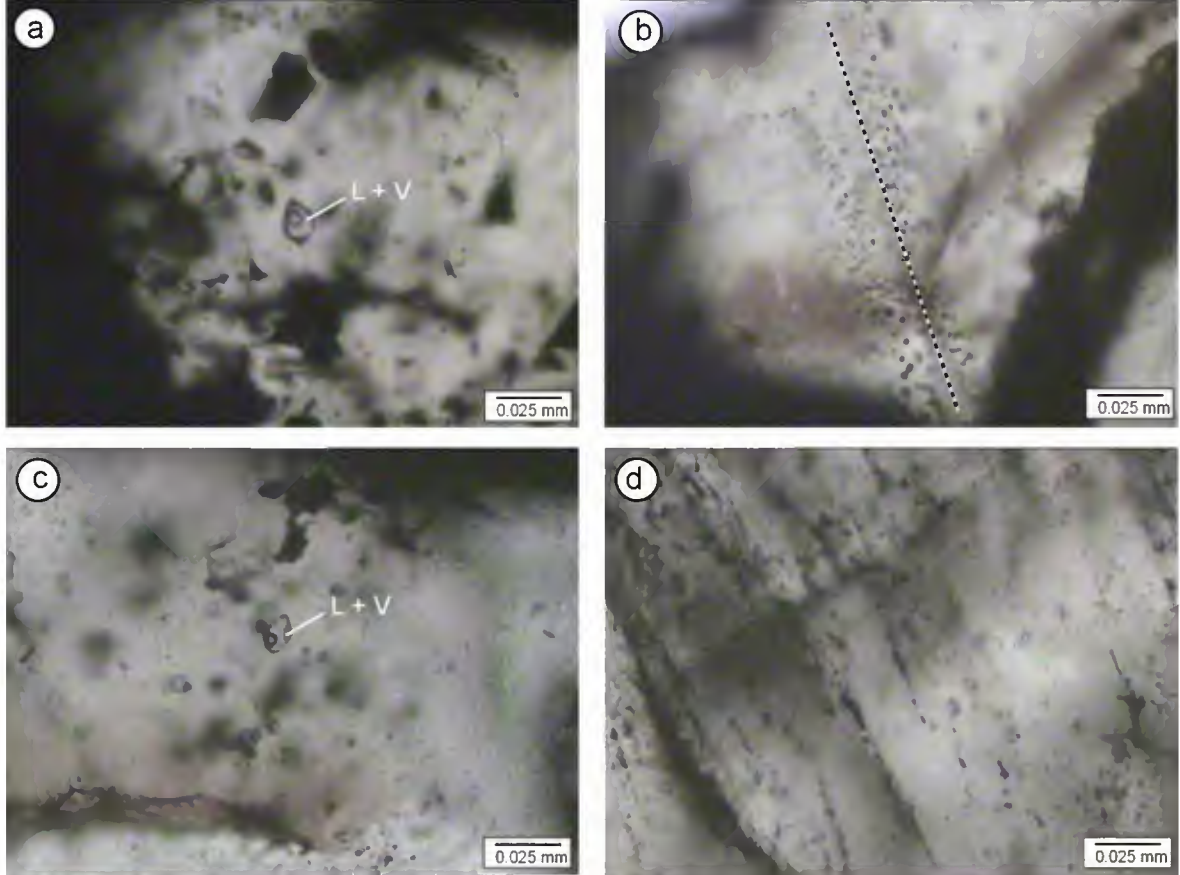
Şekil 5. Bozmuş tüflerin çatlakları boyunca a) düşey (10 cm) ve b) yatay (2 cm) cevher damarları.

Figure 5. a) Vertical (10 cm) and b) horizontal (2 cm) ore veins along fissures of altered tuffs.



Şekil 6. Cevherleşmelerden derlenmiş örneklerin mikroskopik özellikleri (6a: İncekesit, ÇN, diğerleri; parlatma, TN) (a) öz şekilli-yarı özşekilli opak mineraller (op) ve aralarını dolduran kuvars (q) kristalleri (b) Galenitlerin (ga) kenarlarından itibaren serüzit-anglesit (ce-ang) ve kovellin (co) oluşumları (c) Sfalerit kristalleri içerisindeki kalkopiritler (d) Kalkopirit (cpy) içinde gözlenen fahlerz (fa) .

Figure 6. Ore microscopic characteristics of the ore samples; (6a; thin section, CN, all others; polished block, ON) (a) Euhedral and subhedral opaque minerals (op) and later episodic gangue minerals (q), (b) Cerrusite-anglesite (ce-ang) and covellite (co) occurrences along the fissures within the galena (ga), (c) Chalcopyrites (cpy) occurred along the border of the sphalerite (sph) crystals, (d) Fahlore (fa) occurred within the chalcopyrite (cpy)



Şekil 7. Sıvı kapanımlardan görünüm: (Mikrofoto, tek nikol): Sfalerit minerali içerisinde gözlenen birincil kapanımlar (a), Sfalerit minerali içerisinde gözlenen ikincil kapanımlar; (b), Kuvars kristalleri içerisinde gözlenen birincil kapanımlar (c), Kuvars kristalleri içindeki çatlaklar boyunca gelişmiş ikincil kapanımlar (d).
Figure 7. Aspect of fluid inclusions: (Microphoto, open nicol): Primary inclusion within the sphalerite crystal (a), Secondary inclusion within the sphalerite crystal (b), Primary inclusion within the quartz crystal (c), Secondary inclusion occurred along the fissures within the quartz crystal (d).

Cevherleşmede gözlenen dokusal özellikler ile aşağıda açıklanacak incelemelerin sonuçları birlikte değerlendirilerek; sfaleritler içindeki birincil kapanımların sülfürlü mineralleri oluşturan hidrotermal çözeltileri, kuvars kristalleri içindeki kapanımların ise sülfürlü minerallerin oluşumundan daha sonraki evrede ortamda etkili olmuş hidrotermal çözeltileri temsil ettikleri kabul edilmiştir.

İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})

Her iki kapanım türünde de $-55.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişen T_{FM} değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu sıcaklık değerleri, çeşitli su-tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldıklarında, çözelti içinde NaCl, CaCl_2

ve MgCl_2 gibi tuzların bulunduğu işaret etmektedir ($\text{H}_2\text{O} - \text{NaCl} - \text{CaCl}_2$ sistemi için ötektik sıcaklık; -55.0 veya $-52.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{H}_2\text{O} - \text{MgCl}_2 - \text{CaCl}_2$ sistemi için ötektik sıcaklık; $-52.2\text{ }^{\circ}\text{C}$; Shepherd ve diğ.'den, 1985). Çözelti içinde CaCl_2 ve MgCl_2 gibi tuzların bulunması hidrotermal çözeltilerin doğrudan veya dolaylı olarak deniz suyu ile ilişkili olduklarına veya denizel çökeller içinde sirkülasyon yaptıklarına işaret sayılabilir.

Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{m_{ICE}}$)

Sfaleritlerdeki birincil kapanımlarda ölçülen T_{ICE} değerleri -11.8 ile $-6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında ikincil kapanımlarda ise -7.5 ile $-5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişmekte olup, belirtilen sınır değerleri için

tuzluluklarının (% NaCl eşdeğeri) Bodnar (1993)'e göre birincil kapanımlarda % 15.8 ile % 9.5 aralığında (n=35); ikincil kapanımlarda ise %11.1 ile 9.1 değiştiği belirlenmiştir (Şekil 8).

T_{ICE} değerleri, kuvars kristalleri içindeki birincil kapanımlarda -13.4°C ile -9.8°C arasında, ikincil kapanımlarda ise; -28.1°C ile -9.7°C arasında değişmektedir. Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla belirtilen sınır değerleri için tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerleri hesaplanmış olup birincil kapanımlarda tuzluluğun % 10.11 ile 18.47 aralığında (n =37), ikincil kapanımlarda ise; % 10.86 ile 13.83 aralığında (Ort = % 10.86, n = 2) değiştiği belirlenmiştir (Şekil 9).

Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)

Sfaleritlerdeki birincil kapanımlara ait T_H değerleri 238.6 ile 263.5 $^{\circ}\text{C}$ (n= 43, Ort.= 257.9 $^{\circ}\text{C}$) arasında değişirken, ikincil kapanımlarda ise 269.7 ile 304.7 $^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (n= 6, Ort.= 281.9 $^{\circ}\text{C}$) (Şekil 10).

Kuvars kristalleri içindeki birincil kapanımlarda ölçülen T_H değerleri 252.8 ile 281.4 $^{\circ}\text{C}$ (n= 109, Ort.= 259.3 $^{\circ}\text{C}$) arasında değişirken ikincil kapanımlarda ise 204.7 ile 269.5 $^{\circ}\text{C}$ (n= 5, Ort.= 242.5 $^{\circ}\text{C}$) arasındadır (Şekil 11).

Homojenleşme sıcaklığı değerleri, mineral oluşturuvcu hidrotermal çözeltilerin ve/veya minerallerin oluşum sıcaklığı hakkında bilgi vermekte olup, ölçülen değerlerden; sfaleritlerin oluşumu sırasında çözeltilerin sıcaklıklarının 238.6 ile 263.5 $^{\circ}\text{C}$ aralığında, kuvarsların oluşumu sırasında ise 252.8 ile 281.4 $^{\circ}\text{C}$ aralığında olduğu anlaşılmaktadır.

SONUÇLAR

Kumarlar kurşun-çinko cevherleşmesi, Biga Yarımadasının kuzey kesiminde değişik yerlerde gözlenen çok sayıdaki kurşun-çinko cevherleşmelerinden birisi olup, günümüzde işletilmemektedir.

Cevherleşmelerin yakın çevresinde Oligo-Miyosen yaşlı piroklastik kayalar yüzeylenmekte olup; cevher damarları tüflerin KG doğrultulu çatlakları

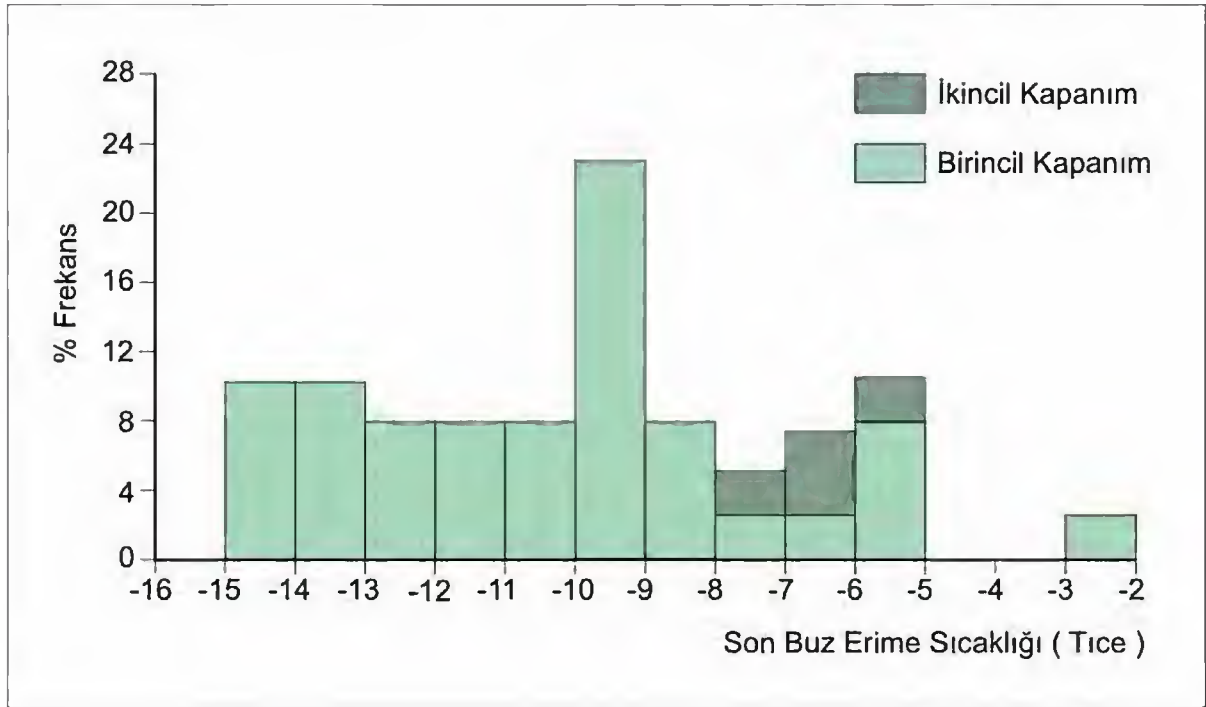
boyunca konumlanmıştır. Damar kalınlıkları 2-10 cm arasında değişmektedir. Makroskopik olarak cevher damarlarında galenit hakim (~ % 95) olup az miktarda kuvars (~ % 5) izlenmektedir.

Cevher örneklerinden hazırlanmış incekesit ve parlatma bloklarından galenit ve sfaleritin hakim mineraller oldukları; kuvars, pirit, kalkopirit, kovellin ve markazit gibi minerallerin ise az miktarda bileşime katıldıkları görülmüştür. Bu minerallerden galenit, sfalerit, kalkopirit, pirit, fahlerz, markazit ve kovellin gibi cevher mineralleri erken evreyi temsil etmektedirler. Kuvarslar ise boşluklarda ikinci bir evrede oluşmuşlardır.

Sıvı kapanım incelemeleri sırasında sfalerit ve kuvars kristallerindeki birincil ve ikincil kapanımlarda; ilk erime (T_{FM}), son buz erime (T_{MICE}) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümleri yapılmış olup T_{FM} değerleri (-55.5 ile -52 $^{\circ}\text{C}$ aralığında) yardımıyla hidrotermal çözeltiler içinde NaCl, CaCl_2 ve MgCl_2 gibi tuzların bulunduğu işaret etmektedir.

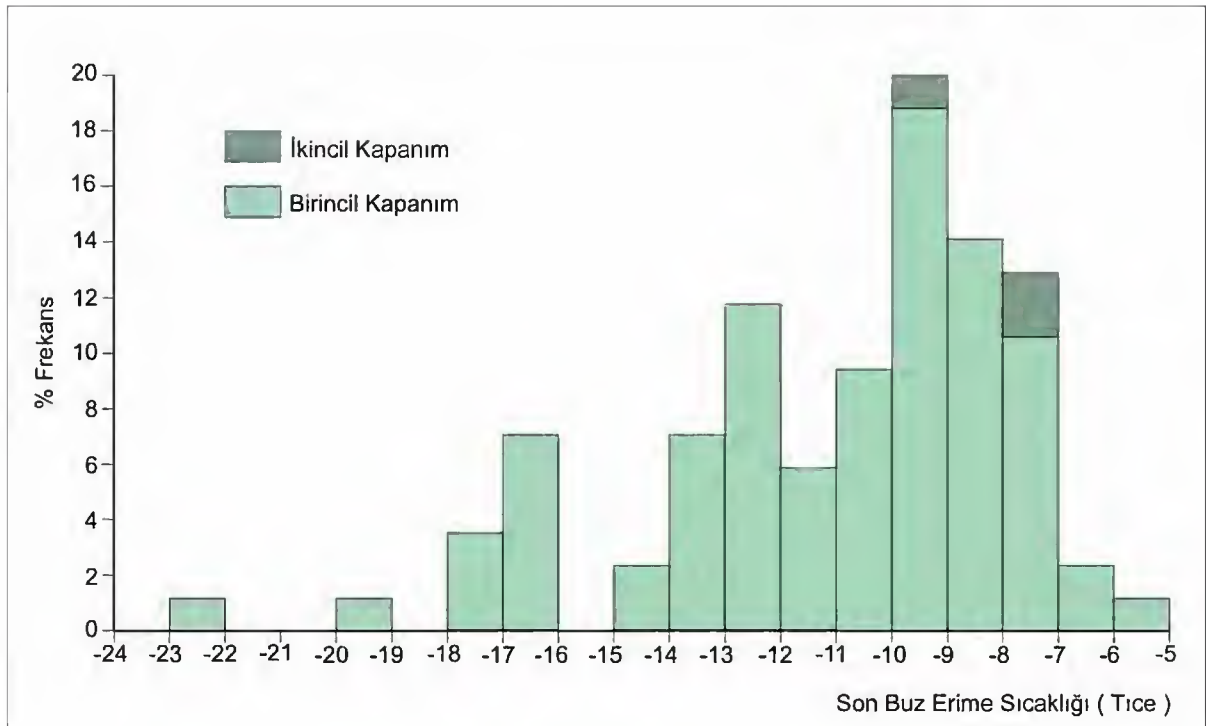
T_{ICE} değerleri; sfaleritlerdeki birincil kapanımlarda -11.8 ile -6.2°C arasında ikincil kapanımlarda ise -7.5 ile -5.9 $^{\circ}\text{C}$ arasında değişmekte olup, belirtilen sınır değerleri için tuzluluklarının (% NaCl eşdeğeri) Bodnar (1993)'e göre birincil kapanımlarda % 15.8 ile % 9.5 aralığında (n=35); ikincil kapanımlarda ise %11.1 ile 9.1 değiştiği belirlenmiştir. Kuvars kristalleri içindeki birincil kapanımlarda -13.4°C ile -9.8°C arasında, ikincil kapanımlarda ise; -28.1°C ile -9.7°C arasında değişmektedir. Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla belirtilen sınır değerleri için tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerleri hesaplanmış olup birincil kapanımlarda tuzluluğun % 10.11 ile 18.47 aralığında, ikincil kapanımlarda ise; % 10.86 ile 13.83 aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Homojenleşme sıcaklığı değerleri, mineral oluşturuvcu hidrotermal çözeltilerin ve/veya minerallerin oluşum sıcaklığı hakkında bilgi vermekte olup, ölçülen değerlerden; sfaleritlerin oluşumu sırasında çözeltilerin sıcaklıklarının 238.6 ile 263.5 $^{\circ}\text{C}$ aralığında, kuvarsların oluşumu sırasında ise 252.8 ile 281.4 $^{\circ}\text{C}$ aralığında olduğu anlaşılmaktadır.



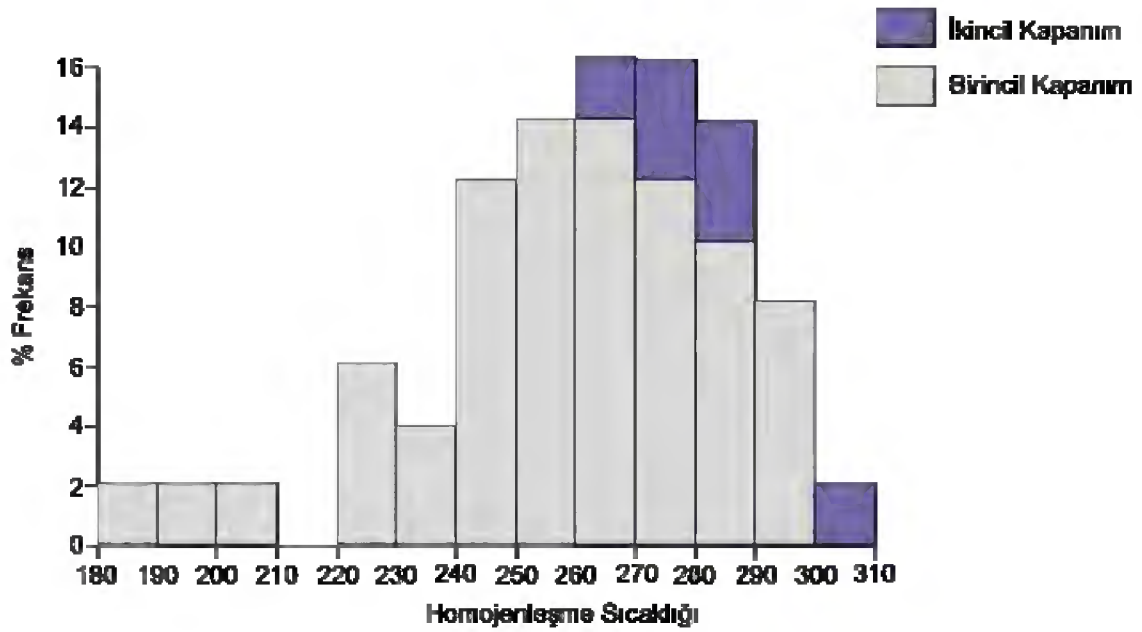
Şekil 8. Sfaleritlerde birincil ve ikincil kapanımlara ait son buz erime sıcaklığı (Tice) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği

Figure 8. Histogram of last ice melting (Tice) of primary and secondary inclusions in sphalerite.



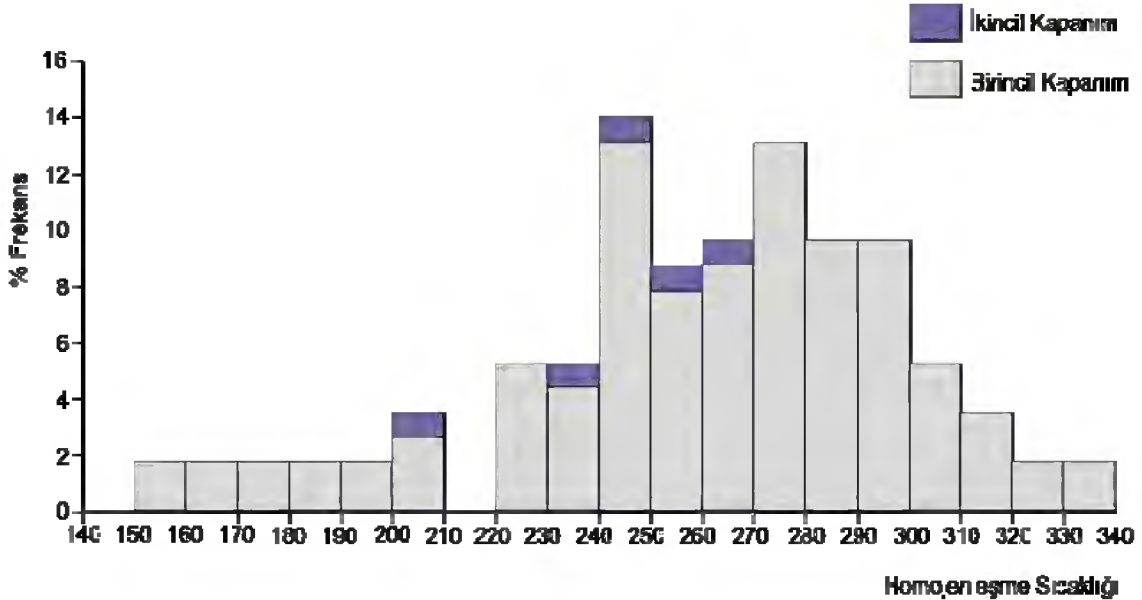
Şekil 9. Kuvarlarda birincil ve ikincil kapanımlara ait son buz erime sıcaklığı (Tice) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

Figure 9. Histogram of last ice melting (Tice) of primary and secondary inclusions in quartz.



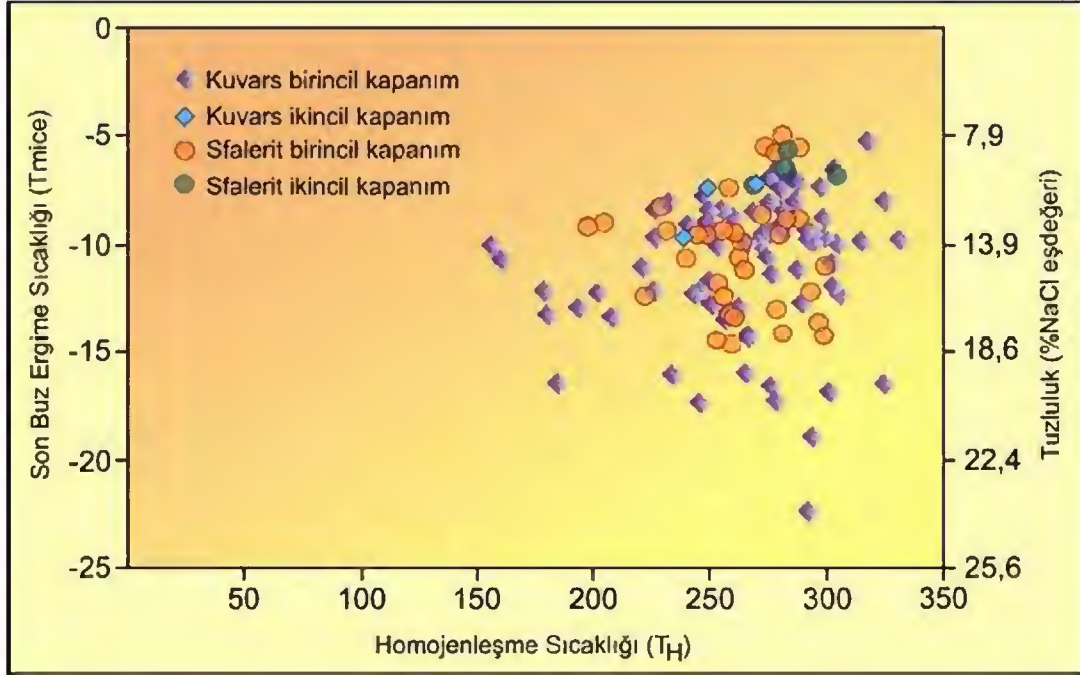
Şekil 10. Sfaleritlerdeki birincil ve ikincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

Figure 10. Homogenization temperatures (T_H) values measured during primary and secondary inclusions in sphalerite.



Şekil 11. Kuvarlardaki birincil ve ikincil kapanımlarda homojenleşme sıcaklığı (T_H) değerlerinin istatistiksel dağılım grafiği.

Figure 11. Homogenization temperatures (T_H) values measured during primary and secondary inclusions in quartz.



Şekil 12. Kumarlar sahasına ait örneklerin tuzluluk-homojenleşme diyagramındaki dağılımı.

Figure 12. Plot of homogenization temperature vs. salinity in the Kumarlar mineralization.

Sonuç olarak yöredeki cevherleşmelerin; fay zonları boyunca oluşmuş damar tipi olduğu, cevher minerali olarak galenit ve sfalerit, pirit, kalkopirit, kovellin ve markazit gang minerali olarak ise kuvars içerdikleri belirlenmiştir. Tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı ilişkisi birlikte değerlendirildiğinde; sülfürlü minerallerin oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin tuzluluğunun ve sıcaklıklarının düşük, sülfürlü minerallerin oluşumundan daha sonraki bir evrede oluşan kuvarsların ise orta sıcaklık ve tuzluluk değerlerine sahip hidrotermal çözeltilerce oluşturuldukları belirlenmiştir (Şekil 12). Elde edilen sıvı kapanım verilerinin yakın çevredeki Kuru ve Balcılar yatakları ile benzer olduğu görülmüştür.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma; Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyon Başkanlığı tarafından M-321 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar arazi çalışmaları ve petrografik tanımlamalardaki katkılarından dolayı Prof.Dr. Ömer BOZKAYA'ya, laboratuvar çalışmalarındaki katkılarından dolayı Kimya Yük.

Müh. Fatma YALÇIN'a ve Ufuk KUŞ'a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Alpan, T., 1968. Kuru-Balcılar (Çanakkale) köyleri civarının jeoloji etüdü. M.T.A. Raporu, No: 6840, 28 s.
- Andiç, T. ve Kayhan, F., 1997. Çanakkale-Lapseki yöresinin genel jeokimyasal etüt raporu. M.T.A. Raporu, No: 10059.
- Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. Geochim. Cosmochim. Acta, 57, 683-684.
- Bozkaya, G., 2001. Kuru (ÇANAKKALE) Baritli Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojisi. Doktora Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi.
- Bozkaya, G. ve Gökçe, A., 2001. Kuru (Çanakkale) Pb-Zn yataklarının jeolojisi, cevher mikroskopisi ve sıvı kapanım özellikleri. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri. 18,1.55-70.
- Bozkaya, G. ve Gökçe, A., 2003. Kuru (Çanakkale) Kurşun-Çinko Yataklarının

- Jeolojisi, Cevher Mikroskopisi ve Sıvı Kapanım İncelemeleri", 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, 92-93.
- Bozkaya, G. ve A. Gökçe, 2007. Balcılar (Lapseki-Çanakkale) yöresindeki galenit-barit damarlarında sıvı kapanımı ve izotop jeokimyası incelemeleri, 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, 188-190.
- Bozkaya, G., A. Gökçe, ve N.V. Grassineau, N.V., 2007. Fluid-inclusion and stable isotope characteristics of the Arapuçandere (Karaköy-Yenice-Çanakkale) Pb-Zn-Cu deposits, Biga Peninsula, NW Turkey, European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI-XIX), University of Bern, Switzerland, 17-20 July. Abstract volume, p.262.
- Bozkaya, G., A. Gökçe, ve N.V., 2008. Grassineau, Fluid-Inclusion and Stable-Isotope Characteristics of the Arapuçandere Pb-Zn-Cu Deposits, NW Turkey International Geology Review, 50, 848-862.
- Bozkaya, G., 2009. Fluid inclusion and stable isotope (O, H and S) evidence for the origin of the Balcılar vein type barite-galena mineralization in Çanakkale, Biga Peninsula, NW Turkey, GEOFLUIDS VI. Sixth International Conference on Fluid Evolution, Migration and Interaction in Sedimentary Basins and Orogenic Belts, University of Adelaide, South Australia, Australia, 15-18 April. Journal of Geochemical Exploration, Abstracts of GEOFLUIDS VI, volume 101,1, p.8.
- Bozkaya, G. and Gökçe, A., 2009. Fluid inclusion and stable isotope (O & H) evidence for the origin of the Koru lead-zinc deposits, Biga Peninsula, NW Turkey, European Current Research on Fluid Inclusions (ECROFI-XX), University of Granada, Spain, 21-27 September. Abstract volume, p.43-44.
- Çelik, Ş., 2009. Kumarlar (Çanakkale) kurşun-çinko cevherleşmesinin jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi.
- Diñçer, H., 1958. Çanakkale vilayeti Lapseki kazası Umurbey nahiyesi civarındaki barit cevherleşmeleri. M.T.A. Raporu.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioğlu, E., Adis, C., Walter, H. ve Yıldırım, T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. M.T.A. Dergisi, 117, 55-86.
- Ercan, T. ve Türkecan, A., 1984. Batı Anadolu, Ege adaları, Yunanistan ve Bulgaristan'daki plütonların gözden geçirilişi: T.J.K. Ketin Sempozyumu Kitabı, 189-208.
- Holmes, A.W., 1966. 1. Bölge Trakya'nın jeolojik etüdü ve stratigrafisi: T.P.A.O. Arama Grubu Raporu, No: 368.
- Kopp, K.O., 1964. Geologie thrakiens II; Die inseln und der chersone:: N.Jb. Geol. Pale. Abh., 119,172-214.
- Krushensky, R.D., 1976. Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia. Bull.Volc., 40, 336-360.
- Okay, A.İ., Siyako, M. ve Bürkan, K.A., 1990. Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. T.P.J.D. Bülteni, 2/1, 83-121.
- Önem, S., 1974. Gelibolu yarımadası ve Çanakkale dolaylarının jeolojisi. T.P.A.O. Arama Grubu Raporu, No: 877.
- Roedder, Edwin, 1965 Evidence from fluid inclusions as to the nature of the ore-forming fluids. Symposium on Problems of Postmagmatic Ore Deposition. Plus 13 plates. Prague, Czechoslovakia, Vol 2, 375-384.
- Roedder, Edwin, 1984. Fluid inclusion evidence bearing on the environments of gold deposition. Gold '82: The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits. R.O. Foster, ed. A.A. Balkema Rotterdam, The Netherlands, 129-163.
- Roedder, Edwin and Howard, K.W., 1988. Taolin Zn-Pb-fluorite deposit, People's Republic of China: an example of some problems in fluid inclusion research on mineral deposits. Journal of the Geological Society of London, 145, 163-174.
- Roedder, E. and Bodnar, R. J., 1997. Fluid Inclusion Studies of Hydrothermal Ore Deposits. *in* Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 3rd ed., H. L. Barnes, ed., Wiley & Sons, Inc, New York, 657-698.

- Schmid, R., 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks, *Geology*, 9, 41-43.
- Sfondrini, G., 1961., Surface geological report on Ar/TPAO/1/538 and 537. T.P.A.O. Arama Grubu, Rapor No: 1429.
- Siyako, M, Bürkan, K.A. ve Okay, A.İ., 1989. Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. T.P.J.D. Bülteni, 1, 183-199.
- Tolun, E. ve Baykal, F., 1960. Çanakkale-Lapseki-Umurbey-Koru Deresi Cu-Pb-Zn yataklarına ait rapor. M.T.A. Rap. No: 456.
- Ünal, M., 1986. Gelibolu yarımadasındaki iki ana kayanın organik jeokimyası ve kil mineralleri ile incelenmesi. T.J.K. Bülteni, 29/1, 97-104.
- Yanagiya, K. ve Sato, J., 1989. Report on the mineral exploration in the Çanakkale area Republic of Turkey. M.T.A. Raporu, No: 8999. Phase I-II. 132 p.

Gülcan BOZKAYA

Cumhuriyet Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

58140 Sivas

gbozkaya@cumhuriyet.edu.tr

**CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ DERGİSİ
SERİ A**

YERBİLİMLERİ

YAYIN İLKELERİ VE YAZIM KURALLARI

Yazıların nitelikleri

Cumhuriyet üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisinde yayınlanması istemiyle gönderilecek yazıların, yerbilimlerinin herhangi bir alanında (jeoloji, maden, jeofizik, hidrojeoloji, jeomorfoloji, deprem, jeoteknik, petrol vb.)bir konuyu içermesi, daha önce Türkçe olarak yayınlanmamış olması ve aşağıdaki niteliklerden en az birine sahip olması gerekir.

- a) Yerbilimleri alanında bilimsel yöntemlerle yapılmış, özgün sonuçları bulunan ve yerbilimlerine katkı oluşturacak bir çalışma,
- b) Yerbilimlerinin herhangi bir konusunda önceden yapılmış çalışmaları eleştireci yaklaşımla derleyen ve yeni görüşler ortaya koyan derleme,
- c)Yerbilimleri konusunda, Türkiye'yi ve Türkiye'deki yerbilimcileri büyük ölçüde ilgilendiren, fakat yabancı bir dilde yayınlanmış bir yazının Türkçe'ye çevirisi.

Yazım Dili

Yerbilimleri Dergisinde yayın dili olarak Türkçe ve İngilizce kullanılmaktadır. Dergide yayınlanacak makalelerin başlıkları özetleri, çizelge ve şekil açıklamaları Türkçe ve yabancı dilde (İngilizce) olmak üzere iki dilde birlikte verilmektedir.

Makale Yazım Kuralları

- 1.Makalenin tümü metni çift aralıkla Windows Word programı ile 10 punto ve Arial karakterinde yazılmış olmalıdır. Metin sürekli satır ve sayfa numarası ile hazırlanmalıdır.
- 2.Şekiller bilgisayar çizim programları (Freehand, CorelDraw vb.) kullanılarak çizilmeli ve "jpeg" formatında gönderilmelidir.
- 3.Şekil ve çizelge başlıkları Türkçe ve İngilizce olarak ayrı liste halinde metin sonunda verilmelidir. Şekil ve çizelgeler birbirinden ayrı olarak numaralandırılmalıdır.
- 4.Bütün çizimlerde çizgisel ölçek kullanılmalıdır.
- 5.Şekil ve çizelge boyutları tek sütun için 7.5x23 cm, çift sütun için 16x23 cm den büyük olmamalıdır.

ÖZ

Anahtar kelimeler

ABSTRACT

Key words

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

Kaynaklara Değınme

Makale metni içinde kaynaklara değınme aşağıdaki örneklere uygun olarak yapılmalıdır:

.....(Y. soyadı, 1988), (Y. soyadı ve Y. soyadı, 1988), (Y. soyadı vd., 1988)

.....Y. soyadı (1988), Y. Soyadı ve Y. Soyadı (1988) göre, Yazar vd.'ne (1988) göre
Kişisel (sözlü) görüşmeler(H.Yalçın, 1988, C.Ü.)....biçiminde belirtilmelidir.

Kaynakların Yazılması

Makale metni içerisinde değınilen kaynaklar aşağıdaki örneklere uygun şekilde verilmelidir:

Özgül, N., 1976.Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 65-78.

Brown, G., Brindley, G.W., 1980. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification, G.W. Brindley and G.Brown (eds.), Mineralogical Society, London, 305-360.

Velde, B., 1977 Clays and Clay Minerals in Naturel and Synthetic Systems. Developments in Sedimentology 21, Elsevier, Amsterdam, 218 p.

Çağlı, S., Kırall, N., 1993. Sivas-Hafik-Kaçak Köyü AR-46519 nolu talk ruhsat sahasının maden jeolojisi raporu. MTA Rapor No. 9512, 24 s.

Yazıların Gönderilmesi

Yazılar aşağıda verilen dergi ve editöre ait elektronik posta adreslerinin her ikisine birlikte gönderilmelidir.

Prof. Dr. Işık YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri

58140 SİVAS

Telefon : 0-346-219 10 10/1305 Fax : 0-346-219 11 71

yerbilimleri@cumhuriyet.edu.tr

isik.yilmaz@gmail.com

Cumhuriyet University
Bulletin of the Faculty of Engineering
Serie - A

Earth Sciences

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Types of contributions

Manuscripts submitted in journal of Cumhuriyet University Bulletin of Faculty of Engineering Serie-A EARTH SCIENCES should have not been published and/or simultaneously submitted elsewhere. This journal is concerned with original research, new developments and case studies in any branch of earth sciences such as; geology, mining, geophysics, hydrogeology, geomorphology, earthquake, geotechnique, oil, etc.

Language

The languages of the journal are Turkish and English. Titles, abstracts, and captions of figures and tables are written in Turkish and English.

Preparation of manuscripts

1. Manuscripts should be typed double-spaced throughout, at a font size of 10 point (Arial), and with continuous line and page numbers.
2. Figures should be prepared using computer software (Freehand, CorelDraw etc.) and their "jpeg" files should be submitted.
3. Figure and Table captions must be prepared as a separate page at the end of the text.
4. Line scale must be submitted in figures if it is needed.
5. Sizes of the figures and tables are not allowed larger than 7.5x23 cm for single column, 16x23 cm for double column.

Manuscripts should generally be structured as follows.

Title (English and Turkish)

Name(s) of author(s) and their affiliations.

(The name and e-mail address of the corresponding author must appear following the author names)

ABSTRACT

Key words

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING
Primary Sub Heading
Secondary sub heading
Tertiary sub heading

RESULTS AND CONCLUSIONS

ACKNOWLEDGEMENT(S)

REFERENCES

Citation of references in the text

In the text, references must be cited as following.

..... (Surname, 1988)
..... (Surname and Surname, 1988)
..... (Surname et al., 1988)
..... Surname (1988)
..... Surname and Surname (1988)
..... Surname et al. (1988)
Personal communications(H.Yalçın, 1988, C.Ü.)

Preparation of references

All references cited in the text, and in captions of figures and tables must be written in a list of "REFERENCES". Some examples for reference layout are given below.

Journal references:

Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19, 65-78.

Karacan, E., Yılmaz, I., 1997. "Collapse dolines in the Miocene gypsum: an example from SW Sivas (Turkey)". Environmental Geology, Springer-Verlag, 29 (3/4), 263-266.

Proceeding references:

Brown, G., Brindley, G.W., 1980. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification, G.W. Brindley and G.Brown (eds.), Mineralogical Society, London, 305-360.

Book references:

Velde, B., 1977 Clays and Clay Minerals in Naturel and Synthetic Systems. Developments in Sedimentology 21, Elsevier, Amsterdam, 218 p.

Published report references:

Çağlı, S., Kırıl, N., 1993. Sivas-Hafik-Kaçak Köyü AR-46519 nolu talk ruhsat sahasının maden jeolojisi raporu. MTA Rapor No. 9512, 24 s.

Personal communications:

Yalcin, H., 1988. Personal communication. Cumhuriyet Universitii, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Sivas, Turkey.

Web page references:

Weier, J., Herring, D., 2005. Measuring vegetation (NDVI and EVI). Earth Observatory Library of NASA. <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/>

Submission of manuscripts

Manuscripts for publication should be electronically (via e-mail) submitted to Editor whose address and e-mails are given below.

Prof. Dr. Işık YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri
58140 SİVAS
Telefon : 0-346-219 10 10/1305 Fax : 0-346-219 11 71

yerbilimleri@cumhuriyet.edu.tr
isik.yilmaz@gmail.com

(Please send manuscripts to both e-mails)

Yayın Türü: Yerel Süreli Yayın
Publication Type: *National Journal*

Basım: Cumhuriyet Üniversitesi – Rektörlük Basımevi – Sivas
Printed by: *Cumhuriyet Üniversitesi – Rektörlük Basımevi - Sivas*

ISSN: 1016-7625