



Ulaş (Sivas Havzası) Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkaniklastik Kayaçların Mineralojisi

Mineralogy of volcanoclastic rocks of Eocene age around Ulaş (Sivas Basin) region

Sema TETİKER¹, Hüseyin YALÇIN²

¹Batman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 72100 Batman

²Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

(e-posta:yalcin@cumhuriyet.edu.tr)

ÖZ

İnceleme alanı; Sivas-Ulaş yöresindeki Eosen yaşlı volkanik-volkanosedimanter birimleri kapsamaktadır. Kaleköy formasyonu Karacalar üyesini oluşturan piroklastik (tüflü kıltaşı / silttaşı / kumtaşı, kristal kül tuf) ve volkanik (bazalt, bazaltik andezit, andezit) kayaçlar; volkanojenik (plajiyoklaz, ojit, hornblend, biyotit), diyajenetik (K-feldispat, karışık tabakalı klorit-smektit/C-S, klorit, smektit, analsim) ve post-volkanik (kalsit, dolomit, kuvars) mineralleri içermektedir. Bu formasyona ait Yapalı üyesinin epiklastik (şeyl, silttaşı, karbonatlı silttaşı, kumtaşı, karbonatlı kumtaşı) ve kimyasal (kireçtaşı, jips) kayaçlarında volkanojenik (plajiyoklaz), diyajenetik (K-feldispat, C-S, klorit, smektit) ve post-volkanik (kuvars, kalsit, dolomit) ve detritik (illit) mineraller gözlenmiştir. Formasyonda düşey yönde C-S ve klorit miktarı artarken, illit içeriği azalmaktadır. Optik ve elektron mikroskop ile X-ışınları verilerine göre; volkanojenik bileşenlerden bazik-ortaç bileşimli volkanik camın deniz suyu ile etkileşimi sonucu yaygın K-feldispat + C-S zonu gelişmiştir. Bu zon; Sivas havzasının Eosen dönemindeki en derin kesimlerine karşılık gelmekte olup havzanın yaklaşık kuzey kesimlerinde (Yavu yöresi) zeolit zonuna düşey olarak geçiş göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: C-S, denizel, kil, petrografi, piroklastik, volkanik.

ABSTRACT

The study area covers volcanic-volcanosedimentary units of Eocene age in the Sivas-Ulaş area. The pyroclastic (tuffaceous claystone / siltstone / sandstone, crystal ash tuff) and volcanic (basalt, basaltic andesite, andesite) rocks of the Karacalar member from Kaleköy formation include volcanogenic (plagioclase, augite, hornblende, biotite), diagenetic (K-feldspar, mixed-layered chlorite-smectite / C-S, chlorite, smectite, analcime) and post-volcanic (calcite, dolomite, quartz) minerals. The volcanogenic (plagioclase), diagenetic (K-feldspar, C-S, chlorite, smectite), post-volcanic (quartz, calcite, dolomite) and detrital (illite) minerals were observed in the epiclastic (shale, siltstone, calcareous siltstone, sandstone,

calcareous sandstone) and chemical (limestone, gypsum) rocks of the Yapalı member from this formation. C-S and chlorite amounts increase, but illite content decreases in the vertical direction of the formation. C-S + K-feldspar zoning is widely developed by due to the interaction between sea-water and volcanic glass in basic-intermediate composition, on the basis of optic and electron microscopes and also X-rays data. This zone corresponds to the deeper parts of the Sivas basin in the Eocene period and show vertically a transition into zeolite zone in approximately northern parts of the basin (Yavu area).

Keywords: C-S, Clay, Marine, Petrography, Pyroclastic, Volcanic.

GİRİŞ

Volkaniklastik kayalardaki zeolit ve/veya eşlikçi mineraller farklı ilksel malzemelerden (asidik, ortaç, bazik) itibaren birçok ortamda (yüzey veya yüzeye yakın, düşük ve yüksek sıcaklık) ve iki mekanizma ile (transformasyon / dönüşüm ve neoformasyon / yeni mineralleşme) oluşabilmekte ve evrimsel modelleri her geçen gün geliştirilmektedir (Örneğin; Hay, 1966; Sheppard ve Gude, 1969; Surdam ve Parker, 1972; Gündoğdu ve diğ., 1996; Yalçın, 1997; Yalçın ve Sezen, 1999; Bozkaya ve diğ., 2006; Karakaş ve Kadir, 2006; Abdioğlu, 2012; Karakaya ve diğ., 2013).

Sivas havzasında Eosen yaşlı Orta Anadolu volkaniklerinin lav, piroklastik ve karışık piroklastik-epiklastik (tüfitler) ürünleri yaygın olmasına karşın, çoğunlukla benzer görümlü epiklastikler ile karıştırılmakta Sivas-Hafik (Yalçın ve diğ., 2000), Yozgat-Yavu-Sorgun ve Amasya-Doğantepe (Yalçın, 1997) ve Sivas-Şarkışla (Gökten, 1983; Gökten ve Floyd, 1987) çevresindeki volkanojenik birimler hariç, bölgedeki diğer tektonik birlik ve/veya birimlere göre en az araştırılan kayaları oluşturmaktadır. Bu çalışmada Sivas-Ulaş bölgesindeki volkanik-volkanosedimanter istifin mineralojik-petrografik karakteristiklerinin (dokusal özellikleri, mineral bollukları ve birliktelikleri ile düşey dağılımları) ve minerallerin kökeni ile oluşumlarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu çerçevede saptanan C-S türü yeni mineral oluşumları, piroklastiklerde

gelişen klasik zonlanma modeline (smektit – zeolit – K-feldispat) ek bir bilimsel katkı sağlayacak, ayrıca Türkiye Eoseni'nin genellikle iyi bilinen epiklastik ve karbonatlar dışındaki üçüncü büyük kayaç grubunu oluşturan volkaniklastiklerin mineralojik tanımlanması ve tanıtılması ile bu bölgedeki bilimsel boşluk veya eksikliğin giderilmesi sağlanmış olabilecek; ayrıca olası endüstriyel hammaddelere de işaret edebilecektir.

BÖLGESEL JEOLJİ

İnceleme alanı ve yakın çevresinde farklı yaş, jeotektonik konum ve kayaç türlerine sahip birimler bulunmaktadır (Bingöl, 1989; Göncüoğlu ve diğ., 1997; Görür ve diğ., 1998) (Şekil 1).

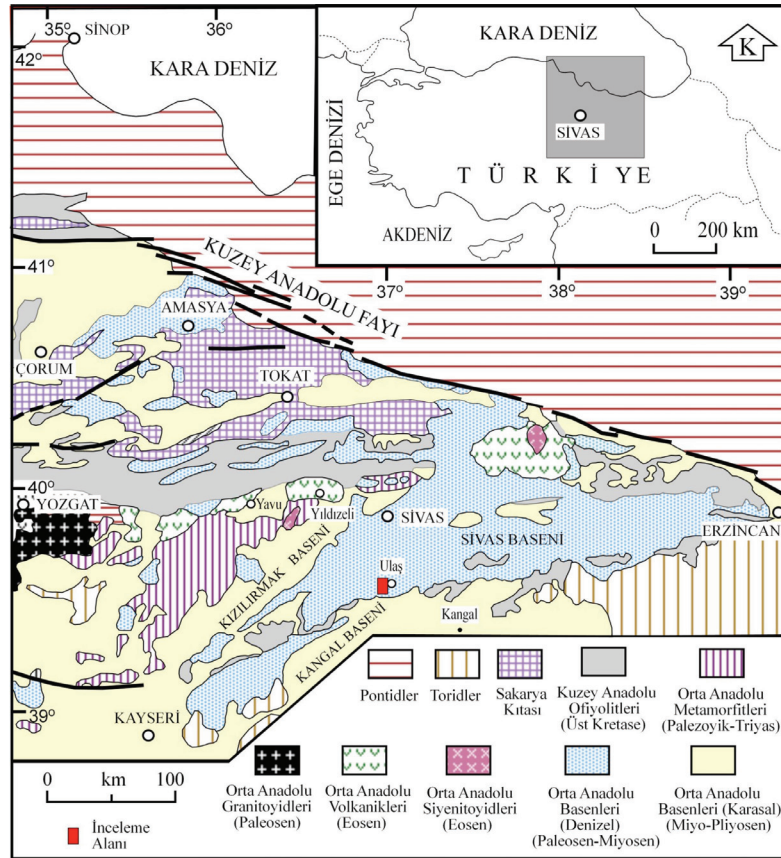
Bu birimlerden, Kuzey Anadolu ofiyolitleri, Neo-Tetis okyanusunun kuzey koluna ait allokon toplulukları temsil etmekte olup, açılması batıda Triyas'ta ve doğuda Jura'da başlamış, kapanması ise Geç Kretase'de başlamış ve Orta Eosen öncesinde sona ermiştir (Yılmaz ve Yılmaz, 2013). Neo-Tetis'in kapanmasıyla birlikte Geç Kretase'den itibaren Sakarya Kompozit Birliği / Kıtası ve Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (Orta Anadolu Metamorfikleri ve Magmatikleri) (Göncüoğlu ve diğ., 1997) olmak üzere iki kıtasal birim üzerinde (Şengör ve Yılmaz, 1981) Orta Anadolu havzaları (Koçyiğit, 1991; Görür ve diğ., 1998) oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'e kadar varlıklarını sürdürmüşlerdir. Bu havzalardan biri olan Sivas havzası, çarpışma ile ilişkili tipik bir

ön ülke havzası olup (Görür ve diğ., 1998), Üst Plaeosen'de (Kavak, 1998; Poisson ve diğ., 1996) oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'de Anadolu ve Arap levhalarının çarpışması ile evrimini tamamlamıştır (Görür ve diğ., 1998).

Orta Anadolu'da Neo-Tetis'in kapanmasından sonra Paleosen'de Orta Anadolu granitoidleri (Boztuğ, 2000) ile Orta-Üst Eosen'de Orta Anadolu siyenitoidleri (Boztuğ ve diğ., 1994) ve Orta Anadolu volkanikleri (Yalçın ve diğ., 2004) olarak adlandırılan çarpışma ile ilişkili magmatikler gelişmiştir. Orta Miyosen'den Geç Pliyosen'e kadar (Koçyiğit, 1991) ise egemen olan neotektonik rejim (Şengör, 1979) altında

intrakratonik ve/veya intrakontinental havzalar gelişmiştir (Görür ve diğ., 1998). Bu dönemde çek-ayır türü havzalar (Yılmaz, 1998) biçiminde oluşan Kangal ve Kızılırmak basenleri (Guezou ve diğ., 1996), Üst Miyosen-Geç Pliyosen yaşlı akarsu, göl ve/veya playa çökelleri ile temsil edilmektedir (Örneğin; Şengör, 1979; Koçyiğit, 1991; Görür ve diğ., 1998; Poisson ve diğ., 1996).

Eosen yaşlı Orta Anadolu volkanikleri lav ve yaygın olarak volkaniklastik ürünler içermekte olup Sivas havzasının epiklastik ve karbonat kayaçlarının yanı sıra, en önemli bileşenlerinden birisini de volkanojenik kayaçlar oluşturmaktadır.



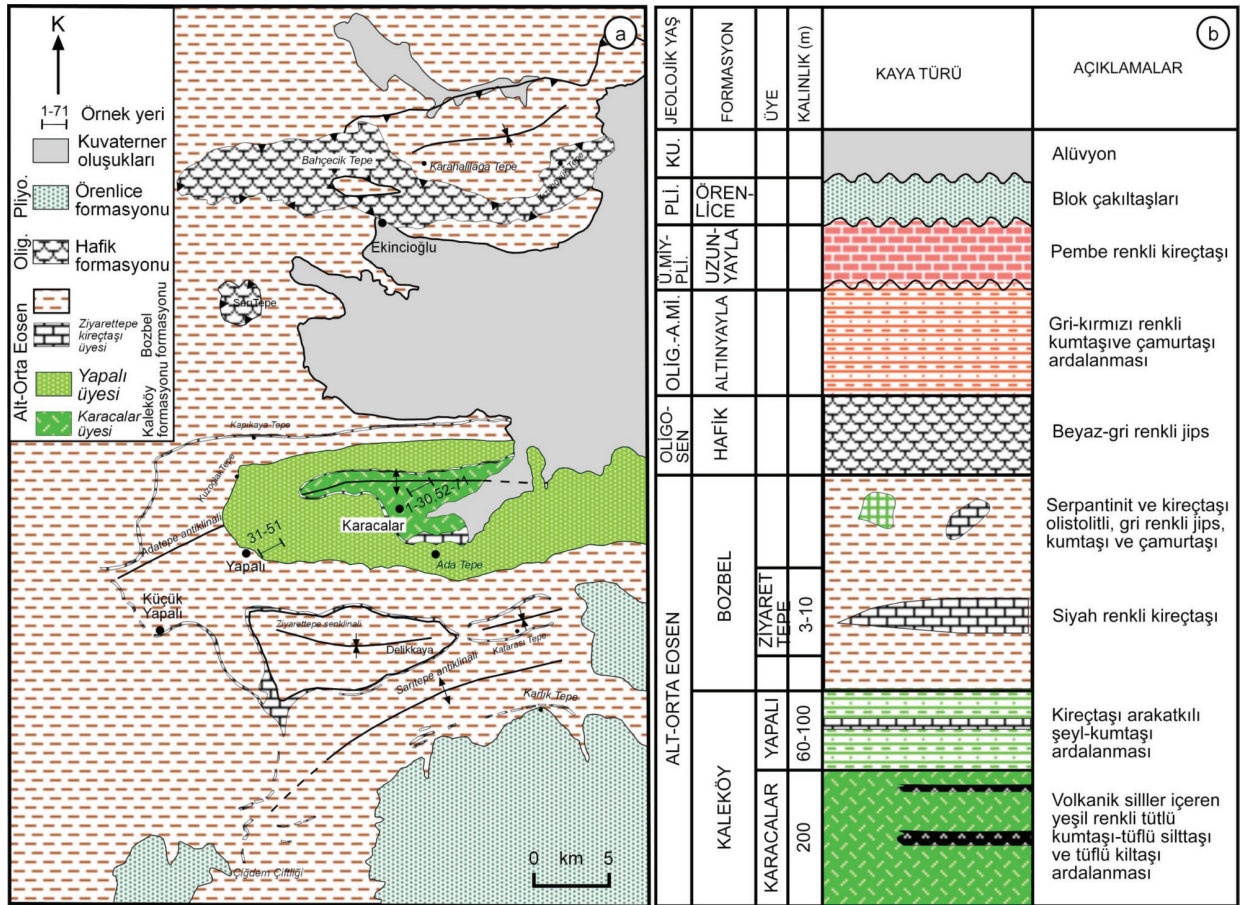
Şekil 1. Sivas baseni ve yakın çevresinin bölgesel jeoloji haritası (Bingöl, 1989; Göncüoğlu ve diğ., 1997; Görür ve diğ., 1998'den değiştirilerek).

Figure 1. Regional geology map of Sivas basin and surrounding areas (modified from Bingöl, 1989; Göncüoğlu et al., 1997; Görür et al., 1998).

STRATİGRAFİ VE LİTOLOJİ

İnceleme alanı Sivas'ın yaklaşık 37 km güneyinde 1/25 000 ölçekli J37 b1 ve b2 paftalarında yer almakta olup, yüzeyleyen birimlerin sınırları çoğunlukla tektonik dokunaklıdır (Şekil 2a: Sağıroğlu, 2004). Bu birimler stratigrafik olarak Alt-Orta Eosen yaşlı Kaleköy ve

Bozbel formasyonları, Oligosen yaşlı Hafik formasyonu, Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Altınyayla formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen Uzunyayla formasyonu ve Pliyosen yaşlı Örenlice formasyonundan oluşmuştur (Şekil 2b: Kurtman, 1973; Yılmaz ve diğ., 1989; Poisson ve diğ., 1996; Sağıroğlu, 2004).



Şekil 2. a) İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Sağıroğlu, 2004), b) Sivas-Ulaş batısında inceleme alanı ve yakın çevresinde yüzeyleyen kayaların basitleştirilmiş stratigrafi dikme kesiti (Kurtman, 1973; Yılmaz ve diğ., 1989; Poisson ve diğ., 1996 ve Sağıroğlu, 2004'den düzenlenerek hazırlanmıştır).

Figure 2. a) Simplified geology map of the study area (Sağıroğlu, 2004), b) Simplified stratigraphy columnar section of the rocks outcropped in the study area and its surroundings from west of Sivas-Ulaş (combined from Kurtman, 1973; Yılmaz et al., 1989; Poisson et al., 1996 and Sağıroğlu, 2004).

Bu çalışmanın konusunu oluşturan Kaleköy formasyonu ayrıntılı stratigrafik ve litolojik özelliklerine göre Karacalar ve Yapalı iki üyeye ayrılmıştır (Sağiroğlu, 2004). Karacalar üyesi yeşil renkli, ince-orta tabakalı piroklastikler, Yapalı üyesi ise gri renkli, orta-kalın tabakalı epiklastikler ile temsil edilmektedir. Birimi üzerleyen Bozbel formasyonu; gri renkli, ince katmanlı, kumtaşı, killi kireçtaşı ve marn içerisinde serpantin ve kireçtaşı olistolitleri içermektedir.

Eosen yaşlı birimlerin üzerinde beyaz-gri renkli, orta-kalın tabakalı jips, kumtaşı ve çamurtaşı ile temsil edilen Hafik formasyonu yer alır. Bu birim üzerindeki Altınyayla formasyonu; gri-kırmızı renkli, kalın katmanlı, ince-orta taneli, iyi boylanmış, çapraz tabakalı kumtaşları, ince tabakalı silttaşı ve yer yer çamurtaşı arakatıklarından oluşur.

En genç birimler pembe renkli, kalın tabakalı, karbonat çimentolu çakıtaşı ve gölsel kireçtaşları içeren Uzunyayla formasyonu ve iyi pekişmemiş, polijenik bileşimli ve bloklu çakıtaşı ile temsil edilen Örenlice formasyonudur.

Karacalar Üyesi

Ulaş-Karacalar köyü civarında yüzeylenmekte olup inceleme alanında en geniş yayılım alanına sahip Alt Eosen yaşlı birimdir (Şekil 2a). Birimin tip kesit ölçümü en karakteristik olarak yüzeylediği yer olan Karacalar köyünün güneyinde (Adatepe) örneklenmiş ve 200 m kalınlık ölçülmüştür (başlangıç 39°27'02" K, 36°56'89" D; bitiş 39°27'44" K, 36°56'25" D). Kesit ölçümlerinin yapıldığı yerlerde birimin tabanı gözlenemediğinden, birimin kalınlığı daha fazla olmalıdır.

Üyenin egemen litolojisini oldukça hafif, genellikle ince-orta tabakalanmalı ve yer yer de

laminalı, çok ince-iri taneli, beyazımsı-grimsi ve açık yeşilimsi tuf ve yeşil-kahverengi-koyu grimsi tüfitler (tüflü kumtaşı, tüflü silttaşı ve tüflü kiltası) ile volkanikler oluşturmaktadır. Çoğunlukla konkoyidal kırılmalı, küresel bozunmalı ve sert olan piroklastik kayaçlar; arazideki görünüşleri (renk, tane boyu, tabaka altı ve üstü yapılar) bakımından kumtaşı ve marnlara benzemekle birlikte, hemen hemen hiç epiklastik malzeme içermemektedir. Tüfler; tüfitler ile aralanma sunmaktadır. Tüflü kumtaşı arakatıkları 5-30 cm arasında değişen kalınlıklarda olup sert çıkıntıları oluşturmaktadır. Tüflü silttaşı tabakaları daha yumuşak bir görünüm sunarken, içerisinde yaygın olarak türbiditik kaval tipi tabaka altı akma yapıları gözlenmektedir. Tabakalar arasında yer yer sinsedimanter kıvrımlanmalar (40-50 cm) bulunmaktadır. Ayrıca tüflerde yer yer 10-50 cm çapında volkanojenik topçuk görünümlü bozunmalar izlenmektedir. Koyu yeşil renkli sert tüflü kumtaşları soğan kabuğu biçiminde bozunmalar göstermektedir. Yeşil renkli, ince taneli tüflü kilttaşlarında midye kabuğu kırılmalar yaygın olarak gözlenmektedir.

İnceleme alanındaki volkanizmanın lav ürünlerini volkanoklastikler içerisinde çoğunlukla dayklar (5-15 m), kısmen siller şeklinde bulunan bazalt, bazaltik andezit ve andezitler; parçalı ürünlerini ise aynı bileşimli breş ve aglomeralar temsil etmektedir. Volkanikler genellikle siyah, bozunmuş olanlar ise yeşil renkli olup çoğunlukla amigdaloyidal yapı göstermektedir. Küresel ve oval amigdallerde kalsit, silika ve zeolit dolguları yaygındır. Volkaniklerde yer yer akma yapılarına da rastlanılmaktadır. Volkanik lavlara eşlik eden volkanik breş ve aglomeraların ana bileşenlerini 1-50 cm boyutlarında, siyahtan yeşile ve pembemsiye kadar değişen renklerdeki bazaltik-andezitik bileşimli volkanik kayaç parçaları oluşturmaktadır. Bu ana bileşenler genellikle yeşil

renkli (killeşmeden dolayı), gevşek yapılı, kül-lapilli tane boyundaki volkanolojik malzeme ile birbirine bağlanmıştır.

Yapalı Üyesi

Ulaş-Yapalı köyü çevresinde yüzeyleyen birim; Yapalı köyü kuzeyinde yer alan alanda Kuzoğlak tepe boyunca önemli yükseltiyeye sahiptir (Şekil 2a). Tip lokalitede yaklaşık 150 m kalınlığa sahiptir.

Üyenin egemen litolojisini oldukça hafif, genellikle ince-orta tabakalı ve yer yer kıvrımlı, çok ince-iri taneli, sarımsı renkli kumtaşı, siltaşı, şeyl ve karbonatlı kayaç ar dalanması oluşturmaktadır. Tabanda bindirme faylı olan üye içerisinde sert çıkıntılar biçimindeki kumtaşlarında tabakalar arası kıvrımlar bulunmaktadır. Birimde sarımsı gri renkli şeyl ve kumtaşı ar dalanması egemendir. Kumtaşı aratabakaları kalınlığı 5-30 cm arasında değişmekte olup sarı renkli şeyl tabakaları 50-100 cm kalınlıklara sahiptir. Şeyl tabakaları yapraklanma göstermekte ve içerisinde yer yer kalınlığı 1-3 cm olan beyaz renkli jips arabantları içermektedir. Bu arakatkılar zaman zaman 2-5 cm kalınlıktaki kireçtaşları olarak gözlenmektedir. Kumtaşları içerisinde kötü boylanmalı, yer yer kuvarsit çakıllı, gri renkli monojenik çakıltaşı seviyesi de yer almaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Sivas Havzası'nda Eosen yaşlı volkanik-volkanosedimanter birimleri temsil eden ve inceleme alanı olarak seçilen Ulaş çevresindeki kayaçların stratigrafik-litolojik ve mineralojik-petrografik özelliklerinin saptanması amacıyla arazi çalışmasında noktasal ve çoğunluğu ölçülü kesitler boyunca toplam 74 adet örnek derlenmiştir. Bunlar sırasıyla ince kesitlerden itibaren optik mikroskopi (OM), taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve X-ışınları

difraksiyonu (XRD)-tümkayaç (TK) ve kil fraksiyonu (KF) incelemelerinden geçirilmiştir. Bu mineralojik-petrografik incelemeler bütünüyle Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kırma-Öğütme-Elleme, Kil Ayırma ve Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları'nda (MİPJAL) yapılmıştır.

OM incelemeleri NIKON ve LEICA marka binoküler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta yapılmıştır. İnce-kesit petrografisi ile bileşenler ve dokusal özellikler tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; bozuşma (alterasyon) ve bozunma (yüzeysel) ürünleri, dolayısıyla minerallerin kökeni aydınlatılmaya çalışılmıştır.

XRD çalışmalarında kullanılan örnekler FRITISCH marka çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde ve yine aynı marka 150 ml kapasiteli silikon karbid çanağa ve 70 rpm dönme hızına sahip öğütücüde kayaçların sertlik durumuna göre ortalama 10-20 dk süreyle öğütülmüştür. XRD 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 θ = 5-35°) yapılmıştır.

Birimlerden alınan kayaçlarda tümkayaç ve kil boyu bileşenleri (< 2 mm) tanımlanmış (JCPDS, 1990) ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi (Brindley, 1980) esas alınarak hesaplanmıştır. Tüm kayaç ve kil fraksiyonu hesaplamalarında mineral şiddet faktörleri kullanılmış olup tüm kayaç için dolomit, kil fraksiyonu için glikollü çekimlerden itibaren kaolinit referans olarak alınmış ve yansımaların şiddeti mm cinsinden ölçülmüştür (Yalçın ve Bozkaya, 2002). *d*-mesafelerinin ölçülmesinde kuvars iç standart olarak kullanılmıştır. XRD-KF

çözümlemeleri için gerekli kil ayırma işlemi genel hatlarıyla kimyasal çözme (kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme – dekantasyon / dinlendirme ve yıkama, süspansiyonlama – sedimantasyon – sifonlama – santrifüjleme ve şişelemeden oluşmaktadır. Karbonat mineralleri içeren örneklerde % 5 HCl, organik maddeli bazı örneklerde % 5 H₂O₂ kullanılarak kil dışı bileşenler atılmıştır. Süspansiyonlama işleminin olmaması veya uzun sürmesi durumlarında çok az miktarda calgon (sodyum hekzametafosfat) eklenerek, bu süreç hızlandırılmaya çalışılmıştır. Santrifüjleme işlemi Heraeus Sepatech marka Varifuge 3.2 S model 200 ml kapasiteli metal kodelere ve 5600 rpm dönme hızına sahip santrifüjde yapılmıştır. Ayrılmış her kil çamurundan üzerine sıvama veya kabarıp çatlayanlarda süspansiyon halinde üç adet yönlendirilmiş lam preparat hazırlanmış ve bunlar oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kil fraksiyonu difraktogramları normal-N (havada kurutulmuş), glikolleme-EG (60 °C de 16 saat desikatörde etilen glikol buharında bırakma) ve fırınlama-F (490 °C de 4 saat fırında ısıtma) işlemlerinden geçirilerek elde edilmiştir.

Karışık tabakalı klorit-smektit (C-S) ve kloritlerin di- ve/veya trioktaedrik karakterlerinin belirlenmesi amacıyla $d_{(060)}$ yansımaları yardımıyla b_0 -parametresi hesaplanmıştır. Bu ölçüm, kuvarsın (211) piki ($2q = 59.982^\circ$, $d = 1.541 \text{ \AA}$) referans alınarak $2q = 59-63^\circ (\pm 0.01^\circ)$ kayıt aralığında ve $0.5^\circ / \text{dak}$ gonyometre hızında ölçülmüştür.

C-S minerallerinin aratabakalanma tipleri ve smektit içeriği NEWMOD (Reynolds, 1985) ve WINWIT (Krumm, 1996) bilgisayar programları kullanılarak belirlenmiştir.

PETROGRAFI

Kaleköy formasyonunun volkaniklastik kayaçları tane boyuna ve piroklast (cam, pomza, kristal

ve volkanik kayaç parçacıkları) / (epiklast + kimyasal + organik) bileşenlerinin oranına göre adlandırılmıştır (Schmid, 1981). Kayaçların çoğunlukla submikroskopik olması nedeniyle OM ve SEM tanımlamalarında XRD verilerinden de yararlanılmıştır.

Karacalar Üyesi

Bu birime ait piroklastik (kristal tüf ve tüflü kıltaşı) ve volkanik (andezit ve bazalt) olmak üzere toplam 30 örnekte petrografik inceleme yapılmıştır.

Vitroklastik dokulu piroklastik kayaçlar, bolluk sırasına göre volkanik cam ve pomza; volkanojenik (plajiyoklaz, ojit, hornblend, biyotit, kuvars ve sanidin); kimyasal (kalsit), organik (fossil) ve epiklastik bileşenler (eser muskovit ve kayaç parçacıkları) belirlenmiştir. Tüflü kumtaşlarında köşeli kuvars kristallerinin yanı sıra, matriks ve gözeneklerde kloritler gözlenmektedir (Şekil 3a). Kristal kül tüflerin gözeneklerinde yaygın olarak kloritleşme izlenmektedir (Şekil 3b). Tüflü silttaşlarında renksiz ojit mineralleri yaygın olarak bulunmaktadır. Volkanik cam ve lifsi-gözenekli pomzalarda çoğunlukla killeşme ve kloritleşme, bazı örneklerde de silisleşme; plajiyoklazlarda killeşme ve karbonatlaşma; hornblendlerde kenarlardan itibaren opasitleşme gelişmiştir. Ayrıca, ince ve iri piroklastik bileşenlerin dizilimi ile ortaya çıkan mikrolaminasyonlar da gözlenmiştir. Piroklastik kayaçlar; çoğunlukla tüfit ve kısmen kristal kül tüf olarak adlandırılmıştır.

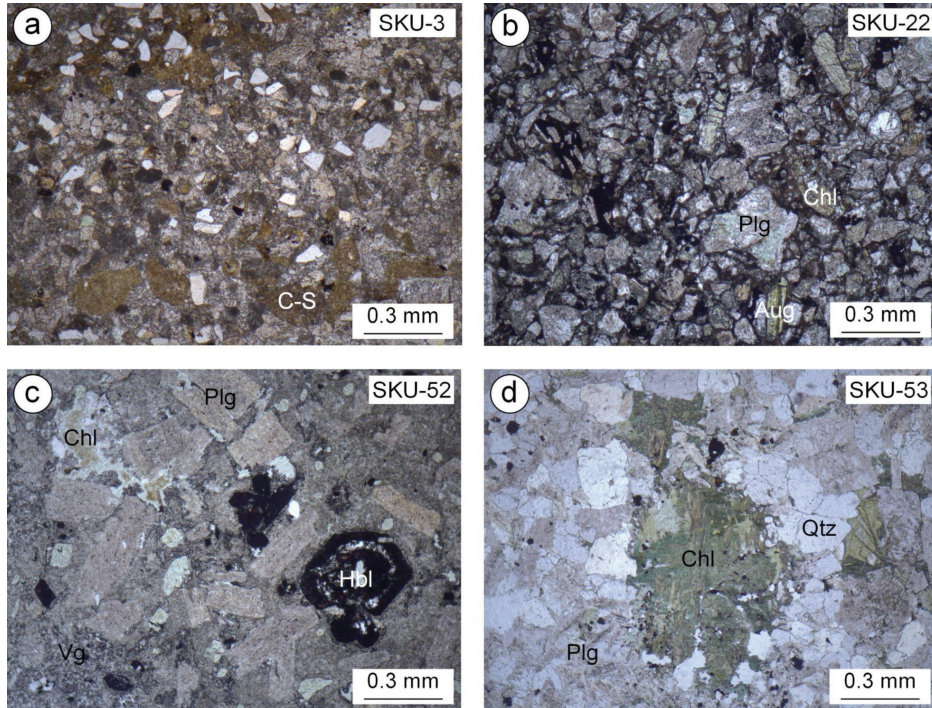
Birimi temsil eden litolojilerden diğeri olan volkanik kayaçlar hipokristalin porfirik ve hiyalopilitik dokulu eş taneseli olmayan iki farklı ilksel dokusal ilişki göstermektedir. Hipokristalin porfirik dokulu volkanik kayaçlarda ojit, plajiyoklaz ve hornblend mineralleri fenokristalleri oluşturmaktadır. Bu kayaçlarda açık renkli bileşenleri plajiyoklaz, koyu renkli

bileşenlerini ise klinopiroksen (ojit), amfibol (hornblend, kersutit) ve Fe-oksit mineralleri temsil etmektedir. Plajiyoklaz mineralleri zonlu doku, polisitetik ikizlenme ve killeşme türü bozunmalar göstermektedir (Şekil 3c). Hornblend mineralleri 6 köşeli, kersutit mineralleri koyu kahverengi olarak gözlenmektedir. Hornblend minerallerinde yaygın olarak opasitleşme ve ojit minerallerinde kloritleşme gözlenmektedir. Gözeneklerde ise kalsit, kuvars ve klorit mineralleri bulunmaktadır (Şekil 3d). Bu kayaçların hamurunu volkanik cam ve mikrolitler oluşturmaktadır. Bu kayaçlar ilksel magmatik bileşim ve dokusal özellikleri dikkate alınarak Streckeisen (1978) sınıflamasına göre bazalt, bazaltik andezit ve andezit olarak adlandırılmıştır.

Yapalı Üyesi

Birime ait epiklastik (silttaşı ve kumtaşı) ve bunlar arasında ince bantlar şeklinde bulunan karbonat kayaçlarından (kalsitlemiş jips ve kireçtaşı) olmak üzere toplam 13 örnekte petrografik inceleme yapılmıştır.

Epiklastik kayaçların bileşenlerini bolluk sırasına göre kuvars, feldispat, kayaç parçacıkları, mika mineralleri (muskovit ve biyotit), hornblend, ojit ve az miktarda opak mineraller; bağlayıcı malzemesini kil matriks ve karbonat çimento (kalsit ve az dolomit) oluşturur (Şekil 4a). Yaygın volkanik kayaç parçacıklarının yanı sıra, ender olarak metamorfik ve sedimanter kayaç parçacıklarına (kireçtaşı) da rastlanılmaktadır.



Şekil 3. Karacalar üyesi kayaçlarının optik mikroskop fotoğrafları (Tek nikol; C-S: Karışık tabakalı klorit-smektit, Chl=Klorit, Plg=Plajiyoklaz, Aug=Ojit, Hbl=Hornblend, Qtz=Kuvars, Vg=Volkan camı), a) Tüflü kumtaşlarında klorit ve C-S, b) Kristal kül tüflerinin bağlayıcı malzemesinde klorit ve C-S, c) Andezitlerin bağlayıcı malzemesinde Mg-kloritler, d) Andezitlerin gözeneklerinde Fe-kloritler.

Figure 3. OM microphotographs of rocks from Karacalar member (open nicol; C-S=Mixed-layered chlorite-smectite, Chl=Chlorite, Plg=Plagioclase, Aug=Augite, Hbl=Hornblende, Qtz=Quartz, Vg=Volcanic glass), a) Chlorite and C-S in the tuffaceous sandstones, b) Chlorite and C-S in the groundmass of crystal dust tuffs, c) Mg-chlorites in the matrix of andesites, d) Fe-chlorites in the pores of andesites.

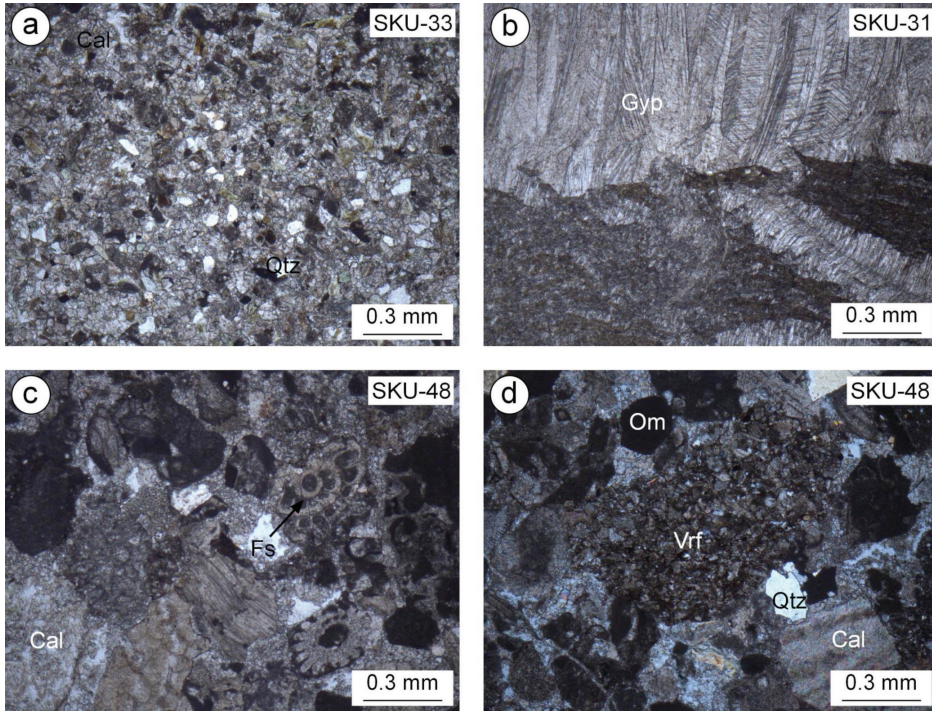
Kuvars, feldispat ve kayaç parçaları oranına göre bu epiklastik kayaçlar genellikle arkoz (Van Andel, 1958), kısmen litik grovak (matriks > %15, Folk, 1968) ve feldispatik litarenit (matriks < %15, Folk, 1968) olarak adlandırılmıştır.

Karbonat kayaçlarda ortokemi kalsit ve/veya dolomit, klastik mineralleri kuvars, feldispat ve kil mineralleri oluşturur. Bütünüyle kalsitleşmiş kayaçta jips minerallerine ait psödomorflar gözlenmiştir (Şekil 4b). Litobiyosparit olarak tanımlanan örnekte fosil kalıntıları bulunur (Şekil 4c). Ayrıca bu kayaçlar içerisinde yaygın olarak volkanik kayaç parçaları da gözlenmiştir (Şekil 4d). Folk (1968) sınıflamasına göre bu kayaçlar fosilli mikrit, litomikrit ve litobiyosparit olarak tanımlanmıştır.

Taramalı Elektron Mikroskop İncelemeleri

Çoğunlukla karbonat ve kil mineralleri içeren 6 farklı örnek üzerinde yapılan incelemelerine göre, kayaçların dokusal ve özellikle kil minerallerinin (C-S, klorit ve illit) morfolojik özellikleri önemli farklılıklar sunmaktadır.

Karacalar üyesi tüflü kiltası örneğinde (SKU-5: kil mineralleri (C-S + klorit ± illit ± smektit) + kuvars + feldispat + kalsit) yapılan incelemede kil matriks içinde 30 µm eninde ve 100 µm uzunluğunda volkanik cam kıymıklarına rastlanılmıştır (Şekil 5a). Kalın yapraklı C-S ve/veya klorit mineralleri volkanojenik matrikste gelişmiştir (Şekil 5b). İnce yapraklı smektit



Şekil 4. Yapalı Üyesi kayaçlarının optik mikroskop fotoğrafları (Tek nikol; Gyp=Jips, Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Fs=Fosil, Om=Opak mineral, Vrf=Volkanik kayaç parçası), a) Karbonatlı kumtaşlarında epiklastik mineraller, b) Kireçtaşlarında jips psödomorfları, c) Fosilli kireçtaşlarında volkanojenik bileşenler, d) Fosilli kireçtaşlarında volkanik kayaç parçaları.

Figure 4. OM microphotographs of rocks from Yapalı member (Open nicol; Gyp=Gypsum, Cal=Calcite, Qtz=Quartz, Fs=Fossil, Om=Opaque mineral, Vrf=Volcanic rock fragment), a) Epiclastic minerals in the calcareous sandstones, b) Gypsum pseudomorphs in the limestones, c) Volcanogenetic components in the fossiliferous limestones, d) Volcanic rock fragments in the fossiliferous limestones.

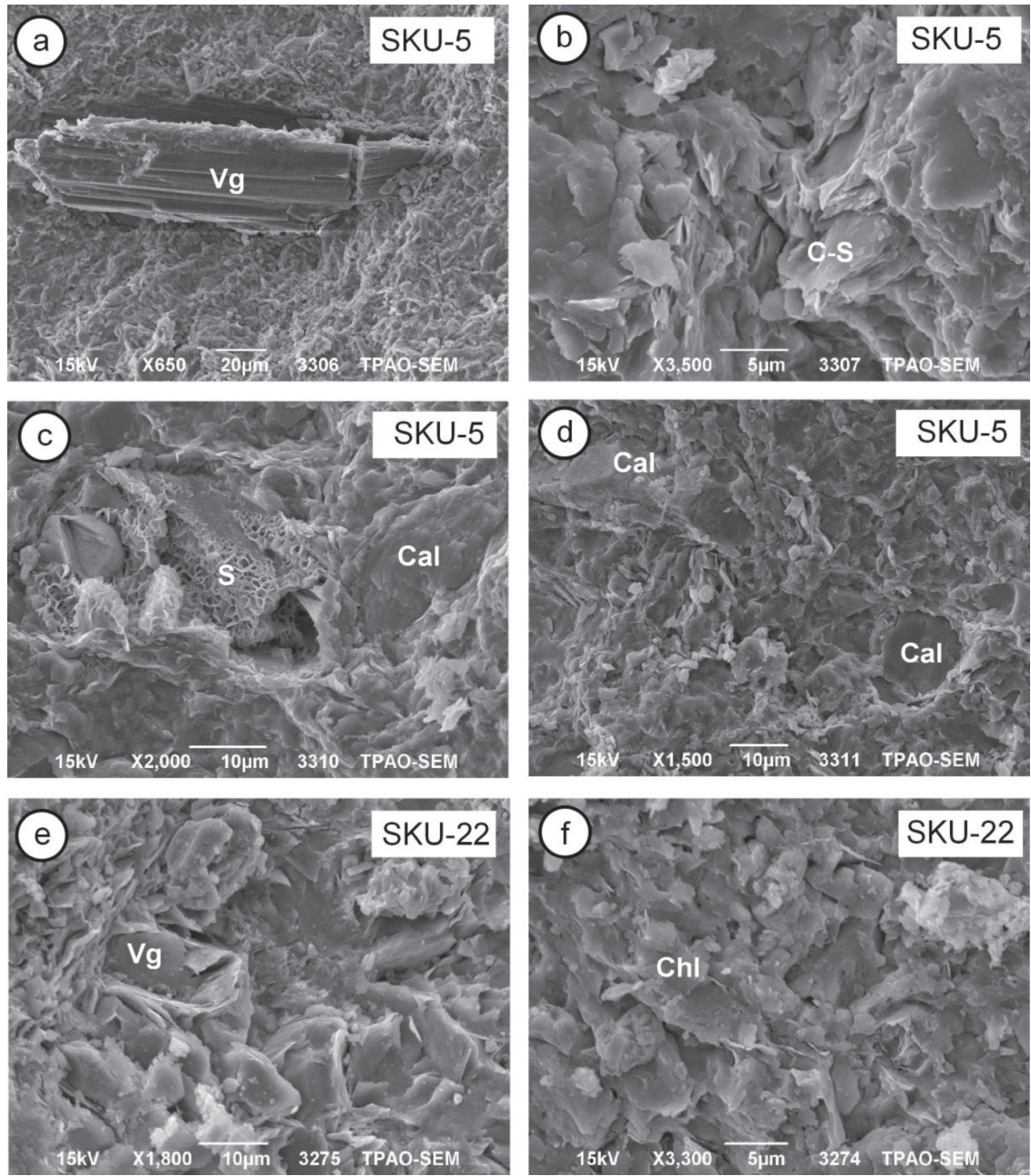
mineralleri (1-2 μm) bal peteği bir görünüm sunmakta olup volkanik camın üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 5c). Smektit minerallerin çevresinde daha iri yapraksı C-S ve/veya klorit mineralleri bulunmaktadır. Kil matriks içerisinde karbonat minerallerinden otijenik ve gözenek dolgusu biçiminde kalsit mineralleri (12-50 μm) de gözlenmektedir (Şekil 5d). Birimin kristal kül tuf örneğinde (SKU-22: feldispat + kil mineralleri + ojit + kalsit + kuvars + analsim) yapılan incelemede kil matriks içinde volkanik cam kıymıkları genellikle kil mineralleri (C-S ve/veya klorit) tarafından sarılmış olarak bulunmaktadır (Şekil 5e). C-S ve/veya klorit mineralleri iri volkanojenik mineraller arasında hamuru temsil etmektedir (Şekil 5f).

Yapalı üyesine ait tüflü silttaşı örneğinde (SKU-30: kuvars+dolomit+ojit+kalsit+feldispat + kil mineralleri) yapılan incelemede killeşmiş matriks içerisinde parçalanmış volkanojenik bileşenler bulunmaktadır (Şekil 6a). Volkanik cam parçaları (20 μm) ve matrikste gelişmiş smektit mineralleri çok ince levhalar (1- 2 μm) biçiminde bal peteği dokusu göstermektedir. K-feldispat mineralleri prizmatik özşekilli kristaller sunarken, yer yer ince prizmatik ışımsal olarak da gözlenmektedir (Şekil 6b). Yapalı üyesine ait şeyl örneğinde (SKU-31: kalsit + kil minerali (klorit + illit) + kuvars + feldispat) yapılan incelemede kalsit mineralleri (10-12 μm) rombohedral-

benzeri bir görünüm sunmaktadır (Şekil 6c). Matrikste kenarları testere biçimli, yapraksı ve iri klorit mineralleri bulunmaktadır (Şekil 6d). Özşekilsiz-yarıözşekilli kuvars mineralleri detritik kökene işaret etmekte olup matriksteki klorit mineralleri tarafından sarılmıştır (Şekil 6e). Kıvrımlanmış iri ve kalın yapraklar biçimindeki kloritler benzer görünümlü C-S minerallerinden ayırt edilebilmektedir (Şekil 6f).

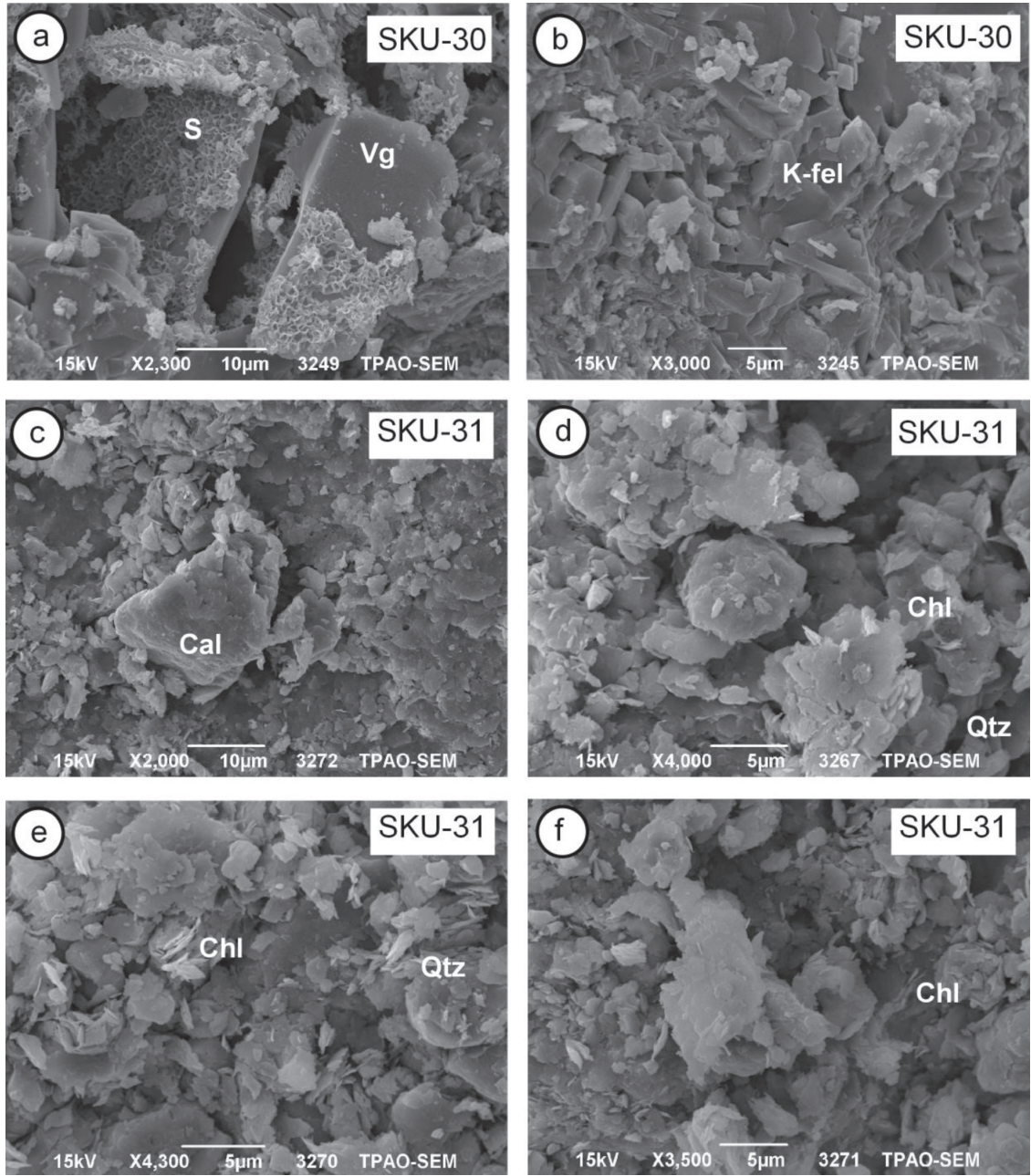
Yapalı üyesine ait kireçtaşı örneğinde (SKU-40: kalsit + kuvars + feldispat + kil minerali) yapılan incelemede yapraksı klorit mineralleri bulunmaktadır (Şekil 7a). Mikrokristalin kalsit hamur içerisinde iri fosil kavkuları gözlenmiştir (Şekil 7b). Kalsit minerallerinin boyutları 20-60 μm olup hamur içerisinde yarı özşekilli iri rombohedral ve elipsoidal görünüm sunmaktadır (Şekil 7c). Özşekilli kalsit minerallerinin oluşturduğu çimento içerisinde yarı özşekilli kuvars mineraline de rastlanılmaktadır (Şekil 7d).

Birimdeki kumtaşı örneğinde (SKU-46: kalsit + feldispat + kuvars + kil minerali (C-S + illit \pm klorit)) kalsit minerallerinin ikizlenmeli görünümleri tipiktir (Şekil 8a). C-S matriksi temsil etmekte ve ince yaprakçıklar biçimindedir (Şekil 8b). Feldispat mineralleri iri prizmalar halinde bulunmaktadır (Şekil 8c). Biyotit mineralleri (40-80 μm) yüzeyden itibaren olasılıkla klorit minerallerine dönüşmüş olup ince dilinimlere sahiptir (Şekil 8d).



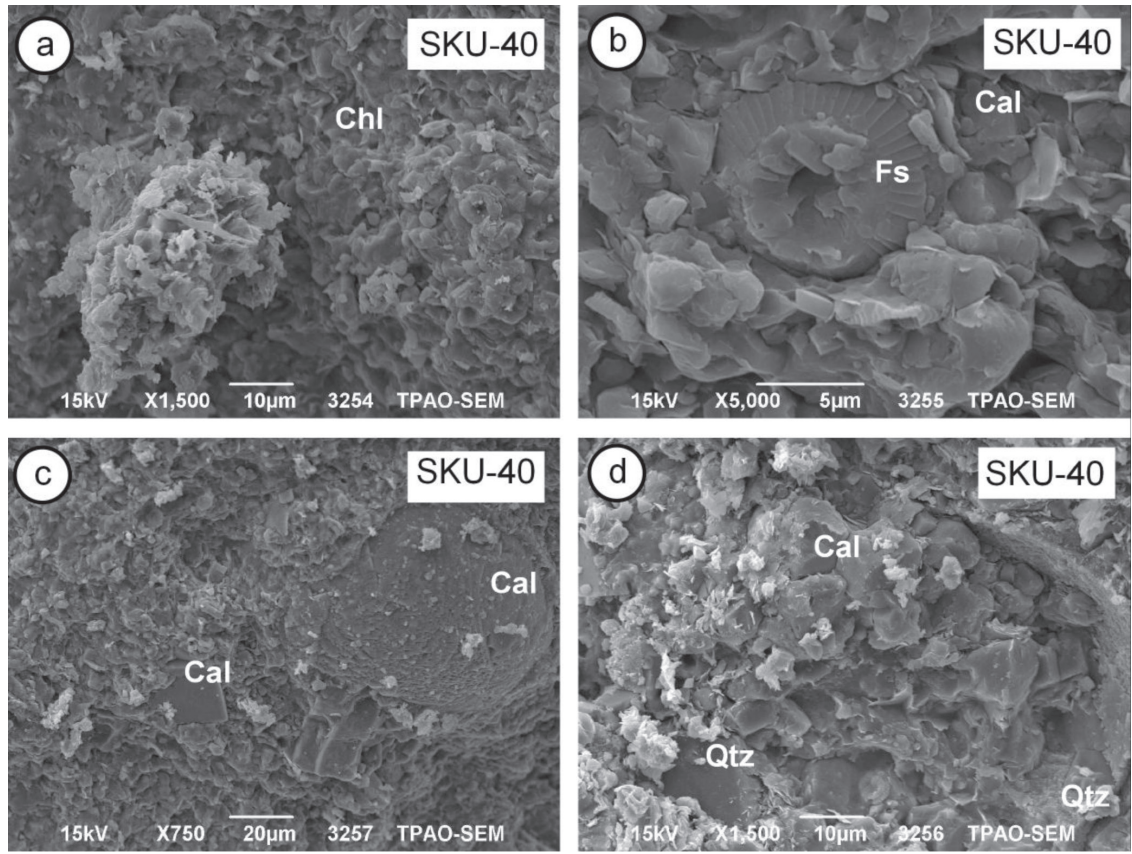
Şekil 5. Karacalar üyesi örneklerinin SEM mikrofotografı (C-S=Karışık tabakalı klorit-smektit, S=Smektit, Chl=Klorit, Vg=Volkanik cam, Cal=Kalsit); tüflü kıltaşı: a) Kil matriks içerisinde volkanik cam kıymığı, b) İnce yapraklı C-S mineralleri, c) Volkanik cam üzerinde gelişmiş smektit yaprakçıkları ve özsekilsiz kalsitler, d) Gözeneklerde otijenik kalsit mineralleri; kristal kül tuf: e) Kil mineralleri tarafından sarılmış kalıntı volkanik cam parçası, f) Yapraklı klorit mineralleri.

Figure 5. SEM microphotographs of samples from Karacalar member; (C-S=Mixed-layered chlorite-smectite, S=Smectite, Vg=Volcanic glass, Cal=Calcite); tuffaceous claystone: a) Volcanic glass shard within the clay matrix, b) Thin flaky C-S minerals, c) Smectite flakes developed on volcanic glass and unehedral calcites, d) Authigenic calcite minerals in the pores; crystal ash tuff: e) Relict volcanic glass fragments surrounded by clay minerals, f) Flaky chlorite minerals.



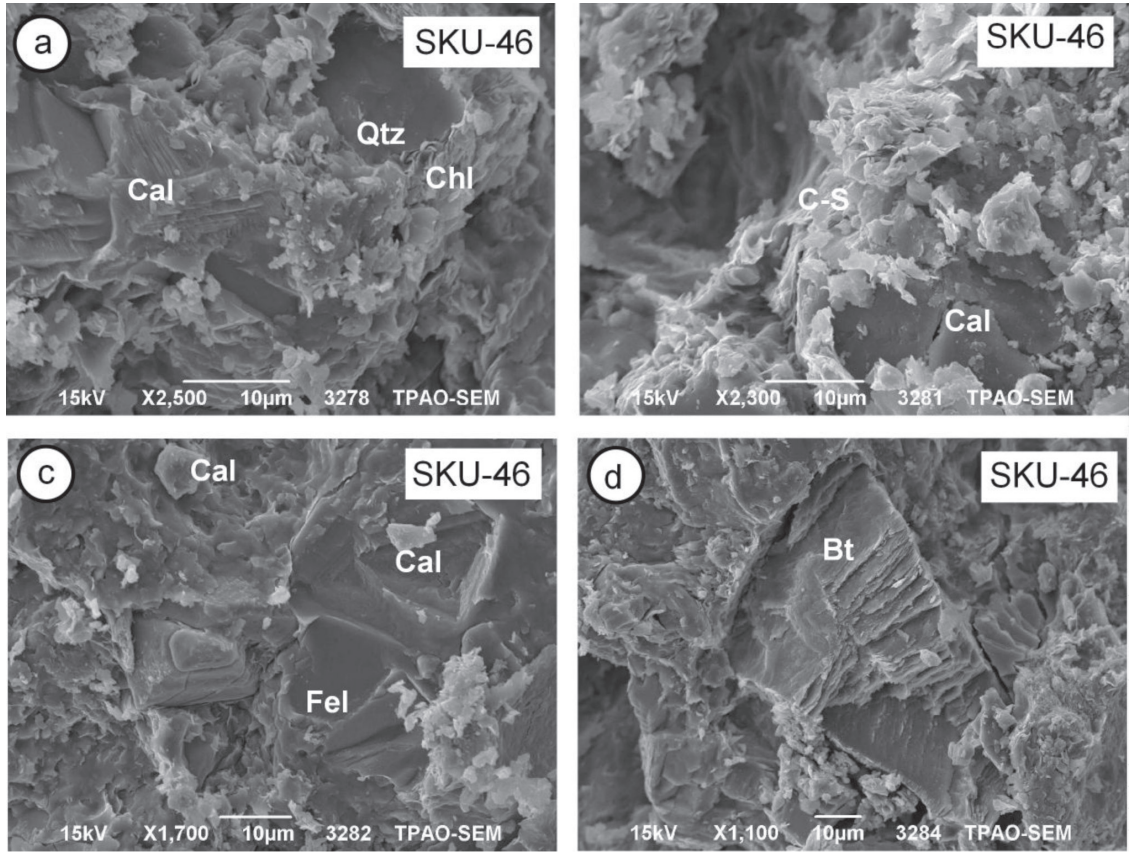
Şekil 6. Yapalı Üyesi örneklerinin SEM mikrofotografaları (Vg=Volkan camı, S=Smektit, K-fel=K-feldispat, Cal=Kalsit, C-S=Karışık tabakalı klorit-smektit, Chl=Klorit, Qtz=Kuvars), tüflü silttaşı: a) Volkanik camdan itibaren gelişmiş bal-peteği dokulu smektitler, b) Levhamsı prizmatik K-feldispatlar; şeyl: c) Özşekilsiz kalsit mineralleri, d) Yapraksı klorit mineralleri, e) Kloritik matris içinde özşekilli kuvars, f) Kıvrılmış iri klorit yaprakları.

Figure 6. SEM microphotographs of samples from Yapalı member, (Vg=Volcanic glass, S=Smectite, K-fel=K-feldspar, Cal=Calcite, C-S=Mixed-layered chlorite-smectite, Chl=Chlorite, Qtz=Quartz); tuffaceous siltstone: a) Honeycomb textured smectites developed from volcanic glass, b) Platy prismatic K-feldspars; shale: c) Anhedrall calcite minerals, d) Flaky chlorite minerals, e) Euhedral quartz within the chlorite matrix, f) Bended coarse chlorite flakes.



Şekil 7. Yapalı Üyesi kireçtaşı örneğinin SEM mikrofotografı (Chl=Klorit, Fs=Fosil, Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars), a) Yapraksı ve lifsi fillosilikat mineralleri, b) Kalsit mineralleri tarafından çevrilmiş fosil kavkısı, c) İri kalsit mineralleri, d) Kalsit çimento içerisinde özşekilli kuvars minerali.

Figure 7. SEM microphotographs of limestone sample from Yapalı member, (Chl=Chlorite, Fs=Fossil, Cal=Calcite, Qtz=Quartz), a) Flaky and fibrous phyllosilicates, b) Coarse fossil grains surrounded with calcite minerals, c) Coarse calcite minerals, d) Euhedral quartz mineral within the calcitic cement.



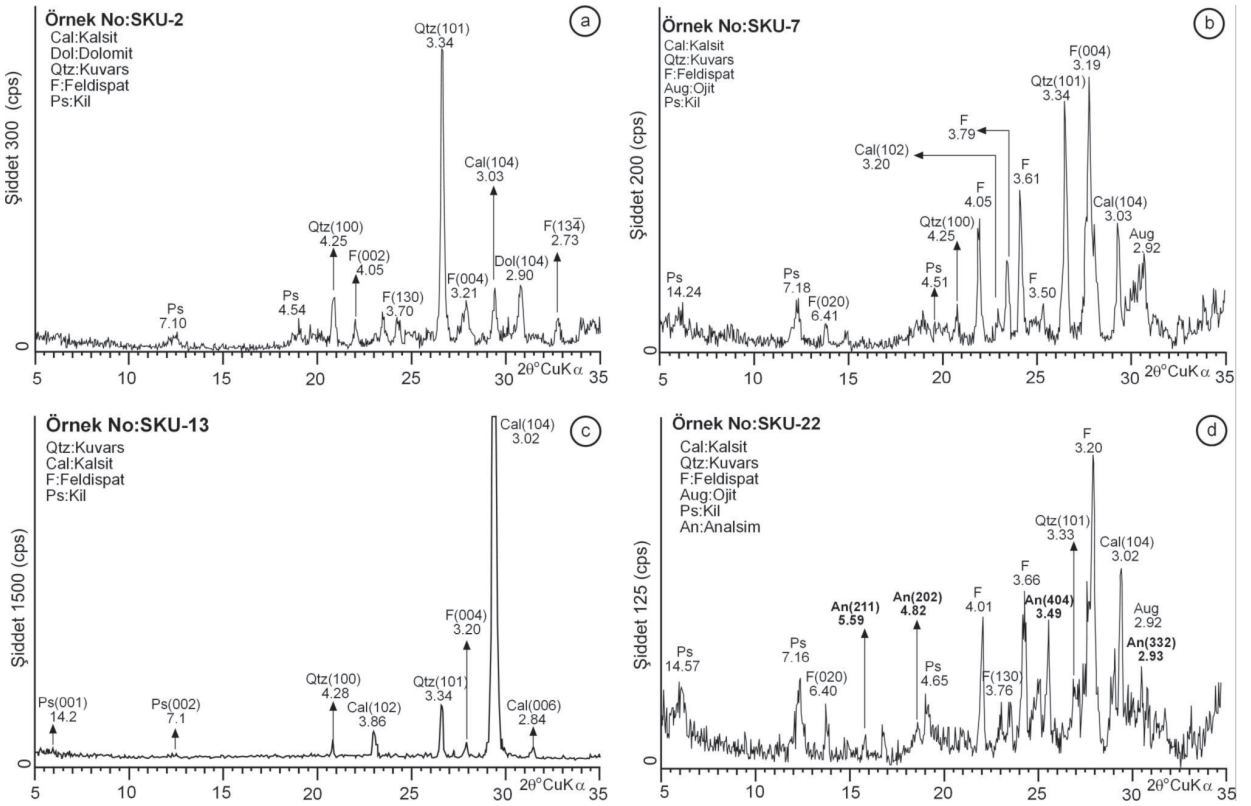
Şekil 8. Yapalı üyesi kumtaşı örneğinin SEM mikrofotografaları (Cal=Kalsit, Qtz=Kuvars, Chl=Klorit, Fel=Feldispat, C-S=Karışık tabakalı klorit-smektit, Bt=Biyotit), a) İkizlenmeli kalsit mineralleri, b) Yapraksı C-S mineralleri, c) İri çubuksu feldispat ve kalsit mineralleri, d) İnce dilinimli biyotit minerali.

Figure 8. SEM microphotographs of sandstone sample from Yapalı member (Qtz=Quart, Chl=Chlorite, Fel=Feldispat, C-S=Mixed-layered chlorite-smectite, Bt=Biotite), a) Twinned calcite minerals, c) Flaky C-S minerals, d) Coarse prismatic feldspar and calcite minerals, f) Biotite mineral with fine cleavage.

X-IŞINLARI MİNERALOGİSİ

Kaleköy formasyonu Karacalar üyesinin yaygın litolojisini oluşturan piroklastik kayalarda volkanojenik (feldispat, ojit, horblend) ve diyajenetik (kuvars, kalsit, dolomit, kil, analsim) mineraller gözlenmiştir (Şekil 9). Piroklastik kayalarda kuvars, feldispat, kalsit, ojit ve kil mineralleri birimin hemen hemen tüm örneklerinde bulunurken; dolomit, hornblend ve analsim daha

düşük bulunuş frekansına sahip minerallerdir. Birimi oluşturan mineraller ortalama içeriklerine göre; feldispat, kil mineralleri, kalsit, kuvars, ojit ve dolomit biçiminde sıralanmaktadır. Hornblend ve analsim mineralleri nadir olarak bulunmaktadır. Epiklastik, piroklastik ve kimyasal bileşenlerin miktarlarının arttığı örneklerde sırasıyla kuvars (Şekil 9a), feldispat (Şekil 9b) ve kalsit (Şekil 9c) miktarı artmaktadır. Analsim sadece bir örnekte tipik pikleri ile ayırt edilmektedir (Şekil 9d).



Şekil 9. XRD tüm kayaç difraktogramları (Karacalar üyesi), a) Tüflü silttaşlarında kalsit + dolomit + kuvars + feldispat + kil mineralleri, b) Tüflü kumtaşlarında kalsit + kuvars + feldispat + ojit + kil mineralleri, c) Tüflü kumtaşlarında kalsit + kuvars + feldispat + kil mineralleri, d) Kristal kül tüflerinde kalsit + kuvars + feldispat + ojit + kil + analsim mineralleri.

Figure 9. XRD whole-rock diffractograms (Karacalar member), a) Calcite + dolomite + quartz + feldspar + clay minerals in the tuffaceous siltstones, b) Calcite + quartz + feldspar + augite + clay minerals in the tuffaceous sandstones, c) Calcite + quartz + feldspar + clay minerals in the tuffaceous sandstones, d) Calcite + quartz + feldspar + augite + clay + analcime minerals in the crystal ash tuffs.

Piroklastik kayaçlarda fillosilikatları C-S (% 60-80), klorit (% 15-25), illit (% 5-20) ve eser miktarda smektit (< % 5) temsil etmektedir. Bu kayaçlarda en yaygın parajenezi C-S + illit + klorit mineralleri oluşturmaktadır (Şekil 10a). Daha az gözlenen birliktelik ise C-S + klorit mineralleri temsil etmektedir (Şekil 10b). Dioktahedral bileşime ($d_{(060)} = 1.50 \text{ \AA}$) sahip C-S ve kloritler normal çekimlerinde sırasıyla $d_{(001)}$ ve $d_{(002)}$ yüzeylerine karşılık gelen 14.1-14.6 Å da pik vermektedir. Ancak fırınlı çekimden

itibaren C-S mineralinin $d_{(002)}$ piki 12.27-12.40 Å da görülmüştür. NEWMOD desenine göre aynı örnekteki C-S % 60 C ve % 40 S içermekte olup R1 tipi aratabakalanmalıdır (Şekil 10c). Desen 3 birim C-S ve 1 birim C içerecek biçimde (olasılı olarak % 75 C-S, % 25 C) oluşturulmuştur. Bu desen oluşturulduktan sonra WINFIT'te Lorentz Polarizasyon Faktör düzeltmesi yapılmıştır.

Birimin diğer litolojisini oluşturan volkanik kayaçlarda ise volkanojenik (feldispat,

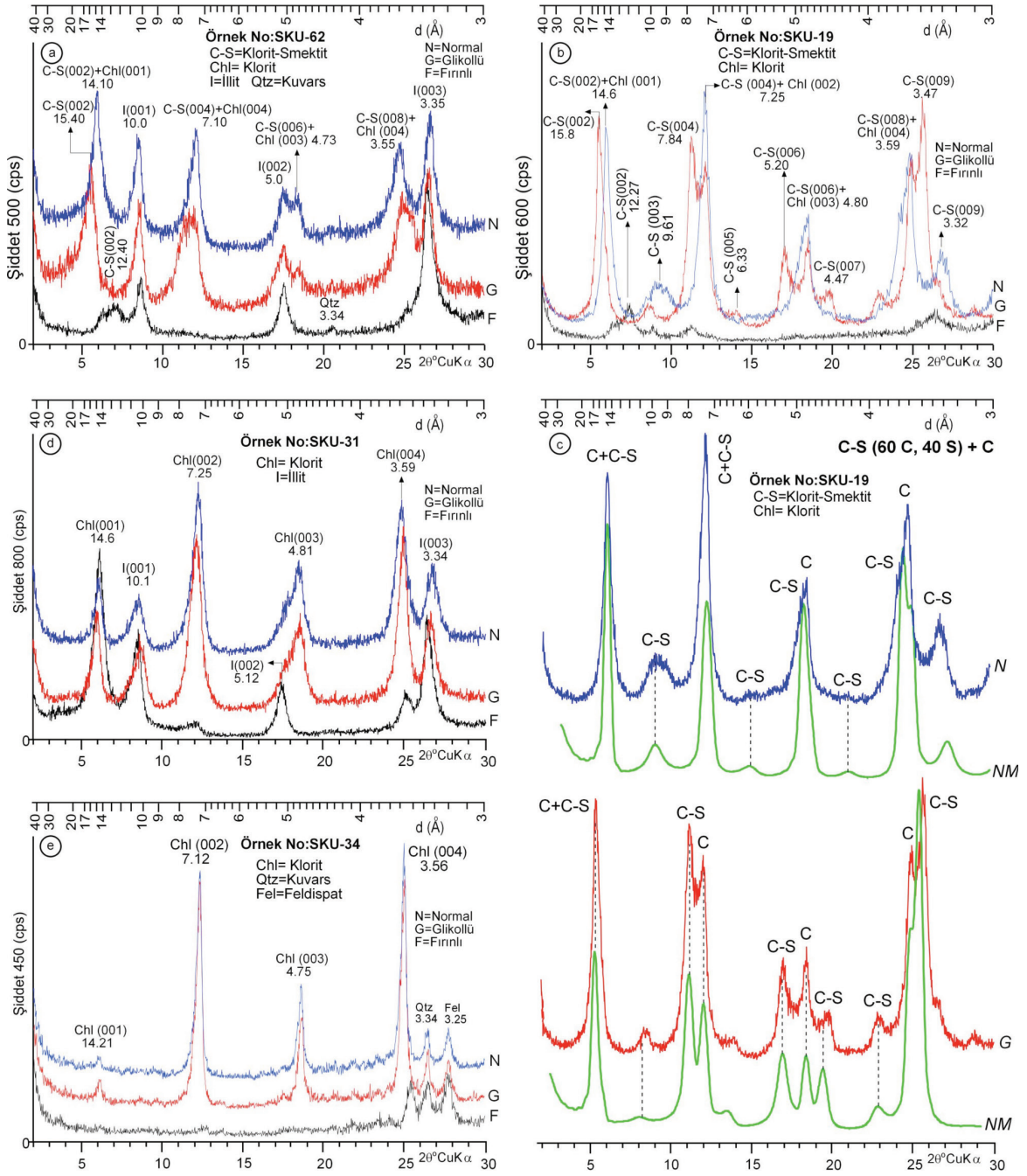
ojit) ve volkanizma-sonrası mineraller (kil, kuvars, kalsit) gözlenmektedir. Volkanik kayalarda kuvars, feldispat, kil mineralleri ve ojit birimin hemen hemen tüm örneklerinde bulunurken; kalsit daha düşük bulunuş frekansına sahip mineraldir. Birimi oluşturan minerallerin genel ortalama değerlerine göre; bollukları feldispat, kil mineralleri, ojit, kuvars ve kalsit şeklinde sıralanmaktadır.

Yapalı üyesinin yaygın litolojisini temsil eden epiklastik kayalarda (şeyl, siltaşı, kumtaşı, karbonatlı kumtaşı, karbonatlı siltaşı), volkanojenik (feldispat) ve volkanojenik olmayan mineraller (kil, kuvars, kalsit) gözlenmektedir. Genel ortalama değerlerine göre mineraller kalsit, kil mineralleri, kuvars ve feldispat biçiminde sıralanmaktadır. Epiklastik kayaların tümünde kalsit + kuvars + kil mineralleri + feldispat parajenezi gözlenmektedir.

Birimin diğer litolojisini oluşturan karbonat kayalarda (kalsitlemiş jips, kireçtaşı);

volkanojenik (feldispat, ojit), diyajenetik (kil mineralleri, kalsit, kuvars, dolomit) mineraller gözlenmiştir. Bulunuş frekansına göre kalsit tüm kayaç türlerinde bulunmaktadır. Bunu kuvars, feldispat, kil ve dolomit mineralleri izlemektedir. Genel ortalama değerlerine göre mineraller kalsit, kuvars, kil mineralleri biçiminde sıralanırken, dolomit ve feldispat ender olarak bulunmaktadır.

Epiklastik kayalarda fillosilikatları bolluk sırasına göre C-S (% 70-80), klorit (% 5-70), illit (% 5-30) ve smetit (< % 5) mineralleri temsil etmektedir. Bu kayalarda en yaygın birliktelikleri klorit + C-S + illit ve illit + klorit oluşturmaktadır. İllitler normal, fırınlı ve glikollü çekimlerinde değişim göstermemesi ile ayırt edilmektedir (Şekil 10d). Yer yer siltaşlarında saptanan saf klorit minerallerinin (001) pikinin şiddeti düşük, buna karşın (002) pikinin daha şiddetli olduğu görülmektedir (Şekil 10e). Bu durum kloritlerin Fe bakımından zengin olduğunu göstermektedir.



Şekil 10. XRD kil fraksiyonu difraktogramları, a) Karacalar üyesi tüflü kilttaşlarında C-S + klorit + illit mineralleri, b) Karacalar üyesi tüflü kumtaşlarında C-S + klorit mineralleri, c) NEWMOD ve WINFIT programları ile C-S piklerinin çözülmesi, d) Yapalı üyesi şeyllerinde illit + klorit mineralleri, e) Yapalı üyesi siltaşlarında Fe-klorit minerali.

Figure 10. XRD clay fraction diffractograms, a) C-S + chlorite + illite minerals in the tuffaceous claystones from Karacalar member, b) C-S + chlorite minerals in the tuffaceous sandstones from Karacalar member, c) Decomposition of C-S peaks by means of NEWMOD and WINFIT, d) Illite + chlorite minerals in the shales from Yapalı member, e) Fe-chlorite mineral in the siltstones from Yapalı member.

MİNERALLERİN DÜŞEY DAĞILIMI

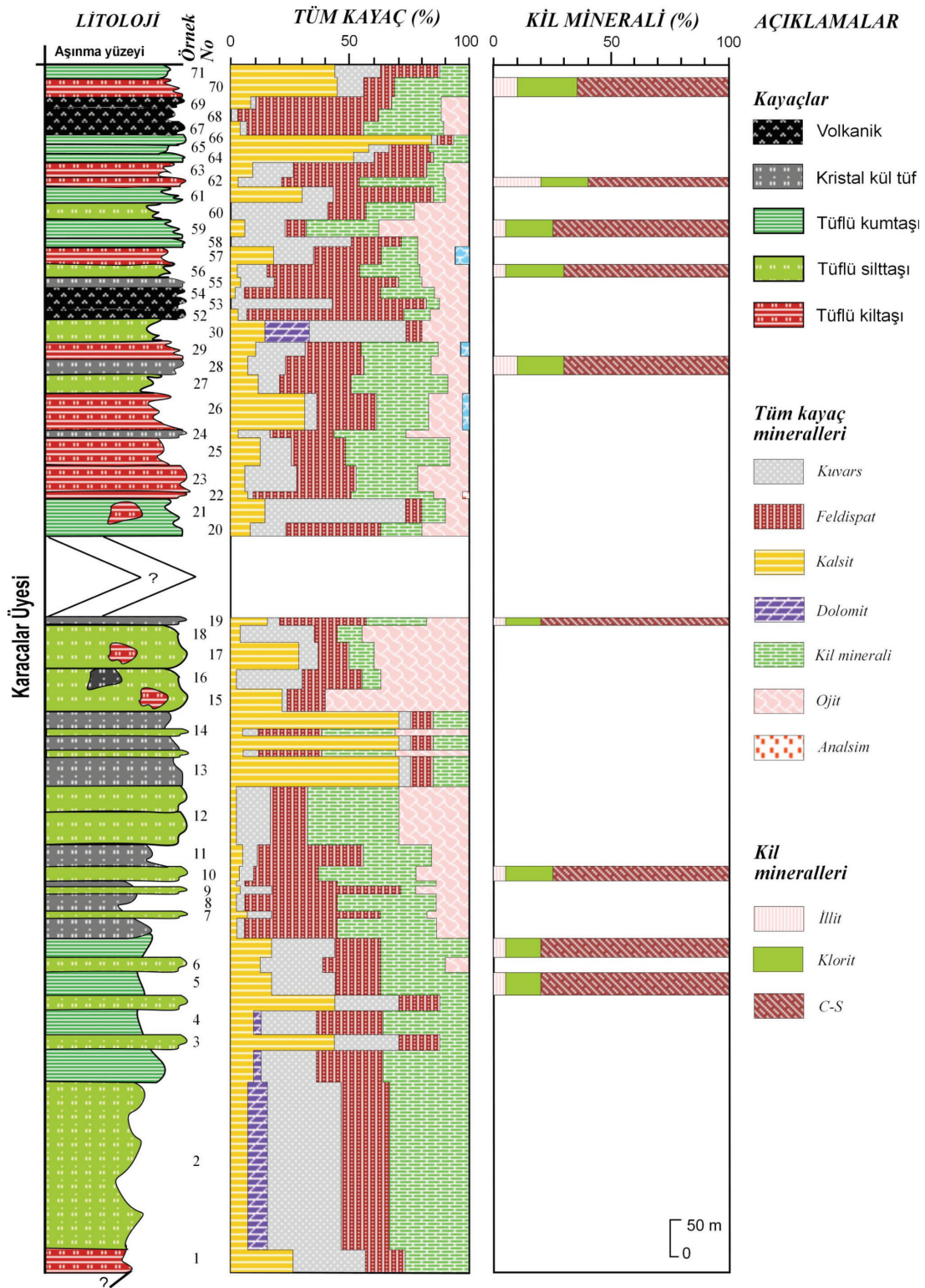
Karacalar üyesinde feldispat ve kuvars mineralleri kayaçların tümünde gözlenmekte olup bu bileşime yer yer kalsit, ojit, hornblend, kil mineralleri ve analsim eşlik etmektedir (Şekil 11). Birimin orta seviyelerinde zeolit minerallerinden analsim tek bir seviyede belirlenmiş olup litolojik olarak tüflü kayaç örneğinde bulunmaktadır. Dolomit minerali volkanik seviyeler hariç piroklastik kayaçlarda bazı seviyelerde ortaya çıkmaktadır. Kalsit minerali ise volkanik seviyelerde az miktarlarda (% 4-5) bulunurken piroklastiklerde oldukça fazladır (% 2-84). Ojit mineralleri; orta ve üst seviyelerde piroklastik ve volkanik kayaçlarla ilişkilidir. Hornblend mineralleri ise sadece piroklastiklerde olup az miktarlarda ortaya çıkmaktadır.

Piroklastiklerde ve volkanik kayaçlar içerisinde önemli yüzdeye sahip olan kil minerallerinden illit + klorit + C-S parajenezi yaklaşık aynı miktarlarda birimde saptanmış gözükmektedir. Ancak kayaç örneklerinde C-S minerali % 60-80 ile diğer kil minerallerine göre daha fazla miktarlara sahiptir.

Yapalı üyesine ait kayaç oluşturan minerallerin düşey dağılımı Şekil 12'de

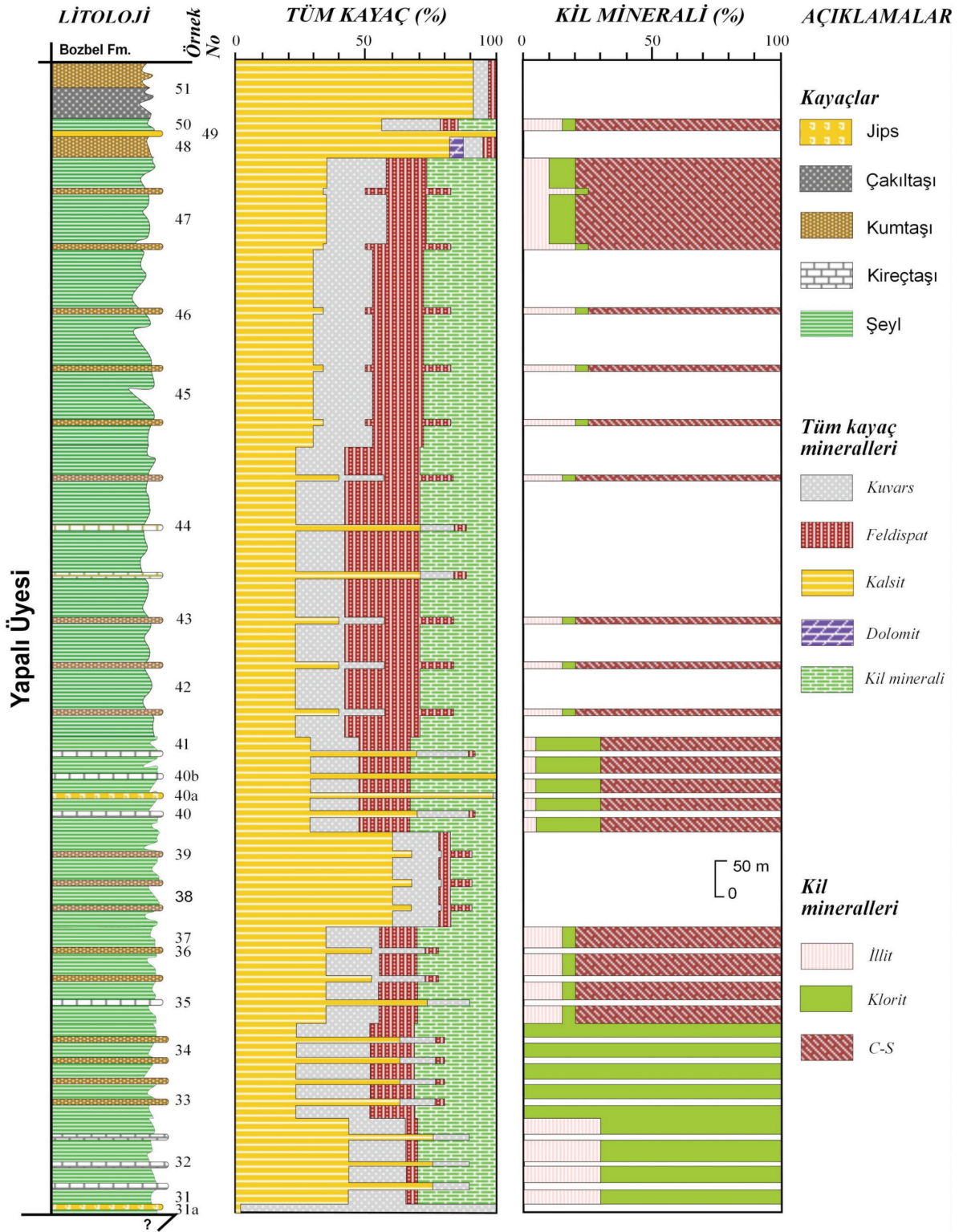
verilmiştir. Kalsit minerali tüm seviyelerde bol miktarda ortaya çıkarken, dolomit minerali sadece üst seviyelerde yer alan kumtaşları içinde bulunmaktadır. Kalsit miktarı özellikle karbonat kayacı olarak tanımlanmış kayaçlarda önemli miktarlarda artış sergilemektedir. Kimyasal kökenli jips minerali sadece birimin tabanında yer alan karbonatlı kayaçlarda saptanmıştır. Kuvars minerali hemen hemen bütün seviyelerde bulunmakta olup kumtaşlarında miktar bakımından artış göstermektedir. Feldispat mineralleri şeyl ve kumtaşlarına eşlik etmekle birlikte, birimin alt seviyelerinde daha az ve üst seviyelerde daha fazla miktarda bulunmaktadır.

Kil mineralleri şeylerde % 30, kumtaşlarında ise % 10-15 miktarlarına kadar kayaç bileşimine katılmaktadır. Birimin tabanında yer alan bir şeyl seviyesinde saf klorit fraksiyonu tanımlanmıştır. Yine birimin taban seviyelerinde illit + klorit birlikteliği bulunurken, üst seviyelerdeki şeylerde illit + klorit + C-S birlikteliği ortaya çıkmaktadır. Böylece azalan illit ve klorit miktarına karşın C-S minerali % 70-80 içeriğine kadar ulaşmaktadır.



Şekil 11. Karacalar üyesinde tüm kayaç ve kil minerallerinin düşey dağılımı.

Figure 11. Vertical distributions of whole-rock and clay minerals from Karacalar member.



Şekil 12. Yapalı üyesinde tüm kayaç ve kil minerallerinin düşey dağılımı.

Figure 12. Vertical distributions of whole-rock and clay minerals from Yapalı member.

MİNERALLERİN KÖKENİ VE OLUŞUMU

Sivas-Ulaş yöresindeki Alt-Orta Eosen yaşlı Kaleköy formasyonuna ait volkanik, piroklastik, epiklastik ve karbonatlı kayaçlarda saptanan minerallerinin kökeni ve oluşum mekanizmaları OM ve SEM incelemelerine göre değerlendirilerek aşağıda açıklanmıştır:

Diyajenez-çok düşük dereceli metamorfizma çalışmalarında özel bir öneme sahip olan karışık tabakalı kil minerallerinin ortaya çıkması, smektitin illit veya klorite dönüşümü gibi ancak bir aratabakalı evre aşamasıyla (agradasyon) mümkün olabilmektedir. Derinlere doğru karışık tabakalı kil minerallerinin genişlemeyen tabaka bileşenlerinin (illit veya klorit) artması veya genişleyen tabaka bileşenlerinin (smektit) azalması ve istiflenme düzenleri ileri diyajenez hakkında önemli ipuçları verebilmektedir (Örneğin; Frey, 1987; Merriman ve Peacor, 1999; Bozkaya ve diğ., 2002). Sivas-Ulaş yöresinde ise Alt-Orta Eosen yaşlı volkanik ve volkanosedimanter birimleri temsil eden iki üyede, özellikle volkanojenik beslenmenin olduğu seviyelerde yaygın C-S mineralleri belirlenmiş olup bu minerale sadece illit ve klorit eşlik etmiştir. C-S minerallerinin yanal ve düşey dağılımı; diyajenez derecesinin yanı sıra, türedikleri kayaçların köken malzemesi ile ilişkili, oluşumlarının ise detritikten ziyade neoformasyon ve/veya transformasyon mekanizmasıyla açıklanmasını gerekli kılmaktadır (Örneğin; Yalçın ve Gümüşer, 2000; Yalçın ve Bozkaya, 2003; Yalçın ve diğ., 2004):

Kloritlerin sedimanter havzalarda bozunma zonlarından veya bütünüyle ana bileşeninin klorit olduğu yeşil şistlerin bozunmasından türediği; denizel ortamlardaki pozitif dönüşümler sonucu ise düzensiz üç katlı kil minerallerinden itibaren kloritlerin olduğu sıklıkla belirtilmiştir (Dunoyer de Segonzac, 1970). Erken diyajenezde Mg bakımından zengin dokulararası çözeltilerden dolayı düzensiz kloritler pozitif dönüşüme uğramakta; erken diyajenez sırasında oluşan kloritler genellikle Fe bakımından zengin iken, artan diyajenez-metamorfizma sırasında derinliğin artmasıyla birlikte Mg içeriği artmaktadır (Ahn ve Peacor, 1985). Bu çalışmada ise Kaleköy formasyonunu temsil eden piroklastik ve epiklastik kayaçlarda kloritler bağlayıcı malzemede ve gözeneklerde ortaya çıkmıştır. Klorit; volkanik kayaçlarda koyu renkli minerallerden ziyade, gözeneklerde neoformasyon mineralleri olarak gelişmiştir. Piroklastik kayaçlarda ise volkanik cam-klorit dönüşümünün bir sulu MgFeAl-silikat jeli ara fazından geçerek gerçekleştiği ifade edilebilir (Yalçın ve diğ., 2004):



Volkanik cam

Sulu MgFeAl-silikat jeli



C-S



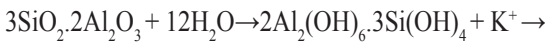
Matriks ve/veya Volkanik cam

Sulu MgFeAl-silikat jeli

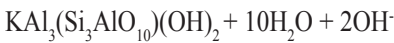


Klorit

Bu çalışmada gömülme derinliğinden ziyade, yüzey kimyasının baskın olduğu Kaleköy formasyonu kayaçlarında gözlenen illit mineralleri, Karacalar üyesinde yaygın olarak diyajenetik; buna karşın Yapalı üyesinde klastik / detritik ve volkanojenik mikalar ile temsil edilmektedir. Birime ait ince taneli klastik kayaçlardaki illitler ince taneli serizit boyutunda kalmış, kumtaşı örneklerinde detritik kökenli muskovit ve biyotit oranı artmıştır. Karacalar üyesi piroklastiklerinde tipik olmak üzere volkanik cam ve/veya matriksin yanı sıra, özellikle K-feldispatların deniz suyu ile bozuşması ile ortaya çıkan ve özellikle diğer fillosilikat yapısında kullanılmayan katyonların illitlerin oluşumuna yol açtığı, benzer ortamlarda çalışan birçok yazar tarafından da belirtilmiştir (Örneğin; Yalçın ve Gümüşer, 2000; Yalçın ve Bozkaya, 2003; Yalçın ve diğ., 2004):



Volkanik cam ve/veya matriks Sulu Al-silikat jeli



İllit/Muskovit

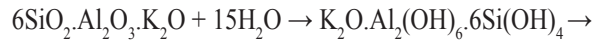


K-feldispat

İllit/Muskovit

Karacalar üyesine ait sadece bir kristal kül tuf örneğinde zeolit minerallerinden analsim minerali ortaya çıkmıştır. Analsim ve eşlikçi minerallerin volkanik malzemeden itibaren

doğrudan veya sulu Al-silikat jeli biçimindeki ara bir fazdan geçerek gerçekleşmesi olası gözükmektedir (Örneğin; Gündoğdu ve diğ., 1996; Yalçın, 1997; Bozkaya ve Yalçın, 2009; Abdioğlu, 2012). Zeolit mineralleri, kararsız bir yapıya sahip olan volkanik camın su ile ayrışmasını izleyen süreçte oluşmuş gözükmektedir. Deniz suyundaki alkalinitenin zaman zaman artması ile boşlukların bir kısmı kalsit ile doldurulmuştur. Volkanik cam-su etkileşimi sonucu gerek matrikste gerekse boşlukların çevresinde kil (C-S ve klorit) ve silika (kuvars) minerallerinin yanı sıra, yaygın olarak K-feldispat oluşmuştur. Volkan camı doğrudan ve/veya su ile tepkimeye girerek çoğunlukla K-feldispat, ender olarak analsim minerallerinin oluşmasına neden olmuştur:

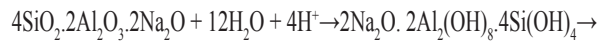


Volkanik cam

Sulu NaAl-silikat jeli

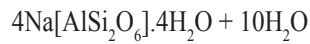


K-feldispat



Volkanik cam

Sulu NaAl-silikat jeli



Analsim

Sivas-Ulaş yöresi volkanik ve volkanosedimanter kayaçlarda gözlenen karbonat mineralleri kalsit ve az miktarda dolomitlerle temsil edilmektedir. Karbonat mineralleri, volkanik (bazalt ve andezit) kayaçlar hariç, diğer piroklastik, epiklastik ve karbonat kayaçların

hemen hemen tüm seviyelerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Kalsit mineralleri; Karacalar üyesi pirolastiklerinde çok düşük, buna karşın Yapalı üyesi epiklastiklerinde daha yüksek miktarda bileşime katılmakta olup özşekilli-yarı özşekilli morfolojileri çözeltiden doğrudan kristalleşme ile oluştuğunu göstermektedir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sivas havzasının Alt-Orta Eosen yaşlı volkanik-volkaniklastik ve epiklastik kayaçlarının stratigrafik / litolojik ve mineralojik / petrografik özelliklerinin incelenmesi ile elde edilen sonuçlar ve bunların tartışılması aşağıda sunulmuştur:

Çalışmanın konusunu oluşturan Kaleköy formasyonunun piroklastik kayaçlarının iri tanelileri (iri taneli tuf ve tüflü kumtaşı) arazideki görünümleri bakımından iri taneli epiklastiklere, ince tanelileri (ince taneli tuf, tüflü silttaşı ve tüflü kiltası) ise siltli-killi kayaçlara benzemekle birlikte, kimyasal bileşenlerin dışında hemen hemen hiç epiklastik malzeme içermemektedir. Bu nedenle benzer görünümlü piroklastik ve epiklastik kayaçların ayırt edilmesinde ayrıntılı mineralojik-petrografik tanımlamaların yapılması volkanizma evrelerinin saptanmasında büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, Karacalar üyesi piroklastik kayaçları özellikle çimento üretiminde katkı malzemesi olarak kullanılabilir gözükmektedir.

Karacalar üyesine ait volkanizmanın lav ve piroklastik ürünleri İç Anadolu'da etkili olan Eosen yaşlı volkanizmanın inceleme alanındaki ilk ürünlerini temsil etmektedir. Ayrıca, epiklastik ve kimyasal kayaç arakatıklarının gözlenmesi, volkanizmanın kesintisiz olarak devam ettiğini (piroklast) / (epiklast + kimyasal + organik) bileşen oranı $> \% 75$) ve jeolojik anlamda kısa bir süre içerisinde (olasılıkla birkaç bin

yıl) işlevini tamamladığının kanıtı biçiminde değerlendirilmiştir (Yalçın, 1997; Çerikçioğlu ve Yalçın, 1998). Sığ denizel bir ortamda çökeltilen piroklastik kayaçların camı ürünleri yaygın bir alterasyon sonucu killeşmiş (büyük ölçüde C-S ve klorit) ve/veya K-feldispata dönüşmüştür. Yapalı üyesinde Eosen yaşlı volkanizmanın klastik bileşenlerine rastlanması, ayrıca epiklastik ve kimyasal karbonat kayaçlarının baskınlığı, volkanizmanın bu birimin çökelişi sırasında aralıklarla varlığını sürdürdüğü biçiminde değerlendirilmiştir. Diğer bir ifadeyle, Karacalar üyesinin tersine, bu birim için (piroklast) / (epiklast + kimyasal + organik) bileşen oranı $< \% 25$ biçiminde belirtilebilir gözükmektedir.

Karbonat kayaçlarında jips minerallerine ait psödomorflar ve yaygın olarak volkanik kayaç parçaları gözlenmekte olup kalsitleşmiş jips seviyelerinin yaygınlığı, volkanik işlevin sona ermesinden sonra ortamda yer yer evaporitik koşulların egemen olduğu biçiminde değerlendirilmiştir.

Volkanik camdan itibaren gelişen C-S ve klorit mineralleri birbirine paralel kalın ve iri, buna karşın smektitler bal peteği görünümlü ince ve küçük levhalar biçimindeki morfolojileri ile birbirinden ayırt edilmektedir. Volkaniklastik birimde alttan üste doğru C-S ve/veya klorit miktarı artarken, illit miktarı azalmaktadır. C-S minerallerinin arttığı seviyelerde feldispat ve/veya ojit minerallerinin bol gözlenmesi; C-S ve eşlikçi minerallerin koyu renkli minerallerin bozunmasından ziyade, volkanik camdan itibaren geliştiğine işaret etmektedir. İnceleme alanında sadece piroklastik ürünlerin çökeldiği bir seviyede analsim mineralinin gözlenmesi, diğer seviyelerde ve volkanik kayaçlarda bulunmaması, volkanik camın K bakımından zengin olmasının yanı sıra, ortam pH'nın ortaç-kuvvetli alkalın olması nedeniyle analsim türü zeolit mineralleri yerine

kil (C-S ve klorit) ve K-feldispat minerallerinin oluşumu gerçekleşmiş gözükmektedir. Mineral türleri ve özellikle bollukları açısından yanal ve düşey yöndeki farklılıklar; beslenme rejimi, paleocoğrafik konum ve provenans ile ilişkili gözükmektedir. Kil minerallerinin düşey dağılımı; Karacalar üyesinde diyajenez derecesinden ziyade, başlıca volkanik; buna karşın Yapalı üyesinde epiklastik beslenmeye bağlıdır.

İnceleme alanındaki birimlerin Yavu (Çerikçioğlu ve Yalçın, 1998), Sorgun ve Doğantepe yörelerindeki (Yalçın, 1997) eşdeğerleriyle mineralojik bileşimleri denştirildiğinde; zeolitlerin İç Anadolu'nun kuzey kenarında daha yaygın olarak oluştuğu, ancak güney kesiminde ise bu minerallerin oluşumu için gerekli fizikokimyasal koşulların gerçekleşmediği; bir başka ifade ile bu dönemde Sivas havzasının derin kesimlerinin güneyde olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle gölsel ortamlarda yanal yönde asidik bileşimli başlangıç malzemesinden itibaren volkanik cam + smektit - höylandit / klinoptilolit ve/veya filipsit - analsim - K feldispat (Sheppard ve Gude, 1969; Gündoğdu ve diğ., 1996), buna karşın denizel ortamlarda ortaç-bazik bileşimli başlangıç malzemesinden itibaren düşey yönde volkanik cam + smektit - höylandit/klinoptilolit ve/veya mordenit - analsim - K feldispat ve/veya C-S (Yalçın, 1997; Yalçın ve Bozkaya, 1991) biçiminde zonlanmalar gelişmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma; Batman ve Cumhuriyet Üniversiteleri tarafından BTU-BAP Münferit Araştırma Projeleri (Proje No: 2010-MMF-2) kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar çalışmanın arazi ve/veya laboratuvar aşamalarındaki bilimsel öneri ve yardımları için Ömer BOZKAYA, Haluk TEMİZ,

Faruk AY ve Fatma YALÇIN'a; bilimsel hakem olarak makalenin olgunlaştırılmasındaki katkıları için Selahattin KADİR ve Muazzez ÇELİK KARAKAYA'ya teşekkür ederler.

EXTENDED SUMMARY

The study area covers marine mainly volcanic-volcaniclastic units of Eocene age from Sivas basin in the Sivas-Ulaş area. This sequence is called as Karacalar and Yapalı members of Kaleköy formation. Of these, Karacalar member includes of fine to thick bedded and green colored pyroclastic (tuffaceous claystone / siltstone / sandstone, crystal ash tuff) rock alternations and volcanic dike and sills of 5-15 m thick (basalt, basaltic andesite, andesite) and also their volcanic breccia and agglomerates. As to Yapalı member, it is represented by medium to thick bedded and gray colored epiclastic rocks (shale, siltstone, calcareous siltstone, sandstone, calcareous sandstone) intercalated with chemical (2-5 cm-limestones and 1-3 cm-gypsums) rocks.

In this study, the methods of optic and scanning electron microscopes and X-ray diffraction (whole rock and clay fraction) have been carried out on these rocks taken from measured sections. The coarse-grained and vitroclastic-textured pyroclastic (coarse-grained tuff and tuffaceous sandstone) and epiclastic (sandstone) rocks, and fine-grained pyroclastic (fine-grained tuff, tuffaceous siltstone and tuffaceous claystone) and epiclastic (siltstone and claystone) rocks are highly similar to each others respectively, in terms of field appearances. For that reason, detail mineralogical-petrographical descriptions have a great importance to distinguish these rocks, indirectly the stages of volcanism and geological evolution of the region.

Karacalar member comprise of volcanogenic (plagioclase, augite, hornblende, biotite), diagenetic (mixed-layered chlorite-smectite / C-S, chlorite, smectite, K-feldspar, analcime) and post-volcanic (calcite, dolomite, quartz) minerals in the pyroclastic and volcanic rocks, but Yapalı member is consisted of the volcanogenic (feldspar), diagenetic (C-S, chlorite, smectite), post-volcanic (quartz, calcite, dolomite) and detrital (illite) minerals in the epiclastic and carbonate rocks. C-S and chlorites have thick and coarse-grained flakes, but smectite is made up of thin and fine-grained flakes that are derived from volcanic glass. Illites correspond to volcanogenic and/or detrital mica minerals (biotite and/or muscovite) in the Yapalı member; however they seem to have diagenetic origin in the Karacalar member. K-feldspars minerals with platy prismatic morphologies developed on the volcanogenic matrix as well as analcime minerals. Carbonate minerals show euhedral to subhedral forms in the pores of pyroclastic or in the cement of carbonate rocks.

The contents of C-S and/or chlorite increase from top to lower levels, however the amounts of illites decrease in same direction. The vertical distributions of clay minerals are related to volcanic feeding in the Karacalar member; while epiclastic transportation in the Yapalı member. C-S + K-feldspar zoning is widely developed by due to the interaction between sea-water and volcanic glass in basic-intermediate composition, on the basis of optic and electron microscopes and also X-rays data. This zone corresponds to the deeper parts of the Sivas basin in this period and show vertically a transition into zeolite zone in approximately northern parts of the basin (Yavu area).

KAYNAKLAR

- Abdioğlu, E., 2012. Mineralogy and chemistry of zeolites and associated minerals in Tertiary alkaline volcanics from the Eastern Pontides, NE Turkey. Neues Jahrbuch Für Mineralogie-Abhandlungen, 189, 35-47.
- Ahn, J., Peacor, B.R., 1985. Transmission electron microscopic study of diagenetic chlorite in Gulf Coast argillaceous sediments. Clays and Clay Minerals, 33, 228 - 236.
- Bingöl, E., 1989. 1/2.000.000 scale Turkish Geology Map. Mineral Research and Exploration of Turkey Publication, Ankara (in Turkish).
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2009. Antalya Birliği-Alakırçayır Napı Triyas yaşlı volkanik kayaçlarının alterasyon mineralojisi. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 26, 23-42.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Dündar, M.K., 2006. Maden Grubu (Malatya-Pütürge) kayaçlarında diyajenez/metamorfizma ve jeotektonik konum arasındaki ilişkiler. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 23, 1-24.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2002. Diagenetic and very low-grade metamorphic characteristics of the Paleozoic series of the Istanbul Terrane (NW Turkey). Swiss Journal of Geosciences, 105, 183-205.
- Boztağ, D., 2000. S-I-A- type intrusive associations: geodynamic significance of synchronism between metamorphism and magmatism in Central Anatolia, Turkey. In: Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area, (Eds. E. Bozkurt, J. Winchester, J.A. Piper), Geological Society, London, Special Publication 173, 407-424.
- Boztağ, D., Yılmaz, S., Kesgin, Y., 1994. İç -Doğu Anadolu alkalın provensindeki Köseadağ plütönu (Suşehri-KD Sivas) doğu kesiminin petrografisi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37, 1-14.
- Brindley, G.W., 1980. Quantitative X-ray mineral analysis of clays. In: Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification, (Eds. G.W. Brindley, G. Brown), Mineralogical Society, London, 411-438.
- Çerikcioğlu, B., Yalçın, H., 1998. Yıldızeli-Akdağmadeni arasındaki (Yavu çevresi) Eosen yaşlı volkanojenik kayaçlarla ilişkili kil minerallerinin mineralojisi ve jeokimyası. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 15, 87-100.
- Dunoyer de Segonzac, G., 1970. The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: a review. Sedimentology, 15, 281-346.
- Folk, R.L., 1968. Petrology of Sedimentary rocks, Texas, Hemphills, 170 p.
- Frey, M., 1987. Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In Low Temperature Metamorphism. Ed. Frey, M., Blackie & Son, Glasgow, 9-58.

- Gökten, E., 1983. Şarkışla yöresi volkanotortullarının petrolojik özellikleri ve havza gelişimi yönünden anlamları. *Doğa Bilim Dergisi*, 7, 454-459.
- Gökten, E., Floyd, P.A., 1987. Geochemistry and tectonic environment of the Şarkışla area volcanic rocks in central Anatolia, Turkey. *Mineralogical Magazine*, 51, 553-559.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., 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.
- Görür, N., Tüysüz, O., Şengör, A.M.C. 1998. Tectonic evolution of the Central Anatolian Basins. *International Geology Review*, 40, 831-850.
- Guezou, J.C., Poisson, A., Temiz, H., Gürsoy, H., 1996. Tectonics of the Sivas Basin: the Neogene record of the Anatolian accretion a long the Taurid suture. *International Geology Review*, 38, 901-924.
- 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 Kırka Neogene lacustrine basins, Western Turkey. *Mineralium Deposita*, 31, 492-513.
- Hay, R.L., 1966. Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks. *Geological Society of America, Spec. Paper*, 85, 130 p.
- JCPDS., 1990. Powder Diffraction File. Alphabetical Indexes Inorganic Phases, Swarthmore, U.S.A., 871 p.
- Karakaş, Z., Kadir, S., 2006. Occurrence and origin of analcime in a Neogene volcano-sedimentary lacustrine environment, Beypazarı-Çayırhan basin, Ankara, Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, 182, 253-264.
- Karakaya, N., Karakaya, M. Ç., Temel, A., 2013. Mineralogical and chemical properties and the origin of two types of analcime in SW Ankara, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 61, 231-257.
- Kavak, K.S., 1998. Savcun ve Karacaören (Ulaş-Sivas) yörelerinde Sivas Tersiyer havzasının tektonostratigrafisi, tektonik deformasyon biçimi ve sayısal görüntüleme yöntemleriyle incelenmesi. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 268 s (yayımlanmamış).
- Koçyiğit, A., 1991. An example of an accretionary forearc basin from northern central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey. *Bulletin of Geological Society of America*, 103, 22-36.
- 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 Geol.*, 38, 253-261.
- Kurtman, F., 1973. Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. *MTA Dergisi*, 80, 1-32.
- Merriman, R.J., Peacor, D.R., 1999. Very low-grade metapelites: mineralogy, microfabrics and measuring reaction progress. In: *Low-Grade Metamorphism*, (Eds. M. Frey, M. and D. Robinson), Blackwell Science, 10-58.
- Poisson, A., Geuzou, J. C., Öztürk, A., İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K.Ş., Özden, S., 1996. Tectonic setting and evolution of the Sivas basin, Central Anatolian, Turkey. *International Geology Review*, 38, 838-853.
- 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, NH.
- Sağıroğlu, A., 2004. Ulaş (Sivas) batısında Deliler fayının tavan bloğunun tektonik deformasyon biçimi ve kinetiği. C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Yüksek Mühendislik Tezi, 60 s (yayımlanmamış).
- 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.
- Sheppard, R.A., Gude, A.J3rd., 1969. Diagenesis of tuffs in the Barstow Formation Formation, Mud Hills, San Bernardino Country, California. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 634, 35 p.
- 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, Stuttgart, Abhandlungen*, 31, 1-14.
- Surdam, R.C., Parker, R.B., 1972. Authigenic aluminosilicate minerals in the tuffaceous rocks of Green River Formation, Wyoming. *Bulletin of Geological Society of America*, 83, 689-700.
- Şengör, A.M.C., 1979. The north Anatolian transform fault: first age, offset and tectonic significance. *Journal of Geological Society of London*, 136, 269-282.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Van Andel, T.J.H., 1958. Origin and classification of Cretaceous, Paleocene and Eocene sandstone of Western Venezuela. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 42, 734-763.
- Yalçın, H., 1997. Eosen yaşlı denizaltı volkanizması ile ilişkili İç Kuzey Anadolu zeolit oluşumları, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri AYerbilimleri, 14, 43-56.

- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 1991. Hekimhan çevresi volkanoklastik kayaçlarındaki gömülme diyajenezi ile ilişkili denizel zeolitlerin incelenmesi. V. Ulusal Kil Sempozyumu, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 16-20 Eylül, Bildiriler Kitabı (Ed. M.Zor), 127-139.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2002. Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası: denizsuyu-kayaç etkileşimine bir örnek. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 19, 1, 81-98.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2003. Sivas Batısındaki (Yıldızeli-Akdağmadeni) hidrotermal kaolin ve I-S oluşumlarının mineralojisi ve jeokimyası. Türkiye Jeoloji Bülteni, 46, 1-23.
- Yalçın, H., Gümüşer, G., 2000. Mineralogic and geochemical characteristics of of Late Cretaceous bentonite deposits at the north of Kelkit valley, Northern Turkey. Clay Minerals, 35, 807-825.
- Yalçın, H., Sezen, T.F., 1999. İznik Gölü güney kesiminde Üst Kretase yaşlı analsim türü zeolit oluşumları. 11. Mühendislik Haftası, Yerbilimleri Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 20-23 Ekim, Bildiriler Kitabı, Cilt I, 146-155.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., Başbüyük, Z., 2004. Kangal Havzası (Sivas Tecer Dağı güneyi) Mg-kil ve Mg-karbonat oluşumlarının incelenmesi. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 21, 1-30.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., Poisson, A., 2000. Sivas havzası merkezi kesiminde Oligo-Miyosen yaşlı paleo-ortamlar-kil mineralojisi ilişkisi. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 17, 53-62.
- Yılmaz, A., 1998. Sivas havzasının jeodinamik evrimi, Türkiye. Ofiyolit-Granitoyid İlişkisiyle Gelişen Demir Yatakları Sempozyumu, 10-13 Eylül 1998, Sivas, 66-82.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H., 2013. Ophiolites and ophiolitic mélanges of Turkey: a review. Türkiye Jeoloji Bülteni, 56, 61-114.
- Yılmaz, A., Sümengen, M., Terlemez, İ., Bilgiç, T., 1989. Sivas ile Şarkışla arasındaki bölgenin jeolojisi. MTA Rap., Der. No: 9090.

Makale Geliş Tarihi : 24 Ağustos 2013

Kabul Tarihi : 21 Ekim 2013

Received : 24 August 2013

Accepted : 21 October 2013