



**Üst Kretase Yaşlı Karababa Formasyonu Fosfat Oluşumlarının  
Mineralojik, Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni (Mardin-Mazıdağı)**

*Mineralogical, Geochemical Properties and Origin of Phosphate Formations in the Upper Cretaceous  
Karababa Formation (Mardin-Mazıdağı)*

**Sema Tetiker<sup>1</sup> , Mesude Yıldırım<sup>2</sup> **

<sup>1</sup> *Batman Üniversitesi, Madencilik ve Maden Çıkarma Teknolojisi Bölümü*

<sup>2</sup> *Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*

• Geliş/Received: 08.03.2021 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 15.06.2021 • Kabul/Accepted: 27.06.2021  
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 06.08.2021 • Baskı/Printed: 25.08.2021

*Araştırma Makalesi/Research Article*

*Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

**Öz:** Bu çalışmada Arap Plakası'nın kuzeyini temsil eden Mardin-Mazıdağı yöresinde fosfatlı sedimanter kayalar içeren Üst Kretase yaşlı Karababa Formasyonu incelenmiştir. Stratigrafik istif sırasıyla; i) nodüler çört yumruları ve fosil kavkaları içeren gri bej renkli ince-orta taneli fosforit seviyeleri içeren Karataş üyesi, ii) kireçtaşı-marn ardalanmasından oluşan Ekinciler üyesi ve iii) killi kireçtaşı ile temsil edilen Evciler üyesi olmak üzere üç üyeye ayrılmıştır. Yüzeysel istiflerden toplanan çok sayıda el örnekleri Optik Mikroskopi (OM) ve Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) altında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Fosforit kayaları ve mikritik kireçtaşları içerisinde optik izotrop pelletik apatit mineralleri (%37 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kemik parçaları, balık dişleri ve brakiyopod kabukları gibi omurgasız fosil parçaları içermektedir. Karababa Formasyonu fosforitleri çok sığ, kıyıya yakın veya düşük enerjili bir ortamda çökeldiği yorumuna gidilmiştir. X-ışınları kırınımı (XRD) incelemelerine göre; fosfat, silis ve karbonat kayaları apatit (karbonat florapatit: CFA), kalsit, kuvars, ender feldispat, dolomit ve kil (simektit, paligorskit, illit, kaolinit, klorit, sepiyolit, karışık tabakalı illit-vermikülit ve klorit-vermikülit) mineralleri içermektedir. Apatit minerallerinin toplam eser element konsantrasyonları 2436-2456 ppm arasında değişmekte olup, kondrit normalize toplam derişimleri sırasıyla P için 664,98 ppm, Sr için 208,33 ppm ve Y için 33,66 ppm olarak Kuzey Amerika Şeyl Bileşimi (NASC) den daha yüksek miktarlara sahiptir. Apatit, paligorskit/sepiyolit ve simektit türü kil mineralleri denizel ortamda otijenik, karışık tabakalı mineralleri ise neoformasyon ve/veya transformasyon süreçleriyle oluşmuştur. Karababa Formasyonu fosfat oluşumları Üst Kretase döneminde Neotetis okyanusunun evrimi ile ilişkili tektonik hareketlere bağlı deniz seviyesindeki değişimlerle birlikte gelişen biyojenik ve biyojeokimyasal faaliyetlere bağlı olarak mineral oluşum süreçlerinin gerçekleştiği biçiminde değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arap Plakası, Fosfat, Karbonatflorapatit (CFA), Otijenik, Paligorskit, REE.

**Abstract:** The study investigated phosphate-rich sedimentary rocks in the Late Cretaceous Karababa Formation in the Mardin-Mazıdağ region, which represents the northern part of the Arabian Plate. The stratigraphic succession is divided into three members as i) Karataş: ellipsoidal gray-colored, largely weathered, fossiliferous shelly micritic limestone, ii) Ekinciler: dolomitic cherty limestone interbedded with marls, and iii) Evciler: argillaceous limestone with common phosphatic horizons. Large numbers of hand samples, collected from the outcrop successions, were carefully studied with optic microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM). They indicate the presence of optical isotropic pelletal apatite minerals (37% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), bone fragments, fish teeth, and invertebrate fossil fragments like brachiopod shells in phosphorite rocks and micritic limestone. The phosphorites in the Karababa Formation are interpreted to have been deposited in a very shallow, near-shore or low energy environment. The X-ray diffraction

\* Yazışma /Correspondence: sema.tetiker@batman.edu.tr

*(XRD) method confirmed the presence of apatite (carbonate fluorapatite: CFA), calcite, quartz, rare feldspar, dolomite, and clay (smectite, palygorskite, illite, kaolinite, chlorite, sepiolite, mixed layered illite-vermiculite, and chlorite-vermiculite) in phosphatic, silicic and other carbonate rocks. Total trace element concentrations in apatite minerals range from 2436 ppm to 2456 ppm, with total concentrations normalized to chondrite (ppm) higher than North America Shale Composite (NASC) at 664.98 ppm for P, 208.33 ppm for Sr and 33.66 ppm for Y. Common occurrences of apatite, palygorskite/sepiolite, and smectite clay minerals in various sections of the Karababa Formation were interpreted as authigenic minerals in the marine environment. However, occurrences of mixed layered clay minerals were interpreted as a result of neoformation and/or transformation processes. The phosphate occurrences in the Karababa Formation are considered to form due to mineral formation processes occurring via biogenic and biogeochemical activities that developed with the changes in sea level linked to tectonic movements associated with the evolution of the Neotethyan ocean during the Upper Cretaceous period.*

**Keywords:** Arabian Plate, Authigenic, Carbonate fluorapatite (CFA), Palygorskite, Phosphate, REE.

## GİRİŞ

Dünya üzerindeki fosfat oluşumları ve cevher minerali olarak işletilmeleri endüstriyel anlamda büyük önem taşımaktadır. Dünya fosfat üretimi 2015’li yıllarda yaklaşık 44,2 milyon ton olarak belirlenmiştir. Bu üretim %80 oranında sedimanter fosfat çökellerinden karşılanmaktadır ve en önemli sahalar Afrika (Fas ve Batı Sahara) olup, bu alanlarda yılda yaklaşık 50 milyon ton üretim gerçekleştirilmektedir (Simandl vd., 2012). Birçok kullanım alanına sahip olan fosfat cevheri, gübre (%90) ve kimya (%10) sanayilerinde yoğun kullanım alanına sahiptir. Ayrıca fosfat içeren kayalarda bulunan apatitin endüstriyel cevher minerali olarak kullanılması, bu minerallerde zenginleşen REE (V, U, F, Ag, Cd, Cr, Mo, As, Se, Sr, Te, Zn) ve diğer elementler (U, Th, Cd, Tl, Se ve Hg) ile yakından ilişkilidir.

Ana fosfat yataklarının sadece deniz koşulları altında oluşmadığı bilinmektedir. Bu yatakların oluşumu, paleokanografik, paleocoğrafik, paleoklimatik ve diğer faktörlerin birlikte gerçekleşmesi durumunda ve çoğunlukla, mineral ve iyonlarca zengin bir suyun, sığ bir deniz ortamına gelmesi ve ardından üretken biyota gelişimi söz konusu olduğunda gelişmektedir (Orris ve Chernoff, 2004).

Sedimanter fosfat yatakları birincil ve ikincil kökenli olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Bu yataklar 10-100 km uzunlukta yayılım gösterebilen ve 1-10 metreden daha az kalınlıkta tabakalı veya göz şekilli yataklardır. Mineralli zonlar fosforit (>%18 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) veya fosfatik kayalar (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> <%18) içermektedir. Başlıca cevher mineralii yaygın olarak laminalı, pellet, polit, nodül ve kemik parçaları veya kavkı şekilli mikrokristalin frankolit mineralidir.

Fosfat çökellerinin özellikle Kambriyen, Permiyen, Jura, Kretase, Eosen ve Miyosen dönemlerindeki yoğun bir şekilde oluşumları rapor edilmiştir (Cook ve McElhinny, 1979). Özellikle Kretase-Eosen zaman aralığında Tetis evrimi ile ilişkili Arap levhasının kuzeyinde birçok alanda fosfat oluşumlarının geliştiği bilinmektedir (Soudry vd., 2006). Denizel fosfat yataklarının dünyada bulunduğu başlıca yerler ise Suudi Arabistan, Irak, Fas, Tunus, Cezayir, Mısır, Ürdün, İsrail, Rusya, ABD ve Türkiye’dir (Mardin-Mazıdağı).

Birincil fosfat kökenli denizel fosfat oluşumlarının özelliklerinin belirlenmesi istifin çökeltme ortam koşullarının yanı sıra, kaynak özelliklerinin anlaşılmasında da önemli veriler sağlayabilmektedir. Buna ek olarak, fosfat oluşumları ve çökeltme ortamında birlikte çökelen

farklı kökenli birincil ve ikincil cevher mineral oluşumlarının bulunması havza evriminin yorumlanmasının yanı sıra endüstriyel hammadde kaynakları açısından da önemli olmaktadır.

Bu çalışma Yüksek Lisans tez kapsamında elde edilen verilerden itibaren düzenlenmiştir (Yıldırım, 2019). Çalışmada Güneydoğu Anadolu bölgesi Mardin-Mazıdağı yöresinde yüzeyleyen Mardin Grubu'na ait Üst Kretase yaşlı Karababa Formasyonu'nun fosfat içeren kayaç seviyelerinde mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin ayrıntılı incelenmesi ve bölgedeki fosfat yatağının kökeninin aydınlatılması amaçlanmaktadır. Elde edilen detaylı veri sonuçları, bu bölge jeolojisinin ve litolojik birimlerin daha ayrıntılı mineralojik ve jeokimyasal verilerinin anlaşılması açısından önemlidir.

## BÖLGESEL JEOLJİ

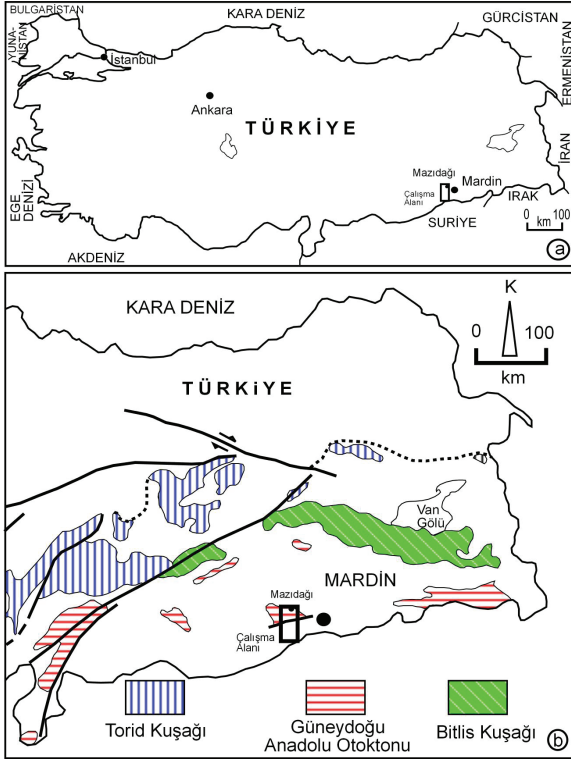
Arap Levhası'nın kuzeyini oluşturan ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi (GAB) olarak bilinen platform, başlıca Bitlis-Pütürge Kristalin Karmaşığı ve Güneydoğu Anadolu Otoktonu (GDAO) kayaçlarını kapsar (Göncüoğlu vd., 1997). GDAO'nu temsil edilen kayaçlar Arabistan levhasının kuzey ucunda yer almakta olup, Prekambriyen yaşlı Kadomiyen temel ve bunu örten Paleozoyik-Tersiyer yaş aralığına sahip sedimanter kayaçlardan oluşmaktadır (Göncüoğlu vd., 1997).

İnceleme alanı, GD Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup, arazideki stratigrafik, sedimantolojik ve örnekleme çalışmaları Mardin (Mazıdağı) bölgesindeki üç farklı üyeyi temsil eden istifler üzerinde yapılmıştır (Şekil 1a). İnceleme alanının kuzeyinde Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı, GD Anadolu Ofiyolit Karmaşığı; batısında ise Toros Kuşağı'na ait kayaçlar bulunmaktadır (Şekil 1b). Bitlis zonu ve batıdaki

uzantısı Pütürge Metamorfitlerinin Neotetisin kapanması sırasında Arabistan levhasının deformasyona uğramış ve metamorfizma geçirmiş bölümü olduğu öne sürülmektedir (Göncüoğlu ve Turhan, 1984). GD Anadolu Kenet zonu boyunca uzanan ve çok sayıda tektonik dilimlerden oluşan GD Anadolu Ofiyolitli Kuşağı Neotetis güney kolunun dalması sırasında yığılmış okyanusal birimler ile dalma-batma prizması kayaçlarından oluşmaktadır. Yılmaz (1993) tarafından ayrırtlanan tektonik kuşaklar (güneyden kuzeye doğru; Arap Platformu, Ekay Zonu ve Nap Bölgesi) açısından ele alındığında; GDAO otoktonu Arap Platformu içerisinde, GD Anadolu Ofiyolitli Kuşağı ve Bitlis-Pütürge Metamorfitleri ise Nap Bölgesi kayaçları içerisinde yer almaktadır.

Çalışma konusunu oluşturan Karababa Formasyonu hakkında genel jeolojik, paleontolojik, mineralojik ve jeokimyasal birçok çalışma yapılmıştır. Beer (1966, 1967) çalışmalarında bölgede üç farklı fasiyes ve iki fosfat horizonu tanımlamıştır. Berker (1972) Güney Doğu Anadolu Bölgesi, Hatay ve Hakkâri arasında uzanan geniş bir alanda ekonomik cevher zonlarını rapor etmiştir. Arda vd. (1976) Mazıdağı-Karataş bölgesi fosfat cevherlerine ait jeokimyasal sonuçlara göre bölgede  $U_3O_8$  ve F rezervi olduğunu bildirmiştir. Çoban (1987) de yapmış olduğu çalışmada Üst Kretase yaşlı neritik kireçtaşları ile arakatkılı Derik-Mazıdağı fosfatlarının şelf ortamında deniz seviyesinin yükseldiği süreçlerde çökelen farklı yapılardaki fosfat oluşumlarının mineralojik bileşimlerini saptamıştır. Varol (1989) Mazıdağı fosfatlarının Üst Kretase'de yükselen derin deniz sularının şelf zonuna fosfat sağladığı dönemde depolanarak çökelen zoofitoplankton'ca (diyatome) zengin organik çamurun fosfatın ana kaynağını oluşturduğunu belirtmiştir. İmamoğlu vd. (2009) Batı Kasrik üyesi (Konyasiyen-Santoniyen) fosfatlarının erken diyajenetik süreçlerle ve çevresindeki detritik getirim olmayan sedimantasyon alanlarının tektonik

yükselmesine bağlı olarak oluştuğu biçimde açıklamıştır. Mülayim vd. (2016) Karababa ve Derdere formasyonlarında farklı 8 mikrofasiyes seviyeleri tanımlamıştır. Yazarlar, bu mikrofasiyes çalışmaları ile Derdere Formasyonu'nun lagünel ve şelf ortamında depolandığını, Karababa Formasyonu'nun ise sığ-derin deniz şelfiçi havzada depolandığını ortaya koymuşlardır.



**Şekil 1. a)** Mazıdağı yöresinde Karababa Formasyonu'nun lokasyon haritası, **b)** Güney Anadolu'nun Tektonik Birlikleri (Göncüoğlu ve diğ., 1997)

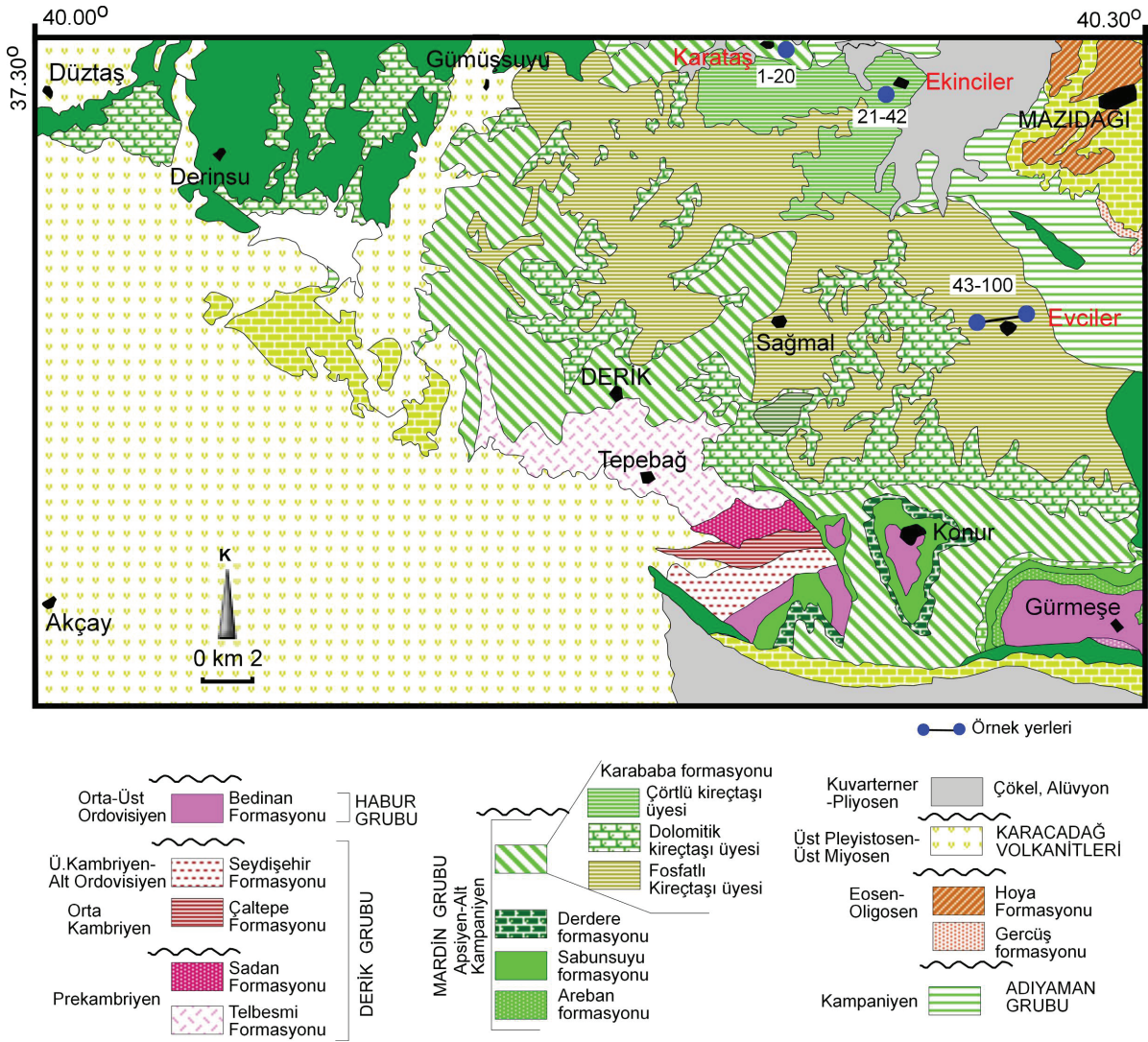
**Figure 1. a)** Location map for the Karababa Formation in the Mazıdağı area, **b)** Tectonic Units of Southern Anatolia (Göncüoğlu et al., 1997).

## STRATİGRAFİ VE LİTOLOJİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yüzeyleyen kayaçların stratigrafik dağılımı incelendiğinde (Yılmaz ve Duran, 1997); bölgede en yaşlı kayaçları Derik Grubu'na ait Prekambriyen yaşlı volkanojenik Telbesmi Formasyonu (Moses, 1934) veya Derik volkanikleri temsil etmektedir (Kellogg, 1960). Bu birimi sırasıyla Kambriyen yaşlı Zabuk (Taylor, 1955), Sadan (Ketin, 1964), Orta Kambriyen yaşlı Koruk (Ketin, 1964) ve Sosink (Taylor, 1955), Alt-Üst Ordovisiyen yaşlı Habur Grubu'na ait Bedinan (Cobb, 1957) ve Halevikdere (Monod vd., 2003) formasyonları izlemektedir. Kretase yaşlı Mardin Grubu kayaçları ise bölgede örtü kayaç konumunda olup, bu birimlerin üstüne uyumsuz olarak gelmektedir (Schmidt, 1935; Tuna 1973; Sungurlu, 1973). Mardin Grubu üzerinde Kampaniyen yaşlı (83,6 milyon yıl önce: MYÖ) Adıyaman Grubu'na ait fosfat ve glokonit içeren kireçtaşı, silisli kireçtaşı ve çörtle temsil edilen Karaboğaz formasyonu uyumsuz olarak gözlenmektedir (Gossage, 1956). Kampaniyen yaşlı olarak kabul edilen birim, derin deniz ve sığ denizel bank/resifal ortamı temsil eden killi ve çörtlü kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şengündüz ve Aras, 1986; Wagner ve Tuna, 1988; Uygur ve Aydemir, 1988; Duran, 1991; Çoruh, 1991; Güven vd., 1991a, 1991b).

Bu çalışmanın konusunu oluşturan Mardin Grubu'na ait Üst Kretase yaşlı Karababa Formasyonu, inceleme alanı Mardin-Mazıdağı yöresinde 1:100.000 ölçekli N44 paftasında kalan alanları kapsamaktadır (Şekil 2). Çalışma alanında Karababa formasyonunu temsil eden 3 farklı lokasyon Karataş Köyü başlangıç:  $37^{\circ}49'45''K / 40^{\circ}29'76''D$  ve bitiş:  $37^{\circ}49'42''K / 40^{\circ}32'94''D$ , Ekinciler Köyü ( $37^{\circ}48'15''K / 40^{\circ}38'81''D$ ) ve Evciler Köyü'nde ( $37^{\circ}40'17''K / 40^{\circ}44'76''D$ ) inceleme yapılmıştır.





Şekil 2. Mardin (Mazıdağı) çevresinin 1/100.000 ölçekli N44 paftasının jeolojik haritası (Umut, 2011).

Figure 2. Simplified geological map (1:100.000 scale) N44 sheet for Mardin (Mazıdağı) and surroundings (Umut, 2011).

Güneydoğu Türkiye’de Üst Kretase yaşlı Karababa Formasyonunu temsil eden stratigrafik istifler batıdan doğuya doğru Amanos dağları, Antakya (Yayladağ), Kilis (Musabeyli), Adıyaman (Gölbaşı, Gerger, Besni), Şanlıurfa (Bozova fayı ve kuzeyinde), Diyarbakır (Çüngüş; Çermik, Hazro), Mardin (Derik), Siirt (Kambosdağ) ve Şırnak (Uludere) yörelerinde mostralar vermektedir. Karababa Formasyonu ilk kez Gossage (1956) tarafından Adıyaman ilinin 32 km güneyinde

yer alan Karababa dağının güney kesiminde tanımlanmıştır. Bu formasyon Sabusuyu, Çiftlik, İnşidere ve Karababa ölçülü stratigrafik kesit alanlarında kuyularda saptanan fosiller temelinde farklı litofasiyelerinin Üst Konyasiyen-Erken Santoniyen ve Santoniyen-? Erken Kampaniyen yaşı aralığında çökeldiği belirtilmiştir (Erenler, 1989; Çoruh, 1991; Çoruh vd., 1997).

İnceleme alanında Karababa Formasyonu üyelerinin Mazıdağı (Mardin) ve civarında ölçülen

kesitteki stratigrafik ve sedimentolojik özelliklerini gösteren kolon kesit Şekil 3'de verilmiştir. İnceleme alanında tabanda Mardin Grubu'na ait Senomaniyen yaşlı kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan Derdere Formasyonu (Handfield vd., 1959) yer almaktadır. Derdere Formasyonu üzerine Koniyaşiyen-Alt Santoniyen yaşlı (89,8 My önce) denizel transgresyon ile Karababa Formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Bu çalışmada Karababa formasyonu fosfat içeriği ve farklı litofasiyes özellikleri gösteren üç üyeye ayrılarak tanımlanmış ve incelenmiştir. Karababa Formasyonu tipik kesit alanları Karataş (32 m), Ekinciler (70 m) ve Evciler (137 m) köyleri olmak üzere üç farklı alanda incelenerek ölçülmüş ve toplam kalınlık 239 m olarak tespit edilmiştir.

Formasyona ait istifin tabanını temsil eden Karataş üyesi, Mazıdağ'ın 16 km kuzeybatısında yer alan Karataş Köyü'nde incelenmiş olup, yörede 32 m kalınlıkta sığ deniz ortamını (kıyı yakını) temsil eden fosfatlı seviyeler bulunur. Birim, tabanda kalınlığı 5 metre olan, gri bej renkli çok ince taneli, ayrılmış, karbonatlı fosforit türü kayalar ile başlamaktadır (Şekil 4a). Bu seviyeler oldukça sert yapıda 2-8 cm çapında beyaz elipsoyidal şekilli çört yumruları ve bol fosil kavkaları içermektedir (Şekil 4b). Fosforit olarak tanımlanan örnekler pekişmemiş kumlara benzerliği ile dikkat çekmektedir. Bu seviyenin üzerine kalınlığı yaklaşık 1 metre kalınlıkta fosfat içeren kireçtaşları gelmektedir. Fosfatlı kireçtaşları üzerine kalınlığı 3 metre olan ve çört nodüllü arakatıkları içeren gri renkli ince taneli fosforitler gelmektedir (Şekil 4c). Üst seviyelerde bej renkli, kalınlığı yaklaşık 2 metre fosfat içeren kireçtaşlarının geldiği saptanmıştır. Bu alanda nodüler çört seviyelerin kalınlıkları 20-30 cm arasında değişmektedir. Kireçtaşlarının tabanında gri bej renkli, kalınlığı 4 metre, yer yer ayrılmış fosforitler bulunmaktadır. Bu seviyenin üzerinde ise beyaz-bej renkli sert fosfatlı karbonat seviyeleri

dikkat çekmektedir (Şekil 4d). Bej renkli çört nodüllerinin 20-50 cm arasında değişen çapda olduğu, içyapılarının ise konsantrik halkalardan oluşan sedimanter yapılar sergilediği gözlenmiştir (Şekil 4e).

Ekinciler üyesi Ekinciler köyü civarında incelenmiş olup üyeyi oluşturan birimler toplam kalınlığı 70 m olan kıyı ilerisi ortamda çökeltmiştir. Kesit tabanda bej renkli kalınlığı 10 metre olan kireçtaşı ile başlamaktadır. Kireçtaşlarının üzerine 15 metre kalınlıkta konkoyidal kırıklı bej renkli killi kireçtaşları ve krem- bej renkli sert marn tabakaları gelmektedir (Şekil 4f). Bu lokasyonda ayrıca krem renkli plaketli dolomitik seviyeler de saptanmıştır. Dolomitik seviyelerin daha üst kısmında yaklaşık 29 metre kalınlıkta beyaz renkli sert killi kireçtaşı görülmektedir. Bu seviyeleri, sırasıyla marn arakatıkları içeren bej renkli sert killi kireçtaşı ve kireçtaşı aralanması takip etmektedir.

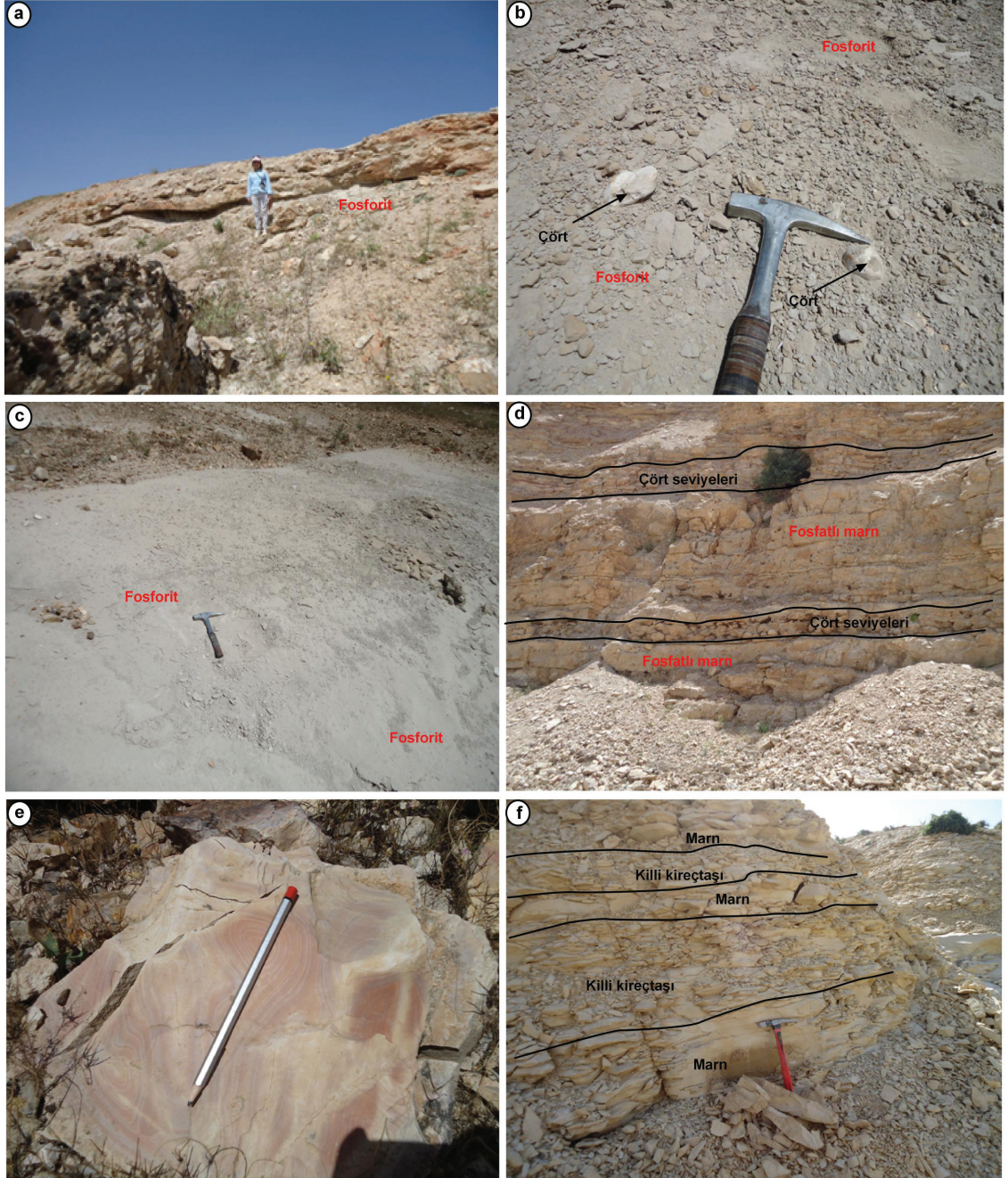
Evciler üyesi olarak tanımlanan üçüncü üye Mazıdağ'ın 11 km güneybatısında yer alan Evciler Köyü kesitinde incelenmiş olup, bu üyeyi oluşturan birimler istifin derinleşen kesimini temsil eden etkin dalga tabanı altındaki kıyı-ötesi ortamında çökeltmiştir. Toplam kalınlığı 137 m olan kesit alanında tanımlanan litolojiler şu şekildedir: Tabanda sarımsı-bej renkli kalınlığı yaklaşık 10 metre olan çört yumruları içeren sert kireçtaşı seviyeleri ile başlamaktadır. Kireçtaşlarının üzerine kalınlığı 20 metre olan gri-bej renkte yapraklanmalı, ayrılmış görünümde killi kireçtaşları gelmektedir. Kireçtaşlarının üzerine 20 metre kalınlıkta gri bej renkli yapraklanmalı marn seviyeleri ve bunu 10 metre kalınlıkta krem renkli killi kireçtaşı seviyeleri takip etmektedir. Marn tabakalarının içerisinde yer ye çört yumruları ve bol fosil kavkaları da içerdiği saptanmıştır. Karababa Formasyonu transgresif istifinin çökeltme ortamının derinliğinin üste doğru artmakta olduğu gözlenmektedir.

YAŞ		GRUP	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	ÇÖKELME ORTAMI
SİSTEM	SERİ							
KRETASE	KONİYASİYEN - ALT SANTONİYEN	MARDİN	KARABABA	Evciler	50 m		Kireçtaşı: Gri-beyaz renkli ince tabakalı 83.6 MYÖ	SİĞ DENİZ (Kıyı ötesi)
					137 m		Kireçtaşı: Gri-bej renkli yapraklanmalı, killi, kavkılı Marn: Gri-brj renkli kireçtaşı arakatlı, çört yumrulu Çört: Bej renkli tabakalı Kireçtaşı: Gri-bej renkli çört yumrulu	
					70 m		Kireçtaşı: Krem-bej renkli, mikritik/sparitik, sert tabakalı, konkoidal kırılmalı, fosil kavkılı Marn: Sarımsı-bej renkli Dolomit: Bej renkli, tabakalı	
SENOMANİYEN	DERDERE	MARDİN	KARABABA	Karataş	32 m		Fosforit: Çört yumrulu, gri-bej-kahve renkli, ince taneli, balık dişleri, kemik ve kavkılı Çört: Gri-bej renkli, yumrulu Kireçtaşı: Krem renkli, mikritik, kavkılı, fosfatlı ve çört yumrulu Fosforit: Gri-bej renkli pelletik, ince taneli, çörtlü, kemik ve kavkılı	SİĞ DENİZ (Kıyı yakını)
					183 m		Kireçtaşı: Beyaz, orta-kalın tabakalı, marn arakatlı	
					89.8 MYÖ		Kavkı Fosforit	

Şekil 3. Geç Kretase yaşlı Karababa Formasyonu üyelerinin Mazıdağı ve çevresinde ölçülen kesitteki stratigrafik ve sedimentolojik özelliklerini gösteren kolon kesit (MYÖ: Milyon Yıl Önce).

Figure 3. Columnar section showing stratigraphy and sedimentological features of members belonging to the Karababa Formation measured around Mazıdağı.





**Şekil 4.** Karababa Formasyonu'na ait üyelerin arazi görünüşleri, **a)** Gri bej renkli karbonatlı fosforit seviyeleri (Karataş köyü güneybatısı), **b)** Beyaz çört yumrulu pekişmemiş fosforit seviyeleri (Karataş Köyü güneybatısı), **c)** Tabanda ayrılmış görümlü gri renkli fosforit ve üstte bej renkli sert fosfatlı kireçtaşı tabakaları (Karataş Köyü), **d)** Gri-bej renkli iri çört nodülleri ve fosfatlı marn seviyelerinin ardalanması (Karataş Köyü güneyi), **e)** İri çört nodülleri içerisinde konsantrik halka oluşumları, **f)** Konkoyidal kırıklar gösteren bej renkli killi kireçtaşları ve krem- bej renkli sert marn tabakaları (Ekinciler Köyü).

**Figure 4.** Field views of members belonging to the Karababa Formation, **a)** Gray-beige-colored carbonate phosphorite levels (southwest of Karataş village), **b)** Unconsolidated phosphorite levels of nodular white chert



(southwest of Karataş Village), **c**) Weathered gray colored phosphoritic at the base and beige-colored hard phosphate limestone layers on top (Karataş Village), **d**) Alternations of gray-beige-colored large chert nodules and phosphate marl levels (south of Karataş Village), **e**) The highest ring formations with large chert nodules, **f**) Beige clayey limestones showing conchoidal fractures and cream-beige hard marl layers (Ekinciler Village).

## MATERYAL VE YÖNTEM

Mardin (Mazıdağı) çevresindeki Karababa Formasyonu'nu temsil eden kayaçlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin saptanması amacıyla arazi çalışmasında çoğunluğu ölçülü kesitler boyunca yaklaşık 1 kg ağırlığında toplam 99 adet örnek derlenmiştir (Yıldırım, 2019).

Sunulan bu çalışmada alttan Aydınlatmalı Polarizan Mikroskop, X-ışınları difraktometresi ve İndüktif Plazma -Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazlarına dayalı incelemeler yapılmıştır. Bunlar sırasıyla ince kesitlerden itibaren optik mikroskopi (OM), taramalı elektron mikroskop incelemeleri (SEM), X-ışınları difraksiyonu (XRD) tümkayaç (TK), kil fraksiyonu (KF) ve jeokimyasal analizleri (ICP-MS) kapsamaktadır. Bunlardan petrografik incelemeler bütünüyle Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde; Kırma-Öğütme-Eleme, Kil Ayırma ve XRD analizleri Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Araştırma Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Kimyasal analizler ise Acme Laboratuvarları'nda (Kanada) gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma için seçilen örnekler Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği İnce Kesit Laboratuvarında lam preparatlar biçiminde hazırlanmıştır. Optik mikroskop incelemeleri NIKON ve LEICA marka trinoküler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskobunda yapılmıştır.

XRD çalışmalarında kullanılan örneklerden sert olanlar önce 3-5 cm'lik parçalar halinde

çekile kırıldıktan sonra RETSCH marka BB-100 model marka çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde ve RETSCH marka RM-200 model tungsten karbid çanaklı öğütücüde kayaçların sertlik durumuna göre ortalama 10-20 dk süreyle öğütülmüştür. Bu şekilde elde edilen toz malzeme plastik (polietilen) poşetler içine konulup etiklendikten sonra çözümlenmeler için hazır duruma getirilmiştir. XRD çözümlenmeleri Rigaku marka Miniflex-II 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 = 2θ = 5-35°) yapılmıştır. Seviyelerden alınan kayaçlarda tümkayaç ve kil boyu bileşenleri (<2 µm) tanımlanmış (J.C.P.D.S., 1990) ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi (Brindley, 1980) esas alınarak hesaplanmıştır. Tüm kayaç ve kil fraksiyonu hesaplamalarında tüm kayaç için dolomit, kil fraksiyonu için glikollü çekimlerden itibaren kaolinit minerali (Yalçın ve Bozkaya, 2002), d-mesafeleri için kuvars iç standart olarak kullanılmıştır. Kil mineralleri (001) bazal yansımalarına göre tanımlanmıştır.

Saf ve saf yakın olarak hazırlanmış fillosilikat / kil fraksiyonu ve apatit minerallerinde ana, iz ve nadir toprak element (REE) çözümlenmeleri Kanada'daki Acme Laboratories Ltd. (Acmelabs) şirketine yaptırılmıştır. Ana element çözümlenmelerinde lityum metaborat/tetraborat füzyon ICP, iz/eser ve REE çözümlenmelerinde ICP-MS yöntemleri kullanılmış olup, analiz yönteminin ayrıntıları ve aletsel deteksiyon limitleri firmanın web sayfasında yer almaktadır (<http://www.acmelab.com/>).

SEM incelemeleri Ankara Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü Mineraloji ve Petrografi Araştırma Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Farklı litolojileri temsil eden 10 adet örnek üzerinde IXRF-EDS sistemine sahip SEM JEOL marka JSM-6490 LV taramalı elektron mikroskobu ile inceleme yapılmıştır. Aletsel koşullar Zaman

Sabiti (TC) = 32,0, kV = 20,0, WD = 22 mm olarak düzenlenmiştir.

## PETROGRAFİ

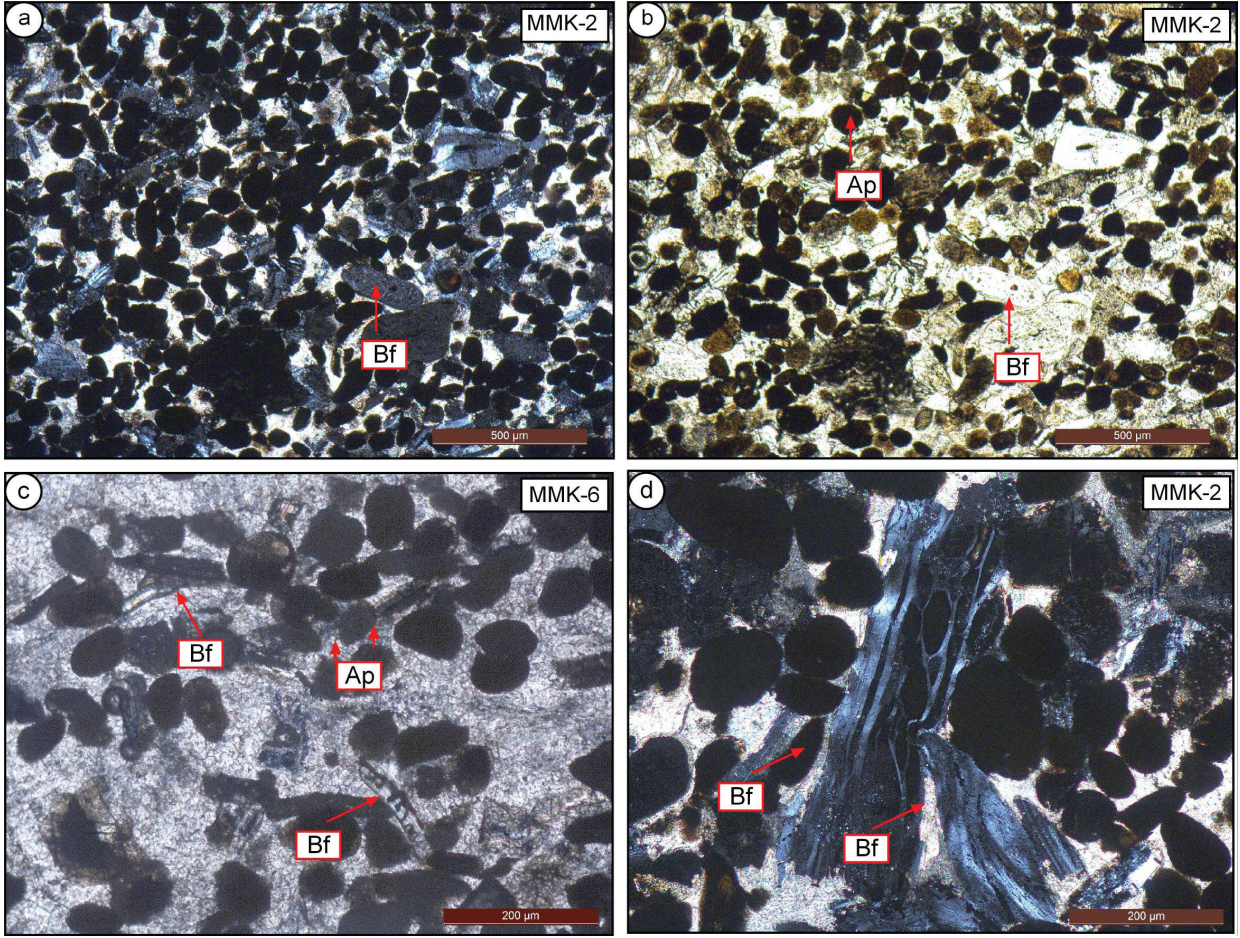
### İnce-Kesit Petrografisi

Birime ait karbonat (fosfopelmikrit, pelmikrit, mikrit, biyomikrit, mikrosparit, biyomikrosparit) kayaç türleri mikritik ve sparitik dokuya sahip kireçtaşlarıdır. Karababa Formasyonu'nda ortokemi mikritik ve sparitik çimento, allokemleri kavkı, pellet, kemik parçaları (balık dişleri), silt boyutunda kuvars ve feldispat taneleri oluşturmaktadır. Mikritik dokulu kireçtaşlarında bol miktarda pellet, kemik parçaları ve fosil kavkıları bulunmaktadır (Şekil 5a). Bu kayaçların dokusal özellikleri, allokem ve ortokem bileşimleri, mineralojik bileşimleri Folk (1962) çalışması temel alınarak ayrıntılı olarak adlandırılmıştır. Özellikle pellet ve kemik parçalarının fosfatlaşmış bileşimini temsil eden apatit minerallerinin (X-ışınları Difraksiyonu (XRD) ile belirlenen) bolluğuna (> %15) göre bazı kayaçlarda adlandırmada “fosfo” ön eki kullanılmıştır. Karababa Formasyonu'nun ilk üyesini temsil eden alanlarda gözlenen kayaçlar mikritik dokulu olup, allokemleri pellet, kemik parçaları (bone fragment) ve kayaç parçaları oluşturmaktadır. Pelletler küresel ve elipsoyidal şekilde olup, izotrop görünüm sergilemektedir (Şekil 5b). Pelletler 50-200 µm arasında değişen boyutlara sahiptir. Bazı türleri ışığı geçirirken bazı türleri polarize ışığı geçirmemekte olup izotrop görünüm sunmaktadır (Şekil 5c). Bu kayaçlarda ayrıca iri kayaç parçalarına da rastlanılmıştır. Allokemler mikritik çimento içerisinde dağılmış durumda gözlenmektedir. Allokemlerden kemik parçaları ise levhamsı bir görünüm sunmakla

birlikte renksiz olarak gözlenmektedir (Şekil 5d). Bu kayaçlarda izotrop görünümlü pelletler ve farklı şekilli kemik ve diş? kalıntıları tipik olarak ortaya çıkmaktadır. Ortokem, allokem ve mineral bileşimine göre bu kayaçlar fosfopelmikrit olarak adlandırılmıştır. Formasyonun diğer üyelerini temsil eden kayaçlar ise ortokem bileşimi mikritik yer yer de sparitik doku gösteren kireçtaşlarıdır. Bu kayaçlarda tali mineraller (apatit) ve az miktarlarda kuvars, feldispat (plajiyoklaz), serizit, mika (muskovit) bulunmaktadır. Ayrıca bu kayaçlarda mikrolaminasyonlar da gözlenmektedir. Gözeneklerde kuvars ve feldispat mineralleri bulunmaktadır. Bu kayaçlar ortokem ve allokem bileşimlerine göre biyomikrit olarak adlandırılmıştır.

Formasyonun diğer seviyelerinde (Ekinciler ve Evciler) benzer kayaç türleri bulunmaktadır. Mikritik ve/veya sparitik dokulu bu kayaçlarda ise bol fosil kavkıları yer almasıdır. Fosil kavkıları boyutları ve türlerine göre değişiklik sunmaktadır (Şekil 6a ve b). Bu kayaçlarda aynı zamanda izotrop FeO seviyeleri de bulunmaktadır. Çatlaklar kalsit dolgululu olup, kuvars ve feldispat mineralleri gözeneklerinde yer almaktadır. Allokem ve ortokem bileşimlerine göre bu kayaçlar biyomikrit ve biyomikrosparit olarak adlandırılmıştır. Çört türü kayaçlar bütünüyle mikrokristalin silis minerallerinden oluşmaktadır. Bu kayaçlarda kalsit mineralleri özşekilli olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kayaçlarda ayrıca bıçak şekilli 500-2000 µm arasında değişen boyutlara sahip olasılıkla balık dişleri (fish teeth) olduğu düşünülen, kuvars dolgululu fosiller de saptanmıştır (Şekil 6c). Biyomikrosparit örnekleri fosil kavkılarından bol miktarda *milliloides* türleri saptanmıştır (Şekil 6d).





**Şekil 5.** Karababa Formasyonu Karataş üyesi kayaçlarına ait optik mikrofotograf görüntüleri, **a)** Fosfopelmikrit örneğinde pelletik apatit mineralleri ve kemik parçaları (çift nikol: CN), **b ve c)** Fosfopelmikrit örneğinde optik izotrop görünümde pelletik apatit mineralleri ve levhamsı kemik parçaları (tek nikol: TN), **d)** Fosfopelmikrit örneğinde izotrop görünümde pelletik apatit mineralleri ve fosfatlaşmış iri kemik parçaları (çift nikol, CN) (Ap: Apatit, Bf: Kemik parçaları).

**Figure 5.** Optical microphotographs of rocks from the Karataş member belonging to the Karababa Formation, **a)** Pelletitic apatite minerals and bone fragments in a phosphopelmicrite sample (crossed polarized light/crossed polars: CN), **b and c)** Optic isotropic pelletitic apatite minerals and platy bone fragments (CN, plane polarized light: TN) in a phosphopelmicrite sample, **d)** Isotropic pelletitic apatite minerals and phosphatized large bone fragments (CN) in a phosphopelmicrite sample (Ap: Apatite, Bf: Bone fragments).

### Taramalı Elektron Mikroskop İncelemeleri

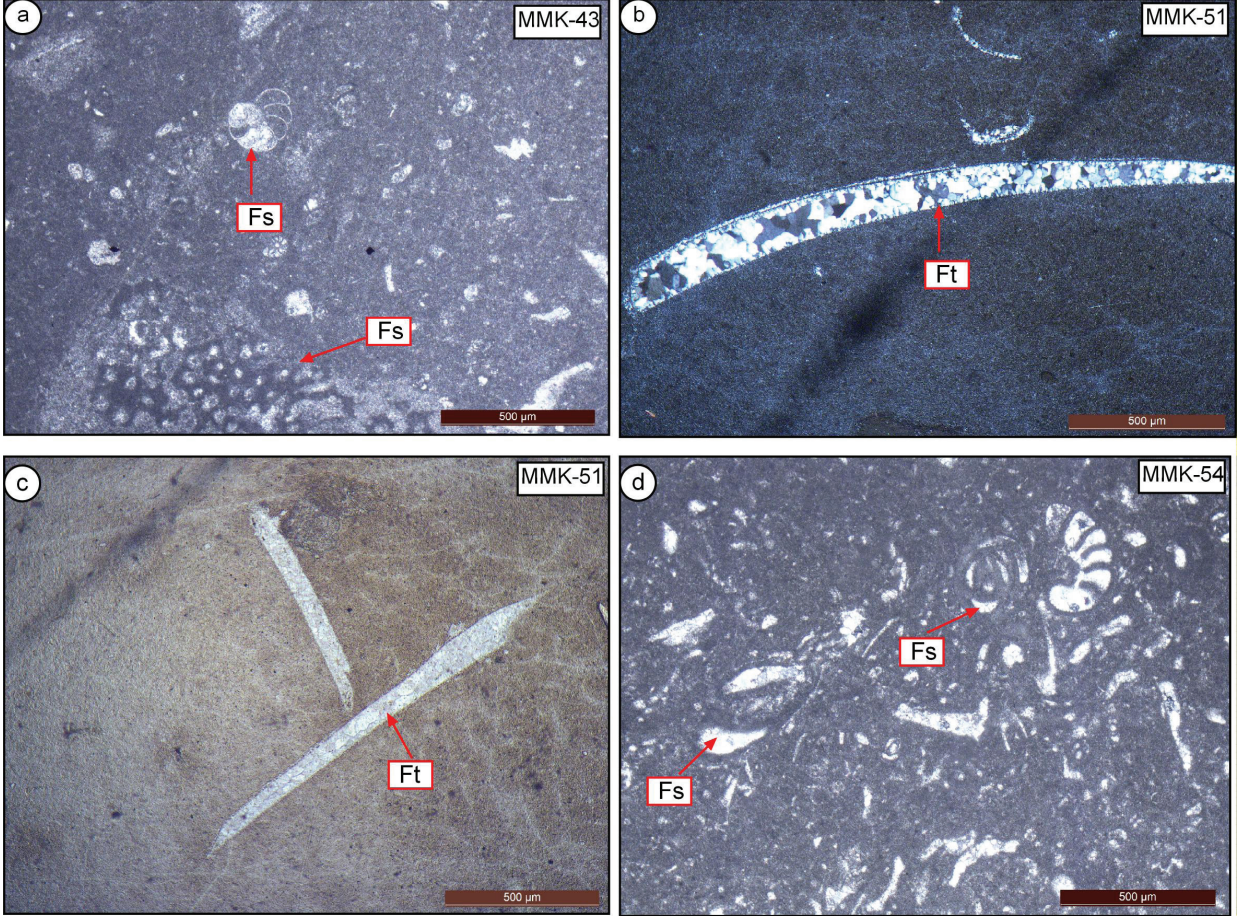
Çoğunlukla karbonat ve kil mineralleri içeren ve 7 farklı litoloji ve parajenez sunan örnekler üzerinde yapılan SEM incelemelerine göre kayaçların dokusal ve özellikle apatit ve kil minerallerinin (simektit, illit, paligorskit) morfolojik özellikleri önemli farklılıklar sunmaktadır.

Fosfopelmikrit olarak tanımlanan örneklerde özellikle apatit mineralleri küresel ve elipsoyidal şekiller sunmakta olup, boyutları 100-200 µm arasında değişmektedir (Şekil 7a, b). Taneler oldukça gevşek çimento malzemesi tarafından doldurulmuştur. Apatit minerallerinin, çevresindeki kalsit ve/veya mikrokristalin apatit bileşiminde,



çimento içerisinde bağımsız görünümde olması, bu minerallerin doğrudan oluştuğu izlenimi vermektedir (Şekil 7c, d). Apatit mineraline ait EDS spektrum sonuçlarında ağırlıkça yaklaşık P, Ca ve F elementleri saptanmıştır (Şekil 8). EDS sonuçlarına göre elde edilen kimyasal bileşim XRD ile tanımlanmış olan karbonatflorapatit (CFA)

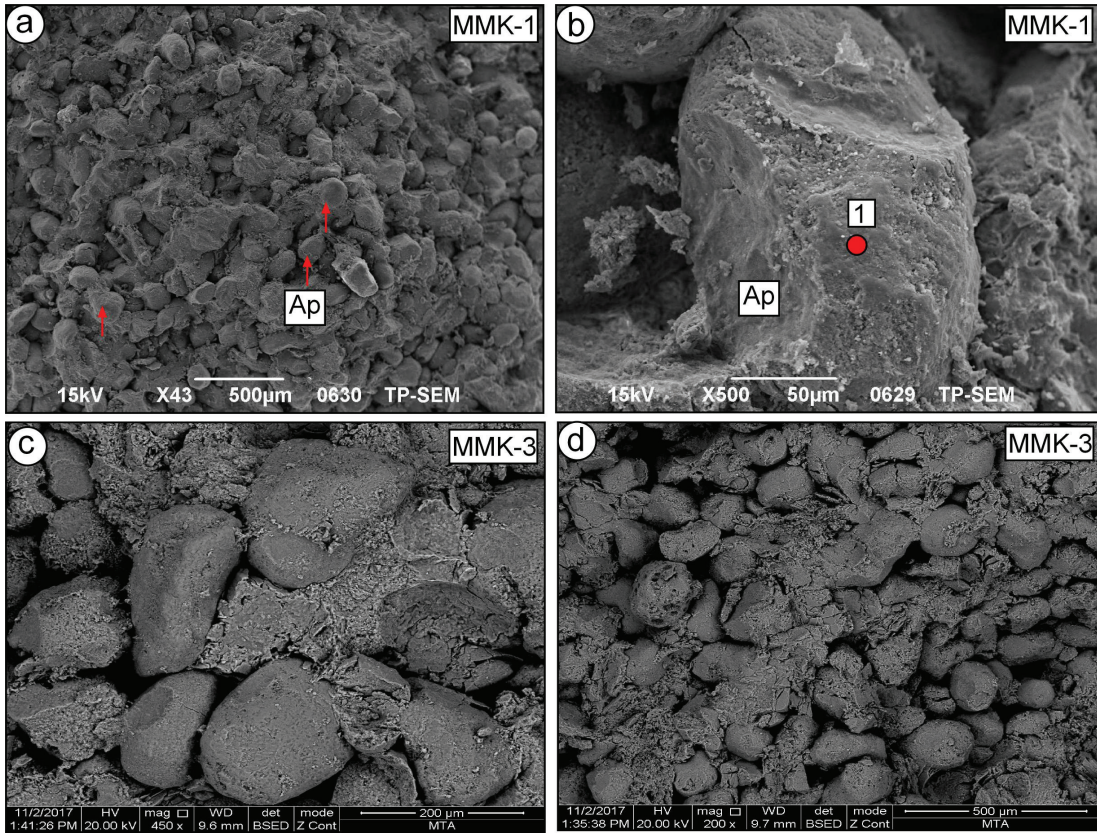
tanımlaması ile uyumludur. Apatit mineralleri bazı kayalarda kalın levhamsı bir görünümde ortaya çıkmaktadır. Bu oluşumlar olasılıkla fosfatlaşmış kemik parçaları olarak değerlendirilmiştir. Bu kayalarda, ender de olsa gözeneklerde yapraksı simektit oluşumları da gözlenmiştir.



**Şekil 6.** Karababa Formasyonu Ekinciler ve Evciler üyesi kayalarına ait optik mikrofotograf görüntüleri, **a)** Biyomikrosparitte fosil kavkılarının optik mikrofotograf görüntüsü (TN) **b)** Tamamıyla silisleşmiş seviyelerde çört örneğinde silis dolgululu balık dişleri (CN), **c)** Çört örneğinde kama şekilli mikro balık dişleri (TN), **d)** Biyomikrosparit örneğinde milliloides fosil kavkılarının optik mikrofotograf görüntüsü (TN) (Fs: Fosil, Ft: balık dişleri).

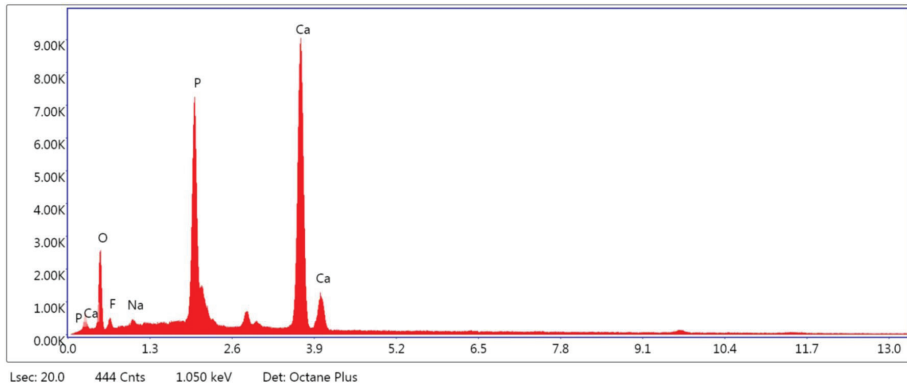
**Figure 6.** Optical microphotographs of rocks from the Ekinciler and Evciler members of the Karababa Formation, **a)** Fossil shells in biomicrosparite (TN), **b)** Silica filled fish teeth in chert sample at completely silicified levels (CN), **c)** Wedge-shaped micro fish teeth in chert sample (TN), **d)** Milliloides fossil shells in the biomicrosparite sample (TN) (Fs: Fossil, Ft: fish teeth).





Şekil 7. Karababa Formasyonu fosfopelmicrit örneğinin SEM mikrofotografı (Karataş üyesi), **a**) elipsoidal apatit mineralleri ve mikrokristalin karbonat/apatit çimento, **b**) özşekli apatit mineralleri (1: EDS spektrum noktası), **c**) iri taneli apatit minerallerini çevreleyen mikrokristalin karbonat ve apatitik çimento, **d**) Özşekli apatit mineralleri (Ap: Apatit).

**Figure 7.** SEM microphotographs of the Karababa Formation phosphopelmicrite sample (Karataş member), **a**) ellipsoidal apatite minerals and microcrystalline carbonate/apatite cement, **b**) euhedral apatite minerals (1: EDS spectrum point), **c**) microcrystalline carbonate and apatitic cement surrounding coarse-grained apatite minerals, **d**) Euhedral apatite minerals (Ap: Apatite).



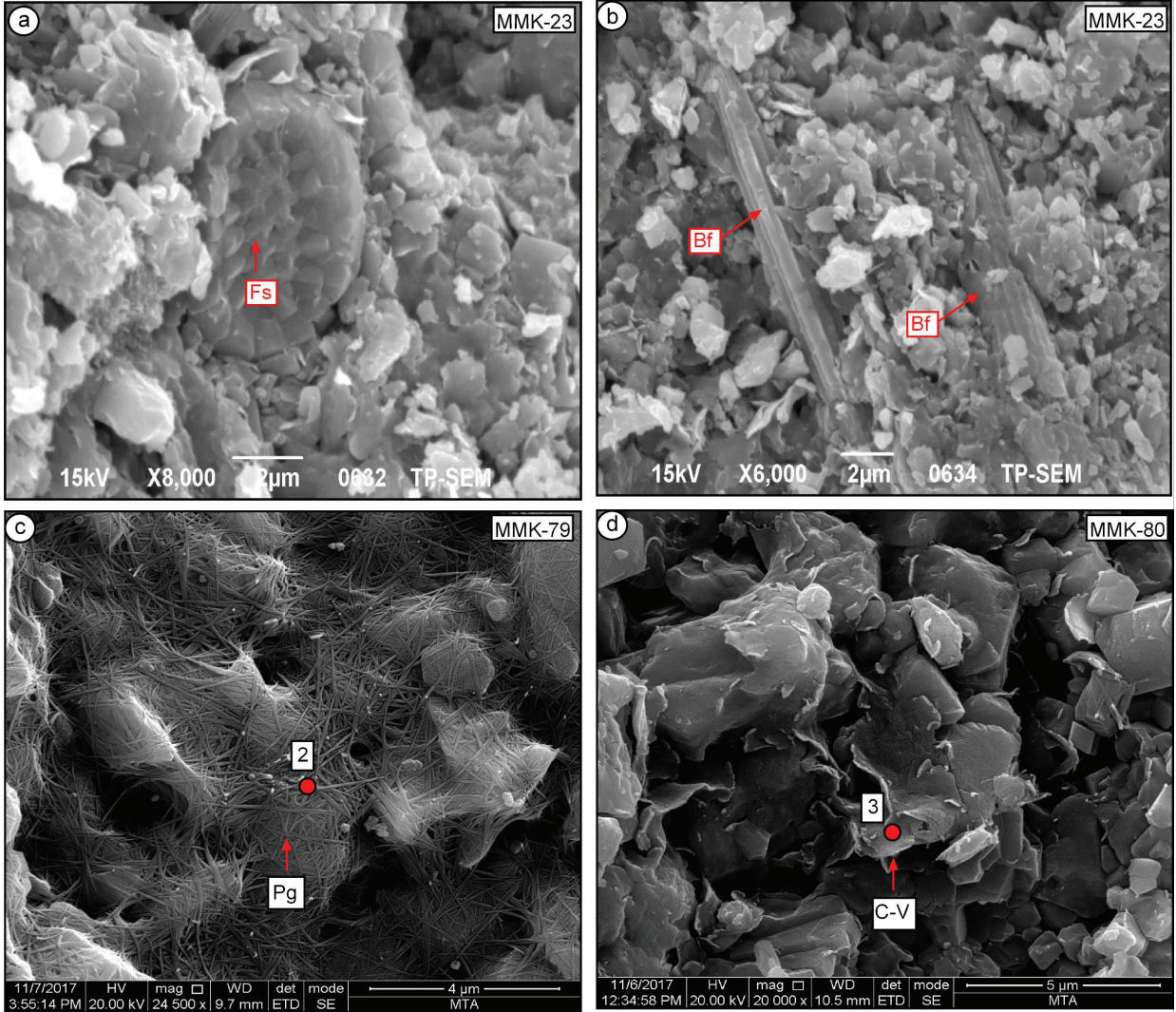
Şekil 8. Apatit minerallerinde 1 nolu alanda EDS spektrum sonucu.

**Figure 8.** EDS spectrum result for area 1 in apatite minerals.



Biyomikrosparit örneğinde mikrosparitik çimento içerisinde farklı türde fosil kavkaları bulunmaktadır (Şekil 9a). Bu örneklerde gözeneklerde yapraksı simektit oluşumları

da saptanmıştır. Levhamsı kemik parçaları da gözlenmiştir (Şekil 9b). Ayrıca matrikste ayrıca 1-2 µm uzunlukta ışınsal paligorskite lifleri de gözlenmiştir.



**Şekil 9.** Karababa Formasyonuna ait örneklerin SEM mikrofotografaları (Ekinciler ve Evciler üyesi, **a**) biyomikrosparit örneğinde fosil kavkaları, **b**) biyomikrosparit örneğinde levhamsı kemik parçaları, **c**) marn örneğinde ışınsal paligorskite oluşumlarında örgüsel liflerin görüntüsü, **d**) kalın yapraklar biçiminde C-V mineralleri (C-V: Klorit-vermikülit, Pg: Paligorskite).

**Figure 9.** SEM microphotographs of samples belonging to the Karababa Formation (Ekinciler and Evciler members), **a**) fossil shells in biomicrosparite sample, **b**) platy bone fragments in biomicrosparite sample, **c**) image of woven fibers in radial paligorskite formation in marl sample, **d**) C-V minerals in the form of thick leaves (C-V: Chlorite-Vermiculite, Pg: Palygorskite).

Marn türü kayalarda özellikle XRD sonuçlarında ortaya çıkan paligorskit minerallerinin SEM incelenmesi ve bu minerallerin tanımlanması amacıyla kil oranı yüksek olan kayalar seçilmiştir. Bu kayalarda ender de olsa dolomit minerallerine rastlanılmıştır. Paligorskit minerallerinin bulunduğu örneklerde dolomit minerallerine rastlanılmış olması bu mineralin dolomit minerallerinin bozunması sonucu veya ortama taşınan Mg iyonları (ofiyolitik oluşum) ile oluşan neoformasyon mineralleri olduğu biçiminde değerlendirilmiştir. Paligorskit mineralleri kalın (lata) ve ağsı kümeler şeklinde gözlenmektedir. Matriks içinde olduğu düşünülen diğer kil minerali ise karışık tabakalı illit-vermikülit (I-V) mineralleri olup, yapraksı görünümleri dikkat çekmektedir. İnce-uzun-ışınal örgüsel görünümdeki paligorskit/sepiyolit? lifleri oldukça uzun olup, 8 µm'den daha büyük boyutta olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 9c).

Karababa Formasyonu marn örneğinin kalsit mineralleri özşekilli kristaller şeklinde gözlenmektedir. Marn kayacının karbonat mineralleri içerisinde matrikste lifsel paligorskit mineralleri tipiktir. Paligorskitler 2 µm'den daha uzun boyutlara sahiptir. Paligorskitler kalın görünümde yumaklar biçiminde dağılmaktadır. Bu mineraller yer yer ince ışınal lifler şeklinde de (sepiyolit?) bulunmaktadır. Formasyona ait diğer bir marn örneğinde yapılan SEM incelemelerinde matrikste lifsel paligorskit yumak oluşumları gözlenmiştir. Marn örneklerinde parajenezeye katılan diğer kil mineral türü ise karışık tabakalı klorit-vermikülit (C-V) olup, kalın yapraklar biçiminde bulunmaktadır (Şekil 9d). Bu örnekte yapılan EDS analizleri dolomit minerallerinde Ca ve Mg bileşimini ortaya koymuştur. Ayrıca paligorskit/sepiyolit? mineralinin EDS sonuçlarında ise Mg, Al, Ca, Fe ve K elementleri dikkat çekmektedir. Aynı örnekte EDS spektrum noktasında elde edilen kimyasal analiz sonucuna göre karışık tabakalı C-V minerali için Fe, Mg, Ca ve K element pikleri ortaya çıkmıştır.

## X-Işını Difraksiyon İncelemeleri

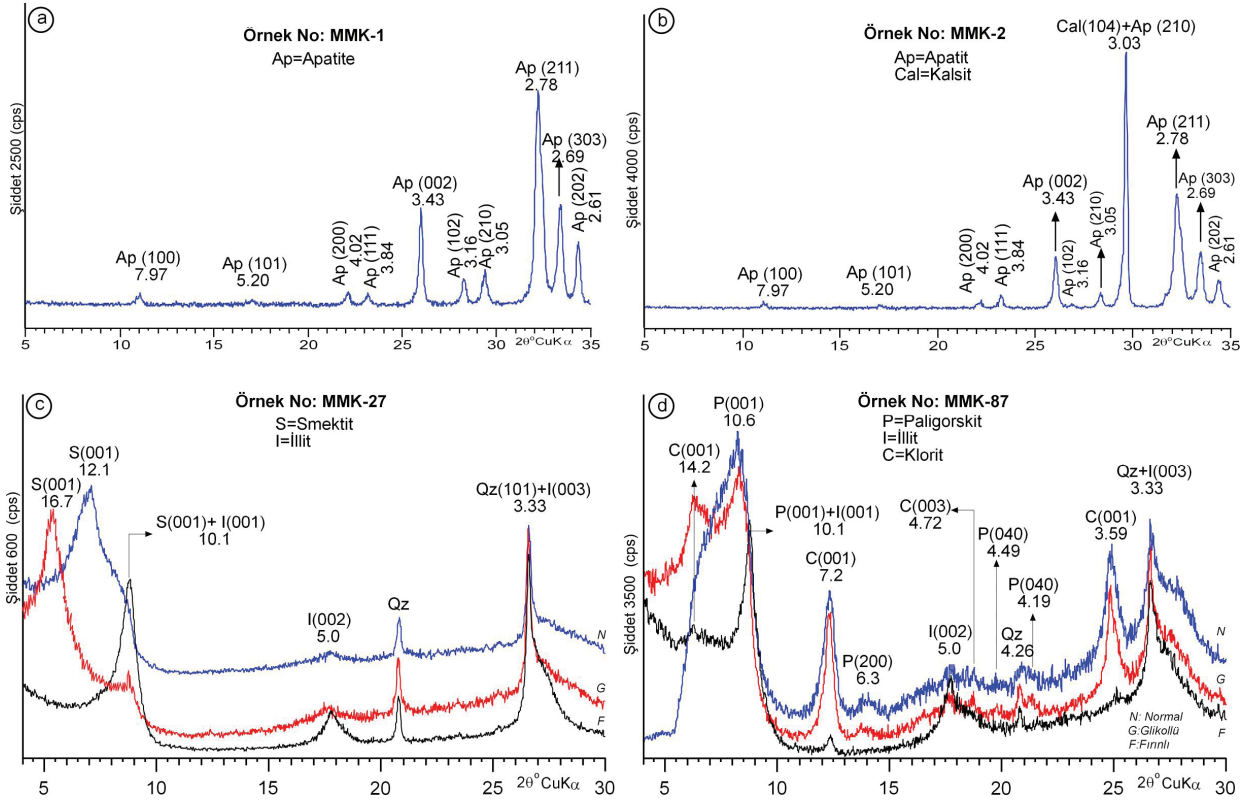
GDAO'da Karababa Formasyonunu oluşturan üyeleri kapsayan fosfatlı (fosforit, karbonatlı fosforit, silisli fosforit), silisli (çört), ve karbonat (fosfatlı kireçtaşı, kireçtaşı, silisli kireçtaşı, killi kireçtaşı, dolomit, marn) kayalardan olmak üzere toplam 99 adet örnek üzerinde yapılan XRD-Tüm kayaç (XRD-TK) ve Kil Fraksiyonu (KF) çözümlenmeleri yapılmıştır (Yıldırım, 2019).

Karatay üyesinde yapılan incelemede 19 adet örnekleme yapılmış olup bu yörede fosfatlı (fosforit, karbonatlı fosforit, silisli fosforit), silisli (çört), ve karbonatlı (fosfatlı kireçtaşı, kireçtaşı, silisli kireçtaşı) kayalar saptanmış olup, bu kayalarda apatit, kalsit, kuvars, opal-CT ve fillosilikat mineralleri bulunmaktadır. Fosforit türü kayalarda apatit mineralleri tüm örneklerinde bulunurken; kuvars, kalsit, opal-kristobalit (opal-CT) ve fillosilikat daha düşük bulunış frekansına sahip minerallerdir. Birimi oluşturan minerallerin genel ortalama değerlerine göre; bollukları apatit, kalsit, kuvars, opal-CT ve fillosilikat biçiminde sıralanmaktadır. Opal-CT ve fillosilikat mineralleri ise düşük ortalama sahip mineraldir. Birimde fillosilikat minerallerini simektit, illit, kaolinit ve karışık tabakalı I-V mineralleri temsil etmektedir.

Birimin yaygın litolojisini oluşturan fosfatik kayalarda (fosforit, fosfatlı kireçtaşı); kimyasal (kuvars, kalsit, apatit) ve bozunma/bozuşma (fillosilikatlar) mineralleri gözlenmektedir. Fosforit türü kayalarda apatit mineralleri (211) yüzeyine karşılık gelen 2,78 Å ve (002) yüzeyine karşılık gelen 3,43 Å pikleri yardımıyla ayırt edilmiştir (Şekil 10a). En yaygın gözlenen apatit parajenezine, yer yer kalsit ve kuvars minerallerinin eşlik ettiği gözlenmiştir. Fosfatlı kireçtaşı olarak tanımlanan kayalar ise apatit ve buna eşlik eden daha yüksek miktarlardaki kalsit mineralleri ile temsil edilmektedir. Kalsit mineralleri (104) yüzeyine karşılık gelen 3,03 Å da gözlenen pikleri saf apatit bileşimi incelendiğinde

apatite göre daha yüksek şiddete sahip pikleri yardımıyla ayırt edilmiştir (Şekil 10b). Silisli fosforit olarak tanımlanan örneklerde ise apatit minerallerine kuvars+fillosilikat minerallerinin eşlik ettiği saptanmıştır. Çört türü kayalarda ise bütünüyle silis mineralleri tanımlanmıştır. Çört türü kayalar ise kuvars mineralleri ile temsil edilmekte olup, (101) yüzeyine karşılık gelen 3,34 Å daki piki ile tanımlanmıştır.

Ekinciler üyesinde yapılan incelemede 24 adet örnek derlenmiş olup, bu yörede kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn ve dolomit kayaları saptanmıştır. Birimi temsil eden kayalarda kalsit, kuvars, feldispat, dolomit ve fillosilikat mineralleri bulunmaktadır. Birimin yaygın litolojisini oluşturan kimyasal (kuvars, dolomit, kalsit), volkanojenik (feldispat) ve bozunma/bozuşma (fillosilikatlar) mineralleri gözlenmektedir.



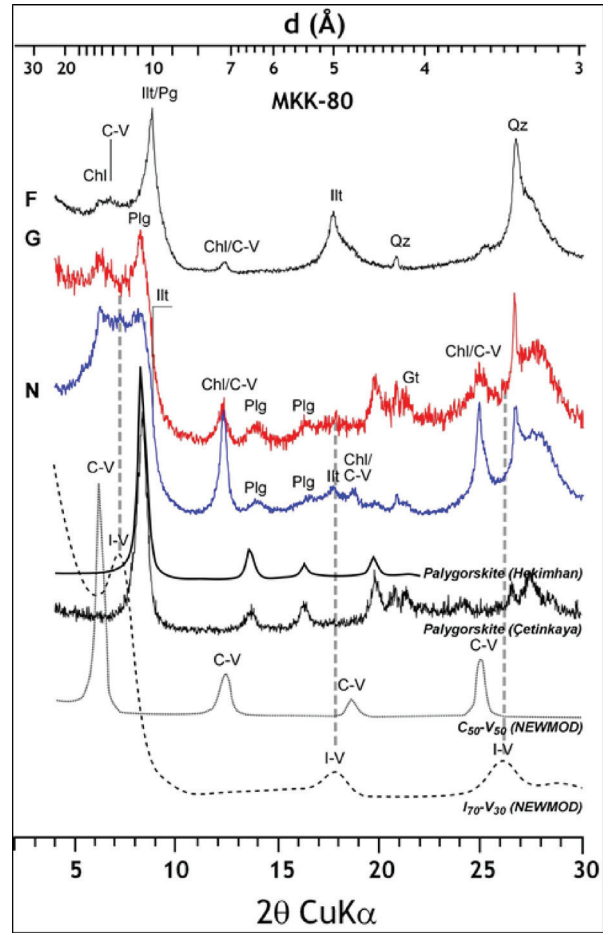
**Şekil 10. a)** Karababa Formasyonu fosforit kayacında apatit minerallerine ait XRD-TK difraktogramı (Karataş üyesi), **b)** Karababa Formasyonu fosfatlı kireçtaşı kayacında apatit ve kalsit minerallerine ait XRD-TK difraktogramı (Karataş üyesi), **c)** Karababa Formasyonu killi kireçtaşı kayacında simektit ve illit minerallerine ait XRD-KF difraktogramı (Ekinciler üyesi), **d)** Karababa Formasyonu marn kayalarında paligorskit ve eşlikçi minerallere ait XRD-KF difraktogramı (Evciler üyesi) (F:Fırınlı, G:Glikollü, N: Normal).

**Figure 10. a)** XRD-WR diffractogram for apatite minerals in Karababa Formation phosphorite rocks (Karataş member), **b)** XRD-WR diffractogram for apatite and calcite minerals in the Karababa Formation phosphate limestone rock (Karataş member), **c)** XRD-CF diffractogram for smectite and illite minerals in the Karababa Formation clayey limestone rock (Ekinciler member), **d)** XRD-CF diffractogram for palygorskite and associated minerals in the Karababa Formation marl rocks (Evciler member) (F:Heated, G:Glycolated, N:Air-dried).



Fillosilikat minerallerini simektit, illit, kaolinit ve karışık tabakalı I-V mineralleri temsil etmektedir. Killi kireçtaşı olarak tanımlanan kayalarda kalsit + fillosilikat birliktelikleri yaygın olup, bu parajenezde feldispat ve kuvars mineralleri eşlik etmektedir. Bu kayalarda fillosilikat parajenezini ise simektit+illit, simektit+illit+kaolinit ve I-V+illit+kaolinit oluşturmaktadır. Simektit mineralleri normal piki (002) yüzeyine ait 12,1 Å ve fırınlı piki olan 10,1 Å yansıması ile ayırt edilmiştir. Simektit minerallerine eşlik eden illitler ise (001) ve (002) yüzeylerine karşılık gelen 10,1 Å ve 5,0 Å da ortaya çıkan pikleri yardımıyla ayırt edilmiştir (Şekil 10c).

Evciler üyesinde yapılan incelemede 57 adet örnek alınmış olup bu yörede çört, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve marn türü kayalar saptanmıştır. Birimin yaygın litolojisini killi kayalarda volkanojenik (feldispat), bozunma/bozuşma (fillosilikatlar) ve kimyasal (kuvars, kalsit, dolomit, opal-CT) mineraller gözlenmektedir. Killi kayalarda kalsit + fillosilikat birlikteliği kalsitin 3,03 Å ve fillosilikatların 4,05 Å pikleri yardımıyla ayırt edilmiştir. Diğer fillosilikat parajenezinde klorit+paligorskit ve buna eşlik eden illitler bulunmaktadır. Paligorskit mineralleri XRD desenlerinde (001) yüzeyine ait normal ve glikollü piki 10.6 Å da ortaya çıkarken, fırınlı piki 10.1 Å a kadar düşmektedir (Şekil 10d). Paligorskite ait diğer pik ise (200) yüzeyine ait 6,3 Å yansıması olarak ortaya çıkmıştır. Paligorskit mineralleri ayrıca farklı yörelerde daha önce tanımlanmış (Bozkaya ve Yalçın, 1992; Yalçın vd., 2004) XRD-KF difraktogram desenleri ile karşılaştırılarak, karışık tabakalı minerallere ait hesaplanmış NEWMOD desenleri Şekil 11’de verilmiştir. Karışık tabakalı C-V mineralleri %50 klorit ve %50 illit bileşimine sahip NEWMOD desenleri ile uyumlu olup, paligorskit piklerinin de bu mineralin daha önce tanımlanmış çalışmalarla benzer piklere sahip olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 11. Karababa Formasyonu marn kayalarında paligorskit minerallere ait XRD-KF difraktogramı ve NEWMOD desenlerinin farklı bölgelerde saptanmış türleri ile karşılaştırılması (Evciler üyesi).

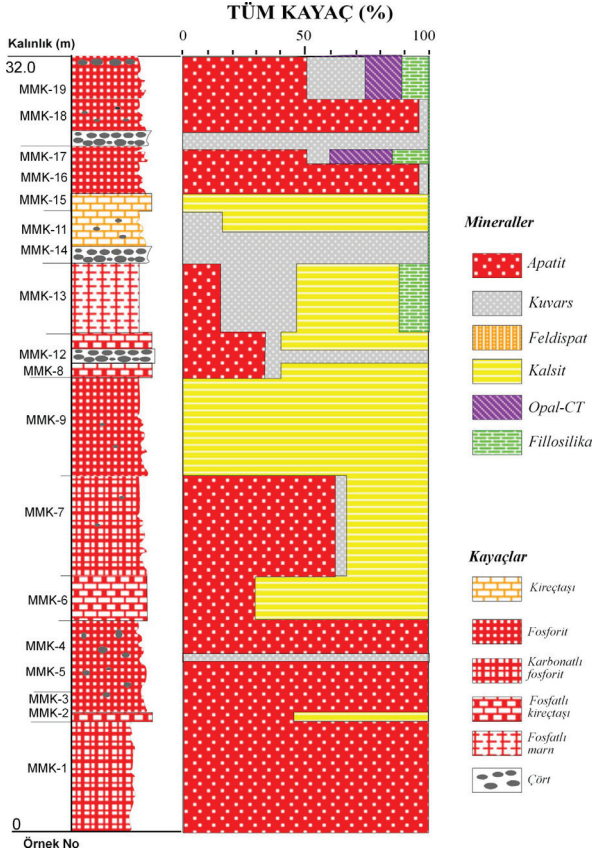
Figure 11. Comparison of types detected in different regions of XRD-CF diffractogram and NEWMOD patterns for palygorskite minerals in marl rocks of the Karababa Formation (Evciler member).

## MİNERALLERİN DİKEY DAĞILIMI

Bu bölümde Karababa Formasyonunun üç farklı litolojik özellikler sunan üyelerine ait dikey dağılımlar verilmiştir.

Fosfat içeren seviyeye ait Karataş üyesi kesitine ait dikey dağılım Şekil 12’ de verilmiştir. Birimde tüm-kayaç (XRD-TK) minerallerini apatit, kuvars, opal-CT, kalsit ve fillosilikat mineralleri temsil etmektedir. Fosforit olarak adlandırılan bu

kayaçlarda gözlenen apatit mineralleri %15-100 oranında bileşimi oluşturmaktadır. Bu bileşime yer yer kuvars, kalsit, opal-CT ve fillosilikat mineralleri eşlik etmektedir. Kuvars mineralleri çört türü kayaçların ana bileşeni olup, %15-100 oranında bileşime katılmaktadır. Çört türü kayaçlarda %100 oranında kuvars mineralleri bulunmaktadır. Kireçtaşlarının olduğu orta ve üst seviyelerde bu kayaçlar %100 oranında kalsit minerallerinden oluşmaktadır. Opal-CT ise birimin üst seviyelerinde saptanmıştır. Bu mineraller %15-20 oranında parajeneze katılmaktadır. Fillosilikat mineralleri, birimin orta-üst seviyelerinde bulunmakta olup %15-22 oranında parajeneze katılmaktadır.

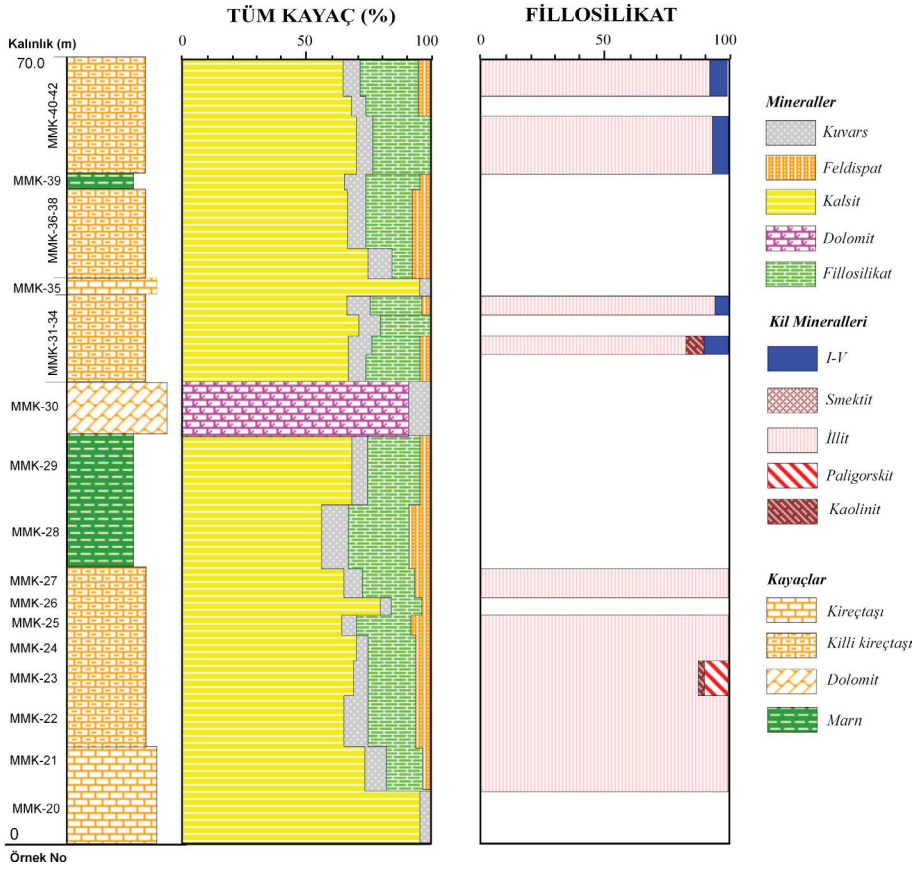


**Şekil 12.** Karababa Formasyonu Karataş üyesine ait tümkayaç bileşimine ait minerallerin dikey dağılımları.

**Figure 12.** Vertical distribution of minerals belonging to the whole rock composition of the Karataş member in the Karababa Formation.

Ekinciler üyesi kesitine ait dikey dağılım Şekil 13'te verilmiştir. Birimde tümkayaç minerallerini kuvars, feldispat, kalsit, dolomit ve fillosilikat mineralleri temsil etmektedir. Kuvars mineralleri tüm seviyelerde bulunmakta olup, %10-20 arasında bileşime katılmaktadır. Kalsit mineralleri ise bu kesitte belirlenen tüm seviyeleri ve parajenezi temsil eden ana mineral türünden biridir. Kalsit mineralleri bu kayaçlarda en düşük olarak %64 ve en yüksek olarak %95 oranında bileşime katılmaktadır. Karbonat minerallerinden diğer bir mineral türü olan dolomit ise sadece orta seviyede bir alanda gözlenmiş olup, dolomit olarak adlandırılan bu kayaçta %90 oranında bulunmektedir. Bu seviyede ortaya çıkan feldispat mineralleri ise %4-10 arasında değişen oranlarda bileşime oldukça düşük miktarda katıldığı belirlenmiştir. Fillosilikat mineralleri ise yaklaşık tüm seviyelerde gözlenen diğer mineral türü olup, %10-25 arasında değişen oranlarda parajeneze katılmaktadır. Bu kesitte fillosilikat mineralleri simektit, illit, paligorskit, kaolinit ve karışık tabakalı I-V mineralleri ile temsil edilmektedir. Kil/fillosilikat bileşiminin tanımlanması için fraksiyon yapılan seviyelerde simektit mineralinin %65 ile %87 arasında değişen oranlarda tüm seviyelerde gözlendiği belirlenmiştir. Simektit mineraline eşlik eden diğer kil mineral türü ise illit olup, bu mineral %10 ile %35 arasında değişen oranlarda parajenezi oluşturmaktadır. Kaolinit alt ve orta seviyelerde iki alanda gözlenmiş olup, %2-7 oranında bulunmektedir. Paligorskit minerali ise sadece bir seviyede gözlenmiş olup, taban seviyesinde %10 oranında saptanmıştır.

Evciler üyesi kesitine ait dikey dağılımlar Şekil 14'de verilmiştir. Birimde tümkayaç minerallerini kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, opal-CT ve fillosilikat mineralleri temsil etmektedir. Kuvars mineralleri tüm seviyelerde bulunmakta olup, özellikle tabanda çörtlü seviyelerde %57-82, orta ve üst seviyelerde ise %2-10 arasında bileşime katılmaktadır. Kalsit mineralleri ise bu kesitte yine belirlenen tüm seviyeleri ve parajenezi temsil eden ana mineral türünden biridir.



Şekil 13. Karababa Formasyonu Ekinciler üyesine ait tümkayaç ve fillosilikat bileşimine ait minerallerin dikey dağılımları.

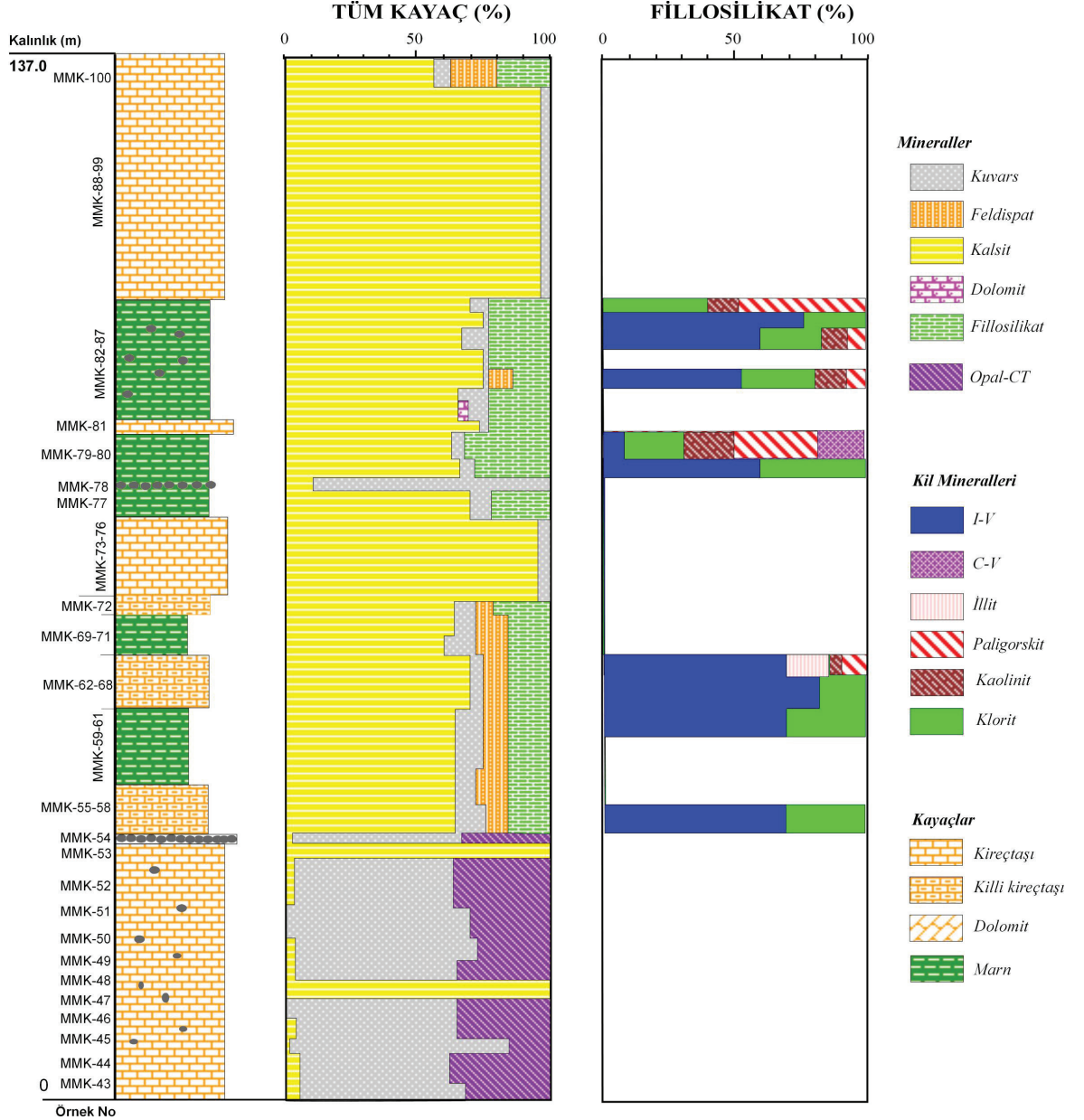
Figure 13. Vertical distribution of minerals belonging to whole rock and phyllosilicate composition of the Ekinciler member in the Karababa Formation.

Kalsit mineralleri orta ve üst seviyelerde en düşük olarak %2 ve %100 oranında bileşime katılmaktadır. Karbonat minerallerinden diğer mineral türü olan dolomit ise sadece üst seviyede bir alanda gözlenmiş olup, bu kayaçta %5 gibi oldukça düşük oranda bulunmaktadır. Bu lokasyonda sadece orta seviyelerde ortaya çıkan feldispat mineralleri ise %4-7 arasında değişen oranlarda Ekinciler üyesinde olduğu gibi bileşime oldukça düşük miktarda katıldığı belirlenmiştir. Fillosilikat mineralleri ise orta ve üst seviyelerde gözlenen diğer mineral türü olup, %9-32 arasında değişen oranlarda parajeneze katılmaktadır. Opal-CT minerali içeren alt seviyelerde bu mineral %16-38 arasında değişen oranlarda çört türü

kayaçların ana parajenezini temsil etmektedir. Bu lokasyonda klorit, kaolinit, illit, paligorskit, karışık tabakalı I-V ve C-V fillosilikat mineralleri fillosilikatları temsil edilmektedir. İnceleme alanında fillosilikatları ise karışık tabakalı I-V, klorit, kaolinit, paligorskit, illit ve C-V mineralleri temsil etmektedir. I-V minerali tüm fraksiyon seviyelerinde farklı oranlarda bulunan ana mineral türüdür. Bu minerale klorit, yer yer kaolinit ve paligorskit eşlik etmektedir. İllit ve C-V sadece birer seviyede gözlenmiştir. Fillosilikat parajenezi açısından paligorskitlerin gözlenmesi bu seviyeler için tipiktir. Kil fraksiyonu yapılan seviyelerde karışık tabakalı I-V minerali %8-82 arasında değişen oranlarda gözlemlendiği belirlenmiştir. Klorit

minerali diğer ana mineral türü olup, bu mineral %8-40 arasında değişen oranlarda I-V minerali ile parajeneze katılmaktadır. Kaolinit alt ve orta seviyelerde gözlenmekte olup, %5-12 oranında bulunmaktadır. Paligorskit minerali ise orta

seviyelerde %8-50 arasında değişen oranlarda saptanmıştır. C-V minerali ise sadece bir seviyede %19 oranında belirlenmiştir. Fillosilikat parajenezi açısından paligorskitlerin gözlenmesi bu seviyeler için tipiktir.



**Şekil 14.** Karababa Formasyonu Evciler üyesine ait tümkayaç ve fillosilikat bileşimine ait minerallerin dikey dağılımları.

**Figure 14.** Vertical distribution of minerals belonging to whole rock and phyllosilicate composition of the Evciler member in the Karababa Formation.



## JEOKİMYA

### Kil Mineralleri

Bu çalışmada Apsiyen-Alt Kampaniyen yaşlı Karababa Formasyonu'nda safa yakın örneklerin seçilmesine dikkat edilmiş ve kil/fillosilikat miktarı yüksek olan kayalardan toplam 6 adet fillosilikat/kil mineralini temsil eden (simektit) örneklerinde jeokimyasal analiz yapılmıştır. Örneklerde ideal muskovit bileşimi çıkarılarak hesaplanmış ana element içerikleri ile yapısal formülleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Simektit (S) için yapısal formülü toplam 11 oksijen atomuna göre hesaplanmıştır (Weaver ve Pollard, 1973). Kil minerallerine ait eser (iz) element derişimleri ise ppm cinsinden Çizelge 2'de verilmiştir.

Fillosilikat minerallerinin ortalama değerleri alınarak kondrit değerlerine (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilerek iz element dağılımı Şekil 15'de incelenmiştir. Kuzey Amerikan Şeyl Bileşimi (North American Shale Composite-NASC) için Nb ve Y element değerleri Condie (1993)'ten diğer elementler ise Gromet vd. (1984) çalışmalarından alınmıştır. İz element değerleri kondrit bileşimi ile karşılaştırıldığında; türediği kayaç, mineral ve element türlerine göre zenginleşme-fakirleşmeler izlenmekle birlikte, örneklerde ortalama değerlerden elde edilen desenler NASC'den farklı dağılım göstermektedir. Fillosilikat/kil mineralleri kondrit değerlerinden tipik ayrımlaşarak, Karababa Formasyonu'na ait kil minerallerinin ortalama iz element derişimleri U, Ta, Nb ve Ti oranları hariç diğer örneklerin tümünde NASC'den daha düşük derişimlere sahiptir. Elementlerin kondrit normalize toplam derişimleri sırasıyla uranyum için 254,17 ppm, Ta için 62,96 ppm, Nb için 105,83 pmm ve Ti için 42,24 ppm olarak NASC'e göre daha yüksek derişime sahiptir. Fillosilikat/kil mineralleri U, Ta, Nd ve Ti elementleri için pozitif; K, Sr, P ve Eu için negatif anomaliye sahiptir.

**Çizelge 1.** Karababa Formasyonu fillosilikat (simektit) minerallerinin ana element kimyasal bileşimi (%'de ağırlık olarak) ve yapısal formülleri (ideal muskovit-dışı) ( $\Sigma Fe_2O_3$ : Toplam demir, O.Y.=Oktahedral yük, T.O.K.=Toplam oktahedral kation, T.Y.=Tetrahedral yük, T.Y.Y.=Toplam yaprak yükü, Y.A.Y.=Yapraklar arası yük)

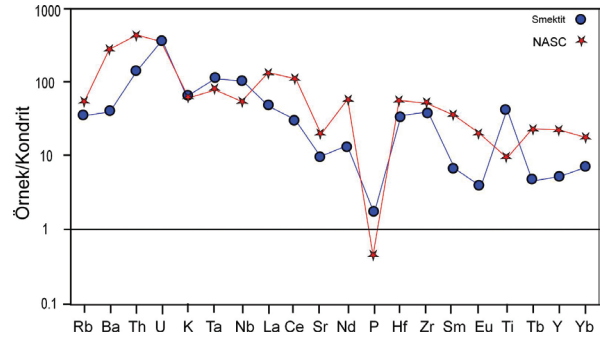
**Table 1.** Major element chemical composition (% by weight) and structural formulas of phyllosilicate (smectite) minerals in the Karababa Formation (ideal non-muscovite) ( $\Sigma Fe_2O_3$ : Total iron, O.Y.=Octahedral charge, T.O.K.=Total octahedral cation, T.Y.=Tetrahedral charge, T.Y.Y.=Total layer charge, Y.A.Y.=Interlayer charge).

Mineral	Simektit						
	Örnek No	MMK-23	MMK-27	MMK-32	MMK-34	MMK-42	MMK-66
SiO <sub>2</sub>		59,58	58,58	61,26	60,58	59,42	59,76
TiO <sub>2</sub>		1,20	1,38	1,03	1,04	1,03	1,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		15,29	13,90	17,98	17,72	17,36	19,33
$\Sigma Fe_2O_3$		6,89	9,14	6,38	6,13	6,58	4,02
MnO		0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
MgO		4,06	3,73	2,84	2,98	2,73	2,34
CaO		1,24	0,88	0,56	0,46	0,47	0,60
Na <sub>2</sub> O		0,10	0,28	0,31	0,46	0,38	0,15
K <sub>2</sub> O		3,01	3,32	2,63	2,64	2,52	2,97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,23	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06
LOI		8,15	8,20	6,80	7,65	8,91	9,50
Toplam		99,78	99,54	99,89	99,74	99,88	99,82
Tetrahedral							
Si		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Al		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T.Y.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oktahedral							
Al		1,21	1,12	1,39	1,38	1,37	1,53
Ti		0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
Fe		0,35	0,47	0,31	0,31	0,33	0,20
Mg		0,41	0,38	0,28	0,29	0,27	0,23
O.Y.		0,26	0,19	0,14	0,15	0,16	0,15
T.O.K.		2,03	2,04	2,03	2,03	2,02	2,01
Yapraklararası							
Ca		0,09	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04
Na		0,01	0,04	0,04	0,06	0,05	0,02
K		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P		0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Y.A.Y.		0,24	0,21	0,12	0,12	0,11	0,10
T.Y.Y.		0,26	0,19	0,14	0,15	0,16	0,15

**Çizelge 2.** Karababa Formasyonu simektit minerallerinin eser (iz) element kimyasal bileşimleri (ppm).

**Table 2.** Trace element chemical composition of Karababa Formation smectite minerals (ppm).

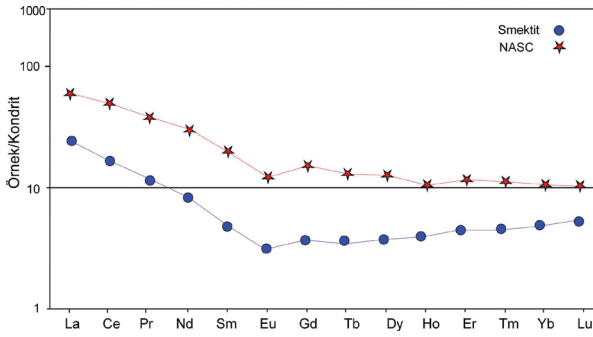
Element	MMK-23	MMK-27	MMK-32	MMK-34	MMK-42	MMK-66
Cr	249	246	178	171	178	178
Ni	252	291	192	179	169	56
Co	16	17,4	12,4	13	10,6	7,5
Sc	15	15	11	10	11	12
V	210	225	160	161	161	169
Cu	74,5	117,3	88,3	84,3	83,4	64,1
Pb	16,9	27,5	24,5	25,9	22,2	18
Zn	391	506	393	398	331	355
Bi	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
Cd	3,1	0,2	1,2	0,5	0,2	0,1
Sn	2	2	2	2	2	2
W	2,5	4,8	3	3,6	2,4	4,3
Mo	0,4	2	0,8	1	0,8	0,8
As	1,1	3,2	2,5	2,4	3,6	0,9
Se	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sb	0,2	0,7	0,4	0,5	0,6	0,2
Be	1	2	4	2	2	1
Ag	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2
Au	2,9	3,8	2,7	5,6	1,9	10
Hg	0,05	0,1	0,06	0,05	0,03	0,04
Rb	94	90	77	77,3	78,4	86
Cs	6,3	6	4,8	5,3	4,9	5,8
Ba	94	106	96	106	92	85
Sr	86,4	83,9	69,6	69,9	59,8	58,8
Tl	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ga	18,8	17,7	13,4	14,6	14,5	14,2
Ta	1,7	1,9	1,5	1,5	1,4	1,5
Nb	26,3	31,9	25	25,2	23,9	23,9
Hf	3,9	4,1	3,3	3,6	3,3	3,5
Zr	151,9	177,9	137,9	142,5	136,6	137
Y	8,6	10,4	9	8,1	7,8	6,6
Th	4,3	5,4	4,4	3,8	3,7	3
U	2,6	3,4	2,7	2,8	2,8	2,7
La	12,4	15,2	11,8	10,7	9,5	9,6
Ce	20,1	24	19,1	18,1	16,4	14,7
Pr	2,01	2,44	1,84	1,75	1,59	1,44
Nd	7,2	8,6	6,2	5,5	5,3	5
Sm	1,14	1,48	1,03	0,97	0,82	0,87
Eu	0,27	0,32	0,26	0,21	0,21	0,17
Gd	1,14	1,33	1,02	0,85	0,94	0,75
Tb	0,19	0,24	0,18	0,17	0,17	0,14
Dy	1,43	1,78	1,29	1,15	1,16	0,96
Ho	0,31	0,38	0,31	0,33	0,29	0,26
Er	1,06	1,4	1,09	0,96	0,96	0,85
Tm	0,17	0,21	0,16	0,17	0,16	0,13
Yb	1,28	1,43	1,23	1,2	1,2	1,08
Lu	0,21	0,24	0,19	0,18	0,19	0,17



**Şekil 15.** Fillosilikat/kil minerallerinin kondrit-normalize iz element desenleri (Kondrit: Sun ve Mcdonough, 1989; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet vd., 1984).

**Figure 15.** Chondrite-normalized trace element patterns for phyllosilicate/clay minerals (Chondrite: Sun and Mcdonough, 1989; Nb and Y for NASC: Condie, 1993; other elements: Gromet et al., 1984).

İz element değerlerinin ortalaması alınan fillosilikat/kil minerallerinin Nadir Toprak Element (NTE) değerleri kondrite (Sun ve Mcdonough, 1989) göre normalize edilerek element derişimleri karşılaştırılmıştır (Şekil 16). Bu diyagramda NASC değerleri (Ho ve Tm elementleri için Haskin vd., 1968; diğer elementler için Gromet vd., 1984) de eklenerek karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Kondrit değerlerine göre, minerallerin iz element bileşimlerinin desenleri birbirinden ve NASC'ten ayrılmakta ve belirgin ayırma ve tüketilmeyi göstermektedir. Fillosilikat/kil minerallerinin NTE içerikleri NASC'ten düşük, kondrite göre ise artış göstermektedir. Kil minerallerinin toplam NTE konsantrasyonu 138,05 ppm ile 223,81 ppm arasında olup, ortalama derişim 171,61 ppm olarak belirlenmiştir. Ayrıca kil minerallerinin HNTE'in bollukları, ANTE'e göre bir azalma göstermektedir. Fillosilikat/kil minerallerinde La-Lu konsantrasyonu için 5-60 kat zenginleşme görülmektedir. Eu elementi NASC ve diğer tüm kil minerallerinde kısmen negatif anomaliye sahiptir.



**Şekil 16.** Fillosilikat/kil minerallerinin kondrit-normalize REE bollukları (NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin vd., 1968, diğer elementler Gromet vd., 1984; Kondrit: Sun ve Mcdonough, 1989).

**Figure 16.** Chondrite-normalized REE abundances of phyllosilicate/clay minerals (NASC: Ho and Tm elements Haskin et al., 1968, other elements Gromet et al., 1984; Chondrite: Sun and Mcdonough, 1989).

### Apatit Mineralleri

Karababa Formasyonu fosfat içeren kayalarda apatit minerallerine ait ana element kimyasal bileşimi Çizelge 3’de verilmiştir. İz element

derişimlerine göre saptanan sonuçlar ise Çizelge 4’de verilmektedir.

**Çizelge 3.** Karababa Formasyonu apatit minerallerinin ana element kimyasal bileşimi (%’de ağırlık olarak).

**Table 3.** Major element chemical composition (% by weight) of the Karababa Formation apatite minerals.

Oksit (%)	Örnek No	
	MMK-3	MMK-4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35.19	35.62
SiO <sub>2</sub>	0.87	0.70
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.22	0.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.06
MnO	0.01	0.01
MgO	0.19	0.19
CaO	54.95	54.8
Na <sub>2</sub> O	0.73	0.77
K <sub>2</sub> O	0.03	0.03
LOI	7.40	7.40
Toplam	99.71	99.69

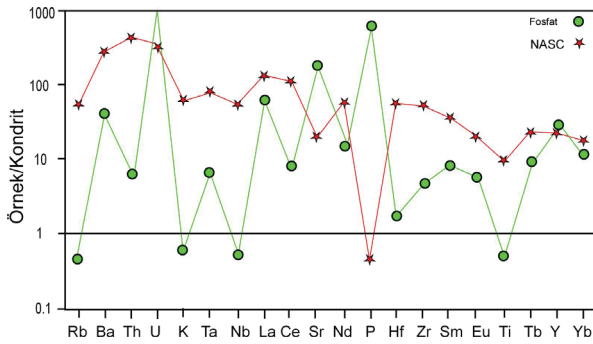
**Çizelge 4.** Karababa Formasyonu apatit minerallerinin iz element kimyasal bileşimleri (ppm).

**Table 4.** Trace element chemical composition of apatite minerals from the Karababa Formation (ppm).

Element	Örnek No		Element	Örnek No		Element	Örnek No	
	MMK-3	MMK-4		MMK-3	MMK-4		MMK-3	MMK-4
Cr	205	198	Be	3,0	1,0	U	5,71	5,41
Ni	10,7	6,0	Ag	0,6	0,6	La	16,3	16,2
Co	0,7	1,2	Au	1,5	5,6	Ce	4,6	5,7
Sc	2,0	1,0	Hg	0,03	0,04	Pr	1,75	1,84
V	111	116	Rb	1,2	1,0	Nd	8,0	7,8
Cu	65,4	100,5	Cs	0,1	0,1	Sm	1,47	1,31
Pb	2,4	2,1	Ba	110	119	Eu	0,37	0,37
Zn	228	184	Sr	1501	1524	Gd	2,53	2,28
Bi	0,1	0,1	Tl	0,1	0,1	Tb	0,38	0,37
Cd	5,3	13,6	Ga	0,5	0,5	Dy	2,69	2,63
Sn	1,0	1,0	Ta	0,1	0,1	Ho	0,77	0,73
W	1,3	2,2	Nb	0,1	0,2	Er	2,48	2,46
Mo	1,6	1,4	Hf	0,2	0,2	Tm	0,35	0,35
As	5,3	4,7	Zr	19,3	20	Yb	2,35	2,26
Se	1,0	0,9	Y	54,8	50,9	Lu	0,4	0,39
Sb	0,6	0,5	Th	0,2	0,2			



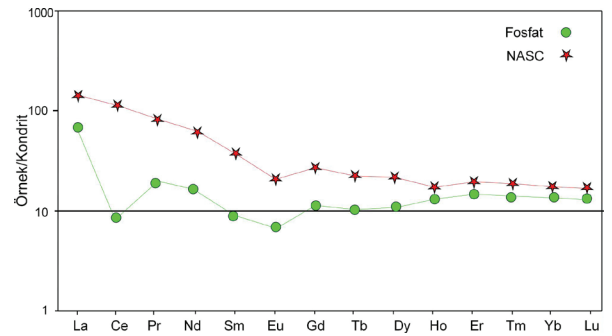
Apatit minerallerinin ortalama değerleri alınarak kondrit değerlerine (Sun ve Mcdonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılımı Şekil 17’de verilmiştir. NASC için Nb ve Y element değerleri Condie (1993)’ten, diğer elementler ise Gromet vd. (1984) çalışmalarından alınmıştır. İz element değerleri kondrit bileşimi ile karşılaştırıldığında; köken kayaç, minerallere ve elementlere göre zenginleşme-fakirleşmeler gözlenmekle birlikte, örneklerin ortalama desenleri NASC’den belirgin olarak ayrılmaktadır. Karababa Formasyonuna ait apatit minerallerinin ortalama iz element bileşimleri U, Sr, P ve Y element derişimleri hariç tümünde NASC’ten daha düşük derişimlere sahiptir. Elementlerin kondrit normalize toplam derişimleri (ppm) sırasıyla uranyum için 6950,00 ppm, Sr için 208,33 ppm, P için 664,98 ppm ve Y için 33,66 ppm olarak NASC den daha yüksek miktarlara sahiptir. Apatit mineralleri Ba, U, Ta, La, Sr, P, Sm ve Y elementleri için pozitif; Th, K, Nb, Ce, Nd ve Hf için negatif anomaliye sahiptir.



**Şekil 17.** Apatit minerallerinin kondrit-normalize iz element desenleri (Kondrit: Sun ve Mcdonough, 1989; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet vd., 1984).

**Figure 17.** Chondrite-normalized trace element patterns for apatite minerals (Chondrite: Sun and Mcdonough, 1989; Nb and Y for NASC: Condie, 1993; other elements: Gromet et al., 1984).

İz element değerlerinin ortalaması alınan apatit minerallerinin Nadir Toprak Element (NTE) değerleri kondrit (Sun ve Mcdonough, 1989) değerlerine göre normalize edilerek element derişimleri karşılaştırılmıştır (Şekil 18). Bu diyagramda Kuzey Amerikan Şeyl (North American Shale Composite-NASC) değerleri (Ho ve Tm elementleri için Haskin vd., 1968; diğer elementler için Gromet vd., 1984) de eklenerek karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Kondrit değerlerine göre, minerallerin iz element bileşimlerinin desenleri birbirinden ve NASC’ten ayrılmakta ve belirgin ayrımlaşma ve tüketilmeyi göstermektedir. Apatit minerallerinin NTE içerikleri NASC’ten düşük olmakla birlikte, kondrite göre artış sergilemektedir. Apatit minerallerinin toplam NTE konsantrasyonu 230,16 ppm ile 232,78 ppm arasında olup, ortalama 231,47 ppm değerindedir. Apatit minerallerinin HNTE’in derişimleri. ANTE’e göre bir azalma göstermektedir. Apatit minerallerinde La-Lu konsantrasyonu için 69-8 kat zenginleşme görülmektedir. Ce ve Eu elementlerince apatit minerallerinde negatif anomali gözlenmiştir.



**Şekil 18.** Apatit minerallerinin kondrit-normalize REE bollukları (NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin vd., 1968; diğer elementler Gromet vd., 1984; Kondrit: Sun ve Mcdonough, 1989).

**Figure 18.** Chondrite-normalized REE abundances for apatite minerals (NASC: Ho and Tm elements Haskin et al., 1968; other elements Gromet et al., 1984; Chondrite: Sun and Mcdonough, 1989).

## SONUÇLAR

Mardin-Mazıdağı yöresi Üst Kretase (Apsiyen-Alt Kampaniyen) yaşlı Karababa Formasyonu'nda gerçekleştirilen mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda aşağıdaki verilere ulaşılmış ve tartışılmıştır:

Karababa Formasyonu farklı litofasiyesleri temsil eden Karataş, Ekinciler ve Evciler şeklinde 3 farklı üyeye ayrılmıştır. Bu istifte izlenen litolojik, mineralojik ve jeokimyasal değişimler havzanın ortamsal özellikleri (derinlik, beslenme, biyolojik aktivite) ve sedimantolojik olarak çökme ve sonrasında gelişen bozuşma/bozuma süreçlerinin ayırt edilmesinde bir ölçüt olabileceği önerilmiştir. Bu kapsamda doğada ender bulunan karbonatflorapatit, sepiyolit? ve paligorskit gibi bazı mineral birliktelikleri Türkiye'deki fosfat içeren kayalarda ilk kez belirlenmiştir.

Karataş üyesinde fosforit olarak tanımlanan kayalarda bulunan fosfat mineralleri XRD sonuçlarına göre  $Ca_5(PO_4)_3F$  karbonatflorapatit (CFA) bileşimindedir. Denizel fosfat mineralleri çoğunlukla CFA olarak oluşumları bildirilmektedir. Denizlerde biyojeokimyasal aktiviteye bağlı olarak organik kökenli fosfor (P) deniz suyu içerisinde yoğunlaşmaya başlamaktadır. Genel olarak apatit minerallerinin P taşıyan aşırı doymuş denizel suların çökeltilerle birlikte diyajenez sırasında otijenik olarak oluştuğu biçiminde değerlendirilmektedir.

Ekinciler ve Evciler üyelerinde gözlenen sepiyolit? ve paligorskit gibi Mg ve Fe içerikleri bulunan mineraller olasılıkla havzaya detritik olarak taşınan ferromagnezyen minerallerden itibaren ve/veya dolomit kristallerinden itibaren neoformasyon mineralleri olarak oluştuğu biçimde yorumlanmıştır. Özellikle Karababa Formasyonu üyeleri içerisinde dolomit minerallerinin ender veya hiç bulunmaması bu görüşü kanıtlamaktadır. Sepiyolit? ve paligorskit minerallerinin kolloidal

ve çözülmüş bileşenler ve nispeten koyu renkli ferromagnezyum detritik mineraller ile birlikte havzaya taşınan malzemeleri ile, inceleme alanını çevreleyen Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağı'nın evrimi arasında yakın bir ilişki olduğu biçiminde değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında fosfat minerallerinin oluşması için gerekli olan koşullar değerlendirildiğinde Apsiyen-Alt Kampaniyen döneminde magmatik ve tektonik aktivitenin ve/veya olmadığı pasif kıta kenarı ortamda (ender feldispat minerallerinin varlığı) çökelmiş ürünler olduğu görüşü ağırlık kazanmıştır.

Denizel ortamı temsil eden Karababa Formasyonu; kaynak bölge/kayaç ve beslenme rejimine göre altındaki denizel birimler ile üzerindeki havza dolgusunda sepiyolit? ve paligorskit, Akras kesitinde ise Ayışkan (1970) tarafından belirlenmiş glokonit gibi farklı kil mineral birliktelikleri içermektedir. Bu nedenle; GDAO boyunca yüzeyleyen benzer denizel birimlerin ayırt edilmesinde bu parajenezin katıldığı mineralojik ölçütlerin de kullanılabilirliği varsayımı kuvvet kazanmıştır.

Fosfat içeren seviyelerde detritik getirimin az olması ve fosfat oluşumlarının litolojik olarak gevşek dokulu olması, havzada tektonik olarak hızlı bir yükselme olduğunu, dolayısıyla petrografik incelenmelerde az miktardaki çimento malzemesinin (karbonat) bulunması, çimentolanma derecesi açısından diyajenez evresinin bu seviyelerde tam olarak gerçekleşmediği düşük enerjili veya sığ deniz ortamında (kıyı yakını) hızlı bir çökme olduğunu ortaya koymaktadır.

Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Karababa Formasyonu'nda saptanan CFA mineralleri yüksek oranda  $P_2O_5$  (ortalama %35,44) miktarına sahip olup, önemli derecede endüstriyel hammadde potansiyeli taşımaktadır. Arap

Levhası üzerinde Üst Kretase yaşlı fosfat içeren yataklarda ortalama  $P_2O_5$  % içeriği Mısır (Duwi formasyonu) için %25,67 (Abou El-Anwar vd., 2017), Suudi Arabistan (Sirhan-Turaif havzası) için %23,0 (Meissner ve Ankary, 1970) ve Irak (Akashat) için %22,00 (Benni, 2013) olarak rapor edilmiştir. Ortalama değerler açısından değerlendirildiğinde bu çalışmada belirlenen  $P_2O_5$  değeri yukarıda bahsedilen yataklara göre daha yüksek orandadır. Bu sonuç olasılıkla bölgenin havzadaki su derinliğinin gittikçe azaldığı sığ alanda yer alması ve bunun sonucu olarak fosfat oluşumu için ana kayaç oluşturan iskelet ve kavkı kökenli organizmaların (molluska, balık vs.) yaşama alanlarının iyileşmesinden kaynaklandığı biçiminde yorumlanmıştır. Bu sayede oksijen ile zengin ortamda güneş enerjisinin etkin olduğu havzada biyolojik kalıntılardan itibaren diyajenetik kökenli fosfat oluşumlarını sağlamış gözükmektedir.

Apatit minerallerinde düşük  $Fe_2O_3$  değerinin (ortalama %0,08) fosfat oluşumlarının yüzeye yakın oksidasyon ortamında gelişmesiyle ilişkili olduğuna yorumlanmıştır (Choquette ve James, 1990). Oksidasyon zonuna bağlı olarak eser element dağılımının değişiklikler gösterdiği, Sr, As ve La elementlerindeki yüksek konsantrasyonların organik maddenin oksidasyonu ve aşınmasına bağlı olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda eser element hareketliliği ve konsantrasyonu Mo, V, Y Cr ve Zn zenginleşmesine işaret etmektedir. Fosforitlerdeki geçiş metallerinin bolluğu ise çökeltme havzasındaki karasal akışla kontrol edildiği biçiminde yorumlanmıştır. Bu çalışmada belirlenen Mn, Cr, Mo ve Zn ve NTE'leri gibi elementlerin konsantrasyonları fosforitlerin ağır elementler açısından oldukça zenginleştiğini göstermektedir.

Özellikle 65 My önce gerçekleşen Kretase-Tersiyer (K-T) geçişi sırasında okyanus sularındaki seviye değişimine bağlı olarak gelişen

biyolojik değişimler, denizel fotik zondaki fosfor derişiminin yükselmesine neden olmuştur (Cook ve Cook, 1985). Bu geçiş sırasında birçok biyolojik çeşitlilikte yok olmalar meydana gelmiştir (Alvarez vd., 1980). Dolayısıyla Kretase-Tersiyer (K-T) geçişi sırasında dünyanın birçok noktasında denizel biyojeokimyasal değişimlere bağlı olarak fosfor birikimleri ortaya çıkmıştır. Fosfat yataklarının dünya üzerindeki dağılımı, fosfojeniz dönemleri olduğunu ve fosfojenizdeki bu zirvelerin nedeninin bir kısmının, denizel alanların enlem-boylam değişimi ve okyanuslardaki bileşimsel değişikliklerin önemli bir faktör olduğunu belirtilmiştir (Cook ve McElhinny, 1979; Arthur ve Jenkyns, 1981).

Güney Tetis okyanusu evrimi kapsamında Üst Kretase dönemi ekonomik fosfat yataklarının kökeninin Afrika ve Orta Doğu bölgesinde bulunan örnekleri ile yakın ilişkili olduğu belirtilmiştir (Lucas ve Prévôt-Lucas, 1996; Bardet vd., 2000). Orta Doğu ve Güneydoğu Türkiye ile yapılan bölgesel karşılaştırmalar, fosfat oluşumlarının çökeltmesini gerçekleştiren deniz transgresyonunun bölgesel bir özellikte olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada mevcut veriler ile Apsiyen-Alt Kampaniyen yaşlı Karababa Formasyonu litolojik üyelerinde gözlenen yanal ve düşey yöndeki tüm kayaç ve fillosilikat/kil mineralojisindeki farklılıklar, basenin K-T dönemindeki tektonik hareketlere bağlı deniz seviyesindeki değişimlerle birlikte gelişen biyojenik ve biyokimyasal faaliyetlere bağlı olarak mineral oluşum süreçlerinin gerçekleştiği biçiminde değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında Karababa Formasyonu birimlerinin Güney Doğu Anadolu Otoktonu (GDAO) boyunca diğer yüzleklerinde araştırılması ile yeni fosfat yataklarının bulunabileceğinin yanısıra, potansiyel Fe, Mn ve Cu yataklarında belirlenebileceği düşünülmektedir.



## EXTENDED SUMMARY

Phosphate occurrences were mined from the Late Cretaceous Karababa Formation. Their well-preserved outcrops are located in the Mardin-Mazıdağı region of southeast Turkey, which forms the northern extension of the Arabian Plate. The thick succession consists mainly of phosphorite, carbonate phosphorite, limestone, dolomite and various clay minerals. The Karababa Formation was subdivided into three informally defined members as Karataş, Ekinciler and Evciler from bottom to top. This study was carried out on samples collected from these three members to understand the origin, deposition, mineralogy and geochemistry of the marine phosphate deposits.

The oldest Karataş member was defined near Karataş village and is represented by gray-beige, very fine-grained, decomposed carbonate phosphorite levels containing ellipsoidal chert nodules and abundant fossil shells. The middle Ekinciler member is near Ekinciler village, and the section consists of beige-colored limestone and conchoidal fracture clayey limestones interbedded with marl and dolomitic limestones. The youngest Evciler member is represented in Evciler village and the section comprises regular alternations of limestone with yellowish-beige chert nodules and gray-beige foliated clayey limestone.

Thin section studies with optical microscopy (OM) for rocks representing the unit including carbonate rocks (phosphopelmicrite, pelmicrite, micrite, biomicrite, microsparite, biomicrosparite), which were defined as having sedimentary (chert) and chemical origin, found different grain size, mineralogical composition and textural relations. The Karababa Formation is composed of orthochemical micritic and sparitic cement, allochems including shells, pellets, bone fragments (fish teeth), secondary minerals (apatite) and silt-sized rare quartz, feldspar, sericite, and mica (muscovite). Small amounts of quartz and

feldspar (plagioclase) are present in these rocks. The pellets are spherical and ellipsoidal with sizes ranging between 50  $\mu\text{m}$  and 200  $\mu\text{m}$  and have an isotropic appearance. The bone fragments have a plaque appearance but are colorless. The cherty rocks consist entirely of microcrystalline silica minerals. In these rocks, euhedral calcite minerals and silica-filled knife-shaped fish teeth with sizes ranging between 500-2000  $\mu\text{m}$  were also detected. According to scanning electron microscopy (SEM), apatite minerals have spherical and ellipsoidal shapes and their size varies between 100-200  $\mu\text{m}$ . The grains were filled by a relatively loose fine-grained phosphate cement material. Results of EDS spectra for apatite minerals found approximately 80% CaO and 20%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . These rocks were observed to contain apatitized thick plaque-shaped bone fragments, leafy smectite in pores, C-V in the form of thick leaves, and leaf (lath) shaped, 1-2  $\mu\text{m}$  length paligorskite/sepiolite fibers in the form of radial reticulated clusters.

The abundances of the rock-forming minerals determined by X-ray diffraction (XRD) are ranked according to general average values as follows; calcite, apatite, quartz, phyllosilicate, feldspar and dolomite. Phyllosilicate/clay type minerals of smectite, palygorskite, illite, kaolinite, chlorite, sepiolite and mixed layered I-V and C-V were detected in the unit.

Geochemical analysis of clay minerals observed in the Karababa Formation indicates that total trace element concentration is 1000 times enrichment and 10 times depletion. The total trace element values of the minerals were determined as 1578 ppm. In spite of the fact that the average concentrations of transition metals (Cu, Zn); W (granitoid elements); As (miscellaneous); Be (halogen); Rb, Ba, Sr and Ga (low field strength elements); and Ta, Nb and Zr (high field strength elements) have positive anomalies, there were negative anomalies for

Co, Sc, Pb, Bi, Mo, Sb, Ag, Cs, Tl, Ta, and Hf. Compared with chondrite values in clay minerals, although the origin is enrichment and depletion based on rocks, minerals and elements, the patterns observed in the samples are different from the North American Shales (NASC). Phyllosilicate/clay minerals exhibit a distinct separation with respect to chondrite composition and the average trace element concentration of minerals is lower than NASC in other samples, except for U, Ta, Nb and Ti elements. Total concentrations of trace elements in chondrite normalized patterns for uranium (U) 254.17, for Ta 62.96, for Nb 105.83 and for Ti 42.24 (ppm) were higher compared to NASC. Trace element patterns were positive for U, Ta, Nd and Ti elements. Negative anomalies were observed for K, Sr, P and Eu. Total rare earth element (REE) contents of phyllosilicate/clay minerals were between 138.05-223.81 ppm and the average value was 171.61 ppm. LREE abundance in clay minerals shows a decrease compared to HREE. There was 60-5 times enrichment for La-Lu concentration in phyllosilicate/clay minerals, while Eu had a partially negative anomaly compared to NASC and all other clay minerals. Trace element concentrations in apatite minerals of the Karababa Formation vary between 2391-2411 ppm, Cu, V, Zn (transition metals); W (granitoid); As (miscellaneous); Be (halogen); Ba, Sr and Ga (low field strength elements); Zr, Y and U (high field strength elements) have positive anomalies. In addition, Co, Sc, Pb, Bi, Mo, Sb, Cs, Tl, Ta, Th and Hf show negative anomalies. The total concentrations normalized to chondrite (ppm) of apatite minerals are higher than NASC at 208.33 for Sr; 664.98 for P and 33.66 ppm for Y. Apatite minerals are positive for Ba, U, Ta, La, Sr, P, Sm and Y but have negative anomalies for Th, K, Nb, Ce, Nd and Hf. Although REE contents are lower than NASC there is an increase compared to chondrite. Total REE concentrations of apatite minerals are between 230.16-232.78 ppm and


the average value was 231.47 ppm. LREE concentrations of apatite minerals tend to decrease compared to HREE. While the concentration of La-Lu has 8-69 times enrichment, Ce and Eu elements show negative anomalies.

OM, SEM, XRD and geochemical studies indicate apatite-type phosphate and palygorskite/sepiolite-type clay mineral formations observed in different members of Karababa Formation are chemical deposits from the marine environment. OM and SEM investigations show that palygorskite and sepiolite minerals developed authigenically in rock pores. The mixed layered minerals formed by neof ormation and/or transformation processes, while smectite minerals in the matrix represent autogenic components. According to the data obtained, all the rock and phyllosilicate/clay mineralogical differences observed in the lithological members of the Late Cretaceous Karababa Formation occur due to tectonic movements of the basin during the Cretaceous period and mineral formation processes. Sepiolite/palygorskite and phosphate formations have a close relationship with the Southeast Anatolian Ophiolite Belt surrounding the study area in terms of material transported together with colloidal, dissolved components and relatively dark ferromagnetic magnesium detrital minerals.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Yüksek Lisans tez kapsamında elde edilen verilerden itibaren düzenlenmiştir (Yıldırım, 2019). Bu çalışmada bilimsel katkı ve desteklerinden dolayı Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN'a ve Saudi Aramco'dan emekli Dr. Muhittin ŞENALP'e teşekkür ederiz. Makaledeki bilimsel katkı ve desteklerinden dolayı değerli hakemlere teşekkürü bir borç biliriz.

## ORCID

Sema Tetiker  <https://orcid.org/0000-0001-5158-7364>

Mesude Yıldırım  <https://orcid.org/0000-0003-4515-7477>

## KAYNAKLAR / REFERENCES

- Abou, El-Anwar, E. A., Mekky, H. S., Abd El Rahim, S. H. & Aita, S. K. (2017). Mineralogical, geochemical characteristics and origin of Late Cretaceous phosphorite in Duwi Formation (Gebble Duwi Mine), Red Sea region, Egypt. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26, 157-169.
- Alvarez, L.W., Alvarez, W. & Asaro, F. (1980). Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208, 1095-1110.
- Arda, O., Saltoğlu, T., Alparslan, E. ve Akyüz, T. (1976). Uranyum, Vanadyum, Flüor ve diğer tali elementleri içeren Mazıdağı fosfatlarında jeosismik ve mineralojik tetkikler ile uranyumun kazanılması olasılığı hakkında görüşler. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 87, 39-54.
- Arthur, M.A. & Jenkyns, H. C. (1981). Phosphorites and paleoceanography. *Oceanologica Acta, Proceedings 26th International Geological Congress, Paris*, 83-96.
- Ayışkan, Ö. (1970). *Akras fosfat yatağının çeşitli seviyelerinden alınan numunelerin zenginleştrime etüdü*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Raporu.
- Bardet, N., Cappetta, H., Pereda Suberbiola X., Mouty, M., Al Maleh A. K., Ahmad, A. M. Khrata, O. & Gannoum., N. (2000). The marine vertebrate faunas from the Late Cretaceous phosphates of Syria. *Geological Magazine*, 137(3), 269-290.
- Beer, H. (1966). Mardin-Derik-Mazıdağı çevresindeki fosfatlı tabakaların jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 66, 104-120.
- Beer, H. (1967). Güneydoğu Türkiye Üst Kretase Fosfat Bölgesinin Paleocoğrafyası ve Fasiesi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 68, 84-88.
- Benni, T. (2013). *Phosphate Deposits of Iraq*. Geological Survey of Iraq UNFC Workshop, Santiago, Chile.
- Berker, E. (1972). Türkiye Fosfat Yatakları. Madencilik, Maden Mühendisleri Odası Dergisi, 11(4), 77-82.
- Brindley, G. W. (1980). Quantitative X-Ray Mineral Analysis Of Clays. In: G.W. Brindley & G. Brown (Eds.), *Crystal Structures Of Clay Minerals And Their X-Ray Identification* (p.: 411-438). Mineralogical Society, London.
- Choquette, P. W. & James, N. P. (1990). Limestone-the burial diagenetic environment. In: I.A McIlreath, & D.W. Morrow, (Eds.), *Diagenesis*. Geoscience Canada Reprint Series, 4.
- Cobb, R. E. (1957). *Columnar Section Bedinan-Kanisorik Paleozoic* (Rapor No.576). TPAO Arama Grubu.
- 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.
- Cook, P. J. & McElhinny, M. W. (1979). A re-evaluation of the spatial and temporal distribution of sedimentary phosphate deposits in the light of plate tectonic. *Economic Geology*, 74, 315-330.
- Cook, P. J. & Cook, J. R. (1985). Marine biological change and phosphogenesis around the Cretaceous-Tertiary boundry. *Science Geologiques Memoire*, 77, 105-108.
- Çoban, H. (1987). *Derik Mazıdağı (Mardin) Fosfat yataklarının Sedimentolojisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çoruh, T. (1991). *Adıyaman civarında (XI. Bölge kuzeybatısı ve XII. Bölge) yüzeyleyen Kampaniyen-Tanesiyen istifinin biyostratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi* (Rapor no. 1656). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Araştırma Grubu.



- Çoruh, T., Yakar, H. ve Ediger, V. Ş. (1997). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi otokton istifinin biyostratigrafi atlası*. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı Eğitim Yayınları, No: 30.
- Duran, O. (1991). *Beşikli, Tokaris ve Bakacak sahalarının stratigrafisi, sedimentolojisi ve rezervuar özellikleri* (Rapor No.1586). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Grubu.
- Erenler, M. (1989). *XI-XII. Bölge güney alanlarındaki kuyularda Mesozoyik çökel istifinin mikropaleontolojik incelenmesi* (Rapor No:1364). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Folk, R. L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. *The American Association of Petroleum Geologists*, 1, 62–84.
- Gossage, D. W. (1956). *Compiled progress report on the geology of part of Petroleum District VI, Southeast Turkey* (Report no. GRT. 2). N. V. Turkse Shell.
- 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.
- Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1984. Geology of the Bitlis Metamorphic Belt. *Conference: Geology of the Taurus Belt 1*, (237-244). Ankara.
- Gromet, L. P., Dymek, R. F., Haskin, L. A. & Korotev, R. L. (1984). The “North American shale composite”: its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482.
- Güven, A., Dinçer, A., Tuna, M. E. ve Çoruh, T. (1991a). *Güneydoğu Anadolu Kampaniyen-Paleosen otokton istifinin stratigrafisi* (Rapor no. 2828). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Güven, A., Dinçer, A., Tuna, M. E. & Çoruh, T. (1991b). Stratigraphic evolution of the Campanian-Paleocene autochthonous succession of the Southeast Anatolia. *Ozan Sungurlu Symposium Proceedings*, 238-261.
- Handfield, R. W., Bryant, G.F. & Keskin, C. (1959). *Measured section, Korudağ (American Overseas Petroleum)* (Rapor No:523). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Haskin, L. A., Haskin, M. A., Frey, F. A. & Wildeman, T. R. (1968). Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In L.H. Ahrens (Ed.), *Origin and Distribution of the Elements*. Pergamon Press, 889-912.
- İmamoğlu, Ş., Nathan, Y., Çoban, H., Soudry, D. & Glenn, C. (2009). Geochemical, mineralogical and isotopic signatures of the Semikan. West Kasrık Turkish phosphorites from the Derik–Mazıdağı–Mardin area, SE Anatolia. *International Journal of Earth Sciences*, 98, 1679-1690.
- J.C.P.D.S. (1990). Powder Diffraction File. *Alphabetical Indexes Inorganic Phases*. Swarthmore, U.S.A.
- Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Raporu.
- Ketin, İ. (1964). *Güneydoğu Anadolu Paleozoyik teşekküllerinin jeolojik etüdü hakkında rapor (I. Kısım: Derik-Bedinan, Penbeğli-Tut ve Hazro bölgesi)*, (Rapor no. 287). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Lucas, J. & Prevot-Lucas, L. (1996). Tethyan phosphates and bioproductites. In A.E.M. Nairn, L.E. Ricou, B. Vrielynck, J. Dercourt J. (Eds.), *The Ocean Basins and Margins, Volume 8, The Tethys Ocean*, (pp.367–391). Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1558-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1558-0_12)
- Meissner, C. R. & Ankary, A. (1970). *Geology of phosphate deposits in the Sirhan-Turayf Basin, Kingdom of Saudi Arabia*. United States Department of the Interior U.S. Geological Survey Special report.

- Monod, O., Kozlu, H., Ghienne, J.-F., Dean, W. T., Günay, Y., Le Hérisse, A., Paris, F. & Robardet, M. (2003). Late Ordovician glaciation in southern Turkey. *Terra Nova*, 15, 249–257.
- Moses, H. F. (1934). *Geological report on the Mardin-Cizre region. Southeastern Turkey*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme No:212.
- Mülayim, O., Mancini, E., Çemen, İ. 6 Yılmaz, İ. Ö. (2016). Upper Cenomanian-Lower Campanian Derdere and Karababa formations in the Çemberlitaş oil field, southeastern Turkey: their microfacies analyses, depositional environments, and sequence stratigraphy. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 25, 46-63.
- Orris, G. & Chernoff, C.B. (2004). Review of world sedimentary phosphate deposits and occurrences, Chapter 20. In J. R. Hein (Ed.), *Life cycle of the Phosphoria Formation, Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry*. Elsevier Science B.V. [https://doi.org/10.1016/S1874-2734\(04\)80022-6](https://doi.org/10.1016/S1874-2734(04)80022-6)
- Schmidt, K. (1935). *First report over geological and paleontological* (Derleme No: 1532). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Simandl, G. J., Fajber, R. & Paradis, S. (2012). *Sedimentary Phosphate Deposits Mineral Deposit Profile F07*. British Columbia Geological Survey, 217-222.
- Soudry, D., Glenn, C. R., Nathan, Y., Segal, I. & Vonder Haar, D. L. (2006). Evolution of Tethyan phosphogenesis along the northern edges of the Arabian-African shield during the Cretaceous-Eocene as deduced from temporal variations of Ca and Nd isotopes and rates of P accumulation. *Earth-Science Reviews*, 78, 27-57.
- Sun, S. S. & McDonough W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders, & M. J. Norry, (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins, Special Publication*, v. 42 (313-345). Geological Society of London.
- Sungurlu, O. (1973). *VI. Bölge Gölbaşı-Gerger arasındaki sahanın jeolojisi* (Rapor no. 802). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Şengündüz, N. ve Aras, M. (1986). *XI ve XII bölgelerde Mardin grubu karbonatlarının ve Karaboğaz Formasyonunun fasiyes dağılımları, diyajenez özellikleri ve çökeltme modeli* (Rapor no. 1005). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Taylor, P. B. (1955). *Stratigraphie studies Bozova (Urfa) area (Mobil Exploration Mediterranean Inc. Report)*. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Arşivi Kutu no. 332, Rapor no. 1).
- Tuna, D. (1973). *VI. Bölge litostratigrafi birimleri adlamasının açıklayıcı raporu* (Rapor no. 813). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Umut, M. (2011). *1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Diyarbakır N 44 paftası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Uygur, K. ve Aydemir, V. (1988). *Bölükayla-Çukurtaş sahalarında (XII.Bölge) Derdere, Karababa, Karaboğaz ve Sayındere formasyonlarının yer altı jeolojisi* (Rapor no. 2454). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Varol, B. (1989). Mazıdağ-Derik (Mardin) fosfat pelloidlerinin sedimanter petrografisi ve kökeni. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 109, 119-126.
- Wagner, C. & Tuna, E. (1988). *Campanian cycle IV carbonates in Southeast Turkey depositional environments and paleogeography* (Rapor no. 252). Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Weaver, C.E. & Pollard, L. D. (1973). The Chemistry of Clay Minerals. In *Developments in Sedimentology* 15, Elsevier.
- Wilson, H. H. & Krummenacher, R. (1959). *Geology and oil prospects of the Gaziantep Region, Southeast Turkey (N. V. Turkse Shell Report)* (Rapor no: 839). Petrol İşleri Genel Müdürlüğü

- Teknik Arşivi, Kutu no. 351, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı.
- Yalçın, H. ve Bozkaya, Ö. (2002). Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası: deniz suyu-kayaç etkileşimine bir örnek. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri*, 19, 81-98.
- Yıldırım, M. (2019). *Güneydoğu Anadolu Otoktonu (Mardin-Mazıdağı) Apsiyen-Alt Kampaniyen Yaşlı Karababa Formasyonunun Litolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- Yılmaz, Y. (1993). New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geological Society of American Bulletin*, 105, 251-271.
- Yılmaz, E. ve Duran, O. (1997). *Güneydoğu Anadolu bölgesi otokton ve allokon birimler stratigrafi adlama sözlüğü (Lexicon)*. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü, Eğitim Yayınları, No:31.