

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2018 Cilt 61 Sayı 3

ISSN 1016-9164

August 2018 Volume 61 Issue 3



TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / President
Yüksel METİN	İkinci Başkan / Vice President
Faruk İLGÜN	Yazman / Secretary
D. Malik BAKIR	Sayman / Treasurer
M. Emre KIBRIS	Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Gonca ŞAHİN	Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yayın Üyesi / Member of Publication

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Yayın Kurulu / Publication Board

Editör / Editor

Prof. Dr. Orhan TATAR
orhantatar@cumhuriyet.edu.tr

Yardımcı Editör / Associate Editor

Doç. Dr. B. Levent Mesci
mesci@cumhuriyet.edu.tr

İngilizce Editörü / English Editor

Margaret SÖNMEZ

Editör Kurulu / Editorial Board

AKGÜN Funda (İzmir, Türkiye)	ÖZMEN Bülent (Ankara, Türkiye)
AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)	PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)	PAVLIDES Spyros (Selanik, Yunanistan)
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, Türkiye)	PIPER John D.A. (Liverpool, İngiltere)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)	PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)
BATI Zühtü (Ankara, Türkiye)	POLAT Ali (Windsor, Ontario, Kanada)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)	ROBERTSON Alastair (Edinburgh, İngiltere)
CAPUTO Ricardo (Ferrara, İtalya)	ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)	SAN Bekir Taner (Antalya, Türkiye)
EKMEKÇİ Mehmet (Ankara, Türkiye)	SARI Erol (İstanbul, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)	SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)	SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
GÜL Murat (Muğla, Türkiye)	ŞENGÜLER İlker (Ankara, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)	TEKİN Uğur Kağan (Ankara, Türkiye)
GÜLER Cüneyt (Mersin, Türkiye)	TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
GÜRSOY Halil (Sivas, Türkiye)	TOPUZ Gültekin (İstanbul, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)	TÜYŞÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
JOLIVET Laurent (Orleans, Fransa)	ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)	ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)	VASELLI Orlando (Floransa, İtalya)
KUSKY Timothy (Wuhan, Çin)	YAGBASAN Özlem (Ankara, Türkiye)
KUŞCU İlkyay (Muğla, Türkiye)	YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
MESCİ B. Levent (Sivas, Türkiye)	YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)	YALTIRAK Cenk (İstanbul)
OBERHANSLLI Roland (Potsdam, Almanya)	YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)	YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ÖZCAN Ercan (İstanbul, Türkiye)	YİĞİTBAŞ Erdinç (Çanakkale, Türkiye)
ÖZDEMİR Yavuz (Van, Türkiye)	YUSUFOĞLU Halil (Ankara, Türkiye)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)	ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)
ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)	

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenişehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenişehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yaygın Süreli Yayın
Yayın Şekli	: 4 Aylık Türkçe - İngilizce
Yayın Sahibi	: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü	: Hüseyin ALAN
Yayının İdari Adresi	: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by)	: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 877 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarihi	: Ağustos 2018
Baskı Adedi	: 500

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2018 Cilt 61 Sayı 3
August 2018 Volume 61 Issue 3

ISSN 1016-9164

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Doğan Perinçek

Çanakkale Yöresi (KB Türkiye) Erenköy ve Güzelyalı Fosil Heyelanlarının Jeolojik ve Jeomorfolojik Analizi

Geological and Geomorphological Analysis of the Ancient Erenköy and Güzelyalı Landslides in the Çanakkale District, NW Turkey..... 241

Engin Meriç, Atike Nazik, M. Baki Yokeş, İpek F. Barut, Mustafa Kumral, Mustafa Eryılmaz, Fulya Yücesoy-Eryılmaz, İbrahim Gündoğan, Bora Sonuvar, Feyza Dinçer

Aliağa (İzmir) Kıyılarında Termal Su Kaynaklarının Meiobentik Topluluğa (Bentik Foraminifer, Ostrakod ve Mollusk) Etkisi

The effects of submarine springs on meiobenthic assemblages (benthic foraminifers, ostracods and molluscs) on the coasts of Aliağa (İzmir)..... 269

Ömer Bozkaya, Hüseyin Yalçın, Sema Tetiker

Karakaya Karmaşığı Kırıntılı Kayaçlarındaki Klorit ve İllit/Mikaların Mineral Kimyası: Köken ve Diyajenez/Metamorfizma

Mineral Chemistry of Chlorite and Illite/Mica in the Clastic Rocks of Karakaya Complex: Origin and Diagenesis/Metamorphism..... 291

Sema Tetiker, Adile Kübra Akman, Hüseyin Yalçın

Mardin-Dargeçit Yöresi Üst Kretase-Paleosen Yaşlı Germav Formasyonu'nun Mineralojisi ve Fillosilikat / Kil Jeokimyası

Phyllosilicate / Clay Geochemistry of Mineralogy and Upper Cretaceous-Paleocene Germav Formation in Mardin-Dargeçit Area..... 313

Ömer Bozkaya, Gülcan Bozkaya, Nurullah Hanilçi, A. Samed Güven, David A. Banks, I. Tonguç Uysal

Çöpler (Erzincan, İç-Doğu Anadolu) Porfiri-Epitermal Altın Yatağında Arjilik Alterasyona İlişkin Mineralojik Kanıtlar

Mineralogical Evidences on Argillic Alteration in the Çöpler Porphyry-Epithermal Gold Deposit (Erzincan, East-Central Anatolia) 335

Nizamettin Kazancı

Holosen'in Katları

Stages of the Holocene 359

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts and ULAKBİM TR Dizin Databases.

TÜRKİYE JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey



**Çanakkale Yöresi (KB Türkiye) Erenköy ve Güzelyalı Fosil Heyelanlarının
Jeolojik ve Jeomorfolojik Analizi**

*Geological and Geomorphological Analysis of the Ancient Erenköy and
Güzelyalı Landslides in the Çanakkale District, NW Turkey*

Doğan Perinçek*¹

¹ Emekli, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17020 Çanakkale

Geliş/Received : 30.01.2018 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 15.07.2018 • Kabul/Accepted : 16.07.2018 • Baskı/Printed : 12.09.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada Çanakkale'ye bağlı Güzelyalı Köyü dolayındaki eski heyelan döküntüsü incelenmiş ve ayrıca Erenköy kuzeydoğusundaki tarihsel büyük heyelanların izleri ortaya çıkarılmıştır. Bu kapsamda, söz konusu heyelanların oluşum ve gelişim nedenlerini, jeolojik ve jeomorfolojik yöntemlerle analiz ederek, heyelanı oluşturan hazırlayıcı ve tetikleyici etmenleri belirlemek amaçlanmıştır. Bu makalede 1875 Erenköy-Çanakkale Depremlerinin tetiklediği Erenköy yakınındaki heyelanlarla ilgili veriler sunulmaktadır. Erenköy-Güzelyalı dolayındaki eski heyelanlar kompleksinin yayılım alanı Çanakkale dolayındaki en büyük heyelan alanlarından bir tanesidir. Tarihsel heyelan alanının büyüklüğü yaklaşık 3.75 km²'dir. Erenköy yakınındaki bu tarihsel büyük heyelanlar, iki karakteristik yeryüzü özellikleri ile arazide fark edilmektedir. Bunlar yamacın dibinde düzensiz biçimde dökülmüş halde yüzeyleyen kayaların karışık bir görüntü sunması ve kaymanın geldiği tepelerde konkav ya da keskin-düz görünümlü kesik topografyadır. 1875 Erenköy Depreminden sonraki yıllarda alanda süregelen erozyon, heyelanın yüzeydeki bazı topoğrafik verilerini kısmen silmiştir. Güzelyalı köyü yakınındaki eski heyelan döküntüsünün ise çok sayıda tekrarlayan akma (krip) tipi heyelanlarla oluştuğu düşünülmektedir. Birbiri arasında belki de yüzyıllar olan çok sayıda tekrarlanmış olabilecek bu heyelanların bazılarının bölge ve yakın dolayında tarihsel dönemlerde meydana gelmiş depremlerle yer yer tetiklenmiş olması olasıdır. Güzelyalı heyelan döküntüsü yakın geçmişte krip tipi heyelanlar olarak tekrar hareket etmiştir. Eski heyelan döküntüsü Güzelyalı yerleşim alanının kuzeydoğusundaki konutlar için tehlikeli olmaktadır. Güzelyalı Köyü'ndeki eski heyelan döküntüsü ve ilgili heyelanların ilk oluşum yaşı, Erenköy Heyelanından öncedir.

Anahtar Kelimeler: Çanakkale, Erenköy, Güzelyalı, heyelan, krip, rotasyonel heyelan.

Abstract: The study was able to describe the ancient landslide debris around Güzelyalı Village. Also, the remains of horrendous ancient landslides have been discovered in northeast of Erenköy Village in Çanakkale. In this frame, aim of the study is to determine the preparatory and triggering factors that form the landslides by analyzing the occurrence and development mechanisms of these landslides with the geological and geomorphologic methods. The evidence for the ancient landslide triggered by 1875 Erenköy-Çanakkale Earthquake presented in this paper, which is located near Erenköy. Ancient landslide complex around Erenköy-Güzelyalı area has the distinction of having one of the largest, landslides in Çanakkale. The total area of the ancient landslides is approximately 3.75 square kilometers in size. Historical landslides near Erenköy have been noticed by land features bearing two hallmark characteristics. These are: a jumbled assortment of rocks at the base of a slope, and a cuplike or sharp-straight topography cut out of the hills where the slide might have come from. Post 1875 erosion activity have partially erased much of the evidence of landslide. It was assumed that landslide deposits near Güzelyalı Village were produced by multiple landslide events. Probably some of the slides, originated by earthquakes consisting of many events, likely several

* Yazışma / Correspondence: perincek@yahoo.com

© 2018 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved
<http://tjb.jmo.org.tr>
<http://dergipark.gov.tr/tjb>

hundred years between them. Mentioned landslide debris was recently moved again as creep-type landslides. Ancient landslide debris offers danger signs for northeastern Güzelyalı housing developments. Ancient Güzelyalı's landslide debris and related landslide is older than Erenköy's landslide.

Keywords: Çanakkale, Erenköy, Güzelyalı, landslide, creep, rotational slide.

GİRİŞ

Bu çalışma Çanakkale'nin güneyinde merkeze bağlı Erenköy ve Güzelyalı köyleri ve yakın dolayında gelişmiş olan heyelanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Heyelanların oluşumunun başlıca iki nedeni vardır; bunlardan birincisi doğal süreçlere bağlı doğa olayları ikincisi ise insan hatalarından kaynaklanan topoğrafik yapıyı bozan yanlış arazi kullanımıdır. Birbirini de tetikleyen bu iki neden bir araya gelince oluşabilecek heyelanların hem can kaybı hem de ekonomik açıdan korkunç boyutta zararlara yol açtığı görülür. Heyelana neden olan doğal olaylar sırasıyla; 1) su-yağmur, 2) deprem ve 3) volkanik aktivitedir. Bazen bunlardan ikisinin bir arada olması heyelanın boyutunu ve etkisini artırır. Yamaç eğiminin derecesi, morfoloji, toprak tipi, bölgenin jeolojisi, kaya türleri doğal olayların etkisini de kontrol eder (Sarker ve Rashid, 2013). Başlıca insan hataları ise yerleşim alanındaki plansız ve düzensiz bina sayısı, yanlış arazi kullanımı ve nüfus arttıkça insanların doğal topoğrafik dengeyi bozmasıdır. İnsanların doğal drenaj düzenini bozması, yamaç eğimine müdahale ederek artırması, bitki örtüsünün azaltılması / ormanın yok edilmesi, yamacın topuk kısmından yük alınması, yamacın üst kısmına ilave yük bindirilmesi zeminin taşıma gücünü azaltır ve heyelanları tetikler. Ayrıca aşırı bahçe sulaması ve yeraltı su şebekesi borularından zemine sızan ek su ilavesi de önemli insan katkısı hatalardan olup heyelana neden olur (Highland ve Bobrowsky 2008). Yol, bina ve benzeri yapılaşma sırasında jeolog ve mühendislerin yamaç duraylılığı başta olmak üzere bölgenin jeolojisini, jeomorfolojisini dikkate alarak proje hazırlamaları halinde, hesaba katılmayan sürpriz heyelanlarla karşılaşılmasını önleyecektir. Çanakkale

İzmir karayolunun Erenköy yakınında 2013-2014 yıllarında oluşan heyelanların yol güzergahının jeolojik ve yamaç duraylılığı vb. özellikleri dikkate alınmadan yapılmış ve genişletilmiş olması dolayısıyla insan hatasına bağlı nedenler sonucunda oluştuğu anlaşılmaktadır.

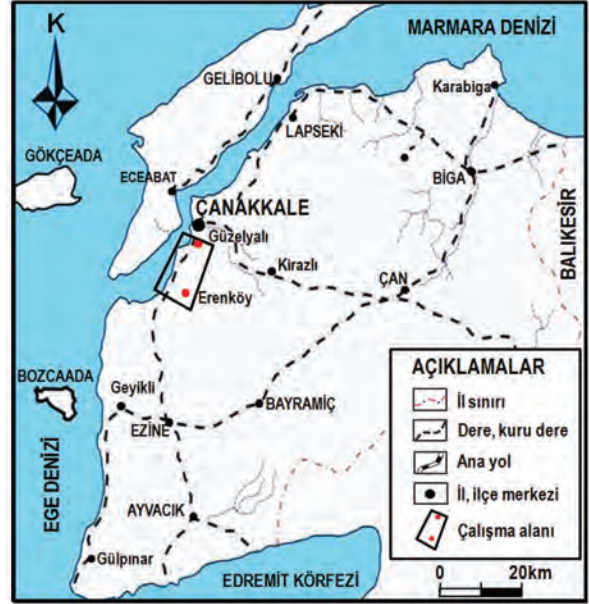
Depremlerin yanı sıra heyelanlar da yerleşim yerlerini, yolları ve hatta uygarlıkları bile yok edebilir. Çanakkale dolayında geçen yıllarda olan heyelanlar nedeniyle köylerin ve yolların tahrip olduğu yapılan çalışmalar ve yayınlarla kayıtlara geçmiştir (Yiğitbaş vd., 2005; Baba vd., 2005; Kürçer vd., 2005; Türkeş vd., 2006; Tunusluoğlu vd., 2009; Erginal vd., 2009; Bekler vd., 2011; Türkeş vd., 2011; Tatar vd., 2011; Ekinci vd., 2013).

Bu çalışmada 1875 yılında Erenköy kuzeydoğusunda gözlenen tarihsel heyelan ve Güzelyalı dolayında saptanan fosil Güzelyalı heyelan döküntüsü (GHD) ile ilgili veriler aktarılacaktır. Calvi, (1941), AFAD (2010) ve Soysal vd. (1981) tarafından rapor edilen 1875 Erenköy-Çanakkale Depremi ve ardından oluşan heyelanla ilgili kısıtlı ilk bilgiler bu çalışmanın ilk adımının atılmasını sağlamıştır. Bu verilerden sonra Erenköy çevresindeki alan taranmış ve 1875 Depremi'nin ardından olan heyelanların yeri saptanmıştır. Söz konusu heyelan Erenköy Heyelanı (EH) olarak adlandırılmıştır. Çanakkale İzmir karayolu çalışması sırasında Güzelyalı dolayında açılan yol yarmalarında bu çalışma sırasında yapılan gözlemler ise fosil heyelan döküntüsünün iç yapısının tanınmasında önemli katkısı olmuştur. Yol yapımından önce Güzelyalı dolayında gözlenen kireçtaşı bloklarının varlığı da sorgulanmış ve yol yarmasında izlenen verilerle birleştirilerek eski (fosil) heyelan döküntüsünün

tanınması sağlanmıştır. Güzelyalı çevresindeki bazı mostralarda heyelan döküntüsünde izlenen bazı çizgisellikler fay olarak da yorumlanabilecek bir görüntüdedir ve yanılığa neden olmaktadır. Bölgedeki detaylı çalışmalar sonucunda bu yanılığın ortadan kaldırılmıştır.

Bu eski heyelan arazi çalışması sırasında amaca yönelik olarak GoogleEarth görüntüleri arazi çalışmasıyla birlikte eşzamanlı olarak kullanılmıştır. Erenköy Heyelanının (EH) yaşı heyelanı tetikleyen 1875 Erenköy-Çanakkale Depremi nedeniyle bilinmektedir (Calvi, 1941; Soysal vd., 1981; AFAD, 2010). Güzelyalı heyelan döküntüsünün (GHD) yaşı ise bilinmemektedir. Fakat Erenköy Heyelanından (EH) göreceli olarak daha yaşlı ve birden fazla heyelanla ilgili olduğu kesindir. Bulunduğu alanın jeomorfolojik yapısı, Güzelyalı heyelan döküntüsü malzemesinin önemli ölçüde aşındırılıp taşınması, izlerinin silinmesi, bu döküntü malzemesinin taşınarak Güzelyalı deltasının gelişiminde kaynak alan olarak önemli katkısının olması, heyelan döküntüsü iç yapısının aşırı karmaşık olması, döküntü içindeki kireçtaşı bloklarının varlığı, blokların döküntü altındaki formasyon (Tga) ile ilgisinin olmaması, heyelan malzemesinin bulunduğu kotun Erenköy Heyelanı malzemesinin bulunduğu kotlara göre düşük kotlarda bulunması ve Güzelyalı heyelan döküntüsünün denize yakın konumlanmış olması söz konusu heyelanın ilk oluşum yaşının Erenköy Heyelanına göre daha yaşlı olduğunu göstermektedir.

Çanakkale güneyindeki Erenköy dolayındaki tepelik alanlar heyelan gelişimine uygun bir topografyaya ve yamaç eğimine sahiptir. Bölgenin büyük ve orta ölçekteki depremlerin yaşandığı, yüksek açılı yamaç eğimlerinin var olduğu bir bölge olması nedeniyle bu alanlarda deprem sonrası heyelan gelişme olasılığı yüksektir. Depremin yarattığı sarsıntı zeminin genleşmesi ve gevşemesini sağlaması, yüzey sularının zemine hızla sızması, heyelan olasılığını artırır.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of study area.

Erenköy ve Güzelyalı köyleri dolayındaki heyelanların bir nedeni deprem ve ikinci üçüncü nedeni ise sırasıyla yüksek yamaç eğimi ve mevsimlik kar ve yağmur suları olmuştur. Ayrıca Çanakkale Grubu kaya birimleri içindeki kiltası ve çamurtaşı seviyeleri, diğer nedenlerle birlikte heyelanların oluşumunda önemli bir faktör olmuştur.

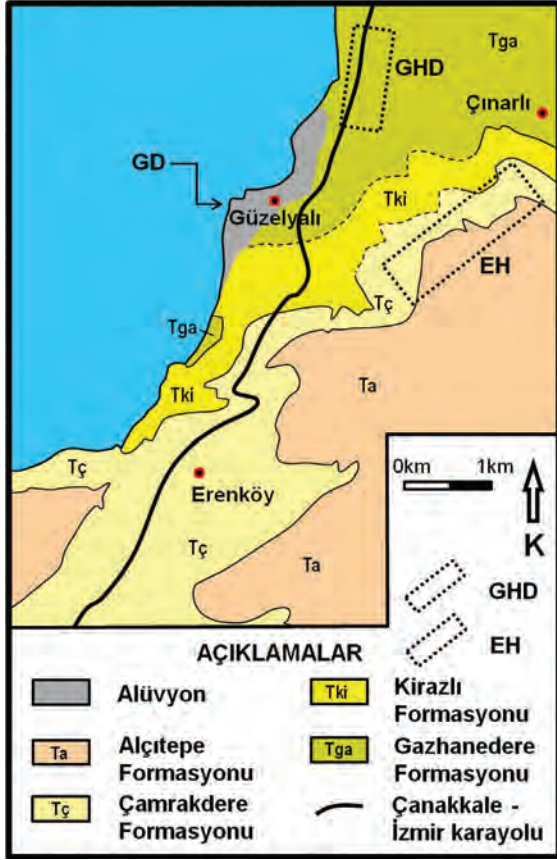
STRATİGRAFİ

Üst Miyosen birimleri Çanakkale Grubu ve Ergene Formasyonu olarak bilinmektedir (Siyako, 2006b). Çanakkale Grubu Ergene Formasyonu'nun farklı ortamda çökelmiş yanal eşdeğeridir. Pliyosen, özellikle Kuzey Trakya'da geniş yüzlekleri olan Kırcasali Formasyonu ile temsil edilmektedir (Siyako, 2006b).

Çanakkale Grubu

Bu birimin adlanması ilk defa formasyon düzeyinde yapılmış (Şentürk ve Karaköse, 1987;

Sümengen vd. 1987), Siyako (2006a) tarafından grup aşamasına çıkartılmıştır.

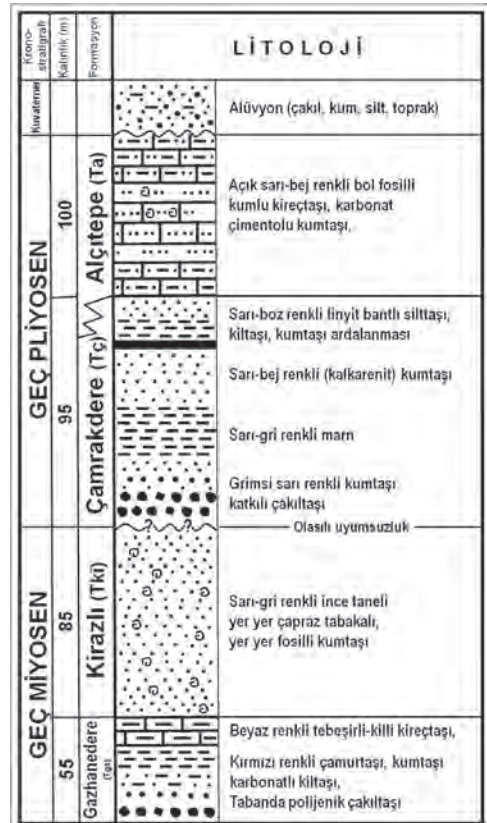


Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Perinçek ve Karşioğlu, 2007; Alkaç ve Perinçek 2009'dan sadeleştirilerek alınmıştır). EH: Erenköy heyelanlarının taç alanı, GHD: Güzelyalı fosil heyelan döküntüsü yol boyu mostra alanı, GD: Güzelyalı Delta.

Figure 2. Geology map of the area (simplified from Perinçek and Karşioğlu, 2007; Alkaç and Perinçek 2009). EH: Crown area of Erenköy Landslides, GHD: Roadside outcrop of the ancient Güzelyalı Landslide debris, GD: Güzelyalı Delta.

Çanakkale Boğazı'nın her iki yakasında, Gökçeada ve Bozcaada'da yaşları Geç Miyosen-Pliyosen aralığında değişen Çanakkale Grubunun; Gazhanedere, Kirazlı, Çamrakdere (=İntepe Üyesi) ve Alçıtepe formasyonları yüzeylenmektedir (Şekil 2). Şekil 2'de Gazhanedere, Kirazlı, Alçıtepe ve

Çamrakdere formasyonları için sırasıyla Tga, Tki, Ta, Tç simgeleri kullanılmıştır. Çanakkale Grubu altındaki ve üstündeki birimler uyumsuz olup, başlıca kumtaşı, çakıltaşı, kiltası, çamurtaşı ve seyrek olarak sığ denizel, lagüner kireçtaşından oluşur. Birimin toplam kalınlığı 800-1400 m arasında değişir, yaşını Okay vd. (1990), Siyako (2006b) Orta-Geç Miyosen olarak vermektedir. Alkaç ve Perinçek (2009) Çanakkale Grubu için birimin stratigrafik konumu ve bölgesel dağılımını dikkate alarak Geç Miyosen -Pliyosen yaşını benimsemişlerdir. Çamrakdere Formasyonu ile birlikte Alçıtepe Formasyonu Trakya Havzası'nda yaygın mostra veren Kırcasalih Formasyonunun yanal eşdeğeri.



Şekil 3. Çanakkale-Güzelyalı-Erenköy dolayının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. (Alkaç ve Perinçek, 2009'ten değiştirilerek alınmıştır). Ölçeksizdir.

Figure 3. Generalized stratigraphic section of the Çanakkale-Güzelyalı-Erenköy area (modified after Alkaç and Perinçek, 2009). Not to scale.

Çalışma alanının temelini kırmızı rengin eğemen olduğu çakıltaşı, kumtaşı, marn ardalanmalı Üst Miyosen Gazhanedere Formasyonu oluşturur. Üzerinde bu formasyonla düşey ve yanal geçişli çökelen boz-sarı renkli, çimentolanmamış kumtaşı ile temsil edilen Kirazlı Formasyonu çökeltmiştir. Kirazlı Formasyonu üzerinde yer yer kalınlığı 0-30 cm arasında değişen kırmızı renkli kılavuz seviye görölmektedir. Alkaç ve Perinçek (2009) bu seviyenin varlığını Üst Miyosen sonu Pliyosen başında havza içerisinde çökeltmede kesikliğe yorumlamışlardır. Bu durumda Çanakkale Grubunu'nun Pliyosen yaşlı kesimi Trakya'daki Kırcasalih Formasyonu ile aynı yaşta olacaktır. Kırmızı renkli düzey üzerine sarı-bej renkli ince taneli çakıltaşı, kumtaşı, fosilli marn, kıltaşı, kumtaşı kalkarenit litolojisinden oluşan Çamrakdere Formasyonu (=İntepe Üyesi) çökeltmiştir. Tüm bu kırıntılılar üzerine karbonatlı kumtaşı, oolitik kireçtaşı, silttaşı ve marnlardan oluşan Alçitepe Formasyonu'nun karbonatları gelir (Şekil 2 ve 3).

Gazhanedere Formasyonu

Gazhanedere Formasyonu (Şekil 3), kırmızı-bej renklidir ve çamurtaşı, kumtaşı, çakıltaşı ardalanması ve bunların birbirine geçiş fasiyesleri şeklinde göze çarpar. Birimin tip mevkide eğemen litolojisi çakıltaşıdır. Ayrıca kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı arabantları vardır. Güzelyalı, Çanakkale yöresinde ise kıltaşı-silttaşı yaygın litolojidir. Çakıltaşı; pembe, bordo renkli olup dağılgandır. Çamurtaşı düzeyleri koyu bordo renkli olup nadiren 3–5 cm'lik kömür bantları içerir. Altındaki daha yaşlı birimlerle olan ilişkisi uyumsuzdur.

Güzelyalı dolayında formasyonun üst kesimlerini oluşturan beyaz renkli marn, kumlu marn oldukça yaygındır. Üstteki Kirazlı Formasyonu'nun kumlu seviyelerine dereceli geçer. Üstteki kumlu seviyelerden geçerek Gazhanedere Formasyonu'nun beyaz renkli marn düzeyine kadar süzölen yüzey suları beyaz renkli

marn düzeylerini geçemez. Özellikle yağmurlu sezonda yer altı suyu alttaki Gazhanedere Formasyonuna ait kıltaşı ve özellikle beyaz renkli marn üst yüzeyine ulaşınca, bu düzlem boyunca hareket ederek heyelanlara neden olmaktadır. Bölgede gözlenen heyelanların kayma düzlemi beyaz renkli marn seviyesinin üst sınırında yoğunlaşır.

Güzelyalı dolayında yapılan ölçümlerde birimin kalınlığının ortalama 55 m. olduğu görölmüştür.

Kirazlı Formasyonu

Birimin genel litolojisini kumtaşı oluşturur. Kumtaşı; açık sarı-sarımsı gri, orta-kalın tabakalı, yer yer çapraz katmanlı dağılgan özellikli, ince-orta taneli, çok iyi boylanma özelliği gösterir. Bununla birlikte kumtaşı taneleri çoğunlukla kuvars ile temsil olunur. Çalışma alanında Kirazlı Formasyonu daha çok açık sarı renkli olmakla beraber yer yer sarımsı gri renklerde, çimentolanmamış kumtaşı olarak gözlenmektedir (Şekil 2 ve 3). Heyelan yaratma potansiyeli yoktur.

Kirazlı Formasyonu'nun çalışma alanında oldukça yaygın mostraları vardır. Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 85 m. dir.

Çamrakdere Formasyonu

Atabey vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada Alçitepe Formasyonu adı altında üye mertebesinde haritalanmıştır. Siyako (2006b) birim için Çamrakdere Formasyonu adını kullanmıştır. Birimde hakim litoloji çamurtaşı-kıltaşı olup, silttaşı, kumtaşı ve çakılcıklı konglomera ile kalkarenitten oluşmaktadır. Çamrakdere Formasyonu çalışma alanının büyük bir kısmında yüzlek vermektedir. Birimin kıltaşı-çamurtaşı katmanları bölgede gözlenen heyelanların gelişiminde birinci derecede rol oynayan düzeylerdir.

Çalışma alanında Çamrakdere Formasyonu, alttan üste doğru sarı bej renkli ince taneli kumtaşı ara bantlı çakıllı kumtaşı, üstünde sarı gri renkli fosilli marn, daha üstte gri renkli marn, sarı renkli yer yer karbonat ve kırılmış kavkı parçaları içeren kumtaşı ve kalkarenit, en üst kısımda da arada kömür bantlarının görüldüğü karbonatlı kumtaşı, fosilli karbonatlı kumtaşı, çamurtaşı kiltası, silttaşı, kalkarenit ve marn ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 4). Birim içindeki fosil topluluğu Geç Pliyosen'in altı için karakteristiktir (Yeşilyurt vd. 2007). Çamrakdere Formasyonu (=İntepe Üyesi) bölgede oldukça geniş alanda yüzlek vermektedir. Formasyonun kalınlığı yaklaşık 95 m. dir.

kireçtaşı-oolitik kireçtaşı istifi ile birlikte ilk çalışmalarda Alçitepe Üyesi olarak adlandırılmıştır (Önem 1974). Birim daha sonra Siyako vd. (1989) tarafından formasyon aşamasına çıkarılmıştır. Birimin egemen litolojisi karbonatlı kumtaşı ve kumlu kireçtaşından oluşur. Kireçtaşları; gri, beyaz renkli, sert, yer yer bol fosilli ve oldukça gözeneklidirler.

Alçitepe Formasyonu tabanda, Çamrakdere Formasyonu'nun kırıntılıları ile geçişli olarak bej-gri renkli, orta tabakalanmalı, çakıllı ve kumlu karbonatlarla başlamaktadır. Birim üstte doğru beyazımsı-gri renkli, ince-orta tabakalı kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, gri-boz renkli ince taneli iyi



Şekil 4. Çamrakdere Formasyonu'nun Erenköy Viyadük'ü yakınında genel görünüşü. İstif genelde kumtaşı-silttaşı ardalanmalı çamurtaşı ile temsil olunur. Kesitin üst kısmında ise kireçtaşı katkıları görülür.

Figure 4. A general view of the Çamrakdere Formation is near Erenköy Viaduct. The sequence is generally represented by alternating sandstone-siltstone mudstone. Limestone interlayer's are seen on the upper part of the section.

Alçitepe Formasyonu

Kirazlı Formasyonu'nun sahil yakını kırıntılı kayalar üzerinde gözlenen çamurtaşı-kumtaşı-çakıltaşı ardalanması ve daha üstteki kumlu

çimentolanmamış karbonatlı kumtaşı, silttaşı ve kiltası ardalanması şeklinde devam eder. Bu birimlerin üzerine orta taneli yer yer erime yapıları gösteren karbonatlı kumtaşı çökelmiştir.

Formasyonun üst seviyelerinde fosil katkılı kireçtaşı düzeyleri hâkimdir. Fosilli kireçtaşı üste doğru daha ince taneli, sarı-boz renkli karbonatlı kumtaşı, kiltası araldanmasına geçer. Formasyonun en üst kesimlerinde ise karbonat çimento yüzdesi artar, bol oolitle, fosilli iri taneli kumtaşı yer alır. Oolitlerin varlığı yüksek enerjili, çalkanmalı sığ denizel ya da gölsel çökel ortamına işaret etmektedir (Temel ve Çiftçi, 2002).

Alçıtepe Formasyonu'nun yaşı Geç Pliyosen olarak belirlenmiştir (Yeşilyurt vd. 2007). Birim altındaki Çamrakdere Formasyonu ile geçişli olup, kalınlığı 50-75m arasındadır (Atabey vd. 2004). Çalışma alanında Alçıtepe Formasyonu maksimum 100 m. kalınlık sunar.

Erenköy ve Güzelyalı Çevresinde Oluşan Heyelanların Nedenleri

Çanakkale'de Erenköy ve Güzelyalı dolaylarında yakın zamanda olan heyelanları tetikleyen çok sayıda neden bulunmaktadır. Bunlar; 1-Çanakkale-İzmir Karayolunun geçtiği yerlerde yüzeyleyen formasyon/kaya birimleri içindeki killi seviyelerin varlığı, 2-Yol yapımı sırasında yapılan başlıca insan kaynaklı hatalar; yol sanat yapılarında ki hatalar, yüzey sularını kontrol edecek kafa ve topuk hendeği gibi yan yapıların yapılmaması ya da eksik yapılması, yol ve sanat yapılarının yapımı sırasında yamaç eğiminin artırılması, yamacın altının oyulması, yolun geçtiği yerlerde litolojiye gerekli dikkati göstermeden her yerde aynı yöntemin uygulaması, taş duvar yaparken duvarın yüksekliğine ve dış cephe eğimine dikkat edilmemesi, heyelan konusunda yeterli deneyimi olmayan ekiplere iş verilmesi, 3-Bölgedeki ormanın yanmış olması nedeniyle yoğun yağmur/kar yağışında zemine fazla su süzülmesi, 4-Bölgede meydana gelen 3'den büyük depremlerin yer yer tetikleyici rolünün olması.

Çanakkale ve yakın dolayı da Kuzey Anadolu Fay Zonu ve kollarının etki alanı içinde

kalmakta ve devamlı yükselmektedir. Binlerce-milyonlarca yıldır süren bu yükselme akarsuların vadilerini derinleştirmesine neden olmakta, buna bağlı olarak yamaç eğimi artmaktadır. Bu doğa olgusuna insan hataları da eklenince heyelanlar kaçınılmaz olmaktadır. İnsanların doğaya kısa süre içinde yaptığı müdahale doğanın uzun zaman aralığında kendi kendine sağladığı dengeyi bozmakta ve heyelanların artmasına neden olmaktadır. Heyelanların bazıları, insan eliyle kısa zamanda bozulan doğal dengenin geri kazanılması işleminin bir sonucudur.

Bölgedeki heyelanların çoğu en üsteki Alçıtepe Formasyonu'nun kumlu kireçtaşı ile altındaki çamurtaşı-kiltası katkılı Çamrakdere Formasyonu ara düzeylerinde ve Çamrakdere Formasyonu içinde yer alan kumtaşı-kireçtaşı katkıları ile alttaki çamurtaşı sınırında oluşmaktadır. Heyelanların yoğunlaştığı ikinci düzey ise Kirazlı Formasyonu ile bunun altındaki Gazhanedere Formasyonu arasındaki sınırdır. Özetle bölgedeki heyelanların en önemli nedeni Gazhanedere Formasyonu üst kesimindeki beyaz renkli marn ve Çamrakdere Formasyonu içindeki çamurtaşı kiltası katkılarıdır.

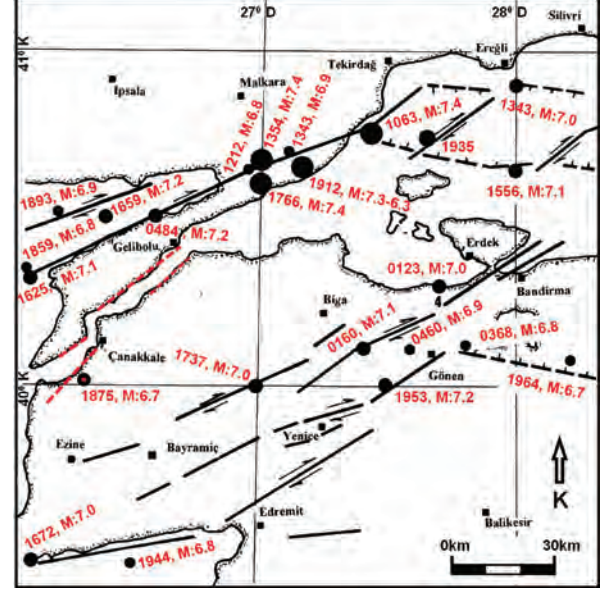
Marmara Denizi ve Çanakkale Çevresi Depremleri

Biga yarımadası ve çevresi geçmişte ve günümüzde deprem aktivitesi oldukça yoğun bir alandır. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) kuzey kolu Saros Körfezi, Ganos Dağı dolayındaki faylarla temsil edilir. KAFZ'nun orta ve güney kolunu ise Etili, Çan-Biga, Yenice-Gönen, Manyas-Danişment, Lapseki, Sinekçi, Terzialan, Doğruca, Ulubat, Edincik, Pazarköy-Hamdibey-Kalkım, Edremit, Yiğitler, Sarıköy ve Karabiga fayları oluşturur (Gürbüz vd. 2000; Tan vd. 2008; Özden vd. 2009). Bu fayların sebep olduğu tarihsel depremler sırasıyla 29, 155, 170, 543, 620, 1354, 1440, 1737, 1744, 1855, 1865 ve 1875 yıllarında meydana gelmiş ve büyük yıkımlara neden olmuştur.

Tekirdağ çukurunu Saros çukuruna bağlayan ve Gelibolu yarımadasını kabaca doğu batı yönünde kesen Saros-Gaziköy Fayı 1912 yılında birincisi M:6.3, ikincisi M:7.5 büyüklüğünde deprem oluşturarak iki aşamalı olarak kırılmıştır. Aletsel dönemde kayıtlara geçen 1912 Saros-Şarköy-Müreftede depremi dışında sırasıyla 1935 Erdek Körfezi (M:6.4) ve Çan-Biga (M:6.3), 1944 Edremit Körfezi-Ayvacık (M:6.8), 1953 Yenice-Gönen (M:7.2), 1964 Gönen (M:5.8), 1971 Edremit-Bakırçay (M:5.5), 1983 Biga (M:5.8), 2006 yılında Kuşgölü-Manyas (M:5.2) ve Bandırma (M:5.0) depremleri yaşanmıştır (Soysal vd. 1981; Gürbüz vd. 2000; Özden vd. 2009). Saros-Gazipaşa Fay zonu üzerinde, 1965’de M:5.6, 1975’de M:6.7, 1985’de M:4.4 olmak üzere 3 yakın tarihli deprem vardır (Şekil 5). Yenice Gönen Fay Zonu üzerinde yapılan aktif tektonik ve paleosismolojik araştırmalar alandaki fayların deprem oluşturma kapasitesi konusunda ve 1953 depremine ait yüzey kırığı hakkında önemli veriler sağlamıştır (Dirik vd. 2008; Kürçer vd. 2008; Kürçer vd. 2016; Özalp vd. 2016). Yakın zamanda yapılan çalışmalar aktif faylar ile ilgili bilinenlerin güncellenmesini sağlamıştır (Emre vd. 2013; Emre vd. 2016; Duman vd. 2016).

Yakın tarihlerde olan depremler sırasıyla 07 Haziran 2012 Tekirdağ doğusunda Marmara Ereğlisi açıkları 5.1 büyüklüğündeki deprem, 8 Ocak 2013 Ege Denizi’nde Bozcaada ve Lemnos adaları açıklarında 6.2 büyüklüğünde deprem (Kıratzi ve Sviggas, 2013), 30 Temmuz 2013 Gökçeada ilçesinde meydana gelen 5,3 büyüklüğündeki deprem (AFAD, 2010), 27 Kasım 2013 merkez üssü Marmara Ereğli olan 4.7 ve 4.0 büyüklüğünde iki adet deprem sayılabilir. Kandilli Rasathanesi’nin verilerine göre 24 Mayıs 2014’de Gökçeada’nın batısında olan 6.5 büyüklüğündeki deprem (AFAD, 2014) Çanakkale dışında İstanbul ve çevresinde de hissedilmiştir. 2017 yılında olan Gulpınar-Ayvacık (Sözbilir vd. 2017; Özden vd. 2018) ve Midilli (Kıratzi, 2018) depremlerinin ana şokunu yüzlerce artçı deprem izlemiş, bölgede

deprem fırtınası yaşanmıştır. Deprem sonrasında Gulpınar dolayında heyelanlar rapor edilmiştir.



Şekil 5. Çanakkale yakın dolayının aktif faylar, aletsel ve tarihsel dönem depremleri (Gürbüz vd. 2000; Ambraseys, 2002; AFAD, 2010 yayınlarından düzenlenerek alınmıştır). Çanakkale Boğazı kıyılarında yer alan kırmızı kesikli çizgi ile işaretli faylar-çizgisellikler Perinçek (2006) yayınından sadeleştirilerek alınmıştır.

Figure 5. Active faults and historical earthquakes near Çanakkale and its vicinity. (Modified after Gürbüz et al., 2000; Ambraseys, 2002; AFAD, 2010). Faults-lineament; marked with red dotted line, located along the coast of Çanakkale Strait simplified from Perinçek (2006).

Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun güney kolu Biga Yarımadası dolayında en-eşelon dizimli KD-GB doğrultulu yanal atımlı faylar ile temsil olunur (Emre vd. 2013). Çanakkale kuzeyinde KAFZ’nun unsurları olan faylar bulunur. Söz konusu aktif faylar tarihsel dönemde yıkıcı depremler yaratmıştır ve gelecekte de yaratma potansiyeli vardır. 1900 yılı ve öncesi ve sonrası dönemde olan tarihsel depremler Şekil 5 üzerinde işaretlenmiştir (Gürbüz vd. 2000, Ambraseys

2002). Ayrıca AFAD (2010) arşivinde Çanakkale ili yakınlarında 1875 yılında dört adet deprem kayıtlara geçmiştir (Soysal vd. 1981). Bunların büyüklükleri 1875 Mart ayında M:4.3, 1875 yılı ortasında M:6.7, Kasım ayında M:3.7 ve Aralık ayında M:4.3 olmuştur (AFAD, 2010; Tablo 2). Ambraseys (2002), Ambraseys ve Finkel (1991) tarihsel deprem listesinde 1875 Erenköy-Çanakkale Depremi'nden bahsetmemektedir. Fakat bu tarihlere yakın olan 6 Mart 1737 depreminin Biga Ezine arasında olduğunu belirtmişler (Şekil 5) ve 7 büyüklüğündeki bu deprem ile Ezine'nin tümüyle yıkıldığını, depremin Bolayır, Kilitbahir, Bozcaada da tahribata neden olduğunu ve İstanbul'da da hissedildiğini yazmışlardır. 13 Ocak 1873 tarihinde Saros Körfezinde olan deprem (M: 7.1?) Selanik ve İstanbul'dan hissedilmiştir. 13 Ekim 1877 yılında Marmara Denizinde olan deprem (M: 6.8?) Marmara adasında büyük hasara neden olmuş, deprem İstanbul, Edirne ve Ezine'den güçlü hissedilmiştir (Ambraseys ve Finkel, 1991). Ambraseys (2002) sonraki yayınlarında bazı tarihler üzerinde değişiklik yapmıştır. Dikkati çeken diğer bir deprem ise 1893 yılında Saros Körfezinde olan 6.9 büyüklüğündeki depremdir (Şekil 5). 5 Mart 1875 tarihinde Çanakkale yöresinde Erenköy (eski adı; İntepe) dolayında (yaklaşık enlem:40° K, boylam:26° D) olan 1875 Erenköy-Çanakkale Depremi'nin büyüklüğü 6.7 olup, 9 şiddetindedir. Deprem sonrası heyelan rapor edilmiştir (AFAD, 2010).

Çanakkale Havzasının işgal ettiği geniş alanda; denizde ve karadan elde edilen sismik ve jeolojik-morfolojik veriler, bu bölgenin Pliyosen'de başlamış olan bir transpresif tektonik rejim etkisi altında kaldığını göstermektedir. Çanakkale Havzasında sonraki evrede havzayı etkileyen tektonik rejim değişmiş, transpresif rejimden transtensif rejime dönüşmüştür (Göktaşan vd. 2012). Çanakkale Boğazından derlenen sismik veriler yorumlanmış ve sismik verilerden elde edilen sonuçlar yayınlanmış, Çanakkale

Boğazı'nın fay kontrolünde gelişmiş bir nehir yatağı olduğu belirtilmiştir (Yalıtırak vd. 2000; Göktaşan vd. 2008). Çanakkale Boğazı tabanında en genç birimleri etkileyen üç tane yanal atımlı fay saptanmış ve bunlar Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. Söz konusu fayların bazılarının Çanakkale Boğazının morfolojisini kontrol eden aktif faylar olduğu belirtilmiştir. Çanakkale Boğazı boyunca alınan Sismik ve batimetri verisi boğazın genelde erozyonla oluştuğunu göstermiştir. (Göktaşan vd. 2010).

Çanakkale Boğazı ve çevresinde jeolojik harita alımı sırasında, boğaz kıyılarının önemli bir kısmının faylarla kontrol edildiğini gösteren yeni veriler derlenmiştir (Perinçek, 2006). Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultu fay sistemi kıyıların morfolojisini kontrol eden önemli bir faktördür (Perinçek ve Karşlıoğlu 2007). Fayların kıyıya yakın bulunduğu alanlarda, boğaz kıyıları çizgiseldir. Çanakkale Boğazı; Gelibolu-Eceabat arasında KD-GB doğrultuludur, bu noktadan sonra keskin bir dönüşle güneye yönelir, Çanakkale kenti geçildikten sonra boğaz tekrar KD-GB doğrultusunu kazanır. Çanakkale yöresindeki söz konusu değişimin nedeni, buradaki sıkışma bükümü ile ilgilidir (Perinçek, 2006). Boğazın oluşumunu kontrol eden sağ yanal atımlı fay sistemi, Çanakkale dolayından kuzeye sıçrayarak Eceabat yöresinde sıkışma yapıları oluşturmuştur (Perinçek ve Karşlıoğlu 2007). Eceabat yakın güneybatısındaki antiklinal söz konusu sıkışmanın ürünüdür. Boğaz dolayında yüzlekler veren Çanakkale Grubu birimleri genelde düşük açılı eğim gösterir ve kıvrımsız olduğu halde Eceabat dolayında durum farklıdır. Burada antiklinal yapısı dışında, faylar yakınında Kilitbahır-Eceabat arasında tabaka eğiminin 70-80 dereceye çıktığı yerler vardır.

Perinçek (2006) Çanakkale Boğazı çevresinde karadaki fayları haritalamış ve bunların Orta-Geç Miyosen yaşlı gömülü faylar olduğu ve bir kısmının sonradan tekrar aktivite

kazandığını belirtmiştir. Söz konusu faylar Trakya Havzası'ndaki Alt Miyosen sonrası, Üst Miyosen öncesi yaştaki, bir kısmı Pliyosen de tekrar aktif olmuş Trakya Fay Sistemi ile benzer özellikler gösterir (Perinçek, 1991). Çanakkale Boğazı iki yanında yer alan faylar Emre vd. (2013) tarafından revize edilen Türkiye'nin aktif fay haritasında çizgisellik sınıfında tanımlanan faylar ile korele edilmiştir. Çanakkale – Güzelyalı yakınlarında olan 1875 Depremi'nin Çanakkale Boğazına paralel uzanan (Perinçek, 2006) gömülü fayların kontrolünde oluştuğu düşünülmektedir.

AFAD (2010) ve Sosyal vd. (1981) 1875 Depremi ile ilgili bilgi içermektedir. AFAD (2010) yayınında ise bölgede yaşayanların aktardığı detay bulunmaktadır. Söz konusu habere ulaşılması, bu makalenin yazılmasını tetikleyen çalışmayı başlatmıştır. Sözü edilen heyelanların nerede olduğu araştırılmış ve heyelanlarının yerlerinin tespiti çok zaman almamıştır. AFAD (2010) da verilen bilgi sayesinde Erenköy heyelanlarının yaşının 1875 olduğu kesin bilinmektedir. Güzelyalı yakınlarında gözlenen heyelanların sebep olduğu deprem ve heyelanın tarihini vermek için eldeki veri yetersizdir. Ancak eldeki veriler Güzelyalı heyelan döküntüsünün göreceli yaşının Erenköy Heyelanından önce olduğunu göstermektedir.

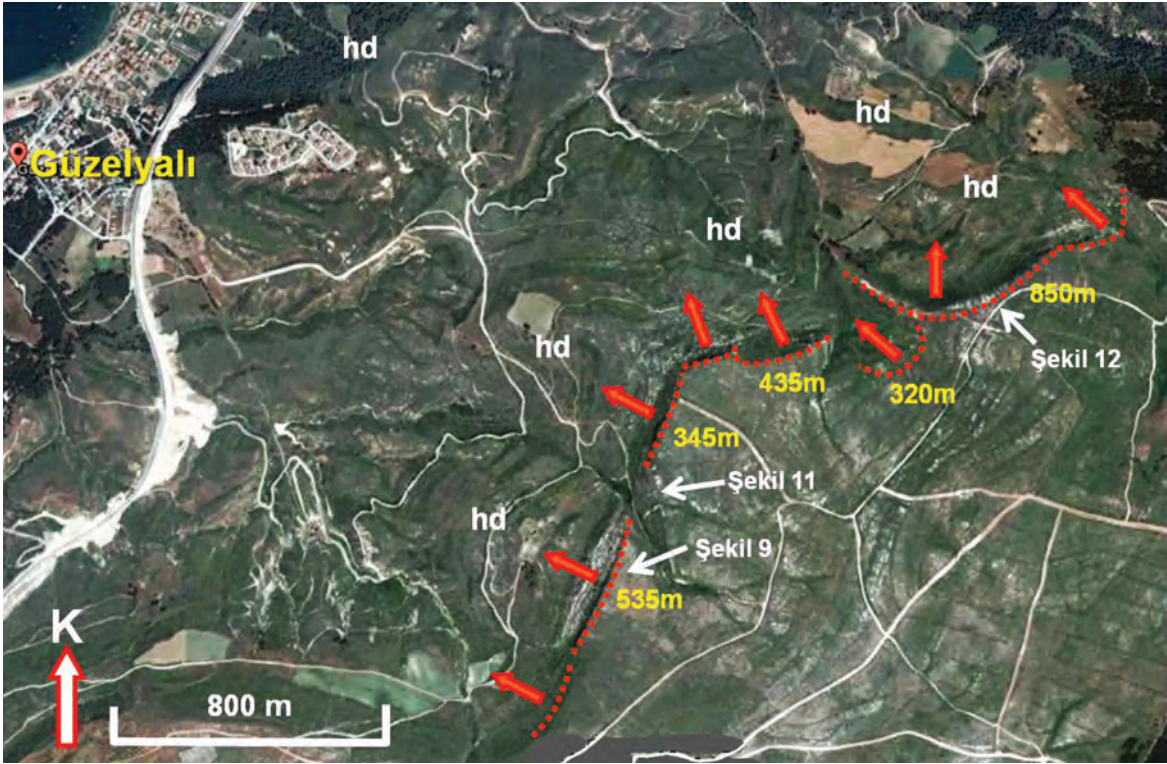
Özetle bu çalışmada Erenköy kuzeydoğusunda tespit edilmiş heyelanla ilgili veriler toplanmıştır. Ayrıca Güzelyalı dolayında fosil heyelan malzemesi-döküntüsü gözlenmiş ve arazi verileri derlenmiştir. Erenköy Heyelanı (EH) ve Güzelyalı Heyelan Döküntüsüne (GHD) ait veriler aşağıda ayrıntılı olarak verilmektedir (Şekil 2).

FOSİL HEYELANLAR

Deprem sonrası oluşan heyelanlar dünya çapında büyük oranda can kayıplarına ve yapıların tahrip olmasına neden olmaktadır. 1875 Erenköy-Çanakkale Depremi geniş bir alanda heyelan olmasına neden olmuştur. Deprem sırasında dik

yamaçların olduğu tepelerde kaya düşmeleri ve rotasyonel heyelanlar geliştiğini ve tarım alanların tahrip olduğunu gösterir izler, heyelanların olmasından uzun bir zaman geçmesine rağmen, arazide hala görülmektedir. Ayrıca, arazi gözlemleri heyelanın topuk kısımlarında tarıma uygun düzlüklerin ortaya çıktığını göstermektedir. Bu heyelan sonucunda can kaybı ile ilgili kayıtlı herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. 1875 yılında meydana gelen bu depremin Erenköy yakınlarında 4 km uzunluğunda bir alanda dağ kayması (heyelan) oluşturduğu, yöre halkının tanıklığı ve yerel basına dayandırılarak kayıtlara geçmiştir (AFAD, 2010 Tablo 2). Arazi çalışmaları sırasında söz konusu heyelanın taç/başlangıç kısmının Erenköy kuzeydoğusunda olduğu saptanmıştır. Kayıtlarda heyelanın taç kısmının uzunluğunun 4 km olduğu belirtilmekle birlikte, heyelan alanında birbirine komşu taçların toplam yanal uzunluğunun, aralarındaki küçük boşluklarla birlikte, yaklaşık 2500 metre dolayında olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

Taç kısımları birbirine komşu konumlu bu 5 heyelan Erenköy heyelanları olarak adlanmıştır. Bunların taç kısmı geniş bir alanı kapladığı ve ormanlık bir bölge olduğu için daha önce çalışan araştırmacılar tarafından kolaylıkla fark edilememiştir (Şekil 2 ve 6). Güzelyalı kuzeydoğusunda, bulunduğu yerden çok uzakta ve yüksekteki yüzleklerden koparak yuvarlanmış çok sayıda büyük kireçtaşı bloğu içeren heyelan döküntüsü gözlenmiştir. Bu kireçtaşı blokları Çanakkale Grubunun en üst birimi Alçıtepe Formasyonu'na aittir, blokların bulunduğu yer ise Gazhanedere Formasyonunun mostra verdiği alanlardır. Söz konusu alan; Güzelyalı heyelan döküntüsünün yüzeylendiği bölgedir. Erenköy heyelan sahasında ve özellikle Güzelyalı heyelan döküntüsünün bulunduğu alanda görülen bu kireçtaşı blokları bölgede tarihsel dönemde meydana gelmiş depremlerle tetiklenen heyelanlarla yeniden birkaç kez aktarılmış/yer değiştirmiş olabilir.



Şekil 6. Çalışma alanında haritalanan Erenköy heyelanlarının GoogleEarth görüntüsü üzerinde yerleri işaretlenmiştir. Heyelanların taç kırıkları kırmızı noktalı çizgi ile gösterilmiştir. Sarı rakamlar 5 heyelanın taç kırığının uzunluklarını, oklar heyelan kütlelerinin hareket yönünü, hd: heyelan döküntüsü alanlarını göstermektedir. Şekil 9, 11 ve 12'nin yerleri bu görüntü üzerinde işaretlidir. Lokasyon için Şekil 2 ye bakınız

Figure 6. Landslides mapped in the study area are marked on the GoogleEarth image. Yellow number indicating length of crown fracture of five landslides, arrow showing direction of sliding mass, hd: shows areas of landslide debris, Location of figures 9, 11 and 12 are marked on the image. For location, see figures 2.

Bu heyelan 1875 Erenköy Depremi'nin etkisiyle Erenköy yakınındaki dağlardan çoğunlukla kaya düşmesi hareketi şeklinde gelişmiştir. Oluşan heyelan büyük olasılıkla, 2013 yılında Erenköy yakınlarında olan heyelanlar gibi, birkaç saat içinde oluşmuştur. Bu belki de Çanakkale dolayında bilinen ve geniş bir alanda görülen en büyük heyelandır. Erenköy yakınındaki fossil heyelanlar iki karakteristik yeryüzü özellikleri ile arazide fark edilmektedir. Bunlar yamacın dibindeki kaya birimlerinin karışık bir görüntüsü sunması ve kaymanın geldiği tepelerde konkav ya da keskin-düz görünüşlü kesik topografyadır. 1875 Erenköy Heyelanı ve öncesi fossil

heyelanlarda, kayan kütleinin yayıldığı çokgen alanının uzunluğu yaklaşık 2500 metre, genişliği ise 1500 metre olup, heyelan örtüsünün kapladığı toplam alan yaklaşık 3.75km² dir (Şekil 2 ve 6). Söz konusu alan yaklaşık 535 futbol sahasının toplamına eşittir. Erenköy heyelan döküntüsü taç kırığının olduğu tepelerden Güzelyalı kuzeyindeki yerleşim alanı ve deniz kıyısına kadar uzanır (Şekil 2 ve 6). Erenköy ve Güzelyalı heyelan döküntüleri içindeki blokların tekrarlanan yatay yer değiştirme mesafesi toplam 1200 ile 1400 m. arasındadır. Çanakkale güneybatısında, GoogleEarth görüntüleri üzerinde kolaylıkla görülebilen bu heyelan Erenköy Heyelanı olarak

adlanmıştır. Alçıtepe Formasyonuna ait Pliyosen kireçtaşı ve kumlu kireçtaşı; altındaki birimin çamurtaşı tabaka yüzeyine yakın kopma düzlemi boyunca hareket ederek Güzelyalı Köyü yönünde kaymıştır. Heyelan malzemesinin minimum toplam düşey yer değiştirme miktarı yaklaşık 100 m olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma ile tanımlanan Erenköy Heyelan döküntüsünün yumuşak topografyası/düzleşmiş morfolojisi ve aşınma miktarı göz önüne alındığı takdirde yakın zamanda hareket etmediği izlenimine varılmıştır.

Erenköy yakın kuzeyinde 2014 yılında ve Güzelyalı dolayındaki fosil heyelan döküntülerinin bulunduğu alanlarda ise günümüzde ve son beş yılda daha küçük boyutlarda bir seri heyelan gözlenmiştir. Güncel ve fosil heyelanlar son 143 yıl ya da daha uzun bir zamanda farklı derecelerde ve hızlarda hareket etmişlerdir.

Şekil 6’da Erenköy yakınlarında saptanan 5 büyük heyelan toplu olarak görülmektedir. Kayan kütle güneydoğudan kuzeybatı yönüne hareket etmiştir. Bunların taç kısımlarındaki kırıkların uzunlukları güneybatıdan kuzeydoğuya sırasıyla 535 m., 345 m., 435 m., 320 m. ve 850 m. olarak ölçülmüştür (Şekil 6). Üçüncü sıradaki 435 metrelik ve son sıradaki 850 metrelik heyelanın her biri ikişer heyelan olarak ta sayılabilir, fakat bu çalışmada bunlar birbirlerinin devamı oldukları için tek heyelan olarak değerlendirilmiştir. Şekil 7’de taç kısmındaki kırık uzunluğu 535 m. ve 345 m. olan iki heyelanın, Şekil 8’de ise taç uzunluğu 850 m. olan heyelanın yorumlanmış hali detaylı görülmektedir. Taç alanından koparak yer değiştiren heyelan döküntüsü, sonraki yıllarda yamaç aşağıya doğru aşınmaya bağlı olarak taşınmış ve heyelan döküntüsünün bir kısmı



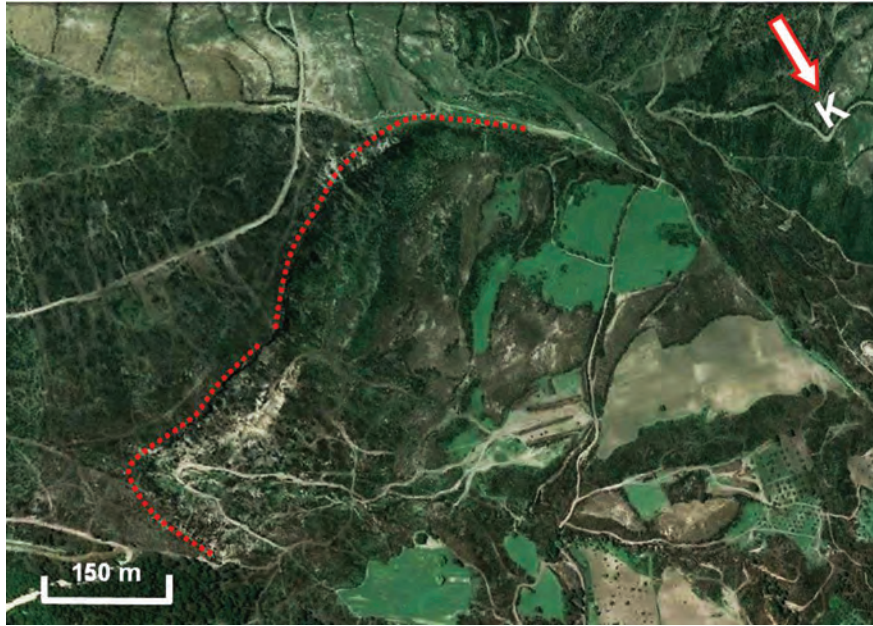
Şekil 7. Güzelyalı yakın doğusundaki, şekilde kırmızı noktalı çizgiyle işaretli taç kırığı uzunlukları 535m 345m arasında olan heyelanların GoogleEarth görüntüsü. Şekilde taç kırığının sağında kalan alanda heyelan döküntüsü düzensiz topografya ile temsil edilir. Heyelan döküntüsü 1875 ve sonrası yıllarda tekrarlanan heyelan ve aşınma ile buldukları yerden kısmen uzaklaşmıştır. Güzelyalı deltası şeklin sağ üst köşesinde yer almaktadır. Lokasyon için Şekil 6’a bakınız

Figure 7. GoogleEarth image is showing crown crack–main scarp (red dotted line) of landslides located near east of Güzelyalı. The main scarp length of the landslides is between 345m - 535m. Landslide debris located right of the red dotted line represented by irregular topography. Subsequent years of 1875, landslide debris partially has been removed by repeated landslide and erosion. The Güzelyalı delta is located at the upper right corner of the image. For location, see figures 6

bulunduğu alandan uzaklaştırılmıştır. Akaçlama sistemine bakıldığında 1875 Erenköy-Çanakkale Depremi'nde oluşan ve taç kırığı uzunluğu 535 m. ve 345 m. olan heyelanlar Güzelyalı yakınında denize ulaşan derenin akaçlama alanı içinde kalmakta ve heyelanlardan taşınan malzemelerin tamamına yakınının Güzelyalı deltasını beslediği öngörülebilir. Bu nedenlerle muhtemelen 1875 yılı ve devamındaki yıllarda Güzelyalı deltasında sedimantasyon artmış ve delta deniz yönünde önemli kazanım elde etmiş olabilir. Akaçlama ağı sınırlı olan Güzelyalı deltasının ek heyelan malzemesi taşınması olmadan bu günkü boyutlarına/büyüklüğüne ulaşması beklenemez. Söz konusu deltada yapılacak detaylı çalışma bu konuda daha sağlıklı bilgiler verecektir.

1875 Depremi ve takip eden heyelanlar bölgenin morfolojisini önemli oranda değiştirmiştir (Şekil 6, 7, 8 ve 11). Takip eden yıllarda alanda süregelen erozyon heyelanın verilerini kısmen silmiştir. Çamrakdere ve Kirazlı formasyonları kapsamındaki kolay aşındırılabilen kumtaşı ve kiltası aşınmayı kolaylaştırmış ve heyelan döküntüsü kısmen heyelan alanından uzaklaştırmıştır.

Erenköy yakınındaki eski heyelanlarda yaklaşık 30-35 metre kalınlığındaki Alçitepe Formasyonuna ait kireçtaşı dilimi yerinden kopup ve irili ufaklı parçalara ayrılarak yamaç aşağıya kaymıştır, kaymanın olduğu yamaç 15 dereceden fazladır (Şekil 9, 10, 11, 12 ve 13a, b). Günümüzde kireçtaşı blokları 1.2 km²'lik bir alana yayılmış olarak bulunmaktadır. Bazı blokların dağıldığı alanın genişliği 385 metreyi bulmaktadır (Şekil 9 ve 10).



Şekil 8. Kırmızı noktali çizgi ile işaretli taç kırığı uzunluğu 850 m dolayında olan heyelanın GoogleEarth görüntüsü. Tarlalar heyelanın topuk kısmında yoğunlaşmıştır. Lokasyon için Şekil 6'a bakınız.

Figure 8. GoogleEarth image is showing 850m long main crown scarp of landslide, indicated by red dotted line. The farmlands are concentrated near the toe of the landslide. For location, see figures 6



Şekil 9. Taç kırığı 535m uzunluğunda olan heyelanın yüksek açılı aynası ve baş kısmı görülmektedir. Şekilde görülen kireçtaşı bloğunun genişliği 385 m'dir. Lokasyon için Şekil 6 ve 7'ye bakınız.

Figure 9. 535 m long crown fracture, high angle scarp and had of the landslide are seen in photo. Limestone block seen in the figure is up to 385 meters across. For location, see figures 6 and 7.



Şekil 10. Taç kırığı uzunluğu 345 m olan heyelanın ayak ve topuk kısmında, kayan kütleinin oluşturduğu düzensiz topografya belirgindir. Lokasyon için Şekil 6'a bakınız

Figure 10. Foot and toe area of 345 m long landslide showing irregular topography formed by the sliding mass is evident. For location, see figures 6

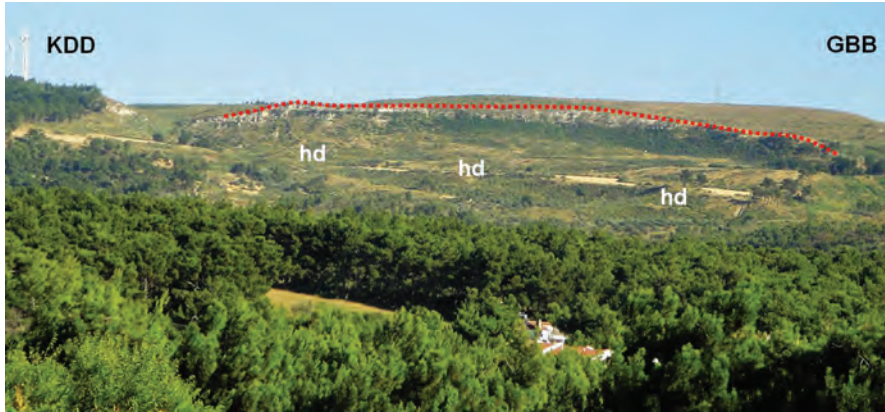
Yukarıda sıralanan heyelanların hepsinin taç kırıkları ve baş kısımları Alçıtepe Formasyonunun içinde kalmakta yüksek açılı kayma düzlemi alttaki Çamrakdere Formasyonu'nun çamurtaşı düzeylerine ulaştığında heyelanın kayma yüzeyi yataya yaklaşmakta düşük açılı olmaktadır. Şekil 9 taç kırığı yaklaşık 535 m uzunluğunda olan

heyelanı göstermektedir. Buradaki heyelanlar dairesel kayma ile kaya devrilmesi türlerinin birleşimi olarak yorumlanabilir. Çalışma alanındaki heyelanın kayma ve birikme zonunda izlenen düzensiz topografya heyelandan 143 yıl geçmesine rağmen belirgindir (Şekil 11 ve 12).



Şekil 11. 535 m. ve 345 m. uzunluğunda taç kırığı olan iki heyelanın kuzeybatıdan görünümü. Kırmızı noktalı çizginin alt kesimi ana aynayı, “hd” ise heyelan döküntüsünün yaygın bulunduğu alanları göstermektedir. Lokasyon için Şekil 6 ve 7 ye bakınız.

Figure 11. A view of two landslides with 535 meter and 345 meter long crown cracks from the northwest. Main scarp of the landslide located blow the red dotted line. “hd” indicates areas of landslide debris. For location, see figures 6 and 7.



Şekil 12. 850 m. uzunluğunda taç kırığı olan heyelanın kuzeyden görünümü. Kırmızı noktalı çizginin alt kesimi ana aynayı, “hd” ise heyelan döküntüsünün yaygın bulunduğu alanları göstermektedir. Lokasyon için Şekil 6 ve 8’e bakınız.

Figure 12. A view of a landslide with 850 meter long crown cracks from the north. Main scarp of the landslide located blow the red dotted line. “hd” indicates areas of landslide debris. For location, see figures 6 and 8.

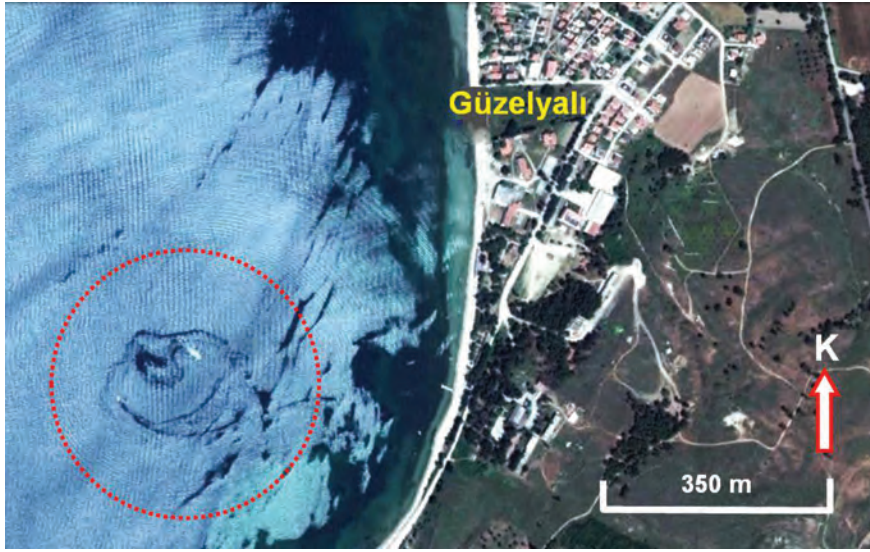
Çalışma alanındaki en büyük heyelanın taç çatlağının uzunluğu 850 metredir. Heyelanın kopma alanı Alçıtepe Formasyonu'nun kireçtaşı düzeylerinden başlamakta kayma düzleminin önemli bir bölümü ise Çamrakdere Formasyonu çamurtaşı düzeyleri içinde kalmaktadır (Şekil 8, 12, ve 13a, b). Heyelan oluşumundan sonra uzun yıllar geçmesi nedeniyle taç dolaylarında aşınma ile ufalanmış/parçalanmış heyelan malzemesi önemli oranda taşınarak yöreden uzaklaştırılmış ve bu alanı bitki örtüsü kaplamıştır (Şekil 13a, b). Şekil 13b'de görüldüğü gibi heyelanın topuk kısmında gelişen düzlükler zaman içinde tarım alanına dönüştürülmüştür.

1875 Depremi'nin yarattığı fosil heyelan alanının batısında deniz içinde de tipik bir denizaltı heyelanı saptanmıştır (Şekil 14). Söz konusu heyelanın deniz tabanında kısmen tutturulmuş çökellerde olduğu düşünülmektedir. Denizaltı heyelanının güncel olmadığı kesindir fakat günümüzden kaç yıl önce olduğu net olarak bilinmemektedir. GoogleEarth görüntüsünün 7 Mayıs 2011 tarihli olduğu dikkate alındığında, heyelanın en azından bu tarihten önce olduğu söylenebilir. Güzelyalı deltasının güneybatısında kalan heyelanın taç kırığının kıyıya en kısa uzaklığı 291 metredir. Taç kırığı ile topuk arasındaki mesafe 198 m, heyelanın yan kırıkları arasındaki mesafe ise 185 metredir.



Şekil 13a, b. Fotoğraflarda (a; üsteki, b; alttaki) heyelanın taç, ana ayna ve yan aynası görülmektedir. Heyelan döküntüsü birikme alanında düzensiz topografya gelişmiştir. Kırmızı-çizgiler arasında kalan kesim “aa” ana aynayı ve “ya” yan aynayı, “hd” ise heyelan döküntüsünün yaygın bulunduğu alanları göstermektedir. Tarlaların olduğu alan heyelanın erozyondan korunmuş “ayak” kesimini temsil etmektedir. Lokasyon için Şekil 6 ve 8’e bakınız.

Figure 13a, b. The crown, main scarp and side scarp of the landslide are seen in the photographs (a; top, b; bottom). An irregular topography developed in the accumulation area. Main scarp “aa” and side scarp “ya” of the landslide located between red lines. “hd” indicates areas of landslide debris. The area where the farmland is located represents the “foot” section of the landslide. For location, see figures 6 and 8.



Şekil 14. Güzelyalı yakınındaki denizaltında oluşan heyelanın GoogleEarth uydu görüntüsü. Heyelanın kıyıdan uzaklığı 291 metredir.

Figure 14. The GoogleEarth view of the submarine landslide occurred near Güzelyalı. The distance from the coast is 291 meters.



Şekil 15. Erenköy'ün 2.5 km batısında kısmen aşındırılmış fossil heyelan. Heyelanın ayak ve topuk kısmı denizin içine uzanır. Kırmızı noktalı çizginin alt kesimi ana aynayı, "ya" yan aynayı, "hd" ise heyelan döküntüsünün yaygın bulunduğu alanları göstermektedir.

Figure 15. Partially eroded fossil landslide located 2.5 km west of Erenköy. Foot and teo of the landslide stretches into the sea. Main scarp of the landslide located blow the red dotted line. "ya" indicates side scarp, "hd" indicates areas of landslide debris.

2007 yılında Erenköy kıyılarında arazi çalışması sırasında deniz kıyısında fosil bir heyelan tespit edilmiştir (Şekil 15). Arazi gözlemleri sırasında kıyı boyunca gözlenen arkeolojik buluntular, Arkeolog Kozanlı tarafından Tunç Çağına (M.Ö. 3000-1200) ait olabileceği belirtilmiştir (Kozanlı, sözlü görüşme, 2008). Bir kısım arkeolojik buluntuların heyelan ve daha sonraki aşınma ve taşınma sonucu deniz içine aktarıldığı saptanmıştır. Sonraki yıllarda “arkeolojijhaber” dergisinde çıkan makalede; Prof. Dr. Rüstem Aslan, aynı alanda, bir kısmı su altında gözlenen buluntuları, kayıp bir kent ile ilişkilendirmiştir (arkeolojijhaber, 2011). Aslan, çanak ve çömlek kalıntılarının incelemesinin ardından söz konusu bölgedeki yerleşimin MÖ 5000'lere tarihlendiğini işaret ederek; söz konusu alanda buldukları höyüğün denizin 7-8 metre yükselmesi sonucunda yerleşimin su altında kaldığını ve yüzde 90 oranında tahrip olduğunu belirtmiştir (arkeolojijhaber, 2011). Bu çalışmaya göre ise arkeolojik buluntuların, yerleşim alanında olan heyelan sonrası, yüksek kotlardan deniz kıyısına ve deniz içine aktarıldığı belirlenmiştir. Deniz içinde bulunan 7000 yıl öncesine ait olduğu iddia edilen çanak-çömlek heyelan ile buraya aktarılmıştır, olayın deniz seviyesi yükselmesi ile ilgisi yoktur. Bu alanda görülen fosil heyelan Erenköy heyelanları ile yaşıt ya da daha eski olabilir. Güzelyalı heyelan döküntüsünü üreten heyelanlar ile yaş ilgisi yoktur, onlardan çok daha gençtir.

Güzelyalı Çevresindeki Fosil Heyelanlar

Güzelyalı Köyü girişine yakın alanda muhtemelen yüzlerce yıl önce oluşmuş kaotik ve parçalanmış moloz görüntülü, geniş alanlara yayılmış eski heyelan döküntüsü bulunmuştur (Lokasyon için Şekil 2'ye bakınız). Çanakkale İzmir yolunun genişletilmesi sırasında yol yarmasında yapılan gözlemlerden fosil heyelan malzemesi ile ilgili önemli bilgiler sağlanmıştır. Şekillerdeki

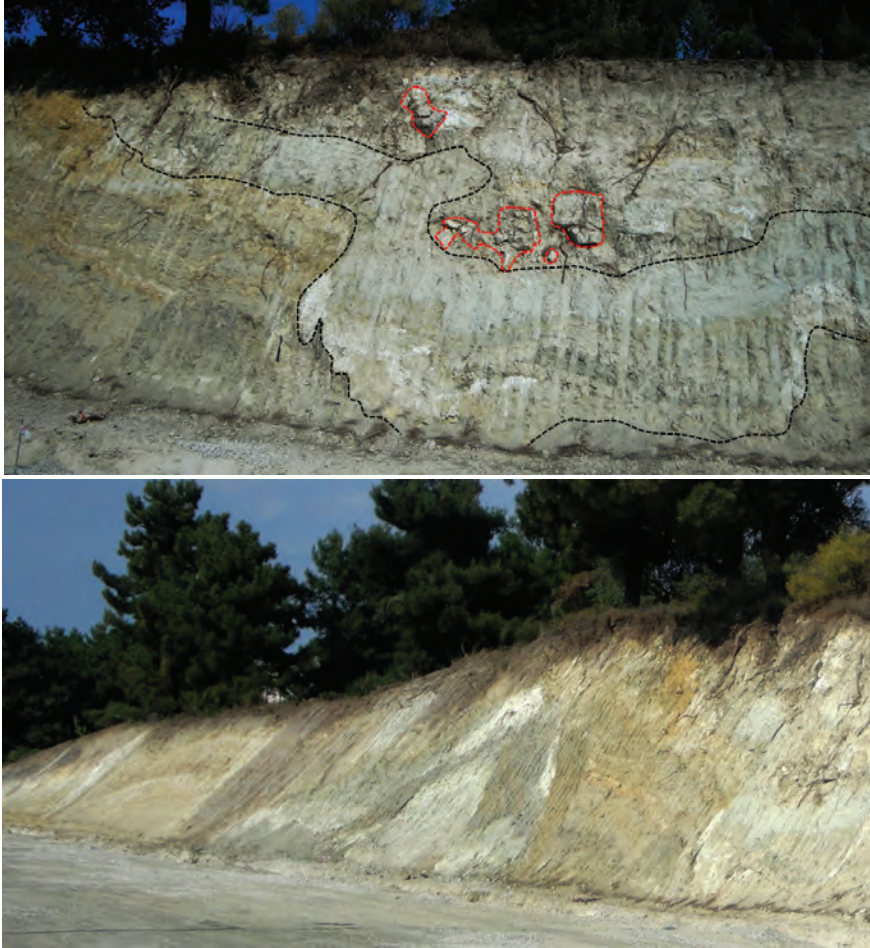
fotoğraflar 3 Ağustos 2011 – 20 Ağustos 2011 tarihleri arasında, Çanakkale-İzmir karayolunun yapımı sürerken çekilmiştir. Aradan geçen süre içinde yağmur ve diğer etkenlerle fotoğraflardaki heyelanın iç dokusunu gösteren netlik kısmen silinmiştir. Yol yarmasında Çanakkale Gurubunun farklı formasyonlarına ait birim ve litolojiler karmaşık olarak bulunmaktadır (Şekil 16a, b ve 17a, b, c). Bazen heyelan malzemesi içindeki düzenli çizgisellikler-süreksizlikler yanıltıcı olmakta, fay görüntüsü vermektedir (Şekil 17c). Son yıllarda Güzelyalı dolayında olan krip tipindeki bu heyelanlar (Yiğitbaş vd. 2005; Baba vd. 2005; Kürçer vd. 2005; Tatar vd. 2011) bu makale dışında tutulmuştur. Yavaş akma türündeki heyelanı (krip) işaret eden en önemli verilerden biriside gövdeleri eğik duran çam ağaçlarıdır. Güzelyalı kuzeydoğusunda sahildeki dik yamaçlı kıyılar; sürmekte olan yavaş akma (krip) tipi heyelanların varlığının ikinci bir kanıtıdır. Günümüzde ve önceki son 14 yılda meydana gelen krip tipindeki heyelanlarda akan malzeme eski heyelan döküntüsünün tekrar akması şeklinde gelişmektedir. Yamaç aşağıya akan eski/fosil heyelan döküntüsünden oluşan toprak örtüsü, deniz kıyısında da sürekli toprak akmasına neden olmaktadır.

Güzelyalı dolayında olan yeni heyelanlar dikkate alındığında fosil heyelanlardan bazılarının da mevsimsel olduğu söylenebilir. Toprak içindeki nem miktarı ve sıcaklık mevsimlere bağlı olarak yağmurlu aylarda değişmektedir. Nemin artması deprem tetikleme dışında fosil heyelanların sebeplerinden biri olmuş olabilir. Söz konusu alanda bulunan fosil heyelan döküntüsü gravite kontrolünde birkaç kez yer değiştirmiştir. Bu olay bir seferde olmamış, zaman içinde defalarca tekrarlanmıştır. Fosil heyelan döküntüsünün iç dokusunun daha karmaşık halde görülmesi heyelandaki tekrarlanmayı işaret eden verilerden bir tanesidir (Şekil 16a, b ve 17a, b, c).

Güncel heyelanların oluşumu sırasında hareket eden kütlelerin fosil Güzelyalı heyelan döküntüsü

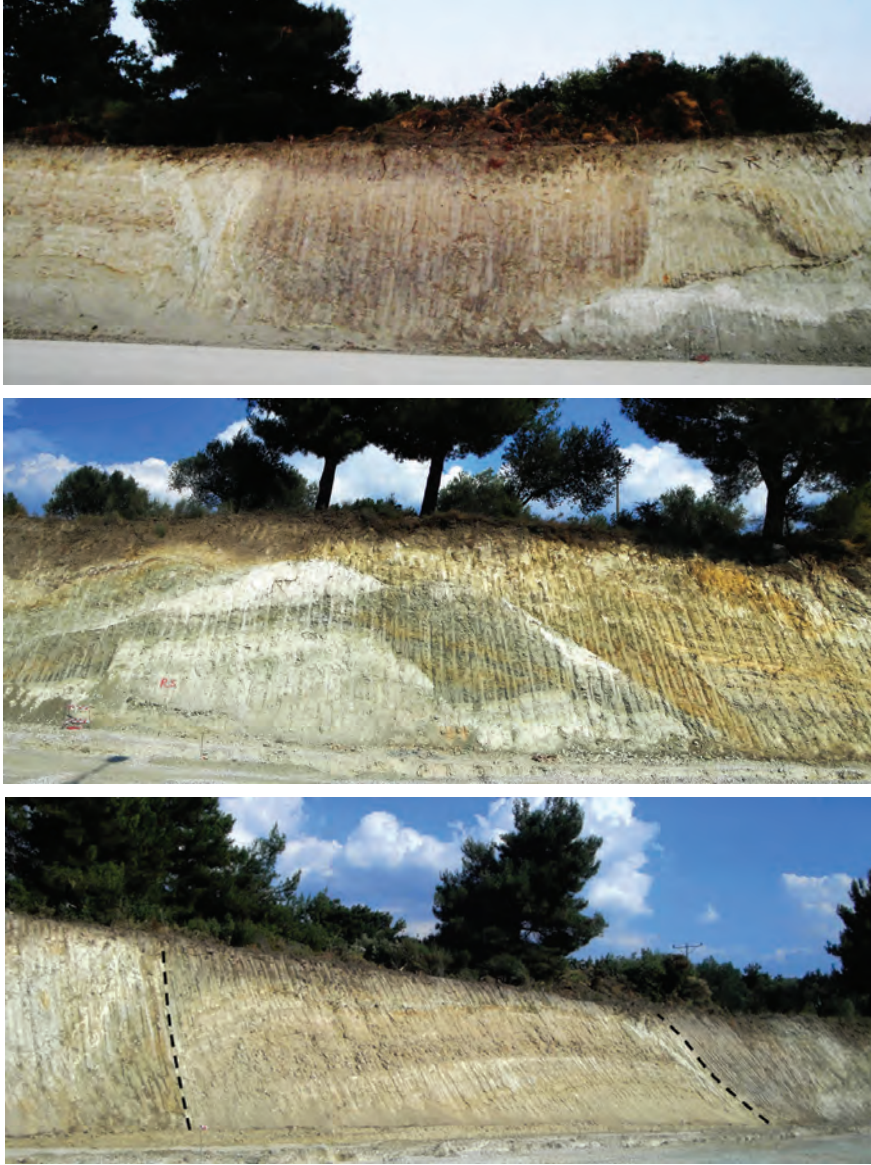
olduğu bu çalışmayla netleştirilmiştir. Bu sonuca varmamızı sağlayan en güvenilir veri Çanakkale-İzmir karayolunun genişletilmesi sırasında yol yarmasında ortaya çıkan fosil heyelan döküntüsü yüzlekleridir. Ayrıca Tatar vd (2011) tarafından hazırlanan güncel heyelan raporunda fosil heyelan döküntüsü ile ilgili bilgi bulunmaktadır. Şekil 2’de verilen jeoloji haritasında Güzelyalı heyelan döküntüsünün olduğu alan Gazhanedere Formasyonu olarak haritalanmıştır. Bu gözlemler fosil heyelan döküntüsü oluşturan kütle

Gazhanedere Formasyonu bünyesinde yer alan beyaz ve bordo renkli killi düzeyler üzerinde kaydığını göstermektedir. Güzelyalı fosil heyelan döküntüsünün Gazhanedere Formasyonu üzerindeki örtüsü 2017 yılın son aylarında denize doğru hareketini sürdürmüş ve Güzelyalı Köyü girişindeki yolda ve kaldırımlarda yüzeysel bozulmalara, kırılmalara, kabarmalara neden olmuştur. Önleyici çözümler üretilmediği takdirde yüzeydeki bu deformasyonlar devam edecektir.



Şekil 16a, b. Heyelan döküntüsü içinde farklı litolojiler birlikte görülür (a; üsteki, b; alttaki foto). Çamurtaşı-kiltaşısittası karışığından oluşan hamur içinde iri çakıl-blok boyutlarında kireçtaşı parçaları görülür (üsteki şekilde kırmızı ile işaretli)

Figure 16a, b. Different lithologies coexist in the landslide debris (a; top, b; bottom photo). The coarse gravel-block size pieces of limestone fragments are seen in the matrix formed by the mixture of mudstone-claystone-siltstone (marked with red in the top figure)



Şekil 17a, b, c. Kaotik ve parçalanmış heyelan döküntüsünde yanal yönde süreksizlik belirgindir (a; üstteki, b; ortadaki, c; alttaki foto). Ortadaki şekildeki beyaz renkli litoloji Çanakkale grubunun en alt birimi olan Gazhanedere Formasyonuna aittir. Heyelan döküntüsü içinde görülen bazı süreksizlikler fay görüntüsü vermektedir.

Figure 17a, b, c. Lateral discontinuity is evident within the chaotic and fragmented landslide debris (a; top, b; middle, c; bottom photo). The White colored lithology in the middle figure belongs to Gazhanedere Formation, which is the lowest unit of Çanakkale group. Some of the discontinuities seen in the landslide debris give a fault impression.

Güzelyalı yakınındaki heyelan döküntüsü içinde kireçtaşı blokları gözlenmektedir. Bunlar çevrelerindeki kayaç türlerine göre daha dayanımlı olduklarından toprak yüzeyinde belirgin görüntü verirler (Şekil 16a ve 18). Kireçtaşı blokları Çanakkale Grubu'nun en üstteki birimi olan Alçıtepe Formasyonu'na aittir. En üstteki birime ait bu bloklar tekrarlanan heyelanlar ile alt birimlerden, Çamrakdere ve Kirazlı formasyonlarından türemiş bir matriks içinde de görülebilmektedir. Eski heyelanların olduğu tepelerden Güzelyalı dolayına kadar olan alan genellikle eski heyelan döküntüsü ile örtülüdür (Şekil 7, 11, 12 ve 13a, b). Bazı yerlerde ise heyelan döküntüsü tümüyle aşınmış alttan Çanakkale Grubu'nun Çamrakdere ve Kirazlı formasyonuna ait mostraları çıkmıştır. Güzelyalı heyelan döküntüsünün üzerinde kaydıği kaya birim ise Gazhanedere Formasyonunun killi düzeyleridir.

İlgili veriler sunulmuş, tanımlanan heyelan Erenköy Heyelanı olarak adlanmıştır.

Heyelanlar güneydoğudan kuzeybatı yönüne doğru hareket etmiştir. 1875 Erenköy-Çanakkale Depremi ve takip eden heyelanlar bölgenin morfolojisini önemli oranda değiştirmiştir. 1875 Depremi'nin Erenköy Heyelanının sorumlusu olduğu ve heyelanında heyelan döküntüsü içinde dağılmış kireçtaşı bloklarının yüksek kotlardan deniz kıyısındaki Güzelyalı yakınlarına taşınmasına neden olduğu bu çalışma ile ortaya çıkarılmıştır. Heyelan döküntüsü ve içindeki bloklar alttaki killi seviyeler üzerinde kolaylıkla yer değiştirmiştir.

Çanakkale sınırları içinde bilinen en büyük tarihsel heyelan şehir merkezinin güneybatısında Erenköy-Güzelyalı dolayındaki heyelandır. Söz konusu heyelan 143 yıl ve daha önce oluşmuş



Şekil 18. Heyelan döküntüsü içinde Alçıtepe Formasyonuna ait değişik boyuttaki kireçtaşı bloklarından birinin görüntüsü.

Figure 18. The limestone blocks seen in different sizes within the landscape debris belong to the Alçıtepe Formation.

SONUÇLAR

Bu çalışma ile Erenköy yakınında tarihsel dönemde oluşmuş heyelan ortaya çıkarılmış ve Güzelyalı dolayında fosil heyelan döküntüsünü betimlemiştir. Erenköy yakınındaki heyelanlarla

olsa da çok geniş bir alanı kapladığı için heyelan sonrasında süregelen aşınma, ayrışma ve bozuma heyelanın belirtilerini tümüyle ortadan kaldıramamıştır. En dikkati çeken kanıt heyelan döküntüsü içindeki Pliyosen yaşlı

kireçtaşı blokları ve taç kısmındaki kırıklardır. Çamrakdere ve Kirazlı formasyonları içindeki kolay aşındırılabilen kumtaşı ve kiltası düzeyleri erozyonu kolaylaştırmış ve heyelan malzemesi önemli oranda heyelan alanından uzaklaşmıştır.

Güzelyalı dolayında eski heyelan döküntüsü ve bağımsız kaya parçaları tanımlanmıştır. Güzelyalı Köyü'ndeki eski heyelan döküntüsü ve ilgili heyelanların ilk oluşum yaşı Erenköy Heyelanından öncedir.

Doğu Güzelyalı alanında, Gazhanedere Formasyonu üzerinde bulunan eski heyelan döküntüsü üzerinde inşa edilen evler 3-5 yıl arayla deniz yönünde hareket ettiği için sürekli hasar görmektedir. Bu tekrarlanan kripiptipindeki heyelanın nedeni yerleşim alanının oturduğu zemindeki eski heyelan döküntüsüdür. Kayma düzlemi Gazhanedere Formasyonunun killi seviyeleri ile heyelan döküntüsü arasında kalmaktadır.

Güzelyalı Köyü yakınındaki heyelan döküntüsünün çok sayıdaki tekrarlanan heyelanlar tarafından oluşturulduğu düşünülmektedir. Bu olayların geçmişte birkaç yüz yıl içinde olduğu sanılmaktadır ve yakın zamanda da tekrarlanmıştır. Heyelan döküntüsünü de içeren toprağın kalınlığı bazı alanlarda 10 metreye kadar ulaşmaktadır. Birbiri arasında belki de yüzyıllar olan çok sayıdaki kaymalardan bazıları muhtemel bazı tarihsel depremlerle tetiklenmiş olabilir. Şu anda cevabı bilinmeyen ve araştırılması gereken soru; geçmişte kaç tane büyük heyelan olmuştur ve bunların arasında kaç yıl vardır. Kayma düzlemlerinin bazıları Alçitepe Formasyonu tabanında veya Çamrakdere Formasyonu'nun üst sınırına yakın kesimde veya Çamrakdere Formasyonu içinde yer alan kiltası-çamurtaşı ara katkılı boyunca olmuştur. Güzelyalı alanında ise kayma düzlemi Gazhanedere Formasyonu en üst seviyesinde, çoğunlukla toprak düzeyi tabanıdadır ve toprak tarihsel heyelan döküntüsü ile temsil edilir. Burada kayma düzlemi açısı düşüktür.

Bu çalışma kapsamında Çanakkale Grubu içinde Kirazlı (Geç Miyosen) ve Çamrakdere (Pliyosen) formasyonları arasında tanımlanan uyumsuzluk, ilk defa bu makalede kayıtlara geçmektedir (Alkaç ve Perinçek, 2009).

EXTENDED SUMMARY

There are two primary categories of causes of landslides: natural and human caused. Sometimes, landslides are caused, or made worse, by a combination of the two factors. Natural Occurrences has three major triggering mechanisms that can occur singly or in combination (1) water, (2) seismic activity, and (3) volcanic activity. Effects of these causes vary widely and depend on factors such as steepness of slope, morphology or shape of terrain, soil type, underlying geology, and whether there are people or structures on the affected areas. Humans contribute to the occurrence of landslides. Disturbing or changing drainage patterns, destabilizing slopes, and removing vegetation are common human-induced factors that may initiate landslides (Highland and Bobrowsky 2008, Sarker and Rashid, 2013). It is important for engineers and geologists to evaluate slope stability and any landslide threat during development assessments so that effective and timely remedial measures can be implemented. Understanding the Earth's more violent events will help us be prepared, repeated landslides threaten.

Ancient landslides near Erenköy-Güzelyalı villages in Çanakkale have been investigated and evidence for the landslide collected. The remnants of Erenköy landslides are one of the Çanakkale regions best-preserved examples of a huge landslide that followed an earthquake dated 1875. Ancient landslide is located near Erenköy in southwestern Çanakkale and it has been called Erenköy Landslide. These landslides had migrated from southeast to northwest. In addition, also ancient landslide debris and loose

rock near Güzelyalı identified. Ancient Güzelyalı's landslide debris and related landslide is older than Erenköy's landslide.

Many mountainous areas like south of Çanakkale around Erenköy that are vulnerable to landslides. Çanakkale area have also experienced at least high to moderate rates of earthquake occurrence in recorded times. The occurrence of earthquakes in steep landslide-prone areas greatly increases the likelihood that landslides will occur; due to ground shaking alone or shaking-caused dilation of soil materials, which allows rapid infiltration of water. It is obvious that addition to the earthquake; the causes of ancient landslides in Erenköy and Güzelyalı area were in general related to instabilities in slopes. The 1875 Erenköy-Çanakkale Earthquake caused widespread land sliding and other ground failure, which probably caused most of the agricultural loss due to the earthquake. Widespread rock falls also are caused by loosening of rocks as a result of ground shaking. Over 143 years ago, side of the mountains near Erenköy affected by a rockslide type of landslide. A giant landslide most likely happened in a few hours. Total occupation area of the sliding slab and crown cracks were about a 2500 in length and nearly 1500-meter-wide and had a surface area of about 3.75 square kilometers including ancient landslide debris that is predating 1875 landslide. This is equal to the sum of 535 football fields. Debris from the slides extends to Güzelyalı Village at the base of the slope and spread to the coastline. Some material in the slide had a travel distance of over 1200 to 1400 meters. Ancient landslide complex around Erenköy-Güzelyalı area has the distinction of having one of the largest, landslides in Çanakkale. Today the area is made up of a series of smaller active landslides, which have shown varying degrees of movement during the last 143 years or more.

1875 landslide was a dramatic, punctuated affair that greatly altered the landscape (Figures 6, 7, 8, 11 and 12). Post 1875 erosion activity

have partially erased much of the evidence of landslide. The abundance of easily eroded sandstone and mudstone within Çamrakdere and Kirazlı formations increase erosion rate. Most of the landslide debris easily removed from the area. Erenköy landslide debris have rounded, subdued morphology suggestive of inactivity and recent stability.

Although this landslide occurred over 143 years ago, it was so large that weathering and erosion have not yet obscured all the evidence. The most revealing features of the slides are a massive block of Pliocene age limestone and crown cracks. Ancient landslides near Erenköy have been noticed by land features bearing two hallmark characteristics. These are: a jumbled assortment of rocks at the base of a slope, and a cuplike or sharp-straight topography cut out of the hills where the slide might have come from. The slide occurred when a large slab of limestone, about 30-35 meters thick, became detached and slid down a slope that had an average slope of more than 15 degrees. As the limestone slab moved it broke into many smaller pieces. Today limestone pieces are scattered across an area of about 1.2 square kilometers. Some of these blocks are up to 385 meters across (Figure 9). Erenköy landslides can be easily recognized on GoogleEarth images. Pliocene limestone and partially mudstone detached near bedding planes and slipped down towards to Güzelyalı Village. The minimum vertical descent was about 100 meters. The Erenköy landslides were too large for geologists to easily notice. It has been noticed that there were large pieces of limestone blocks that were out of place in the area. Çanakkale and surrounding area would have been tectonically active since Late Miocene. Record (AFAD 2010) shows that 1875 Erenköy-Çanakkale Earthquake is responsible for Erenköy Landslide and the slide is responsible for scattering limestone blocks. Landslide material including limestone slabs easily transported on underlying mudstone layers.

Probably the limestone blocks were most likely placed there as debris from multiple landslides caused by earthquake. This new research shows that all of these blocks in landslide debris replace from the more than one landslide.

Recent landslide near Güzelyalı Village is product of slow-moving creep type landslides which is the imperceptibly slow, steady, downward movement of slope forming soil (Yiğitbaş vd., 2005; Baba vd., 2005; Tatar vd., 2011). Numerous curved tree trunks are one of the indications of recent creep type of landslide. This study notices that sliding mass of recent landslide is the ancient landslide debris that is sliding over mudstone of Gazhanedere Formation. Considering recent landslide in same area it could be suggested that ancient landslide in same area is seasonal, where movement is within the depth of soil affected by seasonal changes in soil moisture and soil temperature. Most probably ancient landslide occurred during rainy season. It was assumed that landslide deposits near Güzelyalı Village were produced by multiple landslide events. That happened within last a few hundred years and frequently repeated recent years. Complex internal structure is one of the indications that ancient landslide debris has slid several times since first movement (Figures 16a, b and 17a, b, c). Soil consist of landslide debris is up to 10 meters thick in some places. Despite collected evidence of the slide is not immediately apparent at the site today. The slides originated possibly by earthquakes consisting of many events, probably several hundred years between them. The question of course is how many enormous landslides did occur and how many years between these landslides. That is the question could be studied and answered in the future. Slide shear surface located base of Alçitepe Formation or near top of Çamrakdere Formation or within mudstone interlayer's of these two unit. However, shear surface near Güzelyalı area is located at the base of soil layer which is mostly represented by

ancient landslide debris (Figures 16a, b and 17a, b, c). Movement around this area has occurred on a shear surface that has an inclination of only a small number of degrees.

A research maybe conducted in the future on Güzelyalı delta may explains emerging evidence that may show a dramatic increase in the amount of sediment transported from the landslide area and deposited in the Güzelyalı delta after major landslide in 1875 and following years. Landslide material-debris located near Güzelyalı moved by gravity several times. The movements not occur in one episode, in events that were repeated over time.

Following the unusually heavy rains during the winter of 2013-2014, Erenköy and Güzelyalı areas had been experiencing new landslide movement near the ancient landslide. Ancient landslide debris resting on Gazhanedere Formation offers danger signs for eastern Güzelyalı housing developments.

DEĞİNİLEN BELGELER

- AFAD, 2010. Aylık Deprem Raporu. 03/11/2010 Saros Körfezi Depremi (Ml=5.3), 26s. www.deprem.gov.tr/depremdokumanlari/198, <https://deprem.afad.gov.tr/tarihseldepremler>
- AFAD, 2014. Gökçeada açıkları Ege Denizi Depremi Mw:6.5, 24/05/2014. Ön rapor 20 s
- Alkaç, O. ve Perinçek, D., 2009. Çanakkale'nin güneybatısının (Güzelyalı-İntepe) genel jeolojisi. ÇOMÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Arşivi. Yayınlanmamış Bitirme Tezi.
- Ambraseys, N., 2002. The Seismic Activity of the Marmara Sea Region over the Last 2000 Years. Bull. Seism. Soc. Am. 92, no. 1, 1–18
- Ambraseys, N., and Finkel, C., 1991. Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region, Terra 3, 527–539.
- Arkeolojihaber, 2011. Çanakkale Boğazı'nda Kayıp Kent Bulundu. 26 Eylül 2011, 12664

- Atabey, A., Ayhan, I. ve Sakitaş, A., 2004. Çanakkale Havzasının Orta-Üst Miyosen Stratigrafisi, Maden Teknik Arama Dergisi, 128, 79-97.
- Baba, A., Bozcu, M., Deniz, O., Kürçer, A., Kaya, M. A., Şengül, E., Ekinci, Y. ve Köse, K., 2005. Güzelyalı (Çanakkale) 27j paftası kuzeydoğu kesiminde heyelan etüt raporu. Proje Başkanı: Yiğitbaş, E., Proje Koordinatörü: Baba, A., Proje Danışmanı: Yılmaz, İ. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji ve Jeofizik mühendisliği bölümleri. Yayınlanmamış rapor, 122 s.
- Bekler, T., Ekinci, Y.L., Demirci, A., Erginal, A.E., and Ertekin, C., 2011. Characterization of a Landslide Using Seismic Refraction, Electrical Resistivity and Hydrometer Methods, Adatepe Çanakkale, NW Turkey. Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 16(3): 115-126.
- Calvi, V.S., 1941. Erdbebenkatalog der Turkei und Einiger Benaehbarter Gebiete. Yayınlanmamış Rapor No.276, MTA Enstitüsü, 1941, Ankara.
- Dirik, K., Belindir, F., Özsayın, E., Kutluay, A., 2008. Yenice-Gönen Fay Zonu'nun neotektonik özellikleri ve paleosismolojisi. Proje no: TUJJB-UDP04-02, final raporu, 91 sayfa
- Duman, T., Çan, T., Emre, Ö., Kadiroğlu, F.T., Baştürk., N.B., Kılıç, T., Arslan, S., Özlap, S., Kartal R.F., Kalafat, D., Karakaya, F., Azak, T.E., Özel, N.M., Ergintav, S., Akar, S., Altınok, Y., Tekin, S., Cingöz, A., Kurt, A.İ., 2016. Seismotectonic database of Turkey. Bull Earthquake Eng. 1-40.
- Ekinci, Y.L., Türkeş, M., Demirci, A., Erginal, A.E., 2013. Shallow and deep-seated regolith slides on deforested slopes in Çanakkale, NW Turkey. Geomorphology, 201: 70-79.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T., 2016. Active fault database of Turkey. Bull Earthquake Eng. 54p.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş ve Şaroğlu, F., 2013. Turkey Active Fault Map, Mineral Research and Exploration General Directorate Special Publication Series 30, Ankara-Turkey.
- Erginal, A.E., Öztürk, B., Ekinci, Y.L., Demirci, A., 2009. Investigation of the nature of slip surface using geochemical analyses and 2-D electrical resistivity tomography: a case study from Lapseki area, NW Turkey. Environmental Geology, 58(6): 1167-1175.
- Göktaş, E., Ergin, M., Özyalvaç, M., Sur, H.İ., Tur, H., Görüm, T., Ustaömer, T., Batuk, F.G., Alp, H., Birkan, H., Türker, A., Gezgin, E., Özturan, Ö., 2008, Factors controlling the morphological evolution of the Çanakkale Strait (Dardanelles, Turkey), Geo-Marine Letters, 28:107-129.
- Göktaş, E., Görüm, T., Tur, H., Batuk, F.G., 2012. Morpho-tectonic evolution of the Çanakkale Basin (NW Anatolia): evidence for a recent tectonic inversion from transpression to transtension. Geo Marine Letters, Vol. 32, Number 1, 227-239.
- Göktaş, E., Tur, H., Ergin, M., Görüm, T., Batuk, F.G., Sağcı, N., Ustaömer, T., Emem, O., Alp, H., 2010, Late Quaternary evolution of the Çanakkale Strait region (Dardanelles, NW Turkey): implications of a major erosional event for the postglacial Mediterranean-Marmara Sea connection, Geo-Marine Letters, Vol. 30, Number 2, 113-131.
- Gürbüz C., Aktar M., Eyidoğan H., Cisternas A., Haessler H., Barka A., Ergin M., Turkelli N., Polat O., Üçer B., Kuleli S., Barış S., Kaypak B., Bekler T., Zor E., Biçmen F., Yoruk A., 2000. The seismotectonics of the Marmara Region (Turkey): Results from a microseismic experiment. Tectonophysics, 316, 1-17.
- Highland, L.M., and Bobrowsky, Peter, 2008. The landslide handbook-A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.
- Kiratzı, A., 2018. The 12 June 2017 Mw 6.3 Lesbos Island (Aegean Sea) earthquake: Slip model and directivity estimated with finite-fault inversion. Tectonophysics 724-725, 1-10
- Kiratzı, A., and Svirgkas, N., 2013. A study of the 8 January 2013 Mw 5.8 earthquake sequence (Lemnos Island, East Aegean Sea). Tectonophysics 608, 452-460.
- Kozanlı, Candan, 2008. Sözlü Görüşme. Çanakkale Arkeoloji Müzesi, Barbaros Mahallesi.100.Yıl Cad. Çanakkale. cankozanlı@yahoo.com
- Kürçer A, Deniz O, Baba A, Bozcu M., 2005. Güzelyalı (Çanakkale) Heyelanlarının Aktif Tektonizma İle İlişkisi, ATAG-9, 22-24 Eylül 2005, Sivas, Bildiriler Kitabı, 42-43.










- Kürçer, A., Chatzipetros, A., Tutkun, S. Z., Pavlides, S., Ateş, Ö., Valkaniotis, S., 2008. The Yenice–Gönen active fault (NW Turkey): Active tectonics and palaeoseismology. *Tectonophysics*, 453, 263–275.
- Kürçer, A., Özalp, S., Özdemir, E., GÜldoğan Ç.U., Duman, T., 2016. Yüzeý kırığı oluşturmuş faylar üzerinde aktif tektonik ve paleosismolojik araştırmalar hakkında örnek çalışma: Yenice Gönen Fayı, KB Türkiye. *Dođal Kay. ve Eko. BÜlt.* 21: 1-18
- Okay, A., Siyako, M. ve Burkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, Türkiye Petrol Jeologları Derneği BÜlteni, 2/1, 83-121.
- Önem, Y., 1974. Gelibolu Yarımadası ve Çanakkale dolaylarının jeolojisi. TPAO Arama Grubu Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 877, 30 s.
- Özalp, S., Kürçer, A., Özdemir, E., Duman, T. Y., 2016. The Bekten Fault: The palaeoseismic behavior and kinematic characteristics of an intervening segment of the North Anatolian fault zone, Southern Marmara Region, Turkey. *Geodinamica Acta*, 28, 347–362.
- Özden, S., Bekler, T., Tutkun, S.Z., Kürçer, A., Ateş, Ö., Bekler, F.N. and Kalafat, D., 2009. Late Cenozoic stress field distribution in Biga Peninsula, NW Turkey. *Geophysical. EGU General Assembly 2009, Research Abstracts*, Vol. 11.
- Özden, S., Över, S., Poyraz, S.A., Güneş, Y., Pınar, A., 2018. Tectonic implications of the 2017 Ayvacık (Çanakkale) earthquakes, Biga Peninsula, NW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 154, 125–141.
- Perinçek, D. ve Karlıoğlu, Ö., 2007. Çanakkale Boğazı'nın oluşumu ve Kuvaterner yaşlı birimlerin dağılımlında fayların rolü. 60. Türkiye Jeoloji kurultayı Bildiri Özetleri, 16-22 Nisan, Ankara, 478-479.
- Perinçek, D., 1991, Possible strand of the North Anatolian Fault in the Thrace Basin, Turkey – An Interpretation. *AAPG Bulletin* 75, 241 – 257.
- Perinçek, D., 2006. Marmara-Trakya havzalarının Yapısal Evrimi ve Fayların Zamansal Gelişimi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi-GençJeo. (Jeoloji Öğrenci Topluluğu) Çanakkale, 27-38
- Sarker, A.A. and Rashid, M.A.K.M., 2013. Landslide and Flashflood in Bangladesh. In: Shaw, R., Mallick, F., Islam, A. (Eds). *Disaster Risk Reduction Approaches in Bangladesh*. Springer Science and Business Media. Chapter 8, pp. 165-191.
- Siyako, M., 2006a. Trakya Havzası'nın Linyitli Kumtaşları, *MTA Dergisi*, 132, 63 – 73.
- Siyako, M., 2006b. Trakya Bölgesi Litostratigrafi Birimleri (Tersiyer Bölümü). *Stratigrafi Komitesi, Litostratigrafi Birimleri Serisi-2*. MTA Genel Müdürlüğu yayını. 70 s
- Siyako, M.; Burkan, K.A. ve Okay, İ.A., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadalarının Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon olanakları. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği BÜlteni*, 1/3, 183-200.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y., 1981. Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu, TUBİTAK proje no: TBAG341 Şehsuvarlıoğlu, H.Y., 1955. *Asırlar Boyunca İstanbul*, Cumhuriyet Yayınları, 253 s.
- Sümengen, M.; Terlemez, İ.; Şentürk, K.; Karaköse, C.; Erkan, N.E.; Gürbüz, M. ve Atalay, Z., 1987. Gelibolu Yarımadası ve Güneybatı Trakya Tersiyer Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Tektoniği, MTA Genel Müdürlüğu, Jeoloji Etütler Dairesi, yayımlanmamış teknik rapor, 8218, 337 sayfa.
- Şentürk, M. ve Karaköse, C., 1987. Çanakkale Boğazı ve dolayının jeolojisi. *Yayımlanmamış MTA Rap. No: 9333*, Ankara.
- Tan, O., Tapırdamaz, M.C., Yörük, 2008. The Earthquake Catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 17, pp. 405–418
- Tatar, O., Perinçek, D., Köksal, O., Büyüksaraç, A., Berilgen, M., Bekler, T., Tunusluoğlu, C., Yalçınar, C. Ç., Ekinci, Y. L. ve Demirci, A., 2011. Jandarma Genel Komutanlığı Çanakkale Özel Eğitim Merkezi Komutanlığı tesislerinde 14 Temmuz 2011 tarihinde meydana gelen heyelanın jeolojik, jeofizik, jeoteknik ve yapı etüd raporu. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık FakÜltesi Jeoloji, Jeofizik ve İnşaat mühendisliği bölümleri. Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik FakÜltesi İnşaat Mühendisliği Bölümü. *Yayımlanmamış rapor*, 257 sayfa.

- Temel, Ö.R. ve Çiftçi, N.B., 2002. Gelibolu Yarımadası, Gökçeada ve Bozcaada Tersiyer Çökellerinin Stratigrafisi ve Ortamsal Özellikleri. TPJD Bülteni, C:14, 2, 17-40
- Tunusluoğlu, M.C., Karaca, Ö. ve Baba, A., 2009. Çanakkale Kenti güneybatısındaki (Güzelyalı) kütle hareketinin değerlendirilmesi. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri Kitapçığı, s.406-407, Ankara.
- Türkeş, M., Erginal, A. E., Tatlı, H., Sarış, F. and Bayrakdar, C. 2006. Ambaroba Landslide: An anthropogenetically triggered rotational landslide in NW-Anatolia, Çanakkale, Turkey. In International Çanakkale Congress, 17-19 March 2006, Istanbul, Volume 2: 537-542.
- Türkeş, M., Erginal, E., Demirci, A. ve Ekinci, Y. L. 2011. Çanakkale yöresi Ambaroba ve Mazılık heyelanlarının jeofiziksel, klimatolojik ve jeomorfolojik analizi. 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings: 461-474. İstanbul Technical University, 27-29 (461-474) April, İstanbul – Turkey.
- Yeşilyurt, S.K., Kabasakal, Ö.S.; Çolakoğlu, G. ve Güven, P., 2007. Çanakkale Boğazı Güneyinin Neojen Stratigrafisi ve Gastropoda-Pelecypoda Faunası (Çanakkale-KB Anadolu), Türkiye Jeoloji Kurultayı.
- Yiğitbaş, E., Baba, A., Yılmaz, İ., Bozcu, M., Deniz, O., Kürçer, A., Kaya, M.A., Şengül, E., Ekinci, Y. ve Köse, K. 2005. Güzelyalı (Çanakkale) 27J Paftası Kuzeydoğu Kesiminde Heyelan Etüd Raporu, 122 s.



**Aliğa (İzmir) Kıyılarında Termal Su Kaynaklarının Meiobentik Topluluğa
(Bentik Foraminifer, Ostrakod ve Mollusk) Etkisi**

The effects of submarine springs on meiobenthic assemblages (benthic foraminifers, ostracods and molluscs) on the coasts of Aliğa (İzmir)

**Engin Meriç¹ , Atike Nazik² , M. Baki Yokeş³ , İpek F. Barut^{*4} ,
Mustafa Kumral⁵ , Mustafa Eryılmaz⁶ , Fulya Yücesoy-Eryılmaz⁶ ,
İbrahim Gündoğan⁷ , Bora Sonuvar⁸ , Feyza Dinçer⁹ **

¹ Moda Hüseyin Bey Sokak No: 15/4, 34710 Kadıköy, İstanbul

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
01330, Balcalı, Adana

³ Hanımefendi Sokak No: 160/9 34384 Şişli İstanbul

⁴ İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü 34134 Vefa, İstanbul

⁵ İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 80626 Maslak, İstanbul

⁶ Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33343 Çiftlikköy, Mersin

⁷ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Tınaztepe Kampüsü, 35160, Buca, İzmir

⁸ Tramola Uluslararası Deniz Araştırma Hizmetleri İnş. Müh. ve Tic. Ltd. Şti.,
856 sokak No: 7/404, 35250, Konak, İzmir

⁹ Nevşehir Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 50300 Nevşehir

Geliş/Received : 14.06.2018 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 20.08.2018 • Kabul/Accepted : 27.08.2018 • Baskı/Printed : 17.09.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Doğu Ege Denizi kıyılarında eski ve yeni termal kaynakların bulunduğu alanlardaki yaşamda değişiklikler ile ilgili olarak farklı canlı toplulukları üzerinde birçok bilimsel çalışma sürdürülmektedir. Aliğa (İzmir) bölgesinde de termal kaynaklar bulunmaktadır. Birbirine yakın iki kaynak, Aliğa kuzeybatısı ile Karaağaç Koyu kuzeybatısı arasındaki Ilıca Burnu kıyı alanındadır. Sıcaklıkları sırasıyla 40°C ve 51°C dir. Çalışma alanında yer alan deniz tabanı çökellerini kaya parçaları, çakıl, kum, silt ve kil birimleri oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Ilıca Burnu ile Taşlı Burun arasında kalan alanda deniz içinde farklı nokta ve derinliklerden alınmış olan 13 dip sediment örneği incelenmiştir. Sediment örneklerinde ICP-MS ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Ayrıca, kaynak suyu ve deniz yüzeyinden alınan sularda eser element analizleri sonucu ile toplam Alfa ve Beta Özellikleri değerlendirilmiştir. Amaç, bu bölgede yer alan sıcak su kaynaklarının bentik foraminifer, ostrakod ve mollusk topluluklarına olan etkisini araştırarak meiobentik yaşam koşulları hakkında yorum yapmaktır.

Çalışılan örneklerde 32 cins ve 50 türden oluşan tipik Ege Denizi foraminifer faunasının baskın olduğu gözlenmiştir. Bu bölge için önemli bir özellik, çalışılan örneklerde, Ege Denizi Türkiye kıyılarında sıkça rastlanılan *Amphistegina lobifera* Larsen ile peneroplidlere ait herhangi bir cins ve türe ait fertlere rastlanılmamış olmasıdır. Ostrakodlardan Akdeniz ve Ege Denizi'nde yaygın olarak bilinen 19 cins ve 28 tür bulunmuştur. Mollusk faunasını ise gastropodlardan 9 cins ve 10 tür, bivalvlerden 14 cins ve 14 tür oluşturmaktadır.

Bulgulardan diğer önemli bir özellik ise, A11 numaralı örnekte gözlenen çok sayıda tekçe jips kristallerinin varlığıdır. Bu bulgu, eski bir termal kaynağın göstergesidir. Ayrıca, aynı örnekte ağır metallerden çinko (Zn), kurşun (Pb), bakır

* Yazışma / Correspondence: barutif@istanbul.edu.tr

(Cu) ve arsenik (As) dağılımı en yüksek değerde bulunmuştur. Bu örneklerde foraminifer türleri az sayıda, ostrakod ve bivalvlerden ise birer tür saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aliğa (İzmir), dip sediment, Doğu Ege Denizi, jeokimya, Meiofauna, sıcak su.

Abstract: Many scientific researches have been done on different faunal assemblages in relation to the environmental condition from thermal sources located on the eastern Aegean Sea coast. Aliğa (İzmir) region has also thermal resources. These two thermal springs are closely located on the coast of Ilıca Cape, northwest of Aliğa (İzmir) and northwest of Karağağaç Cove. Their temperatures are 40°C and 51°C, respectively. The bottom deposits consist of rock fragments, gravel, sand, silt and clay units in the study area.

In this research, 13 bottom sediment samples taken from different points and corresponding depths in the sea between the Ilıca Cape and the Taşlı Cape were examined. Heavy metal analysis in the sediment samples were done by using ICP-MS. In addition, the results of trace element analysis and total Alpha and Beta features in the samples taken from the sea surface and spring waters were evaluated. The aim is to interpret meiobenthic living conditions by investigating on the effect of thermal springs the benthic foraminifera, ostracod and mollusk assemblages in this region.

It was observed that the typical Aegean Sea foraminifera fauna composed of 32 genera and 50 species predominated in the studied samples. An important peculiarity of the region is absence of amphistegina lobifera and peneroplid genera and species commonly observed in the Aegean coasts of Turkey. Widely known nineteen genera and twenty-eight species from Ostracods were found in Mediterranean and Aegean Sea. Mollusc faunas consist of 9 genera and 10 species from gastropods, 14 genera and 14 species from bivalves.

The other an important finding in the deposits are the presence of numerous gypsum crystals in sample A11. This finding is an indication of an old thermal source. Furthermore, distribution of zinc (Zn), lead (Pb), Cooper (Cu) and arsenic (As) as the heavy metals in the same sample were found to be the highest. In these examples, a few species of foraminifera and only one species from ostracods and bivalves were found.

Keywords: Aliğa (İzmir), deep sediment, Eastern Aegean Sea, geochemistry, hot spring, Meiofauna.

GİRİŞ

Doğu Ege Denizi kıyılarında Biga Yarımadası'nın güneyinden itibaren Marmaris Körfezi'ne kadar ulaşan kıyı şeridinde çok sayıda termal mineralli su kaynağı bulunmakta olup, bu kaynakların foraminiferler üzerine olan etkileri son yirmi yıldır detaylı olarak araştırılmaktadır (Meriç vd., 2009a). Bu araştırmalarda, Ege Denizi'nin kıyı alanlarında gözlenen deniz içi termal veya ılık su kaynakları çevresinde gelişen farklı ortamsal koşulların etkisiyle gelişen fiziksel ve kimyasal değişimler nedeniyle canlı yaşamında farklılıklar olduğu ortaya konmuştur (Meriç, 1986; Meriç vd., 2002a, b; Meriç vd., 2003a, b; Meriç vd., 2009a). Araştırma, Çandarlı Körfezi'nin güneyinde, batıda Ilıca Burnu ile doğuda Taşlı Burun arasında kalan bölgede yapılmıştır (Şekil 1). Bu bölgede, deniz tabanının ortalama eğimi %1-4 arasında

olup maksimum derinlik 39.00 metredir. İnceleme alanı batısında Aliğa Sahil Ilıcaları olarak adlandırılan Ilıca Burnu'nda iki sıcak su kaynağı bulunmaktadır (Şekil 2). Bunlardan biri kıyıdaki bir mağara içinde yer alır. Su sıcaklığı 51°C olup 10 l/s debiye sahiptir. Diğeri ise, deniz düzeyinden yaklaşık 1.00 m yükseklikte bulunan bir diğer mağara içindedir. Su sıcaklığı 40°C ve debisi 2 l/s'dir (Filiz vd., 1997). Adı geçen kaynakların, Aliğa piroklastikleri biriminden, KB-GD yönlü faylara bağlı olarak gelişen tektonik oluşumlu bir mağaradan yüzeye ulaştıkları düşünülmektedir.

Bu çalışmada amaç, Ilıca Burnu ile Taşlı Burun arasında kalan bölgedeki bu sıcak su kaynaklarının meiobentik (bentik foraminifer, ostrakod ve mollusk) topluluk üzerine olan etkisini araştırmaktır.

ALİĞA KOYU VE YAKIN ÇEVRESİNİN OŞİNOGRAFİSİ VE GÜNCEL ÇÖKEL DAĞILIMI

Aliğa Koyu, İzmir Körfezi kuzeyinde, batıda Taşlı Burun ile doğuda Kabakhisarı Burnu arasında yer alır. Ortalama eğimi %1-4 arasındadır. Maksimum derinliği 33 metredir. Taşlı Burun ile Kabakhisarı Burnu arası ise dar bir kanal şeklindedir (Şekil 1).

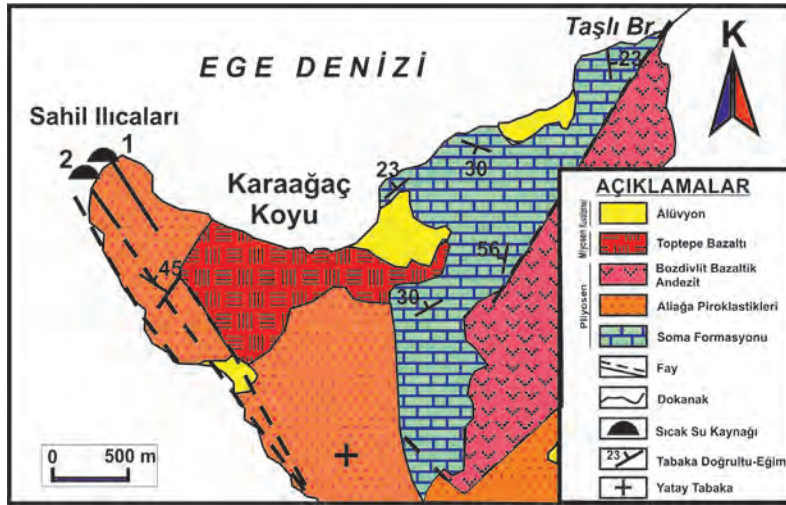
Batimetri

Ilıca Burnu-Aliğa Koyu-Kızıl Burun ile Tavşan Adası arasında kalan bölge, genel olarak sığ bir deniz alanı olup 30.00-50.00 m arasında değişmekte ve ortalama derinlik 40.00 m civarındadır. Tavşan Adası güneyinden itibaren, Ilıca Burnu batısında kalan bölgede derinlik artarak 120 metrelere ulaşmaktadır. Kuzeydoğuda,



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.



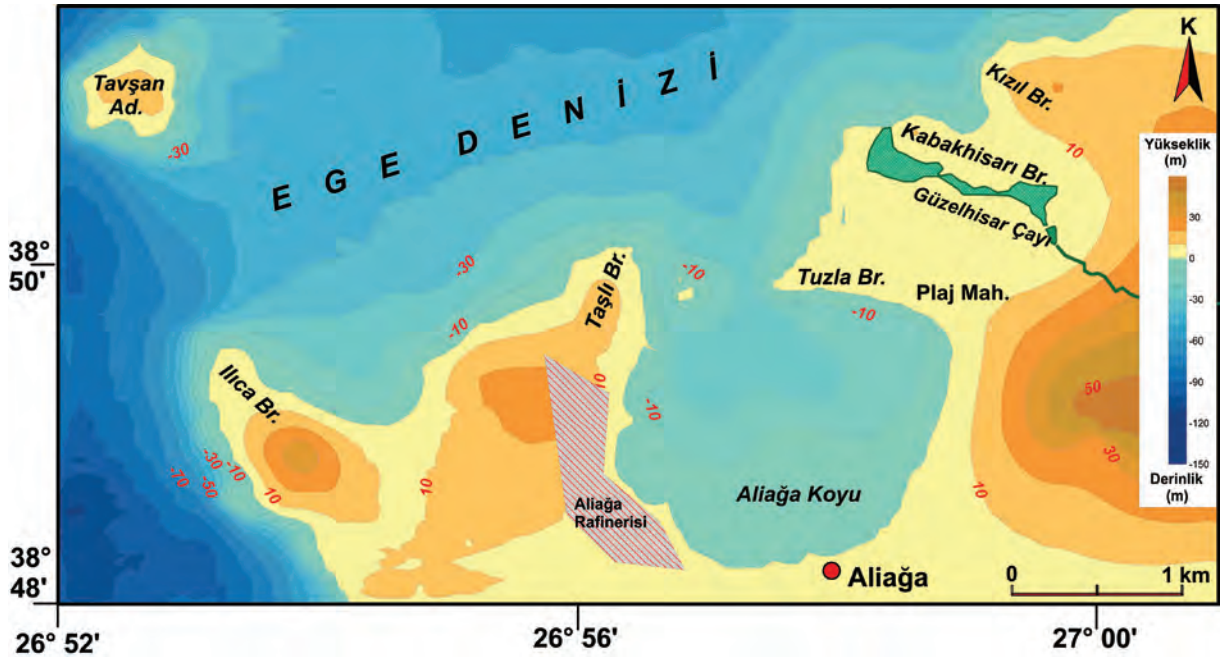
Şekil 2. Aliğa Ilıca Burnu termal sularının çıkış noktaları (Filiz vd., 1997).

Figure 2. Output points of thermal waters at the Aliğa Ilıca Cape (Filiz et al., 1997).

Kızıl Burun açıklarında yaklaşık 50.00 m derinlik görülmektedir. Bu bölge, genel olarak tekdüze bir morfolojik yapı gösterir. Deniz tabanı oldukça düz ve kuzeye hafif eğimle 50.00 metreye ulaşır. Ilıca Burnu batısında bu eğim %4'ü bulur (Şekil 3 ve 4).

Çalışma sahası içinde yer alan Aliağa Koyu, yaklaşık 1.4 km genişliğinde bir boğazla Çandarlı Körfezi'ne bağlanır. Dairesel görünüşlüdür (Şekil

3) ve çanak şeklinde bir denizaltı görünümüne sahiptir (Şekil 4). Uzunluğu 3.9 km ve genişliği 3.8 km'dir. Aliağa Koyu girişinden (KB) Aliağa ilçesine doğru (GD) ilerlendiğinde koyun taban morfolojisi, 5'er metrelik basamaklar şeklinde yükselir. Büyük bir kısmı 20.00 m'den sıgıdır. En derin yeri 25.00 metre olup koyun çıkış noktası boğazın eksenindedir. Buradan itibaren dış tarafa doğru derinlik artar ve 30.00 metreyi geçer (Şekil 3 ve 4).



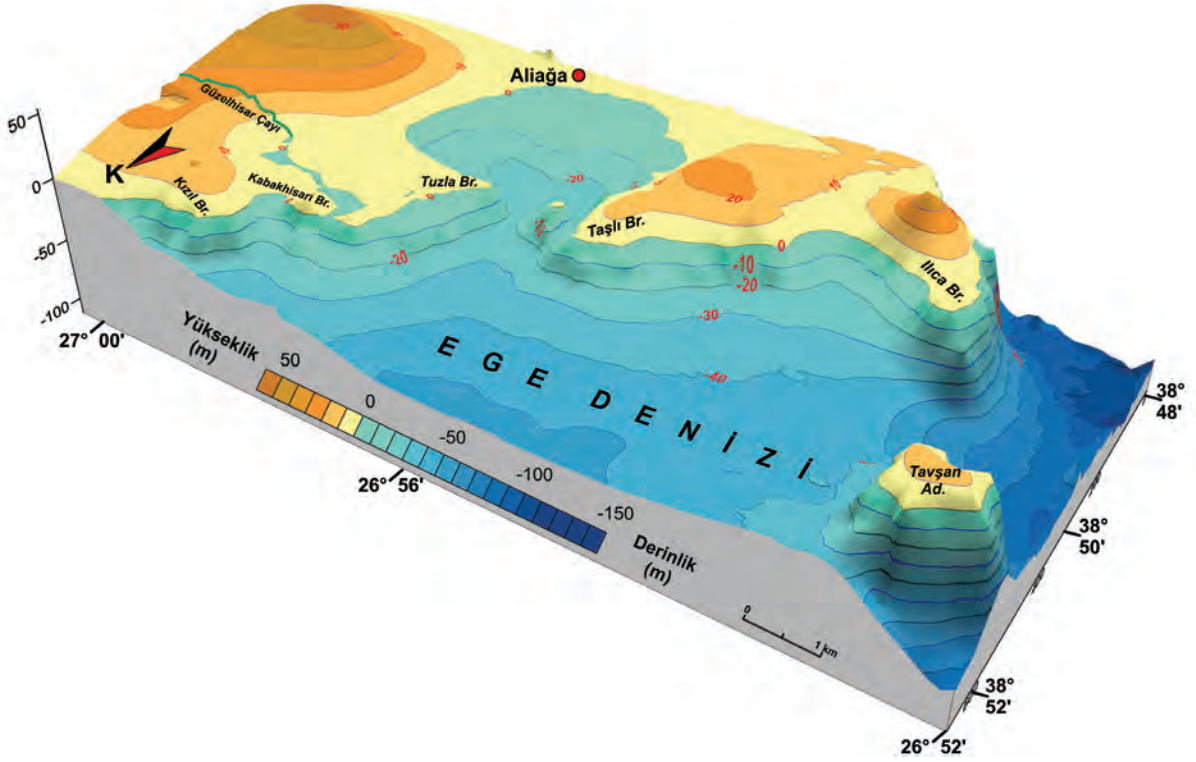
Şekil 3. Aliağa Koyu ve çevresinin batimetri haritası (derinlikler metredir).

Figure 3. The bathymetry map of Aliaga Bay and its surrounding (Depth is meter).

Bölgenin Oşinografisi

Ilıca Burnu-Kızıl Burun arasında ortalama yüzey suyu sıcaklığı, ilkbaharda 16.42°C, yazın 23.87°C sonbaharda 21.80°C, kışın 14.03°C dir. Ortalama dip suyu sıcaklıkları ise ilkbaharda 14.42°C, yaz mevsiminde 15.82°C, sonbaharda 15.44°C ve kışın 13.69°C'dir (Şekil 5a).

Bölgenin ortalama tuzluluk miktarları ise, ilkbahar mevsiminde yüzey suyunda %38.97; 50.00 m su derinliğinde %38.99, yaz mevsiminde yüzey suyunda %39.41, 50.00 m su derinliğinde %39.30; sonbaharda yüzey suyunda %38.92; 50.00 m su derinliğinde %38.67 ve kışın yüzey suyunda %38.65, 50.00 m derinlikte %38.53 değerleri arasında değiştiği görülmektedir (Yücesoy-Eryılmaz vd., 2002, 2004, 2005) (Şekil 5 b).

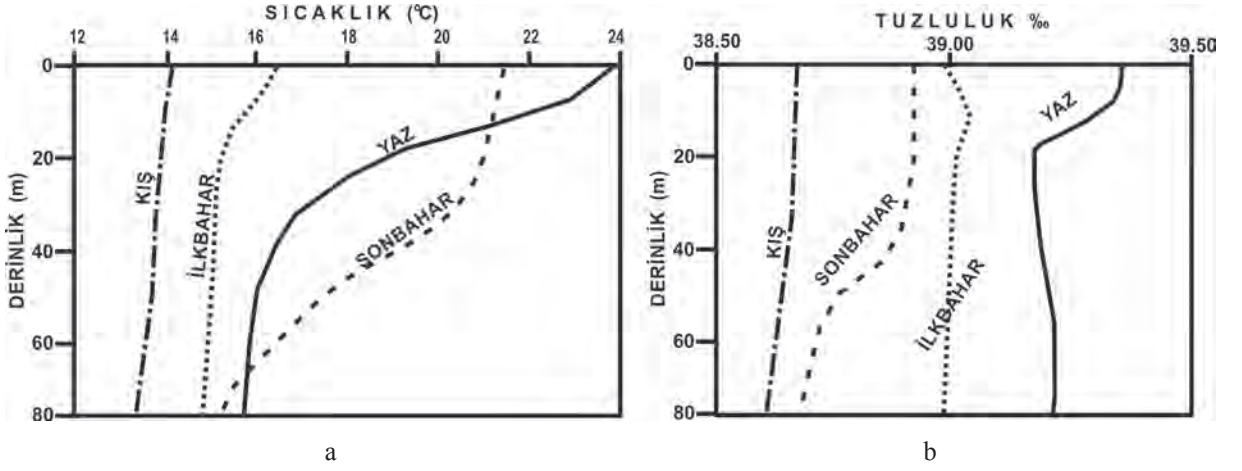


Şekil 4. Aliğa Koyu ve çevresi deniz tabanının morfolojik yapısı (derinlik ve yükseklikler metredir).

Figure 4. The morphological structure of sea floor at the Aliğa Bay and its surrounding (depth and height are meter).

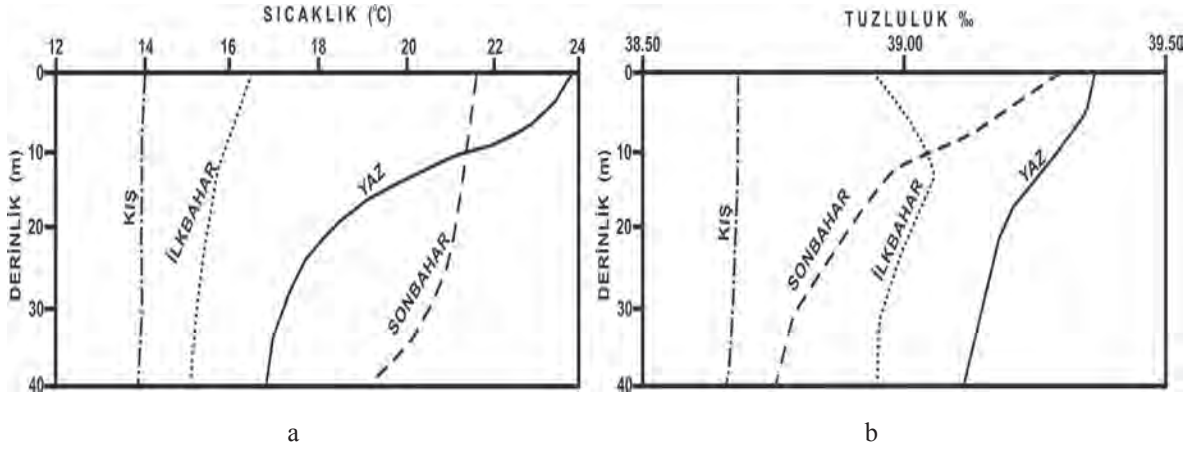
Aliğa Koyu'nda ortalama yüzey suyu sıcaklığı ilkbaharda 16.39°C, yazın 23.76°C, sonbaharda 21.61°C, kışın ise 21.61°C'dir. Dip suyu sıcaklığı ortalama ilkbaharda 14.24 °C, Yazın 15.77°C, sonbaharda 15.26°C ve kışın 13.39 °C'dir (Şekil 6a).

Çalışma alanında, yüzey sularının sıcaklığı hava sıcaklığına bağlı olarak değişir. Yüzeyde en yüksek tuzluluk değeri ise ‰39.40'dır (yaz mevsimi). 20.00 m derinlikte ise tuzluluk farkı en düşük ‰38.58 (kış mevsimi), en yüksek ise ‰39.25'dir. (yaz mevsimi). Bölgede tuzluluk farkı, yüzey ve alt tabakalar arasında, tüm mevsimlerde yok denecek kadar azdır (Şekil 6b).



Şekil 5. Aliğa bölgesi, Ilıca Burnu-Kızıl Burun arası, mevsimsel ortalama sıcaklıkları (a) ve mevsimsel ortalama tuzlulukları (b).

Figure 5. Seasonal mean temperatures (a) and seasonal mean salinity values (b) between Ilıca and Kızıl Capes at the Aliğa region.



Şekil 6. Aliğa Koyu'nun, mevsimsel ortalama sıcaklıkları (a) ve tuzlulukları (b).

Figure 6. Seasonal mean temperatures (a) and salinity values (b) at Aliğa Bay.

Termoklin tabakası yazın, 21°C'den (~ -9.00 m derinlikte) başlar ve 17-18°C'de (~ -19.00 m derinlikte) dengelenir. 22.00 metre derinlikte alt su tabakasına geçilir (Eryılmaz ve Yücesoy-Eryılmaz, 2001; Yücesoy-Eryılmaz, vd., 2005). Batı ve kuzey batı yönlerinden esen rüzgârlar, yüzeyde, kıyı şeridi boyunca yerel akıntılar oluşturmaktadır. Zaman zaman, batı yönünden esen güçlü rüzgarlar saat yönünün tersine yüzey akıntıları oluşturabilmektedir (Eryılmaz vd., 1999; Eryılmaz ve Yücesoy-Eryılmaz, 2012).

Çökel Dağılımı

Çalışma alanının kıyı ve dip çökelleri, yerel akıntılar, dalgalar, karanın topografyası, denizaltı morfolojisi ve batimetrimin etkisi altındadır. Çalışma alanında yer alan çökeller, kaya parçaları, çakıl, kum, silt ve kil olmak üzere 5 farklı türdür (Şekil 7). Kumlu malzemeler, çakıllı kum, kum ve siltli kumdur. Siltli malzemeler ise silt, kumlu silt ve killi siltten oluşur. Bu bölgede genellikle tane boyu dağılımı kıyıdan derine doğru kaba taneliden

ince taneliye geçiş yapmakta ve ince kıyı şeridine paralel olarak birbirine geçiş yapan bantlar halinde görülmektedir (Eryılmaz vd., 1999, 2017; Eryılmaz ve Yücesoy-Eryılmaz, 2012).

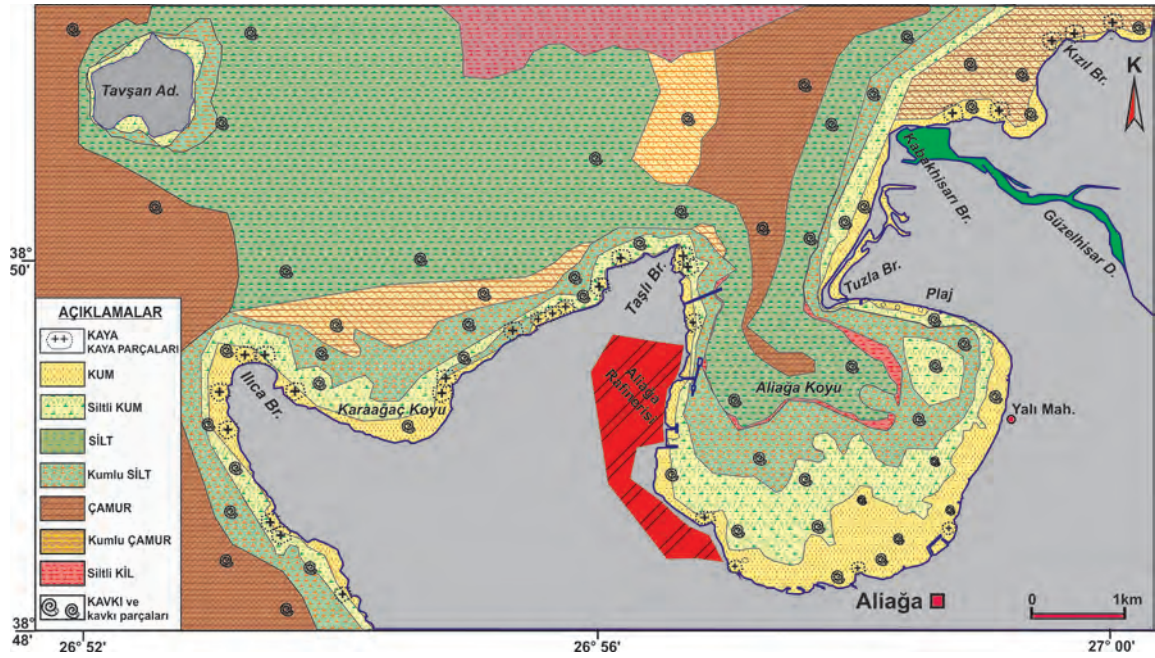
Genel olarak 10.00 m su derinliğine kadar kum ve siltli kum birimleri yer alır. 10.00 m derinlikten itibaren 20.00 m su derinliğinden 30.00 m'ye kadar yer yer kumlu silt ve kumlu çamur birimleri görülür. Bu birimler özellikle burunların denize doğru çıkıntı yaptığı alan ile diğer yerlerde ince bantlar halindedir. Tavşan Adası-Ilıca Burnu hattının batısında kalan ve derinliği 80.00 m'yi aşan (yer yer 100.00 m'yi geçen) deniz alanı çamurlu malzeme ile kaplıdır. Tavşan Adası-Ilıca Burnu-Taşlı Burun arasında kalan ve derinliği 35.00 m'ye ulaşan kesimde geniş bir alanı siltli malzeme kaplamaktadır (Şekil 7).

Özellikle Aliğa Koyu'nun güney kesimlerinde su derinliği azdır. Burada kumlu birimler oldukça geniş bir alan oluşturur. Kıyı ile 5.00 m derinliğe kadar olan kesim kum birimi ile kaplıdır. 5.00 m ile 10.00 m derinlikler arasında siltli kum birimi görülür. 10.00 m derinlikten sonra, kumlu silt yaklaşık 15.00-16.00 m'lere kadar devam eder. 20.00 m'den itibaren yaygın olarak görülen silt birimidir. Çamurlu malzeme koyun ortasından itibaren çıkışına kadar devam etmektedir. Çalışma alanının en derin kısımlarında, dar bir alanda killi birim bulunur.

Tuzla Burnu ile Kızıl Burun arasında sığ kesimlerde kumlu birimler yer alırken 30.00 m'den derinlere doğru önce siltli birimler, ardından da çamurlu ve siltli birimler gözlenir. Siltli kil birimi 50.00 m ve daha derinlerde yayılım gösterir.

MALZEME VE YÖNTEM

Ilıca Burnu ile Taşlı Burun arasındaki alandan 1-11 Temmuz 1997 ve 12-13 Kasım 2001 tarihlerinde Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesince 17.00-39.00 m derinliklerden alınmış olan 13 örnek foraminifer, ostrakod ve mollusk topluluğu açısından incelenmiştir (Şekil 8, Çizelge 1). Örneklerdeki belirtilen topluluğun güncel değişimlerinin gözlenmesi amacıyla Ilıca Burnu ile Taşlı Burun arası alanda farklı derinlik ve noktalardan yeniden örnekleme yapılması planlanmıştır. Fakat çalışılacak bölge Aliğa Petrol Rafinerisi alanı içinde kaldığından yetkililerden müsaade istenmişse de bu konuda olumlu cevap alınamamıştır. Ancak, güncel olarak deniz suyu (D1) ve deniz düzeyindeki mağara içi kaynak suyu (M1)'dan eser element analizi için örnekler alınmış ve radyoaktivite için alfa ve beta (Bq/l) okumaları gerçekleştirilmiştir. Sedimentlerin ağır metal analizleri İstanbul Teknik Üniversitesi'nde ICP-MS'te gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Ilıca Burnu-Alliğa Koyu-kızıl Burun arası alanın güncel çökel dağılımı.

Figure 7. The distribution of recent sediment between Ilıca Cape-Alliğa Bay-Kızıl Cape.

Çizelge 1. Örnek noktaları koordinat ve derinlik değerleri.

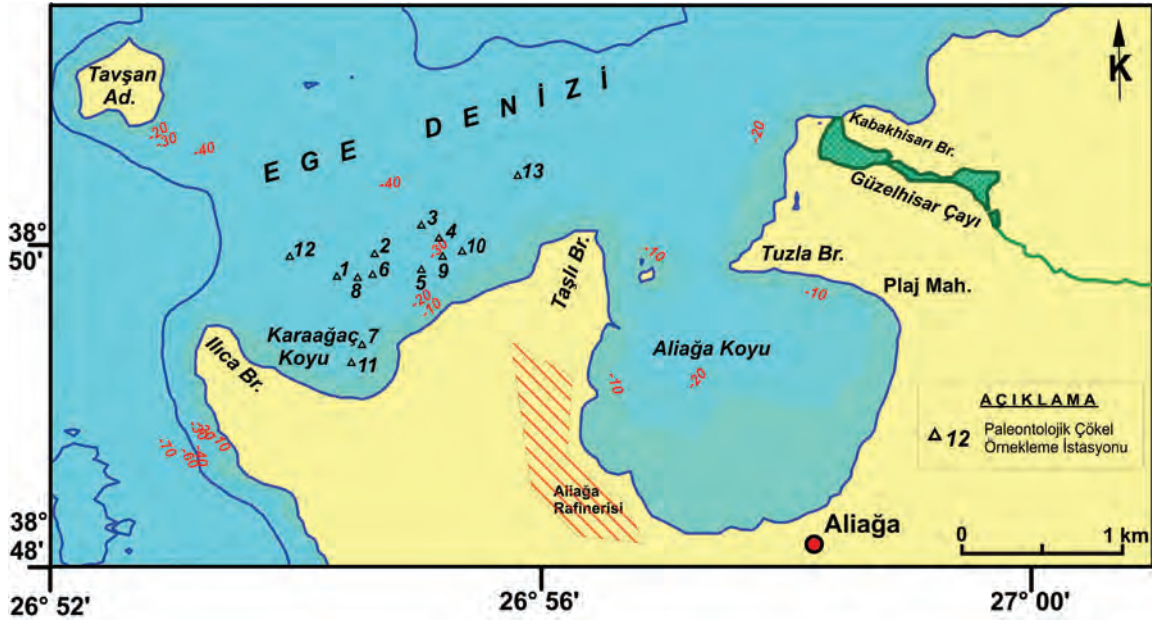
Table 1. The Coordinates and depth values of sampling points.

İst. No	Enlem	Boylam	Derinlik (m)
A1	N 38° 49' 50.0"	E 26° 54' 36.0"	39.00
A2	N 38° 49' 59.0"	E 26° 54' 54.0"	36.00
A3	N 38° 50' 10.0"	E 26° 55' 16.0"	32.00
A4	N 38° 50' 05.0"	E 26° 55' 24.0"	32.00
A5	N 38° 49' 53.0"	E 26° 55' 16.0"	31.00
A6	N 38° 49' 51.0"	E 26° 54' 53.0"	36.00
A7	N 38° 49' 24.0"	E 26° 54' 48.0"	22.00
A8	N 38° 49' 50.0"	E 26° 54' 46.0"	28.00
A9	N 38° 50' 00.0"	E 26° 55' 35.0"	30.00
A10	N 38° 50' 00.0"	E 26° 55' 35.0"	28.00
A11	N 38° 49' 20.0"	E 26° 54' 43.0"	17.00
A12	N 38° 50' 01.3"	E 26° 54' 12.0"	33.00
A13	N 38° 50' 37.8"	E 26° 56' 00.7"	32.00

Çalışma alanında oşinografik parametrelerden CTD (sıcaklık, iletkenlik, tuzluluk, yoğunluk ve

derinlik) kullanılarak yerinde mevsimsel olarak ölçülmüştür. Ayrıca 2 istasyonda mevsimsel akıntı ölçümleri de yapılmıştır. Akıntı hız ve yönleri 3 farklı derinlikte (yüzey, orta ve dipte) kısa süreli olarak ölçülmüştür. 56 istasyondan "Van Veen Grap" örnekleyiciler ile yüzey çökel örnekleri alınmıştır. Çökel örneklerine, elek ve ıslak analiz yöntemleri uygulanmış, çökeller tane büyüklüğüne göre sınıflandırılarak bölgenin 1:10.000 ölçekli çökel dağılım haritası hazırlanmıştır (Folk, 1974; Wentworth, 1922).

Sediment örneklerinde mikroorganizma analizleri Babin (1980) ve Bignot (1985)'e göre yapılmıştır. 5'er gr olarak tartılan kuru örneklerin üzerine % 10'luk H₂O₂ eklenerek 24 saat bekletilmiş ve bunu takiben 0.063 mm'lik elekte tazyikli su ile yıkanmış, 50 °C'lik etüvde kurutulduktan sonra 2.00, 1.00, 0.500, 0.250, 0.125 mm'lik eleklerde elenmiştir. Bu örnekler binoküler mikroskopta incelenerek içermiş olduğu bentik foraminifer, ostrakod ve mollusklar ayırtlanmıştır.



Şekil 8. Aliğa kıyıları ile Ilıca Burnu-Kızıl Burun arası örnekleme noktaları.

Figure 8. The sampling points between Aliğa coast and Ilıca Cape-Kızıl Cape.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Mikro ve Makro Fauna Toplulukları

Bentik Foraminifer Topluluğu

Bölgede gözlenen bentik foraminifer topluluğu tipik Ege Denizi faunal özelliğini taşımaktadır. Alınan 13 örnekte 13'ünde de foraminiferler bulunmaktadır. Bentik foraminiferler 52 tür ve 32 cins saptanmış olup, tipik Ege faunasının yanı sıra Akdeniz'de gözlenen bazı cins ve türlere de rastlanmıştır. Bunlar *Vertebralina striata* d'Orbigny, *Nubecularia lucifuga* Defrance, *Adelosina cliarensis* (Heron-Allen ve Earland), *A. duthiersi* Schlumberger, *A. mediterraneensis* (le Calvez J. ve Y.), *A. partschi* (d'Orbigny), *Spiroloculina angulata* d'Orbigny, *S. angulosa* Terquem, *S. excavata* d'Orbigny, *S. ornata* d'Orbigny, *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny), *Cycloforina contorta* (d'Orbigny), *Lachlanella bicornis* (Walker ve Jacob), *Massilina secans* (d'Orbigny), *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny, *Q. jugosa* Cushman, *Q. lamarckiana* d'Orbigny, *Q. seminula* (Linné), *Miliolinella*

labiosa (d'Orbigny), *M. subrotunda* (Montagu), *Pseudotriloculina laevigata* (d'Orbigny), *P. rotunda* (d'Orbigny), *Pyrgo elongata* (d'Orbigny), *Triloculina marioni* Schlumberger, *T. tricarinata* d'Orbigny, *Welmanellina striata* (Sidebottom), *Sigmoilinita costata* (Schlumberger), *Reussella spinulosa* (Reuss), *Valvulineria bradyana* (Fornasini), *Neoeponides bradyi* le Calvez, *Neoconorbina terquemi* (Rzehak), *Rosalina bradyi* Cushman, *R. globularis* d'Orbigny, *Cibicides advenum* (d'Orbigny), *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob), *Cibicidina walli* Bandy, *Planorbulina mediterraneensis* d'Orbigny, *Asterigerinata mamilla* (Williamson), *Astrononion stelligerum* (d'Orbigny), *Ammonia compacta* Hofker, *A. parkinsoniana* (d'Orbigny), *A. tepida* Cushman, *Challengerella bradyi* Billman, Hottinger ve Oesterle, *Criboelphidium poeyanum* (d'Orbigny), *Porosononion subgranosum* (Egger), *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny), *E. advenum* (Cushman), *E. complanatum* (d'Orbigny), *E. crispum* (Linné), *E. macellum* (Fichtel ve Moll), *E. punctatum* (Terquem) gibi toplam 31 cins ve 50 türdür (Çizelge

2). Foraminiferlerin cins ve tür tayinlerinde Avşar ve Meriç, 2001; Meriç ve Avşar, 2001; Meriç vd., 2002a ve b; 2003a ve b; 2004; 2009b, c ve d; 2010, 2011, 2012a ve b; 2014a ve b, 2016; Yokeş vd., 2014; Yümün vd., 2016'dan yararlanılmıştır.

Çalışma bölgesi için dikkati çeken durum, Ege Denizi'nde Kuşadası Körfezi, Doğanbey Burnu ve Karaburun Yarımadası KB'sında bilinen ve var olduğu düşünülen sıcak su kaynakları çevresinde bol olarak bulunan *Amphistegina lobifera* bireyelerine bu alanda hiç rastlanılmamış olmasıdır. Diğer önemli bir bulge Sunerü da, Ege Denizi'nin Türkiye kıyılarındaki farklı noktalarda saptanan *Peneroplis pertusus*, *P. planatus*, *Coscinospira hemprichii*, *Sorites orbiculus* bireyelerinin çalışılan örneklerde gözlenmemiş olmasıdır. Bu özelliklerin dışında çalışma alanı için baskın cins ve türlerin *Rosalina bradyi*, *Ammonia compacta*, *A. parkinsonana* ve *Elphidium crispum* olduğu belirlenmiştir. İzmit Körfezi Geç Holosen çökellerinde bulunmuş olan (Meriç ve Suner, 1995) *Cibicidina walli* Ege Denizi'nde ilk kez ve çok az sayıda bu çalışmada gözlenmiştir.

Ostrakod Topluluğu

Örnekler ostrakod çeşitliliği açısından çok fazla zengin değildir. İncelenen 13 örnekte de ostrakod bulunmuş olup, cins ve tür açısından 1, 4, 6, 13, 14 no'lu örnekler fakir ve 7, 8, 9, 10, 11 no'lu örnekler ise foraminifer topluluğunda gözlendiği gibi oldukça zengindir (Çizelge 3).

Aliağa dip sediment örneklerinde ostrakodlardan 19 cins ve 28 tür bulunmuştur. Cins ve tür tayinlerinde ise Van Morkhoven (1963), Hartmann ve Puri (1974), Bonaduce vd. (1975), Breman (1975), Yassini (1979), Guillaume vd. (1985), Athersuch vd. (1989), Zangger ve Malz (1989), Mostafawi ve Matzke-Karasz (2006), Joachim ve Langer (2008) ile "MarBEF Data System" den (<http://www.marbef.org/data/>) gibi kaynaklardan yararlanılmıştır. Bulunan

ostrakodlar Akdeniz ve Ege Denizi'nde bilinmekte olup, *Cytheretta judaea*, *Hiltermannicythere turbida*, *Cushmanidea turbida*, *Loxococoncha bairdi*, *Semicytherura inversa*, *Xestoleberis communis*, *Xestoleberis dispar* türleri çalışılan örneklerde yaygındır.

Mollusk Topluluğu

Bivalv ve gastropod olarak bu alanda tipik Ege Denizi mollusk faunası baskındır (Öztürk vd., 2014; Yümün vd., 2016). İncelenen 13 örnekte de gastropod ve bivalv'lere rastlanılmıştır (Çizelge 4). Gastropodlardan *Gibbula albida* (Gmelin), *Tricolia pullus* (Linné), *Bittium latreillii* (Payraudeau), *B. submamillatum* (de Rayneval ve Ponzi), *Turritella communis* Risso, *Marshallora adversa* (Montagu), *Pusillina inconspicua* (Alder), *Alvania geryonia* (Nardo), *Odostomella doliolum* (Philippi), *Ondina modiola* (Monterosato) gibi 9 cins ve 10 tür, bivalvlerden ise *Nucula hanleyi* Winckworth, *Lembulus pella* (Linné), *Striarca lactea* (Linné), *Flexopecten hyalinus* (Poli), *Mimachlamys varia* (Linné), *Ctena decussata* (O.G. Costa), *Lucinella divaricata* (Linné), *Cardites antiquatus* (Linné), *Acanthocardia tuberculata* (Linné), *Parvicardium scriptum* (Bucquoy, Dautzenberg ve Dollfus), *Papillicardium papillosum* (Poli), *Timoclea ovata* (Pennant), *Gouldia minima* (Montagu), *Myrtea spinifera* (Montagu) olarak 14 cins ve 14 tür bulunmuştur. (Cossignani vd., 2011; Scaperrotta vd., 2009-2015).

Örnekler arasında içerdikleri cins ve tür sayısına göre farklılık gözlenmiştir. 10 ve 11 no'lu örnekte her iki gruptan birer tür, 6, 9 ve 12 no'lu örneklerde 7 tür ve 3 ile 5 no'lu örneklerde ise 8 tür belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 2. Bentik foraminifer cins ve türlerinin örneklere göre dağılımı.

Table 2. According to the samples, the distribution of benthic foraminifer genera and species.

FORAMİNİFERA	İSTASYON NO.												
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
<i>Vertebralina striata</i>							+						
<i>Nubecularia lucifuga</i>							+			+			
<i>Adelosina cliarensis</i>		+	+	+	+	+	+	+				+	+
<i>Adelosina duthiersi</i>			+	+				+	+		+	+	
<i>Adelosina mediterraneensis</i>	+		+		+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Adelosina partschi</i>		+		+									+
<i>Spiroloculina angulata</i>						+							
<i>Spiroloculina angulosa</i>						+							
<i>Spiroloculina excavata</i>							+		+				+
<i>Spiroloculina ornata</i>		+		+		+	+	+	+	+			
<i>Siphonaperta aspera</i>				+		+					+		
<i>Cycloforina contorta</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Lachlanella bicornis</i>						+							+
<i>Massilina secans</i>							+						
<i>Quinqueloculina berthelotiana</i>								+				+	
<i>Quinqueloculina jugosa</i>			+	+									
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>			+		+	+			+				
<i>Quinqueloculina seminula</i>	+	+			+	+	+				+	+	
<i>Miliolinella labiosa</i>							+						
<i>Miliolinella subrotunda</i>					+			+			+	+	+
<i>Pseudotriloculina laevigata</i>							+	+					+
<i>Pseudotriloculina rotunda</i>								+		+			
<i>Pyrgo elongata</i>					+		+						
<i>Triloculina marioni</i>	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Triloculina tricarinata</i>							+						
<i>Welmanellina striata</i>		+											
<i>Sigmoilinita costata</i>		+	+		+		+	+	+				+
<i>Reussella spinulosa</i>							+		+	+		+	+
<i>Valvulinera bradyana</i>												+	
<i>Neoeponides bradyi</i>	+		+	+	+	+			+				+
<i>Neoconorbina terquemi</i>			+	+		+	+	+		+	+	+	+
<i>Rosalina bradyi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Rosalina globularis</i>							+	+	+				
<i>Cibicides advenum</i>										+			+
<i>Lobatula lobatula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
<i>Cibicidina walli</i>						+						+	+
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>							+						
<i>Cibicidella variabilis</i>							+						
<i>Asterigerinata mamilla</i>	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Astrononion stelligerum</i>										+			
<i>Ammonia compacta</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Ammonia parkinsoniana</i>		+			+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Ammonia tepida</i>										+	+		+
<i>Challengerella bradyi</i>	+			+		+						+	
<i>Criboelphidium poeyanum</i>								+	+		+		+
<i>Porosononion subgranosum</i>								+	+		+	+	+
<i>Elphidium aculeatum</i>					+		+			+	+	+	
<i>Elphidium advenum</i>	+	+		+		+		+		+		+	
<i>Elphidium complanatum</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Elphidium crispum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
<i>Elphidium macellum</i>	+				+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Elphidium punctatum</i>	+					+	+		+				+

Çizelge 3. Ostrakod cins ve türlerinin örneklere göre dağılımı.**Table 3.** According to the samples, the distribution of ostracod genera and species.

OSTRACODA	İSTASYON NO.												
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
<i>Neonesidea mediterranea</i>				+			+						
<i>Aurila convexa</i>	+											+	+
<i>Jugosocythereis prava</i>							+			+			
<i>Cyprideis torosa</i>			+			+							
<i>Microcytherura</i> sp.													+
<i>Callistocythere intricatoides</i>												+	+
<i>Callistocythere pallida</i>							+	+					
<i>Callistocythere rastrifera</i>				+									
<i>Carinocythereis carinata</i>					+	+	+		+				
<i>Costa batei</i>							+						
<i>Costa edwardsii</i>							+	+					+
<i>Acanthocythereis hystrix</i>							+	+		+			
<i>Pterygocythereis jonesii</i>					+		+						+
<i>Bosquetina carinella</i>					+		+		+				+
<i>Cytheretta judaea</i>			+	+		+						+	+
<i>Hiltermannicythere turbida</i>			+	+	+	+						+	
<i>Hiltermannicythere rubra</i>	+			+		+							+
<i>Microceratina</i> sp.						+	+	+					
<i>Cushmanidea turbida</i>	+		+	+	+	+						+	
<i>Loxoconcha bairdi</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Loxoconcha elliptica</i>						+							
<i>Paracytheridea depressa</i>									+				+
<i>Semicytherura incongruens</i>					+							+	
<i>Semicytherura inversa</i>		+	+	+	+				+			+	+
<i>Semicytherura paradoxa</i>							+						
<i>Xestoleberis communis</i>			+	+	+	+	+	+		+	+	+	+
<i>Xestoleberis depressa</i>								+		+			+
<i>Xestoleberis dispar</i>	+			+	+	+		+				+	+

Çizelge 4. Gastropod ile bivalv cins ve türlerinin örneklere göre dağılımı.

Table 4. According to the samples, the distribution of gastropod and bivalvia genera and species.

MOLLUSKA	İSTASYON NO.												
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
GASTROPODA													
<i>Gibbula albida</i>								+					
<i>Tricolia pullus</i>			+									+	
<i>Bittium latreillii</i>		+		+	+	+		+	+			+	+
<i>Bittium submammillatum</i>	+		+	+	+		+	+	+				+
<i>Turritella communis</i>					+								+
<i>Marshallora adversa</i>						+							
<i>Pusillina inconspicua</i>							+						
<i>Alvania geryonia</i>									+				
<i>Odostomella doliolum</i>										+			
<i>Ondina modiola</i>												+	
BIVALVIA													
<i>Nucula hanleyi</i>				+	+	+			+				+
<i>Lembulus pella</i>			+	+	+	+							
<i>Striarca lactea</i>	+	+				+		+					+
<i>Flexopecten hyalinus</i>							+				+		
<i>Mimachlamys varia</i>			+						+				
<i>Ctena decussata</i>			+		+								
<i>Lucinella divaricata</i>						+							
<i>Cardites antiquatus</i>												+	
<i>Acanthocardia tuberculata</i>												+	+
<i>Parvicardium scriptum</i>		+											
<i>Papillicardium papillosum</i>							+					+	
<i>Timoclea ovata</i>	+	+	+	+		+			+				
<i>Gouldia minima</i>			+	+	+							+	+
<i>Myrtea spinifera</i>			+		+				+				

Jips Kristalleri

Aliğa bölgesinde Ilıca Burnu ile Taşlı Burun arasında 11 nolu örnekte (K3849200, D2654430) 17 m su derinliğine sahip deniz tabanındaki tortullar içinden alınmış jipsler binoküler ve taramalı elektron mikroskop (SEM) ile incelenmiş ve fotoğraflanmıştır (Şekil 9). Jipsler 2 ile 3 mm arasında değişen boyutlarda sarımsı açık kahverengi doğal renkler sunmaktadır. Disk şekilli mikro jips kristallerin C-eksenleri (büyüme doğrultuları) basık kristal yüzeyine dik şekilde büyümüşlerdir. Kristallerin c-eksenleri ortamdaki

yosunların büyüme doğrultusuna paralel ve uyumludur. Bazı jips kristallerin çekirdeklerinde çok az miktarda kalsit minerali tespit edilmiştir. Mikro disk şekilli jipslerin kristal yüzeyleri oldukça düzgün bu görüntüye sahip olup herhangi bir taşınma veya yeniden işleme geçirmemişlerdir. Bu tür disk şekilli jipsler genel olarak Abu Dhabi'nin gelgit çamur düzlükleri gibi sabkha olarak adlandırılan alanlarda tortullar arasında oluşuk-içi (interstitial) olarak kapiler deniz suyundan kristalleşerek oluşmaktadır (Shearman, 1978). Karasal alanlarda Tuzgölü ve Acıgöl gibi

göllerin ıslak çamur düzlükleri içinde de benzer disk şekilli jips kristalleri gözlenebilmektedir (Gündoğan ve Helvacı, 1996). Bu tür jipsler aynı zamanda deniz suyundan tuz üretim alanlarında (tuzla) buharlaşmayla derişimin arttırıldığı tortul çökeller içinde de gözlenebilir. İspanya'nın Alicante yakınlarındaki Santa Pola tuzlasında deniz suyu 150 g/l (% 150 tuzluluk) derişime ulaştığı ortamlarda çamur tortullar içinde benzer diskoidal jipsler oluşmaktadır (Orti vd., 1984).

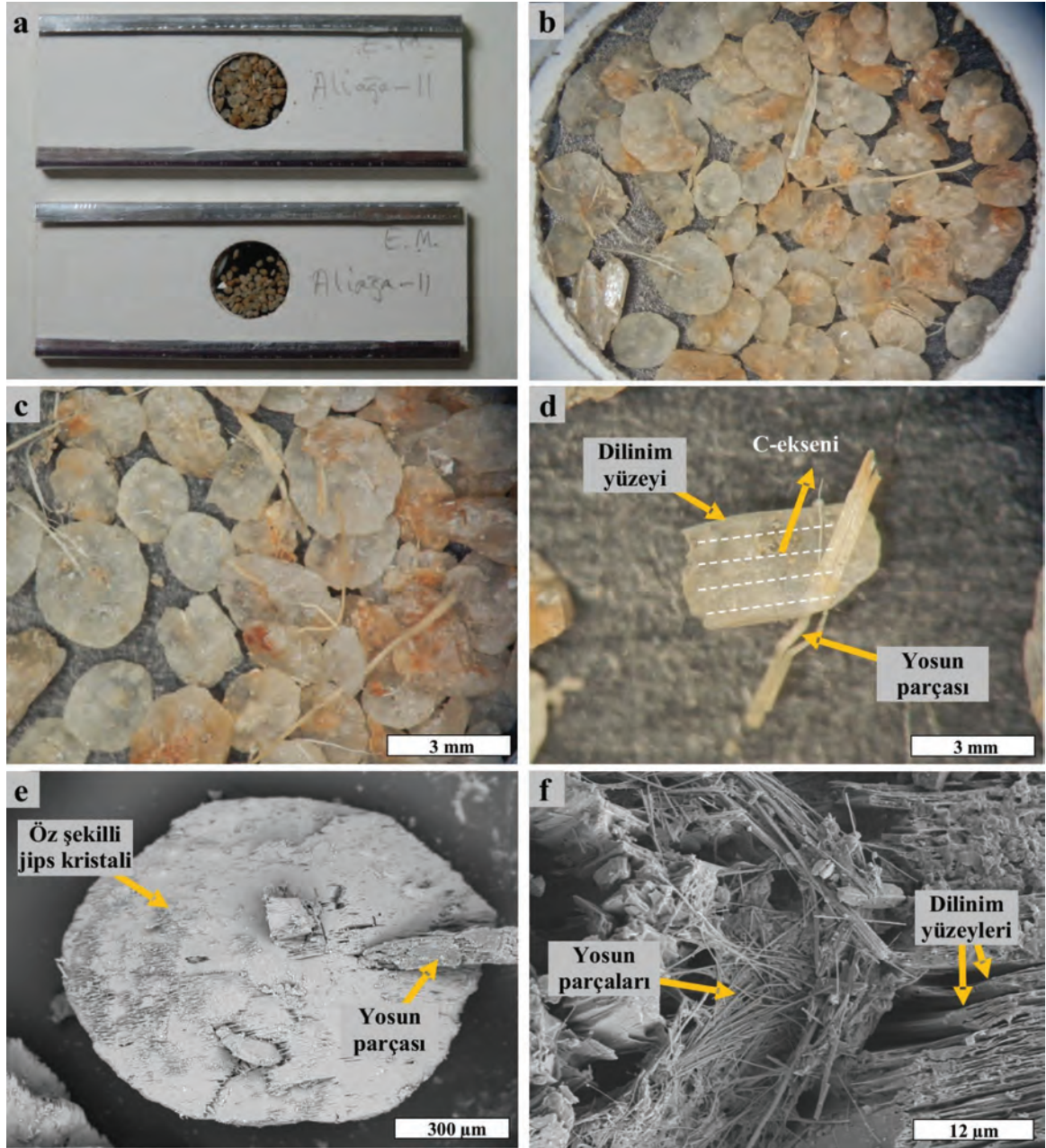
Aliağa bölgesinde Ilıca Burnu ile Taşlı Burun arasından denizin 17 m altındaki tortullar içinde oluşan mikro-disk şekilli jipsler yukarıda örnekleri verilen sabkha türü ortamlardan farklı bir kristalleşme ortamını işaret etmektedir. Bu tür diskoidal jips minerallerin Aliağa bölgesinde tuzluluğu %38,5-39,5 olan Ilıca Burnunda deniz suyunda doğal olarak kristalleşmesi mümkün değildir. Mevcut deniz suyu bileşimi Ca-sülfatça zengin hidrotermal sularla beslenmesi ve deniz tabanında göreceli olarak derişimin artması durumunda bu tür jipslerin tortullar içinde kristalleşmesi mümkün olabilir. Örneklerin alındığı bölgenin "Ilıca Burnu" adıyla anılması böyle bir olasılığın çok güçlü olduğuna işaret etmektedir. Türkiye'de deniz tabanlarında sıcak termal sulara bağlı olarak oluşmuş jips kristalleri önceki çalışmalarda İzmit Körfezi Hersek Burnu ile Kaba Burun arasında (Meriç ve Suner 1995) ve

Haliç-İstanbul Holosen tortullarında (Suner vd., 2012) tespit edilmiştir. Deniz tabanlarındaki bu tür jips oluşumların hidrotomal akışkanlarla ilişkisinin detaylı olarak ortaya konmasıyla gömülü fay hatları hakkında kılavuz veriler sağlanabilir.

Sediment ve Su Örneklerinin Kimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

ICP-MS ile yapılan sediment analizlerinde ağır metallerden Zn, Pb, Cu ve As dağılımında A11 de en yüksek değer bulunmuştur. Yüksek olan Ni sadece A1 de, Cu dağılımı A7, A9, A10 ve A11'de, Cd ise A2 ve A4 hariç tüm örneklerde yüksek, Co ise tüm örneklerde düşüktür. Eser elementlerden Sr ve Ba dağılımı yüksek belirlenmiştir. Diğer eser elementlerden Sc, Y, Th, As, Sr, Au dağılımı tüm örneklerde referans değerinden yüksektir. Cs dağılımı A7 ve A8'de, Eu A2'de yüksek bulunmuştur.

Mağarada bulunan kaynak suyu ve deniz yüzeyinden alınan örneklerde yapılan eser element analizlerinde Ag, Co, Cu, Mo, Pb, B, Ba, Be, Li, Se, Sn, Sr ve Ti bulunmuştur (Çizelge 5). Her iki örnekte de As, Bi, Ni, Pb, Sb, V, Zn ve Sc ölçülemezdir. B ve Li değerleri birbirine yakın ve yüksektir. En yüksek değerler B ve Li deniz yüzeyinde, Sr ise kaynak suyunda ölçülmüştür.



Şekil 9. Aliğa bölgesinde Ilıca Burnu ile Taşlı Burun arasında alınan A11 no'lu örnekte gözlenen öz şekilli jips kristalleri: a, b ve c) Jips kristallerin binoküler mikroskop görüntüleri. d) Deniz tabanı tortulları içinde tortul-su ara yüzeyine yakın kristalleşmiş jips minerali içinde kapanlanmış yosun parçası. Jips kristalin c-ekseni yosunun büyüme doğrultuna paralel olarak gelişmiştir. e ve f) Yosun kapanımları içeren öz şekilli jips kristallerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri.

Figure 9. Euohedral discoidal gypsum crystals observed in A11 sample taken from marine sediments between Ilıca Foreland and Taşlı Foreland in the Aliğa region. (a, b and c) Binocular microscope images of gypsum crystals. (d) Algae fragment trapped in gypsum mineral crystallized near the sediment-water interface within the marine sediments. C-axis of the gypsum crystal was developed parallel to the growth direction of the algae. (e and f) Scanning electron microscope (SEM) images of euohedral gypsum crystals containing algae inclusions.

Çizelge 5. D1 (Deniz suyu) ve M1 (Mağara içinden çıkan su) sularının eser element analizleri.

Table 5. The trace element analyses of the waters collected from D1 (Marine water) and M1 (Spring water in the Cave).

Element ppm	Örnek ID	
	M1	D1
Ag	0,013	0,009
As	ND	ND
Bi	ND	ND
Co	0,005	0,005
Cu	0,019	0,018
Mo	0,002	0,001
Ni	ND	ND
Pb	0,004	ND
Sb	ND	ND
V	ND	ND
Zn	ND	ND
B	12,248	12,670
Ba	0,059	0,068
Be	0,001	0,001
Cr	0,000	0,000
Li	9,111	9,569
Se	0,028	0,050
Sn	0,028	0,036
Sr	16,372	13,117
Ti	0,003	0,001
Sc	ND	ND

Deniz ve Kaynak Sularının Toplam Alfa ve Beta Özelliklerinin Değerlendirilmesi

D1 (deniz suyu) ve M1 (mağarada çıkan kaynak suyu) sularında toplam alfa ve beta (Bq/l) okumaları gerçekleştirilmiştir. Her iki örnekte de bu değerler referans değerden yüksek ölçülmekle birlikte D1’de toplam alfa ve beta daha yüksektir. Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) (g/l) ise M1’de yüksektir (Çizelge 6).

Çizelge 6. D1 (Deniz suyu) ve M1 (Mağara içinden çıkan su) sularının toplam alfa ve beta değerleri.

Table 6. The total alpha and beta values of the waters collected from D1 (Marine water) and M1 (Spring water in the Cave).

Örnek ID	D-1	M-1
Tarih	08.03.2018	08.03.2018
Örnek miktarı (l)	1,5 L	1,5 L
Toplam Alfa (Bq/l)	3,95	3,04
±	0,26	0,20
Toplam Beta (Bq/l)	14,21	14,00
±	2,96	2,94
TDS (g/l)	24,4	25,7

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Elde edilen bulgular, daha önce çalışılan Kuşadası, Doğanbey, Karaburun Yarımadası kuzeybatısı gibi alanlardaki sonuçlarla karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık ortaya çıkmaktadır (Meriç vd., 2012b; Yokeş vd., 2014). Adı geçen üç bölgede gözlenmiş olan *Peneroplis pertusus*, *P. planatus*, *Coscinospira hemprichii*, *Sorites orbiculus* ve *Amphistegina lobifera* bireylerine çalışmamızda incelenen örneklerde rastlanılmamıştır. Bu özellik, söz konusu alanda ki genel özellikler nedeniyle diğer bölgeler ile farklılık içermektedir. Halbuki, Ege Denizi’nin Türkiye kıyılarında, daha kuzey noktalarda, hatta Çanakkale Boğazı ile Marmara Denizi’nde adı geçen foraminifer cins ve türlerine zaman zaman rastlanılmıştır (Sakinç, 2008; Meriç vd., 2009c; 2012c; Yümün, 2017). Bu durum, denizlerdeki bazı noktalarda çok farklı ekolojik koşulların varlığına işaret etmekte olup, örnek olarak Çeşme Ilıca Koyu gösterilebilir (Meriç vd., 2012a). Burada 28.4°C sıcak su çıkışının varlığına karşın *Amphistegina lobifera* dışında yukarıda adı geçen diğer bentik foraminiferler de bulunmuştur. Ayrıca, Kuşadası Körfezi, Ilıca Koyu ve Karaburun Yarımadası KB’da oldukça fazla sayıda denilebilecek güney Pasifik ve Kızıldeniz kökenli *Euthomonacha polita* ile *Coscinospira acicularis* bireylerine rastlanılmıştır. Kuşadası

Körfezi sıcak su kaynağı çevresindeki sıcaklık 17.5°C, Doğanbey'de 19.0-20.0°C, Karaburun Yarımadası kuzeybatısında var olduğu düşünülen sıcak su çıktısı yakınlarında 16.8-17.0°C'dir. Aliğa Ilıca Burnu'ndaki 51°C ve 40 °C sıcaklık sunan 2 sıcak su kaynağı çevresinde ise adı geçen 5 bentik foraminifer ile göçmen foraminiferler saptanmamıştır. Ayrıca, eski bir kaynağın göstergesi olarak saptanan jipslerin bulunduğu A11 no'lu örnekte ostrakodlardan bir tür ve bivalvlerden bir tür bulunmuştur. Bölgede gözlenen bu durum ile Midilli adası doğu kesiminde bulunan deniz içi sıcak su kaynakları benzer özelliklerdedir. Midilli Adası doğusunda Midilli (Mytilene) yerleşim merkezi kuzeybatısında bulunan Pirgi Termis kuzeyinde deniz içindeki sıcak su kaynağı çevresinde foraminifer topluluğu gözlenmiştir (Meriç vd., 2002a). Adadaki kaplıcaların sıcaklığı 39.7-46.9°C ve tuzlu su özelliğini taşımaktadır. Bazı kaplıcalarda ise su sıcaklığı 69.0°C ye kadar ulaşmakta olup bu bölgede de *Amphistegina lobifera* bulunmamıştır.

Daha önceki yıllarda da, Ege Denizi Santorini Adası çevresinde yer alan sıcak su kaynakları yakın çevresinden güncel sediment örneği elde edilmiş ve yapılan inceleme sonucunda hiçbir foraminifer ve diğer topluluklara ait herhangi bir bulguya rastlanılmamıştır. Bilindiği gibi ostrakod, mollusk, foraminifer cins ve türlerinin yaşam koşulları için belirli bir sıcaklık değeri olması gerekmektedir. Ilıca Burnu kaynaklarındaki sıcaklık değerinin yaşam koşulları için çok yüksek olduğu, Zn, Pb, Cu ve As gibi eser element değerlerinin yüksekliği özellikle *Amphistegina lobifera*, *Peneroplis pertusus*, *P. planatus*, *Coscinospira hemprichii*, *Sorites orbiculus* ve *Amphistegina lobifera* topluluğunun olumsuz olarak etkilendiğini göstermektedir. Önümüzdeki yıllarda genç araştırmacıların, *Peneroplis pertusus*, *P. planatus*, *Coscinospira hemprichii*, *Sorites orbiculus* ve *Amphistegina lobifera* gibi bentik foraminiferlerin yaşadıkları ortamlardan alınan sediment örnekleri üzerinde yeni araştırma yöntemleri kullanarak

çevresel fiziksel ve kimyasal şartları ayrıntılı bir şekilde incelemeleri ve bu konu üzerinde yeni bulgular ortaya koymaları önerilmektedir.

EXTENDED SUMMARY

In recent years, the researches on morphological abnormalities on foraminifera tests have been increased due to different ecological conditions in the Mediterranean and Aegean Sea. One of the factors that change the ecological conditions is thermal waters those have input into sea water. This study was carried out around Aliğa Bay (İzmir). Two thermal springs, with 40° C ve 51° C temperatures, are closely located on the coast of Ilıca Cape, northwest of Aliğa and northwest of Karağaç Cove. Aliğa Bay is located between the north İzmir Gulf in the west of Turkey (between Taşlı Cape-Kabakhisarı Cape). Maximum depth is 33 m, here is located a narrow channel between the Taşlı Cape and the Kabakhisarı Cape. The average slope of Doğanbey Bay varies between 2-4% (Eryılmaz vd. 2017). The area between Ilıca Cape-Aliğa Bay - Kızıl Cape and Tavşan Island is generally shallow marine environment, depth ranges from 30.00-50.00 m. In the investigated area, the temperature of the surface waters is changing depending on the weather temperature. The highest salinity on the surface water is 39.40 ‰ (in the summer season). Salinity difference between surface and the lower layers at the sea water is very close to each other in all seasons in the region. At 20.00 m depth, it is the lowest at ‰ 38.58 (in the winter season) and the highest at ‰ 39.25 (in the summer). In this region, grain size generally is transitional from coarse to fine grain. The sediments consist of five type sedimentary material such as rock fragments, gravel, sand, silt and clay.

The aim of this study a) to reveal the effects of the thermal spring on the benthic foraminifer, ostracod and mollusc assemblages in 13 sediment samples which have been collected from different

stations and depths between Ilıca and Taşlı Cape. b) to figure out the reasons of the observed differences in foraminiferal assemblages around the thermal springs known or suggested to be present on the Turkish Aegean coasts.

Typical Aegean Sea foraminifer fauna has been found in the study area, represented with 32 genera and 52 species. Besides, colored foraminifer tests, which is a common phenomenon on the Aegean coast, were observed only in few cases, whereas, morphological abnormalities were abundant. No alien foraminifer species was recorded. The absence of typical species abundantly observed on the Turkish Aegean coasts, such as *Amphistegina lobifera*, *Peneroplis pertusus*, *P. planatus*, *Amphisorus hemprichii* and *Sorites orbiculus* constituted an important peculiarity of the region. Beside these foraminifers, poor ostracod and mollusc assemblages, typical of Aegean Sea fauna, were observed in the sediment samples.

Another characteristic is presence of many singular gypsum crystals found in Sample A11. Micro-disc shaped gypsums formed in sediments below 17 m of the sea water between Ilıca Cape and Taşlı Cape in the Aliağa region indicate a different crystallization environment from the Sabkha type environments. These gypsums point out the presence of another thermal spring which has disappeared on a local fault line.

Sediment analysis performed by ICP-MS showed that highest values for the heavy metals zinc (Zn), lead (Pb), copper (Cu) and arsenic (As) were measured in A11. On the other hand, high values of nickel (Ni) observed only in A1 and Cu in A7, A9, A10 and A11. Cd values were high in all the samples, except A2 and A4.

Cobalt (Co) values were found as low in all samples analyzed. The distribution of the trace elements strontium (Sr) and barium (Ba) were observed high. The values of the other trace elements, scandium (Sc), yttrium (Y), thorium

(Th), As, Sr and gold (Au) were higher than the reference value in all samples. High levels of Cs were found in A7 and A8, of europium (Eu) in A2.

When the meiobenthic assemblages are correlated with according to sampling stations, very rich fauna were found at the sample A7, A10, A13 for benthic foraminifera, at the sample A7, A13 for ostracods and at the sample A3, A5 for molluscs.

ORCID

Engin Meriç  <https://orcid.org/0000-0002-5975-3678>

Atike Nazik  <https://orcid.org/0000-0001-7996-7430>


M. Baki Yokeş  <https://orcid.org/0000-0002-9440-4561>

İpek F. Barut  <https://orcid.org/0000-0002-4255-0268>


Mustafa Kumral  <https://orcid.org/0000-0001-7827-8721>

Mustafa Eryılmaz  <https://orcid.org/0000-0002-3342-768X>

Fulya Yücesoy-Eryılmaz  <https://orcid.org/0000-0003-3714-6903>

İbrahim Gündoğan  <https://orcid.org/0000-0002-2148-3377>

Bora Sonuvar  <https://orcid.org/0000-0001-9894-3709>

Feyza Dinçer  <https://orcid.org/0000-0001-6105-4369>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Athersuch, J., Horne, D.J. ve Whittaker, J.E. 1989. Marine and brackish water ostracods. Synopses of the British Fauna (New Series), E.J.Brill., 43, 1-343.
- Avşar, N. ve Meriç, E., 2001, Çeşme-Ilıca Koyu (İzmir) bölgesi güncel bentik foraminiferlerinin sistematik dağılımı. H. Ü. Yerbilimleri, 24, 13-22, Ankara.
- Babin, C. 1980, Elements of Palaeontology. John Wiley and Sons. Chichester. 446s. ISBN 0471 27577 8 (56 Bab).
- Bignot, G., 1985, Elements of micropaleontology. London: Graham and Trotman Ltd., 217s.
- Bonaduce, G., Ciampo, G. ve Masoli, M. 1975. Distribution of ostracoda in the Adriatic Sea. Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli 40 (Suppl.), 1-304.

- Breman, E. 1975. The Distribution of Ostracodes in the Bottom Sediments Of The Adriatic Sea. Vrije Universiteit te Amsterdam, Krips Repro, Meppel, 1-165.
- Cossignani T., Ardovani R., Micali P., Tisselli M., Cossignani V. ve Cecalupo A., 2011, Malacologia Mediterranea: Atlante delle Conchiglie del Mediterraneo. L'Informatore Piceno, Cupra Marittima, Italy, 536pp.
- Eryılmaz, M. ve Yücesoy-Eryılmaz F. 2001, Ege Denizi'nin sualtı morfolojisi ve Anadolu'nun Doğu Ege Denizi'ndeki doğal uzantısı. Ç.Ü. Yerbilimleri (Geosound), 39, 117-132, ISSN 1019-1003, Adana.
- Eryılmaz, M., ve Yücesoy Eryılmaz, F., 2012, Dikili Kanalı'nın (Kd Ege Denizi) Oşinografisi. SBT 2012, Sualtı Bilim ve Teknolojileri Toplantıları 17-18 Kasım 2012 Bildiriler kitabı 152 s., 127-135, İstanbul.
- Eryılmaz, M., Kırca, Z. ve Aydın, Ş., 1999, Türkiye, Ege Denizi, yüzey sediment dağılım haritası (tane büyüklüğüne göre), Ölçek, 1: 1.102.000, Dz.K.K. Sey. Hid. ve Oşi. Dairesi Başkanlığı, Mayıs 2001, İstanbul.
- Eryılmaz, M., Yücesoy Eryılmaz, F. ve Eryılmaz, U., 2017. Aliağa Koyu'nun (doğu Ege Denizi) oşinografisi ve güncel çökel dağılımı. 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 10-14 Nisan 2017, 106-107.
- Filiz, Ş., Tarcan, G., Gemici, Ü., 1997, Aliağa (İzmir) jeotermal alanındaki sahil ılıcalarının hidrojeokimyasal incelemesi. TPJD Bülteni, 9 (1), 45-58.
- Folk, L. R., 1974, Petrology of sedimentary rock. Hemphill Publ. Co. Texas, 182 p.
- Guillaume, M.C., Peypouquet, J.P ve Tetart, J. 1985. Quaternaire et actuel. Atlas des Ostracodes de France. H.J. Oertli (Ed.). Bulletin Centres Recherche Exploration Proceeding Elf-Aquitaine. Mémoire 9, 337-377.
- Gündoğan, İ., and Helvacı C., (1996). Geology, mineralogy, geochemistry and economic potential of the Bolluk Lake and adjacent area Cihanbeyli-Konya. Tr. J. of Earth Sciences, 5/2, 91-104.
- Hartmann, G. ve Puri, S.H. 1974. Summary of neontological and paleontological classification of ostracoda, Mitteilungen aus dem Zoologischen Staatsinstitut und Zoologischem Museum in Hamburg, Band, 70, 7-73.
- Joachim, C. ve Langer, M.R. 2008. The 80 most common Ostracods from the Bay of Fetovaia Elba Island (Mediterranean Sea). Universität Bonn, 29s.
- "MarBEF Data System" (<http://www.marbef.org/data/>) <http://www.marbef.org/data/>
- Meriç, E., 1986. Deniz dibi termal kaynakların canlı yaşamına etkisi hakkında güncel bir örnek (Ilıca-Çeşme İzmir). Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 29 (2), 17-21.
- Meriç, E. ve Suner, F., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinde gözlenen termal veriler (Ed. E. Meriç), İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi, 81-90, İstanbul.
- Meriç, E. ve Avşar, N., 2001. Benthic foraminiferal fauna of Gökçeada Island (Northern Aegean Sea) and its local variations. Acta Adriatica, 42 (1), 125-150.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Bergin, F., 2002a. Midilli Adası (Yunanistan-Kuzeydoğu Ege Denizi) bentik foraminifer faunası ve bu toplulukta gözlenen yerel değişimler. Ç.Ü. Yerbilimleri (Geosound), 40-41, 177-193.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Nazik, A., 2002b. Bozcaada (Kuzey Ege Denizi) bentik foraminifer ve ostrakod faunası ile bu toplulukta gözlenen yerel değişimler. Ç.Ü. Yerbilimleri (Geosound), 40-41, 97-119.
- Meriç, E., Avşar, N., Bergin, F. ve Barut, İ.F., 2003a. Edremit Körfezi (Kuzey Ege Denizi, Türkiye) bentik foraminifer topluluğu ile ekolojik koşulların incelenmesi. Ç.Ü. Yerbilimleri (Geosound), 43, 169-182.
- Meriç, E., Avşar, N., Bergin, F. ve Barut, İ.F., 2003b. A note on three abnormal samples of benthic foraminifers from the Dikili Bay (Turkey) in northeastern Aegean Sea: Peneroplis planatus (Fichtel ve Moll), Rosalina sp. ve Elphidium crispum (Linné). Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 127, 1-14.
- Meriç, E., Avşar, N. ve Bergin, F., 2004. Benthic foraminifera of Eastern Aegean Sea (Turkey) Systematics and Autoecology. Turkish Marine Research Foundation and Chamber Of Geological

- Engineers of Turkey, Publication No: 18, İstanbul, 306 s.
- Meriç, E., Avşar, N., Barut, İ.F., Yokeş, M.B. ve Dinçer, F., 2009a. Doğu Ege denizi kıyı alanlarındaki termal Mineralli su kaynaklarının bentik foraminifer topluluklarına etkisi. İstanbul Yerbilimleri Dergisi 22 (2), 163-174.
- Meriç, E., Avşar, N., Mekik, F., Yokeş, B., Barut, İ.F., Dora, Ö., Suner, F., Yücesoy-Eryılmaz, F., Eryılmaz, M., Dinçer, F. ve Kam, E., 2009b. Alibey ve Maden Adaları (Ayvalık-Balıkesir) Çevresi Genç Çökellerinde Gözlenen Bentik Foraminifer Kavkılarındaki Anormal Oluşumlar ve Nedenleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 52(1), 31-84.
- Meriç, E., Avşar, N., Barut, İ.F., Yokeş, M.B., Taş, S., Eryılmaz, M., Dinçer, F., Bircan, C., 2009c. Kuşadası (Aydın) Deniz Dibi Mineralli Su Kaynağı Çevresi Bentik Foraminifer Topluluğu Hakkında Görüş ve Yorumlar. 13. Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı (SBT 2009) 7-8 Kasım 2009, Lefkoşa/KKTC, Bildiriler Kitabı, 80-92.
- Meriç, E., Avşar, N., Barut, İ. F., Yokeş, M.B., Taş S., Eryılmaz, M., Dinçer, F., Bircan, C. 2009c. Opinion and comments on the benthic foraminiferal assemblages observed around the mineral submarine springs in Kuşadası (Aydın). Earth System Evolution and the Mediterranean Area From 23 MA To The Present, Abst. Book, pp.222-223, Vol 45 n. 1/4, Italy 2009.
- Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., Yokeş, B., Ergin, M., Eryılmaz, M., Yücesoy-Eryılmaz, F., Gökaşan, E., Suner, F., Tur, H., Aydın, Ş., Dinçer, F., 2009d. Çanakkale Boğazı'nın güncel bentik foraminifer, ostrakod ve mollusk topluluğunu denetleyen faktörler ile çökel dağılımının jeokimyası. T. J. Bült., 52 (2), 155-215, Ankara.
- Meriç, E., Yokeş, M.B., Avşar, N. ve Bircan, C., 2010. An oasis for alien benthic foraminifera in the Aegean Sea. Aquatic Invasions, 5 (2), 191-195.
- Meriç, E., Yokeş, B., Avşar, N., 2011. A new guest in Ilica Bay (Çeşme-İzmir-Turkey); *Coscinospira acicularis*. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 4, e94, 1-5.
- Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., Yokeş, M., Barut, İ. F., Eryılmaz, M., Kam, E., Taşkın, H., Başsarı, A., Dinçer, F., Bircan, C., Kaygun, A., 2012a, Ilica Koyu (Çeşme-İzmir) bentik foraminifer-ostrakod toplulukları ile Pasifik Okyanusu ve Kızıldeniz kökenli göçmen foraminiferler ve anormal bireyler. M.T.A. Dergisi, 145, 62-78, Ankara.
- Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., Yokeş, Dora, Ö., Barut, İ. F., Eryılmaz, M., Dinçer, F., Kam, E., Aksu, A., Taşkın, H., Başsarı, A., Bircan, C. ve Kaygun, A., 2012b. Karaburun Yarımadası kuzey kıyılarının oşinografik özelliklerinin bentik foraminifer ve ostrakod toplulukları üzerindeki etkileri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 145, 22-47.
- Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., Koçak, F., Yücesoy-Eryılmaz, F., Eryılmaz, M., Barut, İ. F., Yokeş, M. B., Dinçer, F., Esenli, İ. F., Esenli, V., Özdemir, Z., Türker, A. ve Aydın, Ş., 2012c. Edremit Körfezi (Balıkesir) kıyı alanlarında oşinografik özelliklerin bentik foraminifer, ostrakod ve bryozoon toplulukları üzerindeki etkileri ile ilgili yeni veriler. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 24 (2), 31-77.
- Meriç, E., Öner, E., Avşar, N., Nazik, A., Kapan-Yeşilyurt, S., Göksu, Y., Kaya-Keleş, Ş., Yokeş, B., Kam, E., Candan, O. ve Dinçer, F., 2014a. Gökçeada kuzeydoğusundaki Saklı koy'da paleontolojik verilere dayalı yeni bir bulgu: Büyük Dere Koyu. T.P.J.D. Bülteni, 26 (1), 67-97.
- Meriç, E., Avşar, N., Yokeş, M. B. ve Dinçer, F., 2014b. Atlas of recent benthic foraminifera from Turkey. Micropaleontology, 60 (3-4), 211-398.
- Meriç, E., Yokeş, B., Avşar, N. ve Dinçer, F., 2016. New observations of alien foraminifera on the Turkish coasts of the Aegean Sea (2012-2015), International Journal of Environment and Geoinformatics, 3 (1), 44-47.
- Mostafawi, N. ve Matzke-Karasz, R. 2006. Pliocene Ostracoda of Cephalonia, Greece. The Unrevised species of Uliczny (1969). Revista Española de Micropaleontología 38, 11-48.
- Orti, F., Pueyo, J.J., Cussey, D.G. and Dulau, N., 1984. Evaporitic sedimentation in the coastal salinas of Santa Pola (Alicante, Spain). Revista D'investigacions Geologiques, Diputacion Provincial, Universidad de Barcelona, 38/39, 169-220.
- Öztürk B., Doğan A., Bitlis-Bakır B. ve Salman A., 2014. Marine molluscs of the Turkish coasts: an updated checklist. Turkish Journal of Zoology. 38, 832-879.

- Sakınç, M., 2008, Marmara Denizi Bentik Foraminiferleri: Sistematik ve Otoekoloji. İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, İstanbul, 1638, 134s.
- Scaperrotta, M., Bartolini, S. ve Bogi, C., 2009-2015, Accrescimenti - Stadi di accrescimento dei Molluschi marini del Mediterraneo - Stages of growth of marine molluscs of the Mediterranean Sea, I-VI.
- Shearman, D.J., 1978. Evaporites of coastal sabkhas. In: Marine Evaporites (Ed. by W.E. Dean and B.C. Schreiber). SEPM Short Course No:4, 6-42.
- Suner, F., Meriç, E., Avşar, N., ve Önal, B.Ç., 2012. Haliç (İstanbul-KB Türkiye) Holosen çökellerinde bireysel jips oluşumu ile bentik foraminifer ve ostrakod topluluğu ilişkisi. TPJD Bülteni, 24/1, 49-57.
- Van Morkhoven, F.P.C.M. 1963. Post - Palaeozoic Ostracoda. Their Morphology, Taxonomy, and Economic Use, Vol. 2 Generic Descriptions, Amsterdam, London, New York, Elsevier Publishing Company, 478s.
- Wentworth, C. K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments, Journal Geology, 30 377-392.
- Yassini, I. 1979. The littoral system ostracodes from the bay of Bou-İsmail, Algiers, Algeria, National Iranian Oil Company. Revista Espanola de Micropaleontologia 11 (3), 353-416.
- Yokeş, M. B., Meriç, E., Avşar, N., Barut, I., Taş, S., Eryılmaz, M., Dinçer, F. ve Bircan, C., 2014. Opinions and comments on the benthic foraminiferal assemblage observed around the mineral submarine spring in Kuşadası (Aydın, Turkey). Marine Biodiversity Record, 7, e103, 1-17.
- Yücesoy-Eryılmaz, F., Eryılmaz, M., Özdemir, Z., Esenli, F., Aydın, Ş. ve Türker, A., 2002. Sedimentology and geochemistry of the recent sediments in the Edremit Gulf and Dikili Canal. Second International Conference, Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea, Similarities and differences of two Interconnected Basins 13-14 October. 2002, Ankara, 386s.
- Yücesoy-Eryılmaz, F., Eryılmaz, M., Esenli, V. ve Özdemir, Z., 2004. Edremit Körfezi-Dikili Kanalı güncel çökellerinin mineralojisi ve ağır metal dağılımı. Kıyı ve Deniz Jeolojisi Sempozyumu (13-15 Eylül, 2004) Bildiri Özleri Kitabı, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 13-14.
- Yücesoy-Eryılmaz, F., Eryılmaz, M., Esenli, F., Esenli, V., Özdemir, Z., Türker, A. ve Aydın, Ş., 2005. Edremit Körfezi ve Dikili Kanalı Güncel Çökellerinin Sedimantolojisi ve Jeokimyası; TÜBİTAK destekli, proje no YDABCAG 100Y098, 152 sayfa, 2005, Mersin.
- Yümün, Z.Ü., Meriç, E., Avşar, N., Nazık, A., Barut, İ. F., Yokeş, M. B., Sagular, E. K., Yıldız, A., Eryılmaz, M., Kam, E., Başsarı, A., Sonuvar, B., Dinçer, F., Baykal, K. ve Kaya, S., 2016. Meiofauna, microflora and geochemical properties of the Late Quaternary (Holocene) core sediments in the Gulf of İzmir (Eastern Aegean Sea-Turkey). İzmir Körfezi (İzmir-Doğu Ege Denizi) Journal of African Earth Sciences, 124, 383-408.
- Yümün, Z. Ü., 2017. The effect of heavy metal pollution on foraminifera in the western Marmara Sea (Turkey). Journal of African Earth Sciences, 129, 346-365.
- Zangger, E. ve Malz, H. 1989. Late Pleistocene, Holocene, and Recent ostracods from the Gulf of Argos, Greece. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 113, 159-175



**Karakaya Karmaşığı Kırıntılı Kayaçlarındaki Klorit ve İllit/Mikaların Mineral Kimyası:
Köken ve Diyajenez/Metamorfizma**
*Mineral Chemistry of Chlorite and Illite/Mica in the Clastic Rocks of Karakaya Complex:
Origin and Diagenesis/Metamorphism*

Ömer Bozkaya¹, Hüseyin Yalçın^{*2}, Sema Tetiker³

¹ Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070 Denizli

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

³ Batman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 72100 Batman

Geliş/Received : 29.08.2018 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 07.09.2018 • Kabul/Accepted : 10.09.2018 • Baskı/Printed : 18.09.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Sakarya Tektonik Birliği içerisinde Jura-Öncesi Paleotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla ilişkili Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı birimleri yüzeylenmektedir. İllit/beyaz mikaların bileşimleri muskovit-illit-fenjit arasında değişmekte olup, detritik kökenliler muskovitik ($Si_{ort}=3.15$, $(Na+K)_{ort}=0.81$), otijenik kökenliler illitik ($Si_{ort}=3.22$, $(Na+K)_{ort}=0.74$) bileşime yakındır. Açılmalı/genişlemeli basenlerin karakteristiği olarak bilinen paragonit ($Si_{ort}=2.96$, $Na=0.78$, $K=0.10$) ve NaK mikalar ($Si_{ort}=3.09$, $Na=0.45$, $K=0.34$) Karakaya Karmaşığı'nın alt-yeşilist fasiyesine karşılık gelen Turhal Metamorfitleri'nin üst bölümünde belirlenmiştir. Kloritler bütünüyle trioktahedral olup otijenikler ($Si_{ort}=5.67$, $Fe_{ort}=5.05$) detritiklere ($Si_{ort}=5.56$, $Fe_{ort}=4.80$) göre daha yüksek Si^{IV} , daha düşük Fe^{VI} içeriğine sahiptir. Kloritler Hodul Birimi'nde şamozitik, Orhanlar Birimi'nde klinoklor bileşimlidir. Turhal Metamorfitleri'nde az sayıda, Orhanlar Birimi'nde yaygın olmak üzere yüksek Mg (5.70-7.59) ve Cr (0.09-0.16) içerikli detritik kloritler de belirlenmiş olup, Triyas-öncesi ofiyolitik kayaçların varlığına ait kanıtlar olarak değerlendirilmiştir. Klorit kimyası verileri, Turhal Metamorfitleri için felsik, Orhanlar Birimi için metabazik (olasılı Paleotetis kalıntıları), Hodul Birimi için Al- ve Fe-ce aşırı zengin felsik ve metapelitik kökeni işaret etmektedir. Klorit jeotermometresi verileri 150-300 °C arasında değişen sıcaklık, fenjit jeobarometresi verileri 0.5-1.2 kbar arasındaki basınç verilerini işaret etmektedir. Bu veriler, Karakaya Karmaşığı alt-yeşilist fasiyesiyle temsil edilen üst kesimi için yüksek sıcaklık-düşük basınç metamorfizması, Karakaya rifti alt-yeşilist fasiyesi birimleri için düşük-orta sıcaklık-düşük basınç diyajenez koşullarını yansıtmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Diyajenez/Metamorfizma, Klorit, Klorit-Mika İstifleri, Köken, Mika, Mineral Kimyası.

Abstract: The Karakaya Complex units representing the relicts of environments related with the closure of Pre-Jurassic Paleotethys Ocean outcrop within the Sakarya Composite Terrane. The compositions of illite/white micas change among muscovite-illite-phengite that illite/white micas with detrital and authigenic origins are close to muscovitic ($Si_{avg}=3.15$, $(Na+K)_{avg}=0.81$) and illitic compositions ($Si_{avg}=3.22$, $(Na+K)_{avg}=0.74$), respectively. Paragonite ($Si_{avg}=2.96$, $Na=0.78$, $K=0.10$) and NaK micas ($Si_{avg}=3.09$, $Na=0.45$, $K=0.34$) are typical for extensional basins that are determined in the upper parts of the Turhal Metamorphites corresponding to the subgreenschist facies of the Karakaya Complex. The chlorites are of entirely trioctahedral and authigenic ones ($Si_{avg}=5.67$, $Fe_{avg}=5.05$) have higher Si^{IV} and lower Fe^{VI} contents in comparison with detrital ones. Chlorites have chamositic in the Hodul Unit, whereas clinocllore composition in the Orhanlar Unit. Detrital micas with high Mg (5.70-7.59) and Cr (0.09-0.16) contents are also identified in the Orhanlar Unit more common and in the Turhal Metamorphites as a few grains that are evaluated as evidences the presence Pre-Triassic ophiolitic rocks. The data of chlorite chemistry indicate the origins of felsic for Turhal Metamorphites, metabasic (probably remains of Paleotethys) for

Orhanlar Unit and felsic and metapelitic with rich in Al and extreme rich in Fe. The data of chlorite geothermometry and phengite geobarometer indicate a temperature ranging from 150 to 300 °C and a pressure between 0.5-1.2 kbar, respectively. These values reflect the the high temperature-low pressure metamorphism for the upper part of the Karakaya Complex representing sub-greenschist facies and low-middle temperature-low pressure diagenesis conditions for sub-greenschist facies units of the Karakaya rift.

Keywords: Chlorite, Chlorite-Mica Mineral Chemistry, Diagenesis/Metamorphism, Mica.

GİRİŞ

İllit/muskovit ve kloritler sedimanter basenlerde en yaygın gözlenen kil/fillosilikat mineralleri olup, gömülme diyajenezi/metamorfizması sırasında önemli mineralojik ve kimyasal değişimler/dönüşümler göstermektedir (Weaver vd. 1984; Ahn ve Peacor, 1985; Cathelineau ve Nieva, 1985; Curtis ve diğ., 1985; Cathelineau, 1988; Velde ve Medhioub, 1988; Hillier ve Velde, 1991; Jahren ve Aagaard, 1989; Walker, 1993; Xie vd. 1997; Bozkaya ve Yalçın, 1999; Bozkaya vd. 2014; Tetiker vd. 2015). Artan basınç ve sıcaklıkla birlikte, illit ve kloritlerin mineralojik ve kimyasal bileşimlerinde meydana gelen değişimler, jeobarometre/jeotermometre olarak kullanılmaktadır (Hayes, 1970; Cathelineau ve Nieva, 1985; Cathelineau, 1988; Walshe, 1986; Hutcheon, 1990; De Caritat vd. 1993; Walker, 1993).

Kırıntılı kayaçları oluşturan fillosilikat minerallerinde gözlenen bazı dokusal özellikler, bu kayaçların kökensel evrimi hakkında önemli veriler sağlayabilmektedir. Bunlardan biri olan kenetlenme, iç-içe büyüme (intergrowth) veya istiflenme (stacking) olarak tanımlanan dokusal özellik yaygın olarak mika ve klorit mineralleri arasında gerçekleşmektedir. İstiflenme (stacking) olarak adlandırılan bu dokular, özellikle levhamsı şekilli klorit-muskovit, klorit-biyotit ve biyotit-muskovit mineralleri arasında gelişmektedir. Bunlar; “klorit-mika istifleri” (Voll, 1960; Craig vd. 1982; Krinsley vd. 1983), klorit-mika kenetlenmesi şeklindeki “iri mikalar” (Williams, 1972); iç içe büyümeler sonucu gelişen “beyaz mika-klorit kenetlenmeleri” (Holeywell ve Tullis, 1975); “klorit-mika agregatları” (Van der Pluijm

ve Kars-Sijpesteijn, 1984); “klorit-mika veya klorit-muskovit agregatları” (Hoepfener, 1956; Weber vd. 1976); “klorit-mika porfiroblastları” (Roy, 1978; Weber, 1981; Woodland, 1985); “klorit-mika breşik taneleri veya klorit-muskovit birleşik porfiroblastları” (Woodland, 1982); “klorit fiçileri (chlorites en tonnelets: veya klorit bademleri (chlorites en amandes)” (Pique ve Wybrecht, 1987) biçiminde adlandırılmıştır. Bu oluşumlar; klivaj fabriğinin ileri aşamasının karakteristik özelliklerinden birisi olarak yorumlanmıştır (Kisch, 1991). Klorit-mika istifleri için otijenik ve/veya neoformasyon (Hoepfener, 1956; Pye ve Krinsley, 1983), tektonizma öncesi smektitik killerin mimetik ornatılması (Craig vd. 1982; Woodland, 1982 ve 1985) ve metamorfizma sırasındaki deformasyon (Attlewell ve Taylor, 1969; Weber, 1981) gibi çeşitli köken ve mekanizmalar ile birlikte, detritik mikalardan itibaren geliştiği de belirtilmektedir (Voll, 1960; Beutner, 1978; Roy, 1978; Van der Pluijm ve Kaars-Sijpesteijn, 1984; White vd. 1985; Dimberline, 1986; Morad, 1986; Piqué ve Wybrecht, 1987; Milodowski ve Zalasiewicz, 1991).

Bu çalışmada; Türkiye'nin jeolojik evrim ve köken açısından en tartışmalı tektonik birliklerinden birisi olan Karakaya Karmaşığı'na ait farklı tektonik konum ve evrimleri yansıtan birimlerdeki (meta)klastik kayaçlara ait illit/muskovit ve kloritlerin kimyasal bileşimlerinden itibaren ortamın basınç (P) ve sıcaklık (T) koşullarının belirlenmesi ve sonuçta köken kayaç ve diyajenez/metamorfizma derecesinin mineral kimyasına etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

BÖLGESEL JEOLojİ

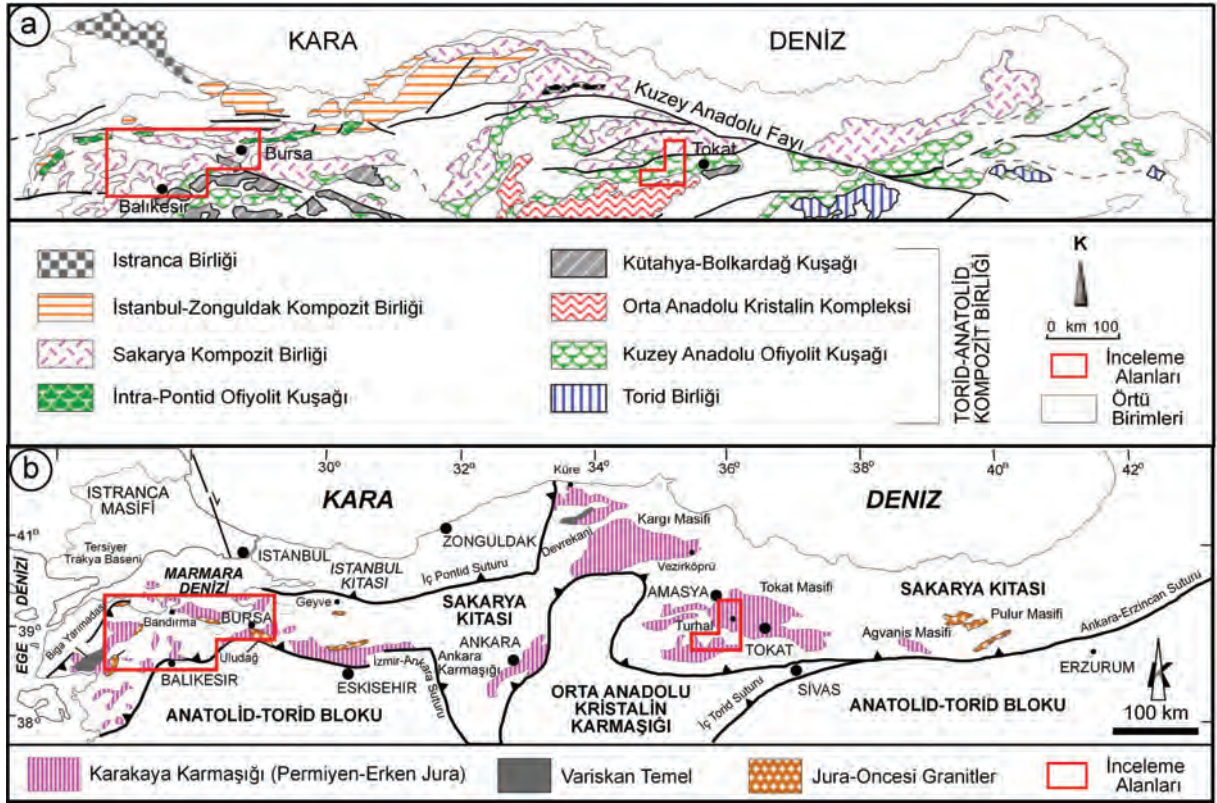
Karakaya Karmaşığı (Bingöl vd. 1975); Sakarya Tektonik Birliği (Göncüoğlu ve diğ., 1997) içerisinde Jura-Öncesi Paleotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla ilişkili ortamların kalıntılarını temsil eden birimlerden (Tekeli, 1981) oluşmaktadır (Şekil 1).

Karakaya Karmaşığı'nın çökeltme ortamı ve tektonik evrimi tartışmalı olup, üç farklı model önerilmektedir:

(a) Kıtasal rift (Bingöl vd. 1975; Akyürek vd. 1984; Altınar ve Koçyiğit 1993; Genç ve Yılmaz 1995),

(b) Dalma batma-yığışım prizması (Tekeli 1981; Şengör vd. 1980, 1984; Robertson ve Dixon 1984; Stampfli, 2000),

(c) Bu iki modelin (kıtasal rift ve dalma batma-yığışım prizması) kombinasyonu (Göncüoğlu vd. 2000; Sayıt ve Göncüoğlu 2009, 2013; Sayıt vd. 2011). Bu modelde daha ayrıntıya inilerek Alt Karakaya-Alt Bölümü için dalma batma, Alt Karakaya-Üst Bölümü için yığışım prizması, Üst Karakaya için kıtasal rift modeli de önerilmektedir (Şekil 2, Tetiker vd. 2015).



Şekil 1. a) İncelenen alanlarının Türkiye'nin Alpin Birlikleri içindeki yeri (Göncüoğlu vd. 1997), b) Karakaya Karmaşığı ve ilgili birimlerin dağılımını gösteren Kuzey Anadolu'nun tektonik haritası (Okay ve Göncüoğlu, 2004).

Figure 1. The location of study areas in the Alpin Terraeans of Turkey (Göncüoğlu et al., 1997), b) Tectonic map of Northern Anatolia showing the distribution of Karakaya Complex and related units (Okay and Göncüoğlu, 2004).



Şekil 2. Karakaya Kompleksi birimlerinin tektonik konumları (Tetiker vd. 2015'den düzenlenmiştir) ve incelenen örneklerin birimlere göre dağılımı.

Figure 2. Tectonic positions of the Karakaya Complex units (modified from Tetiker et al., 2015) and distributions of the studied samples.

STRATİGRAFİ VE LİTOLOJİ

Karakaya Karmaşığı Sakarya Tektonik Birliği (Göncüoğlu vd. 1997) içerisinde Jura-Öncesi Paleotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla ilişkili ortamların kalıntılarını temsil eden birimlerden oluşmaktadır (Tekeli, 1981). Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı birimleri farklı jeolojik tarihçelere sahip Alt Karakaya Karmaşığı (AKK) ve Üst Karakaya Karmaşığı (ÜKK) birimleri şeklinde iki bölüme ayrılmaktadır (Okay ve Göncüoğlu, 2004).

İnceleme alanı olarak seçilen yerlerden biri olan Kuzey Batı (KB) Anadolu'da Karakaya Karmaşığı'nı oluşturan Liyas öncesi yaşlı birimler farklı fasiyes, jeotektonik konum ve kayaç türleriyle temsil edilen formasyon düzeyinde dört tektonostratigrafik birimden oluşmaktadır (Okay vd. 1990): Bunlar Nilüfer Birimi (Alt Karakaya Karmaşığı), Hodul Birimi, Orhanlar Grovaki ve Çal Birimi (Üst Karakaya Karmaşığı). Sakarya Zonu'nda Karakaya Karmaşığı öncesi birimleri; tektonik uyumsuzlukla üzerlenen Kazdağ Grubu (Bingöl vd. 1975), metasedimanter Kalabak

Formasyonu (Krushensky vd. 1980, Çamlık Metagranodiyoriti (Okay vd. 1990) ve Manyas Grubu (Okay vd. 1990); Karakaya Karmaşığı sonrası birimleri ise Liyas yaşlı Bayırköy Formasyonu (Altınlı, 1975), Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Bilecik Kireçtaşı (Granit ve Tintant, 1960), oldukça sınırlı bir yayılımı olan Orta Kretase yaşlı Vezirhan Formasyonu (Eroskay, 1965) ve Üst Kretase yaşlı Göl pazarı Grubu (Altınlı, 1975; Saner, 1978) temsil etmektedir.

Tokat yöresinde Sakarya Kıtası, temeli temsil eden Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı (Tüysüz vd. 1990) ve üzerinde uyumsuzlukla yer alan Liyas ve daha genç yaşlı örtü birimlerinden oluşmaktadır. Bu bölgede temeli oluşturan Liyas öncesi düşük dereceli metavolkanik-sedimanter kayaçlarla temsil edilen Tokat Masifi (Blumenthal, 1950); metamorfik özellikte Turhal Metamorfitleri (Gökçe, 1983) (Alt Karakaya Karmaşığı) ve bloklu Devecidağ Karışığı (Özcan vd. 1980; Yılmaz, 1980, 1982a, b) (Üst Karakaya Karmaşığı) olmak üzere farklı fasiyes-jeotektonik ortamı temsil eden konum ve kayaç türlerine sahip iki birimden oluşmaktadır.

Metasedimanter ve metabazik kayaçlardan oluşan AKK birimlerinin (Nilüfer birimi/Turhal metamorfiteri); mavişist (dalma-batma ortamı) ve yeşilşist (yığışım prizması ortamı) fasiyeslerine karşılık gelen kesimleri alt ve üst birimler olmak üzere iki alt bölüme ayrılmıştır (AKK-AB ve AKK-ÜB) (Şekil 2, Tetiker vd. 2015). Alt yeşilşist-yüksek dereceli diyajenetik fasiyesteki (genişlemeli ortam) ÜKK birimleri ise kumtaşı ve şeyl (Hodul ve Orhanlar birimleri), (meta) sedimanter ve (meta)volkanik (Çal birimi ve Devecidağ karışığı) litolojilerden oluşmaktadır (Tetiker ve diğ., 2015).

KB Anadolu'da Nilüfer Birimi ve Orta KD Anadolu'da Turhal Metamorfiteri AKK birimlerini temsil eden ve Alt Bölüm olarak tanımlanan mavişist metamorfizmasına sahip glokofan fillit ve şist; Üst Bölümü ise yeşilşist fasiyesine sahip fillit, sleyt, metabazalt, metatüf, metagabro, metadiyabaz, mermer ve metakumtaşı türü litolojilere sahip kayaçlardan oluşmaktadır. ÜKK birimleri KB Anadolu'da Hodul, Orhanlar, Çal; Orta KD Anadolu'da Devecidağ Karışığı psamitik (kumtaşı, silttaşı), pelitik (çamurtaşı, şeyl), volkanik (spilitik bazalt) ve karbonat (dolomit, kireçtaşı, killi kireçtaşı) türü kayaçlarla ile temsil edilmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Karakaya Karmaşığı'nı kapsayan farklı bölgelere ait, stratigrafik konumu, mineralojik ve petrografik incelemeleri daha önce yapılmış (Tetiker vd. 2009a,b, 2015) çok sayıda örnek arasından 2 adet Batı ve 2 adet Orta KD Anadolu yüzleklerinden seçilen toplam 4 adet kayaç örneğinde mineral kimyası (enerji yayılım spektrometresi-EDS ve elektron mikroprop-EPMA) incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası incelemeleri öncesinde örnekler üzerinde optik ve elektron mikroskop incelemeleri gerçekleştirilmiş ve analizi yapılacak minerallerin kökeni (detritik, otijenik/neoforme vb.) belirlenmiştir.

Seçilen örneklerden TKK-2 ve 62 Orta KD Anadolu bölgesi AKK birimi Turhal metamorfiterini (Karakaya melanji alt yeşilşist fasiyesi metamorfizmasını), HKK-157 ve NKK-86 nolu örnekler ise sırasıyla KB Anadolu ÜKK birimlerinden Hodul ve Orhanlar birimlerini (Karakaya rifti) temsil etmektedir (Şekil 2).

Elektron mikroskop incelemeleri, Georgia Üniversitesi Ultrayapı Araştırma Merkezinde (Centre of Advanced Ultrastructural Research-CAUR) Oxford INCA EDS sistemine sahip ZEISS marka 1450EP model Environmental Taramalı Elektron Mikroskopunda (ESEM) gerçekleştirilmiştir. Aletsel koşullar 20 kV, 250 pA prop size olarak düzenlenmiştir. Üç boyutlu morfolojik görüntü incelemeleri 1 cm³ boyutunda gelişigüzel kırılarak karbon kaplanmış örneklerde elektron mikroskop-ikincil elektron görüntü (SEM-SE) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Minerallerin tanımlanmasında yarı-nicel enerji yayılım spektroskopisi-EDS analizleri ile elde edilen mineral kimyası verilerinden de yararlanılmıştır. İki boyutlu doku ve mineral kimyası incelemeleri için örnekler Georgia Üniversitesi Jeoloji Bölümü kayaç ve kesit laboratuvarında kayaç dilimleri kesilerek bir yüzü parlatılmış ve karbon kaplanarak analizlere hazır duruma getirilmiştir. İlk aşamada parlatılmış kesitlerde geri saçınımlı elektron mikroskop görüntüleri (BSE) ile mineral tanımlama ve dokusal ilişkiler incelenmiş, daha sonra uygun nokta ve alanlarda EDS analizleri yapılmıştır. Gerek duyulduğunda element dağılımlarının belirlenmesi amacıyla X-ışınları element haritaları çıkarılmıştır.

Elektron mikroprob analizleri (Electron Micro Probe-EMP) Georgia Üniversitesi Jeoloji Bölümü Elektron Mikroskop Laboratuvarı'nda JEOL 8600 model electron mikroprob cihazında gerçekleştirilmiştir. Aletsel koşullar 15 kV accelerating voltaj 15 nA beam current olarak alınmıştır. Kantitatif analizler Bruker Quantax EDS analiz sistemi kontrollü Bruker 5010 model Silicon Drift Detector (SDD) enerji yayılım

X-ışınları (EDS) dedektörüyle gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası analizleri Advanced Microbeam Inc. Electronics and Probe for EMP yazılımı otomasyonunda dalga boyu yayılım spektrometresiyle (WDS) doğal ve sentetik standartlarla kalibre edildikten sonra yapılmıştır. Analizler Armstrong (1988, 1995) Phi-Rho-Z düzeltme modeli kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu çalışma kapsamında 168 EDS ve 27 EMP olmak üzere toplam 195 adet mineral kimyası analizleri yapılmıştır. Aynı örnekler üzerinde gerçekleştirilen EDS ve EMP ölçümlerinden itibaren, yarı kantitatif EDS verilerinin EMP verilerine dönüştürülmesi için Bozkaya ve Yalçın, (2017) tarafından belirlenen kalibrasyon eşitlikleri kullanılmıştır (Çizelge 1).

XRD çözümlenmeleri Rigaku marka Miniflex-2 model X-ışınları difraktometresinde (Anot = Cu ($CuK\alpha=1.541871 \text{ \AA}$), Filtre = Ni, gerilim = 35 kV, akım = 15 mA, gonyometre hızı = 1 veya $2^\circ/\text{dak.}$, kağıthızı = 2cm/dak., zaman sabiti = 1 sn, yarıklar = $1^\circ 0.15 \text{ mm}$ $1^\circ 0.30 \text{ mm}$, kağıt aralığı = $2^\circ = 5-35^\circ$ ve $4-30^\circ$) yapılmıştır. Birimlerden alınan örneklerin tümkayaç ve kil boyu bileşenleri ($< 2 \mu\text{m}$) tanımlanmış ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi (Brindley, 1980; Yalçın ve Bozkaya, 2002) esas alınarak hesaplanmıştır. (001) bazal yansımalarına göre tanımlanması yapılan kil minerallerinin ayırma işlemi genel hatlarıyla kimyasal çözme (kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme (Rotina 380 model

5000 devir/dk hıza ve 250 cc kapasiteli polietilen kode) – dekantasyon/dinlendirme – yıkama - süspansiyonlama – sedimantasyon - sifonlama - şişelemeden oluşmaktadır. 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.

PETROGRAFİ

Optik Mikroskop İncelemeleri

Karakaya Karmaşığı birimlerinde mineral kimyası incelemesi yapılan kayaç örneklerinin petrografik özellikleri Çizelge 2’de sunulmuştur.

Tokat yöresinde Alt Karakaya birimlerini temsil eden Turhal Metamorfileri kırıntılı kayaçlarında yaygın olarak mika ve kloritlerin oluşturduğu istif yapıları gözlenmektedir. Subarkoz olarak tanımlanan kayaçlarda biyotit-muskovit (BMS) ve klorit-muskovit (CMS) istifleri, mika minerallerinin yönlenmesi sonucu gelişen yatay düzlemle $45-65^\circ$ arasında değişen açılar yapmaktadır (Şekil 3a-b). Klorit mineralleri ise gözeneklerde ve istiflerde iki farklı özellik sunmaktadır. Gözeneklerde neoformasyon sonucu gelişmiş klorit mineralleri daha çok optik izotrop gibi boşluk dolguları şeklinde, istiflerde ise levhamsı mavi girişim rengine sahiptir

Çizelge 1. Bazı element oksitlerin EDS verilerinin EMP verilerine kalibrasyon eşitlikleri.

Table 1. Calibration equations of some element oxides from EDS to EMP values.

Oksitler	EDS (x) den EMP (y)’e kalibrasyon eşitliği	r ²
SiO ₂	$y = 0.992x - 1.978$	0.97
Al ₂ O ₃	$y = 1.081x - 0.459$	0.91
FeO	$y = 1.009x - 0.141$	0.98
MgO	$y = 1.020x + 0.308$	0.95
K ₂ O	$y = 0.887x + 0.174$	0.93

Çizelge 2. Karakaya Karmaşığı birimlerinde istif içeren kayaçların petrografik özellikleri (Qz=Kuvars, Pl=Plajiyoklaz, Or=Ortoklaz, Ms=Muskovit, Bt=Biyotit, Ser=Serizit, Om=Opak mineral, Zrn=Zirkon, Ep=Epidot, Cal=Kalsit, Ap=Apatit, Tur=Turmalin, Ps=Fillosilikat, BM=Bağlayıcı malzeme).

Table 2. Petrographic features of stack-bearing rocks in the units of Karakaya Complex (Qz=Quartz, Pl=Plagioclase, Or=Ortoclase, Ms=Muscovite, Bt=Biotite, Ser=Sericite, Om=Opaque mineral, Zrn=Zircon, Ep=Epidote, Cal=Calcite, Ap=Apatite, Tur=Tourmaline, Ps=Phyllosilicate, BM=Groundmass).

Örnek No (Birim)	Doku	Mineralojik bileşim	BM	Kayaç adı
NKK-86 (Orhanlar)	Psamitik	Qz+Pl+Or+Ms+Bt+Chl+Ser±Opq±Zrn±Ep±Cal±Ap±Tur	Ps	Grovak
HKK-157 (Hodul)	Psamitik	Or+Pl+Qz+Ms+Bt+Cal±Om	Ps+Cal	Feldispatik litarenit
TKK-2 (Turhal)	Blastopsamitik	Qz+Pl+Or+Ms+Bt+Sr±Chl±Ap±Zr±Tur±Om±Ep	Ps	Meta-subarkoz
TKK-62 (Turhal)	Blastopsamitik	Qz+Ms+Bt+Pl+Chl+Or+Om	Ps	Meta-kuvars arenit

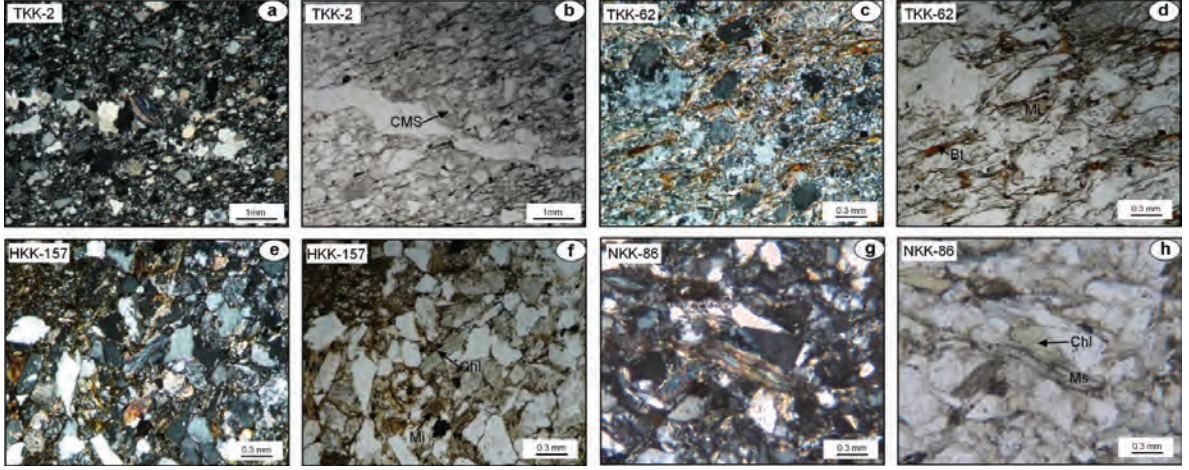
Mikroyönlenme ve bükülme gösteren muskovit, biyotit ve kloritler istif yapılarını oluşturmaktadır. Kuvars arenitte istifler levhamsı/yapraksı yer yer ışınal görünümde olup, bunlar klorit-muskovit (CMS), klorit-biyotit (CBS) ve biyotit-muskovit (BMS) istifleri olmak üzere üç farklı mineralojik bileşime sahiptir (Şekil 3c-d). Kumtaşlarında mika ve kloritlerin oluşturduğu istifler ilksel tabakalanma düzlemi olan S_0 yatay düzlemiyle 5-80° arasında değişen açılar meydana getirmektedir. İstifler kendi içerisinde birbirine paralel ve/veya bazen de birbirini kesen konumda gözlenmektedir.

KB Anadolu'da Üst Karakaya Karmaşığı'nı temsil eden Orhanlar Birimi'nde matriksteki muskovit ve klorit mineralleri levhamsı görünümde olup, yönlenme ve bükülme göstermektedir (Şekil 3e-f). Hodul Birimi'nde Muskovit ve biyotit mineralleri uzun levhamsı ve bir yönde uzamış gözlenmektedir. Bazı biyotit mineralleri ise kalın levhamsı olup, bükülmüş görünümde'dir. Matriks içerisinde taneler arasında bulunan yeşil renkli ve levhamsı olarak gözlenen kloritlerde bükülme tipiktir (Şekil 3g-h).

Elektron Mikroskop İncelemeleri

Klastik/metaklastik örneklerde yapılan SEM-SE ve SEM-BSE incelemelerine göre detritik klorit ve muskovitlerin yanı sıra değişik morfoloji ve boyutlarda CMS gözlenmiştir.

Turhal Metamorfitleri'ne ait metakumtaşlarında (TKK-62) illitler gözeneklerde eşboyutlu-tekdüze peteksi-yapraksı biçimlerde gözlenmekte, illitlere eşlik eden I-C'ler ise yapraksı biçimde gözlenmektedir (Şekil 4a-b-c). Kuvarslar trigonal simetriyi yansıtabilecek biçimde yarı özşekilli-özşekilli taneler, muskovitler yapraksı biçimde olup, gözeneklerde otijenik illit ve kloritlerin yanı sıra tüpsü oluşumlar izlenmektedir. EDS analizlerine göre, Si ve Al içeriği yüksek bu oluşumların allofan veya imogolit türü oluşumlar olabileceği düşünülmektedir. Fe-kloritler ince taneli tüpsü-lifsi topluluklar, I-C ler ise lifsi demetler halinde gözlenmektedir (Şekil 4d-e). Fe-kloritler çoğunlukla iri levhamsı/yapraksı muskovitler arasındaki boşluklarda lifsi topluluklar (Şekil 4f-g), kaolinitler ise ince yapraksı biçimdedir (Şekil 4h-i).



Şekil 3. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren kumtaşı/metakumtaşlarının optik mikroskopik mikrofotografı (CMS=Klorit-muskovit istifi, Chl=Klorit, M=Muskovit), a-b-c-d) Turhal Metamorfileri, e-f) Hodul Birimi, g-h) Orhanlar Birimi.

Figure 3. The optic microscopic microphotographs of the stack-bearing sandstone/metasandstones of the units from the Karakaya Complex (CMS=Chlorite-muscovite stack, Chl=Chlorite, M=Muscovite), a-b-c-d) Turhal Metamorphites, e-f) Hodul Unit, g-h) Orhanlar Unit.

Biga Yarımadası'ndaki ait Hodul Birimi kumtaşlarındaki (HKK-157) istiflerde ise klorit daha baskındır. Yer yer klorit-biyotit istifleri içeren birimde otijenik olarak klorit ve illitlerin yanı sıra ince-bantlı I-C aratabakalıları da gözlenmiştir (Şekil 4j-k-l).

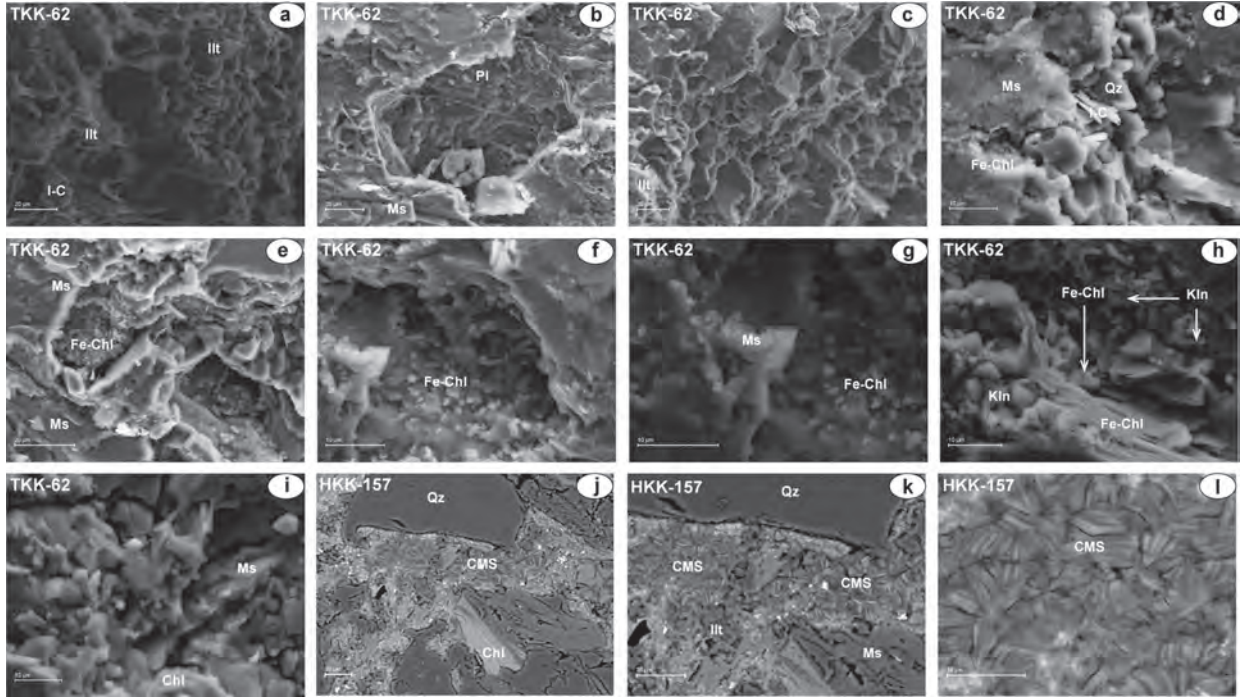
Turhal Metamorfileri'nin metakumtaşlarında paragonitler istifler içerisinde klorit ve muskovitlerin {001} düzlemlerine paralel dolgular şeklinde ve uyumsuz veya gelişigüzel konumlu yamacıklar şeklinde de gözlenmektedir (Şekil 5a-b). Bu durum paragonitlerin post-tektonik kökenli olduğuna işaret etmektedir.

Turhal Metamorfileri'nin metasilttaşı örneklerindeki CMS'de genellikle klorit baskın olup, yer yer Fe-klorit-Mg-klorit istifleri

gözlenmiştir. Otijenik klorit ve illitler kuvars taneleri arasında gelişmiştir. (Şekil 5c-d).

Biga Yarımadası'ndaki Hodul Birimi kumtaşlarında ince taneli CMS'ler topluluk halinde homojen bir görünüm ve bileşime sahip olup, diyajenetik süreçlerle geliştiği izlenimi uyandırmaktadır (Şekil 5e-f).

Biga bölgesinde yüzeylenen Orhanlar Birimi'ne ait kumtaşı örneğinde kuvars ve feldispat taneleri arasındaki boşluklarda otijenik klorit ve illitler, fillosilikat tane bileşenler olarak muskovit ve CMS gözlenmektedir (Şekil 5g-h). CMS muskovit- ve klorit-bakımından zengin veya eşit oranlarda klorit ve muskovit içermekte olup, yer yer kıvrımlanmış görünüm sergilemektedir.



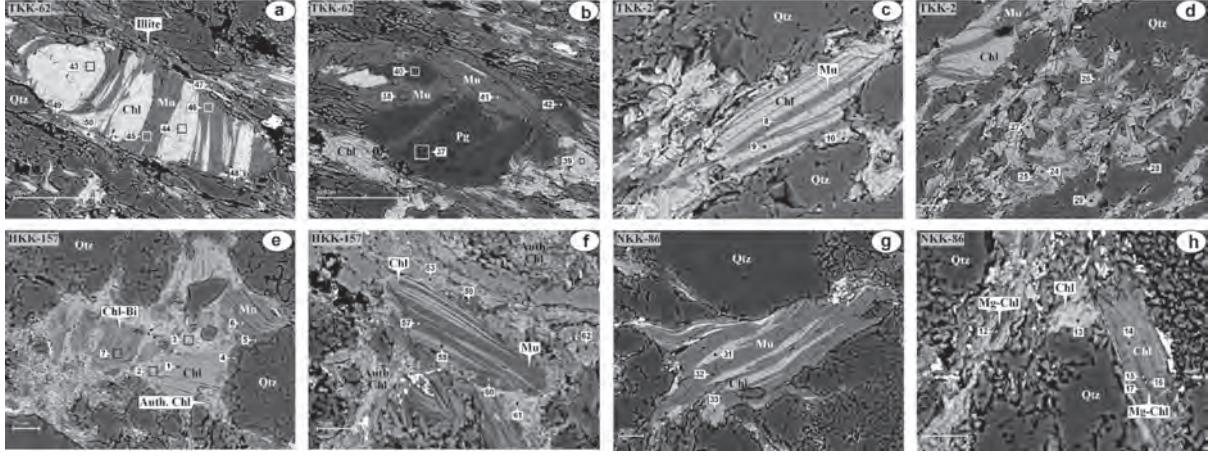
Şekil 4. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren metakumtaşının SEM mikrofotografı (TKK-62: Turhal Metamorfitleri, HKK-157: Hodul Birimi, CMS=Klorit-Mika istifli, Chl=Klorit, Ms=Muskovit, Ilt=İllit, Kln=Kaolinit, I-C=Karışık tabakalı illit-klorit, Qz=Kuvars, Pl=Plajiyoklaz), a) Gözenekte peteksi-yapraksı görünümlü illit ve yapraksı I-C mineralleri, b) Trigonal kuvars, yapraksı muskovitler ve gözenekte Si-Al tüpleri, c) Peteksi-yapraksı illitler, d) Yapraksı muskovit, çubuksu I-C ve tüysü-lifsi Fe-kloritler, e-f) İri yapraksı muskovitler arasındaki boşluklarda Fe-kloritler, g) Muskovit yaprakları ve Fe-klorit lifleri, h) Lifsi-çubuksu Fe-kloritler ve yapraksı kaolinitler, i) Yapraksı muskovitler ve lifsi kloritler, j)-k) Matrikste iri taneli klorit-mika istifleri ve gözeneklerde kloritler, l) Gözeneklerde ince taneli otijenik kloritlerin büyütülmüş görünümü.

Figure 4. The SEM microphotographs of the sticks-bearing metasediments in the units of the Karakaya Complex (TKK-62: Turhal Metamorphites, HKK-157: Hodul Birimi, CMS=Chlorite-mica stack, Chl=Chlorite, Ms=Muscovite, Ilt=Illite, Kln=Kaolinite, I-C=Mixed layer illite-chlorite, Qz=Quartz, Pl=Plagioclase), a) Honeycomb-platy illites in the pores and leafy I-C minerals, b) Trigonal quartz, platy muscovites and Si-Al tubes in the pore, c) Honeycomb-platy illites, d) Platy muscovite, rod-like I-C and hairy-fibrous Fe-chlorites, e) Fe-chlorites in the pores among coarse and platy muscovites, g) Muscovite plates and Fe-chlorite fibers, h) Fibrous-rod-like Fe-chlorites and platy kaolinites, i) Platy muscovites and fibrous chlorites, j-k) Coarse grained chlorite-mica stacks in the matrix and chlorites in the pores, l) Magnified view of fine grained and authigenic chlorites.

X-IŞINI MİNERALOGİSİ

Karakaya Karmaşığı birimlerinde kumtaşlarından alınan örneklerin kayaç oluşturan minerallerin XRD-TK ve KF çözümleme sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

Turhal Metamorfitlerine ait metakumtaşı örneklerine ait XRD-TK sonuçlarına göre kuvars, feldispat ve fillosilikat mineralleri bulunmuştur (Şekil 6a-b). Hodul ve Orhanlar birimlerinde kumtaşı parajenezini kuvars, feldispat, fillosilikat ve kalsit oluşturmaktadır (Şekil 6c-d).



Şekil 5. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren metakumtaşlarının BSE mikrofotografaları (TKK-62 ve TKK-2: Turhal Metamorfileri, HKK-157: Hodul Birimi, NKK-86: Orhanlar Birimi, Rakamlar: EDS analiz yapılan noktalar, Chl=Klorit, Mu=Muskovit, Bi=Biyotit, Ill=Illit, Pg=Paragonit, Qtz=Kuvars, Auth-Chl=Otijenik klorit), a) Klorit-muskovit istifi ve illit levhaları, b) Muskovit-paragonit istifi ve klorit levhaları, c-d) Klorit-muskovit istifi ve klorit levhaları, e-f) Klorit-biyotit istifi, klorit ve muskovit levhaları, otijenik klorit, g) Klorit-muskovit istifi, h) Klorit ve Mg-klorit levhaları.

Figure 5. The BSE microphotographs of the stack-bearing metasediments in the units of the Karakaya Complex (TKK-62 ve TKK-2: Turhal Metamorphites, HKK-157: Hodul Unit, NKK-86: Orhanlar Unit, Numbers: EDS analysis points, Chl=Chlorite, Mu=Muscovite, Bi=Biotite, Ill=Illite, Pg=Paragonite, Qtz=Quartz, Auth-Chl= authigenic chlorite), a) Chlorite-muscovite stack and illite plates, b) Muscovite-paragonite stack and chlorite plates, c-d) Chlorite-muscovite stack and chlorite plates, e-f) Chlorite-biotite stack, chlorite and muscovite plates, authigenic chlorite, g) Chlorite-muscovite stack, h) Chlorite and Mg-chlorite plates.

Turhal Metamorfilerine ait metakumtaşlarının kil fraksiyonunda ise illit ve klorit parajenezine paragonit mineralleri eşlik etmektedir (Şekil 7a-b). Kloritte (001) yansımasının şiddeti, (002) pikine göre daha düşük olarak gözlenmektedir. Paragonit minerali; (001) yüzeyinin 9.62 Å yansımasından ziyade, (002) ve (003) yüzeylerindeki sırasıyla 4.86 Å ve 3.22 Å değerleri ile illitten kolaylıkla ayırt edilmektedir. Hodul ve Orhanlar birimlerindeki kumtaşlarında fillosilikat parajenezini ise illit, klorit ve karışık tabakalı C-V minerali temsil etmektedir (Şekil 7c-d). C-V mineralinde yalnızca fırınlı çekimde gözlenen (001) piki (16.32 Å)

gözlenmekte; fırınlı çekimdeki (003) yansıması (C_{002}/V_{003}) 9.37 Å'a karşılık gelmektedir.

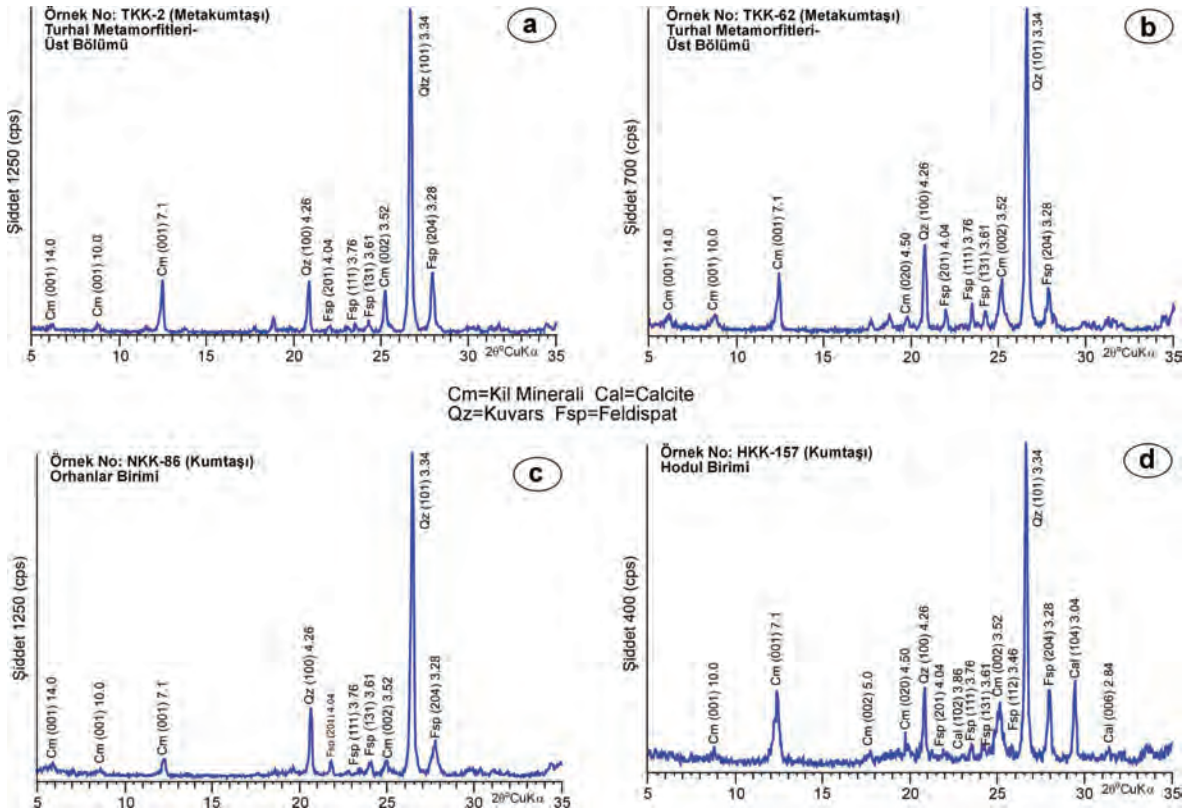
JEOKİMYA

Karakaya Karmaşığı klastik-metaklastik kayaçlarındaki fillosilikatların EDS ve EMP analiz sonuçları Çizelge 4 ve 5'de verilmiştir. Klorit-muskovit istiflerini oluşturan kloritlerde 49, otijenik kloritlerde 31 adet EDS ve istiflerdeki kloritlerde 17 adet olmak üzere toplam 97 adet nokta ve alan analizi gerçekleştirilmiş ve yapısal formülleri hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Karakaya Karmaşığı birimlerinde istif içeren kayaçların XRD-TK ve -KF sonuçları (%) (Cal=Kalsit, Qz=Kuvars, Fsp=Feldspat, Ps=Fillosilikat, İlt=İllit, Chl=Klorit, C-V=Karışık tabakalı klorit-vermikülit, I-C=Karışık tabakalı illit-klorit).

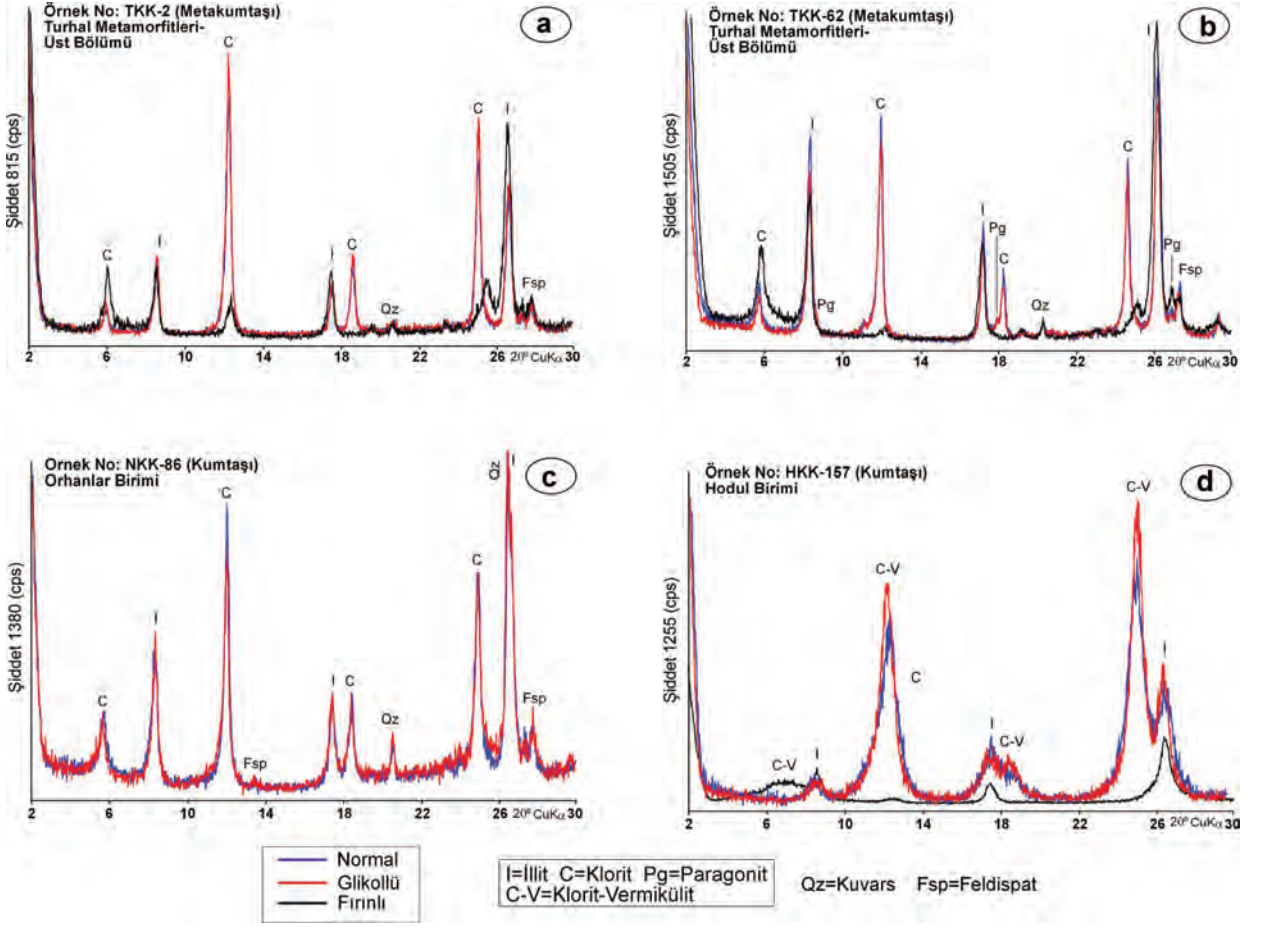
Table 3. XRD-WR and CF results of stack-bearing rocks in the units of Karakaya Complex (%) (Cal=Calcite, Qz=Quartz, Fsp=Feldspar, Ps=Phyllosilicate, İlt=Illite, Chl=Chlorite, C-V=Mixed layer chlorite-vermiculite, I-C= Mixed layer illite-chlorite).

Birim	Örnek No	Tüm kayaç				Kil Fraksiyonu				Kayaç Adı
		Cal	Qz	Fsp	Ps	İlt	Chl	C-V	I-C	
Hodul	HKK-157	7	26	22	45	47	44	9		Kumtaşı
Orhanlar	NKK-86		52	21	27	42	29	29		Kumtaşı
Turhal Metamorfileri	TKK-2		51	34	15	50	50			Metakumtaşı
	TKK-62		39	20	41	64	30		6	Metakumtaşı



Şekil 6. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren kumtaşı/metakumtaşlarının XRD-TK difraktogramları, a-b) Turhal Metamorfileri, c) Orhanlar Birimi, d) Hodul Birimi,

Figure 6. The XRD-WR diffractograms of the stack-bearing sandstone/metasandstones of the units from the Karakaya Complex, a-b) Turhal Metamorphites, c) Orhanlar unit, d) Hodul Unit.



Şekil 7. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren kumtaşı/metakumtaşlarının XRD-KF difraktogramları, a-b) Turhal Metamorfileri, c) Orhanlar Birimi, d) Hodul Birimi.

Figure 7. The XRD-CF diffractograms of the stack-bearing sandstone/metasandstones of the units from the Karakaya Complex, a-b) Turhal Metamorphites, c) Orhanlar Unit, d) Hodul Unit.

Kloritlere ait analiz verileri çeşitli değişim diyagramlarında değerlendirilmiştir. Si-R²⁺ diyagramında kloritler klinoklor-sudoyit arasında klinoklor bileşimine yakın konumda kümelenmektedir (Şekil 8a). Kloritlerin sıcaklık eğrilerine göre dağılımları incelendiğinde; anki-epimetamorfik TKK-6 ve 62 nolu örneklerdeki (Turhal metamorfileri) kloritler 250-400°C arasında, yüksek diyajenetik HKK-157 ve NKK-86 nolu örneklerdeki (Hodul ve Orhanlar birimleri) 150-250 °C arasında yoğunlaşmaktadır. Otijenik kökenli kloritler, istiflerdeki (detritik) kloritlere göre daha düşük sıcaklık koşullarını

işaret etmekle birlikte, her iki tip kloritler için benzer sıcaklık koşulları da söz konusudur. Foster (1962) diyagramında klorit-muskovit istiflerindeki kloritler brunsvigite-diyabantit, otijenik kloritler Fe içeriğinin daha yüksek olduğu şamozit-diyabantit bileşimini yansıtmaktadır (Şekil 8b). Hodul birimindeki kloritler diğerlerinden farklı olarak büyük ölçüde şamozitik bileşime sahiptir. Al^{VI}-Al^{IV} diyagramında otijenik kloritlerde Al^{VI} artmakta, Al^{IV} azalmaktadır (Şekil 8c). Kloritler; oktahedral Al-Mg-Fe diyagramında klinoklor ile şamozit arasında geniş bir Mg ve Fe dağılımına sahiptir (Şekil 8d). Klinoklor bileşimli kloritler

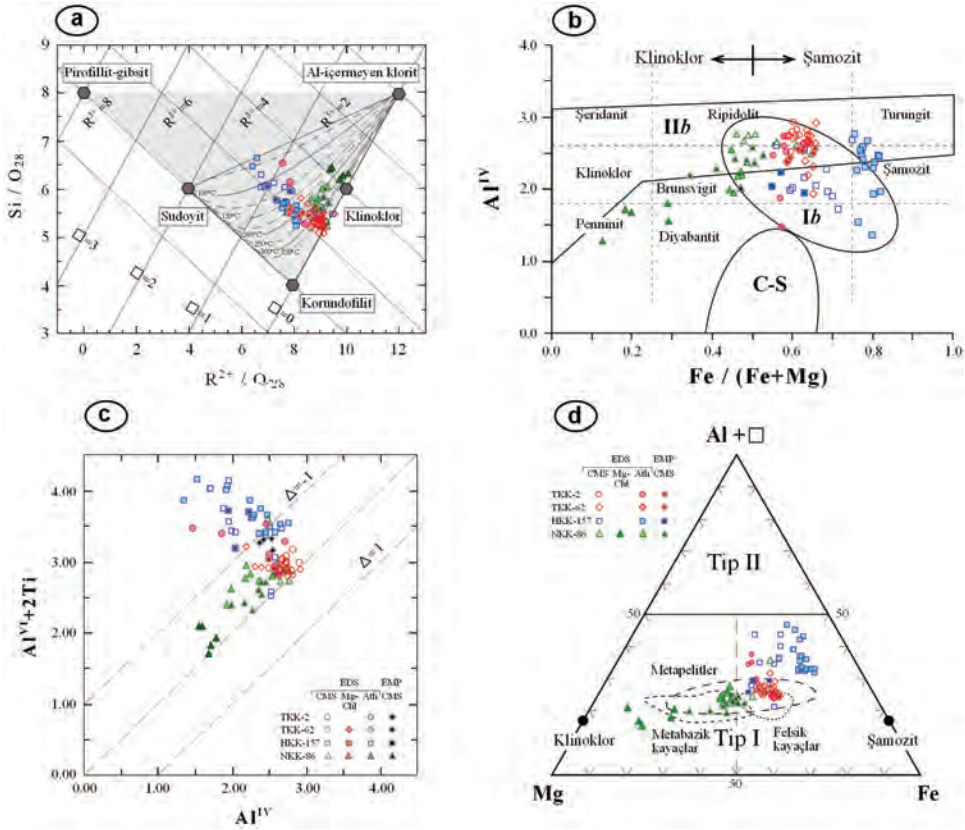
Orhanlar Birimi'yle sınırlıdır. Kökensel olarak değerlendirildiğinde Orhanlar Birimi metabazik,

diğerleri ise metapelit ve felsik magmatik kökeni temsil etmektedir.

Çizelge 4. Karakaya Karmaşığı kloritlerinin EDS ve EMP analiz sonuçları ve yapısal formülleri (*=Ölçüm sayısı, **=Bourdelle ve diğ. (2013) yönteminden hesaplanmıştır. SFeO=Toplam Fe⁺², T.Y.=Tetrahedral yük, O.Y.=Oktahedral yük, T.O.K.=Toplam oktahedral katyon, Y.A.Y.=Yapraklar arası yük, T.Y.Y.=Toplam yaprak yükü, XFe=Fe/(Fe+Mg), CMS=Klorit-mika istifleri, Aut-C=Otijenik klorit, Mg-C=Mg-klorit, Cr-C=Cr-klorit).

Table 4. The results of EDS and EMP analysis and structural formulas of chlorites from Karakaya Complex (*=Number of measurements, **=Calculated from Bourdelle et al. (2013) method, SFeO=Total Fe⁺², T.Y.=Tetrahedral charge, O.Y.=Octahedral charge, T.O.K.=Total octahedral cation, Y.A.Y.=Interlayer charge, T.Y.Y.=Total layer charge, XFe=Fe/(Fe+Mg), CMS=Chlorite-mica stacks, AUT=Authigenic chlorite, Mg-C=Mg-chlorite, Cr-C=Cr-chlorite).

	EDS		EMP		EDS		EMP		EDS		EMP		EDS		EMP	
	TKK-2 CMS (12)*	TKK-2 Aut-C (6)	TKK-2 CMS (2)	TKK-62 CMS (13)	TKK-62 Aut-C (2)	TKK-62 Mg-C (1)	TKK-62 Cr-C (1)	TKK-62 CMS (4)	NKK-86 CMS (7)	NKK-86 Aut-C (7)	NKK-86 Mg-C (5)	NKK-86 CMS (6)	NKK-86 Mg-C (2)	HKK-157 CMS (10)	HKK-157 Aut-C (16)	HKK-157 CMS (3)
SiO ₂	27.81	31.11	24.89	28.06	28.89	30.23	29.90	25.25	28.68	31.79	36.84	26.49	27.95	31.38	30.10	28.09
TiO ₂	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.22	0.06	0.00	0.00	0.72
Al ₂ O ₃	25.62	25.53	21.15	24.54	24.06	23.36	23.34	22.19	25.67	22.97	17.74	19.53	18.67	25.80	26.42	21.62
ΣFeO	34.00	30.47	31.06	35.31	32.11	24.90	34.33	27.12	30.38	27.21	14.57	25.30	20.80	33.00	37.56	25.33
MnO	0.21	0.08	0.35	0.89	0.70	0.44	0.67	0.46	0.11	0.14	0.00	0.26	0.24	0.00	0.00	0.15
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	12.36	12.75	9.27	11.20	14.06	21.07	10.37	9.98	14.99	17.77	29.67	14.77	19.23	9.69	5.69	10.26
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.14	0.14	0.00	0.00	0.52
Na ₂ O	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09	0.01
K ₂ O	0.00	0.06	0.00	0.00	0.18	0.00	0.79	0.13	0.16	0.04	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13	0.06
Toplam	100.00	100.00	86.76	100.00	100.00	100.00	100.00	85.22	100.00	100.00	100.00	86.82	87.08	100.00	100.00	86.78
Si	5.26	5.73	5.47	5.36	5.43	5.48	5.69	5.53	5.33	5.79	6.33	5.64	5.78	5.83	5.73	5.93
Al ^{IV}	2.74	2.27	2.53	2.64	2.57	2.52	2.31	2.47	2.67	2.21	1.67	2.36	2.22	2.17	2.27	2.07
T.Y.	2.74	2.27	2.53	2.64	2.57	2.52	2.31	2.47	2.67	2.21	1.67	2.36	2.22	2.17	2.27	2.07
Al ^{VI}	2.98	3.28	2.96	2.89	2.77	2.48	2.93	3.26	2.95	2.73	1.93	2.54	2.33	3.49	3.66	3.30
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.11
Fe ²⁺	5.38	4.70	5.71	5.65	5.06	3.78	5.47	4.97	4.73	4.15	2.11	4.51	3.60	5.15	5.99	4.47
Mn	0.03	0.01	0.03	0.14	0.11	0.07	0.11	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	3.49	3.50	3.04	3.19	3.93	5.70	2.94	3.26	4.15	4.83	7.59	4.69	5.93	2.69	1.62	3.23
O.Y.	-2.74	-2.26	-2.44	-2.64	-2.52	-2.52	-1.85	-2.30	-2.63	-2.17	-1.18	-2.20	-2.11	-2.14	-2.21	-1.82
T.O.K.	11.88	11.49	11.74	11.87	11.88	12.02	11.54	11.52	11.84	11.72	11.79	11.79	11.88	11.32	11.27	11.14
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.12
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.01
K	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.19	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02
Y.A.Y.	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.19	0.07	0.04	0.04	0.00	0.10	0.06	0.03	0.06	0.26
T.Y.Y.	0.00	0.01	0.09	0.00	0.04	0.00	0.46	0.17	0.04	0.04	0.48	0.16	0.11	0.03	0.06	0.26
XFe	0.61	0.57	0.65	0.64	0.56	0.40	0.65	0.60	0.54	0.46	0.22	0.49	0.38	0.66	0.79	0.58
°C**	383	169	271	360	389	-	200	203	347	222	253	377	-	143	146	142



Şekil 8. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren kumtaşı/metakumtaşılarındaki klorit minerallerinin bileşimlerinde katyonlara göre ikili ve üçgen diyagramlardaki konumları, a) $Si/O_{28}-R^{2+}/O_{28}$ (Sınıflandırma: Wiewióra ve Weiss, 1990; sıcaklık eğrileri: Bourdelle ve Cathelineau, 2015), b) Tetrahedral Si-oktahedral $Fe/(Fe+Mg)$ (Sınıflandırma ve *Ib* politipi alanı: Foster, 1962; *Ib* politipi alanı: Curtis vd. 1985; şamozit-klinoklor sınırı: Bailey, 1980), c) Oktahedral $Al+2Ti$ -tetrahedral Al (Diyagram: Zane vd. 1998), d) Oktahedral $Al+□-Mg-Fe$ ($□$ =Oktahebral boşluk; Diyagram: Zane ve Weiss, 1998; metapelit, metabazik ve felsik kayaç alanları: Zane vd. 1998).

Figure 8. The settings of chlorite minerals in the stack-bearing sandstone/metasandstones of the units from the Karakaya Complex according to cations in their compositions in the binary and triangular diagrams, a) $Si/O_{28}-R^{2+}/O_{28}$ (classification: Wiewióra and Weiss, 1990; temperature countours: Bourdelle and Cathelineau, 2015), b) Tetrahedral Si-octahedral $Fe/(Fe+Mg)$ (Classification and *Ib* polytype area: Foster, 1962; *Ib* polytype area: Curtis et al., 1985; chamosite-clinocllore boundary: Bailey, 1980), c) Octahedral $Al+2Ti$ -tetrahedral Al (Diagram: Zane et al., 1998), d) Octahedral $Al+□-Mg-Fe$ ($□$ =Octahedral vacancy; diagram: Zane and Weiss, 1998; areas of metapelite, metabasic and felsic rocks: Zane et al., 1998).

Karakaya Karmaşığı illit ve muskovitleri üzerinde, CMS'deki muskovitlerde 55, otijenik illitlerde 33 EDS, istifteki muskovitlerde 10 adet EMP olmak üzere toplam 98 adet nokta ve alan analizi yapılmış ve analiz sonuçları çeşitli değişim diyagramlarında değerlendirilmiştir. İllit/muskovitler $Si-Na+K$ ve toplam yapraklararası

katyon- Si/Al_{toplam} diyagramında muskovit-illit-fenjit arasında geniş bir alanda yayılmaktadır (Şekil 9a-c). $Fe+Mg-Al^{IV}-Al^{VI}$ fenjit-muskovit arasında dağılmaktadır (Şekil 9b) Yapraklararası K-Na diyagramında, Hodul ve Orhanlar birimindeki illit/mikalaların K bakımından zengin oldukları, Turhal metamorfiteğinde ise Na ve

K arasında geniş bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir (Şekil 9d). Na içeriğindeki artış, XRD incelemelerinde de belirlenen paragonit ve NaK mikaların varlığından kaynaklanmakta olup, bu minerallerin kimyasal kanıtları niteliğindedir. İllit/muskovitlerin kimyasal bileşimleri genellikle muskovit–fenjit arasında homojen bir dağılım sunmakta, anki-epimetamorfik Turhal

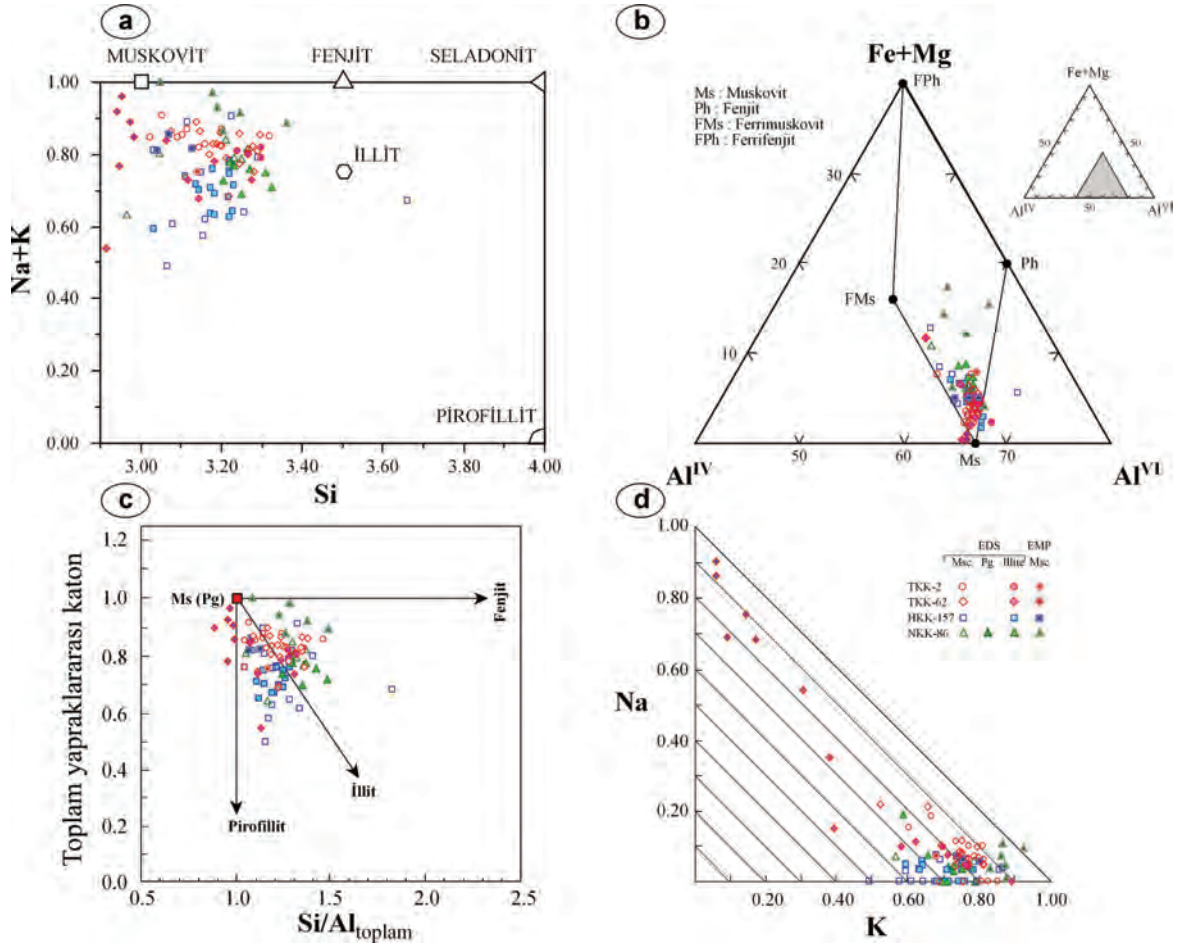
Metamorfiteri örneklerinin muskovit bileşimine daha yakın olduğunu göstermektedir.

Muskovit-fenjit arasında dağılım gösteren K beyaz mikaların Si içeriklerine karşılık gelen basınç değerlerinin belirlendiği diyagramda, 2 kbar'dan düşük basınç değerlerini (0.5-1.2 kbar) işaret etmektedir (Şekil 10).

Çizelge 5. Karakaya Karmaşığı beyaz mika ve illitlerin EDS ve EMP analiz sonuçları ve yapısal formülleri (*=Ölçüm sayısı, SFeO=Toplam Fe⁺², T.Y.=Tetrahedral yük, O.Y.=Oktaedral yük, T.O.K.=Toplam oktaedral katyon, Y.A.Y.=Yapraklar arası yük, T.Y.Y.=Toplam yaprak yükü, XFe=Fe/(Fe+Mg), Ms=Muskovit, İlt=İllit, Pg=Paragonit).

Table 5. The results of EDS and EMP analysis and structural formulas of white mica and illites from Karakaya Complex (*=Number of measurements, SFeO=Total Fe⁺², T.Y.=Tetrahedral charge, O.Y.=Octahedral charge, T.O.K.=Total octahedral cation, Y.A.Y.=Interlayer charge, T.Y.Y.=Total layer charge, XFe=Fe/(Fe+Mg), Ms=Muscovite, İlt=Illite, Pg=Paragonite).

	EDS		EMP		EDS		EMP		EDS		EMP		
	TKK-2	TKK-2	TKK-2	TKK-62	TKK-62	TKK-62	TKK-62	NKK-86	NKK-86	NKK-86	HKK-157	HKK-157	HKK-157
	Ms	İlt	Ms	Ms	İlt	Ms-pg	Pg	Ms	İlt	Ms	Ms	İlt	Ms
	(13)*	(3)	(1)	(17)	(5)	(2)	(5)	(6)	(8)	(6)	(12)	(17)	(3)
SiO ₂	49.80	52.44	46.77	51.01	49.94	50.31	48.64	49.84	51.60	46.71	49.19	50.53	46.08
TiO ₂	0.00	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.67
Al ₂ O ₃	35.68	34.12	34.08	34.87	34.06	39.07	42.46	34.07	32.54	31.02	34.77	35.53	35.85
ΣFeO	2.52	1.65	2.67	2.15	4.72	1.21	0.47	3.88	3.72	2.96	4.96	3.61	1.19
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00
MgO	1.92	1.93	0.83	2.14	2.91	1.33	0.51	2.75	3.10	1.43	2.33	1.52	0.77
CaO	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03
Na ₂ O	0.62	0.53	0.56	0.66	0.78	3.74	6.59	0.38	0.43	0.45	0.22	0.20	0.51
K ₂ O	9.46	9.32	7.88	9.17	7.59	4.34	1.33	9.07	8.62	9.93	8.53	8.62	8.92
Toplam	100.00	100.00	93.58	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	93.25	100.00	100.09	94.02
Si	3.14	3.28	3.14	3.20	3.16	3.09	2.96	3.16	3.26	3.20	3.12	3.18	3.07
Al ^V	0.86	0.72	0.86	0.80	0.84	0.91	1.04	0.84	0.74	0.80	0.88	0.82	0.93
T.Y.	0.86	0.72	0.86	0.80	0.84	0.91	1.04	0.84	0.74	0.80	0.88	0.82	0.93
Al ^{VI}	1.80	1.79	1.83	1.78	1.69	1.92	2.01	1.71	1.67	1.71	1.73	1.81	1.89
Ti	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
Fe ²⁺	0.13	0.09	0.15	0.11	0.25	0.06	0.02	0.21	0.20	0.17	0.26	0.19	0.07
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Mg	0.19	0.18	0.08	0.20	0.28	0.12	0.05	0.26	0.29	0.15	0.22	0.14	0.08
O.Y.	-0.02	0.09	-0.11	0.02	-0.14	-0.12	-0.16	-0.06	0.00	0.13	-0.16	-0.11	-0.10
T.O.K.	2.11	2.06	2.10	2.10	2.22	2.10	2.08	2.18	2.16	2.06	2.21	2.15	2.07
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.08	0.06	0.07	0.08	0.10	0.45	0.78	0.05	0.05	0.06	0.03	0.02	0.07
K	0.76	0.74	0.67	0.73	0.61	0.34	0.10	0.73	0.69	0.87	0.69	0.69	0.76
Y.A.Y.	0.84	0.81	0.75	0.82	0.71	0.79	0.88	0.78	0.75	0.93	0.72	0.72	0.83
T.Y.Y.	0.84	0.81	0.75	0.82	0.71	0.79	0.88	0.78	0.75	0.93	0.72	0.72	0.83



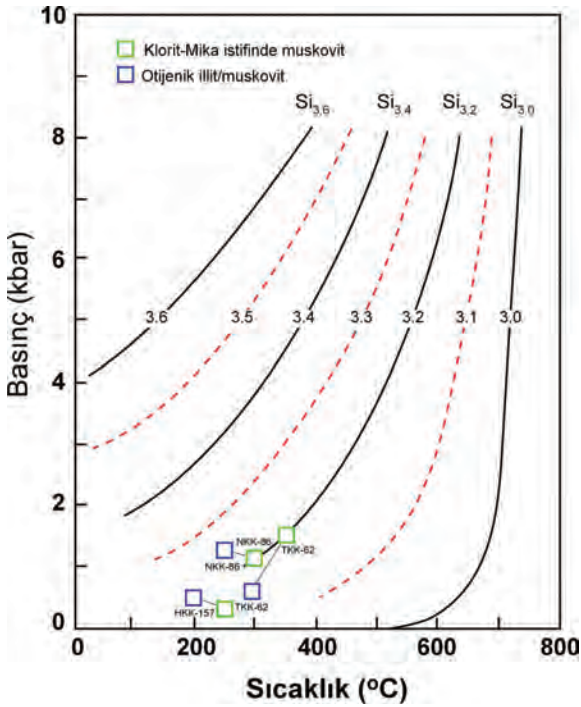
Şekil 9. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren kumtaşı/metakumtaşlarındaki illit/muskovit minerallerinin bileşimindeki katyonlara göre ikili ve üçgen diyagramlarda konumları, a) Yapraklararası Na+K–tetrahedral Si, b) Oktahedral (Fe+Mg)–oktahedral Al^{VI}–tetrahedral Al^{IV}, c) Yapraklararası katyonlar_{toplam}–tetrahedral Si/Al_{toplam}, d) Yapraklararası Na–K.

Figure 9. The settings of illite/muscovite minerals in the stack-bearing sandstone/metasandstones of the units from the Karakaya Complex according to cations in their compositions in the binary and triangular diagrams, a) Interlayer Na+K–tetrahedral Si, b) octahedral (Fe+Mg)–octahedral Al^{VI}–tetrahedral Al^{IV}, c) Interlayer cations_{total}–tetrahedral Si/Al_{total}, d) Interlayer Na–K.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Alt Karakaya Karmaşığı'nda Turhal Metamorfitleri'nin üst kesiminde yer alan metaklastik kayaçalarda (çoğunlukla metakumtaşı, az sleyt) yaygın olarak CMS mineralleri (klorit-muskovit, klorit-biyotit ve biyotit-muskovit) arasında bazı kenetlenme türü dokusal özellikler gözlenmiştir.

Turhal Metamorfitleri'ndeki CMS'lerde biyotit veya kloritleşmiş biyotitin varlığı; bunların detritik ve/veya volkanik kökenli mikalardan türemiş olabileceğini göstermektedir. Gerilmeli basenlerin karakteristiği olan CMS yapıları (Merriman, 2005); Toros Kuşağı'ndaki birliklerde de saptanmıştır (Bozkaya ve Yalçın, 2000, 2004, 2005; Bozkaya vd. 2002, 2006).



Şekil 10. Karakaya Karmaşığı birimlerine ait istif içeren kumtaşı/metakumtaşlarındaki illit/muskovit minerallerinde tetrahedral Si içeriğine göre basınç-sıcaklık diyagramı (Velde, 1967).

Figure 10. Pressure-temperature diagram (Velde, 1967) according to the content of tetrahedral Si in the illite/muscovite minerals in the stack-bearing sandstone/metasandstones of the units form the Karakaya Complex.

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- İllit/beyaz mikaların bileşimleri muskovit-illit-fenjit arasında değişmekte, anki-epimetamorfik örneklerde muskovite yakın bileşim sergilemektedir.
- Detritik kökenliler muskovitik ($Si_{ort}=3.15$, $(Na+K)_{ort}=0.81$) ve otijenik kökenliler, illitik ($Si_{ort}=3.22$, $(Na+K)_{ort}=0.74$) bileşime yakındır.
- Açılmalı/genişlemeli basenler için tipik minerallerden paragonit ($Si_{ort}=2.96$, $Na=0.78$, $K=0.10$) ve NaK mikalar ($Si_{ort}=3.09$,

$Na=0.45$, $K=0.34$) Turhal Metamorfileri'nin genişlemeli basen karakterindeki üst bölümünde belirlenmiştir.

- Kloritler bütünüyle trioktahedral olup otijenikler ($Si_{ort}=5.67$, $Fe_{ort}=5.05$) detritiklere ($Si_{ort}=5.56$, $Fe_{ort}=4.80$) göre daha yüksek Si^{IV} , daha düşük Fe^{VI} içeriğine sahiptir.
- ÜKK birimlerinden Hodul Birimi'nde kloritler şamozitik, Orhanlar Birimi'nde klinoklor bileşimlidir.
- Turhal Metamorfileri'nde az sayıda, Orhanlar Birimi'nde yaygın olmak üzere yüksek Mg (5.70-7.59) ve Cr (0.09-0.16) içerikli detritik mikalar da belirlenmiştir.
- Kloritlere ait jeotermometre verileri anki-epimetamorfik Turhal Metamorfileri için 200-400°C arasında, yüksek diyajenetik Hodul ve Orhanlar birimleri için 150-250 °C arasında yoğunlaşmaktadır. Otijenik kökenli kloritler, istiflerdeki (detritik) kloritlere göre daha düşük sıcaklık koşullarını işaret etmekte, bazı örneklerde detritik ve otijenik kloritler benzer sıcaklık koşulları sunabilmektedir. Bu durum detritik kloritlerin diyajenez-çök düşük dereceli metamorfizma sırasındaki alterasyonu ilgili koşullarla dengeli duruma geldiğini düşündürmektedir.
- Klorit ve illit/muskovit kimyası verileri, AKK-ÜB Turhal metamorfileri için felsik, ÜKK Orhanlar birimi için metabazik (olasılı Paleotetis kalıntıları), ÜKK Hodul birimi için Al- ve Fe-ce aşırı zengin felsik ve metapelitik kökeni işaret etmektedir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar; Cumhuriyet ve Georgia üniversitelerinde örneklerin analizlere hazırlanması kapsamındaki laboratuvar çalışmaları sırasındaki yardımları ve sağladıkları olanaklar için sırasıyla Fatma YALÇIN'a; Paul A. SCHROEDER,

Doug CROWE, Chris FLEISHER, John P. SHIELDS, Jiangua FAN'a (UGA); ayrıca titiz değerlendirmeleri için bilimsel hakem Taner EKİCİ'ye teşekkürü bir borç bilirler.

EXTENDED SUMMARY


The Karakaya Complex consists of units representing the relicts of environments related with the closure of Pre-Jurassic Paleotethys Ocean within the Sakarya Composite Terrane. The units of Permo-Triassic Kararkaya Complex are divided into two parts, namely Lower Karakaya Complex (LKC) and Upper Karakaya Complex (UKC) units, with different geological history. The lower and upper units corresponding to the blueschist (subduction setting) and greenschist (accretion prism setting) facies of the LKC units (Nilüfer Unit/Turhal Metamorphites) with metasedimentary and metabasic rocks are subdivided into two subunits as lower (LKC-LP) and upper (LKC-UP) parts. The UKC units with sub-greenschist-high grade diagenetic facies (extension setting) is made up of sandstone and shale (Hodul and Orhanlar units), metasedimentary and (meta)volcanic (Çal Unit and Devecidağ Complex) lithologies. In this study, it is aimed to investigate the effects of the origin and diagenesis/metamorphism degree of phyllosilicates upon the mineral chemistry in the (meta)clastic rocks from Karakaya Complex units. In this context, a total of 4 samples from the upper part of the Turhal metamorphites and Hodul and Orhanlar units of UKC were examined. The imagings of Scanning Electron Microscope (SEM) and Back Scatter Electron (BSE) and the analyses (a total of 197 measurements) of Energy Dispersive Spectrometer (EDS) and Electron Microprobe (EMP) on the illite/white micas and chlorites were carried out on the polished and carbon-coated samples. The compositions of illite/white micas change among muscovite-illite-phengite. Illite/white micas with detrital and authigenic origins are close to muscovitic ($Si_{avg}=3.15$, $(Na+K)$

$=0.81$) and illitic compositions ($Si_{avg}=3.22$, $(Na+K)_{avg}=0.74$), respectively. Paragonite ($Si_{avg}=2.96$, $Na=0.78$, $K=0.10$) and NaK micas ($Si_{avg}=3.09$, $Na=0.45$, $K=0.34$) are typical for extensional basins that are determined in the upper parts of the Turhal Metamorphites. The chlorites are of entirely trioctahedral and authigenic ones ($Si_{avg}=5.67$, $Fe_{avg}=5.05$) have higher Si^{IV} and lower Fe^{VI} contents in comparison with detrital ones. Chlorites have chamositic composition in the Hodul Unit, whereas clinocllore composition in the Orhanlar Unit from UKC units. Detrital micas with high Mg (5.70-7.59) and Cr (0.09-0.16) contents are also identified in the Orhanlar Unit more common and in the Turhal Metamorphites as a few grains. These products are more common in our country, it was found to contain less than in other countries. The data calculated according to chemical equilibrium method is obtained from geothermometer (150-400 °C) of authigenic chlorites and geobarometer (0.5-1.2 kbar) of phengitic illites. These values reflect the diagenetic/metamorphic grades that are developed under conditions of high temperature-low pressure for the upper parts of Turhal Metamorphites and low-middle temperature-low pressure for Hodul and Orhanlar units. The data of chlorite chemistry indicate the origins of felsic for Turhal Metamorphites, metabasic (probably remains of Paleotethys) for Orhanlar Unit and felsic and metapelitic with rich in Al and extreme rich in Fe.

ORCID

Ömer Bozkaya  <https://orcid.org/0000-0002-8474-8600>

Hüseyin Yalçın  <https://orcid.org/0000-0001-9539-2817>

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

DEĞİNİLEN BELGELER

Ahn, J., Peacor, D.R., 1985. Transmission electron microscopic study of diagenetic chlorite in Gulf

- Coast argillaceous sediments. *Clays and Clay Minerals*, 33, 228-236.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Şunu, O., Soysal, Y., Dağer, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., Hakyemez, Y., 1984. Ankara-Elmadağ-Kalecik Dolayının temel jeolojik özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği*, 20, 31-46.
- Altuner, D., Koçyiğit, A., 1993. Third remark on the geology of Karakaya basin. An Anisian megablock in northern central Anatolia: micropaleontologic, stratigraphic and tectonic implications for the rifting stage of Karakaya basin, Turkey. *Revue de Paleobiologie*, 12, 1-17.
- Altınlı, İ.E., 1975. Orta Sakarya'nın jeolojisi. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, Maden Tetkik ve Arama, Ankara, 159-191.
- Armstrong, J. T., 1988. Quantitative analysis of silicate and oxide materials: Comparison of Monte Carlo, ZAF, and phi-rho-z procedures. *Microbeam Analysis*, 239-246.
- Armstrong, J.T., 1995. A package of correction programs for the quantitative electron microprobe X-ray analysis of thick materials, thin films, and particles. *Microbeam Analysis*, 4, 177-200.
- Attlewell, P., Taylor, R.K., 1969. A microtextural interpretation of a Welsh slate. *International Journal of Mechanics and Mining Sciences*, 6, 423-438.
- Bailey, S.W., 1980. Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. *American Mineralogist*, 65, 1-7.
- Beutner, E.C., 1978. Slaty cleavage and related strain in Martinsburg slate, Delaware Water Gap, New Jersey. *American Journal of Science*, 278, 1-23.
- Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B., 1975. Biga Yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, Maden Tetkik ve Arama, Ankara, 70-77.
- Blumental, M., 1950. Orta ve Aşağı Yeşilirmak bölgelerinin (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar) jeolojisi hakkında. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Seri D, No. 4, 153 s.
- Bourdelle, F., Cathelineau M., 2015. Low-temperature chlorite geothermometry: a graphical representation based on a T-R²⁺-Si diagram. *European Journal of Mineralogy*, 27, 617-626.
- Bourdelle, F., Parra, T., Chopin, C., Beyssac, O., 2013. A new chlorite geothermometer for diagenetic to low grade metamorphic conditions. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 165, 723-735.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 1999. Relationships between degree of diagenesis-metamorphism and chemistry of phyllosilicates from Eastern Taurus Autochthon. *Proceeding 9th Turkish National Clay Symposium*, İstanbul University, 21-30.
- Bozkaya, Ö., Gürsu, S., Göncüoğlu, M.C., 2006. Textural and mineralogical evidence for a Cadomian tectonothermal event in the eastern Mediterranean (Sandıklı-Afyon area, western Taurides, Turkey). *Gondwana Research*, 10, 301-315.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2000. Very low-grade metamorphism of Upper Paleozoic-Lower Mesozoic sedimentary rocks related to sedimentary burial and thrusting in Central Taurus Belt, Konya, Turkey. *International Geology Review*, 42, 353-367.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004. Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Palaeozoic to early Mesozoic rocks of the Eastern Taurides, Turkey. *Clay Minerals*, 39, 481-500.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2005. Diagenesis and very low-grade metamorphism of the Antalya Unit: mineralogical evidence of Triassic rifting, Alanya-Gazipaşa, Central Taurus Belt, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 109-119.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2002. Mineralogic and organic responses to the stratigraphic irregularities: An example from the Lower Paleozoic very low-grade metamorphic units of the Eastern Taurus Autochthon, Turkey. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 82, 355-373.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Schroeder, P.A., Crowe, D., 2014. New insights in the definition of phyllosilicate stacks in diagenetic-metamorphic environments-examples from clastic to metaclastic rocks in Turkey. *MECC14 7th Mid-European*

- Clay Conference 2014, 16-19 September 2014, Dresden, Germany, Programme and Abstract book, p. 117.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Schroeder, P.A., 2017. Two-step mode of clay formation in the extensional basins: Cambrian–Ordovician clastic rocks of the Antalya unit, SW Turkey. *Clay Minerals*, 52, 365-389.
- Brindley, G.W., 1980. Quantitative x-ray mineral analysis of clays. In: *Crystal structures of Clay Minerals and their X-ray Identification* (G.W. Brindley, G. Brown, eds.), Mineralogical Society, London, 411-438.
- Cathelineau, M., 1988. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals*, 23, 471-485.
- Cathelineau, M., Neiva, D., 1985. A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres geothermal system (Mexico). *Contribution Mineralogy and Petrology*, 91, 235-244.
- Craig, J., Fitches, W.R., Maltman, A.J., 1982. Chlorite-mica stacks in low-strain rocks from Central Wales. *Geological Magazine*, 119, 243-256.
- Curtis, C.D., Hughes, C.R., Whiteman, J.A., Whittle, C.K., 1985. Compositional variations within some sedimentary chlorites and some comments on their origin. *Mineralogical Magazine*, 49, 375-386.
- De Caritat, P., Hutcheon, I., Walshe, J.L., 1993. Chlorite geothermometry: A review. *Clays and Clay Minerals*, 41, 219-239.
- Dimberline, A.J., 1986. Electron microscope and microprobe analysis of chlorite-mica stacks in the Wenlock turbidites, mid Wales, UK. *Geological Magazine*, 123, 299-306.
- Eroskay, O., 1965. Geology of Pasalar gorge Gölpazarı area. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B*, 30, 133-170.
- Foster, M.D., 1962. Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 414-A, 1-33.
- Genç, Ş.C., Yılmaz, Y., 1995. Evolution of the Triassic continental margin, Northwest Anatolia. *Tectonophysics*, 243, 193-207.
- Gökçe, A., 1983. Turhal antimon yataklarının maden jeolojisi. *Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi*, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 150 s.
- 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., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A., Uysal, Ş., 2000. A geotravers across NW Turkey: tectonic units of the central Sakarya region and their tectonic evolution. In: *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area* (E. Bozkurt, J. Winchester, J.A. Piper, eds.), Geological Society, London, Special Publications, 173, 139-161.
- Granit, Y., Tintant, H., 1960. Observation preliminaires sur le Jurassique de la région de Bilecik (Turquie). *Comptes Rendus Academi Science*, 251, 1801-1803.
- Hayes, J.B., 1970. Polytypism of chlorite in sedimentary rocks. *Clays and Clay Minerals*, 18, 285-306.
- Hillier, S., Velde, B., 1991. Octahedral occupancy and chemical composition of diagenetic (low-temperature) chlorites. *Clay Minerals*, 26, 149-168.
- Hoepfener, R., 1956. Zur Problem der Bruchbildung, Schieferung und Faltung. *Geologische Rundschau*, 45, 247-283.
- Holeywell, R.C., Tullis, T.E., 1975. Mineral reorientation and slaty cleavage in the Martinsburg Formation, Lehigh Gap, Pennsylvania. *Bulletin of Geological Society American*, 86, 1296-1304.
- Hutcheon, I., 1990. Clay-carbonate reactions in the Venture area, Scotia Shelf, Nova Scotia, Canada: in *Fluid-Mineral Interactions: A Tribute to (H.P. Eugster, R.J. Spencer, I-M. Chou, eds.)*, Geological Society of London, Special Publication, 2, 199-212.
- Jahren, J.S., Aagaard, P., 1989. Compositional variations in diagenetic chlorites and illites, and relationships with formation-water chemistry. *Clay Minerals*, 24, 157-170.
- Kisch, H.J., 1991. Development of slaty cleavage and degree of vey-low-grade metamorphism: a review. *Journal of Metamorphic Geology*, 9, 735-750.

- Krinsley, D. H., Pye, K., Kearsley, A.T., 1983. Application of backscattered electron microscopy in shale petrology. *Geological Magazine*, 120, 109-114.
- Merriman, R.J., 2005. Clay minerals and sedimentary basin history. *European Journal of Mineralogy*, 17, 7-20.
- Milodowski, A.E., Zalasiewicz, J.A., 1991. The origin, sedimentary, diagenetic and metamorphic evolution of chlorite-mica stacks in Llandovery sediments of central Wales, UK. *Geological Magazine*, 128, 263-278.
- Morad, S., 1986. Mica-chlorite intergrowths in very low-grade metamorphic sedimentary rock from Norway. *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen*, 154, 271-287.
- Okay, A.İ. Siyako, M., Bürkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol jeologları Derneği Bülteni*, 2, 83-121.
- Okay, A.İ., Gönçuoğlu, M.C., 2004. The Karakaya Complex: A review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümergen, M., Tekeli, O., 1980. Kuzey Anadolu fayı ile Kırşehir masifi arasının temel jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Rapor No: 6722 (yayınlanmamış), Ek (jeolojik harita ve kesitler)*, Ankara, 136 s.
- Pique, A., Wybrecht, E., 1987. Origine des chlorites de l'epizone heritage et cristallisation synschisteuse Exemple des grauwackes cambriennes du Maroc occidental. *Bulletin of Mineralogy*, 110, 665-682.
- Pye, K., Krinsley, D.H., 1983. Inter-layered clay stacks in Jurassic shales. *Nature*, 304, 618-620.
- Robertson, A.H.F., Dixon, J.E., 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: *The Geological evolution of the Eastern Mediterranean* (J.E. Dixon, A.H.F. Robertson, eds.), Geological Society of London, Special Publication, 17, 1-74.
- Roy, A.B., 1978. Evolution of slaty cleavage in relation to diagenesis and metamorphism: a study from the Hunsrückschiefer. *Geological Society of America Bulletin*, 89, 1775-1785.
- Saner, S., 1978. The depositional associations of upper Cretaceous-Palaeocene-Eocene times in central Sakarya and petroleum exploration possibilities. *Proc. 4th Petroleum Congress, Turkey*, 95-115.
- Sayit, K., Tekin, U.K., Gönçuoğlu, M.C., 2011. Early-middle carnian radiolarian cherts within the eymir unit, central Turkey: constraints for the age of the palaeotethyan karakaya complex. *Journal Asian of Earth Sciences*, 42, 398-407.
- Sayit, K., Gönçuoğlu, M.C., 2009. Geochemical characteristics of the basic volcanic rocks within the Karakaya Complex: a review. *Hacettepe Yerbilimleri* 30, 181-191.
- Sayit, K., Gönçuođlu, M.C., 2013. Geodynamic evolution of the Karakaya Mélange Complex, Turkey: a review of geological and petrological constraints. *Journal of Geodynamics*, 65, 56-65.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Ketin, İ., 1980. Remnants of a pre-Late Jurassic ocean in Northern Turkey: fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys? *Bulletin Geological Society of America*, 91, 599-609.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Sungurlu, O., 1984. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Paleo-Tethys. In: *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, (J.E. Dixon, A.H.F. Robertson, eds.), Geological Society of London, Special Publication, 17, 77-112.
- Stampfli, G., 2000. Tethyan oceans. In: *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area* (E. Bozkurt, J.A. Winchester, J.D.A. Piper, eds.), *Journal of Geological Society, London, Special Publication*, 173, 1-23.
- Tekeli, O., 1981. Subduction complex of pre-Jurassic age, Northern Anatolia, Turkey. *Geology*, 9, 68-72.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2009a. KB Anadolu'daki Karakaya Karmaşığı birimlerinin diyajenezi-düşük dereceli metamorfizması. *H.Ü.Yerbilimleri*, 30, 193-212.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2009b. Karakaya Karmaşığı (Tokat yöresi) birimlerinin düşük dereceli metamorfizması. 14. Ulusal Kil Sempozyumu, 1-3 Ekim 2009, *Bildiriler Kitabı*, 155-173.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., Gönçuoğlu, M.C., 2015. Diagenetic to Low-Grade Metamorphic

- Evolution of the Karakaya Complex in northern Turkey based on phyllosilicate mineralogy. *Mineralogy and Petrology*, 109, 201-215.
- Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Serdar, H.S., 1990. Orta Pontidlerde erken Mesozoyik evrimine bir yaklaşım: Paleo-Tetis/Karakaya kenar denizi problemi. 8. Petrol Kongresi, Bildiriler, Ankara, 351-362.
- Van der Pluijm, B., Kaars-Sijpesteijn, C.H., 1984. Chlorite-mica aggregates: morphology, orientation, development and bearing on cleavage formation in very-lowgrade rocks. *Journal of Structural Geology*, 6, 399-407.
- Velde, B., 1967. Si content of natural phengites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 14, 250-258.
- Velde, B., Medhioub, M., 1988. Approach to chemical equilibrium in diagenetic chlorites: Contributions to Mineralogy and Petrology, 98, 122-127.
- Voll, G., 1960. New work on petrofabrics. *Liverpool and Manchester Geological Journal*, 2, 503-567.
- Walker, J.R., 1993. Chlorite polytype geothermometry. *Clays and Clay Minerals*, 41, 260-267.
- Walshe, J.L., 1986. A six-component chlorite solid solution model and the conditions of chlorite formation in hydrothermal and geothermal systems. *Economic Geology*, 81, 681-703.
- Weaver, C.E., Highsmith, P.B., Wampler, J.M., 1984. Chlorite: in Shale-slate Metamorphism in the Southern Appalachians, (C. E. Weaver, associates, eds.), Elsevier, Amsterdam, 99-139.
- Weber, K., Dunoyer de Segonzac, G., Economou, C., 1976. Une nouvelle expression de la «crystallinité» de l'illite et des micas. Notion d'épaisseur apparente des cristallites. *Comptes Rendus Somm. Société de la Géologique de France*, 5, 225-227.
- Weber, K., 1976. Gefügeuntersuchungen an transversalgeschieferteten Gesteinen aus dem östlichen Rheinischen Schiefergebirge. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 15, 99 p.
- Weber, K., 1981. Kinematic and metamorphic aspects of cleavage formation in very low-grade metamorphic slates. *Tectonophysics*, 78, 291-306.
- White, S.H., Huggett, J.M., Shaw, H.E., 1985. Electron-optical studies of phyllosilicate intergrowths in sedimentary and metamorphic rocks. *Mineralogical Magazine*, 49, 413-423.
- Williams, P.F., 1972. Development of metamorphic layering and cleavage in low grade metamorphic rocks at Bermagui, Australia. *American Journal of Sciences*, 272, 1-47.
- Woodland, B.G., 1982. Gradational development of domainal slaty cleavage, its origin and relation to chlorite porphyroblasts in the Martinsburg Formation, eastern Pennsylvania. *Tectonophysics*, 82, 89-124.
- Woodland, B.G., 1985. Relationship of concretions and chlorite-muscovite porphyroblasts to the development of domainal cleavage in low-grade metamorphic deformed rocks from north-central Wales, Great Britain. *Journal of Structural Geology*, 7, 205-215.
- Xie X., Byerly G.R., Ferrell R. E., 1997. Ilb trioctahedral chlorite from Barberton greenstone belt: crystal structure and rock composition constraints with implications to geothermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126, 275-291.
- Yalçın, H., 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.
- Yılmaz, A., 1980. Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitlerin kökeni, iç yapısı ve diğer birimlerle ilişkisi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi (yayımlanmamış), Ankara, 136 s.
- Yılmaz, A., 1982a. Tokat (Dumanlı dağı) ile Sivas (Çeltekdağı) dolaylarının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karışığın konumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, Ankara, 99/100, 1-18.
- Yılmaz, A., 1982b. Dumanlı dağı (Tokat) ile Çeltekdağı (Sivas) dolaylarının temel jeoloji özellikleri ve ofiyolitli karmaşığın konumu. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, Ankara, Rapor No: 7230.
- Zane, A., Sassi, R., Guidotti, C.V., 1998. New data on metamorphic chlorite as a petrogenetic indicator mineral, with special regard to greenschist-facies rocks. *The Canadian Mineralogist*, 36, 713-726.
- Zane A., Weiss Z., 1998. A procedure for classification of rock-forming chlorites based on microprobe data. *Rendiconti Lincei: Scienze Fisiche e Naturali*, 9, 51-56.



Mardin-Dargeçit Yöresi Üst Kretase-Paleosen Yaşlı Germav Formasyonu'nun Mineralojisi ve Fillosilikat / Kil Jeokimyası

Phyllosilicate / Clay Geochemistry of Mineralogy and Upper Cretaceous-Paleocene Germav Formation in Mardin-Dargeçit Area

Sema Tetiker^{*1}, Adile Kübra Akman¹, Hüseyin Yalçın²

¹ Batman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 72100 Batman

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

Geliş/Received : 25.09.2018 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 07.10.2018 • Kabul/Accepted : 08.10.2018 • Baskı/Printed : 10.10.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada Mardin-Dargeçit bölgesinde Üst Kretase-Paleosen yaşlı Şırnak Grubu'na ait Germav Formasyonu kayalarının mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Birimin klastik ve kimyasal kökenli kayaları epiklastik (kumtaşı, karbonatlı kumtaşı), pelitik (şeyl) ve killi-kumlu karbonat (marn, kumlu kireçtaşı) olmak üzere farklı tane boyu, mineralojik bileşim ve dokusal ilişkiler göstermektedir. XRD ile saptanan kayaç oluşturan mineralleri; bolluk sırasına göre kalsit, fillosilikat / kil (klorit, C-S, C-V, vermikülit, illit ender olarak serpantin, I-C ve I-V), kuvars, feldispat, dolomit, hematit ve götit oluşturmaktadır. OM, SEM ve XRD inceleme sonuçlarına göre; birimde diyajenetik minerallerin yanı sıra, metamorfik ve ofiyolitik birimlerden taşınmış detritik mineraller de bulunmaktadır. Farklı kimyasal bileşime sahip fillosilikat / kil mineralleri Al_2O_3 , tFe_2O_3 ve/veya MgO bakımından zengindir. Eser element ve REE derişimleri en fazla kloritte, en az ise vermikülit mineralinde gözlenmektedir. Fillosilikat / kil minerallerinin içerikleri kondrit değerleri ile karşılaştırıldığında; köken kayaca, minerale ve elementlere göre zenginleşme-fakirleşmeler değişmekle birlikte, örneklerin desenleri birbirinden belirgin olarak ayrılmaktadır. Fillosilikat / kil mineralleri iz ve REE içerikleri açısından kondrit ve NASC bileşimlerine göre belirgin değişim / farklılaşma / ayrımlaşma sergilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneydoğu Anadolu Otoktonu, Köken, SEM, XRD.

Abstract: In this study, it is aimed to determine the mineralogical and geochemical features of the rocks from the Germav Formation of Upper Cretaceous-Paleocene age belonging to Şırnak Group. The clastic and chemical originated rocks of the unit show different grain size, mineralogical composition and textural relations as epiclastic (sandstone, sandstone with carbonate), pelitic (shale) and clayey-sandy carbonate (marl, sandy limestone). Rock forming minerals determined by XRD; in the order of abundance calcite, phyllosilicate / clay (chlorite, C-S, C-V, vermiculite, illite, rarely serpentine, I-C and I-V), quartz, feldspar, dolomite, hematite and goethite. According to the results of OM, SEM and XRD examinations in the unit; there are also detrital minerals transported from metamorphic and ophiolitic units as well as diagenetic minerals. The phyllosilicate / clay minerals with different chemical composition are rich in Al_2O_3 , tFe_2O_3 and/or MgO. Trace element and REE concentrations are mostly observed in chlorite and least in vermiculite mineral. The contents of phyllosilicate / clay minerals when compared with the chondrite values; the patterns of the samples are distinct from each other, although the enrichments-depletions vary on the basis of the derived rocks, minerals and elements. Phyllosilicate / clay minerals exhibit significant variation / differentiation / partition according to the chondrite and NASC compositions in terms of trace and REE contents.

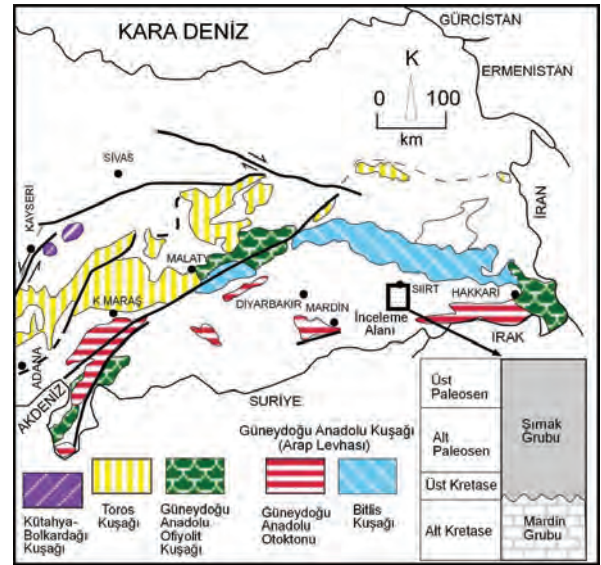
Keywords: Origin, SEM, Southeast Anatolian Autochthon, XRD.

GİRİŞ

Bu çalışmada inceleme alanı olarak seçilen Mardin-Dargeçit yöresi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Arap Levhası üzerinde yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu coğrafik kuşağı boyunca yüzeyleyen Arabistan levhası Türkiye'nin orojenik çatısını oluşturan Alpin tektonik-stratigrafik birliklerden birisidir. Bu platform başlıca Bitlis-Pütürge Kristalin Karmaşığı (Bitlis Kuşağı) ve Güneydoğu Anadolu Otoktonu (GDAO) kayaçlarını kapsamaktadır (Göncüoğlu vd., 1997). GDAO kayaçlarını kapsayan Arap levhasının kuzey-kuzeydoğusunda Bitlis ve Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşakları'na, kuzey-kuzeybatısında ise Toros Kuşağı'na ait birimler bulunmaktadır (Şekil 1).

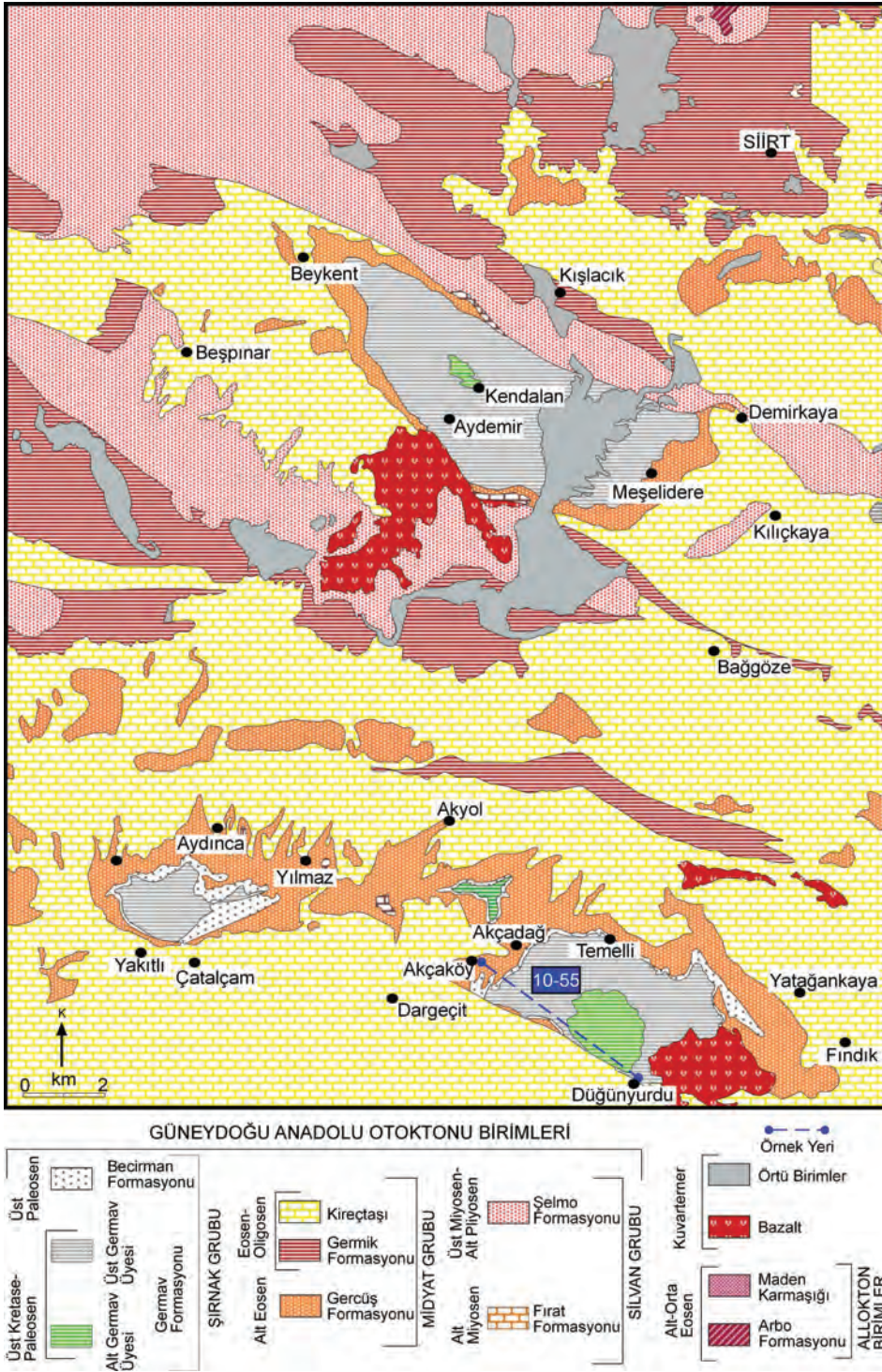
İnceleme alanı 1:100.000 ölçekli M-47 paftasında yer almakta olup, Kretase-Alt Paleosen yaş aralığındaki Germav Formasyonu'nu kapsamaktadır. Bu birimin Maastrihtiyen yaşlı kesimi alt üye ve Alt Paleosen yaşlı kesimi ise üst üye olarak adlandırılmıştır. Formasyonunun ince tabakalı şeyllerden oluşan alt üyesi ilk kez Germav antiklinalinde "Alt Kermav Formasyonu" adıyla Kirk (1937) tarafından adlandırılmıştır. Güneydoğu Anadolu genelinde gözlenen ince kireçtaşı ara tabakalı, gri renkli marn ve kumtaşı aralanmasından oluşan üst üyesi için ilk kez Tromp (1940) tarafından "Üst Kermav Serisi" ismi kullanılmıştır. MTA (2002) tarafından hazırlanan jeoloji haritası ve bölgedeki kayaçların stratigrafik dağılımına göre (Şekil 2); inceleme alanında otokton ve allokon kökenli kayaç türleri

bulunmaktadır. Orta Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı Şırnak Grubu'na ait Germav Formasyonu (Maxon, 1936), Germav Alt ve Üst Üyelerinden oluşmaktadır. Bu formasyonun yaşı GDAO adlama sözlüğünde (Lexion) (Yılmaz ve Duran, 1997) paleontolojik verilere göre Orta Maestrihtiyen-Üst Paleosen yaşlı olduğu belirtilmiştir (Güven vd., 1991; Çoruh, 1991). Birim derin denizden deltayik-flüvyal ortama kadar farklı ortamlarda çökelen kaya birimlerini içermektedir (Güven vd., 1991). Birim Üst Paleosen yaşlı Becirman Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir.



Şekil 1. Güneydoğu Anadolu'nun tektonik birlikleri ve inceleme alanı (Göncüoğlu vd., 1997'den basitleştirerek).

Figure 1. Tectonic units of Southeastern Anatolia and study area (simplified from Göncüoğlu et al., 1997).



Şekil 2. Mardin-Dargeçit kuzeyinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (1/100:000 ölçekli M47 paftası Türkiye Jeoloji Haritası'ndan düzenlenmiştir: MTA, 2008).

Figure 2. Simplified geology map of northern Mardin-Dargeçit (1/100:000 scaled M47 sheet of Turkey Geology Map: MTA, 2008).

GDAO'nun (Bozkaya ve Yalçın, 2013; Bozkaya vd., 2009 ve 2011; Tetiker vd., 2015 ve 2017) ve özellikle Torid Kuşağı'nın (Çelik vd., 1991; Bozkaya ve Yalçın, 2000, 2004a, 2004b, 2005, 2010, 2013; Bozkaya vd., 2002) Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı birimlerinde diyajenetik / metamorfik tarihçenin aydınlatıldığı birçok ayrıntılı çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise bunların devamı niteliğinde GDAO için ek verilerin elde edilmesi amacıyla, Mardin-Dargeçit bölgesinde yüzeyleyen Germav Formasyonu kayaçlarının mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin, dolayısıyla detritik etkinin yanı sıra, diyajenetik evriminin ortaya konulması yoluna gidilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Birimin pelitik-karbonatlı kayaçlarından noktasal ve ölçülü kesitler boyunca toplam 46 adet örnek alınmıştır. Örnekler üzerinde sırasıyla optik mikroskop (OM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışınları kırınımı (XRD) - tüm kayaç (TK) ve kil fraksiyonu (KF) ile jeokimyasal incelemeler yapılmıştır. Bunlardan OM ve XRD çalışmaları Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda yapılmıştır.

OM incelemeleri hazırlanan incekesitlerde LEICA marka DM-2500P model binoküler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta yapılmıştır. Bu yöntem ile dokusal özellikler, bileşenler, bozuşma (alterasyon) ve bozunma (yüzeysel) ürünleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra minerallerin kökeni de aydınlatılmaya çalışılmıştır.

SEM incelemeleri ise Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Mineraloji-Petrografi Laboratuvarı'nda (MTA-Ankara) gerçekleştirilmiştir. 2 adet örnek üzerinde EDAX Genesis XM4i EDS analiz sistemine sahip FEI Quanta 400 MK2 marka taramalı elektron mikroskopunda (SEM) yapılmıştır EDAX: Enerji

saçınımlı X-ışını analizi, EDS: Enerji saçınımlı spektrometre). Aletsel koşullar; gerilim (V) = 20.0 kV, zaman sabiti (TC) = 30.0 s, amp zaman (AZ) = 7.68 ms ve detektör çözünürlüğü (DR) = 125.5 eV olarak düzenlenmiştir.

XRD incelemeleri Rigaku Miniflex-2 marka cihazda yapılmıştır. Örnekler öncelikle RETSCH marka çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde ve yine aynı marka 150 ml kapasiteli tungsten karbid çanağa ve 70 rpm dönme hızına sahip öğütücüde kayaçların sertlik durumuna göre ortalama 10-20 dk süreyle öğütülüp plastik poşetlerde paketlenmiştir. Bunların XRD çözümlenmeleri Rigaku marka Miniflex-2 model X-ışınları difraktometresinde (Anot = CuK α 1.541871 Å, Filtre = Ni, gerilim = 35 kV, akım = 15 mA, gonyometre hızı = 1 veya kâğıt hızı = 2°/dak., kâğıt hızı = 2cm/dak., zaman sabiti = 1 sn, yarıklar = 1° 0.15 mm 1° 0.30 mm, kâğıt aralığı = 2° = 5-35° ve 4-30°) yapılmıştır. Birimlerden alınan örneklerin tüm kayaç ve kil boyu bileşenleri (<2 μ m) tanımlanmış ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi (Brindley, 1980; Yalçın ve Bozkaya, 2002) esas alınarak hesaplanmıştır. Kil minerallerinin tanımlanması (001) bazal yansımalarına göre yapılmış olup; Stokes yasasına göre yapılan zenginleştirme işlemi kimyasal çözme (kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme (Hettich marka Rotina 380 model 5000 devir/dk hıza ve 200 cc kapasiteli polietilen kodaye sahip santrifüj) – dekantasyon / dinlendirme – yıkama – süspansiyonlama – sedimentasyon – sifonlama – şişeleme gibi süreçlerden oluşmaktadır. Kil fraksiyonu difraktogramları normal-N (havada kurutulmuş), glikolleme-EG (60 °C de 16 saat desikatörde etilen glikol buharında şişirme) ve fırınlama-F (490 °C de 4 saat fırında ısıtma) işlemlerinden geçirilerek elde edilmiştir.

Saf ve safa çok yakın 5 adet fillosilikat / kil fraksiyonunun ana, iz ve nadir toprak element (REE) çözümlenmeleri Kanada'daki Acme Laboratories Ltd. (Acmelabs) şirketine

yaptırılmıştır. Ana element çözümlenmelerinde füzyon indüktif eşleşmiş plasma (ICP), iz ve REE çözümlenmelerinde indüktif eşleşmiş plasma-kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılmıştır. Analiz yönteminin ayrıntıları ve aletsel deteksiyon limitleri firmanın web sayfasında sunulmuştur (<http://www.acmelab.com/>).

LİTOLOJİ

Mardin ili Dargeçit ilçesinde yapılan çalışmada Akçaköy ve Düğünürdu köyleri arasında başlangıç: K 47°06', D 59°26' ve bitiş: K 47°66', D 60°27' koordinatlarında ölçülü kesit ile örnekleme yapılmıştır. Birimin toplam kalınlığı yaklaşık 168 m olarak ölçülmüştür. Arazi çalışmalarında Alt Germav ve Üst Germav üyeleri arasında litolojik olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Genellikle benzer litoloji ve arazi yapısı sunan her iki üyeden Üst Germav Üyesi arazide daha koyu renkli olarak gözlenmektedir.

Düğünürdu-Akçaköy arasında yapılan arazi çalışmasında formasyona ait şeyller genelde koyu gri ve siyah renkli olup konkoidal kırıklı, dağınık ve yumuşak bir doku göstermektedirler (Şekil 3a). Alt Germav Üyesi'ne ait karbonatlı kumtaşları orta-iri taneli, sert ve çatlaklı olup şeyl türü kayaçlar ile uyumlu olarak paralel tabakalı bir yapı sunmaktadır. Tabakalar arasında yer yer çört ve kalsedonlu yumrular gözlenmektedir (Şekil 3b). Üst Germav Üyesi'ne ait şeyller koyu gri renkli genellikle yumuşak ve ayrışmış olup ve yer yer kırıntılar içerdiği gözlenmiştir. Gri renkli kumtaşları, şeyller arasında arakatlılar oluşturmakta ve tabakalı yapının yanında yer yer çatlaklı yapılar da gözlenmiştir (Şekil 3c). İnceleme alanındaki ince taneli kumtaşları ara tabakalar biçiminde olup kalınlıkları 5-30 cm arasında değişmektedir. Kumtaşı ara tabakaları şeyller arasında daha sert ve dayanıklı çıkıntıları oluşturmaktadır. Üst Germav Üyesi'ne ait şeyllerde ise yer yer tabakalanmalı ve laminalı yapılar gözlenmiştir. Şeyller koyu gri-siyah renkli

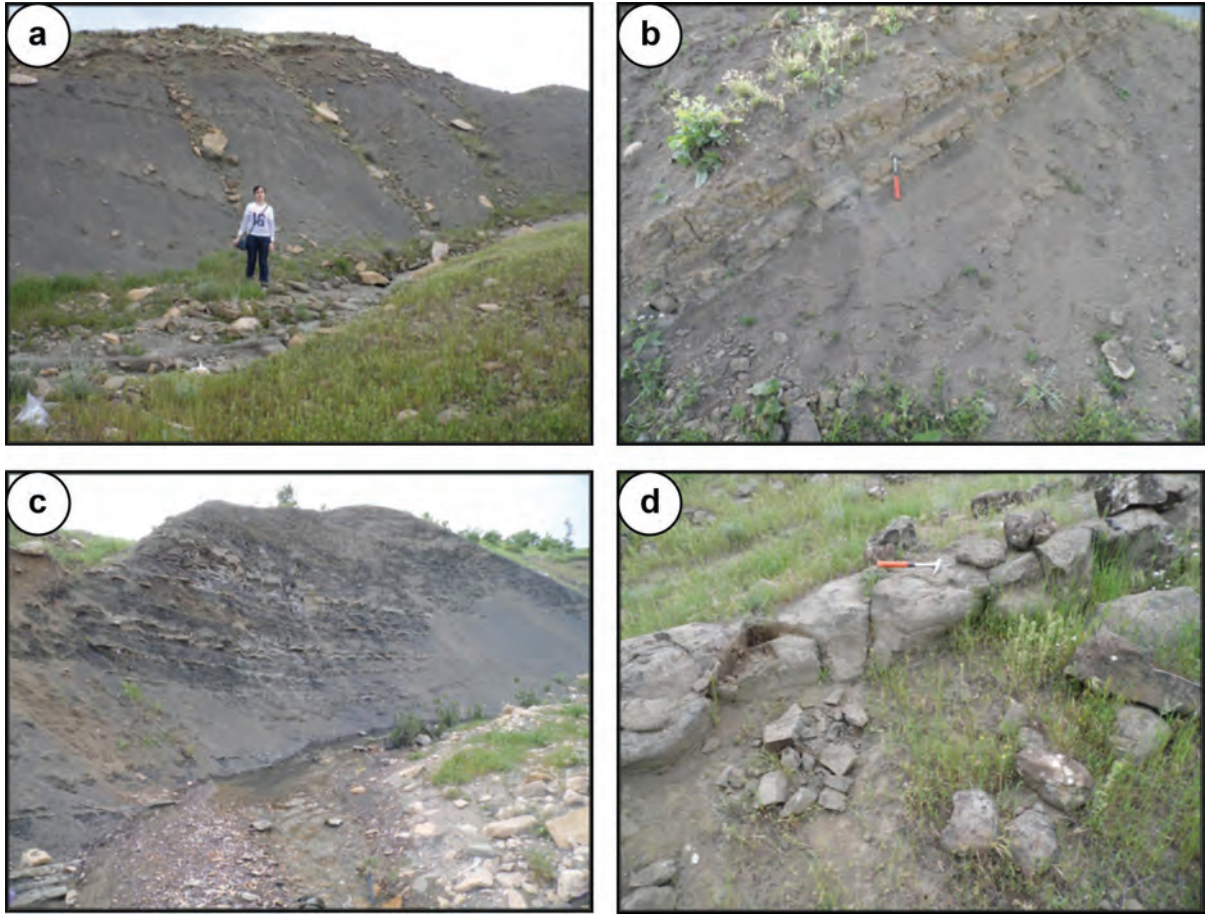
olup dağınık ve konkoidal kırıklıdır. Şeyllerin arasında gözlenen kumtaşlarında genellikle küresel karbonatlı çört yumruları 5-10 cm çapındadır. Sert çıkıntıları temsil eden kumtaşı aratabakalarının kalınlıkları 10-20 cm arasında değişmektedir. Kumtaşı aratabakalarında yer yer kalsedonlu yumrular gözlenmektedir. Üst Germav Üyesi'ne ait gri renkli şeyl-kumtaşı aratabakaları sert çıkıntıları temsil etmektedir. Kumtaşları tabakaları kırıklı / çatlaklı olup küresel parçalar biçiminde ayrılmaktadır. Bazı alanlarda kumtaşlarının kalınlıkları 1 m'ye ulaşmaktadır. Formasyonun üst kesimlerinde ise gri renkli kumlu kireçtaşları da bulunmaktadır (Şekil 3d).

PETROGRAFI

Optik Mikroskop İncelemeleri

Birime ait klastik (kumtaşı, şeyl, karbonatlı şeyl) ve killi-karbonat (marn, dolomitik marn, kumlu kireçtaşı) özelliğinde toplam 46 örnekte petrografik incelemeler yapılmıştır.

Birimi temsil eden sedimanter kayaçlar epiklastik ve pelitik olmak üzere iki farklı taneli bileşime sahip olup farklı dokusal ilişkiler göstermektedir. Birimin yaygın kayaç türlerinden biri olan klastik dokulu köşeli ve yer yer küresel tanelerden oluşan, orta-iyi boylanmalı karbonatlı kumtaşlarıdır (MKP-53: feldispat %50 + fillosilikat / kil %29 + kalsit %21) (Şekil 4a). Taneler köşeli ve/veya yarı yuvarlak olup, bağlayıcı malzeme serizitleşme ve killeşmenin yaygın olduğu kil ve karbonat minerallerinden oluşmaktadır. Bu kayaçların açık renkli bileşenlerini kuvars, feldispat, mika (muskovit), koyu renkli bileşenlerini ise biyotit, klorit ve Fe-oksit mineralleri oluşturmaktadır. Bunlardan kuvarslar çoğunlukla polikristalin özelliğe sahiptir. Muskovit minerallerinde kataklazma izlerine sahip belirgin bükülmeler izlenmektedir. Çubuksu feldispatlarda bükülmüş ikiz lamelleri belirgindir (Şekil 4b).



Şekil 3. Germav Formasyonu kayaçlarının arazi fotoğrafları, a) Alt Germav Üyesi'ne ait siyah renkli şeyller (Düğünürdu köyü), b) Alt Germav Üyesi'ne ait karbonatlı kumtaşları (Düğünürdu köyü), c) Üst Germav Üyesi'ne ait kumtaşı ve şeyller (Akçaköy), d) Üst Germav Üyesi'ne ait gri renkli kumlu kireçtaşları (Akçaköy).

Figure 3. The field photographs of the rocks from the Germav Formation, a) Shales of black color from Lower Germav Member (Düğünürdu village), b) Sandstones with carbonate from Lower Germav Member (Düğünürdu village), c) Sandstones and shales from Upper Germav Member (Akça village), d) Sandy limestones of gray color from Upper Germav Member (Akça village).

Fe-oksit bakımından zengin kumtaşlarında (MKP-34: feldispat %35 + fillosikat / kil %30) + kalsit %22 + götit %8 + kuvars %5) yer yer ışınal kil ve /veya analsim minerallerinin yanısıra volkan camı malzemesi içeren izotrop görünümlü kayaç parçaları da dikkat çekmektedir (Şekil 4c).

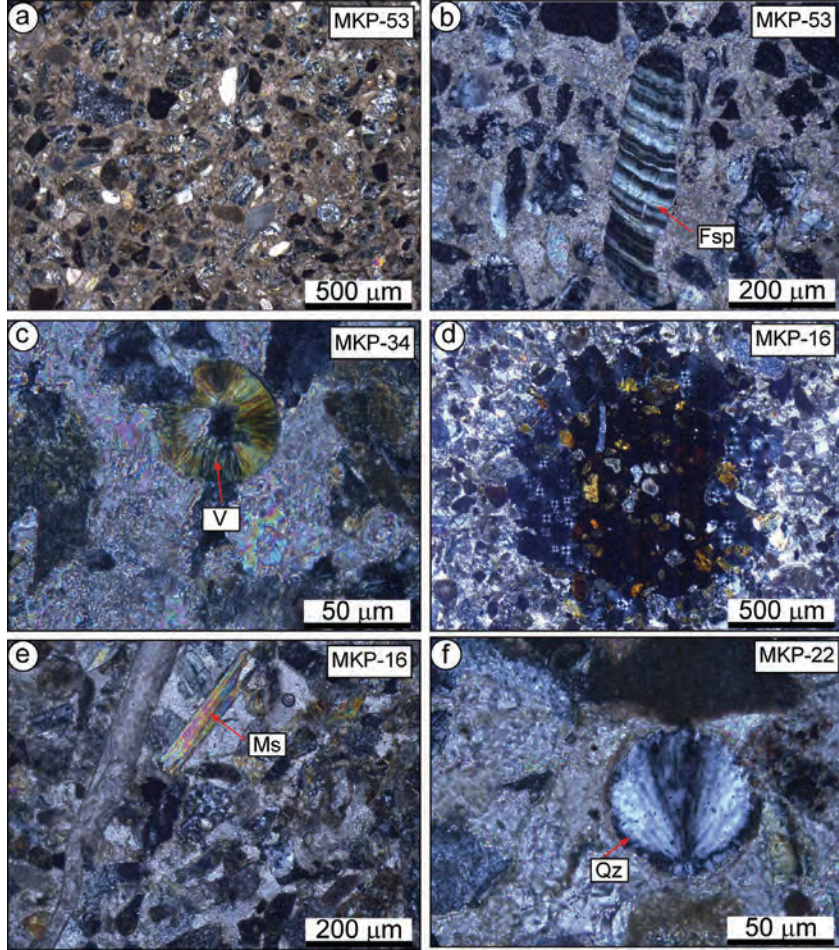
Karbonatlı kumtaşlarının (MKP-16: feldispat %46 + fillosikat / kil %27 + kalsit %23 + kuvars %4) küresel gözeneklerinde ışınal lifsi vermikülit mineralleri bulunmaktadır (Şekil 4d). Bu

kayaçlardaki muskovit mineralleri iri ve levhamsı biçimdedir (Şekil 4e). Kumtaşlarında yer yer fosil kavkaları da gözlenmektedir. Birimin içerisinde bazı kalsit mineralleri özşekilli olup, rombohedral bir biçim sunmaktadır. Kumtaşlarında bütünüyle kalsit mineralleri içeren kayaç parçaları da gözlenmektedir.

Birimi temsil eden yaygın kayaç türü pelitik dokulu şeyllerdir. Çok ince tane boyu, yüksek miktardakil içeriği ve tipik çizgisel laminasyonların

gözlenmesi gibi dokusal özellikleri göz önünde bulundurularak Folk'a (1962) göre şeyl olarak tanımlanan bu kayalarda kil matriks içerisinde kuvars, kalsit, feldispat ve hematit mineralleri bulunmaktadır. Pelitik dokulu bu kayalarda yer yer izotrop ve/veya opak görünümlü mineraller gözlenmektedir. Koyu renkli laminasyonlar içeren bu kayalar bol miktarda Fe-oksit mineralleri

içermeleri ile tipiktir. Bazı şeylerde (MKP-22: fillosilikat / kil %47 + kalsit 32 + feldispat %11 + kuvars %10) karbonat miktarının fazla olması nedeniyle karbonatlı şeyl olarak adlandırılan kayalarda kuvars mineralleri yer yer ışınal görünümlü küresel oluşumlar (olasılıkla çört taneleri) biçiminde yer almaktadır (Şekil 4f).



Şekil 4. Germav formasyonu kırıntılı kayaların optik mikroskop görüntüleri (çift nikol; Fsp=Feldispat, V=Vermikülit, Ms=Muskovit, Qz=Kuvars), a) Orta boylanmalı kumtaşlarında köşeli ve küresel taneler, b) Feldispatlarda bükülmüş ikiz lamelleri, c) Küresel gözeneklerde ışınal-lifsi vermiculit mineralleri, d) İzotrop analsim, kil ve volkan camı malzemesi içeren volkanik kayaç parçası, e) İri levhamsı muskovit minerali, f) Karbonatlı şeylerde küresel gözeneklerde ışınal kuvars oluşumları.

Figure 4. Optical microscopic views of detrital rocks from the Germav Formation (crossed polarized light; Fsp=Feldspar, V=Vermiculite, Ms=Muscovite, Qz=Quartz), a) Angular and spherical grains in the medium-sorting sandstones, b) Banded twin lamella in the feldspars, c) Radial-fibrous vermiculite minerals in the spherical pores, d) Volcanic rock fragment bearing material of isotropic analcime, clay and volcanic glass, e) Coarse-grained platy muscovite mineral, f) Spherical pores radial quartz occurrences in the shales with carbonate.

Birimde kırıntılı kayalar ile arakatlı olarak bulunan killi-karbonatlı kayalar (marn, killi kireçtaşı ve ender killi dolomit) mikritik dokuludur. Ortokemi karbonat çimento ve kil matriksi kil, allokemleri yer yer bol miktardaki kavkı (biyomikritler), silt boyutunda kuvars ve feldispat taneleri oluşturmaktadır. Bu kayalarda kalsit ve feldispat mineralleri içeren küresel kayaç parçaları, çatlaklarda yer yer sparitik iri kalsit oluşumları da gözlenmektedir.

Taramalı Elektron Mikroskop İncelemeleri

Germav Formasyonu kayalarındaki minerallerin SEM-EDS yöntemiyle belirlenmiş ana element analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Bu incelemelere göre, kayaların dokusal ilişkileri ve tümkayaç ve fillosilikat / kil minerallerinin (smektit, illit, serpantin, vermikülit, klorit ve karışık tabakalı fillosilikat / kil mineralleri) şekil ve biçim özellikleri birbirine göre önemli farklılıklar sunmaktadır.

Kumtaşlarında (MKP-16: XRD-TK feldispat %46 + fillosikat / kil %27 kalsit %23 + kuvars %4; XRD-KF vermikülit %85 + serpantin %10 + klorit %5) birlikteliğine sahip ideal gelişmiş özşekilli pirit (?) kristali bunlardan birisidir (Şekil 5a). Vermikülitler yaklaşık 1 mm boyutlarında kalın levhalar biçiminde gözlenmektedir (Şekil 5b). Kumtaşlarında kalsitik bileşimli ağ dokulu kurtçuklar biçiminde 0.5 mm boyutlarında oluşumlar da bulunmaktadır (Şekil 5c). Matrikste yer yer elips şekilli gözeneklerde bal peteği görünümünde karışık tabakalı klorit-smektit (C-S) oluşumları da dikkat çekmektedir (Şekil 5d).

Germav Formasyonu'nun karbonatlı kumtaşlarının (MKP-17: XRD-TK feldispat %34 + fillosikat / kil %23 +kuvars %23 + götit %13 + dolomit %7), XRD-KF C-V %92 + illit %3 + serpantin %3 + klorit %2) 13) Matrikste bal peteği görünümlü iri C-S yaprakları bulunmaktadır (Şekil 5e). Kayacın bazı seviyelerinde ışınal ve lifsi biçimli serpantin mineralleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 5f). Liflerin boyutları 25-30 mm arasında değişmektedir. Lifler üst üste yığılmış kütleler şeklinde gözlenmektedir.

Çizelge 1. Germav Formasyonu minerallerinin SEM-EDS ana element analiz sonuçları (%).

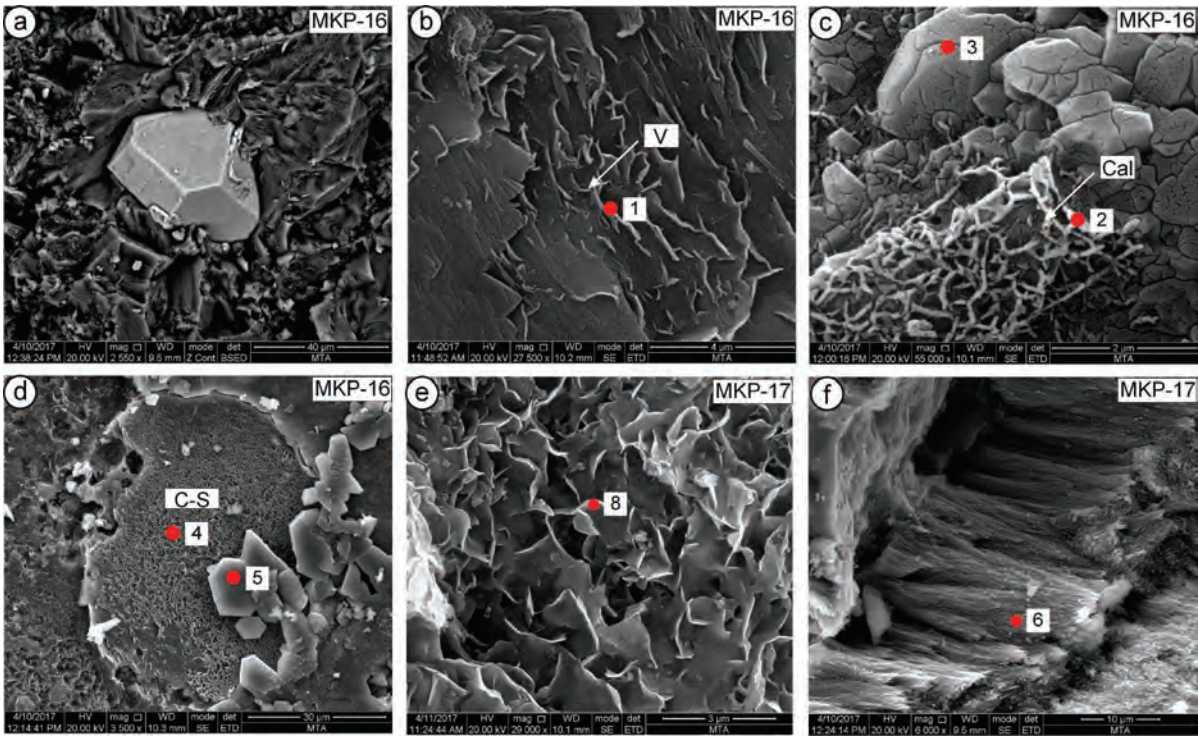
Table 1. Results of SEM-EDS major element analyses of minerals from Germav Formation (%).

Örnek No	Spektrum No	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SFe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Mineral
MKP-16	1	48.86		15.91	6.81	15.73	7.26	3.10	1.05	Vermikülit
	2						55.00			Kalsit
	3	100.00								Kuvars
	4	45.12		9.75	10.49	15.67	19.42		0.24	C-S
	5	100.00								Kuvars
MKP-17	6	34.08		2.17	7.25	41.76	2.91			Serpantin
	8	56.02		15.61	14.07	27.14	2.02	0.76		C-S

X-IŞINI MİNERALOJİSİ

Birime ait klastik (kumtaşı, şeyl, karbonatlı şeyl) ve killi-kumlu-karbonatlı (marn, dolomitik marn, kumlu kireçtaşı) kayalarda toplam 46 örnekte XRD-TK ve KF incelemeleri yapılmıştır. XRD-TK çözümlenmelerine göre kayalarda; bozunma / bozuşma (fillosilikat), magmatik (feldispat, piroksen) ve kimyasal ve/veya diyajenetik (kuvars,

dolomit, analsim, götit) kökenli mineraller gözlenmektedir. Kumtaşlarında kalsit + kuvars + feldispat + fillosilikat / kil parajenezi gözlenmekle birlikte, bu birlikteliğe yer yer piroksen, analsim, hematit ve götit eşlik etmektedir. Bazı kumtaşlarında ortaya çıkan analsim mineralleri (040) ve (112) yüzeylerine karşılık gelen sırasıyla 3.41 Å ve 5.57 Å pikleri yardımıyla ayırt edilmiştir (Şekil 6a).



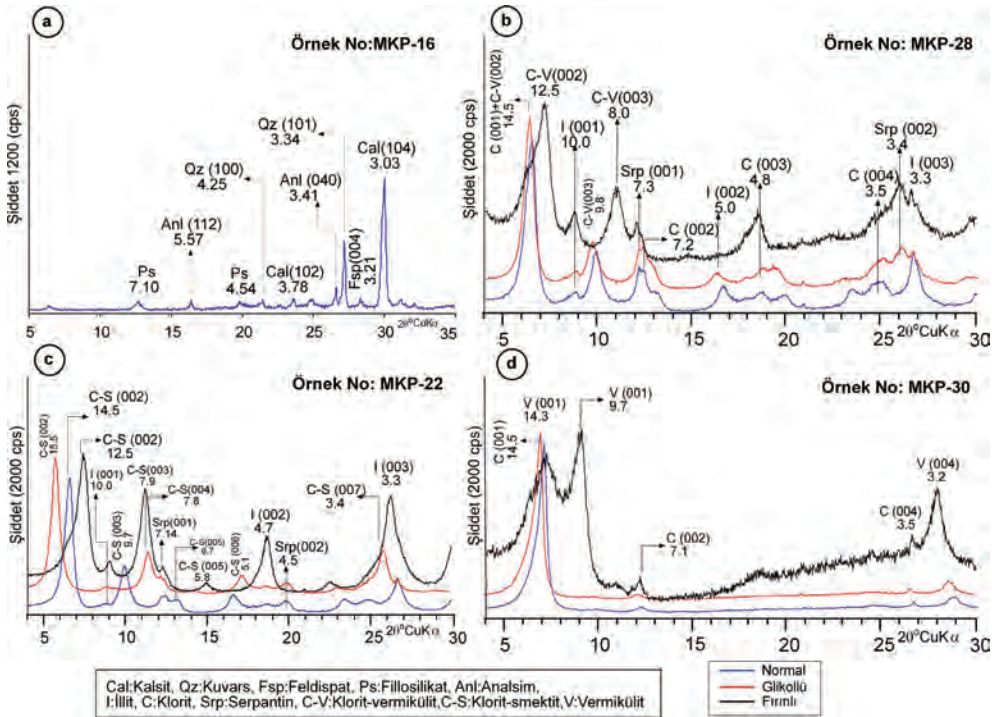
Şekil 5. Germav Formasyonu kumtaşlarında SEM mikrofotografı (C-S=Karışık tabakalı klorit-smektit, V=Vermikülit, Qz=Kuvars, Cal=Kalsit, 1=EDS spektrum noktaları), a) Özşekilli pirit kristali, b) Kalın vermikülit yaprakları, c) Özşekilli kuvarslar ve ağ dokulu kalsitik oluşumlar d) Gözeneklerde bal peteği görünümünde C-S ve hegzagonal kuvars oluşumları, e) Matrikste iri C-S yaprakları, f) Serpantin liflerinin oluşturduğu demetler.

Figure 5. SEM photomicrographs of sandstones from Germav Formation (C-S=Mixed-layer chlorite-smectite, V=Vermiculite, S=Smectite, Qz=Quartz, 1=EDS spectrum points), a) Euhedral pyrite crystal, b) Thick vermiculite plates, c) Euhedral quartzes and calcitic occurrences with mesh texture, d) C-S with honeycomb appearance in the pores and hexagonal quartz occurrences, e) Rock fragment consisting of serpentine fibres, f) Bundles forming of serpentine fibres.

XRD-KF incelemelerinde saptanan fillosilikat / kil mineralleri; illit, klorit, serpantin (Srp), vermikülit (V) ve smektit (S) olup, karışık tabakalılar ise klorit-smektit (C-S), klorit-vermikülit (C-V), illit-klorit (I-C) ve illit-vermikülit (I-V). Parajenezleri çoğunlukla C-S + C + I temsil etmekle birlikte; C-V + C + I, V + Srp + I, I-C + I-V ve S + C birliklikleri de gözlenmiştir.

Kumtaşlarında belirlenen fillosilikat / kil minerallerinden serpantinde (001) ve (002) yüzeylerine 7.35 Å ve 3.7 Å pikleri karşılık gelmekte; özellikle klorit mineralinin (002) yüzeyine ait 7.2 Å pikinden ayrılmaktadır. Klorit ve C-V mineralleri sırasıyla (001) ve (002) yüzeyine ait normal ve glükollü çekimlerdeki

14.5 Å pikinden ziyade, C-V mineralinin (002) yüzeyine ait fırınlı çekimde yer alan 12.4 Å piki ile klorit mineralinden ayırt edilmiştir (Şekil 6b). Bazı şeyllerde ortaya çıkan C-S mineralleri (002) yüzeyine karşılık gelen sırasıyla normal, glükollü ve fırınlı çekimdeki 14.5 Å, 16.1 Å ve 12.5 Å pikleri yardımıyla ayırt edilmiştir (Şekil 6c). Şeyllerde C-S minerallerine eşlik eden diğer fillosilikat / kil minerali olan illit minerali ise (001) ve (002) yüzeyleri (10.0 Å ve 5.0 Å) ile tanımlanmıştır. Bazı şeyllerde ortaya çıkan vermikülit minerallerinde (001) yüzeyi ve (004) yüzeyine karşılık gelen sırasıyla 14.3 Å ve 3.2 Å pikleri gözlenmiştir. Özellikle (001) yüzeyine karşılık gelen 9.7 Å daki fırınlı piki ile klorit mineralinden ayırt edilmiştir (Şekil 6d).



Şekil 6. Germav Formasyonu kırıntılı kayaçlarının XRD-TK ve -KF difraktogramları, a) Karbonatlı kumtaşlarında analsim, kalsit ve eşlikçi mineraller, b) Kumtaşlarında serpantin ve eşlikçi mineraller, c) Şeyllerde C-S ve eşlikçi mineraller, d) Şeyllerde vermikülit ve eşlikçi mineraller.

Figure 6. XRD-WR and -CF diffractograms of detrital rocks from Germav Formation, a) Analcime, calcite and associated minerals in the sandstones with carbonate, b) Serpentine and associated minerals in the sandstones, c) C-S and associated minerals in the shales, d) vermiculite and associated minerals in the shales.

MİNERALERİN DİKEY DAĞILIMI

Alt Germav Üyesi karbonatlı şeyl, karbonatlı kumtaşı ve marn türlerini temsil eden seviyelerin ardalı olarak bulunmaktadır (Şekil 7). Kalsit tüm seviyelerde bulunmakla birlikte parajenez %21-72 arasında değişen oranlarda katılmaktadır. Dolomit birimin alt ve orta seviyelerinde ortaya çıkmakla birlikte %2 civarında gözlenmektedir. Kuvars minerali tüm seviyelerde ortaya çıkmaktadır. Şeyl ve kumtaşlarında oransal olarak %10-20 miktarlarına sahiptir. Feldispat mineralleri daha çok şeyl türü kayaçlarda gözlenmekle birlikte kumtaşlarında da bulunmaktadır. Birimin taban seviyesinde yer alan kumtaşlarında %50 oranında gözlenmektedir.

Fillosilikat / kil mineralleri tüm seviyelerde gözlenmektedir. Bu bileşenler parajenez kumtaşlarında %20-30, şeyl türü ince taneli kayaçlarda %40-60 mertebesinde katılmaktadır. Analsim türü zeolit minerali sadece bir seviyede ortaya çıkmıştır. Fillosilikat / kil fraksiyonunu illit, klorit, smektit, vermikülit ve C-S mineralleri temsil etmektedir. Bunlardan illit bazı kumtaşı ve daha çok şeyl türü kayaçlarda ortaya çıkmaktadır. Kumtaşlarında ortaya çıkan illitler % 6-8, şeyl türü kayaçlarda ise % 3-12 oranına çıkmaktadır. Klorit yaklaşık tüm seviyelerde yaygın olarak ortaya çıkan ve kayaç türlerine bağlı olmaksızın gözlenen bir mineral türüdür. Özellikle taban seviyelere doğru miktar olarak artış sergilemektedir. Vermikülit; klorit minerallerine eşlik etmekle birlikte, sadece birimin taban seviyelerinde % 29-55 bolluğuna sahiptir. Smektit minerali sadece analsim mineralinin bulunduğu seviyede gözlenmekle birlikte alt seviyede yer almaktadır. C-S minerali Alt Germav Üyesi için karakteristik olmakla birlikte kayaç seviyelerinde %65-95 arasında yüksek oranlarda bulunmaktadır.

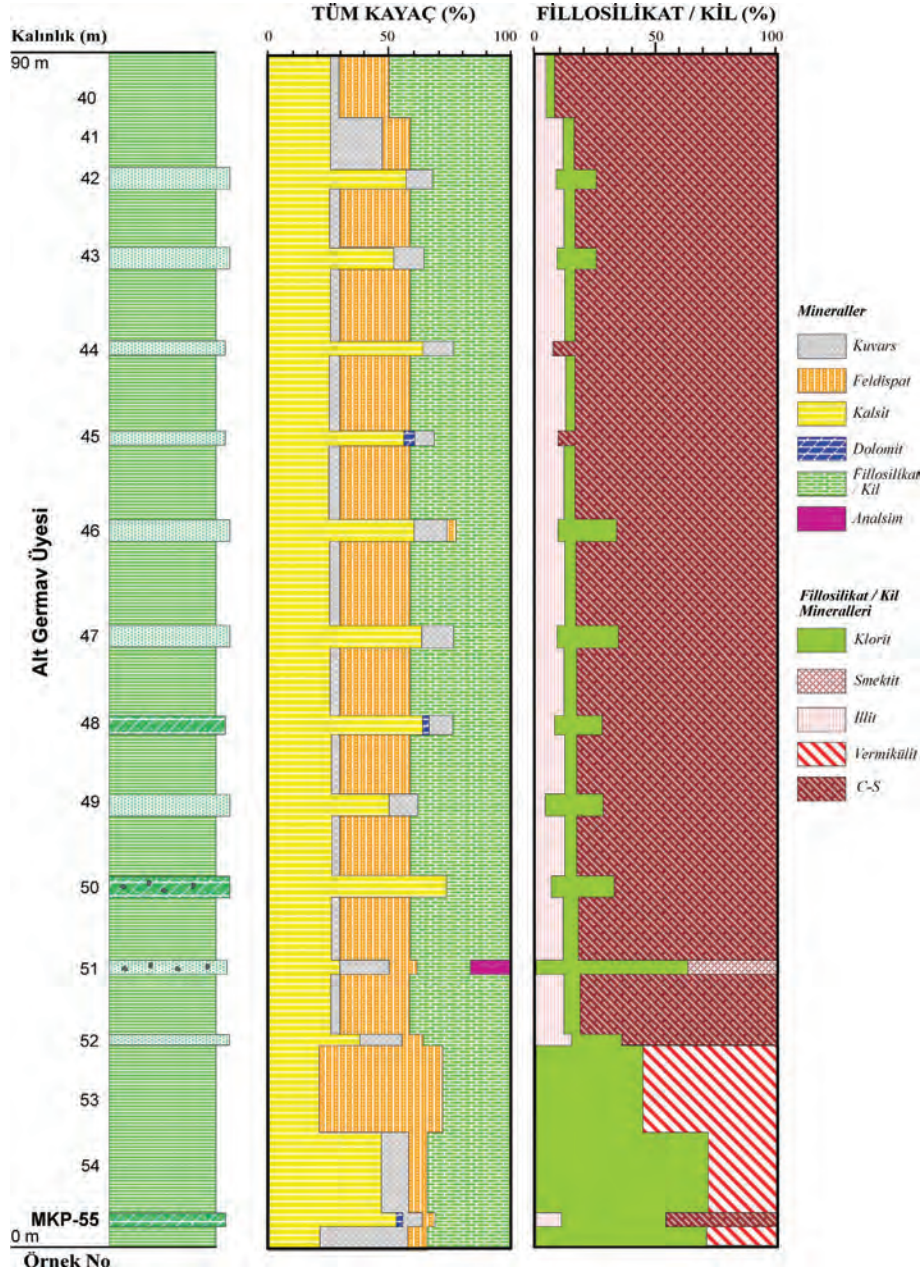
Üst Germav Üyesi'nde şeyl, kumtaşı ve marn temsil eden seviyelerin ardalı geçişi söz konusudur (Şekil 8). Kalsit mineralleri kayaçların hemen hemen tümünde gözlenmekte olup bu

seviyeler şeyl, marn ve kumtaşları ile temsil edilmektedir. Dolomit mineralleri üyenin orta ve üst seviyelerinde ortaya çıkmaktadır. Dolomit mineralleri orta seviyelerde şeyl ve kumtaşlarında %5-10 oranında gözlenirken, üst seviyede yer alan kısımda %60 oranına ulaşmakta ve bu seviyeler marn olarak tanımlanmıştır. Kuvars tüm kayaçlarda bulunmakla birlikte çört yumruları olarak tanımlanan seviyelerde yumruların temel bileşimi nedeniyle %100 olarak bulunmaktadır. Diğer kayaçlarla birlikte değerlendirildiğinde kuvars tüm kayaç türlerinin bileşimine %10-30 oranında katılmaktadır. Feldispat mineralleri üyesinin orta ve üst seviyelerinde ortaya çıkmaktadır. Kumtaşlarında ve bazı şeyl seviyelerinde %10-30 oranında diğer minerallere eşlik etmektedir. Üyenin en alt seviyelerinde feldispatlar gözlenmemiştir. Piroksen mineralleri sadece bir kumtaşı seviyesinde ortaya çıkmakta olup birimin alt seviyesine karşılık gelmektedir. Ender olarak gözlenen analsim minerali yine tek bir seviyede ortaya çıkmış olup, oldukça düşük miktarda (%5) gözlenmektedir. Fe-oksit-oksihidroksit minerallerinden hematit ve götit bazı şeyl ve kumtaşlarında gözlenmekte olup, %5-10 oranında mineralojik bileşime katılmaktadır.

Fillosilikat / kil fraksiyonunu illit, klorit, smektit, serpantin, vermikülit ve karışık tabakalı kil mineralleri olan C-S, I-C, C-V ve I-V ile temsil etmektedir. Bunlardan illit bazı kumtaşı ve daha çok şeyl türü kayaçlarda ortaya çıkmaktadır. Kumtaşlarında ortaya çıkan illitler %5-7, şeyl türü kayaçlarda ise %5-20 oranına ulaşmaktadır. Klorit yaklaşık tüm seviyelerde yaygın olarak ortaya çıkan ve kayaç türlerine bağlı olmaksızın gözlenen bir mineral türüdür. Özellikle üst seviyelere doğru miktar olarak artış sergilemektedir. Vermikülit minerali klorit ve C-V mineralinden sonra en yaygın diğer mineral türü olarak saptanmıştır. Klorit minerallerine eşlik eden bu mineraller birimin tüm seviyelerinde %30-50 oranında gözlenmektedir. Serpantin minerali sadece Üst Germav Üyesi içinde bulunmakta olup, %5-10

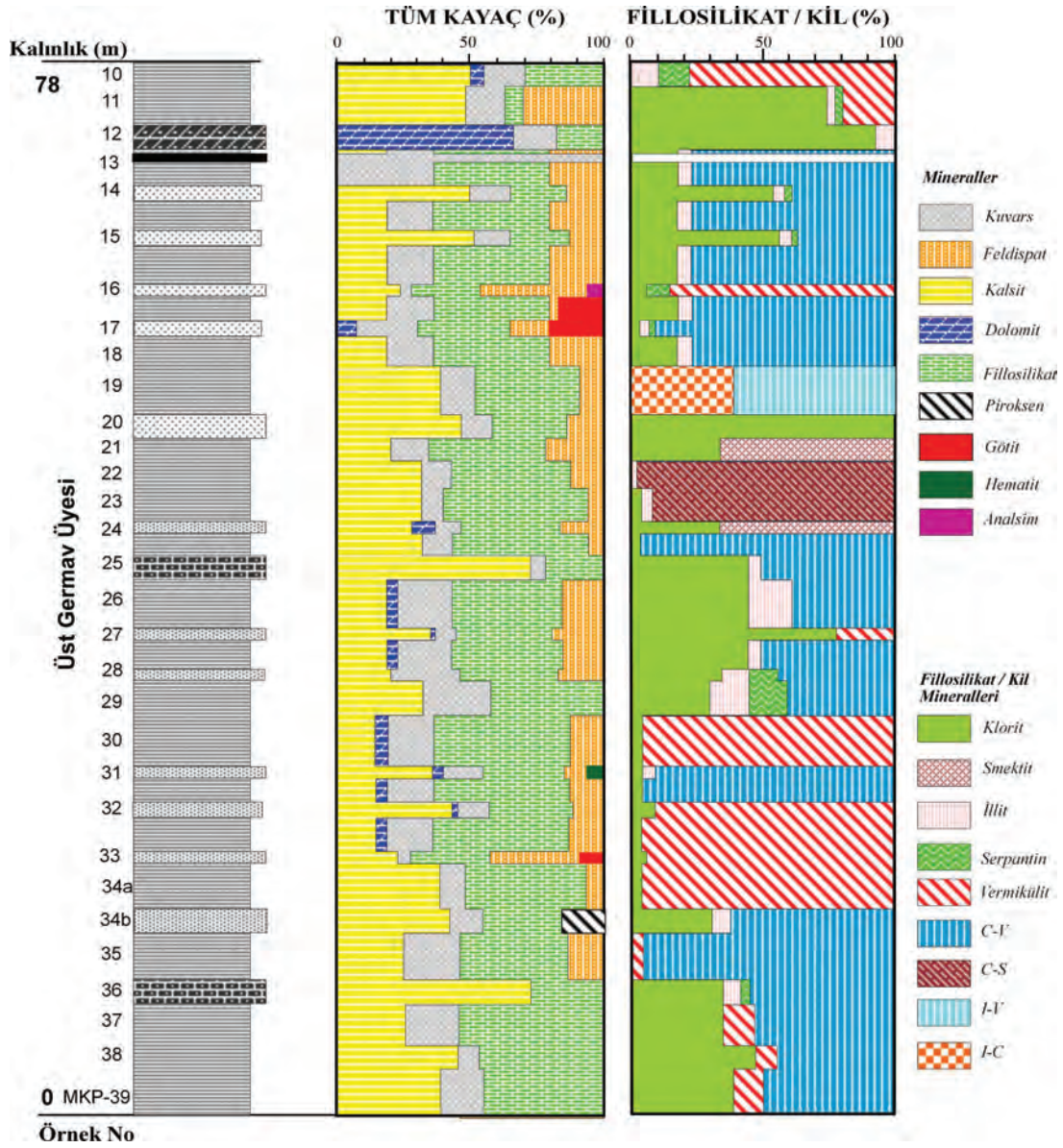
oranlarında diğer fillosilikat / kil minerallerine eşlik ettiği belirlenmiştir. C-V minerali birimin tüm seviyelerinde yaygın olan diğer fillosilikat / kil mineral türüdür. Bulunduğu seviyelerde klorit ve vermikülit minerallerine eşlik etmektedir. %30-

60 oranında bileşime katılmaktadır. C-S minerali sadece üyenin orta kesimlerine karşılık gelen iki seviyede saptanmış olup, bu mineralin yanında az miktarda illit veya klorit bulunmaktadır.



Şekil 7. Alt Germav Üyesi'nin tüm kayaç ve fillosilikat / kil minerallerinin dikey dağılımı.

Figure 7. The vertical distribution of whole rock and phyllosilicate / clay minerals of Lower Germav Member:



Şekil 8. Üst Germav Üyesi'nin tüm kayaç ve fillosilikat / kil minerallerinin dikey dağılımı.

Figure 8. The vertical distribution of whole rock and phyllosilicate / clay minerals of Upper Germav Member.

JEOKİMYA

Bu çalışmada Üst Kretase-Paleosen yaşlı Germav Formasyonu'nda saf ve safa yakın fillosilikat / kil mineral bileşimi sunan kayalardan Üst Germav Üyesi'ne ait 5 adet farklı türü (klorit-C, vermikülit-V, C-V, I-C ve C-S) temsil eden örneklerde analizler yapılmış olup, ana ve iz

element içerikleri ile yapısal formülleri Çizelge 2 ve 3'de sunulmuştur. Yapısal formüller C, V, C-V, I-C ve C-S için sırasıyla 14 ve 12.5 oksijen atomuna göre hesaplanmıştır (Weaver ve Pollard, 1973).

Farklı kil mineral türünü içeren sonuçlara göre tüm minerallerde tetrahedral Si-Al (0.06-

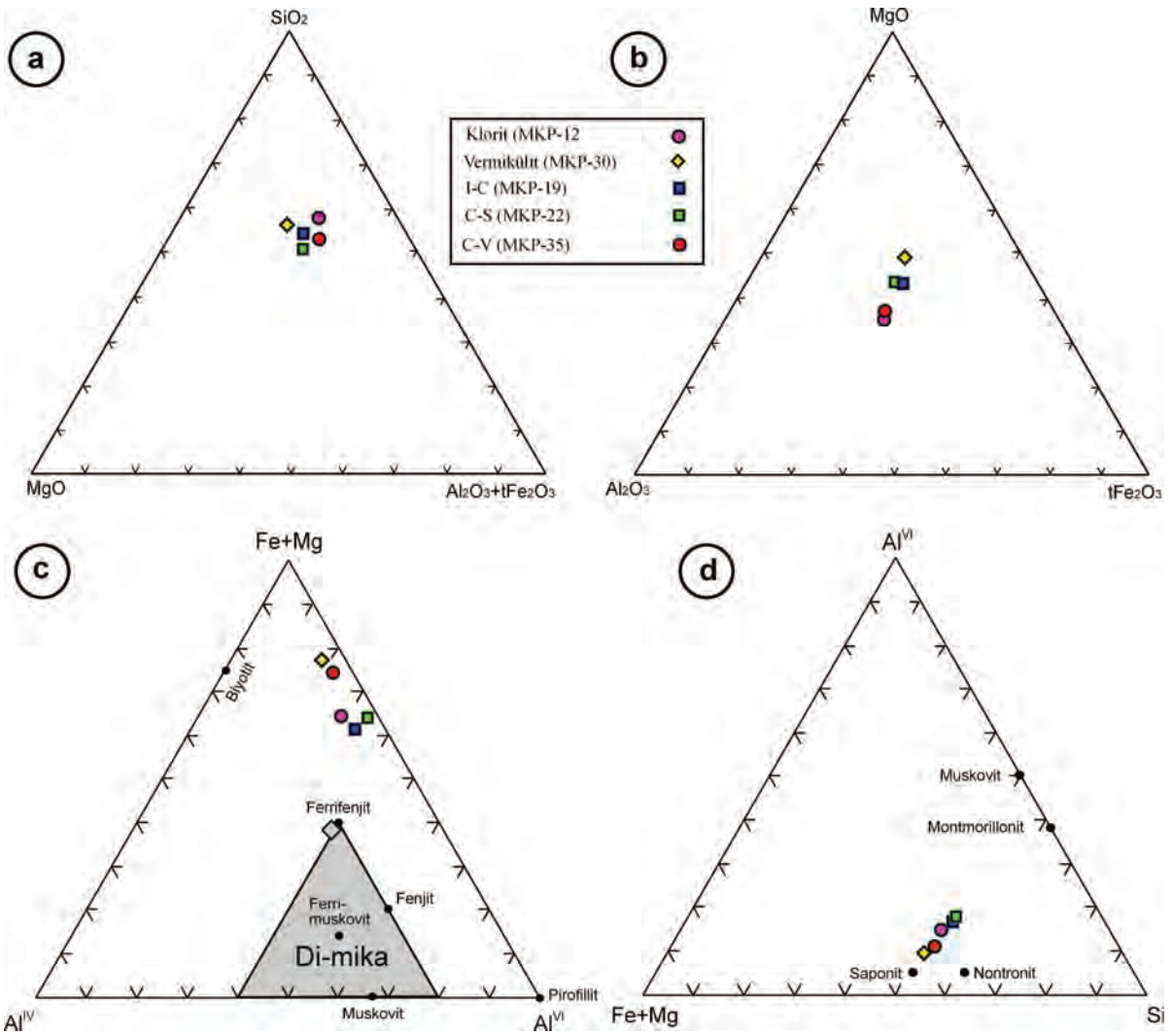
0.25) ve oktahedral Al-Fe-Mg-Ti (0.03-3.66) süstitüsyonları yaygındır. Yapraklar arasında Na, K, Ca ve bazıları için P bulunmakta ve miktarları 0.01-0.21 arasında değişmektedir. Toplam oktahedral yük miktarı ortalama 3.53 (3.42-3.66) olup; yapıda genellikle trioktahedral, kısmen de dioktahedral tabakaların bulunduğunu göstermektedir. C-S, I-C ve C-V minerallerinde bu bileşimsel aralıkların geniş olması; C ve/veya S tabakalarının yüzdesi ve oktahedral tabakaların bileşimi ile ilişkili olduğu biçiminde değerlendirilmiştir. Mn ve Cr oranı çok düşük olduğu için kimyasal formülde eklenmemiştir. Buna göre kil minerallerine ait kimyasal bileşimler aşağıda sunulmuştur: $(\text{Si}_{3.75}\text{Al}_{0.25})$ $(\text{Na}_{0.07}\text{Ca}_{0.06}\text{K}_{0.18}\text{P}_{0.02})$ $(\text{Al}_{1.04}\text{Fe}_{0.77}\text{Mg}_{1.59}\text{Ti}_{0.05})$ $\text{O}_{10}(\text{OH})_5$ (C), $[\text{Si}_{3.87}\text{Al}_{0.13}]$ $(\text{Na}_{0.03}\text{Ca}_{0.03}\text{K}_{0.04}\text{P}_{0.00})$ $(\text{Al}_{0.70}\text{Fe}_{0.90}\text{Mg}_{2.03}\text{Ti}_{0.03})$ $\text{O}_{10}(\text{OH})_5$ (V), $[\text{Si}_{3.94}\text{Al}_{0.06}]$ $(\text{Na}_{0.03}\text{Ca}_{0.03}\text{K}_{0.18}\text{P}_{0.00})$ $(\text{Al}_{1.17}\text{Fe}_{0.63}\text{Mg}_{1.57}\text{Ti}_{0.06})$ $\text{O}_{10}(\text{OH})_5$ (C-S), $[\text{Si}_{3.80}\text{Al}_{0.20}]$ $(\text{Na}_{0.03}\text{Ca}_{0.04}\text{K}_{0.21}\text{P}_{0.01})$ $(\text{Al}_{1.15}\text{Fe}_{0.74}\text{Mg}_{1.47}\text{Ti}_{0.06})$ $\text{O}_{10}(\text{OH})_5$ (I-C), $[\text{Si}_{3.87}\text{Al}_{0.13}]$ $(\text{Na}_{0.04}\text{Ca}_{0.02}\text{K}_{0.06}\text{P}_{0.02})$ $(\text{Al}_{0.78}\text{Fe}_{0.94}\text{Mg}_{1.80}\text{Ti}_{0.03})$ $\text{O}_{10}(\text{OH})_5$ (C-V).

Kil minerallerinin ana bileşimine katılan oksitlerden SiO_2 - MgO - Al_2O_3 + tFe_2O_3 üçgen diyagramında, tüm birimlere ait kil mineralleri SiO_2 - Al_2O_3 + tFe_2O_3 diyagramında tam orta kısımda kümelenmiş olarak yer almaktadır (Şekil 9a). MgO - Al_2O_3 - tFe_2O_3 diyagramında ise MgO köşesinde Al_2O_3 - tFe_2O_3 çizgisine doğru C, C-V, I-C, C-S ve V biçiminde bir yönelim sergilemektedir (Şekil 9b). I-C ve C-S, C ve C-V yaklaşık aynı kimyasal bileşime karşılık gelen noktada, bulunmaktadır.

Oktahedral (Fe+Mg)- Al^{VI} -tetrahedral Al^{IV} üçgen diyagramında; tüm mineraller Fe+Mg köşesine yakın Fe+Mg- Al^{IV} bulunmaktadır (Şekil 9c). Oktahedral Al-(Fe+Mg)-tetrahedral Si üçgen diyagramında ise; yine tüm mineraller üçgenin sağ-alt kesiminde Fe+Mg)-Si çizgisine paralel saponit-montmorillonit arasındaki alanda saponit bileşimine daha yakın konumlanmaktadır (Şekil 9d).

Fillosilikat / kil minerallerinde toplam derişimleri (ppm) sırasıyla vermikülit için 227, I-C için 359, C-V için 409, C-S için 522 ve klorit için 578 olarak saptanmıştır. Bu değerlerden itibaren en az zenginleşme vermikülit; buna karşın en fazla zenginleşme klorit mineralinde gerçekleşmiştir.

Fillosilikat / kil minerallerinin kondrit değerlerine (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilerek iz element dağılımı incelenmiştir (Şekil 10a). Bu minerallerin iz element değerleri kondrit bileşimi ile karşılaştırıldığında; türediği kayaca, minerallere ve elementlere göre zenginleşme (yaklaşık 93 kat Th için)-fakirleşmeler (yaklaşık 2 kat P için) ortaya çıkmakla birlikte, örneklerin desenleri kendi içinde ve NASC'den belirgin olarak değişmekte / farklılaşmakta ve/veya ayrımlaşmaktadır. Fillosilikat / kil minerallerinin kısmen Nb ve Ti değerleri hariç, diğer elementlerin tümünde NASC'ten daha düşük derişimlere sahiptir. Ayrıca fillosilikat / kil minerallerinde Th, Ta, Zr ve Ti elementleri için pozitif; K, Sr, P ve Eu için negatif anomali gözlenmektedir.



Şekil 9. Kil minerallerinin bazı ana oksit ve kanyonlara göre üçgen diyagramlardaki dağılımları, a) SiO₂-MgO-Al₂O₃+tFe₂O₃, b) MgO-Al₂O₃-tFe₂O₃, c) Oktahedral (Fe+Mg) -Al^{VI}-Al^{IV}, d) Oktahedral Al-(Fe+Mg) -Si.

Figure 9. The distributions of clay minerals in the triangular diagrams according to some major oxides and cations, a) SiO₂-MgO-Al₂O₃+tFe₂O₃, b) MgO-Al₂O₃-tFe₂O₃, c) Octahedral (Fe+Mg) -Al^{VI}-Al^{IV}, d) Octahedral Al-(Fe+Mg) -Si.

Çizelge 2. Germav Formasyonu fillosilikat / kil minerallerinin ana element kimyasal bileşimleri ve yapısal formülleri (SFe₂O₃: Toplam demir, LOI: Ateşte kayıp, TC: Tetrahedral yük, TOK: Toplam oktahedral katyon, OY: Oktahedral yük, TY: Tabakalararası yük, YAY:Yapraklar arası yük, TYY: Toplam tabaka yükü).

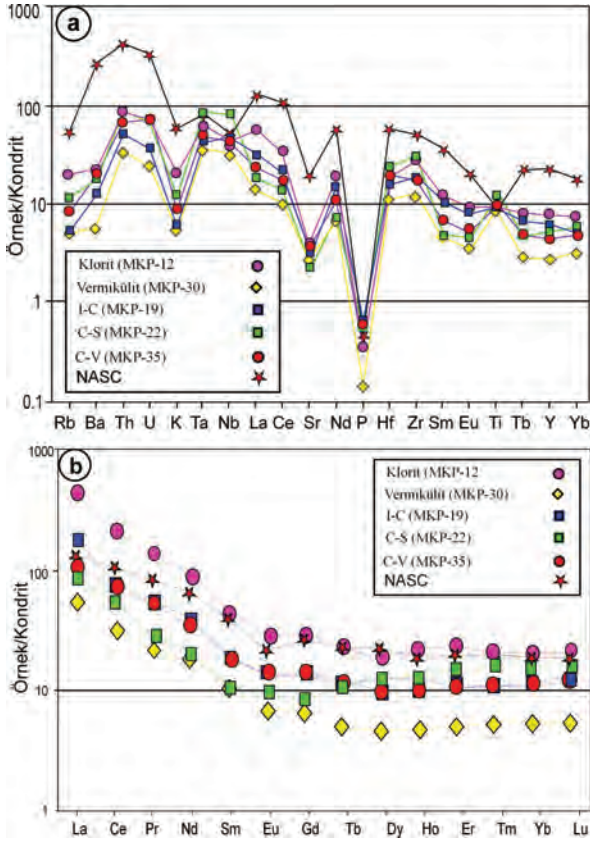
Table 2. Major element chemical compositions and structural formulas of phyllosilicate / clay minerals from Germav Formation (SFe₂O₃: Total iron, LOI: Loss on ignition, TC: Tetrahedral charge, TOK: Total octahedral cation, OY: Octahedral charge, TY: YAY: Interlayer charge, TYY: Total layer charge).

Mineral	C	I-C	C-S	V	C-V
Oksit % / Örnek No	MKP- 12	MKP- 19	MKP- 22	MKP- 30	MKP- 35
SiO ₂	47.15	43.07	42.57	45.84	43.38
TiO ₂	0.70	0.72	0.98	0.68	0.78
Al ₂ O ₃	11.58	9.42	11.35	7.93	12.72
SFe ₂ O ₃	10.69	11.20	12.07	10.11	11.69
MnO	0.05	0.08	0.04	0.03	0.04
MgO	12.17	15.88	18.15	17.79	14.56
CaO	0.75	1.30	0.32	0.83	0.86
Na ₂ O	0.54	1.68	1.37	0.47	0.90
K ₂ O	1.40	0.42	0.85	0.36	0.61
Cr ₂ O ₃	0.074	0.142	0.100	0.150	0.100
P ₂ O ₅	0.10	0.18	0.17	0.04	0.17
LOI	14.4	15.4	11.5	15.3	13.7
Toplam	99.73	99.66	99.62	99.65	99.66
Tetrahedral					
Si	3.75	3.80	3.94	3.87	3.87
Al	0.25	0.20	0.06	0.13	0.13
T.Y.	0.25	0.20	0.06	0.13	0.13
Oktahedral					
Al	1.04	1.15	1.17	0.70	0.78
Ti	0.05	0.06	0.06	0.03	0.03
Fe	0.77	0.74	0.63	0.90	0.94
Mg	1.59	1.47	1.57	2.03	1.80
O.Y.	0.19	0.15	0.22	0.02	0.12
T.O.K.	3.48	3.42	3.43	3.66	3.55
Yapraklararası					
Ca	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02
Na	0.07	0.03	0.03	0.03	0.04
K	0.18	0.21	0.18	0.04	0.06
P	0.02	0.01	-	-	0.02
Y.A.Y.	0.47	0.43	0.27	0.12	0.24
T.Y.Y.	0.44	0.35	0.28	0.15	0.15

Çizelge 3. Germav Formasyonu fillosilikat / kil minerallerinin iz element kimyasal bileşimleri (ppm).

Table 3. Trace element chemical compositions of phyllosilicate / clay minerals from Germav Formation (ppm).

Mineral	Klorit	I-C	C-S	V	C-V
Örnek No	MKP- 12	MKP- 19	MKP- 22	MKP- 30	MKP- 35
/Element	12	19	22	30	35
Cr	506	972	684	1026	684
Ni	848	1018	980	1216	849
Co	37.2	48.8	50.1	45.9	49.4
Sc	17	37	21	20	31
V	184	224	196	207	293
Cu	48.3	50.0	55.4	28.6	134.2
Pb	2.3	2.0	3.1	2.6	4.2
Zn	79	97	91	94	161
Bi	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sn	1	<1	1	<1	<1
W	3.3	2.7	6.5	3.1	5.0
Mo	0.2	<0.1	0.1	0.1	0.1
As	3.0	2.4	1.0	0.6	1.3
Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Be	1	<1	<1	2	<1
Ag	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Rb	46.4	12.4	27.0	11.8	19.7
Cs	2.3	1.0	1.0	1.1	1.3
Ba	54	31	45	14	44
Sr	29.5	23.0	17.5	20.0	25.9
Tl	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Ga	14.8	12.3	15.1	9.4	13.5
Ta	0.9	0.6	1.2	0.5	0.7
Nb	13.8	11.9	21.1	7.8	11.3
Hf	2.6	1.7	2.6	1.2	2.1
Zr	110.6	71.0	121.4	48.3	72.8
Y	12.7	9.7	8.4	4.4	7.3
Th	2.7	1.5	2.7	1.0	2.0
U	0.6	0.3	0.6	0.2	0.6
La	13.9	7.5	4.6	3.4	5.6
Ce	21.6	13.5	8.9	6.1	10.9
Pr	2.45	1.73	0.91	0.73	1.31
Nd	9.2	7.2	3.5	3.2	5.3
Sm	1.93	1.57	0.72	0.71	1.07
Eu	0.54	0.48	0.27	0.21	0.33
Gd	1.95	1.65	0.89	0.71	1.21
Tb	0.30	0.26	0.19	0.11	0.19
Dy	1.84	1.66	1.38	0.71	1.18
Ho	0.43	0.35	0.30	0.16	0.27
Er	1.36	1.05	0.99	0.50	0.85
Tm	0.19	0.15	0.16	0.08	0.13
Yb	1.29	0.89	1.07	0.54	0.85
Lu	0.19	0.14	0.16	0.08	0.14
Au	0.9	1.0	2.3	<0.5	4.0
Hg	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.04
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
TOT/C	0.68	0.28	0.31	0.29	0.29
TOT/S	0.03	0.03	0.05	<0.02	<0.02



Şekil 10. Fillosilikat / kil minerallerinin normalize element desenleri (Kondrit: Sun ve Mcdonough, 1989), a) İz elementler (Kondrit: Sun ve Mcdonough, 1989; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; NASC için Ho ve Tm: Haskin vd., 1968; diğer elementler: Gromet vd., 1984), b) REEs.

Figure 10. Chondrite-normalized element patterns of phyllosilicate / clay minerals (Chondrite: Sun and Mcdonough, 1989; Nb and Y for NASC: Condie, 1993; Ho and Tm for NASC: Haskin et al., 1968; other elements: Gromet et al., 1984); a) Trace elements, b) REEs

Fillosilikat / kil minerallerinin REE değerleri kondrite (Sun ve Mcdonough, 1989) göre normalize edilerek element derişimleri karşılaştırılmıştır (Şekil 10b). Ayrıca diyagramda Kuzey Amerikan Şeyl (North American Shale Composite-NASC) değerleri de eklenerek karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Kondrit değerlerine göre, minerallerin REE desenleri birbirinden ve

NASC'ten ayrılmakta ve belirgin farklılaşmayı / ayrımlaşmayı göstermektedir. Tüm fillosilikat / kil minerallerinin REE içerikleri klorit minerali hariç NASC'ten düşük olmakla birlikte, kondrite göre artış sergilemektedir. Toplam REE konsantrasyonu vermikülit mineralinde (72 ppm) en az, klorit mineralinde ise (225 ppm) ise en çoktur. Ayrıca kil minerallerinin LREE'in bollukları, HREE'e göre bir azalma göstermektedir. Fillosilikat / kil minerallerinde La-Lu konsantrasyonu için 59-3 kat zenginleşme görülmektedir. Eu elementi NASC vder tüm minerallerde kısmen negatif anomaliye sahiptir. Tb elementi için sadece C-S mineralinde kısmen pozitif anomali izlenmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Germav Formasyonu'ndan elde edilen mineralojik ve jeokimyasal sonuçlar ve tartışılması aşağıda yapılmıştır:

Germav Formasyonu'nun Alt Üyesi kil ve ayrıca silis yumrulu, Üst Üyesi ise karbonat seviyelerinin kısmen bolluğu ile birbirinden ayırt edilmektedir. Birime ait pelitik (şeyl, karbonatlı şeyl), klastik (kumtaşı) ve karbonat (marn, dolomitik marn, kireçtaşı) kayaçları bolluk sırasına göre kalsit, feldispat, kuvars ve bol miktarda opak mineraller ile birlikte bağlayıcı malzemeyi kil ve mikritik çimento (kalsit) oluşturmaktadır. Kumtaşlarında bileşenlerin köşeli olması köken malzemenin havzaya taşınma sürecinin daha kısa ve yakın alanlarda yüzeyleyen kayaçlardan beslendiği biçiminde yorumlanmıştır.

Germav Formasyonu'nun çoğunlukla ince taneliklastiklitoloji içeren kayaçları temsil eden şeyl ve kumtaşlarında magmatik (feldispat, piroksen, serpantin), bozunma / bozuşma, transformasyon ve/veya diyajenetik (illit, klorit, smektit, vermikülit, C-S, C-V ve I-C) ve kimyasal ve/veya neoformasyon kökenli (kalsit, dolomit, kuvars) mineralleri içermektedir. Kil minerallerinin türleri ve düşey dağılımları havzanın sedimantasyonu

sırasındaki büyük ölçüde ofiyolitik ve kısmen metamorfik birliklerden beslendiğini; ayrıca bozunma / bozuşma ve diyajenetik süreçlerin de etkili olduğunu bölgede yapılan çalışmalar da göstermektedir (Tetiker vd., 2016, 2017). Örneğin smektit ve analsimlerin artış gösterdiği bazı seviyelerde feldispat ve/veya piroksen minerallerinin de gözlenmesi; bu mineralin koyu renkli minerallerin bozunma / bozuşması dışında volkanik camdan itibaren geliştiğine de işaret etmektedir. Havzadaki beslenmenin Arap Plakası'nın kuzeyindeki Neotetis Okyanusu'nun sırasıyla Permiyen-Triyas yaşlı döneminde açılma ve Üst Kretase'de kapanmaya başlaması (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yıldırım ve Yılmaz, 1991; Yılmaz, 1993; Yılmaz vd., 1993; Robertson vd., 2007) ile meydana gelen ve Neotetis okyanusunun kalıntılarını temsil eden Güneydoğu Anadolu Ofiyolit Kuşağı'ndaki jeotektonik olaylar zincirini işaret eden, havzaya taşınmış detritik kökenli malzemeler olduğu biçiminde değerlendirilmiştir.

Üst Kretase-Paleosen yaşlı Germav Formasyonu'nda belirlenmiş olan fillosilikat / kil mineralleri ana oksitler özellikle Al_2O_3 , tFe_2O_3 ve MgO içeriği bakımından benzer kimyasal bileşim sahiptir. Bu durum benzer yapıların yanı sıra, klorit içeren karışık tabakalılardan (C-S, I-C ve C-V) oluşması ile ilgilidir.

Fillosilikat / kil minerallerinde toplam eser element konsantrasyonlarında logaritmik olarak kondrite göre yaklaşık 1000 kat zenginleşme, 10 kat fakirleşme gözlenmekte olup; en fazla değişim vermikülitte, en az değişim ise kloritte bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, vermikülit, klorit ve klorit-içeren karışık tabakalı minerallere göre kristal yapısında süstitüsyona daha fazla olanak tanımaktadır. K, Sr ve P için negatif; Th ve Nd için pozitif anomaliler oldukça belirgindir. Diğer taraftan, kısmen Nb ve Ti değerleri hariç, örneklerdeki diğer element içerikleri NASC'ten daha düşük derişimlere sahiptir. Bu durum NASC'nin illit ve klorit bakımından zengin bir mineralojiye sahip olması ile ilgilidir. Ayrıca;

fillosilikat / kil minerallerinde özellikle Cr ve Ni miktarlarının yüksek olması, diğer mineralojik ve petrografik verilerle de desteklendiği üzere, havzanın Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalardan beslendiğinin diğer bir kanıtı olarak değerlendirilmiştir.

Birimde klorit hariç, diğer fillosilikat / kil minerallerinin REE içerikleri, kondrite göre artış, buna karşın NASC'e göre azalma sergilemektedir. Klorit en çok, vermikülit ise en az REE derişimine sahiptir. Diğer bir ifadeyle, detritiklerden kimyasal / diyajenetik / neoformasyon kökenli fillosilikat / kil minerallerine doğru REE içeriği artmaktadır. Bu saptama köken / süreç ve/veya mekanizma açısından fillosilikat / kil minerallerini anlamada / ayırt etmede kullanılabilir gözükmektedir. Ayrıca; sedimanter ortamlarda negatif Eu anomalisi, oksijeni az indirgen ortamları gösteren bir faktör olarak da ileri sürülmektedir (Constantopoulos, 1988; Henderson, 1984).

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Başkanlığı tarafından 2016-YL-4 nolu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar, arazi çalışmalarındaki destekleri için Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü stajyer öğrencileri Faruk Keskin ve Şehnaz Gümüş'e, bilimsel hakemler olarak katkılarından dolayı Ömer Bozkaya (Pamukkale Üniversitesi) ve Dicle Bal Akkoca'ya (Fırat Üniversitesi) teşekkür ederler.

EXTENDED SUMMARY

The investigated area is the Germav Formation, which is represented by Upper Cretaceous-Paleocene sedimentary rocks in the area defined as the Southeast Anatolian Autochthonous (GDAO) representing the northern section of the Arabian plate. The Lower Germav Member of the unit surfacing at the Mardin-Dargeçit region has


a dark gray colored and fine-grained shale, gray marl and fine-grained sandstone, and the Upper member has a light gray colored sandstone, laminated gray shale, light colored, and fine-grained sandy limestone lithology. As part of the petrographic studies carried out in the rocks which represent the unit, optical microscopy (OM) examinations indicate that the rocks with different sedimentary and chemical origins demonstrate different grain sizes, mineralogical composition and textural relations as clastic, pelitic and carbonate. The common rock species representing the unit is shales rich with fine-grained clay minerals that are of pelitic texture. Sandstones with carbonate are of clastic texture and show medium to good gradation. The matrix is rich in clay and carbonate minerals in cement and flections in muscovite and plagioclase minerals are common. In ellipsoidal pores, clay, polycrystalline and radial quartz mineral occurrences are widely observed. Carbonate rocks are micritic or sparitic-textured and contain abundant amounts of fossil shells. According to the SEM examinations, vermiculite formations that are members of phyllosilicates are thick and in the shape of small worms, observed in 1 mm dimensions. In the matrix of the sandstones there are C-S and radial/filamentous granular serpentine minerals in ellipsoidal pores in the shape of honeycombs. The sizes of the filaments vary between 25-30 mm. The abundances of the rock-forming minerals determined by X-ray diffraction (XRD) method according to general average values are ranked as follows; calcite and phyllosilicate, quartz, feldspar, pyroxene and dolomite. Analcime, hematite and goethite are minerals with a low average. The phyllosilicate minerals observed in the rocks of the unit are represented by illite, chlorite, serpentine, vermiculite and smectite, mixed layers chlorite-smectite (C-S), chlorite-vermiculite (C-V), illite-chlorite (I-C) and illite-vermiculite (I-V) minerals. The abundance of phyllosilicate minerals according to the general


average values are ranked as; chlorite, C-S, C-V, vermiculite, illite, and rarely serpentine, I-C and I-V. The phyllosilicate fraction in the Lower Germav member is represented by illite, chlorite, smectite, vermiculite and mixed layer (C-S); and in the Upper Germav member represented by illite, chlorite, smectite, serpentine, vermiculite and mixed layers (C-S, C-V, I-C, I-V). Based on the geochemical data obtained in phyllosilicate/clay minerals of Germav Formation; logarithmically an enrichment of about 1000 times and depletion of 10 times are observed in the total trace element concentrations and the total trace element values of the minerals vary between 2021-2767 ppm (mean 2438 ppm). Total values are observed the least for chlorite and the most for vermiculite mineral. According to the average concentrations; Ni, V, Zn of transition metals, W of granitoid elements, As and Ge of mixed behavioral elements, Ba, Rb, Ga and Sr from low field strength elements, Nb and Zr from high field strength elements exhibit positive anomalies in all the core-site minerals. In addition, the elements Sc, Pb, Mo, Sb, Cs, Tl, Ta and Hf exhibit negative anomalies. When compared to chondrite values; the patterns of the specimens are distinct from each other and from NASC, while the enrichment-depletion changes with respect to the originated rocks, minerals and elements. Phyllosilicate/clay minerals show a distinctive differentiation from the chondrite composition, and all of the clay mineral samples of the Germav Formation have lower concentrations than NASC except for the Nb and Ti ratios. The total concentrations (ppm) of elements in normalized chondrite vary between 227 for vermiculite, 359 for I-C, 409 for C-V, 522 for C-S and 578 for chlorite. From these values, the least enrichment occurs for vermiculite mineral and the most enrichment occurs for the chlorite mineral. Phyllosilicate/clay minerals have a positive anomaly for Th, Ta, Zr and Ti elements; and a negative anomaly for K, Sr and P. The Eu element exhibits a negative anomaly for all phyllosilicate/

clay minerals except NASC. The Rare Earth Element (REE) contents of all phyllosilicate / clay minerals show an increase with respect to chondrite, although being lower than NASC, with the exception of chlorite mineral. The total REE concentration is lowest in the vermiculite mineral (72 ppm) and highest in the chlorite mineral (224 ppm). Moreover, LREE concentrations of clay minerals show a decrease with respect to HREE. The Eu element has partially negative anomalies in NASC and all other clay minerals. On the basis of OM, SEM, XRD and geochemical analyses; the illite/mica minerals observed in the Germav Formation rocks are thought to be represented by mica minerals of detrital and/or volcanic origin. OM and SEM analyses show that the chlorite mineral develops authigenously in the rock pores except for the dark colored minerals. Formation of mixed-layered minerals is thought to occur by neof ormation and/or transformation processes, while smectite minerals, which are found in the matrix of shale-type rocks, represent authigenic components. Hematite, gothite and pyrite minerals were observed in Germav Formation rocks, and these minerals are thought to be diagenetic minerals formed in mid-acidic and reducing conditions. The differences in all lateral and vertical rocks and phyllosilicate/clay mineralogy observed in the Upper Cretaceous Lower Germav and Paleocene Upper Germav members of the Germav formation were evaluated to have been developed as a result of the basin being fed from different provenances at different times. In particular, this feeding was evaluated to be the detrital origin materials that were transported to the basin, indicating the chain of geotectonic events in the Southeastern Anatolian Ophiolitic Zone of the allochthonous origin, representing the remains of the Upper Cretaceous Neotethyan Ocean to the north of the Arabian Plate, and the clay mineral species formed in particular were interpreted as neof ormation / transformation developing in particular as a result of the volcanic

glass and sea water interaction, and authigenic products.

ORCID

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

Adile Kübra Akman  <https://orcid.org/0000-0003-2004-3721>

Hüseyin Yalçın  <https://orcid.org/0000-0001-9539-2817>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2000. Very low-grade metamorphism of Upper Paleozoic-Lower Mesozoic sedimentary rocks related to sedimentary burial and thrusting in Central Taurus Belt, Konya, Turkey. *International Geology Review*, 42, 353-367.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004a. Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Palaeozoic to early Mesozoic rocks of the Eastern Taurides, Turkey. *Clay Minerals*, 39, 481-500.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004b. New mineralogic data and implications for the tectono-metamorphic evolution of the Alanya Nappes, Central Tauride Belt, Turkey, *International Geology Review*, 46, 347-365.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2005. Diagenesis and very low-grade metamorphism of the Antalya Unit: mineralogical evidence of Triassic rifting, Alanya-Gazipaşa, Central Taurus Belt, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 109-119.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2010. Geochemistry of mixed-layer illite-smectites from an extensional basin, Antalya Unit, Southwestern Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 58, 644-666.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2013. Geochemical monitoring of clays for diagenetic evolution of the Paleozoic-Lower Mesozoic sequence in the northern Arabian plate: Hazro and Amanos regions, Southeastern Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 86, 10-24.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2002. Mineralogic and organic responses to the stratigraphic irregularities: An example from the Lower Paleozoic very low-grade metamorphic

- units of the Eastern Taurus Autochthon, Turkey. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 82, 355-373.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Kozlu, H., 2009. Hazro (Diyarbakır) Bölgesi Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı sedimanter istifin mineralojisi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 21, 53-81.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Kodal, M., 2011. Batı-Orta Toroslar ve Amanoslar Bölgesindeki Kambriyen Yaşlı Metaklastik Kayaçların Petrolojik İncelenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri*, 28, 31-64.
- Brindley, G.W., 1980. Quantitative X-ray mineral analysis of clays. In: *Crystal structures of Clay Minerals and their X-ray Identification* (G.W. Brindley, G. Brown, eds.). Mineralogical Society London, 411-438.
- 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,
- Constantopoulos, J., 1988. Fluid inclusion and REE geochemistry of fluorite from south central Idaho. *Economic Geology*, 83, 626-636.
- Çelik, M., Karakaya, N., Turan, A., 1991. Erken Paleozoyik yaşlı killerin mineraloji ve metamorfizma özellikleri: Konya güney ve güneybatısı. V. Ulusal Kil Sempozyumu, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 16-20 Eylül, Bildiriler Kitabı, M. Zor (eds.), s. 62-73.
- Çoruh, T., 1991. Adıyaman civarında (XI. Bölge kuzeybatısı ve XII. Bölge) yüzeyleyen Kampaniyen-Tanesiyen istifinin biyostratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Araştırma Grubu, Rapor No: 1656, 101 s (yayımlanmamış).
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. *American Association of Petroleum Geologist Memoirs*, 1, 62-84.
- 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.
- 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., Çoruh, T., 1991. Güneydoğu Anadolu Kampaniyen-Paleosen otokton istifinin stratigrafisi: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Grubu, Rapor No: 2828, 133 s (yayımlanmamış).
- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A., Wildeman, T.R., 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: *Origin and Distribution of the Elements* (L.H. Ahrens, eds.). Pergamon Press, 889-912.
- Henderson, P., 1984. Rare Earth Element Geochemistry. *Developments in Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, 317-347.
- Kirk, H. M., 1937. Memorandum on Gercüş, Hermis-Kermav region. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Derleme No: 253, 6 s (yayımlanmamış)*.
- Maxon, J. H., 1936. Geology and petroleum possibilities of the Hermiş dome. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Derleme No: 255, 25 s (yayımlanmamış)*.
- MTA, 2008. 1:100 000 Ölçekli M47 Mardin Paftası Jeoloji Haritası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara*.
- Robertson, A.H.F., Parlak, O., Rızaoğlu, T., Ünlügenç, Ü., İnan, N., Taşlı, K., Ustaömer, T., 2007. Tectonic evolution of the South Tethyan ocean: evidence from the Eastern Taurus Mountains (Elazığ region, SE Turkey). *Geological Society, London, Special Publications*, 272, 231-270.
- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. (A.D. Saunders, M.J. Norry, eds.), *Magmatism in the Ocean Basins, Special Publication, Geological Society of London*, 313-345.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2015. Evidence of the diagenetic history of sediment composition in Precambrian-Early Paleozoic rocks: A study

- from the Southeast Anatolian Autochthon, Mardin (Derik-Kızıltepe), Turkey. *Arabian Journal of Geoscience*, 5, 11261-11278.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2016. Uludere-Uzungeçit (Şırnak) yöresinde (Güneydoğu Anadolu Otoktonu Doğu Bölümü) Alt Triyas yaşlı Çığlı Grubu kayaçlarının diyajenez/metamorfizma tarihçesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 59, 323-340.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Butekin, Y., 2017. Üst Kretase-Paleosen yaşlı Germav Formasyonunun kil mineralojisi (Batman-Gercüş). *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7, 202-215.
- Tromp, S. W., 1940. Preliminary report on the oil possibilities of SE Turkey, based on a re-interpretation of microfaunal and sub-surface data (Cenubu Şarki Türkiye'nin stratigrafisi, strüktür veçheleri ve petrol imkanları ile bunların mücavir mıntıkalarla mukayesesi): *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Derleme No: 1216, 74 s* (yayımlanmamış).
- Weaver, C.E., Pollard, L.D., 1973. The Chemistry of Clay Minerals. *Developments in Sedimentology*, 15, 213 p.
- Yalçın, H., 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., Yılmaz, Y., 1991. Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının ekaylı zonu. *Bulletin of Turkish Association of Petroleum Geologists*, 3, 57-73.
- 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., Duran, O., 1997. Güneydoğu Anadolu bölgesi otokton ve allokon birimler stratigrafi adlama sözlüğü (Lexicon). *Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü, Eğitim Yayınları, No: 31, 460 s* (yayımlanmamış).
- Yılmaz, E., Erenler, M., Araç, M., 1993. Kozluk-2 arama kuyusunda (X. Bölge) kesilen birimlerin petrografik, sedimentolojik ve mikropaleontolojik incelemesi. *Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Araştırma Merkezi, Rapor No: 1901, 23 s* (yayımlanmamış).



**Çöpler (Erzincan, İç-Doğu Anadolu) Porfiri-Epitermal Altın Yatağında
Arjilik Alterasyona İlişkin Mineralojik Kanıtlar**

*Mineralogical Evidences on Argillic Alteration in the Çöpler Porphyry-Epithermal Gold Deposit
(Erzincan, East-Central Anatolia)*

**Ömer Bozkaya*¹, Gülcan Bozkaya¹, Nurullah Hanilçi²,
A. Samed Güven³, David A. Banks⁴, I. Tonguç Uysal⁵**

¹ Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070, Denizli

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
34320, Avcılar/İstanbul

³ Alacer Gold Madencilik, Mustafa Kemal Mahallesi. 06530, Çankaya/Ankara

⁴ School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, United Kingdom

⁵ Australian Resources Research Center (ARRC), CSIRO - Kensington, WA, Australia

Geliş/Received : 28.09.2018 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 07.10.2018 • Kabul/Accepted : 08.10.2018 • Baskı/Printed : 10.10.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Çöpler porfiri-epitermal altın yatağı, Tetis Alpin-Himalaya orojenik kuşağında açılmalı tektonizma sonucu gelişen orta Eosen yaşlı plütonik sokulumlarla ilişkili bir altın yatağıdır. Plütonik kayalar (granodiyorit porfir, diyorit porfir) Geç Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metapelit ve metakarbonat kayalar içerisine sokulum yaparak porfiri-epitermal bir Cu-Au yatağı oluşturmuş ve hidrotermal alterasyon zonlarının (potasik, fillik, propilitik, arjilik) gelişimine neden olmuştur. Bu çalışmada, önceki araştırmacılarca yerel ve sınırlı alanda geliştiği belirtilen süperjen alterasyonun aksine, geniş yayılım sunan arjilik alterasyon zonlarının mineralojik-petrografik özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, optik ve taramalı elektron mikroskop (SEM ve SEM-EDS), X-ışınları kırınımı (XRD), O-H izotop jeokimyası ve K/Ar yaş tayini incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Aşırı killeşmiş granodiyorit porfirlerde bile, ilksel porfiritik doku izlenebilmekte, ince-kristalli kil ve kuvarslar homojen ve yer yer mikrolaminasyonlar şeklinde gözlenmektedir. Simektit ve karışık-tabakalı illit-simektit (I-S) mineralleri yapraklı-tüysü, illit ve kaolinitler levhamsı biçimler sergilemektedir. Kuvars ve jarositler özsekili kristaller, kristobalitle kurtçuk görünümlü, krandalitler ise ince-taneli granüler topluluklar şeklinde gözlenmektedir. Arjilik zona ait örnekler fillik zona yakın iç kesimlerde (ileri arjilik zon) kuvars + I-S, kuvars + krandalit + jarosit ve kristobalite, dış kesimlerde (arjilik zon) ise kuvars + simektit + kaolinit birlikelikleri sergilemektedir. Simektitler dioktahedral bileşime sahiptir ($d_{060} < 1.500 \text{ \AA}$, oktahedral Al=1.47-1.66). I-S mineralleri yüksek illit bileşenli ($I_{85}-S_{15}$) ve R3 tipi ara tabakalanmaya sahip olup, oktahedral Al ve yapraklar arası K içerikleri sırasıyla 1.66-1.71 ve 0.58-0.75 arasında değişmektedir. I-S'lerin O-H izotop bileşimi, düşük sıcaklık koşullarında ve magmatik suyun baskın olduğu bir oluşumu işaret etmektedir. Jarosit içeren örneğin K/Ar yaş verisi ($43.6 \pm 1.0 \text{ My}$), arjilik alterasyonun plütonik sokulum sırasında veya hemen sonrasında (<1 My) başladığına işaret etmektedir. Elde edilen bulgular, Çöpler porfiri-epitermal altın yatağında geniş yayılım sunan, düşük sıcaklık (<200 °C) ve asidik koşullarda gelişmiş, alüminyum fosfat ve demir sülfat minerallerinin de geliştiği bir arjilik alterasyonun varlığını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Alterasyon, İç-Doğu Anadolu, Porfiri altın yatağı, Mineraloji, Petrografi

Abstract: The Çöpler porphyry-epithermal gold deposit is associated with middle Eocene intrusive rocks related to an extensional tectonic phase in the Tethyan Alpine-Himalayan orogenic belt. The intrusive rocks (granodiorite porphyry and diorite porphyry) were emplaced into Late Paleozoic–Mesozoic metapelite and metacarbonate rocks creating the porphyry-epithermal Cu-Au deposit and hydrothermal alteration zones (potassic, phyllic, propylitic, argillic). The mineralogic-petrographic and geochemical properties of the extensive argillic alteration zones (not supergene alteration described previously) were determined by optical and scanning electron microscopy (SEM and SEM-EDS), X-ray diffraction (XRD), O-H isotope geochemistry and K-Ar dating. Within the primary porphyritic texture, fine-grained clay and quartz crystals are present as homogeneous and partly micro-laminations in the more intensely argillized granodiorite porphyry. Smectite and mixed-layer illite-smectite (I-S) minerals exhibit flaky/sponge-like and fibrous shapes, respectively, whereas illites and kaolinites show platy/tabular crystal shapes. Quartz and jarosite have euhedral crystals, cristobalites and crandallites (first determined here) are shown as worm-like and fine-grained granular aggregates, respectively, developed within the pores indicating direct precipitation from the hydrothermal fluids. The samples from the argillic zone display quartz + I-S in the inner parts (advanced argillic zone) close to phyllic zone, whereas quartz + smectite + kaolinite associations are towards outer parts (argillic zone). Smectites have a dioctahedral composition ($d_{060} < 1.500 \text{ \AA}$, octahedral Al=1.47-1.66 a.p.f.u). I-S minerals have a high illite component ($I_{85}-S_{15}$) with R3 type ordering of interlayering. The tetrahedral Al and interlayer K contents are 1.66-1.71 and 0.58-0.75, respectively. Oxygen and hydrogen isotope composition of I-S indicate the low temperature conditions from the magmatic water dominant fluids. K/Ar age data from jarosite-bearing sample ($43.6 \pm 1.0 \text{ My}$) indicates that the argillic alteration started during or shortly after ($< 1 \text{ Ma}$) the plutonic intrusion. The data demonstrate the argillic alteration was widely distributed and developed under low temperature ($< 200 \text{ }^\circ\text{C}$), acidic conditions in association with the aluminum phosphate and iron phosphate minerals.

Keywords: Alteration, Central-east Anatolia, Porphyry gold deposit, Mineralogy, Petrography

GİRİŞ

Çöpler altın yatağı (128 milyon ton rezerve sahip, 1.7 g/t Au, 4.8 g/t Ag ve % 1 Cu içerikli) Keban Metamorfileri ve Munzur Kireçtaşı (Özgül vd., 1981) içerisine sokulum yapan orta Eosen yaşlı ($43.75 \pm 0.26 - 44.19 \pm 0.23 \text{ My}$) magmatik kayaçlarla ilişkili porfir-epitermal bir yataktır (Kuşçu vd., 2013; Imer vd., 2013, 2016). Cevherleşmeye neden olan magmatik sokulum alloktan Munzur (meta)karbonat kayaçlarının altında blok-faylı olarak 1x2 km genişliğe sahip DKD doğrultulu bir tektonik pencere (Çöpler penceresi) boyunca yüzeylenmektedir (Imer vd., 2013; 2016).

İnceleme alanında çok sayıda genel jeolojik amaçlı çalışma (Özgül vd., 1981; Özgül ve Turşucu, 1984; Aktimur, 1986; Tunç vd., 1991; Özer, 1994) gerçekleştirilmiş olup, bölgedeki litostratigrafi birimleri tanımlanarak ayırtlanmıştır. Bu çalışmayı doğrudan ilgilendiren ve altın cevherleşmesini konu alan çalışmalar (Imer vd., 2013, 2016,

Aslan vd., 2013; Canbaz ve Gökçe, 2014; Akçay vd., 2016) cevherleşmeyle ilgili mineralojik-petrografik, jeokimyasal (duraylı ve radyojenik izotop jeokimyası) ve sıvı kapanım incelemelerini kapsamakta olup, alterasyon zonlarıyla ilgili epitermal geç evreye ait kil mineralojisi ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Granodiyorit porfir ve diyorit porfir bileşimli magmatik kayaçların Geç Paleozoyik-Mesozoyik metasedimanter temel ve bunları üzerleyen karbonat kayaçlar içerisine yerleşmesi porfir-epitermal Cu-Au yatağı ve bununla ilişkili yaygın hidrotermal alterasyon zonlarının gelişimine neden olmuştur. Önceki araştırmacılara (Imer vd., 2016) göre; Çöpler porfir-epitermal yatağının ana alterasyon zonlarını potasik, fillik, piropilitik alterasyonlar ile bunlara eşlik eden skarn ve süperjen alterasyonlar oluşturmaktadır. Yazarlar fillik-alterasyon zonun üzerindeki arjilik ya da ileri arjilik zonların açık biçimde gözlenmediğini, bunun nedeninin ise hidrotermal sistemin evrimi sırasında Çöpler penceresi içerisinde litolojik

kontrollü derin aşınmadan kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir. Yazarlara göre, damarların yaklaşık derinlikleri (~ 1.5 km), Çöpler penceresindeki erozyonun çoğunlukla karbonat kayaları ile sınırlı olduğunu ve bu nedenle düşük sıcaklık koşulları altındaki arjilik alterasyon topluluklarının hiçbir zaman oluşmadığını işaret etmektedir. Bu modele göre, zayıf asidik magmatik-hidrotermal akışkanların, kireçtaşı ve/veya mermer ile temas ettiğinde nötralize olduğu ve soğuma sırasında daha asidik bileşimlere dönüşmesinin engellendiği ileri sürülmüştür.

Epitermal ortamlar yüksek asidik çözeltilerle karakteristik olup, mineralizasyonlar için önemli bir kılavuz niteliğindedir. Alüminyum silikatların bozulması silis zenginleşmesine ve silisçe-zengin arjilik alterasyon zonlarının gelişimine neden olmaktadır. Ortaç ve mafik bileşimli magmatik-kayaçlar içerisinde gelişen arjilik alterasyon zonlarındaki kil mineralleri ilk aşamada plajiyoklazları ve mafik silikatları (hornblend, biyotit) ornatmakta, daha sonraki süreçlerde hidrotermal çözeltilerden itibaren çatlak ve/veya gözenek dolgusu biçiminde neoformasyon ürünü olarak oluşmaktadır. Arjilik alterasyon 100-300 °C arasındaki sıcaklık koşullarında, yüksek H⁺ metasomatizması ve asit yıkanmayla ilişkili asidik ortamı temsil eden kil minerallerinin (halloysit, kaolinit, diki, pirofillit) oluşumuyla karakteristiktir (Örneğin, Pirajno, 2010). Asidik ortam koşulları kil/fillosilikat minerallerinin yanı sıra silis (opal, opal-CT, kristobalit, tridimit, kuvars), sülfat (alünit) ve oksit (diyaspor) minerallerinin oluşumunu da sağlamaktadır. Arjilik alterasyon zonu aşırı asidik (düşük pH) koşullardan nötral (düşük-ortaç pH) koşullara doğru sırasıyla silika, alünit, alünit-kaolin ve kaolin grubu şeklinde alt mineral birlikteliklerine ayrılmaktadır (Corbett ve Leach, 1998) Arjilik alterasyon zonu iç kesimlere doğru artan sıcaklığın ve pH ile birlikte fillik zona, dış kesimlere doğru ise artan pH (nötr ve bazik koşullar) ile birlikte piropilitik zona geçiş göstermektedir. Bu tür değişimler porfiri

sistemlerde yaygın olmakla birlikte, aşınma nedeniyle çoğu porfiri yataklarda bu tür alterasyon zonları gözlenememektedir (Pirajno, 2010).

Bu çalışmada, hidrotermal sistemin geç evresindeki düşük sıcaklıkla ilişkili, daha önceki araştırmacılarca aşınmış olabileceği ve sınırlı alanda geliştiği öne sürülen süperjen alterasyondan ziyade, geniş alanlara yayılmış kilce-zengin düşük sıcaklık alterasyon (arjilik alterasyon) zonlarının belirlenmesi ve mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilk kez ayrıntılı kil mineralojisi ve jeokimyası çalışmaları yapılarak, killi alterasyon zonlarının koşulları ve mineral-oluşturucu çözeltilerin kökeni ve hidrotermal alterasyon süreci hakkında bilgiler sunulacaktır.

JEOLJİK KONUM VE LİTOLOJİ

Çöpler porfiri-epitermal altın cevherleşmesi Alp-Himalaya orojenik kuşağında “Tetis Avrasya Orojenik Kuşağı” (Şekil 1a, Jankovic, 1986; Jingwen vd., 2014) içerisinde yer alan, açılmalı/genişlemeli tektonik bir fazla bağlantılı magmatizmayla doğrudan ilişkili bir yataktır. İnceleme alanının temelini Keban Metamorfitlerine ait bölgesel metamorfizma ürünü Permo-Triyas yaşlı metasedimanter kayaçlar oluşturmaktadır (Şekil 1b; Özgül vd., 1981; Özgül ve Turşucu, 1984). Stratigrafik olarak alt seviyeleri oluşturan metasedimanter istif ofiyolitlerin Geç Kretase’de Torosların kuzey kenarına doğru yerleşimiyle ilişkili olarak düşük-dereceli metamorfizmaya (alt yeşilist fasiyesi) uğramıştır. Metasedimanter kayaçlar başlıca fillitlerle temsil edilmekte olup, düşük sıcaklık yeşil şist fasiyesinde metamorfizmasını temsil eden klorit + kuvars + serizit/mika + epidot mineral birlikteliğiyle karakteristiktir. Metamorfik temel Geç Triyas-Kretase yaşlı allokton karbonat platformu (Munzur Kireçtaşı, Özgül vd., 1981) tarafından tektonik bir sınır boyunca üzerlenmektedir (Şekil 2). Munzur kireçtaşları kalınlığı 1200 m

ye ulaşan masif ve tabakalı çoğunlukla kristalize kireçtaşlarından (intrabiyomikrit) oluşmaktadır. Granitoid sokulumlarının çevresinde kontakt metamorfizma etkisiyle granoblastik dokulu mermerlere dönüşmüştür (Şekil 2). Plütonik-mermer sınırlarında epidot granat, skapolit, klorit ve tremolit/aktinolit minerallerinin geliştiği küçük çaplı yersel skarn oluşumları ile kahverengi renkli biyotitçe-zengin ve soluk yeşil renkli diopsitçe-zengin hornfeslerin geliştiği belirtilmiştir (Imer vd., 2013, 2016; Canbaz ve Gökçe, 2014).

Orta Eosen magmatik kayaçların (porfirik granitoidler) meta-sedimanter temel ve kireçtaşları içerisine sokulumu birkaç yüz metreden birkaç kilometreye kadar ulaşmaktadır (Şekil 2 ve 3; Imer vd., 2013, 2016). Erken evre porfiri cevherleşme başlıca ana zonda açığa çıkan granodiyorit porfir içerisinde gelişmiş olup, 300 × 500 m'lik bir alanda yüzeylenmektedir (Şekil 2). Imer vd. (2016) bölgede aynı zamanda porfiri sistemi etkileyen küçük çaplı epitermal mineralizasyon içerdiğini belirtmiştir.

Bu çalışmada, Çöpler altın yatağı ve çevresinde geniş alanlara yayılmış büyük ölçekli ve yaygın arjilik alterasyonun geliştiği belirlenmiştir (Şekil 3). Arjilik alterasyon zonları genellikle granodiyorit porfir içerisinde Munzur kireçtaşı bindirme sınırına yakın kesimlerde konumlanmaktadır (Şekil 3a, b). Arjilik alterasyon bol kil ve silis içeriği nedeniyle açık renkli (beyaz, açık krem) görünüm sergilemekte, demiroksit-hidroksit (limonit) bozuşmaları nedeniyle yer yer sarımsı-turuncu-bordo/kahverengi zonlar eşlik etmektedir (Şekil 3c, d). Kilce-zengin alterasyon zonları onlarca metre yayılım sunan geniş ölçekli yayılımların yanısıra bozuşmuş granodiyorit porfir kütlesi içerisinde iç kesimleri silis ve kil minerallerince zengin beyaz, çeperleri sarımsı turuncu renkli limonitçe zengin 50-100 cm kalınlığa sahip damar dolguları biçiminde de gözlenmiştir (Şekil 3 d).

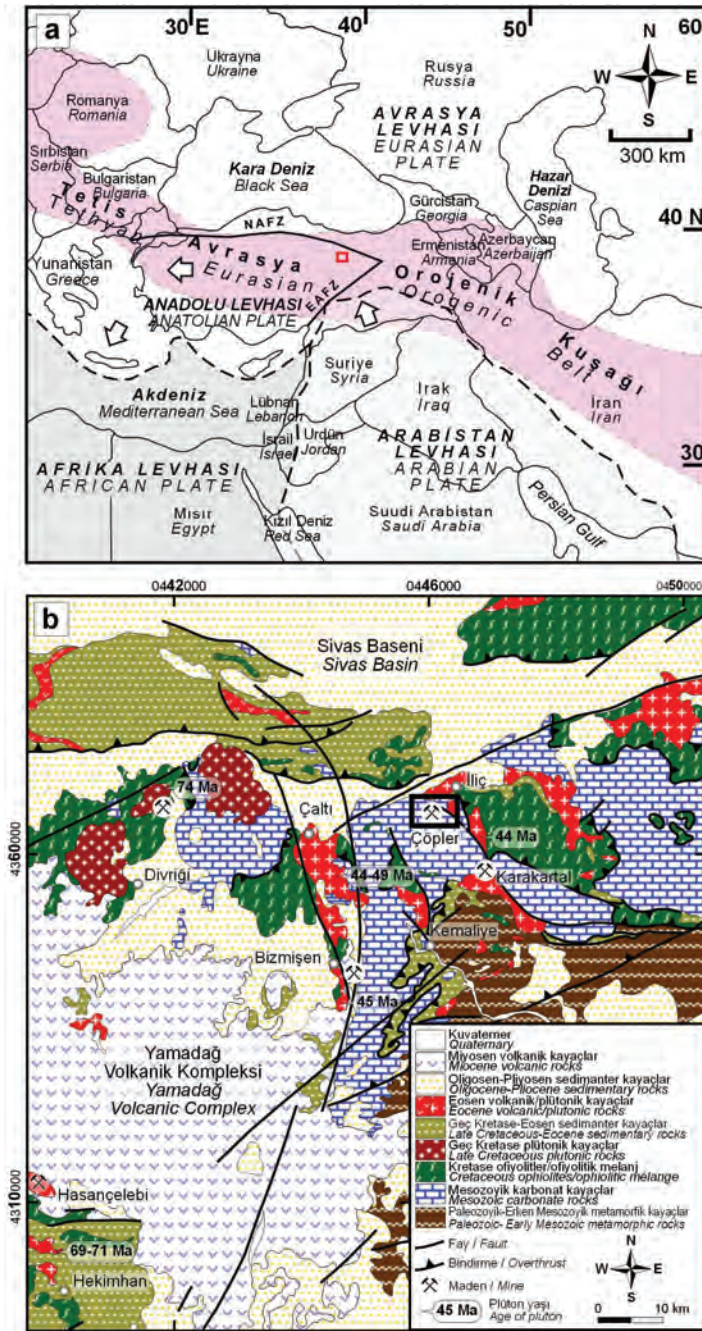
MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Çöpler altın yatağında bozuşmamış yan kayaç ve kilce-zengin alterasyon zonlarından itibaren toplam 40 adet sistematik örnek alınmıştır. Örnekler saf suyla yıkanarak yüzeysel tozlardan arındırıldıktan sonra optik mikroskop, X-ışınları kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskop (SEM) ve buna bağlı enerji yayılım spektrometresi (EDS), duraylı (O, H) ve radyojenik (K/Ar) izotop jeokimyası incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Optik mikroskopi (OM) incelemeleri Olympus marka alttan ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile kayacı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; bozuşma ve bozunma ürünleri aydınlatılmaya çalışılmıştır. Kayaçların adlandırılmalarına esas olan mineralojik bileşimlerin belirlenmesinde XRD verilerinden de yararlanılmıştır.

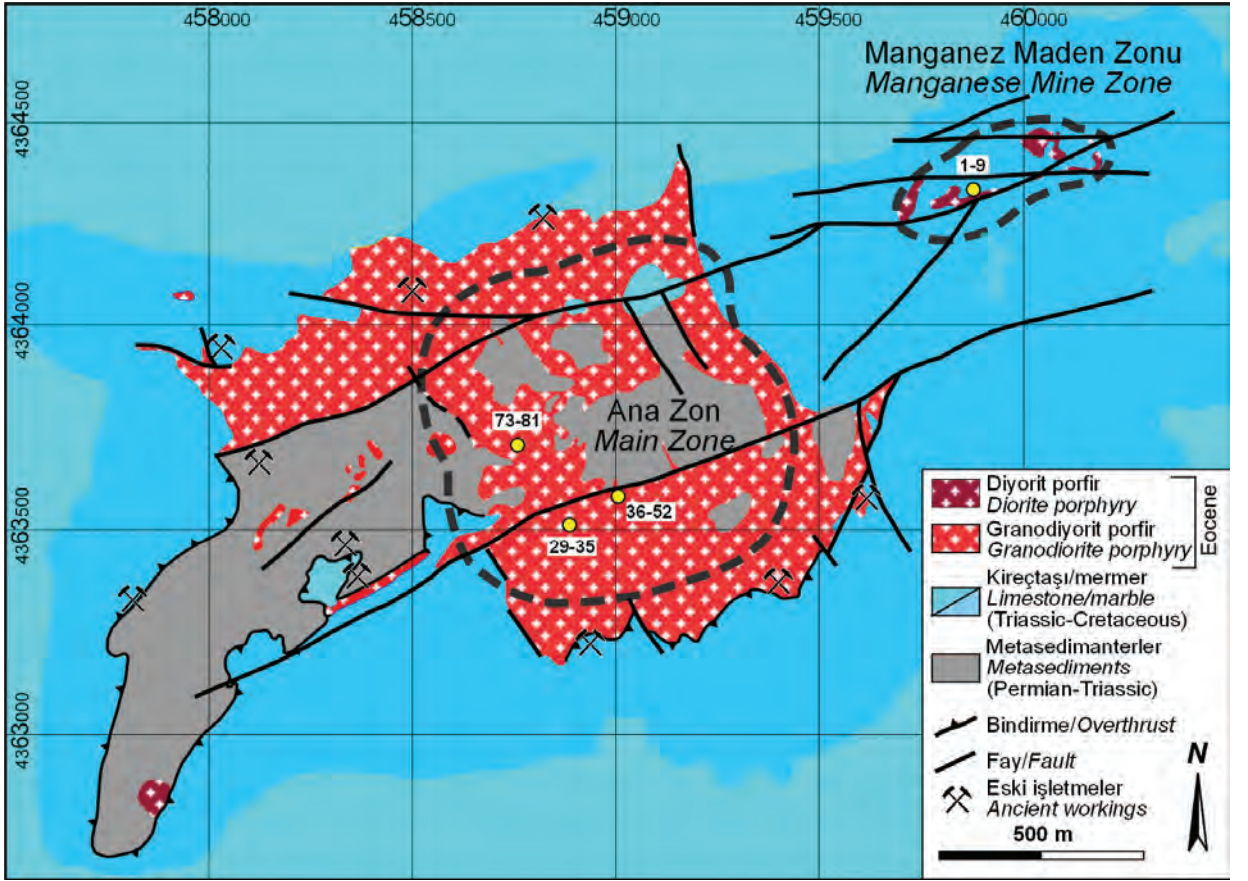
XRD incelemelerinde kullanılacak örnekler önce 3-5cm' lik parçalar halinde çekiçle, daha sonra çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde kırılmış ve istenilen tane boyutu için eleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Toz örneklerin elde edilmesi için kırma işlemi sonrasında Retch marka çanaklı öğütücüde sertlikleri de dikkate alınarak yaklaşık 10-30 dk süreyle öğütülmüştür. Bu şekilde elde edilen malzemeler kutu veya torbalara konulup etiketlenerek incelemelere hazır konuma getirilmiştir.

Fillosilikat/kil içeren kayaçlarda, bu minerallerin kil-dışı minerallerden ayrılması işlemleri esas itibarıyla kimyasal çözme (kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme - dekantasyon / dinlendirme ve yıkama, süspansiyon oluşturma - sedimantasyon - sifonlama - santrifüjleme ve şişeleme işlemlerinden oluşmaktadır. Santrifüjleme işlemi 5000 devir/dak hıza ve 100 cc kapasiteli kodelere sahip santrifüjde yapılmıştır.



Şekil 1. (a) İç-Doğu Anadolu bölgesinin ana tektonik levhalar ve Tetis Avrasya Orogenik Metalojenik Kuşağı'ndaki (Jingwen vd., 2014) konumu (b) İnceleme alanının bölgesel jeoloji haritası (MTA, 2002'den düzenlenmiştir) ve plütonik kayaların radyometrik yaşları (Boztuğ vd. 2006; Kuşçu vd., 2010, 2013; Imer vd., 2013, 2016), NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, EAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu.

Figure 1. (a) Location of the Çöpler area in relation to the boundaries of the major tectonic plates and Tethyan Eurasian Orogenic Metallogenic Belt (Jingwen et al., 2014), (b) Regional geology of the study area (modified from MTA, 2002). and radiometric ages of plutonic rocks (Boztuğ et al. 2006; Kuşçu et al., 2010, 2013; Imer et al., 2013; 2016), NAF: North Anatolian Fault Zone, EAF: East Anatolian Fault Zone.



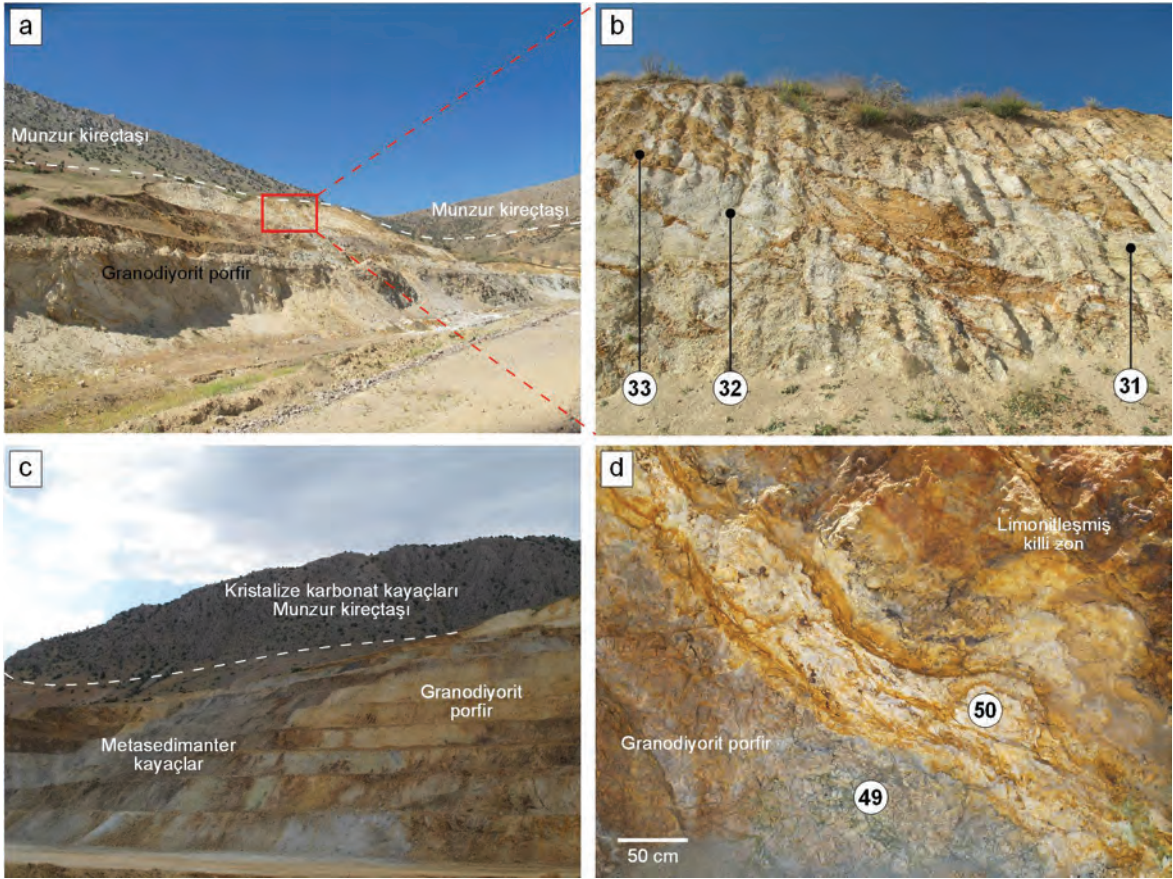
Şekil 2. Çöpler porfiri altın yatağının jeoloji haritası (Imer vd., 2013 ve 2016'dan düzenlenmiştir)

Figure 2. Geology map of the Çöpler porphyry gold deposit (modified from Imer et al., 2013, 2016).

XRD yöntemi, optik mikroskop ile incelenemeyecek kadar küçük (submikroskopik) tane boyuna sahip kayaların tüm kayaç (XRD-TK) mineralojik bileşimlerinin ve kil boyu bileşenlerinin (XRD-KF) belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. XRD çözümlenmeleri GNR APD 2000 PRO marka X-ışınları difraktometresinde (Anot = Cu, $(CuK\alpha = 1.541871\text{Å})$, Filtre = Ni, gerilim = 40 kV, akım = 30 mA, gonyometre hızı = $2^\circ/\text{dak}$, çekim aralığı: $2\theta = 5-45^\circ$) yapılmıştır. XRD çözümlenmeleri sonucunda örneklerin tüm kayaç ve kil boyu bileşenleri ($< 2\ \mu\text{m}$) tanımlanmıştır. d-mesafelerinin ölçülmesinde kuvars iç standart olarak kullanılmıştır. Kil minerallerinin tanımlanması (001) bazal yansımalarına göre yapılmıştır (Moore ve Reynolds, 1997). Kil

fraksiyonu çekimlerinde gonyometre hızı $1^\circ/\text{dak}$ ve kayıt aralığı $2q=2-30^\circ$ (hata miktarı $\pm 0.04^\circ$) olarak ayarlanmıştır.

Taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Merkezi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarlarında JEOL marka JSM-7600F model elektron mikroskopunda gerçekleştirilmiştir. Elektron mikroskop incelemesi yapılacak örnekler 5 mm'lik parçalara ayrılıp tozlardan arındırıldıktan sonra altın veya paladyum kaplanarak ikincil elektronlar (secondary electrons; SEM-SE) yardımıyla üç boyutlu görüntüler alınmış ve mineraller üzerinde Oxford INCA sistemine sahip EDS yardımıyla yarı-kantitatif kimyasal bileşimleri belirlenmiştir.



Şekil 3. (a-b) Beyaz renkli ve yer yer demir oksit-hidroksit (limonit) içeren yaygın killeşmiş kayaçlar, (c) Yan kayaç ve arjilik zon dağılımlarının arazi görünümü, (d) Bozuşmuş granodiyorit porfir ve beyaz renkli kilce-zengin dolgu.

Figure 3. (a-b) White coloured and partly iron oxyhydroxide (limonite)-bearing intensely argillized rocks, (c) contact and distributions of the argillic zone and host rocks, (d) Altered granodiorite porphyry and white colored clay-rich filling.

Saf aratabakalı illit-simektit (I-S) üzerinde uygulanan oksijen ve hidrojen izotop jeokimyası incelemeleri Cape Town Üniversitesi (Güney Afrika) Arkeoloji Bölümü laboratuvarında Thermo Delta XP kütle spektrometresinde yapılmıştır. Veriler standart ortalama okyanus suyu (SMOW) bileşimine göre $d^{18}O$ ve dD [$\delta^{18}O = ((^{18}O/^{16}O_{\text{örnek}} / ^{18}O/^{16}O_{\text{standart}}) - 1)1000$] ve [$\delta D = ((D/H_{\text{örnek}} / D/H_{\text{standart}}) - 1)1000$] olarak verilmiştir.

Jarositli örneğin K/Ar yaş tayini Avustralya CSIRO Perth laboratuvarlarında yapılmıştır. Potasyum içeriği atomik absorpsiyon yöntemiyle belirlenmiş olup, hata oranı % 2'den düşük

olup 0.5 ppm hassasiyetinde ölçülmüştür. Ar'un izotopik bileşimi VG3600 kütle spektrometresi ile ölçülmüştür.

PETROGRAFİ

Optik Mikroskop İncelemeleri

Temeli oluşturan metasedimanter kayaçlar düşük dereceli metamorfizma nedeniyle epidot, kuvars, kalsit, kuvars ve az miktarda aktinolit içermektedir. En az iki fazlı çatlak dolguları gelişmiş bazik (grovak?) bileşimli bu kayaçlarda birinci faz çatlaklarda epidot+kuvars

birlikteliği gelişirken ikincil faz çatlaklar epidot+kuvars+kalsit+plajyoklaz birlikteliği sunmaktadır.

Plütonik kayalar holokristalin porfirik dokulu olup, diyorit porfirler başlıca prizmatik plajiyoklaz, öz şekilli-yarı öz şekilli çubuksu prizmatik hornblend ve az miktarda özşekilsiz kuvars mineralleri içermektedir. Plajiyoklazlarda serizitleşme, karbonatlaşma ve epidotlaşma, hornblendlerde karbonatlaşma ve opaklaşma gelişmiştir. Hamur büyük ölçüde silis, kısmen serizit ve karbonat minerallerinden oluşmaktadır. Sınırlı alanlarda (Demir Mağara Batısı) monzodiyorit porfir olarak adlandırılan kayalar da tespit edilmiş olup başlıca plajiyoklaz, amfibol, kuvars ve az ortoklaz içermektedir. Tali mineral olarak titanit ve apatit içeren bu kayalardaki plajiyoklazlarda yer yer epidotlaşma gelişmiştir. Holokristalin porfirik dokulu granodiyorit porfirler başlıca plajiyoklaz, kuvars, ortoklaz, hornblend, tali mineraller olarak sfen, zirkon ve yer yer yuvarlaklaşmış epidotlar gözlenmiştir. Plajiyoklazlarda epidotlaşma ve serizitleşme, hornblendlerde opaklaşma gelişmiştir.

Plütonik kayaç-mermer sınırından alınan aktinolit-epidot-kuvars felsler başlıca kuvars, skapolit, epidot, kalsit, tremolit/aktinolit ve az miktarda opak mineraller içermektedir. Skapolitler damar dolgusu şeklinde gelişmiş olup, kalsitlerle birlik oluşturmaktadır. Kuvars-granat-kalsit skarn ve epidot-kuvars-granat skarn olarak adlandırılan kayalarda granat, kuvars, epidot ve kalsit bulunmaktadır. Granatların kalsitleri kestikleri net olarak gözleendiği kayalarda opak cevher mineralleri skarn minerallerinin aralarındaki boşluklarda sonradan gelişmiştir. Kuvars ise cevher minerallerini izleyen son fazı temsil etmektedir.

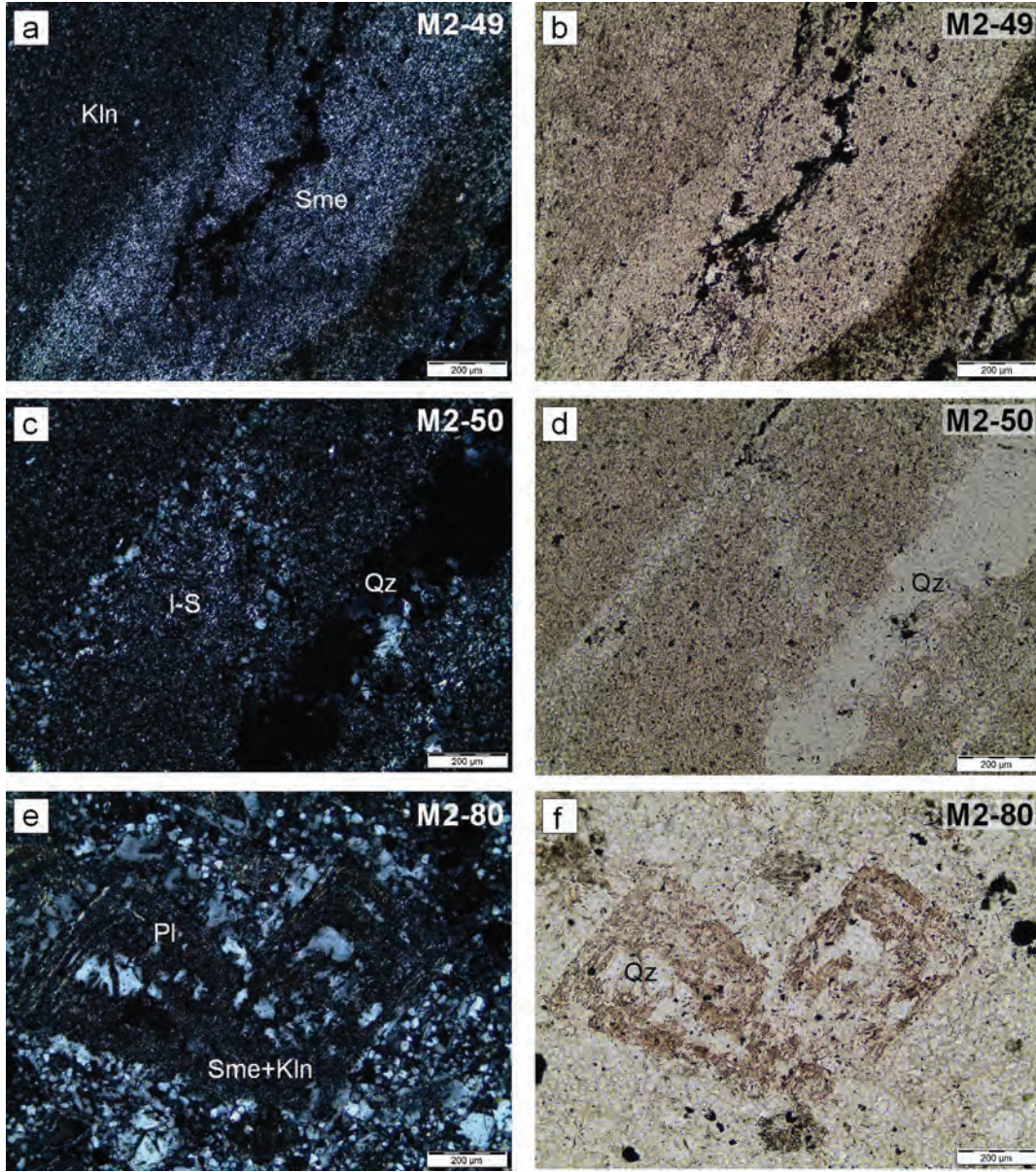
Yüksek sıcaklığı temsil eden potasik alterasyon serizitik görünümlü biyotit ve özşekilli K-feldispat/adularya mineralleriyle temsil edilmekte, azalan sıcaklıkla birlikte fillik

alterasyon (serizit + kuvars) ve arjilik alterasyon (kuvars/kristobalit, jarosit, smektit, kaolinit, karışık-tabakalı illit-smektit) izlemektedir.

Metasedimanter ve granodiyorit porfir ana kayaçlı arjilik alterasyon zonlarından alınan örnekler yaygın killeşme sergilemektedir. Granodiyorit ana kayaçlı killeşmiş örneklerde farklı mikro-tabakalar ve/veya seviyelerde farklı kil/fillosilikat mineralleri (XRD incelemelerine göre simektit ve kaolinit) gelişmiştir (Şekil 4a, b). Aşırı killeşmiş örnekler tekdüze biçimde dağılmış kil ve kuvars oluşumlarıyla karakteristiktir. XRD incelemelerine göre I-S olduğu belirlenen kil mineralleri çok ince-taneli kristaller şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4c, d). Simektit bakımından zengin bozuşmuş granodiyoritlerde, başlıca simektit ve kısmen de kaolinitlerce ornatılmış plajiyoklaz fenokristalleri ile oluşturulan orijinal magmatik porfirik doku izlenebilmektedir (Şekil 4e, f).

Taramalı Elektron Mikroskop İncelemeleri

Ana zon olarak bilinen ocaktaki arjilik alterasyon zonlarından alınan kilce zengin granodiyorit porfir yan kayaç örneğinin (M2-49) SEM incelemelerine göre; simektitler gözenek ve/veya boşluklarda özşekilsiz bükülmüş yapraksı, kaolinitler ise yarı özşekilli levhamsı/yapraksı biçimlere sahiptir (Şekil 5a). Yarı özşekilli ve özşekilli jips kristal toplulukları killerin oluşumundan sonra sıcaklığın düşük olduğu en son evreyi temsil etmektedir (Şekil 5b). Granodiyorit porfir içerisinde çatlak dolgusu biçiminde gelişen beyaz renkli seviyeden alınan örnekte (M2-50) yarı özşekilli feldispat kristallerinin üzerinde ornatmış biçimde ve feldispatlar arasındaki boşluklarda neoformasyon ürünü lifsel biçimli I-S'ler gözlenmiştir (Şekil 5c). I-S kristalleri çok ince taneli olup, 1 µm den küçük kalınlığa sahip lifsel yapraksı topluluklar sergilemektedir (Şekil 5d).



Şekil 4. (a-b) Bozuşmuş granodiyorit porfir örneğinde farklı mikro tabakalar şeklinde gözlenen kil mineralleri, (c-d) Kilce-zengin dolgu tabakasında kil (I-S) ve kuvars minerallerinin tekdüze dağılımları, (e-f) Simektit ve kaolinitlerce ornatılan plajiyoklaz fenokristali ve porfiritik doku kalıntısı.

Figure 4. (a-b) Clay minerals as different micro layers in altered granodiorite porphyry, (c-d) Homogeneous distributions of clays (I-S) and quartz in clay-rich filled layer, (e-f) Relict porphyritic texture and plagioclase phenocrysts replaced by smectites and kaolinites.

Silisce zengin bozuşmuş litolojileri temsil eden silis örneğinde (M2-51) özşekilsiz kuvarsların yanı sıra boşluklarda tüpsü ve/veya kurtçuk biçimli kristobalitler belirlenmiştir (Şekil 5e). Bu durum kristobalitlerin kuvarsların oluşumundan sonraki evrede düşük sıcaklık (< 100 °C) koşullarında silisce doymun çözeltilerce çökeltildiğini işaret etmektedir. Kil boyu fraksiyonu büyük ölçüde simektitlerin oluşturduğu granodiyorit porfir örneğinde yarı özşekilli-özşekilli feldispat kristalleri arasında neoformasyon ürünün süngerimsi görünümlü peteksi simektitler gelişmiştir (Şekil 5f). Örnekte yapraksı kaolinitlerin yanı sıra, özşekilli pirit toplulukları da gözlenmiştir.

Mangan içeren cevherli zonun yer aldığı “Manganez Maden Zonu” (Şekil 2) olarak bilinen ocaktan alınan silisce zengin diğer bir örnekte (CMN-03) gözeneklerde trigonal prizmatik özşekilli kuvarslar ve kübik jarositler gelişmiştir (Şekil 5g). Kübik jarositler çoğunlukla çok küçük kristalli (< 0.1 µm) krandallit topluluklarından oluşan matriks tarafından çevrelenmiştir (Şekil 5h).

MİNERALOJİ

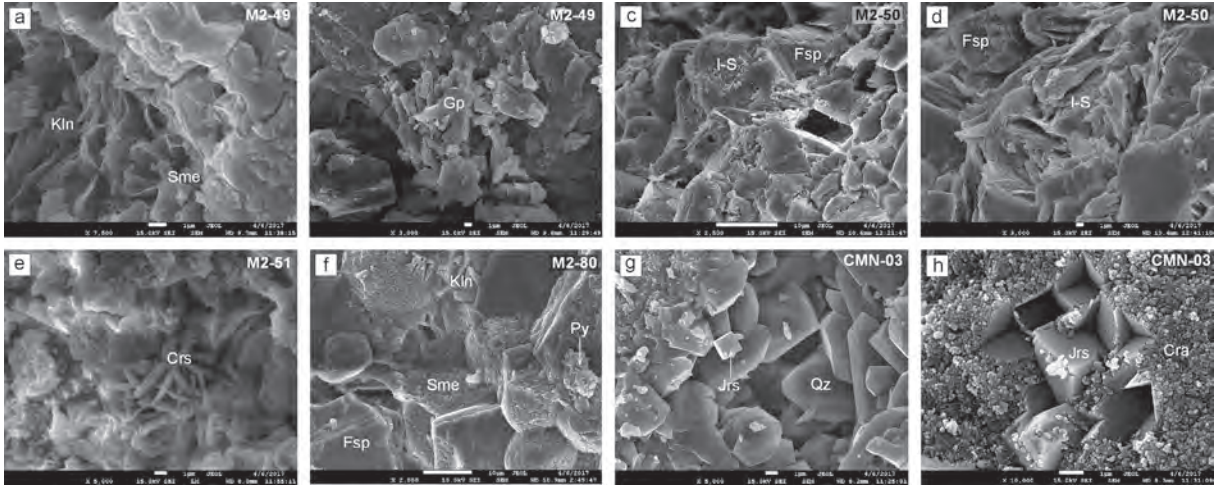
Mineralojik veriler optik ve elektron mikroskop incelemelerinden elde edilen verilere ek olarak, özellikle kilce zengin bozuşmuş örneklerin tüm kayaç ve kil boyu bileşenlerinin tanımlanmasına yönelik XRD yöntemiyle sağlanan bilgileri kapsamaktadır (Çizelge 1, Şekil 6). Bu çalışma kapsamında incelenen örneklerin ana bileşenlerini kuvars, feldispat (çoğunlukla plajiyoklaz) ve kil mineralleri oluşturmakta, feldispat içermeyen dört

örnekten ikisi yüksek oranda kristobalit, diğer ikisi de kuvars içermektedir (Çizelge 1).

Altere granodiyorit porfirlerin XRD tüm kayaç verileri bunların başlıca kuvars, feldispat ve kil minerallerinden oluştuğunu göstermiştir (Şekil 6a). Feldispat dışındaki mineraller arjilik alterasyonla ilişkilidir. Silisce zengin diğer bir örnek (M2-51) büyük ölçüde kristobalit ve daha az da kuvarstan oluşmaktadır (Şekil 6b). Mangan içeren ocaktan alınan silisli kayaç XRD tüm kayaç verilerine göre neredeyse tümüyle kuvars içermekle (> % 95) birlikte, örneğin 2 µm’den küçük tane boyu fraksiyonunda krandallit ve EDS analizlerine göre krandallit bileşimine benzer kimyaya sahip amorf faz içerdiği belirlenmiştir (Şekil 6c).

Kil minerallerini başlıca simektit ve kaolinit oluşturmakta (Şekil 6d), birer örnekte saf simektit ve aratabakalı illit-simektit ile temsil etmektedir (Şekil 6e, f). Kaolinit piklerinin dar olması kristallik derecelerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Mineral birliktelikleri arjilik zonun düşük sıcaklık kesimini temsil eden dış kesimlerinde kuvars + simektit + kaolinit, fillik zona yakın ve sıcaklığın daha yüksek olduğu iç kesimlerinde kuvars + I-S şeklindedir.

Simektit ve I-S minerallerinin d_{060} pik değerleri sırasıyla 1.4922 ve 1.4975 Å olup dioktahedral bileşimi ($d_{060} < 1.500$ Å) yansıtmaktadır. I-S’ler yüksek illit bileşenli (I = %85, S= %15) R3 düzenlenme tipine (Moore ve Reynolds, 1997) sahiptir (Şekil 6e). Simektitlerin bazal pik değerleri normal çekimde 15 Å, glikollü çekimde 17 Å olup, bunların başlıca Ca-simektit olduklarına işaret etmektedir (Şekil 6f).



Şekil 5. (a) Bozuşmuş granodiyorit porfir örneğinde gözenek ve/veya boşluklarda gelişmiş yapraksı simektitler ve levhamsı kaolinit istifleri, (b) Boşluklarda gelişmiş yarı özşekilli ve özşekilli çubuksu-prizmatik jips kristalleri, (c-d) Yarı özşekilli feldispatlar ve feldispatları ornatın ve gözenekte gelişen lifsel I-S'ler, (e) Boşluklarda tüpsü/kurtçuk biçimli kristobalıt toplulukları, (f) Feldispat kristalleri arasındaki boşluklarda neoformasyon ürünü gelişmiş, yer yer feldispatları ornatın sünger görünümlü simektitler ve özşekilli pirit toplulukları, (g) Gözenekte özşekilli kuvars ve kübik jarosit kristalleri, (h) Çok küçük-kristalli krandalit matrisinde özşekilli kübik jarositler.

Figure 5. (a) Flaky smectites and platy kaolinite stacks developed within the pores and/or spaces in altered granodiorite porphyry, (b) Subhedral and euhedral rod-like prismatic gypsum crystals within the pores, (c-d) Subhedral feldspars and filamentary I-S replacing the feldspars and within the pores, (e) Tubular/worm-like cristobalite aggregates within the pores, (f) sponge-like smectites developed within the pores amongst the feldspar crystals and partly replacing the feldspars, and pyrite crystal aggregates, (g) Euhedral quartz and cubic jarosite crystals within the pores, (h) Cubic jarosites within the very fine-grained crandallite matrix.

JEOKİMYA

Kil Minerallerinin Ana Element Oksit Bileşimleri

Simektit, I-S ve illitlerin elektron mikroprop analiz (EPMA) sonuçlarına göre kalibrasyonu yapılmış (Bozkaya vd., 2017) EDS analiz sonuçlarına göre belirlenen ana element oksit bileşimleri ve 11 oksijen atom sayısına göre (Weaver ve Pollard, 1973) hesaplanan yapısal formülleri Çizelge 2'de verilmiştir.

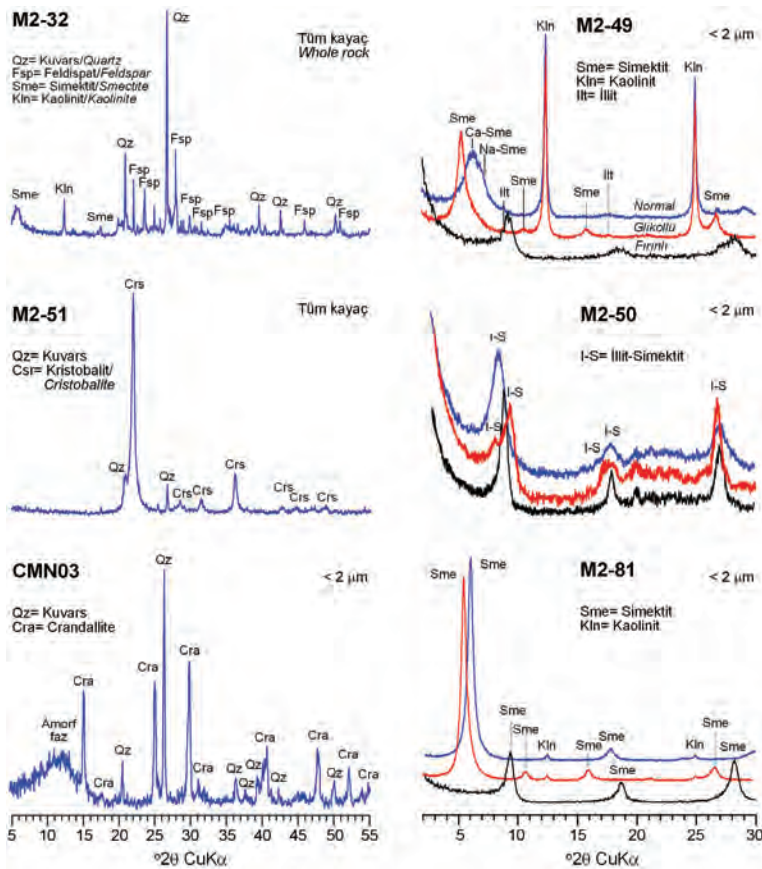
Simektitler dioktahedral bileşimi temsil etmekte olup, oktahedral Al içerikleri 1.47-1.66, oktahedral Fe+Mg süstitüsüyonu 0.49-

0.65 arasında değişmektedir. Tetrahedral Al süstitüsüyonu 0.12-0.50 olarak belirlenmiştir. Yapraklararası katyonları K, Na ve Ca oluşturmaktadır. I-S'lerin oktahedral Al içerikleri 1.66-1.71 olup, oktahedral Fe+Mg süstitüsüyonu (0.06-0.28) simektitlerden çok daha düşüktür. Dioktahedral bileşime sahip I-S'lerin yapraklar arası K içerikleri (0.58-0.75) arasında değişmekte ve yüksek illit bileşenli aratabakalanmayı işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle, illit bileşeninin yüksek olduğuna ilişkin mineralojik bulgular kimyasal verilerle de doğrulanmıştır. İllitler I-S'lere benzer tetrahedral ve oktahedral bilşimlere sahip olup, daha yüksek yapraklar arası K içermektedir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Alterasyon zonlarından alınan örneklerin XRD-TK ve XRD-KF bileşimleri (+: %20, ±: %5'den az). Qz: Kuvars, Fsp: Feldispat, Crs: Kristobalıt, Ps: Fillosilikat, Sme: Simektit, Kln: Kaolinit, I-S: Karışık tabakalı illit-simektit, Ilt: İllit.

Table 1. XRD-WR and XRD-CF composition of the samples taken from alteration zones (+: 20%, ±: below 5%). Qz: Quartz, Fsp: Feldspar, Crs: Cristobalite, Cra: Crandallite, Ps: phyllosilicate, Sme: Smectite, Kln: Kaolinite, I-S: Mixed-layered illite-smectite, Ilt: Illite.

Örnek No	XRD-TK				XRD-KF			
	Qz	Fsp	Crs	Ps	Sme	Kln	I-S	Ilt
M2-31	++	+		++	++++	+		
M2-32	++	+		++	++++	+		
M2-33	++	++		+	+++	++		
M2-49	+	++	Gp: ±	+++	++	+++		±
M2-50	+	+++		+			+++++	
M2-51	+		++++					
M2-52	+		++++					
M2-75	+	+++		+		+++	+++	
M2-80	+	++		+++	++++	+		
M2-81	+	+++		+	+++++			
CMN03	+++++		Cra:+					
CMN04	+++++		Cra:+					



Şekil 6. Silis ve kil bakımından zengin bozuşmuş örneklerin yönlenmemiş tüm kayaç ve yönlü kil fraksiyonlarının (<2 μm) XRD desenleri.

Figure 6. XRD patterns of unoriented whole rock and oriented clay (<2 μm) fractions of clay- and silica-rich altered samples.

Kil minerallerinin mineral kimyası verileri çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiştir (Şekil 7). Si – Na+K diyagramında illitler, fenjitik illit ve seladonit bileşimli iken, I-S ve simektitler illitten pirofillite doğru değişen bileşimler sergilemektedir (Şekil 7a). Tetrahedral ve oktahedral yük verilerinin değerlendirildiği muskovit-seladonit-pirofillit diyagramında, illit-I-S ve simektitler, illitten simektite doğru azalan tetrahedral ve oktahedral yük değerleri sunmakta ve ilgili mineraller için çizilen alanlarda kümelenmektedir (Şekil 7b). $M^{+} - 4Si - R^{2+}$ üçgen diyagramında, illitler illit-muskovit ve illit-seladonit arasında, I-S'ler muskovit I-S arasında, smektitler montmorillonit bileşimine yakın bileşimler sunmaktadır (Şekil 7c). İllit ve I-S'lerin politipi incelemeleri yapılamamakla birlikte, Meunier ve Velde (2004) tarafından belirtildiği gibi $M^{+} - 4Si$ arasındaki % 50 çizgisinin altında konumlanması, bunların $1M$ ve/veya $1M_d$ politiplerine sahip olduğunu, diğer bir ifadeyle birincil magmatik mikalardan ziyade arjilik alterasyon ürünü olduklarını göstermiştir.

Oksijen ve Hidrojen İzotop Jeokimyası

Kil minerallerinde duraylı izotop incelemeleri killeri oluşturan sıvının bileşimi biliniyor ise termometre; sıcaklık koşulları biliniyor ise sıvı-kayaç etkileşiminin izlerini saptamak olmak üzere genellikle iki alanda uygulanmaktadır. Birincisi, oluşum sıcaklıkları ile ilişkili iki faz arasındaki

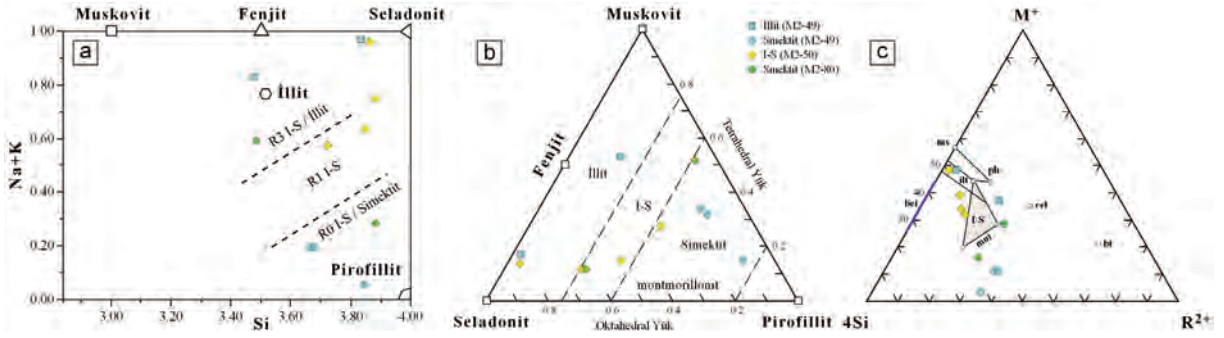
ayrışmayı esas almaktadır. İkincisi ise sıvının kaynağını değerlendirmede sıvı veya kayacın izotopik bileşiminin kullanılmasıdır. Oksijen ve hidrojen izotop jeokimyası saf I-S üzerinde gerçekleştirilmiş olup, $\delta^{18}O$ ve δD değerleri sırasıyla ‰ 20.5 ve ‰ -104.0 belirlenmiştir. Oksijen ve hidrojen izotop bileşimi, meteorik su çizgisi (Craig, 1961), süperjen-hipojen çizgisi (Sheppard vd., 1969), montmorillonit çizgisi (Savin ve Epstein, 1970), deniz suyu, magmatik su (Taylor, 1979) ve meteorik su bileşimlerini (Doğu Akdeniz Meteorik Suyu – DAMS, $\delta^{18}O = \text{‰} -6.12$, $\delta D = \text{‰} -37.96$, Gat vd., 1996) içerecek biçimde $\delta^{18}O - \delta D$ diyagramında değerlendirilmiştir (Şekil 8a).

I-S izotop bileşimi yüzeye yakın alterasyon koşullarını temsil eden süperjen alanda montmorillonit çizgisi üzerinde yer almaktadır. I-S mineralini oluşturan suyun kökeninin belirlenmesi amacıyla, farklı sıcaklık değerleri için sıcaklıkla birlikte değişen izotopsal yönelimi de gösterilmiştir (Şekil 8a, b). Sıcaklıkla birlikte izotop bileşim değişimine yönelik hesaplamalarda ($\delta^{18}O_{H_2O} = \delta^{18}O_{\text{mineral}} - 1000 \ln \alpha$ ve $\delta D_{H_2O} = \delta D_{\text{mineral}} - 1000 \ln \alpha$) oksijen izotopu için Savin ve Lee (1988), hidrojen izotopu için Yeh (1980) eşitlikleri kullanılmıştır. $\delta^{18}O_{H_2O}$ magmatik su orta değeri ($\delta^{18}O_{H_2O} = 7.5$; Taylor, 1979) esas alındığında; I-S yaklaşık 100 °C sıcaklık koşullarını yansıtmakta (Şekil 8b) ve oluşumunun arjilik alterasyonla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. Çöpler arjilik alterasyon zonundan alınan örneklerdeki kil minerallerinin EDS analiz sonuçları ve yapısal formülleri. T.Y.: Tetrahedral yük, O.Y.: Oktahedral yük, T.O.K.: Toplam oktahedral katyon, Y.A.Y.: Yapraklar arası yük, T.Y.Y.: Toplam yaprak yükü.

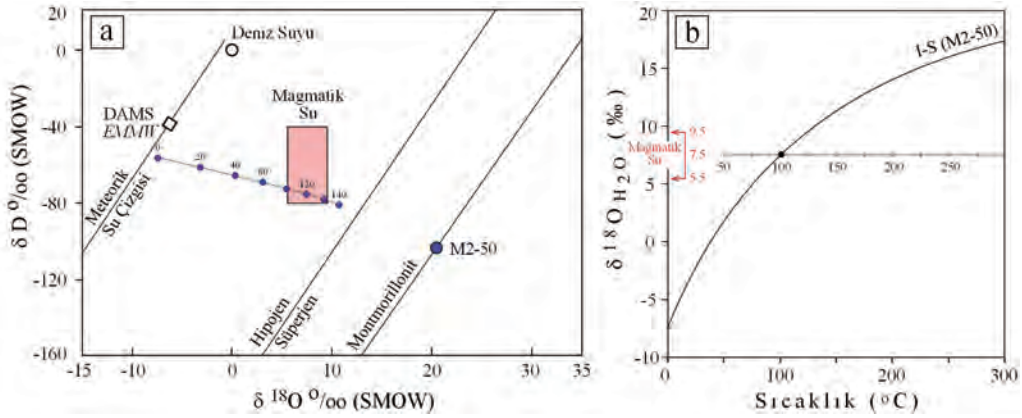
Table 2. The results of EDS analysis and structural formulas of clay minerals in the samples taken from the argillic alteration zone. T.Y.:Tetrahedral charge, O.Y.: Octahedral charge, T.O.K.: Total octahedral cations, Y.A.Y.: Interlayer charge, T.Y.Y.: Total layer charge.

Mineral	İllit		Simektit		Simektit		Simektit		I-S		I-S		I-S	
	M2-49	M2-49	M2-49	M2-49	M2-49	M2-49	M2-80	M2-80	M2-50	M2-50	M2-50	M2-50	M2-50	M2-50
SiO ₂	54.21	61.88	60.25	59.83	64.94	63.01	55.18	62.95	61.09	62.70	61.09	62.70	61.09	63.10
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	27.25	25.09	27.20	27.09	26.01	21.82	27.74	25.23	27.69	24.17	27.69	24.17	27.69	25.29
FeO _{toplam}	6.10	0.79	7.59	8.13	4.60	6.44	9.16	0.00	1.58	3.06	0.00	3.06	1.58	1.21
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	2.31	0.62	2.48	2.48	3.73	1.71	1.65	0.63	2.23	0.58	2.23	0.58	2.23	2.19
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	10.14	10.38	2.47	2.47	0.72	3.57	4.22	9.11	7.42	9.49	7.42	9.49	7.42	8.21
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Tetrahedral														
Si	3.47	3.83	3.68	3.66	3.85	3.88	3.48	3.86	3.72	3.88	3.72	3.88	3.72	3.85
Al	0.53	0.17	0.32	0.34	0.15	0.12	0.52	0.14	0.28	0.12	0.28	0.12	0.28	0.15
T.Y.	0.53	0.17	0.32	0.34	0.15	0.12	0.52	0.14	0.28	0.12	0.28	0.12	0.28	0.15
Oktahedral														
Al	1.53	1.67	1.63	1.62	1.66	1.47	1.55	1.69	1.71	1.65	1.71	1.65	1.71	1.66
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ²⁺	0.33	0.04	0.39	0.42	0.23	0.33	0.48	0.00	0.08	0.16	0.00	0.16	0.08	0.06
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.22	0.06	0.23	0.23	0.33	0.16	0.16	0.06	0.20	0.05	0.20	0.05	0.20	0.20
O.Y.	0.30	0.80	-0.13	-0.14	-0.10	0.62	0.07	0.82	0.30	0.63	0.30	0.63	0.30	0.49
T.O.K.	2.08	1.77	2.25	2.26	2.22	1.96	2.19	1.74	1.99	1.86	1.99	1.86	1.99	1.92
Yapraklararası														
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.83	0.82	0.19	0.19	0.05	0.28	0.34	0.71	0.58	0.75	0.58	0.75	0.58	0.64
Y.A.Y.	0.83	0.97	0.19	0.19	0.05	0.74	0.59	0.96	0.58	0.75	0.58	0.75	0.58	0.64
T.Y.Y.	0.83	0.97	0.19	0.19	0.05	0.74	0.59	0.96	0.58	0.75	0.58	0.75	0.58	0.64



Şekil 7. Arjilik alterasyon zonlarından alınan örneklerdeki simektit, I-S ve illitlerin kimyasal bileşimlerinin (a) Si - Na+K (Simektit, I-S ve illit sınırları Bozkaya ve Yalçın (2010)'dan alınmıştır), (b) Muskovit – seladonit – pirofillit ve (c) $M^+ - 4Si - R^{2+}$ (Meunier ve Velde, 2004) diyagramlarındaki dağılımları.

Figure 7. The chemical compositions of smectite, I-S and illite in the samples taken from the argillic alteration zones on the diagrams of (a) Si - Na+K (boundaries of smectite, I-S and illite taken from Bozkaya and Yalçın (2010)), (b) Muscovite – celadonite – pyrophyllite and (c) $M^+ - 4Si - R^{2+}$ (Meunier and Velde, 2004).



Şekil 8. (a) Arjilik zona ait saf simektit örneğinin oksijen ve hidrojen izotop verilerinin $d^{18}O$ ‰ – dD ‰ diyagramındaki konumu ve simektiti oluşturan sıvının izotop bileşiminin sıcaklıkla birlikte değişimi, (b) Simektit ile dengedeki suyun simektit-su eşitliğine göre hesaplanan oksijen izotop bileşiminin sıcaklıkla değişimi. Magmatik su $d^{18}O$ değerleri Taylor (1979)'dan alınmıştır.

Figure 8. (a) Oxygen and hydrogen isotope values of smectite samples from the argillic zone on the $d^{18}O$ ‰ – dD ‰ diagram and changes in the isotopic composition of smectite-forming fluids with temperature, (b) Changes of oxygen isotopic values of water in equilibrium with illite-smectite, calculated from the illite-water equation of Savin and Lee (1988), together with the temperatures. $d^{18}O$ values of magmatic water are taken from Taylor (1979).

Çizelge 3. Alterasyonla ilişkili jarosit ve I-S minerallerinin K-Ar yaş verileri.

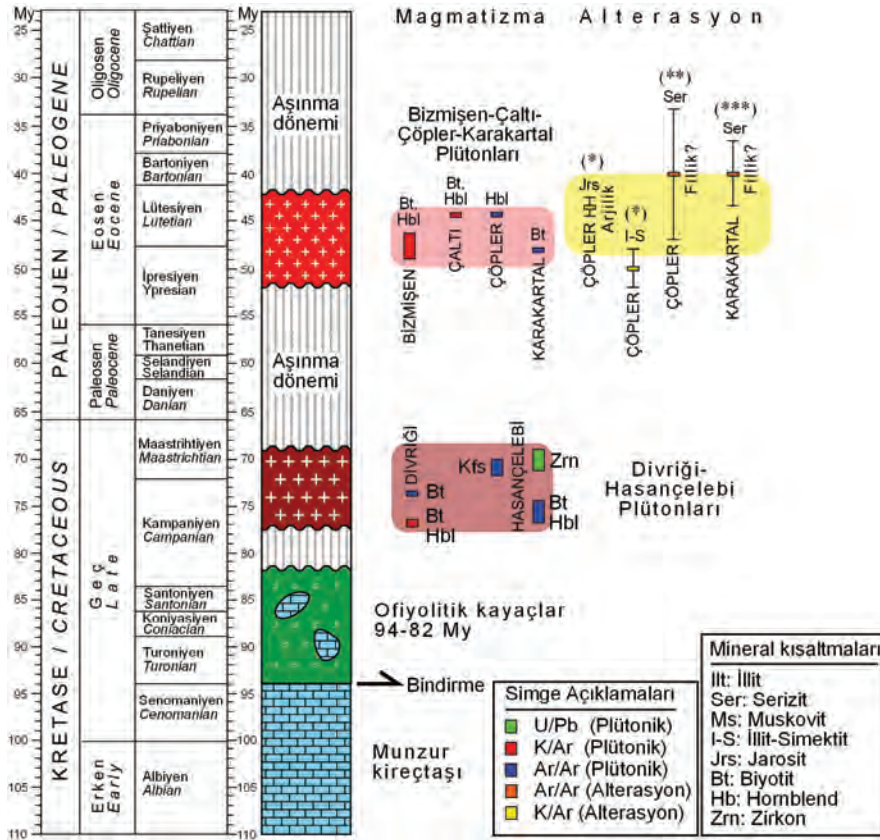
Table 3. K-Ar age data of alteration related jarosite and I-S minerals.

Örnek No	Mineral	K [%]	Rad. ^{40}Ar [mol/g]	Rad. ^{40}Ar [%]	Yaş [My]	Sapma [Ma]	Periyod-Devir-Kat
G-MN-03	Jarosit	0.814	6.229E-11	74.1	43.6	1.0	Paleojen-Eosen-Lütesiyen
M2-50	I-S	2.420	2.135E-10	05.8	50.2	2.2	Paleojen-Eosen -İpresiyen

K/Ar Yaş Tayini

Saf I-S ve jarosit içeren örnekler üzerinde gerçekleştirilen K/Ar izotop jeokimyası inceleme sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Jarositli örneğe ait yaş verisi inceleme alanındaki plütonik kayaların yaşlarıyla uyumlu biçimde sokulumu izleyen dönemde Lütésiyen (Eosen) meydana geldiğini göstermiştir (Şekil 9). Buna karşın, I-S yaş verisi plütonik sokulumlardan daha

yaşlı bir dönemi (İpresiyen, Alt Eosen) işaret etmekte olup, alterasyon yaşı için kullanılabilir gözükmemektedir. Çöpler bölgesinde ilk kez bu çalışmayla jarositli örnekte yapılan K/Ar yaşlandırması düşük hata oranıyla çok daha güvenilir olup, arjilik alterasyonun plütonik sokulumun izleyen yakın bir dönemde (< 1 My) gerçekleştiğini işaret etmiştir.



Şekil 9. Hasaңcelebi ve Çöpler arasındaki bölgedeki magmatik intrüzyonlar ve yan kayalarının jeolojik zaman-ölçekli dağılımı ile ölçülen magmatizma ve alterasyon yaşlarının konumu. Plütonik kayaların yaşları: Çaltı ve Bizmişen plütonları için Önal vd. (2005); Divriği plütunu için Boztuğ vd. (2006); Hasaңcelebi plütunu için Kuşçu vd. (2010, 2013); Çöpler plütunu için Imer vd. (2013, 2016); Çöpler porfirli altın yatağının fillik alterasyonu için Kuşçu vd. (2013) ve Akçay vd. (2016). (*) Bu çalışma, (**) Kuşçu vd. (2013), (***) Akçay vd. (2016).

Figure 9. Geological time-scale of the magmatic intrusions and host rocks of the region between Çöpler and Hasaңcelebi and the measured ages of magmatism and alteration. The ages of plutonic rocks were taken from Önal et al. (2005) for the Çaltı and Bizmişen plutons, Boztuğ et al. (2006) for the Divriği pluton, Kuşçu et al. (2010, 2013) for the Hasaңcelebi pluton, Imer et al. (2013, 2016) for the Çöpler pluton, Kuşçu et al. (2013) Akçay et al. (2016) for the phyllic alteration of Çöpler porphyry gold deposit. (*) This study, (**) Kuşçu et al. (2013), (***) Akçay et al. (2016).

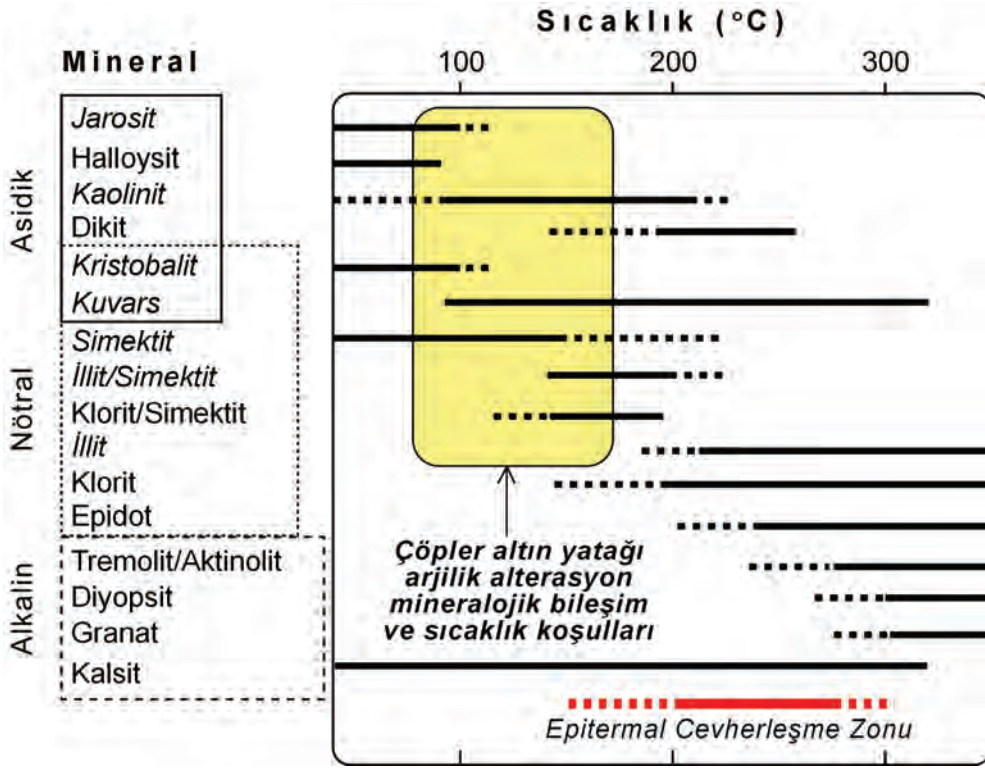
TARTIŞMA

Çöpler altın yatağının oluşumuna neden olan plütonik kayaların Keban Metamorfileri ve Munzur kireçtaşları içerisine sokulumu çeşitli hidrotermal alterasyon zonlarının (potasik, fillik, propilitik, arjilik) gelişimine neden olmuştur. Örneklemeye yapılan kil ve silisce zengin arjilik alterasyon zonlarının geniş alanlara yayılmış olması (Bakınız Şekil 3), bunların daha önceki araştırmacılar (Imer vd., 2013; 2016) tarafından belirtildiği gibi, bu zonların açık biçimde gözlenmediği yaklaşımının doğru olmadığını, dolayısıyla sokulum yapan plütonik kayaların maruz kaldığı yaygın arjilik alterasyon zonlarının bulunduğunu göstermiştir.

Çöpler altın yatağının kil ve silisce zengin bozuşma zonlarından alınan örneklerin mineralojik incelemeleri, yatakta yaygın arjilik alterasyonun geliştiğini gösteren mineral birlikteliklerini sunmaktadır (Şekil 10). Elders vd. (1979), Corbett ve Leach (1998) ve Martínez-Serrano (2002) tarafından önerilen mineral duraylılık verilerine göre; jarosit, kaolinit ve kristobalitlein gözlenmesi alterasyonu aşırı asidik ortamda ve düşük sıcaklık koşullarında (< 100 °C) gerçekleştiğini işaret etmektedir. Simektit ve I-S'ler sıcaklığın 100 °C'yi aştığını, pH'ın asidiktan nötral koşullara kadar değiştiğini göstermektedir. Kil minerallerinin mineralojik ve kimyasal özellikleri (Şekil 6 ve 7), özellikle oksijen ve hidrojen

izotop jeokimyası verileri (Şekil 8) düşük sıcaklık koşullarını destekler niteliktedir. Kil minerallerinin kimyası yan kayaç (granodiyorit porfir) bileşimiyle uyumlu biçimde Al'ca zengin (dioktahedral) bileşimi yansıtmaktadır. Arjilik zonun fillik zona doğru sıcaklığın daha yüksek olduğu iç kesimlerinde kuvars + I-S, sıcaklığın daha düşük olduğu dış kesimlerde kuvars + simektit + kaolinit birliktelikleri sergilemekte olup, minerallerin alansal dağılımının ortamsal koşullarla denetlendiğini göstermektedir.

Arjilik zondan alınan örneklerin kalıntı illit/mika (biyotit vb.) içermemesi, arjilik alterasyonun daha önce oluşmuş bir alterasyon türünün (fillik/serizitik) üzerinde gelişen "epitermal" sistemin ürünü bir arjilik alterasyon olmadığını, aksine porfiri sistemin gelişimi ile ilişkili doğrudan gelişen bir arjilik alterasyon olduğuna işaret etmektedir. Kil minerallerin mineral kimyası verilerine göre; simektit, I-S ve illitler benzer köken kayaç ve sıvı bileşimini yansıtmakta olup, kimyasal bileşimlerindeki değişimler dereceli bir geçişi yansıtmaktadır (Şekil 8). Diğer bir ifadeyle killerin benzer kimyasal bileşim sunmaları kimyasal bileşimlerindeki değişimlerin dereceli olması, bunların arjilik alterasyon sırasında geliştiğini ve kimyasal bileşimlerindeki mevcut değişimlerin ise ortamdaki sıcaklık ve pH değişimleriyle ilişkili olduğunu göstermiştir.



Şekil 10. Çöpler altın yatağı arjilik alterasyonuna ilişkin mineral birliktelikleri ve sıcaklık koşulları (Elders vd. (1979), Corbett ve Leach (1998) ve Martínez-Serrano (2002)'dan düzenlenmiştir). Bu çalışmada belirlenen mineraller eğik yazı biçiminde verilmiştir.

Figure 10. The temperature and mineral associations related to argillic alteration from the Çöpler gold deposit (modified from Elders et al. (1979), Corbett and Leach (1998) and Martínez-Serrano (2002)). The mineral names determined from this study are presented in italics.

Bu çalışma kapsamında Çöpler altın yatağında ilk kez belirlenen ve jarosit ve krandallit mineralleri genellikle magmatik hidrotermal, yer yer buhar fazının etkin olduğu süperjen asit-sülfat ortamları temsil etmektedir (Rye vd., 1992; Rye ve Alpers, 1997). Magmatik suların kalk-alkalin kristalin kayalarla etkileşimi buhar bakımından yoğun sıvıların H_2S/SO_2 oranını arttırdığı (<1) bilinmektedir (Rye, 1993). Magmatik sıvıların kaynamasından geriye kalan tuzlu sıvılar yüzeye yakın seviyelerde $Cu \pm Mo \pm Au$ porfiri cevherleşmelerine neden olabilmektedir. Sıcaklığın artmasıyla artan buhar fazı $4SO_2 + 4H_2O = 3H_2SO_4 + H_2S$ reaksiyonunu oluşturur ve açığa çıkan sülfürik asit (H_2SO_4) aşırı asit yikanmasına ve magmatik hidrotermal bir

ortamda çeşitli oranlarda silika + alümit + kaolinit + pirit birliktelikleri ile arjilik ve piropilitik zonların gelişimine neden olmaktadır. Optik mikroskop incelemelerinde belirlenemeyen ancak $2 \mu m$ 'den küçük tane boyu fraksiyonunu XRD incelemeleri sonucu belirlenebilen krandallitler jarositlerle birlik oluşturmakta olup, çoğunlukla ince-taneli ($<0.1-10 \mu m$) kristaller şeklinde oluştukları ve kayacın genellikle %0.05'inden daha düşük miktarda gözlenmeleri nedeniyle gözden kaçırıldıkları daha önceki araştırmacılarca da belirtilmiştir (Örneğin, Gaboreau vd., 2007). Bununla birlikte, bazı uranyum yataklarında yan kayaç alterasyonu ile ilişkili killi zonlarda bol miktarda gözlemlenmiş de rapor edilmiştir (Wilson, 1985; Beaufort vd., 2005; Gaboreau vd., 2005,

2007). Diğer fosfat minerali olan jarositlerden farklı olarak krandalit mineralinin çökelişini sağlayan kritik faktör ortamda Al'in bulunmasıdır (Rasmussen, 1996). Yazara göre alüminyum fosfat sülfat minerallerinin çökeltilmesi için gerekli Al, feldispatlar, mika veya kaolinitlerin alterasyonu sağlanmaktadır. Krandalitler jarositlerle benzer ortamlarda oluşmakla birlikte, yer yer diktlerin eşlik etmesi nedeniyle 200 °C'ye ulaşan sıcaklıklarda da duraylılığını sürdürebilmektedir (Marfil vd., 2013). Krandalit mineralleri yüksek sülfidasyonlu porfiri ve epitermal altın yataklarında ileri arjilik zonu temsil etmektedir (Georgieva vd., 2002; Seres-Hartai ve Földessy, 2003; Hikov vd., 2010; Vouduris ve Melfos, 2012; Georgieva ve Velinova, 2014). Benzer biçimde Ripp vd. (1998), alüminyum-fosfat sülfat minerallerinin PO₄⁻³ iyonlarının yüksek aktivitesi, yüksek oksijen potansiyeli ve geniş pH aralığında (pH 3-8) oluşmakla birlikte, bu minerallerin esas olarak asidik pH koşullarında ileri arjilik alterasyon ürünü kayaçlarda oluştuğunu belirtmiştir.

Kil minerallerinden elde edilen duraylı ve radyojenik izotop verileri, bu mineralleri oluşumunda etkin olan çözeltilerin magmatik sularla doğrudan ilişkili olduğunu, herhangi bir deniz suyu veya meteorik su katkısını olmadığını göstermiştir. Bu durum killerin oluşum sırasında alterasyonun geliştiği ortamın yüzeysel/meteorik sulardan etkilenmeyecek biçimde kapalı kaldığını, diğer bir ifadeyle magmatik-hidrotermal bir ortamı işaret etmektedir.

Bu çalışmada elde edilen K/Ar yaş verileri, bölgedeki daha önceki çalışmalarda elde edilen plütonik magmatizma ve alterasyon yaşlarıyla birlikte değerlendirildiğinde (Şekil 9), plütonik kayaçların yaşları bakımından Çöpler ve Çaltı bölgeleri daha erken, Bizmişen ve Karakartal bölgeleri daha geç dönemi işaret etmektedir. Alterasyon yaşları açısından, Çöpler ve Karakartal bölgelerinde serizitler üzerinde gerçekleştirilen Ar/Ar yaşlandırmaları magmatizmadan 5-6 yıl sonraki dönemi işaret ediyor gözükmeyle birlikte,

hata oranlarının çok yüksek olması sağlıklı bir değerlendirme yapılmasını güçleştirmektedir. I-S mineraline ait yaş verisi, jarositlere göre daha yüksek hata oranına sahip olup, bölgede önceki araştırmacılarca belirlenenlerden daha yaşlı magmatik kayaçların olabileceğini ve ilgili yaş verisinin de ilksel magmatik feldispat ve alterasyon ürünü kil yaşlarının ortalaması olabileceğini düşündürmektedir. Jarositli örnekten elde edilen K/Ar yaş verisi (43.6 ± 1 My), plütonik kayaçların yaşlarına (43.75±0.26-44.19±0.23 My) çok yakın olup, arjilik alterasyonun plütonik kayaç sokulum sırasında veya hemen hemen sonrasında (< 1My) başladığını göstermektedir (Şekil 9).

SONUÇLAR

Bu çalışmada, Tetis Alpin-Himalaya orojenik kuşağında açılmalı/genişlemeli tektonik rejim sonucu gelişen orta Eosen yaşlı plütonik sokulumlarla ilişkili Çöpler porfiri altın yatağının arjilik alterasyon özelliklerinin (yayılmı, oluşum koşulları, süresi vb.) belirlenmesi amaçlanmıştır.

Granodiyorit porfir ve diyorit porfirlerle temsil edilen plütonik kayaçların Paleozoyik yaşlı Keban Metamorfikleri ve Üst Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Munzur kireçtaşları içerisine sokulumu sonucu porfiri-epitermal bir Cu-Au yatağı ve hidrotermal alterasyon zonları (potasik, fillik, propilitik, arjilik) gelişmiştir. Önceki araştırmacılarca yerel ve sınırlı alanda geliştiği belirtilen süperjen alterasyonun aksine, geniş yayılım sunan arjilik alterasyon zonlarının varlığı ortaya konulmuştur. Aşırı killeşmiş granodiyorit porfirlerde, ilksel porfiritik doku izlenebilmekte, homojen ve yer yer mikrolaminasyonlar şeklinde ince-kristalli kil ve kuvarslar izlenmektedir. Süngerimsi simektit, lifsi-tüysü I-S ve levhamsı kaolinitler feldispatları ornatmış ve boşluklarda neoformasyon sonucu gelişmişlerdir. Kuvars ve jarositler özşekilli kristaller, kristobalit ve krandalitler ise sırasıyla kurtçuk ve ince granüler topluluklar halinde gözlenmekte olup, çözeltiden itibaren doğrudan

çökelmişlerdir. Arjilik alterasyon kuvars/kristobalit, smektit, kaolinit, karışık-tabakalı illit-smektit/I-S, krandalit ve jarosit mineralleriyle temsil edilmekte ve düşük pH (çoğunlukla asidik ve kısmen nötral) ve düşük sıcaklık (< 200 °C) koşullarını temsil etmektedir. Arjilik zona ait örnekler fillik zona yakın iç kesimlerde (ileri arjilik zon) kuvars + I-S, sıcaklığın düşük olduğu dış kesimlerde kuvars + Ca-simektit + kaolinit birliktelikleriyle temsil edilmektedir. Simektit, I-S ve ender gözlenen illitler dioktahedral bileşimli olup, köken kayaç (granodiyorit porfir) bileşimine yakın mineral kimyasına sahiptir. Simektit, I-S ve illitlerin kimyasal bileşimleri benzer köken kayaç ve sıvı bileşimini yansıtır biçimde dereceli değişim sunmaktadır. Diğer bir ifadeyle bu minerallerin benzer kimyasal bileşimleri ve kimyasal bileşimlerindeki dereceli geçişler, bunların arjilik alterasyon sırasında geliştiğini, kimyasal bileşimlerindeki değişimlerin ise ortamdaki sıcaklık ve pH değişimleriyle ilişkili olduğunu göstermiştir. I-S'lerin O-H izotop bileşimi, düşük sıcaklık koşullarında ve magmatik suyun baskın olduğu bir oluşumu göstermektedir. Jarosit içeren örneğin K/Ar yaş verisi (43.6 ± 1.0 My), arjilik alterasyonun plütonik sokulumun hemen sonrasında (<1 My) başladığına işaret etmektedir. Elde edilen bulgular, Çöpler porfiri-epitermal altın yatağında düşük sıcaklık koşullarında (<200 °C) gelişmiş, alüminyum fosfat ve demir sülfat minerallerinin de geliştiği geniş yayılım sunan bir arjilik alterasyonun varlığını ortaya koymuştur.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, Çöpler yatağının incelenmesine izin veren ANAGOLD Madencilik firması yetkililerine ve arazi çalışmaları ve örnekleme sırasındaki katkılarından dolayı Jeoloji Mühendisi Emrah Tüvar'a teşekkürü bir borç bilirler. Yazarlar ayrıca, makaleyi titizlikle inceleyerek yapıcı öneriler sunan ve makalenin geliştirilmesine katkı sağlayan Hüseyin Yalçın (Cumhuriyet Üniversitesi) ve

Namık Aysal'a (İstanbul-Cerrahpaşa Üniversitesi) teşekkür ederler.

EXTENDED SUMMARY

The Çöpler porphyry-epithermal gold deposit is associated with middle Eocene (43.75 to 44.19 Ma) intrusive rocks related to an extensional tectonic phase in the Tethyan Alpine-Himalayan orogenic belt. The intrusive rocks were emplaced into Late Paleozoic–Mesozoic metapelite and metacarbonate rocks (Keban Metamorphites and Munzur Limestone), creating the porphyry-epithermal Cu-Au deposit and hydrothermal alteration zones, i.e., potassic, phyllic, propylitic and argillic zones, as the temperature decreased. In this study we determined the mineralogic-petrographic properties of extensive argillic alteration zones, but not the local and limited supergene alteration as reported by previous authors. The data was gathered by optical and scanning electron microscopy (SEM and SEM-EDS), X-ray diffraction (XRD), O-H isotope geochemistry and K-Ar dating from samples in the argillic alteration zones.

Optical microscopic (OM) observations show that the primary magmatic porphyritic texture may be observed even in the most intensely altered samples from argillic zones indicating the host-rocks are granodiorite porphyry and diorite porphyry rocks. The fine-grained clay and quartz crystals are both homogeneous through the samples and as micro-laminations in the more intensely argillized granodiorite porphyry samples. Scanning electron microscope (SEM) investigations show smectite and I-S minerals exhibit sponge- and honeycomb-like flaky and fibrous shapes, whereas illite and kaolinites are present as platy crystals. Quartz and jarosite have euhedral crystals, critobalites are shown as worm-like aggregates. The potassic alteration (biotite, K-feldspar) indicating high temperature conditions was followed by phyllic alteration (quartz, sericite) and argillic alteration

(quartz/cristobalite, crandallite $[CaAl_3 (PO_4)_2 (OH)_5 \cdot (H_2O)]$, jarosite, smectite, kaolinite, mixed-layered illite-smectite/I-S) as the temperature decreased. The samples from the argillic zone contain quartz + I-S, quartz + crandallite + jarosite and cristobalite in the inner parts (advanced argillic zone) close to phyllic zone, whereas quartz + smectite + kaolinite associations are present in the outer parts (argillic zone). Crandallite minerals are known as an indicator mineral for the advanced argillic zone of high sulfidation porphyry-epithermal gold deposits.

The assemblages of kaolinite + cristobalite + quartz indicate high acidic ($pH < 5$) and low temperature (< 100 °C) conditions for the argillic alteration. The presence of smectite and I-S demonstrates the change of pH conditions from acidic to neutral conditions. Smectites have a dioctahedral composition ($d_{060} < 1.500$ Å) and their Al contents are between 1.47 and 1.66 a.p.f.u. I-S minerals have also a dioctahedral composition and contain high illite component (R3 ordering, I85-S15) and their tetrahedral Al and interlayer K contents are 1.66-1.71 and 0.58-0.75, respectively. Clays (dioctahedral smectite and I-S and kaolinite) from the argillic alteration zones reflect Al-rich compositions, which is a reflection of the host-rock composition, i.e., granodiorite porphyry, and the source of the clay-forming fluids. The mineral chemistry of smectite, I-S and illite reflect the same fluid origin and/or source rocks and show a gradual change of their chemical composition related to the decreasing temperatures during their formation. In summary, all these clays were formed during argillic alteration and the changes of their chemical composition are related to changes of temperature and pH conditions.

Oxygen and hydrogen isotope compositions of I-S indicate low temperature conditions and a fluid that dominantly originated from magmatic waters. The isotopic composition of the clay-forming fluid clearly demonstrates the absence of sea water and/or meteoric water contributions.

Therefore, the alterations were predominantly closed system events as part of the magmatic-hydrothermal system.

K/Ar ages from jarosite-bearing sample (43.6 ± 1.0 Ma) indicates that the advanced argillic alteration started during or shortly after the pluton intrusion ($43.75 \pm 0.26 - 44.19 \pm 0.23$ Ma), i.e., < 1 Ma. In contrast, the K/Ar ages of I-S (50.2 ± 2.2 Ma) gave an older age than the pluton intrusion; therefore, it cannot represent an alteration age. The main reason for this age could be that it represents an older magmatic intrusion remnant. Therefore, this age could come from the primary magmatic K-feldspars and clays.

As a final conclusion, the study demonstrates that the presence of a widely distributed argillic alteration around the potassic and phyllic alteration zones was developed under low temperature conditions (< 200 °C) in association with the aluminum phosphate and iron phosphate minerals.

ORCID

Ömer Bozkaya  <https://orcid.org/0000-0002-8474-8600>

Gülcan Bozkaya  <https://orcid.org/0000-0002-7336-0707>

Nurullah Hanilçi  <https://orcid.org/0000-0002-7720-1551>

DEĞİNİLEN BELGELER

Akçay, M., Gümrük, O., McInnes, B., Evans, N., Jourdan, F. and Tesselina, F., 2016. Temporal development of magmatism in the region of Sivas-Erzincan and its effects on the occurrence of Çöpler, Karakartal and Findiklidere ore deposits: a geochronological approach. 7th Geochemistry Symposium, 16-18 May 2016, Antalya, Turkey, p. 65.

Aktimur, T., 1986. Geology of Erzincan, Refahiye and Kemah Regions. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, Report No. 7932.

- Aslan, N., Akçay, M., Gümrük, O., Szabo, C. and Guzmics, T., 2013. Multi-phase complex fluid inclusions from Çöpler (İliç, Erzincan, Central East Turkey) porphyry deposit, Abstract Book, ECROFI-XXII, 145-146.
- Beaufort, D., Patrier, P., Laverret, E., Bruneton, P., and Mondy, J., 2005. Clay alteration associated with Proterozoic unconformity-type uranium deposits in the East Alligator River uranium field (Northern Territory, Australia). *Economic Geology*, 100, 515-536.
- Bozkaya, Ö. and Yalçın, H., 2010. Geochemistry of mixed-layer illite-smectites from an extensional basin, Antalya Unit, Southwestern Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 58, 5, 644-666.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H. and Schroeder, P.A., 2017. Two-step mode of clay formation in the extensional basins: Cambrian–Ordovician clastic rocks of the Antalya unit, SW Turkey. *Clay Minerals*, 52, 365-389.
- Boztuğ, D., Harlavan, Y., Arehart, G.B. and Avcı, N., 2006. K–Ar age, whole-rock and isotope geochemistry of A-type granitoids in the Divriği–Sivas region, eastern-central Anatolia, Turkey. *Lithos*, 97, 193-218.
- Canbaz, O. and Gökçe, A., 2014. Microthermometric and stable isotopic (O and H) characteristics of fluid inclusions in the porphyry related Çöpler (İliç - Erzincan) gold deposit, central eastern Turkey. *Central European Journal of Geosciences (Open Geosciences)*, 6(2), 139-147.
- Corbett, G.J. and Leach, T.M., 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. Society of Economic Geologists, Special Publication, No. 6. 237 p.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, 1702-1703.
- Elders, W.A., Hoagland, J.R., McDowell, S.D. and Cobo, J.M., 1979. Hydrothermal mineral zones in the geothermal reservoir of Cerro Prieto. *Geothermics*, 8, 201-209.
- Gaboreau, S., Beaufort, D., Viellard, Ph., Patrier, P. and Bruneton, P., 2005. Aluminum phosphate-sulphate minerals associated with Proterozoic unconformity-type uranium deposits in the East Alligator River Uranium Field, Northern Territories, Australia. *The Canadian Mineralogist*, 43, 813-827.
- Gaboreau, S., Cuney, M., Quirt, D. Beaufort, D., Patrier, P. and Mathieu, R., 2007. Significance of aluminium phosphate-sulfate minerals associated with U unconformity-type deposits: The Athabasca basin, Canada. *American Mineralogist*, 92, 267-280.
- Gat, J.R., Shemesh, A., Tziperman, E., Hecht, A., Georgopoulos, D. and Basturk, O., 1996. The stable isotope composition of waters of the eastern Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research*, 101, 6441-6451.
- Georgieva, S. and Velinova, N., 2014. Florencite-(Ce, La, Nd) and crandallite from the advanced argillic alteration in the Chelopech high-sulphidation epithermal Cu-Au deposit, Bulgaria. *Comptes rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*, 67, 12, 1669-1678.
- Georgieva, S., Velinova, N., Petrunov, R., Moritz, R. and Chambefort, I., 2002. Aluminium phosphate-sulphate minerals in the Chelopech Cu-Au deposit: Spatial development, chemistry and genetic significance. *Geochemistry, Mineralogy and Petrology*, Sofia, 39, 39-51.
- Hikov, A., Lerouge, C. and Velinova, N., 2010. Geochemistry of alunite group minerals in advanced argillic altered rocks from the Asarel porphyry copper deposit, Central Srednogie. *Review of the Bulgarian Geological Society*, 71, 133-148.
- Imer, A., Richards, J.P. and Creaser, R.A., 2013. Age and tectono-magmatic setting of the Eocene Çöpler-Kabataş magmatic complex and porphyry-epithermal Au deposit, East-Central Anatolia, Turkey. *Mineralium Deposita*, 48, 557-583.
- Imer, A., Richards, J.P. and Muehlenbachs, K., 2016. Hydrothermal evolution of the Çöpler porphyry-epithermal Au deposit, Erzincan Province, central eastern Turkey. *Economic Geology*, 111, 1619-1658.
- Jankovic, S., 1986. Tethyan Eurasian Metallogenic Belt: relations of mineral associations and their tectonic setting. *Geotectonica et Metallogenia*, 10, 99-124.

- Jingwen, M., Pirajno, F., Lehmann, B., Maocheng, L. and Berzina, A., 2014. Distribution of porphyry deposits in the Eurasian continent and their corresponding tectonic settings. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79, 576-584.
- Kuşçu, I., Kuşçu, G.G., Tosdal, R.M., Ulrich, T.D. and Friedman, R., 2010. Magmatism in the southeastern Anatolian orogenic belt: transition from arc to post-collisional setting in an evolving orogen. In: Sosson, M., Kaymakci, N., Stephenson, R.A., Bergerat, F., Starostenko, V. (eds) *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. Geological Society, London, Special Publications, 340, 437-460.
- Kuşçu, I., Tosdal, R.M., Gençalioğlu-Kuşçu, G., Friedman, R. and Ullrich, T.D., 2013. Late Cretaceous to middle Eocene magmatism and metallogeny of a portion of the southeastern Anatolian orogenic belt, east-central Turkey: *Economic Geology*, 108, 641-666.
- Marfil, R., La Iglesia, A., Estupiñan, J., 2013. Origin and nature of the aluminium phosphate-sulphate minerals (APS) associated with uranium mineralization in Triassic red-beds (Iberian Range, Spain). *Estudios Geológicos*, 69, 21-34.
- Martínez-Serrano, R.G., 2002. Chemical variations in hydrothermal minerals of the Los Humeros geothermal system, Mexico. *Geothermics*, 31, 579-612.
- Meunier, A., Velde, B., 2004. *Illite: Origins, Evolution and Metamorphism*. Springer Science, 286 p.
- Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA), 2002. *Geologic map of Turkey (Sivas Quadrangle)*, Ankara, Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, scale 1:500,000, 1 sheet.
- Moore, D.M. and Reynolds, R.C., Jr., 1997. *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University Press, Oxford, 378 pp.
- Önal, A., Boztuğ, D., Kürüm, S., Harlavan, Y., Arehart, G.B. and Arslan, M. 2005. K-Ar age determination, whole-rock and oxygen isotope geochemistry of the post-collisional Bizmişen and Çaltı plutons, SW Erzincan, Eastern Central Anatolia, Turkey. *Geological Journal*, 40, 457-476.
- Özgül N., Turşucu A., Özyardımcı N., Şenol M., Bingöl İ. and Uysal S., 1981. *Geology of Munzur Mountains*. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, Report No. 6995.
- Özgül, N. and Turşucu, A., 1984. Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur mountains (eastern Turkey), in Tekeli O. And Göncüoğlu M. C., eds., *Geology of the Taurus Belt*. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara, 1984, 173-181.
- Özer E., 1994. Stratigraphy of the Munzur mountains (Kemah- Iliç-Erzincan), *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 37, 53-64.
- Pirajno, F., 2010. *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Springer, London, 1250 p.
- Rasmussen, B., 1996. Early-diagenetic REE-phosphate minerals (florencite, gorceixite, crandallite and xenotime) in marine sandstones: a major sink for oceanic phosphorus. *American Journal of Science*, 296, 601-632.
- Ripp, G.S., Kanakin, S.V. and Shcherbakova, M.N., 1998. Phosphate mineralisation in metamorphosed high-alumina rocks of Ichetuyskoye ore occurrence (south-west Transbaikali). *Zapiski Vsesoyuznogo Mineralogicheskogo Obshchestva*, 127, 6, 98-108.
- Rye, R.O., 1993. The evolution of magmatic fluids in the epithermal environment: The stable isotope perspective. *Economic Geology*, 88, 733-753.
- Rye, R.O. and Alpers, C.N., 1997. The stable isotope geochemistry of jarosite. *USGS Open-File Report*, 97-88.
- Rye R.O., Bethke, P.M. and Wasserman, M.D., 1992. The stable isotope geochemistry of acid sulfate alteration. *Economic Geology*, 87, 225-262.
- Savin, S.M. and Epstein, S., 1970. The oxygen and hydrogen isotope geochemistry of clay minerals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 34, 25-42.
- Savin, S.M. and Lee, M., 1988. Isotopic studies of phyllosilicates. Pp. 189-223 in: *Hydrous Phyllosilicates* (S.W. Bailey, editor). *Reviews in Mineralogy*, 19, Mineralogical Society of America, Washington, D.C.
- Seres-Hartai, E. and Földessy, J., 2003. Mineralogy of gold and the characteristics of host rock in the Podpolom (Klokoč) high sulfidation type

- epithermal deposit. *Acta Montanistica Slovaca Ročník*, 8, 22-29.
- Sheppard, S.M.F., Nielsen, R.L. and Taylor, H.P., Jr., 1969. Oxygen and hydrogen isotope ratios of clay minerals from porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 64, 755-777.
- Taylor Jr., H.P., 1979. Oxygen and hydrogen isotope relationships in hydrothermal mineral deposits. Pp. 236-272 in: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2nd ed. (H.L. Barnes editor). John Wiley & Sons, New York.
- Tunç, M., Özçelik, O., Tutkun, Z. and Gökçe, A., 1991. Basic geological characteristics of the Divriği-Yakuplu-İliç-Hamo (Sivas) area, *Turkish Journal Engineering and Environmental Sciences*, 15, 225-245.
- Voudouris, P.C. and Melfos, V., 2012. Aluminum-phosphate-sulfate (APS) minerals in the sericitic advanced argillic alteration zone of the Melitena porphyry-epithermal Mo-Cu ± Au ± Re prospect, western Thrace, Greece. *Neues Jahrbuch für Mineralogie - Abhandlungen (Journal of Mineralogy and Geochemistry)*, 190, 11-27.
- Weaver, C.E. and Pollard, L.D., 1973. *The Chemistry of Clay Minerals*. Developments in Sedimentology, 15, Elsevier, Amsterdam, 213 pp.
- Wilson, J.A., 1985. Crandallite group minerals in the Helikian Athabasca group in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 22, 637-641.
- Yeh, H.-W., 1980. D/H ratios and late stage dehydration of shales during burial. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, 341-352.



Holosen'in Katları
Stages of the Holocene

Nizamettin Kazancı*¹ 

¹ *Jeolojik Mirası Koruma Derneği, 06570, Maltepe/Ankara*

Geliş/Received : 05.08.2018 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 07.09.2018 • Kabul/Accepted : 10.09.2018 • Baskı/Printed : 17.09.2018
Haber/Scientific News *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Uluslararası Stratigrafi Komitesi Holosen'i katlara bölmüş ve yayınlamıştır. Ülkemiz yerbilimcileri bunlara çabukça alışmalı ve kullanmaya başlamalıdır. Çünkü, iklim küresel değişikliklerine dayanan yeni katlar kültürel jeoloji, arkeoloji, jeoarkeoloji, pedoloji, paleoklimaoloji vb. alanlarda ortak çalışmalar yapılmasına zemin hazırlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Holosen, Antroposen, Kültürel Jeoloji, Grönlandiyen

Abstract: *International Committee on Stratigraphy has formed new stages in Holocene and published them recently. Earthscientists of our country should adopt and start to use new stages urgently. If they do, new stages based on global climate changes can be basis of joint studies between fields of cultural geology, archaeology, geoarchaeology, pedology, palaeoclimatology etc.*

Keywords: *Holocene, Anthropocene, Cultural Geology, Greenlandian*

Giriş

Uluslararası Stratigrafi Komisyonu (ICS), uzun zamandır yapılan tartışmalara son noktayı koydu ve Holosen'in yeni katlarını, 16 Temmuz 2018 günü, gerekçelerine de atıf yapan genişçe bir açıklama ile kendi internet sayfasında yayınladı (<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-07.jpg>). Bu kararlar Holosen, alttan üste doğru **Grönlandiyen (11.7-8.2 by)**, **Nortgripiyen (8.2-4.2 by)**, **Meghalayan (4.2-Güncel / 1950)** olarak üç kata bölünmüş oluyor. Kat sınırları dünya ölçeğindeki uzun süreli kuraklık dönemlerine dayandırılmıştır. Güncel/Günümüz ve/veya Meghalayan'ın sonu, ¹⁴C dahil, radyometrik yaşlandırmalarda esas alınan 1950 yılıdır. Karar, ICS'in üst kuruluşu *Uluslararası Jeolojik Bilimler Birliği (IUGS)*'nde de oylanarak kabul edilmiş ve böylece stratigrafide kullanımı

resmi hale gelmiştir. Kararın bir diğer özelliği Holosen yerine kullanılması önerilen *Antroposen* teriminin şimdilik gündemden çıkarılmış olmasıdır. Karar aniden alınmış değildir. Konu ICS Stratigrafi Alt Komitesi, INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) Çalışma Grubu, arkeoloji grupları ve izotop çalışma gruplarının sürekli gündeminde olmuş ve bugünkü kararın ilk adımı yaklaşık altı yıl önce atılmıştır (Walker vd., 2012).

Kronostratigrafi birimlerinin olmazsa olmazı, litolojik karşılıklarının bulunmasıdır. Yapılan açıklamalara göre, gerek Grönlandiyen, gerekse Nortgripiyen'in göl çökellerinde ve buzullarda, çeşitli yaşlandırma yöntemleriyle tespit edilmiş karşılıkları mevcuttur (Walker vd., 2012). Meghalayan katı ise 200 yıl süren kuraklık döneminin tortulları ile başlar. Bu

*Yazışma / Correspondence: nkazanci@ankara.edu.tr

tortullar tipik olarak kuzey Hindistan'ın Megalaya kenti sınırları içindeki Mawmluh Mağarası çökellerinde bulunmuş ve günümüze kadar izlenebilmiştir (Mayewski vd., 2004; Walker vd., 2012). Kat sınırları ve sınırları temsil eden tortul karşılıklarının, özellikle Kuzey Yarı Küre'deki pek çok yerde tespit edildiği vurgulanmaktadır. Özetle, daha önce belli bir zaman sınırı olmaksızın Erken/Alt – Orta/Orta – Geç/Üst olarak ayrılan Holosen devresi (seri) bundan sonra *Grönlandiyen*, *Nortgripiyen* ve *Meghalayan* katları ile ele alınacaktır. Türkiye Stratigrafi Komitesi, 4 Temmuz 2018 günü düzenlediği “Jeolojik Zaman Çizelgesi Türkçeleştirme Çalıştayı” kararlarına bunları da ilave etmiş ve yayınlanması için ICS sekreterliğine iletmıştır.

Holosen Katlarının Özelliği ve Kültürel Jeoloji

Jeolojik Zaman birimi olarak daha eski birimlerle kıyaslanamayacak kadar kısa olan **Holosen**'in önemi, a) buzul arası devre olması, b) insan yerleşmeleri ve tarihsel olayların bu devre içinde olmasındandır. Kültürel jeoloji, arkeoloji, paleokimatoloji, dil, coğrafya, tarih, paleopatoloji vb pek çok alan, araştırmalarını bu zaman dilimi içinde yapmaktadır. Buna karşın devrenin bölünmesi hep muğlak kalmış, her dal kendi bölünmesini geliştirmiştir. Yerbilimciler, sınırları belirsiz Erken-Orta-Geç ayrımı tercih etmişler, ICS ise bu ayrıma bile gitmemiştir. Örneğin Geç Holosen, Aktüel, Güncel, Günümüz, tarihsel dönem şeklinde belirsiz bir anlayışla ele alınmıştır (Kazancı, 2009). Arkeoloji'de kullanılan Erken Neolitik, Geç Neolitik, Çanak Çömleksiz Neolitik, Kalkolitik gibi ayrımlar kültürel gelişmeleri ifade ettiğinden, bunların sınırları ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye değişmektedir. Neojen-Kuvaterner sınırı tartışmaları ve Holosen'in adının Antroposen olarak değiştirilmesi önerileri, belirsizlikleri artırmıştır. Özellikle Antroposen için getirilen görüşlerin neredeyse tümü, ekoloji temelli, insanın

yerküre üzerinde bıraktığı ve/veya yarattığı değişiklikleri esas alan öneriler olmuştur (Lewis and Maslin, 2015). Adını da “insan-anthropo” dan alan bu zaman dilimi içinde kat ayrımı olmadığı gibi, bizzat Antroposen'in başlangıcı için değişik zamanlar önerilmektedir (Lewis and Maslin, 2015). Diğer jeolojik zaman birimleri ve bilhassa katların tanımında esas olan ise doğal olaylar ve bunların tortul karşılıklarıdır. Bu husus Walker vd (2012) tarafından geliştirilen önerinin temelidir ve IUGS oylamasında etkili olmuştur. Kısaca söylemek gerekirse, ICS'in 2018/7 Jeolojik Zaman Cetveli'nde, Holosen'in geneli ve katları, iklim değişiklikleri ve bunun tortul karşılıklarına dayandırılmıştır. Younger Drayas, Holosen'i başlatan uzun bir kuraklık dönemini temsil eder. Bu dönemde buzullar eriyerek gerilemiş ve Drayas isimli bitki kuzey bölgelerde gelişebilmiştir. Aynı şekilde 8200 yıl ve 4200 yıl önce 100-200 yıl süren etkili kuraklıklar olmuş, bunun tesiriyle çeşitli medeniyetler çökmüş ve yerlerine yenileri gelmiştir. Literatürde 8.2 ve 4.2 by olayları olarak bilinen kuraklık dönemleri artık Holosen'in kat sınırları olmuştur.

Kültürel Jeoloji, kültürün oluşması ve gelişmesine tesir eden doğal süreçleri inceleyen yerbilimi dalıdır. Önemli dayanaklarından birisi eski ortamların kurulması ve bunların zaman sırası içinde anlatılabilmesidir. Holosen'in katları bu bakımdan önemlidir. Dünya çapındaki iki doğal olay, iki kuraklık kat sınırları olmuştur. Şüphesiz insan ve toplum yaşamına tesir eden doğal olaylar yalnızca kuraklıktan ibaret değildir. Ancak, kat sınırları, büyük toplumsal ve kültürel değişimleri açıklayacağı gibi referans noktaları olacaklardır. Büyük Orta Asya göçleri, Ortadoğu'daki ilk yerleşimler, Anadolu'nun iskân edilmesi, şehirlerin kurulması, göl ve akarsuların kontrol altına alınması gibi kültürel olaylar daha düzenli biçimde açıklanabilecektir. Bir başka ifade ile Pleistosen ve bilhassa Holosen incelemeleri bir bakıma Kültürel Jeoloji incelemeleri şeklinde yürüyecek, olayların açıklanması da Holosen

katlarına göre veya mutlak zaman sınırlarına göre olacaktır. Özetle, Holosen'in katlara bölünmesi, büyük araştırma malzemesine sahip Türk yerbilimciler için önemli bir fırsat olarak görünmektedir. Bu nedenle katların kullanımının yaygınlaştırılması önemlidir.

EXTENDED SUMMARY

Recently International Commission on Stratigraphy (ICS) has published new version of the Chronostratigraphic chart (2018/7) with some new additions to the Cambrian and Holocene (<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-07.jpg>). The strike change here is the dividing of the Holocene into stages **Greenlandian (11.7-8.2 ka)**, **Northgrippian (8.2-4.2 ka)**, **Meghalayan (4.2-Present / 1950)**. End of the Meghalayan stage and/or Present is the year 1950 that is a reference time for some radiometric dating methods included ¹⁴C. Limits of the stages are long-time droughts known as Younger Drayas, 8.2 event and 4.2 event. Drought approach is very logical as the basis of chronostratigraphic units are presence of lithological equivalences and consequently time limits and/or boundaries of the stages would describe in it. By that decision name of the Holocene itself seemed to be stable too as the Anthropocene which proposed to replace Holocene has a strong ecology inspiration (see Lewis and Maslin, 2015). The importance of the decision (Holocene's stages) for geoscientists is to form a common language with archaeologists for

further collaborations as their time-terminology Paleolithic, Neolithic, Pre-pottery Neolithic, Chalcolithic, Bronze age, Iron age etc are highly difficult for non-experts. In addition, when consider anthropological wealth and long historical past of Anatolia and surrounding, it could be increased researches on cultural geology. Therefore, geoscientists should be used the terms urgently.

ORCID

Nizamettin Kazancı  <https://orcid.org/0000-0003-0724-2347>

DEĞİNİLEN BELGELER

- Kazancı, N., 2009. Neojen-Kuvaterner sınırının değişmesi ve beklenen gelişmeler. Türkiye Jeoloji Bülteni 52, 365-371.
- Lewis S.L. ve Maslin, M.A., 2015. Defining the Anthropocene. Nature 519, 171-180.
- Mayewski PA, Rohling EE, Stager JC, et al. 2004. Holocene climate variability. Quaternary Research 62: 243-255.
- Walker, M.J.C., Berkelhammer, M., S. Björck, S., Cwynar, L.C., Fisher, D.A., Long, A.J., Lowe, J.J., Newnham, R.M., Rasmussen, S.O., Weiss, H., 2012. Formal subdivision of the Holocene Series/ Epoch: a Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). Journal of Quaternary Science 27, 649-659.



TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ YAZIM KURALLARI

Yazıların Hazırlanması

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçe'ye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığı gösterir.

Makale Sunum Süreci ve Etik Bildirimi

Tüm makaleler internet üzerinden <http://tjb.jmo.org.tr> adresindeki JMO dergileri için hazırlanmış çevrimiçi sistem aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce OMYS sistemine üye olmalısınız. Türkiye Jeoloji Bülteni yazarlardan sayfa ücreti talep etmemektedir. Dergiye sunulan makaleler, daha önce yayınlanmadığı ve başka yerde yayınlanmak üzere gönderilmediği varsayılarak değerlendirme için kabul edilir. Yazarlar, makalenin ana içeriğinin daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere gönderilmediğini onaylamalıdır. <http://dergipark.gov.tr/tjb> veya www.jmo.org.tr adresinde bulunan telif hakkı devir formu, tüm yazarlar adına ilgili yazar tarafından imzalanmalı ve makale dosyalarıyla birlikte gönderilmelidir. Bir makale sunulduktan sonra, başka yazar eklenmesi veya çıkarılması veya yazarların değiştirilmesi mümkün değildir. Makaleler, yazım kurallarına uymuyorsa ya da dergi kapsamı dışındaysa, dergi editörü tarafından hakem değerlendirmesi yapılmaksızın reddedilebilir. Bir makale yayın için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- Yazar Adları (koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın E-posta adresi
- Öz (Türkçe ve İngilizce)
- Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)

- (g) Tartışma ve Sonuçlar veya Tartışma Önerileri
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Katkı Belirtme
- (j) Kaynaklar
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntuyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

KATKI BELİRTME

KAYNAKLAR

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- a. Yazının başlığı
- b. Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- c. Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın telefon numarası da ayrıca belirtilmelidir.

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri Orcid kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Ahmet Ahmetoğlu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü, Tandoğan 06100 Ankara

A. Hüsnu Hüsnuoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
(e-posta:husnu56@mta.gov.tr)

ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler hem Türkçe, hem, İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Özden sonra “Abstract” (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract’ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract’ın altında en az 2-7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusun yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Genişletilmiş özet 2500 kelimeyi geçmemelidir. Ancak makalenin öz/abstract kısmından daha geniş hacimli olmalıdır. Genişletilmiş özet kısmında yeni bir şekil ve çizelge verilmemelidir. Ancak makalede kullanılan şekil ve çizelgelere bu kısımda atıf yapılabilir. Aynı şekilde, makale içinde atıf yapılan kaynaklara da gerektiğinde bu kısımda atıf yapılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

DEĞİNİLECEK BELGELER

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır.

(a) Süreli yayımlar:

Hoek, E. Ve David, M., 1990. Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27 (3) 220-229.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Süreli yayının adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa no.

(b) Bildiriler:

Ünal, E., Özkan, İ. Ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock’92 – Rock Characterization, Chester, UK., 14-17 September 1992, J. A. Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler) varsa, Basımevi, Cilt/Sayı No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa) Düzenlendiği Yerin Adı, sayfa no.

(c) Kitaplar:

Goodman, R.E., 1998. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 s.

Ketin, İ. Ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı 869, 520 s.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın adı (ilk harfleri Büyük) yayımevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.

(d) Raporlar ve Tezler:

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji rezerv ön raporu. MTA Derleme No: 6234, 17 s. (yayımlanmamış)

Sönmez, H., 1996. TKİ. ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayımlanmamış).

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya tezin başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa) sayfa sayısı (yayımlanıp yayımlanmadığı)

(e) Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Departmen of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

(f) İnternette İndirilen Bilgiler:

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr> 3 April 2005.

Kurumun adı, Tarih. Web adresi, web adresine girildiği tarih.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller:

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

Burada; makaslama dayanımı, c kohezyon, normal gerilme ve içsel sürtünme açısıdır". Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; Id, x2). Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin; c_{mass}=s0.5). Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "*" işareti tercih edilmelidir (örneğin; y=5*10-3). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca⁺⁺ ve CO₃—yerine Ca²⁺ ve CO₃²⁻ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere "eşitlik (1)" şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekiyorsa, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (15.8 x 22.5) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır (Çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir.). Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı,

İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, “Çizelge 1” vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve Dergi'nin tek (7.3 cm-Genişlik) veya çift (15.8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininden sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgenin altında verilmelidir (örneğin: c:tek eksenli sıkışma dayanımı vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya yazılarak “Şekiller Dizini” başlığıyla verilmeli, ayrıca “Şekil 1” olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Ayrı sayfalara bastırılmış olan şekiller, çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15.8 cm (Genişlik) x 22.5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir. Özellikle haritalar, arazi ile ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a,b,c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller levha olarak değerlendirilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem de İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

MAKALELERİN EDİTÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra tjb.jmo.org.tr veya [DergiPark Akademik \(dergipark.gov.tr/tjb\)](mailto:DergiPark_Akademik@dergipark.gov.tr) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDİTÖRÜ

Prof. Dr. Orhan TATAR

Tel: 0 346 219 10 10/1548

e-posta: orhantatar@gmail.com

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son kopyasını orijinal çıktısıyla birlikte CD'ye de kopyalayarak (metin, çizelgeler ve tablolar) Editör'e göndermelidir. Levhalar iyi kalitede basılmış olarak gönderilmelidir. Metin, çizelgeler ve şekiller elektronik ortamda (internet aracılığıyla) gönderilmemelidir. Makaleler WORD ile hazırlanmalıdır. Diskin üzerinde yazarların adları, kullanılan yazım programının adı ve versiyonu, makalenin başlığı ve dosyanın adı belirtilmelidir. Levhalar hariç, tüm şekiller Corel Draw ile hazırlanmalıdır. Bununla birlikte, şekillerin 300 DPI'den az olmamak koşuluyla JPG dosyaları da gönderilmelidir.

PROVA BASKILAR

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilemez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde editöre gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilemeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

AYRI BASKILAR

Makalenin onbeş ayrı baskısı, makalenin basıldığı sayı ile birlikte ücretsiz olarak Başvurulacak Yazar'a gönderilir. İlave ayrı baskı talep edilmemelidir.

TELİF HAKLARI

Yazar veya (Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazarların makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.



GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

Preparation of Manuscripts

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English ‘‘Genişletilmiş Özet’’, for manuscripts submitted in Turkish ‘‘Extended Summary’’ should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Paper should be original and comprise previously unpublished research, interpretations, or synthesis of two, or technical notes. Submission implies that the manuscript is not currently under consideration for publication elsewhere.

Submission Process and Ethical Statement

All manuscripts must be submitted electronically via the Internet to the Geological Bulletin of Turkey through the online system for JMO journals at <http://tjb.jmo.org.tr>. There are no page charges. Papers are accepted for publication on the understanding that they have not been published and are not going to be considered for publication elsewhere. Authors should certify that neither the manuscript nor its main contents have already been published or submitted for publication in another journal. The copyright release form, which can be found at <http://dergipark.gov.tr/tjb>, or www.jmo.org.tr must be signed by the corresponding author on behalf of all authors and must accompany all papers submitted. After a manuscript has been submitted, it is not possible for authors to be added or removed or for the order of authors to be changed. Manuscripts may be rejected without peer review by the editor-in-chief if they do not comply with the instructions for authors or if they are beyond the scope of the journal. After a manuscript has been accepted for publication, i.e. after referee-recommended revisions are complete, the author will not be permitted to make changes that constitute departures from the manuscript that was accepted by the editor. Before publication, the galley proofs are always sent to the authors for corrections. The use of someone else’s ideas or words in their original form or changed without a proper citation is considered plagiarism and will not be tolerated.

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Names of authors (bold and in capital), their affiliations (italic and lower-case) and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Key words (English and Turkish)
- (e) Introduction (aim, content and methodology)

- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Acknowledgements (if necessary)
- (j) References
- (k) Tables
- (l) List of figure captions
- (m) Figures
- (n) Plates (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgements, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Times New Roman) and with all pages numbered.

Examples for headings:

ABSTRACT
INTRODUCTION
PRIMARY HEADING
Primary Sub-Heading
Secondary Sub-Heading
Tertiary Sub-Heading
CONCLUSIONS
EXTENDED SUMMARY
ANCKNOWLEDGEMENTS
REFERENCES

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)
- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated).
Phone number for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and first letter of the words capital) should be followed by the English title (italic and first letter of the words capital). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above. Authors should provide their Orcid ID which can be obtained from orcid.org website.

The information related with authors should be given as follow:

Ahmet Ahmetoğlu	Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department Tandoğan 06100 Ankara
A.Hüsnü Hüsnüoğlu	MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Dairesi, 06520 Ankara (e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

Abstract

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Keywords

The abstract should include minimum 2, and not more than 7 key words which reflect the entries the authors would like to see in an index. Key words should be given in both Turkish and English. Key words should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, key words should not be provided.

EXTENDED SUMMARY / GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

The extended abstract should not exceed 2500 words. But it must be more bulky than abstract. The new figure or table should not be given. But reference can be given to figures and tables present in main text.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

REFERENCES

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript.

Examples of layout of references

(a) Journals:

Hoek, E. and David, M., 1990. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from Hoek-Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27(3), 220-229.

Author(s), Date. Title of paper. Full Name of Journal, Vol.(No), pages.

(b) Proceedings and Abstracts:

Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. *ISRM Symposium: Eurock'92-Rock Characterization*, Chester, U.K., 14-17 September 1992, J.A.Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

Author(s), Date. Title of paper. Title of Symposium or Congress, Name of Editor(s), Name and Location of Publisher, Vol. (if any), pages

(c) Books:

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York.
Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:849.
Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher

(d) Unpublished Reports and Thesis:

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234. (yayınlanmamış). [Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Report No., Name of City (unpublished).]
Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).
Author, Date. Title of thesis. Type of Thesis (MSc or PhD), Name of University or Institution, City, Country (unpublished).

(e) Personal Communications:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

(f) Information Downloaded from the Internet

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005.
[Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.]
Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

Mathematical Expressions

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations. "Where is the shear strength, c is cohesion, σ is normal stress and, ϕ is internal friction angle." Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g. I_d , x^2). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y=5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol "*" can be preferred (e.g. $y=5*10^{-3}$). Please use "/" for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca^{2+} and CO_3^{2-} (Ca^{++} and CO_3^{--}). In the text, equations should be referred to as equation(1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

Tables

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin "Table 1." etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength, etc).

Illustrations

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality, referred to as "Figures" and be numbered consecutively as they appear in the text. They must be originals. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin "Figure 1." etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be given with a list of figure captions. The maximum printed size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal's single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figure 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as "Plates" and mounted in the desired layout. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Papers should be submitted electronically through web site tjb.jmo.org.tr or DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR

Prof. Dr. Orhan TATAR

Phone : 0346-219 1010 / 1548

e-mail : orhantatar@gmail.com

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors' articles are admitted to publication, authors should copy on CD and send revised final copies of their articles including original printouts (texts, charts and tables) to Editor. Sheets should be printed of high quality. Texts, charts and illustrations should not be sent electronically (via internet). Articles should be issued in WORD. Authors' names, name and version of software program used, title of article and file name should be indicated on disk. All images, except for sheets, should be issued in Corel Draw. Besides, images should be sent in JPG format files provided to be not less than 300 DPI.

PROOFING

Proofing of articles are sent to Reference Author to check for typographical errors and misspelling. Revisions in proofing are limited to misspelling and any amendments and revisions by authors that may alter article in a way different than its final version are not acceptable. Proofing should be sent to editor within at latest three days after receipt by authors. Delayed revisions cannot be guaranteed for printing and therefore, authors are strictly recommended to precisely inspect proofing prior to sending.

REPRINTS

Fifteen reprints and a copy of the issue are supplied free of charge. They are sent to the corresponding author. Additional reprints must not be ordered.

COPYRIGHT

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the "Copyright Transfer" agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Chamber of Geological Engineers to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors' proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor.

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2018 Cilt 61 Sayı 3
August 2018 Volume 61 Issue 3

Doğın Perinçek

Çanakkale Yöresi (KB Türkiye) Erenköy ve Güzelyalı Fossil Heyelanlarının Jeolojik ve Jeomorfolojik Analizi

Geological and Geomorphological Analysis of the Ancient Erenköy and Güzelyalı Landslides in the Çanakkale District, NW Turkey..... 241

Engin Meriç, Atike Nazik, M. Baki Yokeş, İpek F. Barut, Mustafa Kumral, Mustafa Eryılmaz, Fulya Yücesoy-Eryılmaz, İbrahim Gündoğan, Bora Sonuvar, Feyza Dinçer
Aliağa (İzmir) Kıyılarında Termal Su Kaynaklarının Meiobentik Topluluğa (Bentik Foraminifer, Ostrakod ve Mollusk) Etkisi

The effects of submarine springs on meiobenthic assemblages (benthic foraminifers, ostracods and molluscs) on the coasts of Aliağa (İzmir)..... 269

Ömer Bozkaya, Hüseyin Yalçın, Sema Tetiker

Karakaya Karmaşığı Kırıntılı Kayaçlarındaki Klorit ve İllit/Mikaların Mineral Kimyası: Köken ve Diyajenez/Metamorfizma

Mineral Chemistry of Chlorite and Illite/Mica in the Clastic Rocks of Karakaya Complex: Origin and Diagenesis/Metamorphism..... 291

Sema Tetiker, Adile Kübra Akman, Hüseyin Yalçın

Mardin-Dargeçit Yöresi Üst Kretase-Paleosen Yaşlı Germav Formasyonu'nun Mineralojisi ve Fillosilikat / Kil Jeokimyası

Phyllosilicate / Clay Geochemistry of Mineralogy and Upper Cretaceous-Paleocene Germav Formation in Mardin-Dargeçit Area..... 313

Ömer Bozkaya, Gülcan Bozkaya, Nurullah Haniççi, A. Samed Güven, David A. Banks, I. Tonguç Uysal

Çöpler (Erzincan, İç-Doğu Anadolu) Porfiri-Epitermal Altın Yatağında Arjilik Alterasyona İlişkin Mineralojik Kanıtlar

Mineralogical Evidences on Argillic Alteration in the Çöpler Porphyry-Epithermal Gold Deposit (Erzincan, East-Central Anatolia) 335

Nizamettin Kazancı

Holosen'in Katları

Stages of the Holocene 359

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts and ULAKBİM TR Dizin Databases.

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr