

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ocak 2025 Cilt 68 Sayı 1
January 2025 Volume 68 Issue 1

ISSN 1016-9164



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
Seçkin GÜLBUDAK
D. Malik BAKIR
Düzzgün ESİNA
Özgür DEĞİRMENÇİ
Zeynel Abidin GÖK
Burcu GÖRBİL

Başkan / *President*
İkinci Başkan / *Vice President*
Yazman / *Secretary*
Sayman / *Treasurer*
Mesleki Uygulamalar Üyesi / *Member of Professional Activities*
Sosyal İlişkiler Üyesi / *Member of Social Affairs*
Yayın Üyesi / *Member of Publication*

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ
Geological Bulletin of Turkey
Yayın Kurulu / *Publication Board*

Baş Editör / *Editor in Chief*
Erdoğan YİĞİTBAŞ
eyigitbas@comu.edu.tr

Editörler / *Editors*

Mustafa AVCIOĞLU
m_avcioglu@comu.edu.tr

İsmail Onur TUNÇ
onurtunc@comu.edu.tr

İngilizce Editörleri / *English Editors*

Catherine YİĞİT

Graham Howard LEE

Sercan Hamza BAĞLAMA

Editör Kurulu / *Editorial Board*

AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)
BOULTON, Sarah J. (Plymouth, Birleşik Krallık)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)
ÇEMEN, İBRAHİM (Alabama, ABD)
EKİNCİ, Yunus Levent (Bitlis, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)
GÜRİSOY Halil (Sivas, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)
KAYSERİ-ÖZER Mine Sezgül (İzmir, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)

ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)
ÖZSAYIN, Erman (Ankara, Türkiye)
PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
TATAR, Orhan (Sivas, Türkiye)
ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ZABÇI, Cengiz, (İstanbul, Türkiye)
ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb>

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: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjb>

Yayın Türü : Yaygın Süreli Yayın
Yayının şekli / *Frequency* : Yılda 3 sayı (Türkçe -İngilizce) / 3 issues per year (Turkish - English)
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: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarihi : Ocak 2025
Baskı Adedi : 500

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ocak 2025 Cilt 68 Sayı 1
January 2025 Volume 68 Issue 1

İÇİNDEKİLER CONTENTS

- Doğukan Mert Özcan, Çağlar Özkaymak**
Yunak Fay Zonu'nun Aktif Tektoniği ve Kinematik Analizi, Afyon Akşehir Grabeni
Active Tectonics and Kinematic Analysis of Yunak Fault Zone, Afyon Akşehir Graben..... 1
- Fatih Köroğlu**
Paleobiyolojik Jeosit Kavramı: Doğu Karadeniz'in K/Pg Jeositlerinde Referans Bir Çalışma, KD Türkiye
Paleobiological Geosite Concept: A Reference Study of K/Pg Geosites in the Eastern Black Sea, NE Türkiye..... 33
- Güllü Deniz Doğan Külahcı, Elif Varol Muratçay, Abidin Temel**
Polatlı Bölgesinde Yüzeleyen Paleojen Yaşlı Volkanik Kayaçlarda Gözlenen Analsimlerin Kökeni (Orta Anadolu, Ankara, Türkiye)
Origin of Analcimes Observed in Paleogene Volcanic Rocks Outcropping in Polatlı (Central Anatolia, Ankara, Turkey)..... 85
- Ahmet Demir, Sevinç Kapan**
Beyşehir Göl Havzası Çevresindeki Çökellerin Kuvaterner Stratigrafisi, Gastropoda Faunası ile Paleoklimi ve Paleoeolojisi
Quaternary Stratigraphy, Gastropoda Fauna, Palaeoclimate and Palaeoecology of the sediments around Beyşehir Lake Basin 107
- Evrin Çoban**
Antik Dönem Karya Bölgesi (Muğla) Süstaşları
Gemstones of the the Caria Region (Muğla) in the Antient Period 129
- Özgür Karaoğlu**
Düzeltilme: Hasan Dağı Volkanı ve Çiftlik-Bozköy (Orta Anadolu)
Gömülü Kalderasını Besleyen Aktif Magma Odalarına İlişkin Isı Transferi Analizleri
Erratum: Heat Transfer Analysis of Active Magma Chambers Feeding The Hasan Dağı Volcano and The Çiftlik-Bozköy (Central Anatolia) Hidden Caldera..... 147

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özlery:

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

TÜRKİYE JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey



Yunak Fay Zonu'nun Aktif Tektoniği ve Kinematik Analizi, Afyon Akşehir Grabeni
Active Tectonics and Kinematic Analysis of Yunak Fault Zone, Afyon Akşehir Graben

Doğukan Mert Özcan^{1,*} , Çağlar Özkaymak² 

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 03200, Afyonkarahisar

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar

• Geliş/Received: 24.05.2024 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 29.12.2024 • Kabul/Accepted: 31.12.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 15.01.2025 • Baskı/Printed: 31.01.2025

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Yunak Fay Zonu, Batı Anadolu'nun sismik olarak aktif çöküntü alanlarından birisi olan Afyon Akşehir Grabeni (AAG)'nin kuzeydoğu bölümünde yer almaktadır. Bölgede gerçekleştirilen saha ağırlıklı çalışmalar sırasında Yunak Fay Zonu içerisinde kalan 4 segment ilk defa 1/25.000 ölçekli olarak haritalanmış, Cebrail, Üçkuyu, İncirli ve Ayrıtepe Segmentleri olarak ilk defa adlandırılmış, geometrik, kinematik ve aktif tektonik özellikleri ilk defa analiz edilmiştir. Saha çalışmaları ile elde edilen bulgular, çalışma alanında uzunlukları 3 km ile 18 km arasında, genişlikleri 300 m ile 3 km arasında değişen, KKD-GGB, KD-GB ve DB uzanımlı ve 5,6 ile 6,7 moment büyüklüklerine kadar deprem üretme potansiyellerine sahip fayların varlığına işaret etmektedir. Gerçekleştirilen paleogerilme analizleri, bölgede yer alan fayların Miyosen-Erken Pliyosen'de etkili olan genel olarak K-G yönlü çekme gerilmesi ile ilişkili D-B yönlü sıkışma gerilmeleri etkisi altında saf doğrultu atımlı faylanma ile oluştuklarını, Pliyo-Kuvaterner döneminde etkili olan çekme gerilmesi tektonizması sırasında ise D-B, KG ve KD-GB arasında değişen çok yönlü genişlemeli (multi-directional extension) tektonik ortam içerisinde eğim/oblik atımlı normal fay şeklinde oluşarak reaktif olduklarını ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada ilk defa tanımlanan Akşehir Alt Grabeni, eğim atımlı Yunak ve Mevlütlü Fay Zonları ile kontrol edilmektedir ve Sultandağı Fayı'nın düşen bloğu üzerinde çapraz graben niteliği sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Afyon Akşehir Grabeni, aktif tektonik, çapraz graben, kinematik analiz, Orta Anadolu, paleogerilme analizi, sismik etkinlik.

Abstract: The Yunak Fault Zone is located in the northeast part of the Afyon Akşehir Graben (AAG), which is a seismically active graben in Western Anatolia. During field-based studies, four segments within the Yunak Fault Zone were mapped for the first time at a scale of 1/25,000, and named as the Cebrail, Üçkuyu, İncirli, and Ayrıtepe Segments. Their geometric, kinematic, and active tectonic features were analyzed for the first time. The findings obtained from field studies indicate the presence of faults with lengths ranging from 3 km to 18 km and widths ranging from 300 m to 3 km, with orientations varying between NNE-SSW, NE-SW, and E-W, capable of producing earthquakes with magnitudes ranging from 5.6 to 6.7. Paleostress analyses of fault slip data reveal that the NE-SW trending faults in the region were formed by pure strike-slip faulting under the influence of a N-S directed tensional and E-W directed compressional stress regime during the Miocene-early Pliocene. However, during Plio-Quaternary extensional tectonics in western Anatolia, they were reactivated as dip/oblique-slip normal faults within multi-directional extensional tectonics in E-W, NE-SW, and NNE-SSW directions in the northeastern part of the AAG. In this study, the newly identified Akşehir Sub-Graben is controlled by the NE-SW trending dip-slip Yunak and Mevlütlü Fault Zones and exhibits characteristics of a cross-graben on the hanging wall block of the Sultandağı master fault.

Keywords: Afyon Akşehir Graben, active tectonics, cross graben, Central Anatolia, kinematic analysis, paleostress analysis, seismic activity.

GİRİŞ

Batı Anadolu'nun önemli sismik kaynaklarından birisi olan Akşehir Simav Fay Sistemi (ASFS), kuzeybatıda Bigadiç (Balıkesir) ile güneydoğuda Ilgın (Konya) arasında yaklaşık 400 km boyunca uzanır ve çok sayıda süreksiz diri fay kollarından oluşur (Koçyiğit, 1985 ve 1987; Koçyiğit vd., 2000; Koçyiğit ve Deveci 2007; Özkaymak vd., 2017 ve 2019; Tiryakioğlu vd., 2018; Emre vd., 2018; Duman vd., 2018). ASFS boyunca aletsel dönemde meydana gelen 25.06.1944 Gediz (Mw:6,0), 25.03.1969 Demirci (Ms:6,1), 28.03.1970 Gediz (Mw:6,2), 19.05.2011 Simav (Mw:6,0), 15.12.2000 Sultandağı (Mw:6,0) ve 03.02.2002 Çay Depremleri (Mw: 6,0 ve 6,3) sistemin günümüzde aktif olduğunu kanıtlayan en önemli verilerdir (Ergin vd., 1967; Soysal vd., 1981; Ambraseys, 1988 ve 2009; Ambraseys ve Jackson, 1998; Özer, 2006; Tan vd., 2008; Tan, 2021, KOERI, 2024; AFAD, 2024; Duman vd., 2018). ASFS'nin güneydoğu bölümünü temsil eden Afyon Akşehir Grabeni (AAG), kuzeydoğuda yer alan Orta Anadolu ile güneybatıda yer alan Isparta Dirseğini (Blumenthal, 1963) birbirinden ayıran yaklaşık olarak 130 km uzunluğunda, KB-GD uzanımlı yaklaşık 4 ila 20 km genişliğinde, aktif olarak büyümekte olan kıtasal bir rift alanıdır (Koçyiğit, 1984; Koçyiğit vd., 2000; Koçyiğit ve Özacar, 2003; Emre vd., 2011; Özkaymak vd., 2017 ve 2019; Emre vd., 2018; Duman vd., 2018). AAG'nin güneydoğusunda yer alan KB-GD uzanımlı ve kuzeydoğuya eğimli yaklaşık 90 km uzunluğa ana fay özelliğindeki bölümü, günümüzde Dış Isparta Dirseği'nin kuzeydoğu kolunu temsil etmektedir. Bu fay, ilk defa Atalay (1975) tarafından normal fay olarak tanımlanmış ve ilk defa Koçyiğit (1984) tarafından Akşehir Fay Zonu (AFZ) olarak adlandırılmıştır. Bu zonun Doğanhisar ile Çay arasında kalan ve Sultandağlarının kuzey sınırını temsil eden bölümü birçok araştırmacı tarafından Sultandağı Fayı olarak nitelendirilmiştir (Boray vd., 1985; Şaroğlu vd., 1987; Barka vd., 1995; Demirtaş vd., 2002;

Yürür vd., 2003; Emre vd., 2011; Özkaymak vd., 2017; 2019). 2012 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritasında (Emre vd., 2012) "Sultandağı Fayı" adı altında, diri fay olarak haritalanmıştır. AAG'nin yer aldığı dış Isparta Dirseği'nin KD kenarının (Akşehir Fay Zonu ya da Sultandağı Fayı) kinematik özellikleri ve neotektonik rejimin niteliği hakkında iki farklı görüş yer almaktadır. İlk görüş, Isparta dirseği boyunca etkili olan neotektonik rejimin sıkışmalı olduğunu ve Isparta Dirseği'nin doğu kenarının KB-GD uzanımlı Sultandağı bindirmesi ile kontrol edildiğini ileri sürmektedirler (Boray vd., 1985; Barka vd., 1995; Altunel vd., 1999). Son yıllarda bölgede meydana gelen depremlerin (15 Aralık 2000 Sultandağı ve 3 Şubat 2002 Çay Depremleri, sırasıyla Mw: 6,0, 6,3 ve 6,0) odak mekanizma çözümleri ile de desteklenen ve kabul gören diğer görüşe göre, Isparta açısı üzerinde etkili olan neotektonik rejim genişlemelidir, bu zon erken Messiniyen yaşlı sıkışmalı deformasyon fazından sonra genişlemeli neotektonik rejim etkisi altında, eğim atımlı normal fay karakterinde çalışmaktadır. (Kocafe ve Ataman 1976; McKenzie, 1978; Koçyiğit, 1983, 1984; Price ve Scott, 1994; Yılmaztürk ve Burton, 1999; Koçyiğit vd., 2000; Demirtaş vd., 2002; Koçyiğit ve Özacar, 2003; Tiryakioğlu vd., 2015; Özkaymak 2015, 2019).

Afyonkarahisar ve Konya'daki yerleşim alanları için önemli deprem kaynaklarından birisi olan AAG boyunca uzunlukları 8 ile 29 km arasında değişen, 14 fay ve 28 fay segmenti tanımlanmıştır (Emre vd., 2011 ve 2018; Duman vd., 2018). Fay segmentlerinin uzunluğu ve üretebileceği maksimum deprem büyüklükleri arasındaki bağıntıya göre, AAG boyunca haritalanan fay segmentlerinin üretebilecekleri maksimum deprem büyüklüğü 6,8'dir (Pavlidis ve Caputo, 2004; Wells ve Coppersmith, 1994; Duman vd., 2018). Hesaplanan büyüklükler aynı depremlerle birden fazla fay segmentin kırıldığı durumlarda geçerli değildir. BÜ Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERİ, 2024; 9

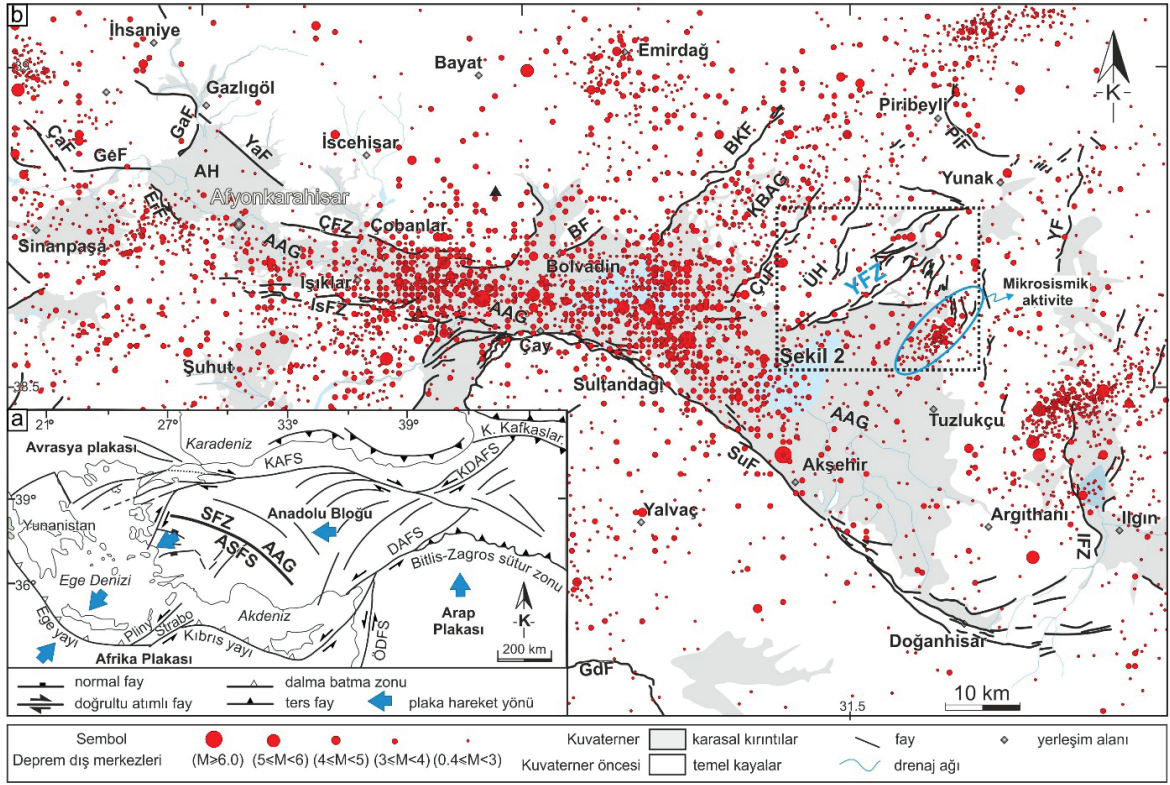
Ekim 2024 tarihi itibarıyla) deprem kataloğuna göre Şekil 1b'de sunulan alan içerisinde moment büyüklükleri 0,4 ile 6,3 arasında toplam 5922 adet deprem kaydı vardır. Bu depremlerden 1568 adedinin büyüklüğü 3,0 ve üzerinde iken büyüklüğü 4,0 ve üzerinde olan deprem sayısı 99'dur. Son 10 yıllık verilere göre, maksimum deprem derinliği 29,8 km; ortalama deprem derinliği ise 8-10 km arasındadır. AAG içerisinde meydana gelen bu depremlerden odak mekanizma çözümleri hesaplanmış olan bazı depremlerin odak mekanizma çözümlenmeleri (Özkaymak vd., 2017; Kalafat ve Görgün, 2017; Tiryakioğlu vd., 2018) graben içerisinde genel olarak D-B, KB-GD ve KD-GB doğrultulu baskın olarak eğim/oblik atımlı normal fayların deprem ürettiğine işaret etmektedir. Grabenin doğusunda, Akşehir Gölü ile Yunak arasında KD-GB doğrultusunda uzanan ve çok sayıda eğim atımlı ve güneydoğuya eğimli normal fay kollarından oluşan Yunak Fay Zonu (YFZ), ilk defa 2011 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda (Emre vd., 2011) diri fay olarak tanımlanmıştır. Grabenin kuzeydoğu kenarını denetleyen aktif tektonik yapılardan birisi olarak kabul edilen zonun uzunluğu 30 km'yi bulmaktadır. AAG'nin içerisindeki sismik olarak aktif alanlardan birisi, YFZ'nun düşen bloğu üzerindedir. Son 20 yıl içerisinde meydana gelen ve günümüzde de devam eden mikrosismik aktivite YFZ'nun düşen bloğu üzerinde ve zona paralel bir dağılım sunmaktadır (Şekil 1b).

Aletsel ve tarihsel dönemlerde yıkıcı deprem ürettiği ve gelecekte deprem üretme potansiyeline sahip olduğu bilinen ASFS ve özellikle AAG boyunca çok sayıda diri fay haritalanmış olmasına rağmen, bu fayların büyük bir kısmının kinematik, geometrik, jeomorfolojik ve paleosismolojik özellikleri hakkında sınırlı bilimsel veriler yer almaktadır (Emre vd., 2003; Akyüz vd., 2006; Duman ve Emre, 2013; Gürboğa vd., 2013; Özkaymak vd., 2017 ve 2019; Tiryakioğlu vd., 2015 ve 2018). AAG içerisinde yer alan bu faylardan birisi olan YFZ'nun

geometrisi, kinematik analizi ve aktif tektonik ve sismotektonik özellikleri üzerine yayınlanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma, Yunak Fay Zonu'na ait fay segmentlerinin 1/25.000 ölçeğinde haritalanmasını, zonun aktif tektonik, sismotektonik, geometrik ve kinematik özelliklerinin araştırılmasını konu almaktadır.

YÖNTEM

Bu çalışmada bölgede yüzeyleyen jeolojik birimler saha çalışmaları sırasında jeolojik haritalama yöntemleri kullanılarak haritalanmıştır. Haritalama çalışmaları sırasında altlık olarak 1/25000 ölçekli Afyon K26b3, K27a4, K27a3, K26c2, K27d1, K27d2, K26c3, K27d4, K27d3, L26b2, L27a1, L27a2 topografik haritalar kullanılmıştır. Sahada gerçekleştirilen Jeolojik haritalama çalışmaları sırasında haritalanan fay segmentasyonu, fayların yüzey geometrilerine göre belirlenmiştir. Fayların kinematik özellikleri, doğrultuları, eğim yönleri, başlangıç bitiş alanları, genişlik zonları, sıçrayan segmentlerin bağlanma (soft linkage) ilişkileri ya da bağlı olmayan (hard-linkage) fayların sıçrama aralıkları, kesenkesilen ilişkileri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Ayrıca, bölgenin tektonik jeomorfolojisinin analiz edilmesi amacıyla, NASA tarafından kullanıcılarına açık olan SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) görüntüleri kullanılmıştır. Bununla beraber diri fay haritalamaları sırasında, aktif tektonik çalışmalarda sıklıkla kullanılan dağ önü çizgiselliği, alüvyal yelpaze, üçgen yüzeyler, fay sarplıkları gibi jeomorfolojik göstergelerden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, fayın deforme ettiği birimler ve deformasyon zonu, sahada faya dik bir doğrultu boyunca alınan enine jeolojik kesitler alınarak yorumlanmıştır. YFZ ve yakın çevresinde meydana gelen sismik aktiviteye ait tüm veriler, BÜ Kandilli Rasathanesi BDTİM Deprem Sorgulama Sistemi ve Fay Mekanizma Çözümleri arşivinden alınarak, çalışma alanı için aletsel dönem deprem kataloğu oluşturulmuştur.



Şekil 1. a) Doğu Akdeniz'in Neotektonik yapısı (Özkaymak, 2015'ten düzenlenmiştir). **b)** Afyon Akşehir Grabeni ve yakın çevresinin sismotektonik haritası (Faylar, Emre vd., 2011'den, deprem verileri KOERI, 2024'ten alınmıştır). Kısaltmalar: AAG: Afyon Akşehir Grabeni, AH: Afyon Havzası, ASFS: Akşehir Simav Fay Sistemi, BF: Bolvadin Fayı, BKF: Büyük Karabağ Fayı, ÇaF: Çatkuyu Fayı, ÇFZ: Çobanlar Fay Zonu, ÇuF: Çukurcak Fayı, DAFS: Doğu Anadolu Fay Sistemi, ErF: Erkmen Fayı, GaF: Gazlıgöl Fayı, GdF: Gelendost Fayı, GF: Gecek Fayı, IFZ: Ilgın Fay Zonu, IsFZ: Işıklar Fay Zonu, KAFS: Kuzey Anadolu Fay Sistemi, KBAG: Kızılboğaz Alt Grabeni, KDAFS: Kuzeydoğu Anadolu Fay Sistemi, ÖDFS: Ölü Deniz Fay Sistemi, PiF: Piribeyli Fayı, SFZ: Simav Fay Zonu, ÜH: Üçkuyu Horstu, YaF: Yarımca Fayı, YF: Yavaşlı Fayı, YFZ: Yunak Fay Zonu.

Figure 1. a) Neotectonic structure of the Eastern Mediterranean (adapted from Özkaymak, 2015). **b)** Seismotectonic map of the Afyon-Akşehir Graben and its immediate surroundings (faults taken from Emre et al., 2011 and seismic data taken from KOERI, 2024). Abbreviations: AAG: Afyon Akşehir Graben, AH: Afyon Basin, ASFS: Akşehir Simav Fault System, BF: Bolvadin Fault, BKF: Büyük Karabağ Fault, ÇaF: Çatkuyu Fault, ÇFZ: Çobanlar Fault Zone, ÇuF: Çukurcak Fault, DAFS: East Anatolian Fault System, ErF: Erkmen Fault, GaF: Gazlıgöl Fault, GdF: Gelendost Fault, GF: Gecek Fault, IFZ: Ilgın Fault Zone, IsFZ: Işıklar Fault Zone, KAFS: North Anatolian Fault System, KBAG: Kızılboğaz Sub Graben, KDAFS: Northeast Anatolian Fault System, ÖDFS: Dead Sea Fault System, PiF: Piribeyli Fault, SFZ: Simav Fault Zone, ÜH: Üçkuyu Horst, YaF: Yarımca Fault, YF: Yavaşlı Fault, YFZ: Yunak Fault Zone.

Çalışma alanında kinematik analiz çalışmaları kapsamında 17 farklı lokasyonda toplam 227 fay düzlemi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Fay yüzeyi verileri Angelier'in gerilme terslenme yöntemi (Angelier 1984, 1991, 1994) ve Hardcastle ve Hills (1991) tarafından geliştirilen program ile

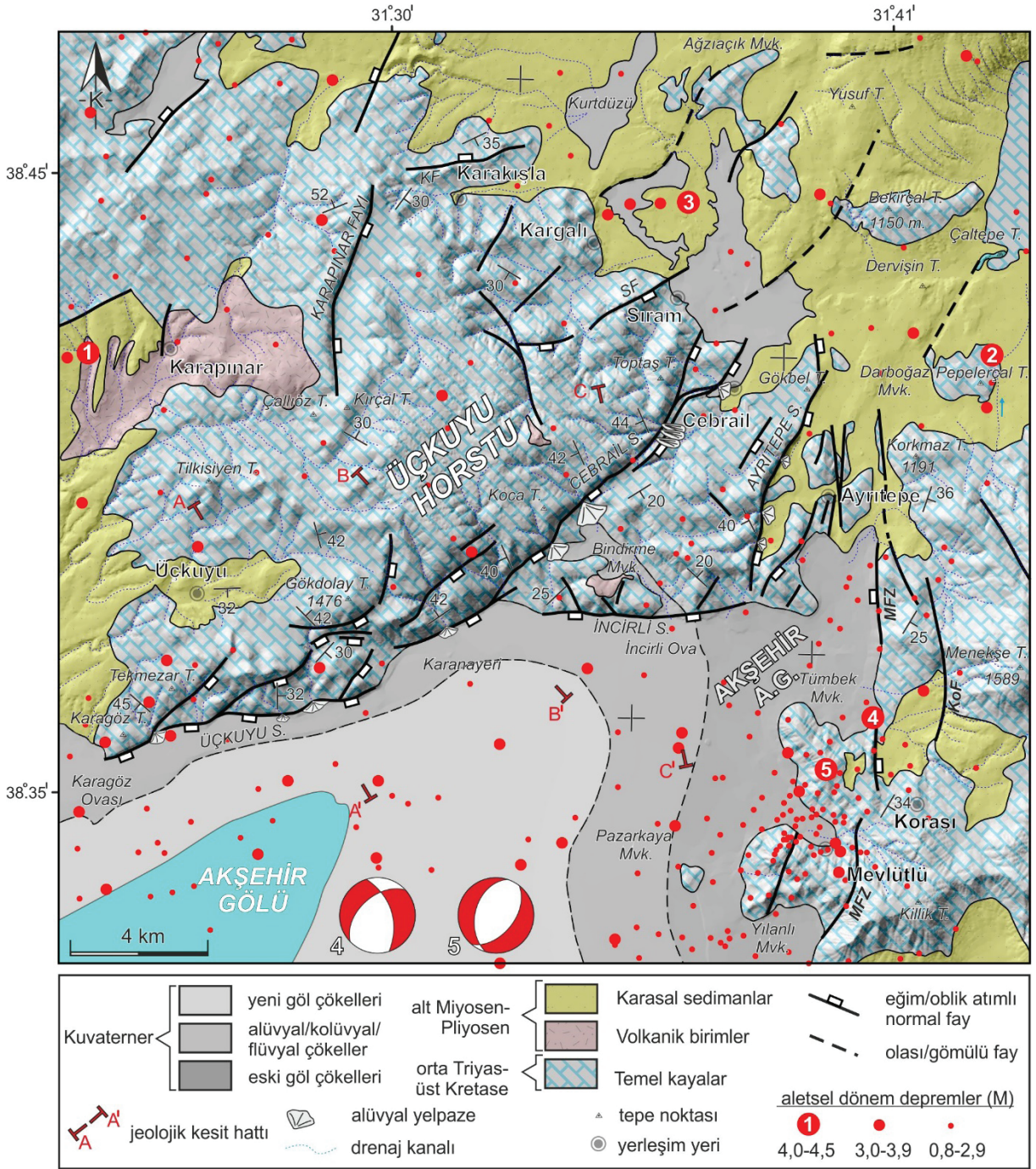
incelenmiştir. Ölçümler yapılırken, aynı fay düzleminde gözlenen fay olukları (corrugations), dalgalı yapılar, düzlemin doğrultu ve eğimindeki değişimler gibi gerilmenin değişiklik gösterebileceği fiziksel durumlar dikkate alınmıştır. Fayın reaktivasyonu ve fay yüzeyi üzerindeki

hareketin yönü, fay olukları (corrugations), Riedel makaslama ları, fay kertikleri ve fay çizikleri gibi kinematik göstergeler kullanılarak tespit edilmiştir. Çalışma alanında gözlemlenen farklı fay setleri aralarında kesen kesilen ilişkisine göre bağlı yaşları tanımlanmıştır. Paleogerilme analizlerinin doğruluğu, sürekli deformatsyona maruz kalan alanlarda fay düzlemlerinin hem düşey hem de yatay eksen de rotasyona uğrama olasılığından dolayı tartışmaya açıktır. Bu bakımdan, bu analizlere yönelik kinematik verilerin genç birimleri kesen ana fay düzlemlerinden toplanmasına özen gösterilmiştir. Ancak ölçülen yüzeylerin tarihlendirilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen paleogerilme analizleri, verilerin toplandığı fay düzlemlerinin rotasyona uğramadığı kabul edilerek değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, fay boyunca gözlenen kayma yönü ile hesaplanan asal gerilim eksenlerinden belirlenen ana gerilme yönü arasındaki açıl sapmalar, özellikle kaymanın önceki bir süresizlik düzlemi üzerinde gerçekleşmesi, kaymanın gerçekleştiği kayanın dayanımının zayıf olması, depremin sığ veya derin olması, fay boyunca meydana gelen kırılmanın yayılımının S dalgası hızını aşması (supershear) gibi farklı dinamik koşullar sebebi ile hata verebilmektedir (McKenzie, 1969; Angelier, 1984; Gephart ve Forsyth, 1984; Arnold ve Townend, 2007). Bu çalışmada, bu hataları minimuma indirebilmek amacıyla, sahadaki fay yüzeyi ölçümlerinin hesaplanan paleogerilme analizi sonuçları bölgede mevcut olan jeodezik gerilim hesaplamaları (Tiryakioğlu vd., 2018) ve odak mekanizma çözümleri (Kalafat ve Görgün, 2017) çalışmalarındaki gerilme yönleri çıktıları ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Ayrıca bu hata payları, bu çalışmada kullanılan ve Angelier (1984;1991;1994) tarafından geliştirilen programın hesaplamalarında minimuma indirilmiş ve her ölçüm için sunulmuştur. Çizelge 1'de sunulan ANG'nin maksimum bireysel değerleri, her bir fay için gerçek kaymanın ve teorik

kesmenin tutumlarını göstermektedir ve düşük ANG değerleri hatanın minimuma yaklaştığına işaret etmektedir.

YUNAK FAY ZONU ve YAKIN CİVARININ GENEL JEOLJİK ve SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Afyon Akşehir Grabeni'nin güneydoğu bölümü, ana graben fayı niteliğindeki KB-GD uzanımlı Sultandağı Fayı ile bu zonun tavan bloğu üzerinde yer alan ve çapraz nitelik sunan KD-GB uzanımlı ikincil horst ve grabenleri kontrol eden diri faylar ile tipiktir. Uzunlukları 9 ile 29 km arasında değişen bu faylar, genel olarak Pliyo-Kuvaterner öncesi yaşlı temel kayalar ile modern havza dolgusu arasındaki yapısal dokanakları temsil etmektedir (Şekil 1). Bu alanda yer alan Kızılboğaz Alt Grabeni (KBAG), Büyük Karabağ Fayı ile Çukurcak Fayı arasında kalır. Bölgede son yıllarda gerçekleştirilen bir çalışmada, Kızılboğaz Alt Grabeni'ni kuzeybatıdan sınırlayan Büyük Karabağ Fayı'nın Kuvaterner öncesinde etkili olan sıkışmalı bir tektonik rejim etkisinde doğrultu atımlı karakterde oluştuğuna ve neotektonik dönemde ise çekme gerilmesi tektonik rejim etkisi altında eğim atımlı normal karakterde reaktifte olduğuna işaret etmektedir (Geçievi vd., 2019). Bununla beraber, bölgede meydana gelen depremlerin odak mekanizma çözümleri, faylar boyunca gerçekleştirilen GNSS analizleri, jeolojik, jeomorfolojik ve kinematik çalışmalar grabenin bu bölümünde günümüzde çok yönlü genişlemeli tektonik rejiminin varlığına işaret etmektedir (Koçyiğit ve Özacar, 2003; Özkaymak vd., 2017 ve 2019; Kalafat ve Görgün, 2017; Tiryakioğlu vd., 2018). BÜ Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERİ, 2024; 9 Ekim 2024 tarihi itibarıyla) tarafından sunulan aletsel dönem deprem verilerine göre, Şekil 2'de sunulan alan içerisinde büyüklükleri 0,8 ile 4,8 arasında değişen toplam 318 deprem kaydı vardır.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji ve sismotektonik haritası (Odak mekanizma çözümleri EMSC'den alınmıştır).

Figure 2. Geological and seismotectonic map of the study area (Focus mechanism solutions taken from EMSC).

Bu depremlerin 270 adedinin büyüklükleri 0,8 ile 2,9 arasında iken; 3,0 ile 3,9 arasında 45; 4,0 ve üzerinde ise 5 adet deprem kaydı vardır. Bu

depremlerden 1, 2 ve 3 numaralı olanları (Şekil 2) sırasıyla 28.03.1970 (Md:4,8), 18.04.1970 (Md:4,0) ve 27.04.1978 (Ms: 4,0) tarihlerinde

meydana gelmiştir. 09.02.2021 tarihinde yaklaşık 2 dakika arayla (sırasıyla, 15:51:53 ve 15:53:56, UTC) meydana gelen iki depremden ilki (4 numara) 4,5 (Mw) diğer ise (5 numara) 4,2 (Mw) büyüklüğünde olup derinlikleri sırasıyla 13 ve 14 km olarak rapor edilmiştir (KOERİ, 2024). Dışmerkezleri, YFZ'na ait Cebrail ve İncirli segmentlerinin tavan bloklarında, Tümbek mevki civarında tanımlanan bu depremlerden 4 numaralı olana ait çözüm, depreme neden olan fayın oblik atımlı normal; 5 numaralı depreme ait odak mekanizma çözümü ise fayın baskın olarak eğim atımlı normal karakterine işaret etmektedir. 5 numaralı depreme ait çözüme göre KD-GB uzanımlı fay deprem üretmiştir. Bununla beraber, 2021 yılında meydana gelen bu depremlerin çevresinde özellikle, İncirli Ova, Koraşı, Yılanlı Mevki ve Pazarkaya Mevki arasında kalan bölgede, yoğun mikrosismik aktivitenin (1,0 <Mw <3,9) varlığı dikkat çekmektedir (Şekil 2). Bu depremlerin derinlikleri 4 ile 24 km arasında değişmekte olup, 8-10 km derinliklerde yoğunlaştığı görülmektedir. Mikrosismik aktiviteye ait dış merkezler, KD-GB uzanımı boyunca çizgisel ve yaklaşık 10 km uzunluğunda bir dağılım sunmaktadır. Bu aktivite'nin zaman ve mekân içerisindeki dağılımları incelendiğinde, bu alandaki mikrosismik aktivitelerin 30.03.2004 tarihinde başladığı ve günümüzde de devam ettiği görülmektedir.

Yunak Fay Zonu (YFZ), Akşehir Gölü'nün kuzeyinde yer alan Üçkuyu ve kuzeydoğusundaki Yunak yerleşim alanları arasında yer alan birçok fay kolları ile temsil edilmektedir (Emre vd., 2011). Zonun kuzeybatı bloğunda yer alan Üçkuyu Horstu, Çukurcak ve YFZ'na ait fay kollarının kontrolünde yükselmektedir. Morfolojik olarak belirgin fay sarplıkları ve kayma düzlemleri sunan bu fay segmentleri Orta Triyas – Üst Kretase yaşlı baskın olarak denizel karbonatlı kayalar yer yer de ofiyolitik ve kırıntılı sedimanlardan oluşan temel kayaları ve bu kayalar üzerinde

uyumsuz olarak yer alan Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik ve sedimanter kayalardan oluşan karasal çökelleri keserek deforme etmektedir. Temel kayaların üzerinde uyumsuzlukla yer alan, gösel çökellerden oluşan Miyosen yaşlı birim Gebeciler Formasyonu olarak bilinmekte ve Afyon Volkanitleri olarak adlandırılan Miyosen yaşlı birim ile giriktir (Çevikbaş vd., 1988; Aydar vd., 2003; Kibici vd., 2012; Özkaymak vd., 2017; Özkaymak ve Sözbilir, 2020). Volkanik istif Aydar vd. (2003) tarafından Seydiler İgnimbiriti ve Karakaya bazaltı olarak iki üye olarak tanımlanmıştır. Neojen istifin en üstü ise Pliyosen yaşlı kıltaşı, kumtaşı ve konglomeralardan oluşan kırıntılı bir istif ile temsil edilmektedir. Kuvaterner yaşlı istifi ise, modern graben dolgusu birimleri temsil eder. Çalışma alanında gözlemlenen modern graben dolgusu genel olarak düzlük alanlar ile fay önlerinde gözlenirler. Özkaymak vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada iki ana fasiyes şeklinde tanımlanan istif, 1) iri taneli kenar fasiyesi (alüvyal yelpaze, kolüvyal sedimanlar/ yamaç döküntüleri), ve 2) ince taneli graben ortası fasiyesi olarak tanımlanmıştır (alüvyal yelpazelerin uç kesimleri, akarsu ve göl çökelleri). Genel uzanımları KD-GB gidişli olan fay segmentleri birbirine paralel/yarı paralel dizimli çok sayıda fay kolundan oluşmaktadır ve güneydoğuya eğimlidir. Fay önleri genel olarak alüvyal yelpaze, kolüvyal ve flüvyal dağ önu birikintileri ile graben içerisindeki alüvyal düzlük alan, flüvyal ve gösel çökellerden oluşmaktadır.

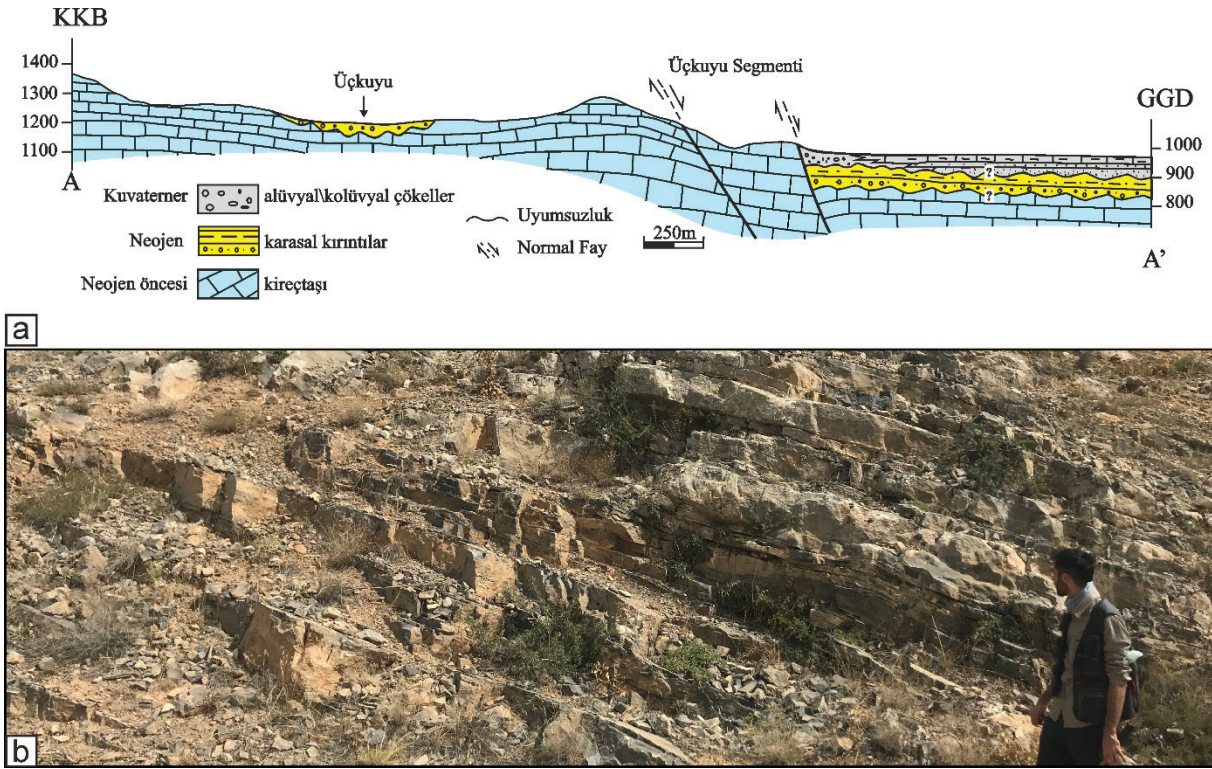
BULGULAR

Bölgede gerçekleştirilen saha çalışmaları sırasında YFZ'na ait Üçkuyu, Cebrail, İncirli ve Ayrıtepe Segmentleri olmak üzere uzunlukları 9 ile 27 km arasında değişen başlıca 4 fay segmenti ilk kez bu çalışmada haritalanmıştır ve adlandırılmıştır (Şekil 2). Yapılan çalışmalar, bölgede haritalanan fayların Miyosen öncesi temel kayaları, Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik ve sedimanter kayaları ve

Kuvaterner yaşlı güncel havza dolgularını keserek deforme ettiğini ortaya koymuştur (Şekil 2).

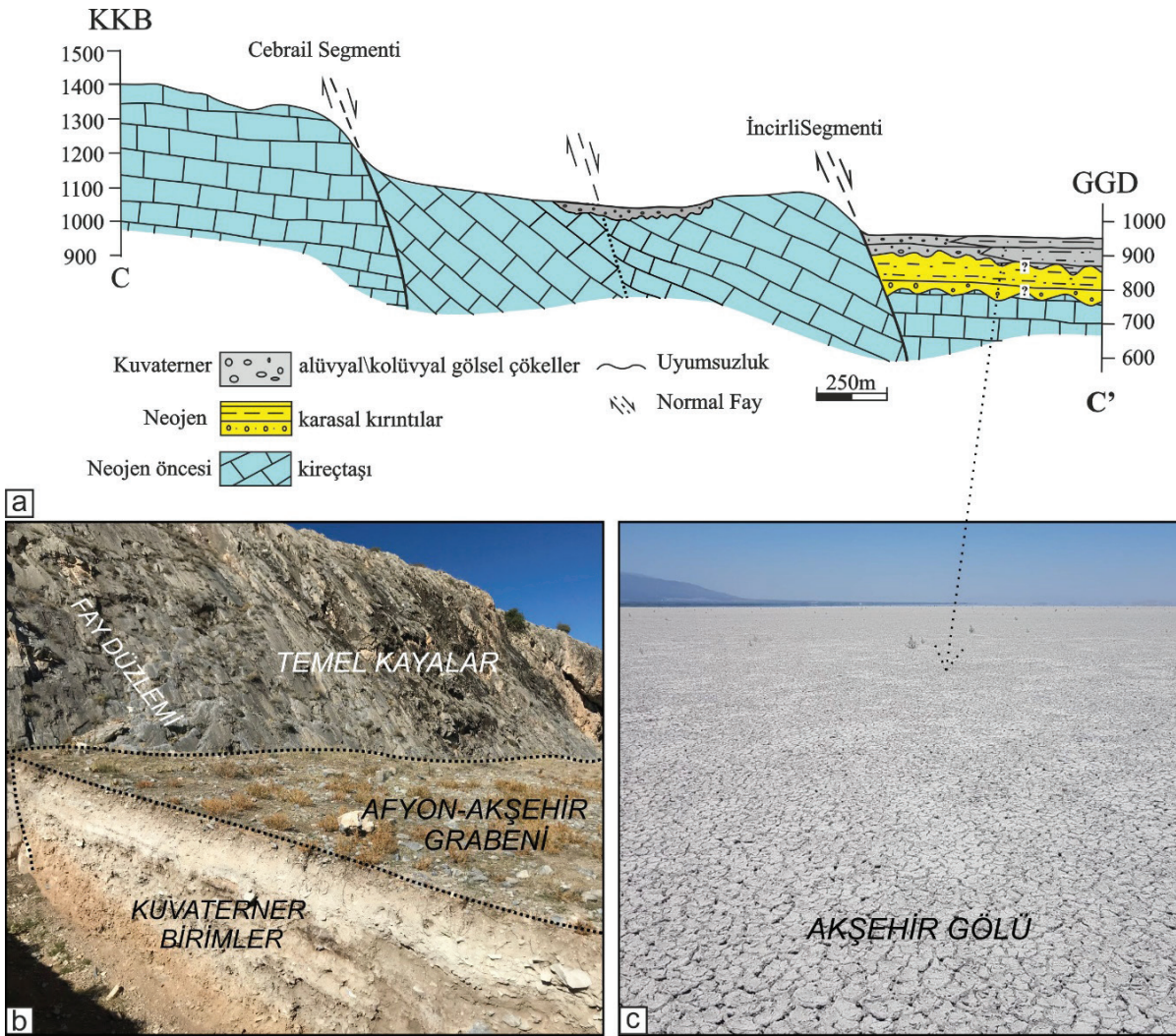
Jeolojik haritalama çalışmaları sırasında, YFZ'ni kesecek şekilde KB-GD doğrultusunda 3 hat boyunca yaklaşık 10'ar km uzunluğunda enine jeolojik kesit oluşturulmuştur. Tüm bu enine jeolojik kesitlerde, havzaya doğru olan basamaklı fay geometrisi belirgindir (Şekil 3, 4 ve 5). A-A' kesitinde temel kayaların Üçkuyu segmentine ait fay kolları tarafından kesilerek eğim yönünde düştüğü görülmektedir. Üçkuyu Horstu üzerinde yaklaşık 1200 metre kotlarında yüzlek veren Neojen yaşlı karasal kırıntılarının fayın güneydoğusundaki

graben içerisinde 1000 metre kotunun altında olduğu açıktır. B-B' kesitinde (Şekil 5) ise Cebrail segmentine ait sentetik özellikteki fay kolları tarafından kesilen temel kayalar güneydoğu kenarında tipik dağ önü sarplıkları göstermektedir. C-C' kesiti ise, kuzeybatıdan güneydoğuya doğru sırasıyla Cebrail ve İncirli segmentlerinin havzaya doğru oluşturduğu basamaklı fay geometrisini yansıtmaktadır. Segmentin güneydoğu kolu Neojen öncesi temel kayalar olarak adlandırılan kireçtaşı birimleri ile Kuvaterner yaşlı modern/güncel havza dolgusu arasındaki yapısal dokanağı oluşturur.



Şekil 3. a) Çalışma kapsamında oluşturulan A-A' jeolojik kesiti, **b)** Çalışma alanı içerisindeki Neojen öncesi temel kayalar (Kireçtaşları).

Figure 3. a) A-A' geological cross-section created within the scope of the study, **b)** Pre-Neogene basement rocks within the study area.

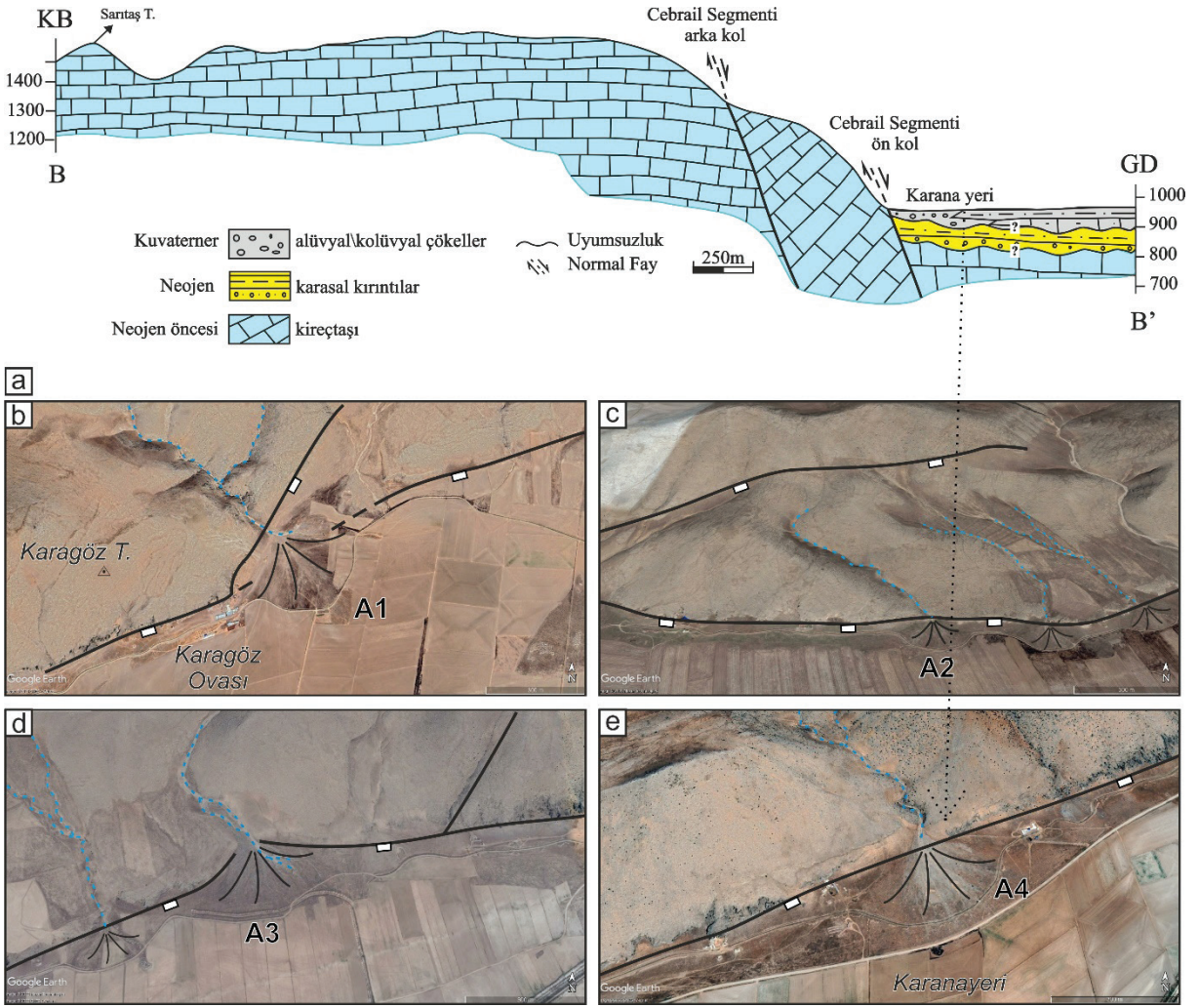


Şekil 4. a) Çalışma kapsamında oluşturulan C-C' jeolojik kesiti, **b)** Çalışma alanı içerisindeki temel kayalar (Kireçtaşları) ve Kuvaterner (kolüvyal ve yamaç döküntüsü) birimlerin arazideki ilişkisini gösteren fotoğraf, **c)** Çalışma alanında Akşehir Gölü'ndeki Kuvaterner güncel/modern çökel birimleri

Figure 4. a) C-C' geological cross-section created within the scope of the study, **b)** Photograph showing the relationship between the basement rocks (limestone) and Quaternary units (colluvial and slope debris) in the field within the study area, **c)** Photograph of Lake Akşehir as an example of Quaternary units present in the study area.

Akşehir Gölü'nün kuzeyinde yer alan graben kenarlarında yapılan çalışmalarda, çizgisel gidişli ve dağ önlerinde tipik ve belirgin fay sarplıkları gözlemlenmiştir. Bu fay sarplıklarının önleri genel olarak kolüvyal döküntüler ile temsil edilirken, faya dik doğrultuda havzaya doğru akan mevsimlik derelerin beslediği alüvyal yelpaze oluşumları ile

Akşehir Gölü'nün güncel çökelleri yer yer girik olarak gözlenir. Fayların yükselen bloğunda "v" şekilli vadiler içeren drenaj ağı oluşumları dikkat çekmektedir. Çalışmalar kapsamında yapılan sayısal yükseklik modelleri, uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarında da bu morfolojik göstergeler takip edilebilmektedir.



Şekil 5. a) Çalışma kapsamında oluşturulan B-B' jeolojik kesiti, **b ve d)** Üçkuyu Segmenti içerisinde gözlemlenen alüvyal yelpazelerin (Kuvaterner birimler) uydu görüntüleri, **c ve e)** Cebrail Segmenti içerisinde gözlemlenen alüvyal yelpazelerin uydu görüntüleri (A1, 2, 3, 4 lokasyonları için Şekil 7'ye bakınız).

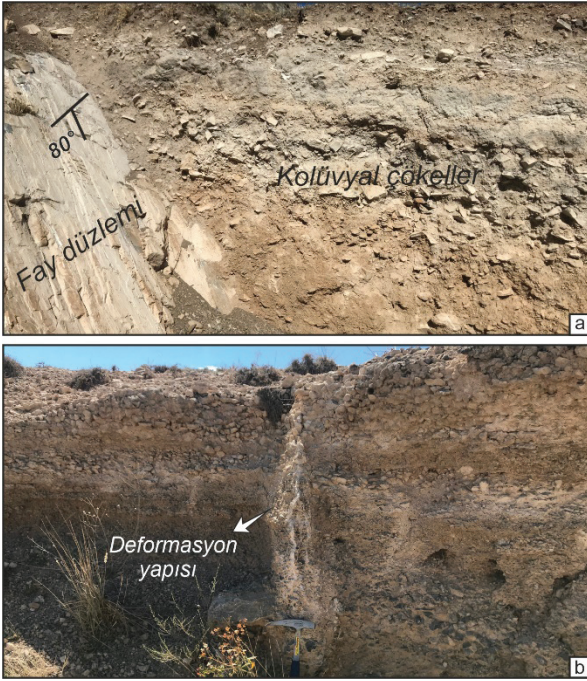
Figure 5. a) B-B' geological section created within the scope of the study, **b & d)** Satellite images of alluvial fans (Quaternary units) observed on the Üçkuyu Segment, **c & e)** Satellite images of alluvial fans observed on the Cebrail Segment (see Figure 7 for locations A1, 2, 3, 4).

Yapılan çalışmalarda modern havza dolgusunu oluşturan alüvyal yelpaze çökellerinin fay kolları tarafından deformasyona uğradığı arazide gözlemlenmiştir. Yeşilyurt güneyinde Kasım Dağı'ndan grabene doğru akan ve baskın olarak Mesozoyik karbonatlardan beslenen derenin biriktirdiği dağ önünde gözlemlenen alüvyal yelpaze çökelleri içerisinde K25°D genel doğrultusuna ve düşeye yakın eğime

sahip olan genç bir deformasyon gözlenmiştir. Bu deformasyon baskın olarak kireçtaşı blok ve çakıllarından oluşan, çamur ve kum dolgulu alüvyal çökellerini kesen, olasılıkla Holosen dönemi içerisinde meydana gelen bir deprem sırasında gelişen yarık ve çatlaklardan oluşan bir deformasyon zonu özelliği taşımaktadır (Şekil 6b). Güncel toprağın altına kadar takip edilebilen ve içi beyazımsı krem renkli karbonat dolgulu bu

deformasyon, fayın Kuvaterner aktivitesine işaret etmesi bakımından önemli bir bulgudur.

Fayın aktif olduğuna işaret eden bir diğer bulgu ise Cebrail Segmenti üzerinde yapılan bir kazı alanında gözlenmiştir. Kayma düzlemi ve genç kolüvyal çökeller arasındaki yapısal ilişki ve genç birimlerin deformasyon özellikleri fayın Geç Kuvaterner aktivitesine ait izler taşımaktadır (Şekil 6a).



Şekil 6. a) L-14'e ait arazi fotoğrafı, **b)** Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökelleri. Genç çökeller içerisinde gözlenen düşeye yakın açılı deformasyon yapısı (yarık ve çatlak zonu).

Figure 6. a) Field photograph of L-14, **b)** Quaternary alluvial fan deposits. Vertically inclined deformation structure observed within the younger deposits.

Segment Geometrisi ve Kinematik Analiz

Çalışma alanı içerisinde haritalanan fay segmentleri genellikle çizgisel gidişli bir geometri sunmakla beraber, yer yer irili ufaklı çok sayıda fay kolları ile saçaklı bir yapı sunmaktadır. Faylar

tarafından kesilen temel kayalar üzerinde yer yer 30 metreye ulaşan KD-GB ve yaklaşık D-B uzanımlı çok belirgin fay sarplıkları gelişmiştir. Bölgede faylanmaya ait kayma çizikleri, fay breşleri, fay sarplıkları, fay kertikleri, karstik oluşumlar ve ani topografik eğim kırılmaları gibi göstergeler gözlemlenmiştir. Faylarda meydana gelen bu yapıların gelişimine neden olan gerilimin türü ve tektonik rejimin belirlenmesi için korunmuş kayma düzlemleri üzerinde kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır.

Üçkuyu Segmenti

Yaklaşık 9 km uzunluğunda ve 3 km genişliğinde olan Üçkuyu Fayı Yunak Fay Zonu'nun en güneybatı segmentidir. Çok sayıda birbirine paralel/yarı paralel ve birbirleri ile bağlantılı fay kolları ile temsil edilmektedir. En güneydeki bulunan kol, batıda Karagöz Ovası civarından başlayarak yaklaşık K70°D doğrultusu boyunca Karanayeri Mevki'ne kadar uzanmakta ve GD'ya eğimli belirgin fay düzlemleri ile tipiktir. Karanayeri mevkiinde sola sıçrama yaparak Cebrail Segmenti'ne geçiş gösterir (Şekil 7).

Fay düzlemleri boyunca gerçekleştirilen gözlemler bu segmentin eğim atımlı normal karakterinde olduğuna işaret etmektedir (Şekil 8). Faya yaklaşık dik yönde güneye doğru akan derelerin, fay önünde alüvyal yelpaze oluşumlarına neden olduğu gözlenmektedir. AAG'ni kuzeyden sınırlayan fay kollarından birisi olan yaklaşık K70°D uzanımlı bu fay kolları boyunca K50°D ve K60°D arası doğrultulara sahip birkaç kol dağ içine doğru gidiş sunmaktadır. Düzlemlerden alınan ölçümlere göre 51° ile 66° arasında değişen eğim derecelerine ve 73° ile 88° arasında kayma açalarına sahiptir. Dağ önünde birbirine yarı paralel şekilde bir gidiş sunan bu kolların basamaklı bir geometri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Üçkuyu Segmenti'nin güney kolu ise Mesozoyik yaşlı temel kayalar ile Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusu arasındaki sınırı oluşturmaktadır.

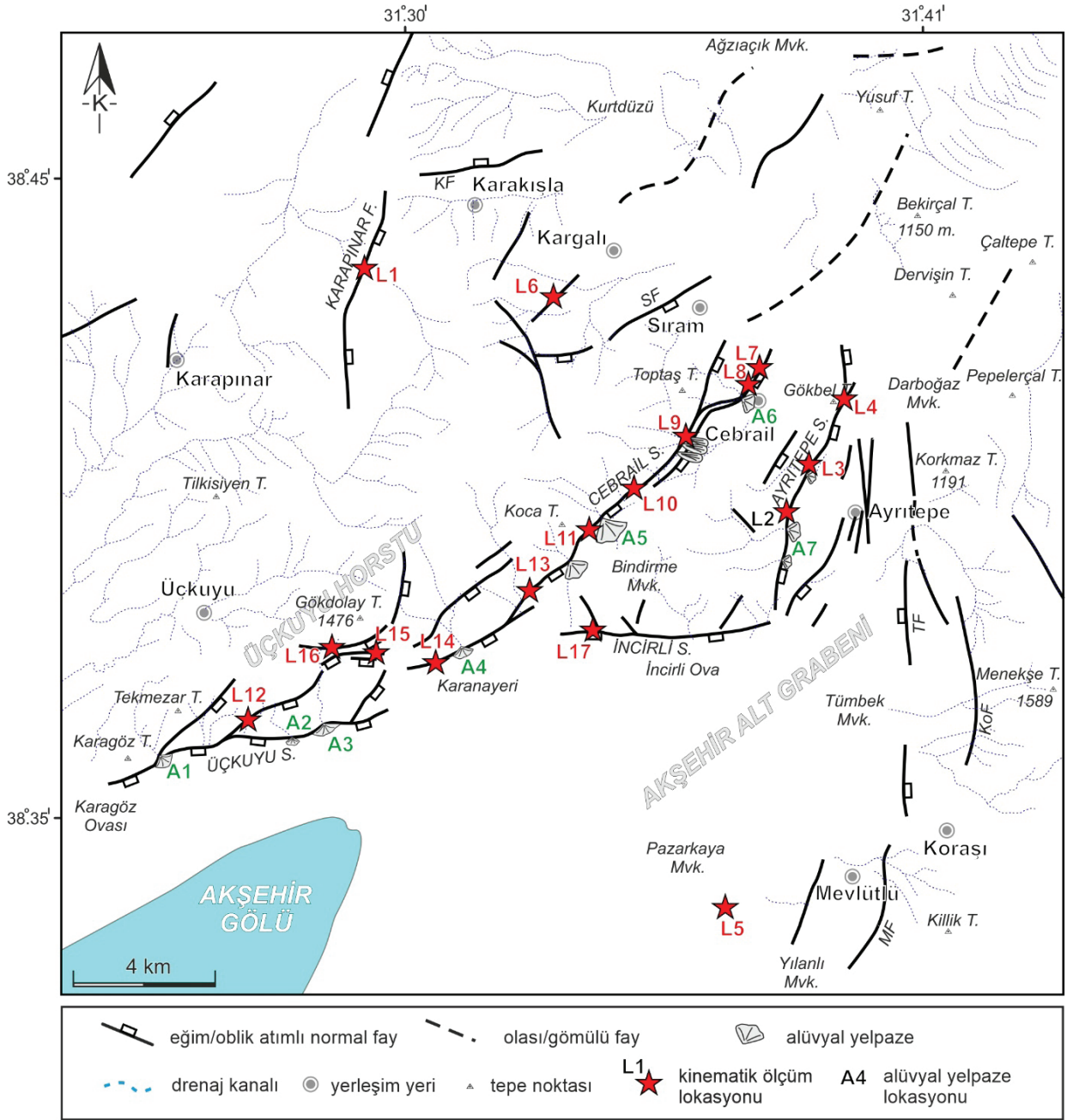
Çizelge 1. Çalışma alanı içerisinde alınan ölçümler ve kinematik hesaplamaları içermektedir. Kısaltmalar; Φ : gerilme elipsoidi (eksenel oran), Max ANG; maksimum uyumsuzluk açısı.

Table 1. Measurements and kinematic calculations for the study area. Abbreviations Φ : stress ellipsoid (axial ratio), Max ANG; maximum angle of misfit.

Segment/Fay	Lokasyon	Doğrultu	Fay Türü	Veri Sayısı	σ_1	σ_2	σ_3	Φ	Max ANG
Karapınar F.	L1	KD-GB	eğim atımlı normal	12	243/74	358/07	089/14	0,423	4
	L2	KD-GB	eğim atımlı normal	7	241/60	331/00	061/30	0,567	9
Ayritepe S.	L3	KD-GB	oblik atımlı normal	7	231/54	081/32	342/14	0,515	9
	L4	KD-GB	eğim atımlı normal	11	293/72	176/08	084/16	0,141	4
Karakışla F.	L6	KD-GB	eğim atımlı normal	7	176/72	077/03	346/18	0,162	2
	L7	KB-GD	eğim atımlı normal	7	271/65	076/24	169/06	0,126	8
Cebrail S.	L8	KD-GB	eğim atımlı normal	7	338/73	235/04	143/17	0,209	5
	L9	KD-GB	oblik atımlı normal	13	253/68	094/21	001/07	0,267	25
	L10	KD-GB	doğrultu atımlı	7	268/09	138/77	359/10	0,506	4
	L10	KD-GB	oblik atımlı normal	7	276/57	084/33	177/05	0,449	3
	L10	KD-GB	oblik atımlı normal	14	025/59	183/29	279/10	0,546	20
	L10	KD-GB	eğim atımlı normal	42	011/68	255/10	162/19	0,327	23
	L11	KD-GB	eğim atımlı normal	11	355/70	255/10	249/06	0,076	11
	L13	KD-GB	eğim atımlı normal	26	352/70	256/02	165/20	0,460	16
	L14	KD-GB	eğim atımlı normal	11	293/80	072/08	162/07	0,348	4
	L12	KD-GB	eğim atımlı normal	10	281/83	052/05	143/05	0,293	6
Üçkuyu S.	L15	KB-GD	eğim atımlı normal	7	031/66	170/18	265/14	0,057	7
	L16	KD-GB	eğim atımlı normal	7	294/77	045/05	136/12	0,198	4
İncirli S.	L17	KB-GD	doğrultu atımlı	7	067/24	272/64	162/10	0,335	2

Segment üzerinde 3 farklı lokasyonda belirgin fay düzlemleri üzerindeki fay çiziklerinden ölçümler alınarak arazi çalışmaları tamamlanıp kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında eğim atımlı normal fay karakteri gösteren Üçkuyu Segmenti yapılan kinematik analiz çalışmaları sonucunda Lokasyon 12’de elde edilen kinematik verilerden hesaplanan sonuçlar σ_1 (281°/83°), σ_2 (52°/5°) ve σ_3 (143°/5°) değerlerine sahiptir (Şekil 9). Lokasyon 15’te gözlemlenen düzlemlerden alınan ölçümlerden hesaplanan veriler ise σ_1 (31°/66°)-değerinin yaklaşık düşeye dalımlı, σ_2 (170°/18°) ve σ_3 (265°/14°) değerlerini yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte bir diğer lokasyon Olan 16. lokasyondan elde edilen kinematik verilerden hesaplanan sonuçlarda σ_1 (294°/77°) değerinin düşeye dalımlı, σ_2 (45°/5°)

ve σ_3 (136°/12°) değerlerini yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Bu sonuçlar bölgede tanımlanan KB-GD uzanımlı fay segmentinin, 12. Lokasyonda σ_1 ’in dalımı ve ekstenel oranın (gerilme elipsoidi) (Φ) 0,293 olması, yaklaşık KB-GD yönlü çekme gerilmesi rejimi etkisi ile geliştiğine, 15. Lokasyonda σ_1 ’in yönelim, dalım ve ekstenel oranın ($\Phi = 0,057$) 0 ile 0,25 arasında hesaplaması yaklaşık KG yönlü dairesel çekme gerilmesi tektonik rejim etkisi ile geliştiğine ve 16. Lokasyonda σ_1 ’in yönelim, dalım ve ekstenel oranın (Φ) ,198 olması, yaklaşık KB-GD yönlü dairesel çekme gerilmesi etkisi ile geliştiğine işaret etmektedir. Elde edilen bulgulara göre Üçkuyu Segmentinin tüm lokasyonlarında gözlemlenen veriler en genç aktivite yani R4 fazına ait olduğu saptanmıştır.



Şekil 7. Yunak Fay Zonu'nun içerisinde yer aldığı çalışma alanının diri fay geometrisini ve lokasyonları gösteren harita.

Figure 7. Active fault geometry and locations within the study area, including the Yunak Fault Zone.



Şekil 8. Üçkuyu Segmenti'ne ait arazi fotoğrafları (a, 16. Lokasyondan, b ve c 12. Lokasyondan elde edilen fotoğraflar).

Figure 8. Field photographs of the Üçkuyu Segment (a, obtained from Location 16, b and c obtained from Location 12).

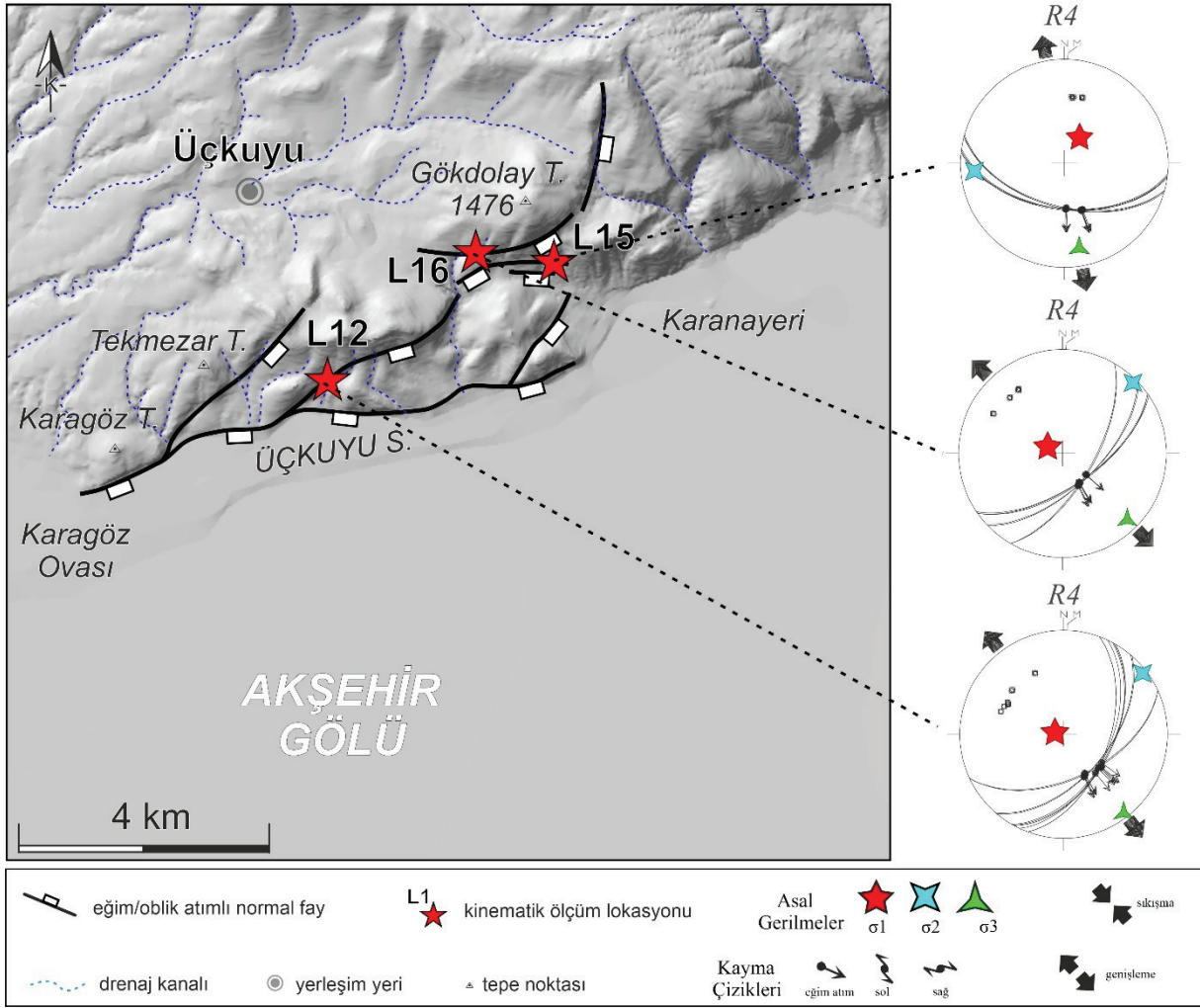
Cebrail Segmenti

Yunak Fay Zonu'nun ana segmentlerinden birisi olan Cebrail Segmenti lokasyon olarak, kuzeydoğuda Kocatarla Mevki ile güneybatıda Karana yeri mevki arasında yer almaktadır (Şekil 7 ve 11). Ortalama $K40^{\circ}D$ doğrultulu, GD 'ya eğimli, yaklaşık 15 km uzunluğunda ve 3 km genişliğindedir. Karana yeri kuzeydoğusunda temel kayaları parçalayarak doğrultusunu değiştirmeden takip edilebilen segment, Cebrail Köyü güneyinde çatallanarak iki kola ayrılır. Cebrail Segmenti morfolojik açıdan belirgin sarplıklar ile tipiktir ve iyi korunmuş fay düzlemlerine sahiptir (Şekil 10). C-C' jeolojik kesitinde fayın her iki bloğundaki temel kayaların aşınma yüzeylerinden elde edilen bulgulara göre, Cebrail Fayı boyunca güneydoğuda kalan tavan bloğun hemen hemen 300 metre düştüğü gözlenmektedir (Şekil 4). Cebrail köyünün güneyinde gözlemlenen fay morfolojik olarak oldukça belirgin sarplıklar meydana getirmiştir. Koca Tepe güneydoğu yamaçlarından GB 'ya doğru çizgisel ve tek gidişli uzanan segment boyunca yer yer iyi gelişmiş alüvyal yelpaze çökelleri

arazi çalışmalarında gözlemlenmiştir. Karanyeri kuzeyinde birden fazla kol ile temsil edilen bu segment, GD 'ya doğru ilerledikçe basamaklı bir geometri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Cebrail Segmenti çalışma alanı içerisinde en yüksek fay sarplıklarına sahip olan fay segmentidir.

Cebrail Segmenti üzerinde 7 farklı lokasyonda toplam 145 ölçüm alınarak kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında segment üzerinde alınan ölçümlerde, doğrultu atımlı faylanma mekanizmasından sırası ile oblik ve eğim atımlı normal faylanmaya geçiş gösteren 4 farklı tektonik faz saptanmıştır (Şekil 11). Tüm fazların bir arada gözlemlendiği lokasyon 10° 'da, segment üzerindeki en genç aktivitenin 60° ile 89° arasında değişen kayma açılarna sahip eğim atımlı normal fay (R4) olduğu ve segment üzerindeki en eski aktivitenin ise 1° ile 5° arasında değişen kayma açılarna sahip doğrultu atımlı fay (R1) karakteri gösterdiği ve devam eden çalışmalarda da güneye doğru 45° ile 46° kayma açılarna sahip fay çiziklerini meydana getiren fayın (R2) doğrultu atımlı faydan daha genç, kuzeye doğru 18° ile 50° kayma açılarna sahip fay çiziklerini meydana getiren fayın (R3) ise ondan da genç olduğu yapılan arazi çalışmalarında ortaya konulmuştur. KD-GB uzanımlı Cebrail segmenti üzerinde 7. Lokasyonda gözlemlenen fay düzlemlerinden elde edilen kinematik verilerin sonuçlarında σ_1 'in 271° yönelime ve 65° düşeye yakın dalıma, σ_2 ($076^{\circ}/24^{\circ}$) ve σ_3 'ün ($169^{\circ}/06^{\circ}$) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Segment üzerindeki 8. Lokasyonda ise hesaplanan σ_{1-2-3} değerleri sırasıyla 338° , 235° ve 143° yönelime ve 73° , 04° ve 17° dalıma sahip oldukları hesaplanmıştır. Segment üzerinde 9. Lokasyonda gözlemlenen fay düzlemlerinden elde edilen kinematik sonuçlar ise σ_1 'in 253° yönelime ve 68° düşeye yakın dalıma, σ_2 ($094^{\circ}/21^{\circ}$) ve σ_3 'ün ($001^{\circ}/07^{\circ}$) ise yataya yakın dalıma sahip olduğuna işaret etmektedir. Cebrail segmenti üzerinde 4 farklı fazında aynı lokasyonda gözlemlendiği 10.

Üçkuyu Segmenti

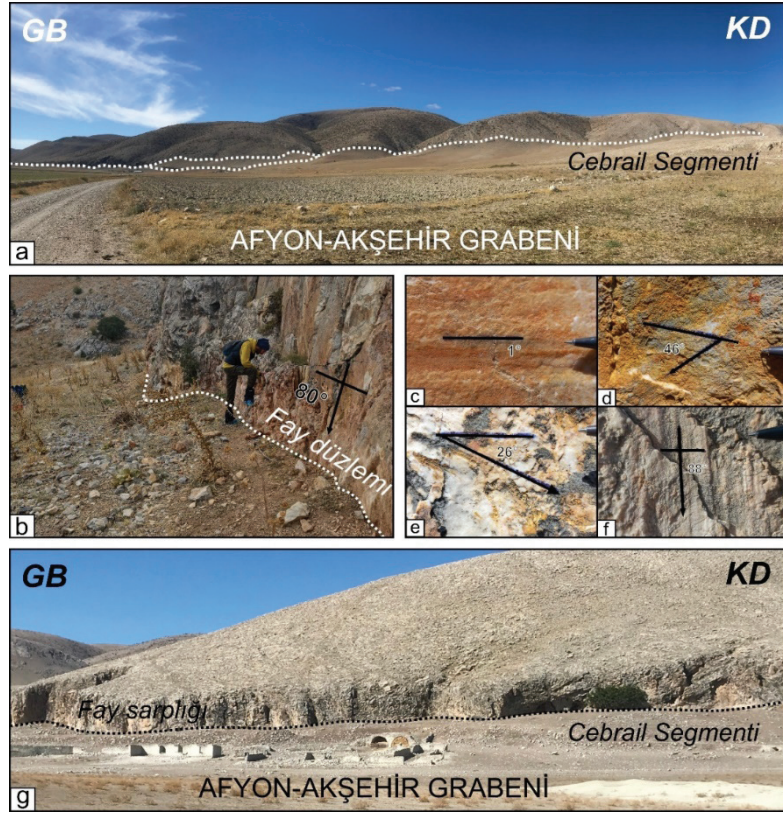


Şekil 9. Üçkuyu Segmenti'nde gözlemlenen fayların kinematik analiz sonuçları ve arazideki konumunu gösteren sayısal yükseklik modeli.

Figure 9. Kinematic analysis results of faults observed in the Üçkuyu Segment and digital elevation model showing their location in the field.

Lokasyonda ise R1 fazından hesaplanan kinematik analiz sonuçları σ_2 'nin 138° yönelime ve 77° düşeye yakın dalıma, σ_1 ($268^\circ/09^\circ$) ve σ_3 'ün ($359^\circ/10^\circ$) ise yataya yakın dalıma sahip olduğuna işaret etmektedir. R2 fazından elde edilen σ_1 değerinin düşeye yakın dalımlı ve yataya yakın dalımlı σ_2 ve σ_3 değerleri sırasıyla 276° , 84° , 177° yönelime ve 57° , 33° , 5° dalıma sahip olduğu hesaplanmıştır. R3 fazından elde edilen

verilere baktığımızda ise σ_1 değerinin 25° yönelim ve 59° düşeye yakın dalıma, σ_2 ($183^\circ/29^\circ$) ve σ_3 'ün ($279^\circ/10^\circ$) ise yataya yakın dalıma sahip olduğuna işaret etmektedir. Tektonik fazlardan aralarında en genç olan R4 fazından elde edilen kinematik veriler ise σ_1 'in ($321^\circ/72^\circ$) düşeye yakın dalıma, σ_2 ($223^\circ/03^\circ$) ve σ_3 'ün ($132^\circ/18^\circ$) yataya yakın dalıma sahip olduğu hesaplanmıştır.



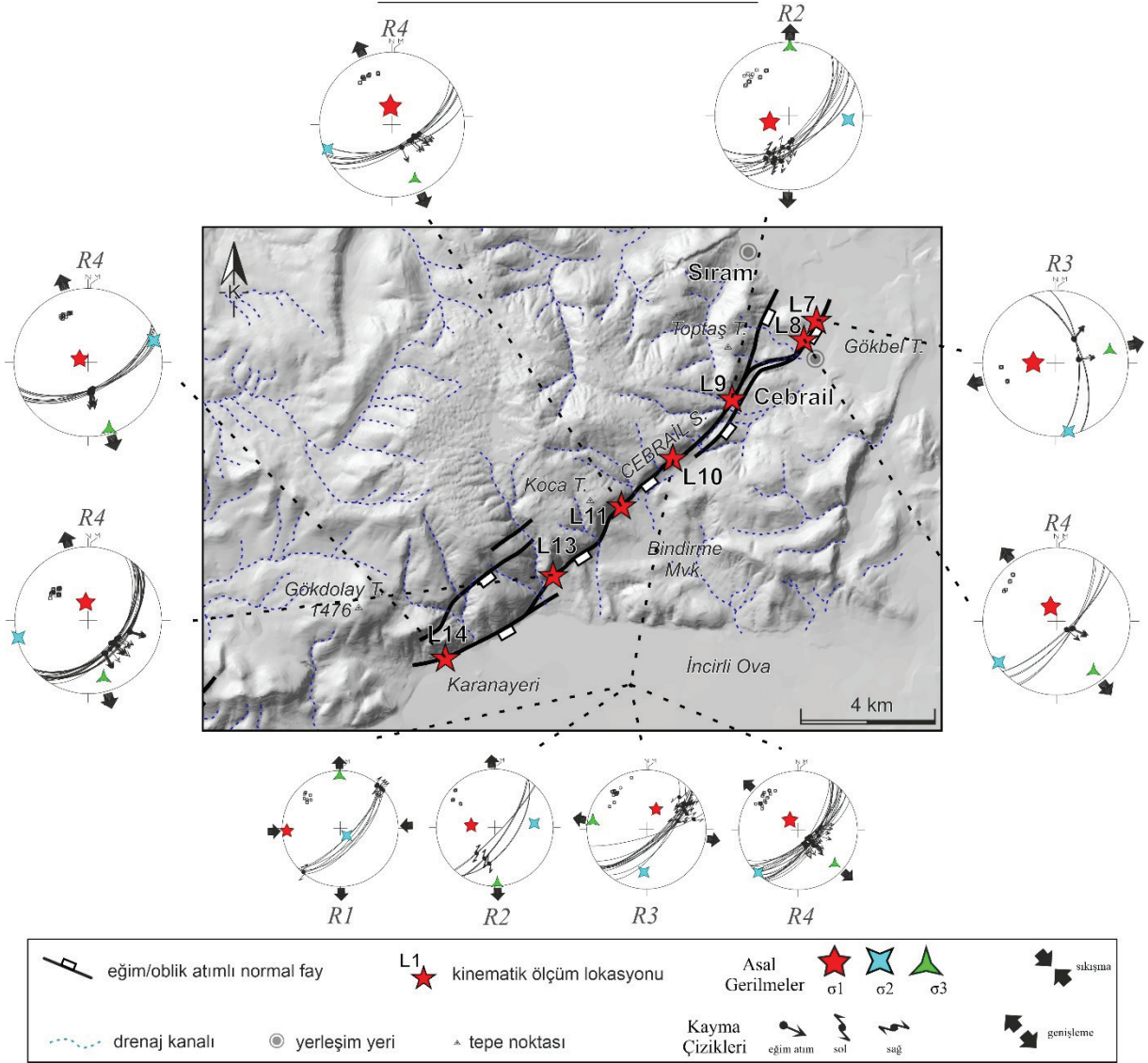
Şekil 10. Cebrail Segmenti'ne ait arazi fotoğrafları. Şekillerden c, d, e ve f sırasıyla r1, r2, r3 ve r4 tektonik fazlarına işaret eden fay çizigli setlerini göstermektedir.

Figure 10. Field photographs of the Cebrail Segment. c, d, e, & f) fault trace sets indicating the r1, r2, r3, and r4 tectonic phases, respectively.

Segmentin GB bölümlerine doğru devam eden lokasyonlardan bir diğeri ise 11. Lokasyondur ve burada elde edilen kinematik veriler, σ_1 'in 355° yönelim ve 70° düşeye yakın dalımlı, σ_2 ($255^\circ/10^\circ$) ve σ_3 'ün ($249^\circ/06^\circ$) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. 13. Lokasyonda gözlemlenen düzlemlerin kinematik sonuçları ise σ_1 , σ_2 ve σ_3 değerlerinin sırasıyla, 352° , 256° ve 165° yönelime ve 70° , 2° ve 20° dalıma sahip oldukları hesaplanmıştır. Segment üzerindeki son lokasyon olan 14. Lokasyonda gözlemlenen düzlemlerden alınan verilerin kinematik analiz sonuçları ise σ_1 , σ_2 ve σ_3 değerlerinin sırasıyla 293° , 72° ve 162° yönelime ve 80° , 8° ve 7° dalıma sahip olduğuna işaret

eder. Tüm veriler sonucunda KD-GB uzanımlı Cebrail Segmenti üzerinde, 7. Lokasyonda σ_1 'in düşey ekseninde ve gerilme elipsoidi (ϕ) 0.126 hesaplaması sonucunda segmentin KD-GB yönlü dairesel çekme gerilmesi etkisi altında geliştiğine, Lokasyon 8'den hesaplanan veriler ise σ_1 'in düşeye dalımlı ve 0 ile 0.25 aralığında aksenal orana ($\phi=0.209$) sahip olması, bölgede KD-GB olarak tanımlanan bu fay segmentinin yaklaşık KB-GD yönlü dairesel çekme gerilmesi etkisi ile geliştiğine, 9. Lokasyondan hesaplanan veriler σ_1 'in düşey ekseninde ve 0,25 ile 0,75 arasında aksenal orana ($\phi=0.267$) sahip olması sonucunda segmentin KG yönlü saf çekme gerilmesi etkisi altında geliştiğine işaret etmektedir. 10.

Cebrail Segmenti



Şekil 11. Cebrail Segmenti'nde gözlemlenen fayların ait kinematik analiz sonuçları ve arazideki konumu gösteren sayısal yükseklik modeli.

Figure 11. Kinematic analysis results for fault movement observed on the Cebrail Segment and digital elevation model showing its location in the field.

Lokasyondan hesaplanan verilere göre R1 fazı için σ_2 'nin sağ yönlü saf doğrultu atımlı ($\phi=0.506$) tektonik rejim etkisi ile geliştiğine, KD-GB uzanımlı eğim/verev atımlı normal faylanmalardan R2 fazının yaklaşık KG yönlü saf çekme gerilmesi ($\phi=0.449$), R3 fazının KB-GD yönlü saf çekme

gerilmesi ($\phi=0.546$) ve R4 fazının ise KB-GD yönlü dairesel çekme gerilmesi ($\phi=0.033$) etkisi ile geliştiğine işaret etmektedir. Cebrail Segmentinin yaklaşık orta kısımlarında yer alan 11. Lokasyonda elde edilen hesaplamalarda σ_1 'in düşeyde ve 0 ile 0,25 arasında eksenel orana ($\phi=0.076$) sahip

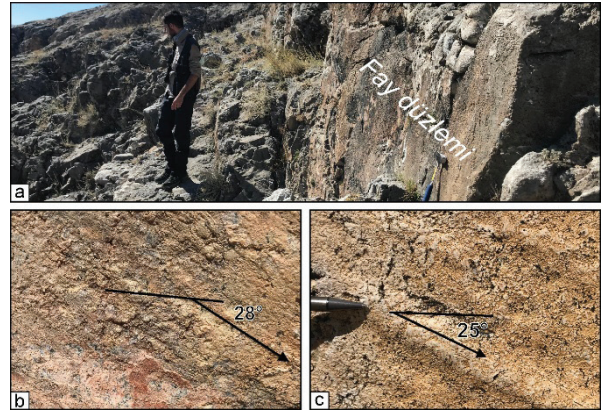
olması sonucunda bölgede KD-GB uzanımlı fayın KB-GD yönlü dairesel çekme gerilmesi etkisi altında geliştiğine işaret etmektedir. Cebrail Segmentinin güneybatı bölümünde bulunan 13. Lokasyonda ise σ_1 değerinin düşeye yakın dalımlı ve eksenel oranın ($\phi=0.460$) 0.25 ile 0.75 aralığında bir değerde olması, segmentinin yaklaşık KB-GD yönlü saf çekme gerilmesi etkisi altında geliştiğine işaret etmektedir. Segment üzerindeki son lokasyon olan 14. Lokasyondan elde edilen hesaplamalar sonucunda ise σ_1 'in düşeye dalıma ve eksenel oranın ($\phi=0.348$) 0.25 ile 0.75 aralığında olması sonucunda bölgede KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklaşık KB-GD yönlü saf çekme gerilmesi etkisi altında geliştiğine işaret ettiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

İncirli Segmenti

Güneyde, Cebrail ile Ayrıtepe segmentleri arasında uzanan İncirli Segmenti yaklaşık D-B uzanımlı olup çizgisel gidişli ve toplamda yaklaşık 7 km uzunluğa sahiptir. Bu segment çalışma alanındaki Neojen öncesi temel kayalar ile Kuvaterner yaşlı modern havza dolgusu çökelleri arasındaki sınırı oluşturmaktadır. Doğu kesimde, Muslukburnu Sırtı'nı güneyden sınırlayacak şekilde gelişen İncirli Segmenti, İncirli Ova kuzeyinde yaklaşık olarak DB doğrultusu boyunca çizgisel bir gidişe sahiptir ve dağ önünde fay sarplıkları sunar. Batı kesimde ise Karanyeri kuzeyinde, KD-GB uzanımlı Cebrail Segmenti'ne ait fay kolları ile birleşme eğilimi sunmaktadır. İncirli Segmenti AAG düzlüğünü kuzeyden sınırlar ve grabenin kuzeyinde belirgin olarak yaklaşık DB uzanımlı normal fay segmentlerinden birisidir.

İncirli Ova kuzeyindeki dağ önlerinde yapılan arazi çalışmalarında fay düzlemleri ve bu düzlemlerde kayma çizikleri gözlenmiştir (Şekil 12). Gözlenen fay düzlemlerinden alınan ölçümlere göre K60°B ile K74°B arasında doğrultulara, 80° ile 89° arasında değişen eğim derecelerine ve 25° ile 28° arasında değişen kayma açlarına

sahiptir. Yüksek eğim derecelerine ve düşük rake açlarına sahip kayma yüzeylerinden alınan ölçümler ve kinematik analiz çalışmaları σ_2 'nin (272°/64°) düşeye yakın dalımlı, σ_1 (067°/24°) ve σ_3 'ün (162°/10°) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir (Şekil 13). Hesaplanan veriler, σ_2 'nin düşeyde ve eksenel oranın ($\phi=0,335$) 0.25 ile 0,75 arasında hesaplaması sonucunda sol yönlü doğrultu atımlı bir tektonik rejimin etkisi altında geliştiğine işaret etmektedir.



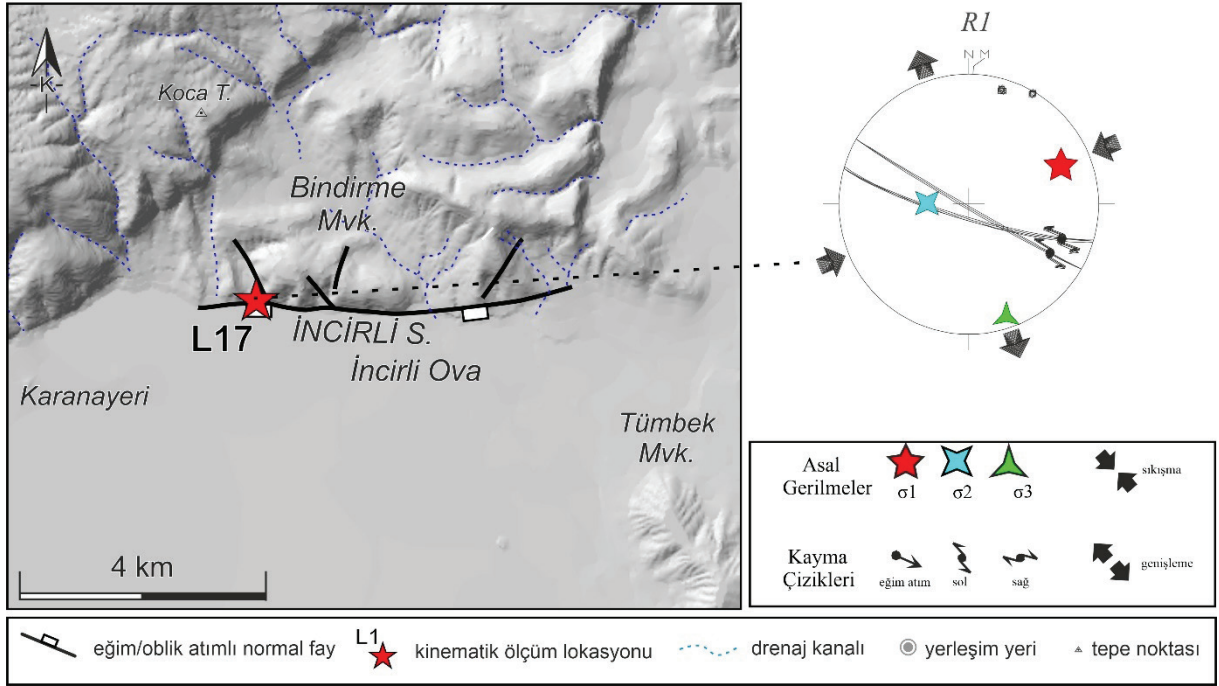
Şekil 12. İncirli Segmenti'ne ait arazi fotoğrafları.

Figure 12. Field photographs of the İncirli Segment.

Ayrıtepe Segmenti

Yunak Fay Zonu'nun doğu bölümünde yer alan Ayrıtepe Segmenti, genel itibarıyla K20°D gidişli olup yaklaşık 8 km uzunluğundadır ve Mesozoyik yaşlı temel kayalar ile Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal kırıntılı çökeller arasındaki sınırı oluşturur (Şekil 2). Çizgisel bir geometriye sahip olan segment boyunca iyi gelişmiş alüvyal yelpaze çökelleri gözlenmektedir. Fay boyunca iyi gelişmiş alüvyal yelpaze çökelleri Neojen yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak gözlenir. Birbirine paralel gidişli fay kolları 3 km'ye yakın bir genişlik zonu oluşturmaktadır. DGD'ya eğimli fay düzlemlerine sahip segment boyunca yapılan jeomorfolojik ve jeolojik gözlemler fayın eğim atımlı normal karakterinde olduğuna işaret etmektedir (Şekil 14).

İncirli Segmenti



Şekil 13. İncirli Segmenti'nde gözlemlenen fayların kinematik analiz sonuçları ve arazideki konumunu gösteren sayısal yükseklik modeli.

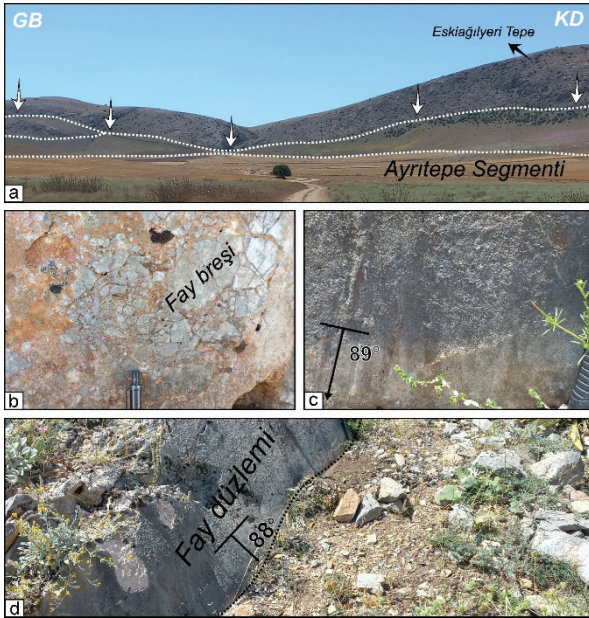
Figure 13. Kinematic analysis results for fault movement observed on the İncirli Segment and digital elevation model showing its location in the field.

Segment kuzey tarafta, Gökbel Tepe doğu yamaçlarında belirgin fay sarplıkları ile kolayca tanınabilir. Gökbel Tepe güneyine bakıldığında K30°D genel doğrultusunda dağ önü boyunca güneydeki İncirli Segmenti'ne kadar morfolojik olarak belirgin fay düzlemleri gözlenir. Daha doğu tarafta ise bazıları Ayırtepe köyünden geçen uzunlukları 2-3 km'ye varan fay kolları haritalanmıştır.

Ayırtepe Segmenti'ne ait kayma düzlemleri üzerinde 3 farklı lokasyonda toplamda 25 ölçüm alınmıştır. Yapılan analizlerde segment üzerinde 2 farklı tektonik faza işaret eden ve birbirini üzerleyen fay çizdiği setleri saptanmıştır. Aynı lokasyonda gözlenen 2 farklı fay çizdiği seti, kesen-kesilen ilişkisine göre analiz edilmiş, sağ yönlü

doğrultu atımlı faylanma karakterine işaret eden setin, eğim atımlı normal faylanmaya işaret eden fay çizdiği seti tarafından üzerlendiği gözlenmiştir. R2 fazına ait düzlemlerden alınan ölçümlere göre K15°D ile K24°D arasında doğrultulara, 84° ile 87° arasında değişen eğim derecelerine ve 9° ile 20° arasında değişen kayma açalarına sahiptir. R3 fazına ait düzlemlerden alınan ölçümlere göre K5°D ile K40°D arasında doğrultulara, 59° ile 79° arasında değişen eğim derecelerine ve 80° ile 89° arasında değişen kayma açalarına sahiptir. Ayırtepe segmenti üzerinde Lokasyon 2'de yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen kinematik veriler, σ_1 'in 241° yönelim ve 60° düşeye yakın dalıma, σ_2 (331°/00°) ve σ_3 'ün (061°/30°) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir (Şekil 15). Lokasyon 3'te yapılan çalışmalarda ise

R2 fazı gözlemlenmiştir ve kinematik çalışmaları yapılmıştır. R2 fazına işaret eden kinematik veriler, σ_2 'nin 81° yönelim ve 32° dalıma, σ_1 ($231^\circ/54^\circ$) ve σ_3 'ün ($342^\circ/14^\circ$) ise dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Segment üzerindeki son lokasyon olan 4. Lokasyonda yapılan kinematik çalışmalarda ise σ_1 , σ_2 ve σ_3 sırasıyla, 293° , 176° ve 084° yönelim ve 72° , 08° ve 16° dalımlı olarak hesaplanmıştır. Tüm bu çalışmalar sonucunda elde edilen kinematik verilere göre bölgede gözlemlenen fay segmentinin, Lokasyon 2'de KD-GB yönlü saf çekme gerilmesi ($\phi = 0,567$) etkisi altında geliştiğine, Lokasyon 3'teki veriler R2 fazının σ_1 ve σ_2 'nin dalımlı ve eksenel oranının ($\phi = 0,515$) 0,25 ile 0,75 arasında olması sonucunda geliştiğine işaret etmektedir. 4. Lokasyondaki kinematik verilere göre ise σ_1 'in düşeye dalımlı ve eksenel oranının ($\phi=0,141$) 0 ile 0,25 aralığında olması, bölgede KD-GB olarak tanımlanan fay segmentinin yaklaşık D-B yönlü dairesel çekme gerilmesi etkisi altında geliştiğine işaret etmektedir.



Şekil 14. Ayrıtepe Segmenti'ne ait arazi fotoğrafları.
Figure 14. Field photographs of the Ayrıtepe Segment.

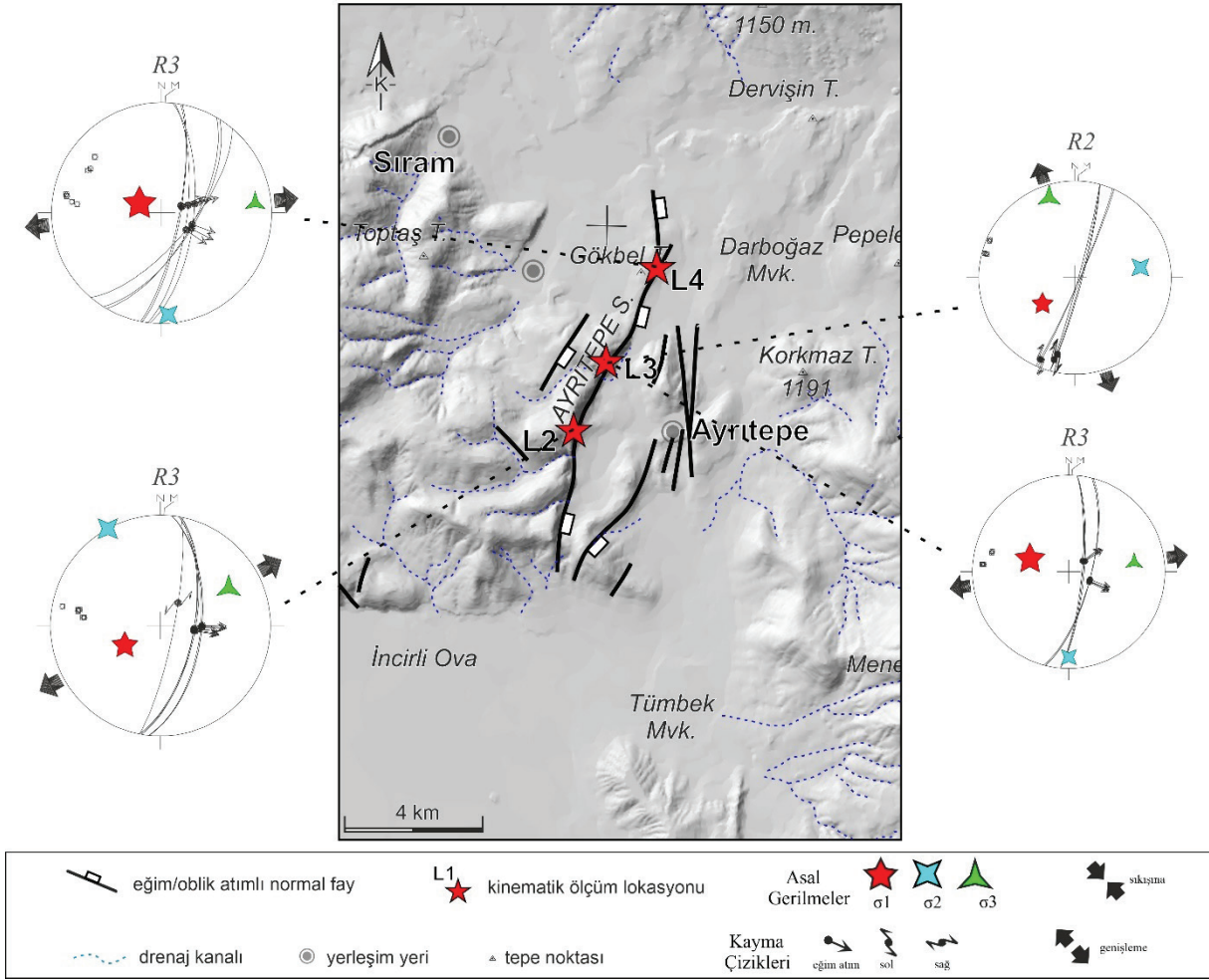
Çalışma Alanında Haritalanan Diğer Faylar

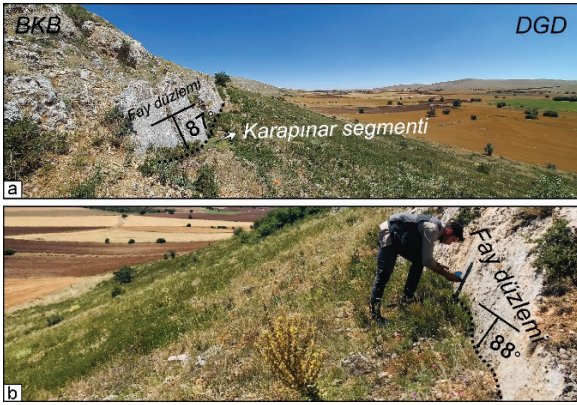
Karapınar Fayı

Bölgede yapılan çalışmalar sonucunda haritalanan diğer bir fay Karapınar fayıdır. Üçkuyu Horstu üzerinde haritalanan Karapınar Fayı yaklaşık $K10^\circ D$ genel gidişlidir. 66° ile 76° arasında değişen eğim derecelerine ve 85° ile 89° arasında değişen kayma açlarına sahiptir. Kuzey tarafta Karakışla Fayı (KF) ile güney kısımda Kırçal Tepe arasında çizgisel ve tek gidişe sahip yaklaşık 8 km uzunluğa ve 300 metre genişliğe sahip olup, D-GD'ya eğimlidir (Şekil 16 ve 17). Kinematik ölçümler ve morfolojik saha gözlemleri fayın eğim atımlı normal karakterinde olduğuna işaret etmektedir. Segment geometrisine bakıldığında, Karakışla ile Çallıöz Tepe kuzeydoğusunda ortalama olarak $K25^\circ D$ doğrultulu ve çizgisel gidişlidir. Daha güney tarafta sonlandığı bölüme doğru yaklaşık olarak KG doğrultusuna dönen segment Kırçal Tepe kuzeyinde sonlanmaktadır. Karapınar Fayı'na ait iyi korunmuş kayma yüzeyleri üzerinde yapılan çalışmalarda 8 fay yüzeyi ölçümü alınabilmiştir.

Karapınar Fayı üzerinde gerçekleştirilen saha çalışmalarında iyi korunmuş fay düzlemleri yer yer çok net olarak kendini göstermektedir. Bu fay düzlemlerinde yapılan çalışmalarında yüksek sapma açlarına sahip kayma yüzeyleri üzerindeki kinematik göstergeler eğim atımlı normal fayı işaret etmektedir (Şekil 17). Karapınar Fayı üzerindeki fay düzlemleri üzerinde yapılan kinematik analiz çalışmaları sonucunda elde edilen veriler σ_1 'in 243° yönelim ve 74° düşeye yakın dalımlı, σ_2 ($358^\circ/07^\circ$) ve σ_3 'ün ($089^\circ/14^\circ$) ise yataya yakın dalımlı olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan veriler, σ_1 'in düşeyde ve eksenel oranının ($\phi = 0,423$) 0,25 ile 0,75 arasında olması sonucunda bölgede KD-GB uzanımlı fayların D-B yönlü saf çekme gerilmesi etkisi altında geliştiğine işaret etmektedir.

Ayrıtepe Segmenti



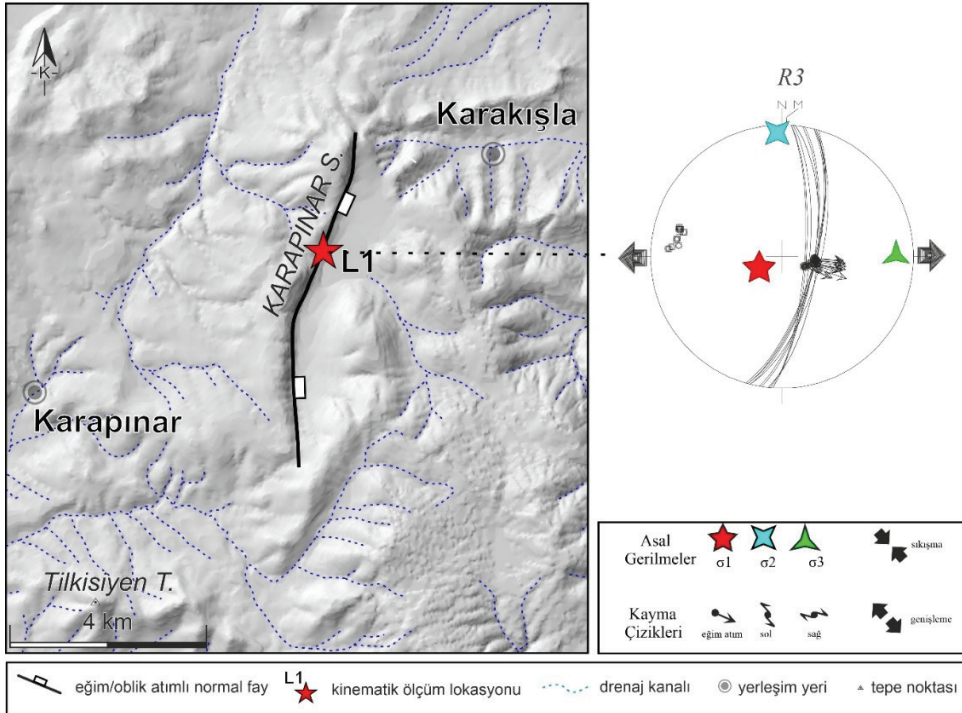


Şekil 16. Karapınar Fayına ait arazi fotoğrafları.

Figure 16. Field photographs of the Karapınar Segment.

İlk kez bu çalışmada 1/25.000 ölçeğinde haritalanan ve tanımlanan Mevlütlü Fay Zonu (MFZ), çalışma alanının güneyinde Yılanlı mevki ile kuzeyindeki darboğaz mevki arasında yaklaşık olarak KG doğrultusunda uzanan, toplam uzunluğu yaklaşık olarak 18 km olan birden fazla fay kollarından oluşmaktadır (Şekil 2). Batıya eğimli fay kolları eğim atımlı normal fay özelliği sunmakta olup, genellikle Neojen öncesi temel kayalar ile Neojen birimleri ve Neojen öncesi temel kayalar ile Kuvaterner yaşlı güncel havza dolgusu arasındaki yapısal sınırı temsil etmektedir. MFZ, AAG düzlüğünü doğudan sınırlayan önemli yapılardan birisidir. MFZ kuzeyde Neojen yaşlı birimler içerisindeki devamı gözlemlenmemiştir. Güneyde ise Tuzlukçu'ya doğru devamlılığı olasıdır.

Karapınar Fayı



Şekil 17. Karapınar Fayı'nda gözlemlenen fayların kinematik analiz sonuçları ve arazideki konumunu gösteren sayısal yükseklik modeli.

Figure 17. Kinematic analysis results for fault movement observed on the Karapınar Segment and digital elevation model showing its location in the field.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Yunak Fay Zonu üzerinde saha ağırlıklı bu çalışma kapsamında Yunak Fay Zonu boyunca Üçkuyu, Cebrail, Ayrıtepe ve İncirli Segmentleri ilk kez 1/25.000 ölçekli olarak haritalanarak, adlandırılmış ve geometrik, kinematik, aktif tektonik ve sismotektonik özellikleri analiz edilmiştir. Saha çalışmaları ile elde edilen bulgular, bu fayların uzunlukları 3 km ile 18 km arasında ve genişlikleri 300 m ile 4 km arasında değişen DB, KG ve KD-GB uzanımlı normal faylar olduğunu göstermektedir. Wells ve Coppersmith (1994) ve Pavlides ve Caputo (2004) tarafından verilen segment uzunluğuna göre üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü arasındaki ampirik ilişkilere göre, Yunak Fay Zonu ve yakın civarındaki fay segmentlerinin bireysel değerlendirmesi ile maksimum 5,6 ile 6,5 moment büyüklüklerine kadar deprem üretebilme potansiyelinde olduğunu göstermektedir (Çizelge 2). Bununla beraber son yıllarda meydana gelen bazı depremler (örn. 27 Aralık 1939 Erzincan Depremi Mw:7,9; 14 Kasım 2016 Kaikōura Depremi Mw: 7,8 ve 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri, Mw:7,7 ve 7,6) tek bir deprem ile hem geometrik hem yapısal hem de jeolojik olarak farklı fay parçalarının bir arada kırılabilmesine (çoklu segment kırılması) kanıt oluşturmaktadır. Bu kapsamda, Cebrail ve Üçkuyu segmentlerinin beraber kırılması halinde, maksimum 6,7 moment büyüklüklerine kadar deprem üretebilme potansiyelinden bahsedilebilir (Çizelge 2).

Günümüze değin yapılan çalışmalar, deprem sırasına (kosismik) iç merkezde meydana gelen kırılmanın yüzeye ulaşip ulaşmayacağına, depremin büyüklüğü, derinliği, depremi üreten fayların yüzey ve derinlerdeki geometrisi, karakteri ve kırılan kayaların reolojisi ile bağlantılı olduğuna işaret etmekle birlikte orta şiddetli ancak sık depremlerin yüzey kırığı oluşturabileceğini göstermektedir (Tocher,1958; Bonilla vd., 1984; Bonilla, 1988; Wells ve Coppersmith, 1994; Michetti vd., 2000;

McCalpin, 2009; Champenois vd., 2017; Sümer vd., 2018). Bonilla (1988) tarafından Dünya'nın farklı bölgelerinde meydana gelen büyüklükleri 6'dan küçük olan 53 yüzey faylanması ilişkili depremlerin istatistiksel analizi üzerine yapılan bir çalışma, kosismik yüzey faylanması oluşturan en küçük depremlerin minimum yaklaşık 5 büyüklüğüne sahip olduklarına ve sıklıkla (%50 oranında) eğim atımlı normal faylar üzerinde geliştiklerine işaret etmektedir. Yüzey kırığı oluşturabilecek minimum deprem büyüklüğü Tocher (1958) tarafından 5,2; McCalpin (2009) tarafından ise 5,5 olarak tanımlanmıştır. Bununla beraber, son yıllarda Güney Amerika'da yapılan bir çalışma, 2010 yılında 3 km derinlikte meydana gelen 5.0 (Mw) büyüklüğündeki bir depremin Laguna Pisayambo Fayı üzerinde yaklaşık 9 km uzunluğunda yüzey kırığı ve 45 cm sağ yanal yer değiştirmeye sebep olduğunu saha verileri ile kanıtlamıştır (Champenois vd., 2017). 2012 yılında güncellenen Türkiye Diri Fay Haritası'nda diri fay olarak tanımlanan Yunak Fay Zonu boyunca, bu çalışmada haritalanan tüm fayların yüzey kırığı oluşturabilecek deprem üretme potansiyellerinin olduğu değerlendirilmiştir.

Yapılan saha çalışmaları, grabenin kuzey tarafında, fay kolları ile kesilen dayanımı yüksek temel kayalar üzerinde, dağ önlerinde yükseklikleri yer yer 30 metreye ulaşan KD-GB ve yaklaşık D-B uzanımlı belirgin fay sarplıkları oluşmuştur. Bu sarplıklarda ise yer yer iyi korunmuş kayma yüzeyleri ve ani topografik eğim kırılmaları gözlemlenmiştir. Bu bölgedeki faylar, baskın olarak orta-üst Triyas yaşlı karbonatlı kayaçlardan oluşmuş temel kayaçlar ile alüvyal yelpaze, flüvyal, kolüvyal ve gölsel çökellerden oluşan güncel havza dolgusu arasındaki yapısal dokanağı oluşturmaktadır. Çalışma alanı içerisindeki dağlık alanı oluşturan temel kayaçlar içerisinde yer alan birbirine paralel ve yarı paralel fay kolları, grabene doğru basamaklı bir yapı oluşturmaktadır.

Çizelge 2. Çalışma alanı içerisindeki fay segmentlerinin özellikleri ve üretebilecekleri deprem büyüklükleri.

Table 2. Characteristics of fault segments within the study area and potential earthquake magnitudes.

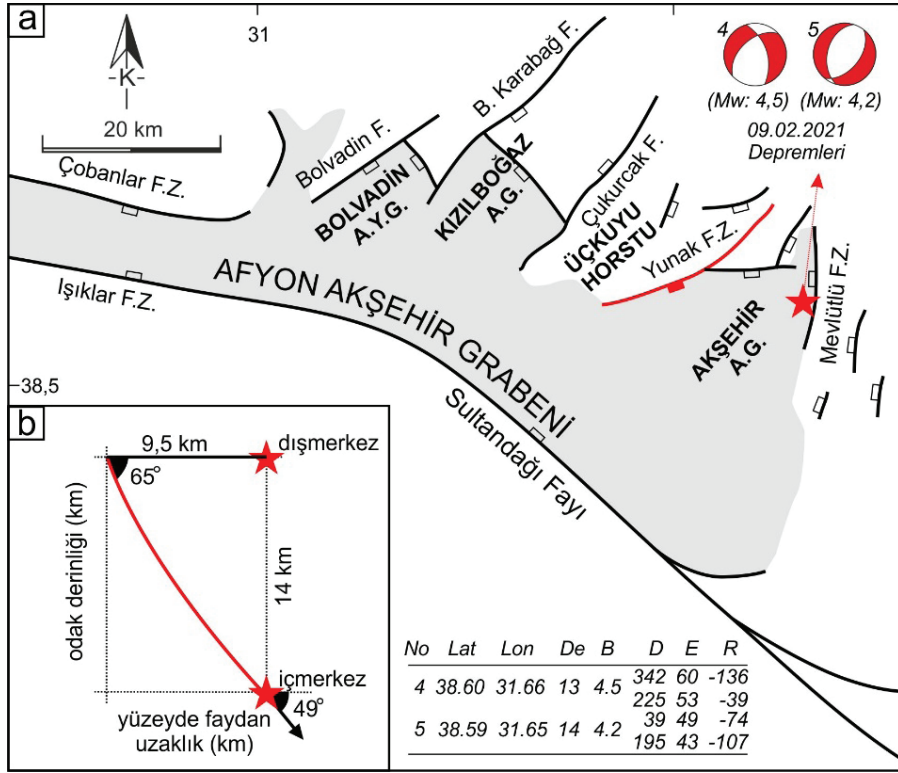
Adı	Doğrultu	Uzunluk	Genişlik	Fayın Karakteri	Maks. Deprem Büyüklüğü
Cebrail S.	K40°D	15 km	2 km	Eğim Atımlı normal	6,4
Üçkuyu S.	K70°D	9 km	2,5 km	Eğim Atımlı normal	6,2
İncirli S.	D-B	9 km	500 m	Oblik Atımlı normal	6,2
Ayrıtepe S.	K20°D	8 km	2,5 km	Eğim Atımlı normal	6,1
Karapınar F.	K10°D	8 km	300 m	Eğim Atımlı normal	6,1
Mevlütü F.Z.	K-G	18 km	4 km	Oblik atımlı normal	6,5
Karakışla F.	K80°D	3 km	300 m	Eğim Atımlı normal	5,6
Sıram F.	K50°-70°D	9 km	500 m	Eğim Atımlı normal	6,2

Batı Anadolu'nun geç Miyosen'den beri hem sıkışmalı (Miyosen-Erken Pliyosen'de etkili olan yaklaşık D-B yönlü sıkışma) hem de açılmalı (Batı Anadolu'da Pliyo-Kuvaterner zamanında etkili olan KG yönlü genişlemeli tektonik) tektonik modelden etkilendiği görüşü kabul görmektedir (Angelier vd., 1981; Arpat ve Bingöl, 1969; Bozkurt ve Rojay, 2005; Bozkurt ve Sözbilir 2006; Dumont vd., 1979; Kaya, 1979; Kaya vd., 2004, 2007; Koçyiğit vd, 2000; Koçyiğit ve Özacar, 2003; McKenzie, 1978; Uzel ve Sözbilir 2008; Özkaymak ve Sözbilir, 2008; Özkaymak vd., 2013). Çalışma kapsamında Cebrail ve İncirli segmentleri üzerinde sıkışma ilişkili (σ_1 yataya yakın, sırasıyla σ_1 dalımı 09° ve 24° hesaplanmıştır) fay çiziği seti ölçülmüştür. Cebrail segmenti üzerinde aynı fay düzlemi üzerinde birbirini üzerleyen 4 farklı fay çiziği seti gözlemlenmiş ve ölçülebilmştir (Şekil 10, c,d,e,f; Şekil 11, Lokasyon 10, R1, R2, R3, R4 fazları). R1 sıkışma fazı en alttaki doğrultu atım ilişkili fay çiziği seti ile ilişkilidir. Fay düzlemleri üzerindeki kayma çiziği setlerinin ölçümü ile edilen verilerden oluşturulan paleogerilme analizlerine göre, bölgede yer alan bu fayların yaklaşık K-G yönlü çekme gerilmesi kuvvetleri ilişkili D-B yönlü sıkışma kuvvetleri etkisi altında saf doğrultu atımlı faylanma ile oluştuğu söylenebilir. Isparta Dirseği'nin kuzeydoğu kolu üzerinde Sultandağı Bindirmesi olarak tanımlanan (Boray vd., 1985; Şaroğlu vd., 1987; Barka vd., 1995) D-B yönlü

sıkışma verileri olasılıkla bu faz ile ilişkilidir. Yunak Fay Zonu'na ait segmentleri oluşturan bu ilk fazın Batı Anadolu'daki Miyosen-Erken Pliyosen'de etkili olan yaklaşık D-B yönlü sıkışmalı tektonik ortam ile ilişkili olması muhtemeldir. Pliyo-Kuvaterner döneminde etkili olan çekme gerilmesi ilişkili tektonik rejim sırasında ise K-G, D-B ve KD-GB arasında değişen çok yönlü genişlemeli (multi-directional extension) tektonik ortam içerisinde eğim/oblik atımlı normal fay şeklinde çalışarak reaktive oldukları ortaya çıkarılmıştır. Günümüzde Sultandağı Fayı olarak tanımlanan, Isparta Dirseği'nin kuzeydoğu kolunun da sıkışmalı bir tektonik ortamdaki genişlemeli bir tektonik ortama dönüşmesi de olasılıkla bu döneme denk gelmektedir. Sultan Dağları'nın kuzey ve doğu sınırının sıkışmalı bir tektonik rejim ile şekillendiği ancak, Neotektonik dönemde açılmalı bir tektonik rejim etkisinde geliştiği Koçyiğit vd. (2000) tarafından da vurgulanmıştır. Bununla beraber, bu çalışmada KD-GB uzanımlı ve güneydoğuya eğimli Cebrail Segmenti'ne ait aynı kayma düzlemi üzerinde kesen kesilen ilişkisine göre ölçülerek analiz edilen fay çiziği verileri (Lokasyon 10) Kuvaterner dönemi içerisinde önce KKB-GGD, daha sonra BKB-DGD ve son olarak da KB-GD yönlü genişlemenin varlığına işaret etmektedir. Bu durum çalışma alanında Kuvaterner boyunca σ_1 genel olarak düşeyde iken, σ_3 'ün saat yönünde rotasyonuna karşılık gelmektedir.

Batı Anadolu'daki çok yönlü genişleme rejimi birçok çalışmaya konu olmuştur (örn. Bozkurt ve Mittwede, 2005; Bozkurt ve Sözbilir, 2006; Özkaymak vd., 2017; Tiryakioğlu vd., 2018; Özkaptan vd., 2018; Özkaymak ve Sözbilir, 2020). Bozkurt ve Sözbilir (2006) Batı Anadolu'da gözlenen bu tip bir gerilme rejiminin σ_2 ve σ_3 asal gerilim eksenleri arasındaki gerilme değişimlerine bağlı olduğunu ileri sürmektedir. Bu çalışmada hesaplanan sonuçlara göre de eğim atımlı normal faylanmalarda σ_2 ve σ_3 değerlerinde dağınık desenler ile dalım ve yönlemlerdeki değişimler dikkat çekmektedir (Çizelge 1). Bu tip bir genişleme rejiminin bir diğer sebebi, bölgede mevcut olan çapraz grabenlerin varlığı ile ilişkilidir. Yapılan kinematik analiz ve jeolojik haritalama çalışmaları, Afyon Akşehir Grabeni'nin kuzeydoğu kesiminde haritalanan KD-GB uzanımlı ve GD'ya eğimli olan Yunak Fay Zonu ile yaklaşık KG uzanımlı ve batıya eğimli olan Mevlütlü Fay Zonunun normal hareketleri sonucu arada kalan KD-GB uzanımlı bloğun çökmekte olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapılan bu çalışma kapsamında ilk kez Akşehir Alt Grabeni olarak tanımlanan tektonik blok Afyon Akşehir Grabeni'nin KB-GD uzanımlı ana ayrılma fayı olan Sultandağı ana fayına ve genel graben doğrultusuna çapraz bir konumdadır. Bu tip yapılara da güzel bir örnek olarak, Geçievi vd. (2019) tarafından Afyon-Akşehir Grabeni'nin güney kenarını morfolojik olarak belirgin dağ önü sarplıkları ile sınırlayan kuzeye eğimli ana graben fayı niteliğindeki Sultandağı Fayı'nın tavan bloğunda çapraz fay niteliğinde gelişen Büyük Karabağ Fayı boyunca tanımlanmıştır. Geçievi vd. (2019) Büyük Karabağ Fayı'nın Miyosen zamanında sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olarak oluştuğunu ve Pliyo-Kuvaterner zamanında ise normal fay olarak reaktif olduğunu ifade etmektedir. Önceki çalışmalarda, KD uzanımlı Bolvadin fayı ile kontrol edilen Bolvadin Alt Yarı Grabeni, KD-GB uzanımlı B. Karabağ ve Çukurcak Fayları ile kontrol edilen Kızılboğaz Alt Grabeni

(Özkaymak vd. 2017, 2019, Geçievi vd. 2019) ile beraber bu çalışmada ilk defa tanımlanan Akşehir Alt Grabeni, eğim atımlı Yunak ve Mevlütlü Fay Zonları ile kontrol edilmektedir ve çapraz graben niteliği sunmaktadır. Batı Anadolu'da çapraz grabenlerin varlığı ve tektonik evrimi üzerine birçok çalışma yapılmıştır (örn. Şengör, 1987; Koçyiğit vd., 1999; Yılmaz vd., 2000; Açıkalın ve Ocaoğlu, 2006; Gürbüz vd., 2012; Geçievi vd., 2019; Özkaymak ve Sözbilir, 2020; Özsayın vd., 2023). Batı Anadolu'daki çapraz graben modeli ilk defa Şengör (1987) tarafından tanımlanmıştır. Şengör (1987)'e göre Batı Anadolu'daki büyük ölçekli normal fayların tavan bloğunda yer alan ve bu normal fayların doğrultularına yüksek açılarda (çapraz) gelişen fayların arasında çapraz bloklar oluşur. Bu blokların kenarları farklı iç uzantılar sergileyebilir, genellikle ilişkili oldukları normal faylara doğru artan değişken yer değiştirmeler sunar ve yer yer düşey eksenler etrafında farklı dönüş sergileyebilirler. Şengör (1987), rotasyona sahip olmayan çapraz fayların ana graben fayına çapraz yönde horst ve graben komplekslerine yol açabileceğini, bu şekilde en az iki yönde genişleme, düzensiz çökme ve karmaşık bir yapısal ilişki gibi lokal etkilere neden olabileceğine dikkat çekerek, bu çapraz fayların doğrultularının ana bölgesel genişlemenin yönelimine paralel olduğunu ifade etmektedir. Isparta Dirseği'nin KB kolunu temsil eden ve varlığı sorgulanan, kinematik özellikleri tartışılmakta olan (örn. Alçiçek vd., 2005; Alçiçek, 2015; Elitez ve Yaltrak, 2016; Kaymakçı vd., 2017;) Fethiye Burdur Fay Zonu'nun yakın batısında Gürbüz vd. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, KD-GB uzanımlı Baklan Grabeni'nin Pliyo-Kuvaterner zamanında, KB-GD uzanımlı ana Dinar Grabeni önünde çapraz graben olarak geliştiği ileri sürülmüştür. Bu çalışmaya göre, Baklan-Dinar grabeninden elde edilen morfolojik, yapısal, sondaj ve jeofizik verileri, güneybatı Türkiye'de Plio-Kuvaterner zamanında, KD yönlü genişleme sırasında gelişen bir çapraz graben yapısını tanımlamaktadır.



Şekil 18. a) Afyon Akşehir Grabeni kuzeyindeki KD-GB uzanımlı çapraz grabenleri gösteren basitleştirilmiş tektonik harita. Kısaltmalar: A.G: Alt Graben, AYG: Alt Yarım Graben, F: Fay, F.Z: Fay Zonu. **b)** YFZ Cebraill segmentini gösteren enine kesit, 09.02.2021 depreminin (Mw:4,2) iç merkez ve dış merkezini göstermektedir. Depremin iç merkez ve dış merkez verileri KOERİ, (2024)'ten alınmıştır. Fayın yüzeyde saha çalışmaları sırasında ölçülen eğimi 65° ve eğim yönü güneydoğudur. İç merkezdeki kayma düzleminin eğimi ise (49°) 5 numaralı depremin fay düzlemi çözümünden alınmıştır. Fay düzlemi çözümü parametreleri şekil üzerinde verilmiştir. Kısaltmalar; De: derinlik, B: Büyüklük, D: Doğrultu, E: Eğim, R: rake açısıdır.

Figure 18. a) Simplified tectonic map showing cross grabens extending in NE-SW direction north of the Afyon Akşehir Graben. Abbreviations: AG: Lower Graben, AYG: Lower Half Graben, F: Fault, FZ: Fault Zone. **b)** Cross section across the YFZ Cebraill segment, showing the hypocenter and epicenter of the 09.02.2021 earthquake (Mw:4.2) (earthquake data taken from KOERİ, 2024). The dip of the surface-slip vector (65°) was measured during field studies, while the dip of the fault at the hypocenter (49°) was taken from the fault-plane solution which is given in the figure. Abbreviations: De: depth, B: magnitude, D: strike, E: dip, R: rake.

Benzer şekilde, yaklaşık K-G uzanımlı Bozdoğan ve Karacasu grabenleri ile yaklaşık D-B uzanımlı Menderes Ana Grabeni arasındaki çaprazkesme ilişkisi birçok çalışmaya konu olmuştur (Açıkalm, 2005; Alçıçek, 2010; Yılmaz vd., 2000; Özsayın vd. 2023). Tüm bu veriler, Afyon Akşehir Grabeni doğusundaki Sultandağı Fayı (Isparta Dirseği'nin KD kolu) ve çalışma alanında hesaplanan gerilme yönleri ile uyumludur.

Çalışma alanı ve yakın civarında, aletsel dönemde meydana gelen depremlerin sismotektonik analizine göre, özellikle grabenin orta ve doğu bölümünde meydana gelen yoğun sismik aktivite, graben kenar faylarının güncel aktivitesi için en önemli kanıtlardır. YFZ tavan bloğunda 09.02.2021 tarihinde meydana gelen depremlerin (Mw: 4,5 ve 4,2) odak mekanizma çözümleri ve deprem parametreleri (KOERİ, 2024),

bu depremlerin YFZ'na ait Cebrail segmentinden kaynaklanmış olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 18). Depremler fay yüzeyinden yaklaşık 9,5 km güneydoğuda ve 13-14 km derinliklerde meydana gelmiştir. 1) Odak mekanizma çözümüne göre 5 numaralı depremin K39°D doğrultulu ve 49° eğime sahip bir kayma düzleminde meydana geldiği 2) Cebrail Fay düzleminin yüzeyde ölçülen 65°'lik eğim açısı ve eğimin güneydoğuya doğru olduğu düşünüldüğünde, çizilen enine kesitte bu depremin Cebrail Segmentinin üzerinde meydana geldiği görülmektedir (Şekil 18). Fay düzleminin yüzeyde daha yüksek açılı, iç merkezde ise daha düşük açılı olması fayın listrik geometrisine işaret etmektedir.

Sonuç olarak, elde edilen tüm bu veriler, Afyon Akşehir Grabeni kuzeyindeki KD-GB uzanımlı bu fayların

- 1) Miyosen'den beri en az iki farklı harekete sahip reaktif faylar olduğuna, önceki doğrultu atımlı karakterin Batı Anadolu'da Pliyo-Kuvaterner'de etkin olan genişlemeli tektonik rejim etkisinde, eğim/oblik atımlı normal fay karakterinde reaktif olduğuna,
- 2) Bölgedeki ana graben fayı niteliğindeki Sultandağı Fayı'nın tavan bloğundaki çapraz alt graben bloklarını sınırlayan enine faylar olduğuna,
- 3) bölgesel genişleme yönüne paralel/yarı-paralel uzanımına sahip olduklarına,
- 4) Graben içerisinde çok yönlü genişleme (multi-directional extension) kuvvetleri etkisi altında geliştiklerini göstermektedir.

EXTENDED SUMMARY

The Yunak Fault Zone is located in the northeastern part of the Afyon Akşehir Graben, one of the seismically active depression areas in Western Anatolia. During field studies in the region, four segments within the Yunak Fault were mapped

for the first time at 1:25.000 scale. These were named the Cebrail, Üçkuyu, İncirli, and Ayrıtepe Segments. Their geometric, kinematic, active tectonics and seismotectonic characteristics were analyzed for the first time in this study.

Field-based findings indicate the presence of normal faults oriented NW-SE, E-W, and NE-SW, with lengths ranging from 3 km to 18 km and widths from 300 m to 4 km. According to empirical relationships between segment length and maximum earthquake magnitude provided by Wells and Coppersmith (1994) and Pavlides and Caputo (2004), they could generate earthquakes with moment magnitudes ranging from 5.6 to 6.7 (Table 2).

Paleostress analyses revealed that the faults in the region formed under pure strike-slip faulting associated with a general N-S extensional and E-W compressional tectonic regime before the Quaternary. During the Plio-Quaternary period, these faults were reactivated as dip/oblique-slip normal faults within a multi-directional extensional tectonic regime in E-W, NW-SE, and NE-SW directions under the influence of extensional tectonism.

Geological mapping and kinematic analysis studies indicate that normal movements of the NE-SW trending and SE-dipping Yunak Fault Zone and the approximately N-S trending and west-dipping Mevlütlü Fault Zone, located in the northeastern part of the Afyon Akşehir Graben, caused the formation of a NE-SW trending graben block between them. This tectonic block, identified and named for the first time in this study as the Akşehir Sub-Graben, exhibits characteristics of a cross-graben in the hanging wall block of the Sultandağı master fault.

All these data demonstrate that the NW-SE trending faults mapped in the northern part of the Afyon Akşehir Graben were reactivated as dip/oblique-slip normal faults under the extensional tectonic regime in Western Anatolia during the


Plio-Quaternary period. These faults, which control the cross-sub-graben blocks within the hanging wall block of the Sultandağı master fault, are influenced by a multi-directional extension stress field in the region.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürüttüğü Yüksek Lisans tezi kapsamında oluşturulmuştur; Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon (AKÜ BAPK) Birimi tarafından 22.FEN.BİL.06 numaralı proje ile desteklenmiştir. Yapılan bu çalışma aynı zamanda, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 121Y021 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız. Yazarlar, makaleye yapıcı katkı sağlayan Halil GÜRSOY'a (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi), Erman ÖZSAYIN'a (Hacettepe Üniversitesi) ve ismini açıklamayan diğer hakeme teşekkürü bir borç bilir.

ORCID

Doğukan Mert Özcan  <https://orcid.org/0000-0002-2693-0789>

Çağlar Özkaymak  <https://orcid.org/0000-0002-0377-1324>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Açıkalın, S. (2005). *Sedimentary evolution of the Karacasu cross-graben (Aydın, West Anatolia)*, [MSc]. Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey (in Turkish with English abstract).
- Açıkalın, S. & Ocakoğlu, F. (2006). Karacasu çapraz grabeni (Bati Anadolu) Pliyo-Kuvaterner çökellerinin sedimantolojisi. In *59th Turkish Geological Congress of Turkey, Abstracts* (pp. 68-69). Ankara, Turkey.
- AFAD (2024). *Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi, 2024*. <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Default.aspx>, 2024
- Alçıçek, H. (2010). Stratigraphic correlation of the Neogene basins in southwestern Anatolia: regional palaeogeographical, palaeoclimatic and tectonic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(3-4), 297-318. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.03.002>
- Alçıçek, M. C. (2015). Comment on “The Fethiye-Burdur Fault Zone: A component of upper plate extension of the subduction transform edge propagator fault linking Hellenic and Cyprus Arcs, Eastern Mediterranean. *Tectonophysics* 635, 80-99” by J. Hall, A.E. Aksu, İ. Elitez, C. Yaltrak, G. Çiftçi, *Tectonophysics*, 664, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.01.025>
- Alçıçek, M. C., Kazancı, N. & Özkul, M. (2005). Multiple rifting pulses and sedimentation pattern in the Çameli Basin, southwestern Anatolia, Turkey. *Sedimentary Geology*, 173(1-4), 409-431. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2003.12.012>
- Altunel, E., Barka, A. & Akyüz, S. (1999). Palaeoseismicity of the Dinar fault, SW Turkey. *Terra Nova*, 11(6), 297-302.
- Akyüz, S., Uçarkuş, G., Şatır, D., Dikbaş, A. ve Kozacı, Ö. (2006). 3 Şubat 2002 Çay depreminde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde palaeosismolojik araştırmalar. *Yerbilimleri*, 27(1), 41-52.
- Ambraseys, N. N. (1988). Engineering Seismology. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 17, 1-105.
- Ambraseys, N. (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. New York, United States of America: Cambridge University Press.
- Ambraseys, N.N. & Jackson, J. A. (1998). Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 133, 390-406.
- Angelier, J. (1984). Tectonic Analysis of Fault Slip Data Sets. *Journal of Geophysical Research*, 80, 5835-48.
- Angelier, J. (1991). Inversion of Field Data in Fault Tectonics to Obtain Regional Stress III: A New Rapid Direct Inversion Method by Analytical Means. *Geophysical Journal International*, 103, 363-76.
- Angelier, J. (1994). *Fault Slip Analysis and Paleostress Reconstruction*, In P.L. Hancock, (Ed), *Continental Deformation* (p.: 53-100). Pergamon Press, Oxford.

- Angelier, J., Dumont, J. F., Karamanderesi, H., Poisson, A., Şimşek, Ş., & Uysal, Ş. (1981). Analyses of fault mechanisms and expansion of southwestern Anatolia since the late Miocene. *Tectonophysics*, 75(3-4), T1-T9.
- Arnold, R. & Townend J. (2007). A Bayesian approach to estimating tectonic stress from seismological data. *Geophysical Journal International*, 170, 1336–1356. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2007.03485.x>
- Arpat, E., & Bingöl, E. (1969). Ege Bölgesi graben sisteminin gelişimi üzerine düşünceler. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (MTA Dergi)*, 73, 1-9. https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20151009144032_774_2274f3b5.pdf
- Atalay, (1975). Quaternary deposits and the geomorphology of Akşehir, Eber and Karamuk basins. *50th Anniversary of Turkish Rep. Cong. of Earth Science. Puby by Mineral Res. and Explatation Inst.*, 335-365.
- Aydar, E., Bayhan, H. & Gourgaud, A. (2003). The lamprophyres of Afyon stratovolcano, western Anatolia, Turkey: description and genesis. *Comptes Rendus Geoscience*, 335(3), 279-288.
- Barka, A. A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. & Şengör, A. M. C. (1995). The Isparta Angle: Its importance in the Neotectonics of the Eastern Mediterranean Region. *IESCA Proceedings*, 1, 3-18.
- Blumenthal, M., (1963). Le systeme structural du Taurus sud-Anatolien. In *Livre a memoire du Proffesseur P. Fallot. Memoire de la Societe Geologique de France*, 2, 611-662.
- Bonilla, M. G. (1988). Minimum earthquake magnitude associated with coseismic surface faulting. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists (Environmental & Engineering Geoscience)*, 25(1), 17–29. <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.xxv.1.17>
- Bonilla, M. G., Mark, R. K. & Lienkaemper, J. J. (1984). Statistical relations among earthquake magnitude, surface rupture length, and surface fault displacement: *Seismological Society of America Bulletin*, 74(6), 2379 - 2411.
- Boray, A., Şaroğlu, F. ve Emre, Ö. (1985). Isparta büklümünün kuzey kesiminde Doğu-Batı daralma için bazı veriler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 23, 9-20. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/eb13cb69b6e20dd_ek.pdf
- Bozkurt, E. & Mittweide, S. K. (2005). Introduction: Evolution of continental extensional tectonics of western Turkey. *Geodinamica Acta*, 18(3-4), 153-165.
- Bozkurt, E. & Rojay, B. (2005). Episodic, two-stage Neogene extension and short-term intervening compression in western Anatolia: field evidence from the Kiraz basin and Bozdağ horst. *Geodinamica Acta*, 18(3-4), 295-312.
- Bozkurt, E. & Sözbilir, H. (2006). Evolution of the large-scale active Manisa Fault, Southwest Turkey: implications on fault development and regional tectonics. *Geodinamica Acta*, 19(6), 427-453.
- Champenois, J. Baize, S., Vallee, M., Jomard, H., Alvarado, A., Espin, P., Ekström, G. & Audin, L. (2017). Evidences of Surface Rupture Associated With a Low-Magnitude (M_w 5.0) Shallow Earthquake in the Ecuadorian Andes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(10), 8446–8458. <https://doi.org/10.1002/2017JB013928>
- Çevikbaş, A., Ercan, T. ve Metin, S. (1988). Geology and Regional Distribution of Neogene Volcanics Between Afyon-Şuhut. *Journal of Pure and Applied Sciences, METU*, 21(1-3), 479–499.
- Duman, T. Y. & Emre, Ö. (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. *Geological Society, London, Special Publications*, 372(1), 495-529. <https://doi.org/10.1144/SP372.14>
- Duman, T. Y., Çan, T., Emre, Ö., Kadirioglu, F. T., Baştürk, NB., Kılıç, T., Arslan, S., Özalp, S., Kartal, R. F., Kalafat, D., Karakaya, F., Azak T. E., Özel, N. M. Ergintav, S., Akkar, S., Altınok, Y., Tekin, S., Cingöz, A. & Kurt, A. İ. (2018). Seismotectonics Database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3277–3316. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-9965-9>
- Elitez, İ. & Yaltrak, C. (2016). Miocene to Quaternary tectonostratigraphic evolution of the middle section of the Burdur-Fethiye Shear Zone, southwestern Turkey: Implications for the wide inter-plate shear zones. *Tectonophysics*, 690(Part B), 336-354. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.10.003>
- EMSC (2024). *European-Mediterranean Seismological Centre*. <http://www.emsc-csem.org>, Erişim Tarihi: 9 Eylül 2024.

- Emre, O., Duman, T. Y., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F. & Kuşçu, I. (2003). Surface faulting associated with the Sultandagi earthquake (Mw 6.5) of 3 February 2002, Southwestern Turkey. *Seismological Research Letters*, 74(4), 382-392.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Olgun, Ş., Elmacı, H. (2011). 1:250.000 Scale Active Fault Map Series of Turkey, Afyon (NJ 36-5) Quadrangle, Serial number: 16. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Olgun, Ş., Elmacı, H., & Özalp, S. (2012). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi. Antakya (NJ 37-13) Paftası Serisi: 39. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T. (2018). Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3229–3275. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0041-2>
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. (1967). A catalogue of earthquakes for Turkey and surrounding area (11AD to 1964AD). *İstanbul Technical University, Publications*, no. 24, 189.
- Demirtaş, R., İravul, Y., ve Yaman M. (2002). 3 Şubat 2002 Eber ve Çay depremleri ön raporu. *Jeoloji Mühendisliği Haber Bülteni*, 1-2, 58-63.
- Dumont, J. F., Uysal, Ş., Şimşek, Ş., Karamenderesi, İ. H. ve Letouzey, J., (1979). Güneybatı Anadolu'daki grabenlerin oluşumu. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 92, 7-17.
- Geçievi, M O., Özkaymak, Ç. & Sözbilir, H. (2019). Evidence for Reactivated Cross-Fault and Normal Fault Linkage in Extensional Tectonic Settings: An Example From Büyük Karabağ Fault, Afyon Akşehir Graben. 72. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s. 156-157). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf
- Gephart, J. W. & D. W. Forsyth (1984). An improved method for determining the regional stress Sensör using earthquake focal mechanism data: application to the San Fernando earthquake sequence. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 89, 9305-9320. <https://doi.org/10.1029/JB089iB11p09305>
- Gürboğa, Ş. D., Koçyiğit, A. & Ruffet, G. (2013). Episodic two-stage extensional evolutionary model for southwestern Anatolian graben–horst system: new field data from the Erdoğan–Yenigediz graben (Kütahya). *Journal of Geodynamics*, 65, 176-198.
- Gürbüz, A., Boyraz, S. & Ismael, M. T. (2012). Plio-Quaternary development of the Baklan–Dinar graben: implications for cross-graben formation in SW Turkey. *International Geology Review*, 54(1), 33-50.
- Hardcastle, KC., Hills, LS. (1991). BRUTE3 and SELECT: Quick Basic 4 Programmes for Determination of Stress Tensor Configurations and Separation of Heterogenous Populations of Fault Slip Data. *Computer Geoscience*, 17, 23–43.
- Kalafat, D. & Görgün, E. (2017). An example of triggered earthquakes in western Turkey: 2000–2015 Afyon-Akşehir Graben earthquake sequences. *Journal of Asian Earth Sciences*, 146, 103-113.
- Kaymakçı, N., Cornelis L., Özkaptan, M., Özacar, A., Gülyüz, E., Uzel, B., Sözbilir, H. (2017). Fethiye-Burdur Fault Zone (SW Turkey): a myth?. *19th EGU General Assembly*, 23-28 April, 2017, Vienna, Austria, p. 5443.
- Kibici, Y., Dinç, D., Uçar, A. (2012). Afyonkarahisar Yöresi Volkanik Kayaçlarının Mineralojik ve Petrografik Özellikleri. *Dumlupınar Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29, 53–70.
- Kocafe, S., & Ataman, G. (1976). Anadolu'da sismotektonik olaylar-I, Antalya-Fethiye-Denizli üçgeni içinde yeralan bölgenin incelenmesi. *Yerbilimleri*, 11, 55–70
- Koçyiğit, A. (1983). Hoyran gölü (Isparta bükümü) dolayının tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26(1), 1-10. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/134f7cebfbdb21fe_ek.pdf
- Koçyiğit, A. (1984). Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27(1), 1–15. https://jmo.org.tr/resimler/ekler/84b98aac2ddd59_ek.pdf
- Koçyiğit, A. (1985). Muratbağı–Balabantaş (Horasan) arasında Çobandede fay kuşağının jeo-tektonik özellikleri ve Horasan-Narman depremi yüzey kırıkları. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi*, 2, 17-33.
- Koçyigit, A. (1987). Hasanoğlan (Ankara) yöresinin tektono-stratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının

- evrimi (Tectono-stratigraphy of the Hasanoğlan region: Evolution of the Karakaya Orogeny). *Hacettepe University Earth Sciences Special Publication*, 14, 269-293.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. & Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. *Journal of Geological Society of London*, 56(3), 605-616. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.156.3.0605>
- Koçyiğit, A., Ünay, E. & Saraç, G. (2000). Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 173(1), 405-421.
- Koçyiğit, A. & Özacar, A. (2003). Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of Outer Isparta Angle, SW Turkey: New Field and Seismic Data. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12: 67-90.
- Koçyiğit, A. & Devci, Ş. (2007). A NS-trending active extensional structure, the Şuhut (Afyon) graben: commencement age of the extensional neotectonic period in the Isparta Angle, SW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16(4), 391-416.
- Kaya, O., (1979). Orta Doğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni (Türkiye Jeoloji Bülteni)*, 22(1), 35-58. https://jmo.org.tr/resimler/ekler/96a754649af389e_ek.pdf
- Kaya, O., Ünay, E., Saraç, G., Eichhorn, S., Hassenrück, S., Knappe, A., ... & Mayda, S. (2004). Halitpaşa transpressive zone: implications for an Early Pliocene compressional phase in central western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13(1), 1-13.
- Kaya, O., Ünay, E., Göktaş, F. & Saraç, G., (2007). Early Miocene stratigraphy of central west Anatolia, Turkey: implications for the tectonic evolution of the eastern Aegean area. *Geological Journal*, 42, 85-109.
- KOERI (2024). Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Recent Earthquakes in Turkey [online]. Website <http://www.koeri.boun.edu.tr/scripts/1st5.asp> (Erişim Tarihi: 09.10.2024).
- McCalpin, J-P. (2009). *Paleoseismology, 2nd Edition*. Intern. Geophys. Ser., Academic Press, London, 613 pp.
- McKenzie, D. (1969). The relation between fault plane solutions for earthquakes and the directions of the principal stresses. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 59(2), 591-601. <https://doi.org/10.1785/BSSA0590020591>
- McKenzie, D. (1978). Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary science letters*, 40(1), 25-32.
- Michetti, A. M., Ferrel, L., Esposito, E., Porfido, S., Blumetti, A. M., Vittori, E., ... & Roberts, G. P. (2000). Ground effects during the 9 September 1998, Mw= 5.6 Lauria earthquake and the seismic potential of the "aseismic" Pollino region in southern Italy. *Seismological Research Letters*, 71(1), 31-46.
- Özer, N. (2006). New information on earthquake history of the Akşehir-Afyon Graben System, Turkey, since the second half of 18th century. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6(6), 1017-1023.
- Özkaymak, Ç. (2015). Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications. *Geodinamica Acta*, 27(2-3), 110-129.
- Özkaymak, Ç. & Sözbilir, H. (2008). Stratigraphic and structural evidence for fault reactivation: the active Manisa fault zone, western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(3), 615-635.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. & Uzel, B. (2013). Neogene-Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the İzmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. *Journal of Geodynamics*, 65, 117-135.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Tiryakioğlu, İ. & Baybura, T. (2017). Geologic, Geomorphologic and Geodetic Analyses of Surface Deformations Observed in Bolvadin (Afyon-Akşehir Graben, Afyon). *Geological Bulletin of Turkey (Türkiye Jeoloji Bülteni)*, 60(2), 169-188. <https://doi.org/10.25288/tjb.302914>
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Geçivi, M. O. & Tiryakioğlu, İ. (2019). Late Holocene coseismic rupture and aseismic creep on the Bolvadin Fault, Afyon Akşehir Graben, Western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Science*, 28(6), 787-804. <https://doi.org/10.3906/yer-1906-13>
- Özkaymak, Ç. & Sözbilir, H. (2020). Structural Evidence for Extensional Domain-Type Geothermal Play

- in Western Anatolia: A Case Study from Afyon-Akşehir Graben. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20, 693-702. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.704433>
- Özkaptan, M., Kaymakçı, N., Langereis, C. G., Gülyüz, E., Özacar, A. A., Uzel, B. & Sözbilir, H. (2018). Age and kinematics of the Burdur Basin: Inferences for the existence of the Fethiye Burdur Fault Zone in SW Anatolia (Turkey). *Tectonophysics*, 744, 256-274. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.07.009>
- Özsayın, E., Dirik, K., Ocakoğlu, F., Cartigny, S. A., & Selçuk, A. S. (2023). Tectonic geomorphology of Bozdoğan and Karacasu grabens, western Anatolia. *Geologica Acta*, 21, 1-14. <https://doi.org/10.1344/GeologicaActa2023.21.1>
- Pavlidis, S. & Caputo, R. (2004). Magnitude Versus Faults' Surface Parameters: Quantitative Relationships from the Aegean. *Tectonophysics*, 380, 159-188.
- Price, S. P. & Scott, B. (1994). Fault-block rotations at the edge of a zone of continental extension; southwest Turkey. *Journal of Structural Geology*, 16(3), 381-392.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. ve Altınok, Y. (1981). *Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (2100 B.C.-1900 A.D.)* (Rapor no: TBAG-341) TÜBİTAK.
- Sümer, Ö., Karagöz, O. ve Alak, A. (2018). Fay Parametreleri ve Deprem Büyüklüğü Arasındaki İlişkiler İçin Yeni Bir Program: FaultStat. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, Makale: 015803, 1089-1101. <https://doi.org/10.35414/10.5578/fmbd.67650>
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A. (1987). *Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri*. Maden Tatki ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu.
- Şengör, A. M. C. (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 28, 575 - 589.
- Tan, O. (2021). A homogeneous earthquake catalogue for Turkey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(7), 2059-2073.
- Tan, O., Tapirdamaz, M. C. & Yörük, A. (2008). The earthquake catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 405-418.
- Tiryakioğlu, İ., Baybura, T., Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Sandıkçioğlu, A., Erdoğan, S., Yılmaz, İ., Uysal, M., Yılmaz, M., Yıldız, A., Dereli, M., Yalçın, M., Dumlupınar, İ., Yalım, H.A. ve Ertuğrul, O. (2015). Sultandağı Fayı Batı Kısmı Fay Aktivitelerinin Multidisipliner Çalışmalarla Belirlenmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 7-16.
- Tiryakioğlu, İ., Özkaymak, Ç., Baybura, T., Sözbilir, H., Uysal, M. (2018). Comparison of Palaeostress Analysis, Geodetic Strain Rates and Seismic Data in the Western Part of The Sultandağı Fault in Turkey. *Annals of Geophysics*, 61(3), Article GD335. <https://doi.org/10.4401/ag-7591>
- Tocher, D. (1958). Earthquake energy and ground breakage. *Seismological Society of America Bulletin*, 48(2), 147-153.
- Uzel, B., & Sözbilir, H. (2008). A first record of a strike-slip basin in western Anatolia and its tectonic implication: the Cumaovası Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(3), 559-591.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, S. & Elmas, A. (2000). When Did the Western Anatolian Grabens Begin to Develop?. *Journal of the Geological Society of London*, s. 173(1), 353-384. <http://dx.doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.173.01.17>
- Yilmaztürk, A., & Burton, P. W. (1999). An evaluation of seismic hazard parameters in southern Turkey. *Journal of Seismology*, 3, 61-81.
- Yürür, T., Köse, O., Demirbağ, H., Özkaymak, Ç. & Selçuk, L. (2003). Could the coseismic fractures of a lake ice reflect the earthquake mechanism? (Afyon earthquakes of 2 March 2002, Central Anatolia, Turkey). *Geodinamica Acta*, 16, 83-87.
- Wells, D. L. & Coppersmith, K. J. (1994). New Empirical Relationship among Magnitude, Rupture Length, Rupture width, Rupture Area, and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(4), 974-1002.



Paleobiyolojik Jeosit Kavramı: Doğu Karadeniz'in K/Pg Jeositlerinde Referans Bir Çalışma, KD Türkiye
Paleobiological Geosite Concept: A Reference Study of K/Pg Geosites in the Eastern Black Sea, NE Türkiye

Fatih Köroğlu^{1,2}

¹ *Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, 06100, Ankara, Türkiye*
² *Tekfen Mühendislik, Tekfen Kule No: 209/1, 34394, Şişli/İstanbul, Türkiye*

• Geliş/Received: 19.10.2024 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 27.11.2024 • Kabul/Accepted: 17.12.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 10.01.2024 • Baskı/Printed: 31.01.2025

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Doğu Karadeniz (KD Türkiye); jeolojisi, tarihi ve doğal değerleri bakımından önemli bir bölgedir. Bölgenin jeolojik geçmişi; Paleozoyik, Mezozoyik ve Senozoyik dönemleri içermektedir. Paleobiyolojik olarak Dünya'nın oluşumundan günümüze değin beş büyük yok oluş yaşandığı bilinmektedir. Günümüzden 66 milyon yıl önce gerçekleşen Kretase-Paleojen geçişi/yok oluşu üzerine yapılan çalışmalarda (başlıca; platin grubu element anomalileri, Mg/Ca oranları, Sr izotopları, duraylı C-O izotop değerleri ve biyostratigrafi) K/Pg sınır/geçiş işaretleri ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Özellikle, Mezozoyik-Senozoyik stratigrafisi Doğu Karadeniz'de yer almakta olup magmatik ve volkanik kayalara göre daha az olan tortul kayalar da mostra vermektedir. K/Pg yaşlı neritik ve pelajik ardalanmalar doğu-batı ekseninde Karadeniz boyunca yayılım göstermektedir. Bu çökellerdeki K/Pg geçişi; Ordu'da neritik-neritik, Trabzon'da pelajik-pelajik ve neritik-neritik, Artvin'de ise pelajik-pelajik ve neritik-neritik olarak belirtilmektedir. Bu geçişler, foraminifer biyostratigrafisine dayalı olarak Geç Kretase'de bentik *Orbitoides-Lepidorbitoides* ve planktik *G. gansseri-A. mayaroensis* ile Paleojen'de bentik SBZ (*Shallow Benthic Zones*) 1-3 ve planktik P0-P5 biyozonlarına göre belirlenmiştir. Özellikle, Ordu bölgesinin neritik çökellerindeki K/Pg geçişinde/sınırında; *Orduina erki* n. gen. n. sp. (Sirel, 1969), *Laffiteina erki* (Sirel, 1994), *Orduella sphaerica* n. gen. n. sp. (Sirel, 1999), *Selimina spinalis* n. gen. n. sp. (İnan, 1996), *Sirelina orduensis* n. gen. n. sp. (Meriç ve İnan, 1998) ve *Coccarota orali* n. sp. (İnan, 2003) olmak üzere yeni cins ve türler tanımlanmıştır. Bu yayımda; Ordu, Trabzon ve Artvin yörelerinde yüzeyleyen K/Pg geçişinin saptandığı tip kesit noktaları ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla bu tortul birimler bölgenin biyostratigrafisinin oluşturulmasına ışık tutmaktadır. Bu çalışmada sunulan biyostratigrafik veriler ışığında; Kretase ve Paleojen dönemleri arasındaki geçiş kayıtlarını içeren, bu üç bölgedeki istiflerin hem Türkiye hem de Dünya için önemli paleobiyolojik jeositler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Karadeniz, K/Pg geçişi, Paleobiyoloji, Paleobiyolojik jeosit.

Abstract: The Eastern Black Sea region (NE Türkiye) has important geological, historical, and natural value. The geological setting of the region includes the Paleozoic, Mesozoic, and Cenozoic periods. From a palaeobiological point of view, there have been five major extinction events since the formation of the Earth. Studies of the Cretaceous/Paleogene transition/extinction 66 million years ago (mainly platinum group element anomalies, Mg/Ca ratios, Sr isotopes, C-O stable isotopes, and biostratigraphy) have identified the K/Pg boundary/transition markers in detail. In particular, the Eastern Black Sea region has a large Mesozoic-Cenozoic stratigraphic mass. Sedimentary rocks, which are fewer than the igneous and volcanic rocks, also outcrop in the region. These sedimentary rocks, therefore, provide insights into the biostratigraphy of the region. K/Pg-aged neritic and pelagic sequences are distributed along

the Black Sea on an east-west axis. The K/Pg transition in the sequences is indicated to be neritic-neritic at Ordu, pelagic-pelagic and neritic-neritic at Trabzon, and pelagic-pelagic and neritic-neritic at Artvin. These transitions were identified from foraminiferal biostratigraphy according to benthic *Orbitoides-Lepidorbitoides* and planktic *G. gansseri-A. mayaroensis* in the Late Cretaceous and benthic Shallow Benthic Zone (SBZ) 1-3 and planktic P0-P5 biozones in the Paleogene. Especially in the K/Pg transition/boundary in neritic sediments in the Ordu region; *Orduina erki* gen. n. sp. (Sirel, 1969), *Laffiteina erki* (Sirel, 1994), *Orduella sphaerica* n. gen. n. sp. (Sirel, 1999), *Selimina spinalis* n. gen. n. sp. (İnan, 1996), *Sirelina orduensis* n. gen. n. sp. (Meriç and İnan, 1998), and *Cocoarota orali* n. sp. (İnan, 2003) were identified as new genus and species. In this distribution, K/Pg outcrop sections occur in Ordu, Trabzon, and Artvin. Based on the biostratigraphic data, it was determined that the successions in these three regions, which contain the transition between the Cretaceous and the Paleogene, are important palaeobiological geosites for both Türkiye and the world.

Keywords: Eastern Black Sea, K/Pg transition, Palaeobiology, Palaeobiological geosite.

GİRİŞ

Yerkürenin jeolojik çeşitliliği, 20. yüzyıldan bu yana çok disiplinli çalışmalarda başta jeositler olmak üzere; jeokoruma, jeoçeşitlilik, jeomiras, jeoturizm ve jeopark kavramlarının birbirleriyle sıkı sıkıya ilişkili olduğunu göstermektedir (Theodossiou-Drandaki vd., 2004; Brilha vd., 2005; Dowling ve Newsome, 2005; Hose, 2005; Ruban, 2010; Henriques vd., 2011, 2019; Kazancı, 2012; Wimbledon ve Smith-Meyers, 2012; Dowling, 2013; Brilha, 2016, 2018a, b; Escorihuela, 2018; Köroğlu ve Mülâyim, 2023; Mülâyim vd., 2024; Köroğlu, 2024a, b). Jeositin genel tanımı: İstisnai olarak değerini kaybetme tehdidi altında olan bir alanla ilgili bilgilerin yok olmasıyla tüm jeolojik kayıtların da kaybolacağı bir arşivi işaret etmektedir (Wimbledon, 1996; Kazancı, 2010). Jeosit terimi sadece ölçek veya boyuta bağlı değildir. Bir bölgedeki; kayaçlar, yeryüzü şekilleri ve diğer öğeler gibi tüm jeoçeşitlilik varlıklarını/kavramlarını da içerebilir. Jeosit terimi; ayrık noktalar ve tanımlanmış bölgeler içinde kapsamlı bir tanımlama olarak kullanılmaktadır (Serrano ve Ruis-Flano, 2007). Özetle, jeositler; benzersizlikleri nedeniyle bölgesel veya küresel düzeyde büyük jeolojik öneme sahip yerler olarak nitelendirilir (Mikhailenko vd., 2021).

ProGeo (*The European Association for the Conservation of the Geological Heritage*), jeosit sınıflamasını, yerbilimlerinin tüm alanlarını

kapsayan on farklı kategori veya grup altında toplamıştır (detaylar için bakınız: ProGeo, 1998; Kazancı vd., 2015; Çiftçi ve Güngör, 2016). İlk sınıflamadan sonra, Prosser vd. (2006) tarafından jeositler; (1) “açıkta veya geniş alanlar/*exposure or extensive sites*”, (2) “bütünlük alanları/*integrity sites*” ve (3) “sınırlı alanlar/*finite sites*” olarak üç ana grup içinde sınıflandırılmıştır. Ruban ve Kuo (2010)’nun daha geniş ve çeşitlilikler sunan, 24 tür jeosit ayrımını (stratigrafik, tortul, paleontolojik vd.) içeren bir sınıflaması da mevcuttur. Türkiye’nin jeosit sınıflaması için Kazancı vd. (2015), “Türkiye Jeositleri Çatı Listesi” içinde “85 adet başlık (çatı)” önermiş ve “Grup-a” ile “Grup-j” arasında bir sıralama yapmıştır. Zaman içinde değişen sıralama ölçütleri daha da özelleşmiş; Migoñ ve Pijet-Migoñ (2017), jeomirasın değerini artıran/takdir gören alanları “seyir noktası jeositleri/*viewpoint geosites*” adlı yeni bir kategori olarak belirlemiştir. Petrović vd. (2017) ve Kubalíková vd. (2020) ise kentsel alanlarda, jeomirasın kullanımı ile karakterize edilen “kentsel jeositler/*urban geosites*” terimini önermişlerdir. Bununla birlikte, Brilha (2018a) jeositleri; bilimsel, eğitsel ve jeoturistik/rekreasyonel kullanımlarına göre farklı bir sınıflama içinde değerlendirmiştir.

Jeosit kavramı ile beraber büyüyen ve yeni bir faaliyet olan jeokoruma; jeolojik, jeomorfolojik ve toprak özellikleri, süreçleri, alanları, örnekleri ilgili tanıtım ve farkındalık faaliyetlerini de içerecek

şekilde korumak ve geliştirmek için yapılan eylem olarak tanımlanmaktadır (Prosser vd., 2018). Bu nedenle, jeoçeşitlilik jeomirasın çeşitliliğini de kapsar ve jeosit türleri, tür benzerleri ve bunların sıralamaları ile ölçülebilir (ProGeo, 1998; Wang vd., 2015; Kazancı vd., 2015; Çiftçi ve Güngör, 2016; Brilha, 2018a). Beraberinde, jeomiras kavramı; jeomiras alanlarının korunması halinde jeolojik çeşitliliğin devam edeceği anlayışıyla, yalnızca yeryüzündeki jeolojik çeşitliliğin bileşenlerine atıfta bulunmaktadır (Dixon, 1996; Gray, 2004, 2008; Bruno vd., 2014). Ayrıca, bir jeomiras alanını; bilimsel, tarihi ve kültürel mirasa ilgi duyan ziyaretçiler ve diğer çalışmalar içinde erişilebilir bir yer olarak tanımlayan jeosit kavramı uluslararası alanda yüksek kabul görmektedir (ProGeo, 1998; Cleal vd., 1999; Todorov ve Wimbledon, 2004; Ruban, 2010; Wang vd., 2015; Kazancı vd., 2015; Brilha, 2016; Prosser vd., 2018; Pál ve Albert, 2021; Herrera-Franco vd., 2022; Özer ve Mülayim, 2022; Neto ve Henriques, 2023).

Jeosit envanterinin çok yönlü oluşturulmasının gerekliliğine karşın, metodolojik, yasal ve kültürel yaklaşım eksikliği hem Dünya hem de Türkiye’de bu alandaki bilimsel ve yasal gelişmeleri doğrudan etkilemektedir (Kazancı, 2010; Kazancı vd., 2015; Brilha, 2016; Köroğlu ve Mülayim, 2023; Cameron, 2024). Ek olarak, Türkiye’de dahil olmak üzere tüm Dünya’da jeositlerin tanıtım ve koruma süreçlerinin yönetilmesinde; hızlı ve etkin olmayan kamu bürokrasisinden dolayı, işlemler çok uzun zaman almaktadır (Kazancı vd., 2015; Brilha, 2016; Çetiner vd., 2018; Herrera-Franco vd., 2023).

Jeositlerin korunması ve tanıtılmasına yönelik kültürün yaygınlaştırılması için bir araç olarak jeoparkların küresel bir anlayış olduğu, 1991 yılındaki 1. Uluslararası Jeolojik Miras Konferansı/“*Ist International Conference on Geological Heritage in Digne*” (Fransa), Digne Deklarasyonu’nun sekizinci maddesinde belirtilmiştir: “İnsan ve Dünya, bizlerin ve

hükümetlerimizin yalnızca emanetçisi olduğumuz ortak bir mirası paylaşmaktadır/*Man and the Earth share a common heritage, of which we and our governments are but the custodians*” (URL 1; Patzak ve Eder 1998; Wang vd., 2015).

Küresel K/Pg Sınırları/Geçişleri ve Jeosit Alanları

El Kef (Tunus)’in batı kesimindeki Üst Kretase-Paleojen yaşlı birimlerin yer aldığı kesitler yoğunlukta olup bu kesit hatlarından Daniyen katının tabanı, yani Kretase-Paleojen (K/Pg) sınırı/geçışı için referans tip kesit yeri (Küresel Sınır Tabaka Kesitleri ve Noktası/*Global Boundary Stratotype Section and Points, GSSP*) olarak belirlenmiştir (Dalbiez, 1956; Donze, 1979; Keller, 1988a, b; Rocchia vd., 1992; Cowie vd., 1989; Molina vd., 2006; Ali vd., 2015; URL 2). K/Pg sınırı/geçışı olarak da adlandırılan Daniyen katının ‘GSSP’ tip kesiti, KB Tunus’ta El Kef’in 8 km batısındaki Oued Djerfane’de yer almakta ve 1991 yılında Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği (*IUGS*) tarafından da onaylanmıştır (Keller vd., 1995; Bensalem, 2002; Molina vd., 2006, 2009; Speijer vd., 2020; URL 2). Daniyen katının ‘GSSP’ tip kesiti dışındaki diğer kesitler; Bochil ve Mulato (Meksika), Zumaia ve Caravaca (İspanya), Bidart (Fransa), El Kef’in yakınındaki Ain Settara ve Ellès (Tunus) ve Mudurnu-Göynük (Türkiye) yer almaktadır (Açıkalm vd., 2015; Speijer vd., 2020). Alvarez vd. (1980) tarafından K/Pg sınırı/geçışı için sunulan ilksel jeokimyasal (başlıca Ir anomalisi) verilerden sonra, bu değişimin nedenleri, dünya dışı etki, birbirleriyle ilişkileri ve sonuçları birçok çalışmada tartışılmıştır (örneğin, Smit, 1999; Schulte vd., 2010; Keller vd., 2020). Molina vd. (2006)’nin Daniyen katı ‘GSSP’ bölümü için orijinal tanımdan bu yana yapılan diğer çalışmaları da özetlediği makalesi, Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği (*IUGS*)’nin temel referansı olarak kabul edilmiştir. Aynı zamanda, jeokimyasal ve mineralojik etki

kanıtları, özellikle; planktik foraminiferler, kalkerli nannofosiller ve dinokistlerin biyozonları da kullanılarak El Kef'teki K/Pg sınırı/geçışı ile ilişkilendirilebilir (Molina vd., 2009).

Jeolojik miras öğelerinin sınıflandırılması ve standartlarının belirlenmesi çalışmaları 1950'li yıllardan günümüze kadar artarak devam etmektedir. Devlet ve sivil girişimler olmak üzere hem yerel hem de küresel kurum ve kuruluşların katkıları ile 2000'li yıllardan sonra daha da görünür olan 'Jeolojik Miras' çalışmaları, 2020'den sonra daha kapsayıcı referans çalışmalar ile öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, Uluslararası Jeolojik Miras Komisyonu (*International Commission on Geoheritage, IUGS*)'nun "İlk 100 IUGS Jeolojik Miras Alanı/*The First 100 IUGS Geological Heritage Sites*" kitabı içinde yer alan (1) Alan 20 Gubbio (İtalya), (2) Alan 21 Seymour/Marambio Island (Antarktika), ve (3) Alan 22 Zumaia (İspanya) K/Pg stratigrafisinin en iyi belgelendiği jeolojik miras alanları olarak ilan edilmiştir (URL 3). Küresel olarak kabul görmüş K/Pg sınır/geçiş kesitlerini de içeren üç jeolojik miras alanına ait ayrıntılı bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

(1) Alan 020: Kretase-Paleojen Stratigrafik Kesiti, Bottaccione Gorge, Gubbio (İtalya)

Gubbio, bilinen en mükemmel Kretase-Paleojen pelajik kireçtaşı kesitlerinden biri olarak, K/Pg sınırındaki iridyum (Ir) anomalisinin de ilk kez tespit edildiği (Alvarez vd., 1980), K/Pg sınırı/geçışı da dahil olmak üzere Kretase ve Paleojen boyunca biyo-manyeto/stratigrafik çalışmalar için küresel referans olan bir kesittir (Coccioni ve Premoli Silva, 2015; Coccioni vd., 2016; Sinnesael vd., 2019; Montanari ve Coccioni, 2019; URL 3).

(2) Alan 021: Kretase-Paleojen Geçışı, Seymour/Marambio Island (Antarktika)

En yüksek enlem değerinde bulunan bu K/Pg sınırı/geçışı; Antarktika'daki en kapsamlı K/Pg sınırını/geçişini gösteren, en önemli küresel, en iyi durumdaki ve aynı zamanda da doğrulanmış tek

karasal alandır (Elliot vd., 1994; Francis ve Poole, 2002; Francis vd., 2006; URL 3).

(3) Alan 022: Kretase-Paleojen Stratigrafik Kesiti, Zumaia (İspanya)

Unesco Küresel Jeopark ağına dahil olan Zumaia (İspanya) bölgesi (URL 4), Kretase'den-Paleojen'e kadarki kritik aralıklar/kat sınırları boyunca iklim ve biyosfer evrimi hakkında kritik bilgiler sağlamıştır (URL 3). Bu sebeplerden dolayı, bölgeden elde edilen birleşik; biyo-, manyeto- ve siklo- /stratigrafik kayıtlar ile K/Pg kitlesel yok oluş ayrıntılarının anlaşılmasına yardımcı olmuştur (Gilbert vd., 2022). Burada, K/Pg sınırına/geçişine olan ilgi geniş çapta kabul görmekte ve İspanya Jeolojik Araştırmaları K/Pg sınırını/geçişini Küresel Jeositler Projesine dahil etmiştir (García-Cortés vd., 2001; Carcavilla vd., 2009). Ayrıca, *Basque Coast Geopark* (Avrupa Jeopark Ağı üyesi) yönetimi, Zumaia'daki K/Pg sınır/geçiş bölümünü en önemli ilgi çekici noktalardan biri olarak tanıtımına dahil etmiştir (Ward vd., 1991; Dinarès-Turell vd., 2014; Martínez-Martín ve Mariñoso, 2021; Gilaber vd., 2022; URL 4). Ayrıca, Caravaca bölgesindeki (GD İspanya) Kretase-Paleojen (K/Pg) sınır/geçiş kesiti; iktolojik ve jeokimyasal açıdan incelenmiş, burada da dünya dışı elementlerin (Ir anomalisi vb.) varlığı tespit edilmiştir (Rodríguez-Tovar ve Uchman, 2006; De Oca vd., 2013; Martín-Peinado ve Rodríguez-Tovar, 2016).

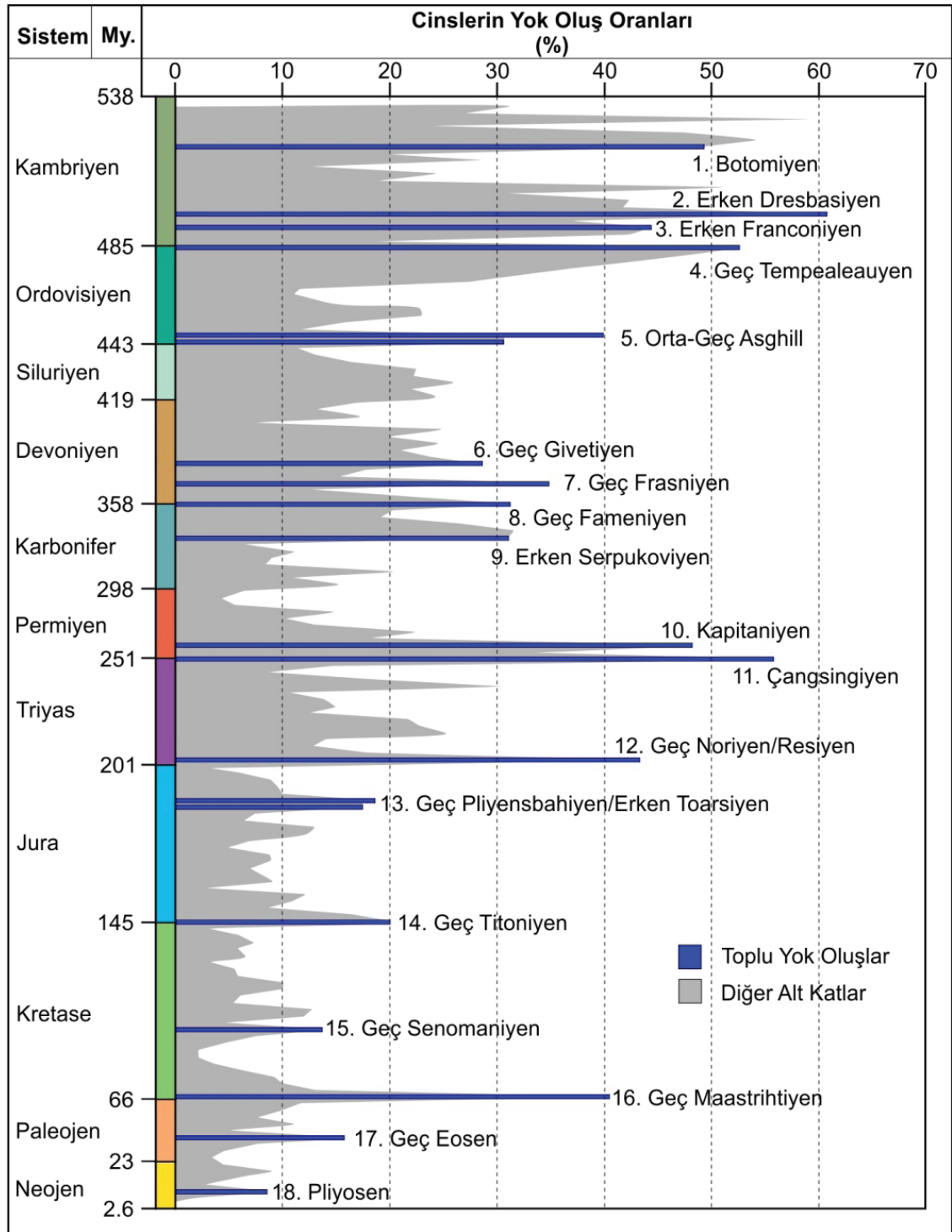
Uluslararası Jeolojik Miras Komisyonu'nun ilk ve ikinci 100 listesinde yer almayan, ancak K/Pg sınırının/geçişinin varlığı hem bilimsel hem 'Dünya Miras Alanı' hem de jeosit/jeopark potansiyeli olarak belirlenen farklı kıta ve ülkelerden alanlar literatürde mevcuttur. Örnek olarak, Danimarka Miras Ajansı, Stevens Klint'teki K/Pg sınır/geçiş kesitini 'Dünya Mirası Alanı' olarak sunmuş ve 2014 yılında da listeye eklenmiştir (Surlyk vd., 2006; Damholt ve Surlyk, 2012). Ayrıca, Machalski vd. (2019) tarafından tespit edilen K/Pg sınır/geçiş jeositi, Polonya'nın

Chełm yakınlarındaki Lechówka'da terk edilmiş bir taş ocağındaki kesit noktası, K/Pg sınır/geçiş aralığının eksiksiz bir kaydını temsil etmektedir (Racki vd., 2011; Machalski vd., 2016). Asya kıtasındaki örnek ise Hindistan'ın kuzeybatısında bulunan Barmer Havzası'ndaki Geç Kretase-erken Paleosen çökelleri, K/Pg sınırındaki katastropik olayların yaşamı aniden nasıl yok ettiğini gösteren ve ayrıca neden-sonuç ilişkisini de sergileyen bir jeosit örneği olarak gösterilir (Mathur vd., 2019a, b, 2023). KD Türkiye'de yer alan örnekte; Düzköy (Trabzon) yöresindeki Şahinkaya Üyesi'nin neritik kireçtaşlarının Çalköy kesitine Maastrichtiyen-Tanesiyen yaşı verilmiş (Kokmaz, 1993; İnan vd., 1999; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020) ve buradaki K/Pg sınırı/geçışı de bir jeosit olarak tanımlanmıştır (Köroğlu ve Kandemir, 2019). Son olarak, Ardanuç (Artvin) yöresindeki Ziyarettepe Formasyonu'nda tespit edilen K/Pg sınırı/geçışı (Özsayar vd., 1982; Kurt, 1998; Köroğlu, 2023), içerdiği sedimantolojik ve stratigrafik verilerden dolayı jeosit olarak tanımlanmıştır (Köroğlu, 2024a).

Bu çalışma, tüm jeosit sınıflamalarında "Stratigrafik/Stratigraphic" başlığı altında yer alan paleontolojik ve biyostratigrafik jeositlerin aslında tüm kronostratigrafik/biyostratigrafik verilerin de ana kaynağı olması nedeniyle, daha farklı bir sınıflama içerisinde değerlendirilmesi gerektiği üzerine kurgulanmıştır. Bu kapsamda, Doğu Karadeniz; Ordu (Meriç ve İnan, 1998; Sirel, 1998; İnan vd., 2005; Yıldız ve Gürel, 2005), Trabzon (Özkar ve Kırcı, 1997; İnan vd., 1999; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020) ve Artvin (Aksay ve Turhan, 1998; Kurt, 1998; Kandemir vd., 2019; Köroğlu, 2023) bölgelerinde yayılım gösteren Kretase-Paleojen yaşlı tortul birimlerde belirlenen K/Pg sınır/geçiş noktalarının yeni bir kavram olarak 'Paleobiyolojik Jeosit' başlığı altında sunulması amaçlanmıştır.

KİTLESEL YOK OLUŞLAR

Jeolojik Zaman Çizelgesi'nin (*Geologic Time Scale*) en önemli kronostratigrafik veri setlerini mikro-makro fosillerin evrimi ve biyostratigrafisi oluşturmaktadır (Gradstein vd., 2020; Esmeray-Senlet, 2020). Jeolojik dönemler; paleontoloji ve biyostratigrafi sayesinde yaşamsal gelişim evreleri ve dönüşüm noktalarına göre ayrılmaktadır (Bambach, 2006; Gradstein vd., 2020). Kambriyen (~538.8 My)'den günümüze kadar, küresel ölçekteki fosil kayıtlarda 18 adet toplu yok oluşun (Şekil 1) varlığı tespit edilmiştir (Bambach, 2006). 18 adet yok oluşun içinden 5 tanesi; Ordovisiyen sonu, Geç Devoniyen, Permiyen sonu, Triyas sonu ve Kretase sonu diğerlerinden etki büyüklüğü bakımından ayrılır (Bambach, 2006; Esmeray-Senlet, 2020). Ancak, büyük meteor etkisi ve eşlik eden volkanizmadan (başlıca *Deccan Traps*, büyük magmatik bölge) dolayı "kış etkisi, orman yangınları, kurum ve sülfür enjeksiyonu, küresel ısınma, toksik metal zehirlenmesi" sonucunda Kretase-Paleojen (K/Pg, 66 My), volkanizmadan (*Siberian Traps*, büyük magmatik bölge) dolayı "karbon döngüsünde bozulma, okyanus anoksik olayı, okyanus asitleşme, küresel ısınma, asit yağmuru, ozon tabakasında bozulma, zehirli metal zehirlenmesi" sonucunda da Permiyen-Triyas (P/T, 251,9 My) sistem geçişlerinde tüm canlı grupları çok şiddetli bir şekilde etkilemiştir (Bambach, 2006; Esmeray-Senlet, 2020). Canlı türlerinin %60-70 oranında çok kapsamlı yok oluşundan en fazla mikrofosil grubu foraminiferler ile makrofosil grupları; brakiyopodlar, süngerler, yumuşakçalar ve deniz sürüngenleri etkilenmiştir (Sepkoski, 1997; Bambach, 2006; Racki, 2020; Esmeray-Senlet, 2020). Kretase (66 My) ve Permiyen (~251,9 My) sistemlerinin sonundaki kitlesel yok oluşlar o kadar şiddetliydi ki, yeni gelişen türlerin hem morfolojisini hem de filogenetik ilişkilerini tamamen değiştirmiştir (Bambach, 2006; Esmeray-Senlet, 2020).



Şekil 1. 18 kitlesel yok oluş ve 165 farklı kattaki cinslerin yok olma oranları (Sepkoski, 1997; Bambach, 2006'dan değiştirilmiştir).

Figure 1. Eighteen mass extinctions and extinction rates of genera in 165 different stages (modified from Sepkoski, 1997; Bambach, 2006).

Fanerozoik'in 185 My dilimi olan Mezozoyik Zamanı içinde, özellikle K/Pg geçişindeki büyük meteor etkisi ve eşlik eden volkanizmaya bağlı gelişen "kış etkisi, orman yangınları, kurum ve sülfür enjeksiyonu, küresel ısınma, toksik metal zehirlenmesi" gibi olaylar (Esmeray-Senlet, 2020), günümüzden 66 My önce Kretase Sistemi'nin sonunda, canlı türlerinin büyük bir çoğunluğunu Dünya'dan yok etmiştir (Sepkoski, 1997; Armstrong ve Brasier, 2005; Bambach, 2006; Racki, 2020). Bundan dolayı, Jeolojik Zaman Çizelgesinde (*Geologic Time Scale*, 2020; Şekil 2) K/Pg sınırının/geçişinin 66 My önce olduğu belirtilmiştir (Gradstein vd., 2020). Ayrıca Kretase'nin sonunda, farklı hesap yöntem ve araştırma verileri kullanılan tahminlere göre geç Maastrihtiyen'de tüm cinslerin %40 ile %47 arasında bir oranı yeryüzünden silinmiştir (Bambach, 2006; Alroy, 2010; Keller, 2012; Racki, 2020).

Kretase-Paleojen (K/Pg) Sınırı

Fanerozoik Üst Zamanı boyunca yaşam ortamlarında 5 adet büyük yok oluş gerçekleşmiştir (Bambach, 2006; Gradstein vd., 2020; Esmeray-Senlet, 2020). Bu büyük yok oluş olaylarından günümüze en yakın olan K/Pg yok oluşu (66 My), sunduğu veri setleri bakımından diğerlerine göre daha ayrıntılı çalışılmıştır (Alvarez vd., 1980; MacLeod vd., 1997; Smit, 1999; Schulte vd., 2010; Gradstein vd., 2020). K/Pg yok oluşu veya sınırı; genel kullanımda Kretase Sistemi için 'K' kısaltması ile kullanılır. Uluslararası Stratigrafi Komisyonu tarafından 20. yüzyılın sonunda doğru Tersiyer (T) yerine Paleojen (Pg) ifadesi kullanılarak günümüzde 'K/Pg' şeklinde bir ifade benimsenmiştir. Hofman vd. (2000) tarafından Mezozoyik'in sonu ve/veya K/Pg sınırında/geçişinde; 'Deccan Traps' (Hindistan) volkanizması veya 'Chicxulub Crater' (Yucatan Yarımadası, Meksika) olarak bilinen göktaşı çarpması (Keller, 2012; Schulte vd., 2010), deniz seviyesi değişimleri (~ 50 ile 75 m arasında) ve

diğer çoklu faktörlerin etkisi ile meydana gelmiştir (Hallam ve Wignall, 1999; Schulte vd., 2010; Haq, 2014; Ray vd., 2019).

PALEOBİYOLOJİK JEOSİT

K/Pg sınırı/geçışı üzerine yapılan çalışmaların çoğunluğu; paleontoloji, biyostratigrafi, jeokimya ve paleobiyoloji verilerine dayalı analizler ile yapılmaktadır. Bu dört bilim dalının yöntemlerine göre elde edilen veriler ile K/Pg sınırının/geçişinin belirlenmesi standart bir uygulama haline dönüşmüştür (Schulte vd., 2010; Keller, 2012). Paleontoloji, yani geçmişteki yaşamın incelenmesi; bir olay yeri incelemesi veya bulunan ipuçları üzerinden gidilmesi sonucunda, paleontologlar bir zamanda bir yerde birlikte bulunan fosil fauna ve flora hakkında çıkarımlar yapabilir (Benton ve Harper, 2020). Stratigrafinin bir dalı olan biyostratigrafi; jeolojik kayıtlar içerisindeki fosillerin dağılımı, kayaç tabakalarının içerdikleri fosillerin keşfedildikleri kayacın stratigrafik seviyesinin ilişkilendirilmesi ve yaşlandırılmasında kullanılmaktadır (Murphy ve Salvador, 1999; Boggs, 2013). Jeokimya, kimyanın prensiplerini Dünya'nın ve diğer gezegenlerin bileşimini (kayaç, mineral, sıvı ve gazların), nasıl oluştuklarını ve zaman içinde nasıl evrimleştiklerini anlamak için kullanılır (Albarède, 2009). Paleobiyoloji ise, biyolojinin yöntemlerini paleontolojinin yöntem ve bulgularıyla birleştiren, büyüme ve nispeten yeni bir disiplindir (Weishampel ve Kerscher, 2013; Benton ve Harper, 2020). Bu disiplinlerarası birliktelik ile ortaya çıkan veriler, Dünya ve gezegenlerin tarihsel süreçlerindeki biyotik fazların abiyotik ortam ilişkilerini de ortaya çıkarmaktadır. Paleobiyoloji, aynı zamanda evrim teorisine dayalı kuralları olan bir bilim dalının temellerini (Jablonski, 2000) atmış olup modern paleobiyoloji de teknolojik gelişmelere bağlı olarak nicel yaklaşımlara dayanmaktadır (Hammer ve Harper, 2005).

SİSTEM SERİ	KAT	ZAMAN (MY)	GTS 2020 (PF)	Shallow Benthic Zones (SBZ) Serra-Kiel vd. (2020)	Foraminifer türlerinin biyostratigrafik menzilleri	Çökelme sekansları (Serra-Kiel vd. 2020)	İri Bentik Foraminifer Biyozonları																																																																																					
							Matsumaru (2016)	Hinte (1976)	Meriç ve Tansel (1987)	Görmüş (1992)	Özcan vd. (2021)																																																																																	
PALEOJEN PALEOSEN	Tanesiyen	Selandiyen	56	F	SBZ 4	G. levis, A. korresensis, H. lukasi, D. garumnensis, A. yvettae, A. azilensi, N. catari	SBZ 4	Th-2																																																																																				
														60	P	SBZ 3	G. primaeva, P. slovenica, V. anatolica, C. rajkae, F. alavensis, C. carniolica, M. yvettae, M. juliettae, M. primitivus, M. minutus, R. soldadensis, O. heberti, D. seunesi	SBZ 3	Se/Th-1																																																																									
																				61.60	P	SBZ 2	H. elongata, H. paleocenica, K. decastroi, R. conica, P. depressa, P. eos, E. dienii, O. moorkensii	SBZ 2	Da-2																																																																			
																										66	P	SBZ 1	L. bibensis, B. hanseni, V. patalaensis, ?S. binkhorsti ?P. antiqua	SBZ 1	Ma-Da																																																													
																																66	Maastritriyen	üst	P. hantkeninoides	A. mayaroensis	H. beotica 66.22▼ O. (gr.) apiculata O. macroporus S. calcitrapoides L. socialis L. bisambergensis O. macroporus	Ass. 4	O. apiculata	O. macroporus O. media	L. morgani O. macroporus O. apiculata O. media	O. apiculata L. socialis																																																		
																																											66	Maastritriyen	orta	P. hariaensis	C. contusa-R. fructicosa	O. (gr.) apiculata 70.80 L. minor 71.80▲	Ass. 3	O. gruenbachensis	S. calcitrapoides O. media	O. macroporus O. apiculata O. media	O. gruenbachensis L. socialis																																							
																																																						66	Maastritriyen	alt	R. fructicosa	G. gansseri	S. (gr.) calcitrapoides L. bisambergensis	Ass. 2	O. media O. tissoti	P. hamaoii	O. media	O. gruenbachensis L. socialis																												
																																																																	66	Kampaniyen	72.17	P. palbebra	G. gansseri	72.10	Ass. 1	O. media O. tissoti	P. hamaoii	O. media	O. gruenbachensis L. socialis																	
																																																																												66	Kampaniyen	73.20	G. aegyptiaca	75.38	Ass. 1	O. media O. tissoti	P. hamaoii	O. media	O. gruenbachensis L. socialis							
																																																																																						66	Kampaniyen	73.20	G. havanensis	76.74	Ass. 1	O. media O. tissoti
66	Kampaniyen	79.36	R. calcarata	A. grossouvrei	Ass. 1	O. media O. tissoti	P. hamaoii	O. media	O. gruenbachensis L. socialis																																																																																			
										66	Kampaniyen	79.36	C. plummerae	G. ventricosa	Ass. 1	O. media O. tissoti	P. hamaoii	O. media	O. gruenbachensis L. socialis																																																																									
																				66	Kampaniyen	82.95	G. elevata	Ass. 1	O. media O. tissoti																																																																			
																										66	Kampaniyen	84.90	D. asymetrica	Ass. 1	O. media O. tissoti																																																													

Şekil 2. K/Pg geçişinin foraminifer biyozonları (Hinte 1976; Meriç ve Tansel, 1987; Görmüş, 1992; Premoli-Silva ve Verga, 2004; Sarı, 2009; Matsumaru, 2016; Gradstein vd., 2020; Serra-Kiel vd., 2020; Özcan vd., 2021'den düzenlenmiştir).

Figure 2. Foraminiferal biozones of the K/Pg transition (modified from Hinte 1976; Meriç and Tansel, 1987; Görmüş, 1992; Premoli-Silva and Verga, 2004; Sarı, 2009; Matsumaru, 2016; Gradstein et al., 2020; Serra-Kiel et al., 2020; Özcan et al., 2021).

Çizelge 1. Türkiye'de Kretase-Paleojen (K/Pg) geçişini içeren 1977 ile 2023 yılları arasında yayımlanmış çalışmalar (Köröglü, 2023'den düzenlenmiş ve ilgili atıflar kaynaklara eklenmiştir). Koyu renkli yazılar Doğu Karadeniz Bölümü içindeki K/Pg geçişini içeren çalışmalardır.

Table 1. Studies published between 1977 and 2023 involving the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) transition in Türkiye (modified from Köröglü, 2023 and relevant citations were added to the references). Bold text indicates studies including the K/Pg transition in the Eastern Black Sea Region.

Sıra	Kretase-Paleojen (K/Pg) geçiş noktaları	Referans	19	Türkiye'nin farklı bölgeleri	Sirel (1998)
1	Haymana Havzası (Ankara)	Toker (1977, 1980)	20	Gölköy (Ordu)	Meriç ve İnan (1998)
2	Bartın (Alaplı, Tefen, Devrek), Bilecik (Medetli, Osmaneli), Bolu (Düzce, Akçakoca, Göynük), Bursa (Eğirce), Kastamonu (Taşköprü, Devrekani), Kocaeli (Gebze), Zonguldak (Kozcağız, Kokaksu, Eflani)	Dizer ve Meriç (1981)	21	Düzköy (Trabzon)	İnan vd. (1999)
3	Haymana Havzası (Ankara)	Sirel vd. (1986)	22	Menderes Masifi (Batı Türkiye)	Özer vd. (2001)
4	Göynük (Bolu)	Meriç ve Şengül (1986)	23	Medetli ve Gölpaazar (Bilecik)	Arawaka vd. (2003)
5	Ahyaman	Meriç vd. (1987)	24	Yavuzlu ve Uzunisa (Ordu)	Yıldız ve Gürel (2005)
6	Gercüş (Batman)	Özkan ve Altuner (1987)	25	Doğu Pontidler	İnan vd. (2005)
7	Ağva (İstanbul)	Tansel (1989)	26	Kalecik (Ankara)	Bayhan (2007)
8	Karaburun, Balıklıova (İzmir)	Erdogan (1990)	27	Karadeniz-Bursa (KB Türkiye)	Özcan vd. (2012)
9	Hekimhan (Malatya)	Bozkaya ve Yalçın (1991)	28	Bornova Fliş Zonu (İzmir)	Sarı (2013)
10	Erencik, Niksar (Tokat)	İnan ve Temiz (1992)	29	Haymana Havzası (Ankara)	Esmery-Senlet vd. (2015)
11	Tecer (Sivas)	Yalçın ve İnan (1992)	30	Okçular ve Göynük (Mudurnu, Bolu)	Açıklm vd. (2015)
12	Çünür (Isparta)	Görmüş ve Kahraman (1992)	31	Kuyucak (Toroslar)	Solak vd. (2017)
13	Akseki (Antalya)	Toker vd. (1993)	32	İzmit	Kaya-Özer ve Çakır (2015)
14	Kuzulu, Koyulhisar (Sivas)	İnan (1995)	33	Hekimhan (Malatya)	Ayyıldız vd. (2015)
15	Gürün (Sivas)	Yıldız ve Toker (1995)	34	Adıyaman	Robertson vd. (2015)
16	Hekimhan (Malatya)	Yalçın ve Bozkaya (1996)	35	Kocaeli Yarımadası (KB Türkiye)	Sarıgül vd. (2017)
17	Tonya (Trabzon)	Özkar ve Kırıcı (1997)	36	Mudurnu-Göynük (Bolu)	Vellekoop vd. (2017)
18	Nihsar (Tokat)	Kaya (1997)	37	Likya Napları (Köyceğiz, Muğla)	Sarı (2017)
			38	Haymana Havzası (Ankara)	Karabeyoğlu vd. (2019)
			39	Düzköy (Trabzon)	Consorti ve Köröglü (2019), Consorti vd. (2020)
			40	Ardanuç (Artvin)	Köröglü (2023)

K/Pg sınırındaki/geçişindeki bu değişimler, Dünya dışından gelen etkiler sonucu oluşan ve yerkürenin tamamını etkileyen kayıtlar olarak bilinir (Alvarez vd., 1980; Hallam ve Wignall, 1999; Bambach, 2006; Schulte vd., 2010; Alroy, 2010; Keller, 2012; Racki, 2020). Dünya üzerinde, K/Pg sınırının/geçişinin kayıtları farklı bölgelerde de belirlenmiştir (URL 5). Teknolojik gelişmelere bağlı olarak K/Pg sınırlarının belirlenmesinde farklı sınır çözünürlükleri kullanılmaktadır. Küresel ölçekte, bölgesel konuma bağlı olarak farklı sınır geçişleri ve bu geçişlere ait özgün karakterlerin de ortaya çıktığı gösterilmiştir (Schulte vd., 2010; Keller, 2012; Açıklım vd., 2015; Sinnesael vd., 2019; Esmeray-Senlet, 2020). Türkiye ölçeğinde yapılan; paleobiyoloji, paleontoloji, biyostratigrafi ve jeokimya çalışmalarında Kretase-Paleojen yaşı verilen çökeller de belirlenmiştir (Çizelge 1).

20. yüzyıl içinde Dünya üzerindeki K/Pg sınırlarına dair yaklaşımlarda yaşanan teknik ve kuramsal değişimlere paralel olarak, Türkiye'deki çalışmalarda da daha ayrıntılı ve yüksek çözünürlüklü veri üretimi benimsenmiştir. Türkiye'deki ilk kapsamlı çalışmada, Mudurnu-Göynük (Bolu) havzasının; sekans stratigrafisi, biyostratigrafisi, sedimantolojisi ve jeokimyasal veri setleri ile K/Pg sınırı belirlenmiştir (Açıklım vd., 2015). K/Pg sınırı/geçışı üzerine, platin grubu (PGE) ve diğer elementler, duraylı $\delta^{18}\text{O}$ ile $\delta^{13}\text{C}$ izotopları, tüm kayaç jeokimyası, kalkerli nannofosiller, bentik-planktik foraminiferler ve dinokistlerden yeni veriler üretilmektedir. Kretase-Paleojen yaşlı çökellerde; biyostratigrafi, PGE zenginleşmesi, duraylı $\delta^{18}\text{O}$ ile $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinde ani değişimler ve bu değişimler sonucunda küresel anlamda belirlenen 'ejecta' tabakasının varlığı ile K/Pg sınırları belirlenmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

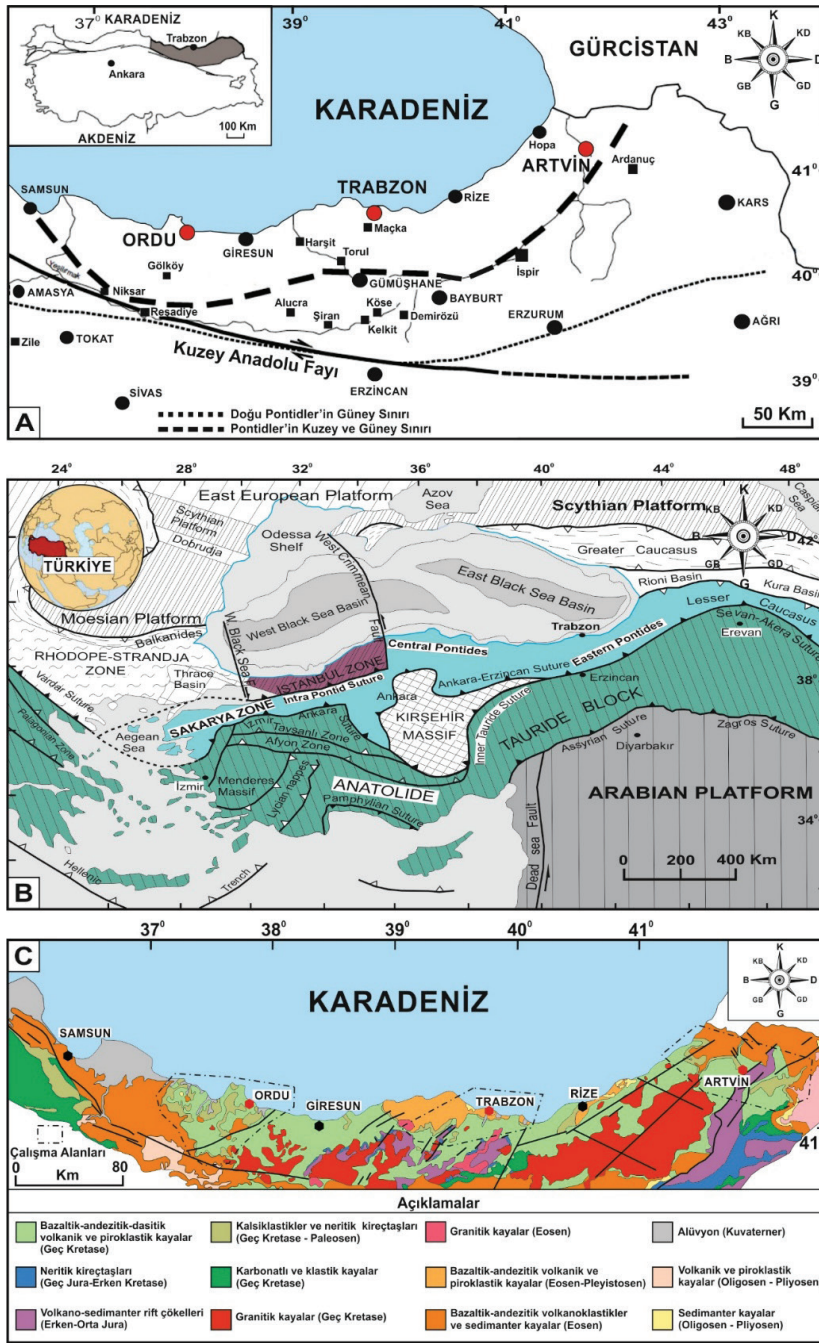
K/Pg yaşlı; neritik, yarıpelajik ve pelajik karbonatlı birimlerin; Ordu, Trabzon ve Artvin yörelerindeki istifleri ile bu istiflerde yapılan paleobiyolojik (paleontolojik ve biyostratigrafik)

çalışmalar materyal olarak kullanılmıştır. Önceki çalışmalarda K/Pg yaşlı istiflere ait paleontolojik/biyostratigrafik açıklamalar ve levhalar, ilgili dergi ve yayınevlerinden telif hakları alınarak yeniden düzenlenmiştir. ProGeo (1998), Kazancı (2010) ve Kazancı vd. (2015) çalışmalarında açıklanan jeosit terimi ve sınıflaması, yöntemin geliştirilmesinde kullanılarak yeni bir sınıflama başlığı olarak 'Paleobiyolojik Jeosit' terimi oluşturulmuştur.

BÖLGESEL JEOLJİ

'Paleobiyolojik Jeosit' noktalarını (Şekil 3a) içine alan Doğu Karadeniz'e, Hamilton (1842) tarafından Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde ilk kez 'Pontidler' adı verilmiştir (Şekil 3b). Önceki çalışmalarda, Doğu Pontidler olarak kullanılan Doğu Sakarya Zonu; Karadeniz Bölgesi'nin doğusunda bulunan doğu-batı yönünde uzanan dikdörtgen şeklinde (~120.000 km²) bir dağ zincirinden oluşur (Şekil 3b ve c).

'Paleobiyolojik Jeosit' noktaları (Şekil 3a-c), Sakarya Zonu'nun en doğusunda bulunan tektonik birimin kuzeydoğu bölümünde bulunur (Ketin, 1966; Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Aydın vd., 2020). Jeolojik tariheye bakıldığında, bölgenin çok önemli tektonik kuşakların içinde olduğuna da değinilmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999). Kretase-Paleojen zamanında; Doğu Sakarya Zonu'nda denizel alanlar Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolundan oluşur ve Anadolu'da da karasal alanlar ilk kez bu dönemde ortaya çıkmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Özer vd., 2009; Barrier vd., 2018; Dokuz vd., 2019; Aydın vd., 2020). Doğu Sakarya Zonu; Kuzey (magmatik) ve Güney (tortul) olmak üzere iki zona ayrılmış (Özsayar vd., 1981), bu ayırım ile bölgesel tektonik gelişim de açıklanmıştır (Şekil 3a-c). Zaman içinde zon sınırları revize edilerek magmatik yay ile ilişkili bölgelerin jeokronolojik-biyostratigrafik korelasyonları da yapılmıştır (Kandemir vd., 2019; Dokuz vd., 2019; Aydın vd., 2020).



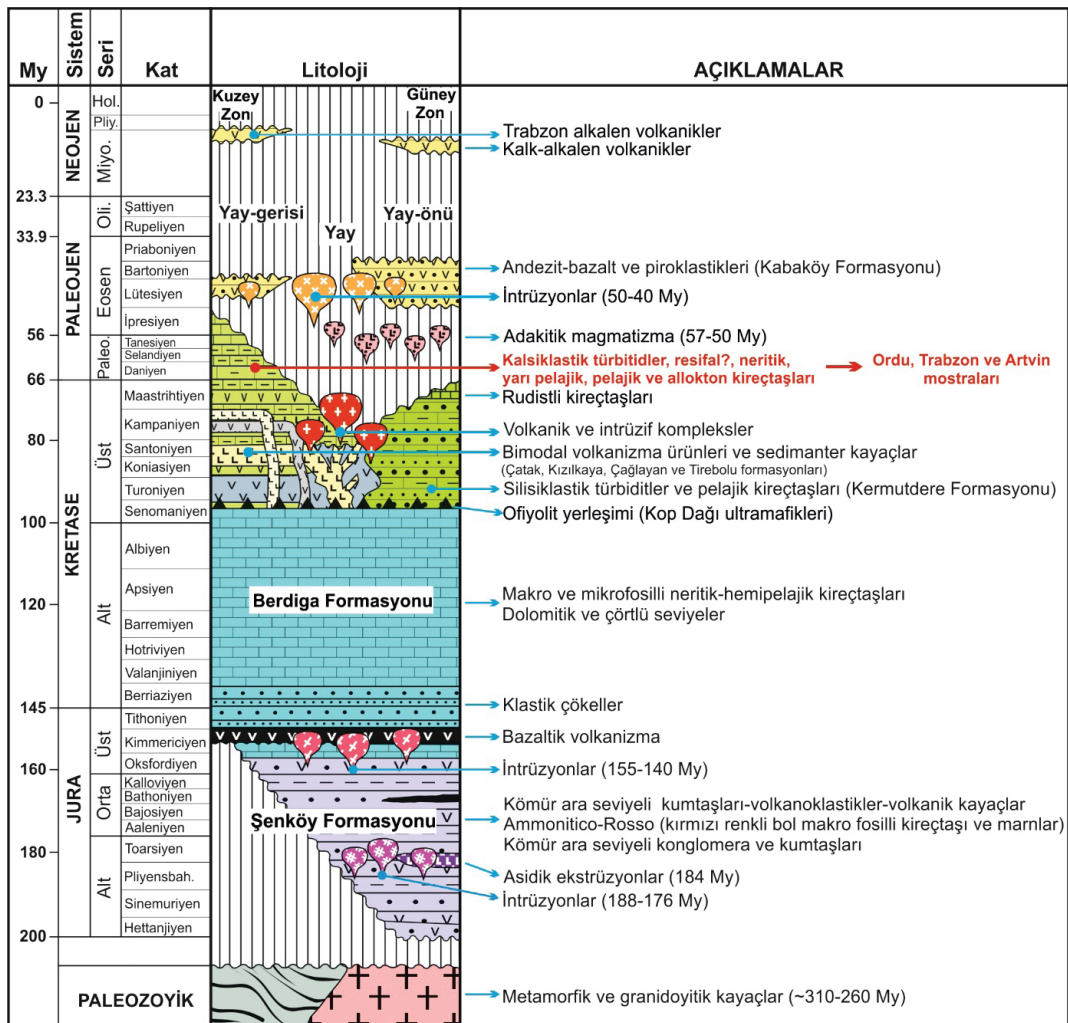
Şekil 3. Çalışma alanlarının jeolojik konumu. **a)** Kuzey ve Güney Zon ayrımının bölgesel konumu (Özsayar vd., 1981'den değiştirilerek); **b)** Türkiye ve çevresinin tektonik birimler haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan değiştirilerek); **c)** Doğu Karadeniz Bölümü'nün 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası (Kesikli çizgiler çalışma alanlarını gösterir. URL 6 ve Köroğlu, 2018'den değiştirilmiştir).

Figure 3. Geological location of the study areas. **a)** Regional location of the North and South Zone division (modified from Özsayar et al., 1981); **b)** Map of tectonic units in Türkiye and surroundings (modified from Okay and Tüysüz, 1999); **c)** 1/500,000 scale geological map of the Eastern Black Sea (Dashed lines indicate study areas. Modified from URL 6 and Köroğlu, 2018).

K/Pg Stratigrafisi

Bölgedeki Geç Kretase yaşlı kaya birimleri (Şekil 4) genellikle uyumlu dokanak ilişkili ve yaklaşık 2 km kalınlığa ulaşır (Güven, 1993; Okay ve Şahintürk, 1997; Kandemir vd., 2019; Dokuz vd., 2019; Aydın vd., 2020). Bu litolojiler sırasıyla; (1) Çatak Formasyonu Turoniyen yaşlı; bazik volkanotortul ve ara katkılı tortul birimler (Güven, 1993; Okay ve Şahintürk, 1997; Kurt vd., 2006; Aydın vd., 2020), (2) Kızılkaya Formasyonu Santoniyen

yaşlı; asidik bileşimli magmatik kayalar ve pelajik kireçtaşları (Güven, 1993; Kurt vd., 2006; Aydın vd., 2020), (3) Çağlayan Formasyonu geç Santoniyen yaşlı; bazik volkanikler ve bunların renkli piroklastları ile kireçtaşı seviyeleri (Güven, 1993; Kurt vd., 2006; Aydın vd., 2020), (4) Tirebolu Formasyonu geç Santoniyen-erken Kampaniyen yaşlı; asidik magmatik kayalar ve bunların piroklastları ile tortul seviyeler de içeren (Güven, 1993; Aydın vd., 2020), genel karakteri volkanotortul olan birimler Geç Kretase yaşlıdır.



Şekil 4. Doğu Sakarya Zonu'nun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Dokuz vd., 2019; Kandemir vd., 2019; Consorti ve Köroğlu, 2019; Aydın vd., 2020; Köroğlu, 2023'ten değiştirilmiştir).

Figure 4. Generalised stratigraphic section of the Eastern Sakarya Zone (modified from Dokuz et al., 2019; Kandemir et al., 2019; Consorti and Köroğlu, 2019; Aydın et al., 2020; Köroğlu, 2023).

Kuzey Zon'daki yay magmatizmasının bitiminde; Çatak, Kızılkaya, Çağlayan ve Tirebolu formasyonlarının oluşumundan sonra gelişen paleotopoğrafya üzerine; konglomera seviyeleri, kalsiklastik türbiditler, neritik çökeller ve magmatik kayalar da içeren geç Kampaniyen-erken Eosen yaşlı Gököy (Ordu), Tonya (Trabzon), Ziyarettepe ve Cankurtaran (Artvin) formasyonları gelmiştir (Çapkınoğlu, 1981; Korkmaz, 1993; Kurt vd., 2006; Kırmacı ve Akdağ, 2005; Özkar ve Kırıcı, 1997; Sarı vd., 2014; Özcan vd., 2019). Aynı yaş aralığı içindeki sığ denizel çökeller; Şahinkaya Üyesi (Korkmaz, 1993) Düzköy (Trabzon), Ziyarettepe Formasyonu (Özsayar vd., 1982) ve

Ağıllar Formasyonu (Konak vd., 2001) Ardanuç (Artvin) ve Gököy Formasyonu (Terlemez ve Yılmaz, 1980) Gököy (Ordu) bölgelerinde adlandırılmıştır. Neritik, yaripelajik ve pelajik çökeller Geç Kretase-Paleojen arasında geçişli ve geç Kampaniyen-Tanesiyen yaşlı olduğu; Ordu (İnan vd., 2005; Yıldız ve Gürel, 2005; İnan ve İnan, 2014), Trabzon (Korkmaz, 1993; İnan vd., 1999; Özer vd., 2009; İnan ve İnan, 2014; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020) ve Artvin (Aksay ve Turhan, 1998; Hippolyte vd., 2015; Kandemir vd., 2019; Köroğlu, 2023) yörelerindeki birçok çalışmada belirlenmiştir (Şekil 4-6).

Sistem	Seri	Kat	My	ORDU				TRABZON				ARTVİN			
				(1)	(2)	(7)	(4)	(8)	(9)	(1)	(6)	(7)	(10)		
Paleojen	Tanesiyen	56	Orduina erki n. gen. sp.	Orduina erki revizyon Laffiteina erki	Orduella sphaerica n. gen. n. sp.										
		59													
	Paleosen	Selandiyen													
		Daniyen	61												
Kretase	Ust	66													
		72	Selmina spinalis n. gen. n. sp.	Sirelina orduenssis n. gen. n. sp.											
Kamp.	83														

Şekil 5. Ordu, Trabzon ve Artvin (Doğu Karadeniz Bölümü) yörelerinde K/Pg geçişinin biyostratigrafisi, ilk kayıt foraminiferler (cins, tür) ve kesit lokasyonlarının korelasyonu (kesit noktaları, fosil fauna ve referanslar Ordu: Çizelge 2, Trabzon: Çizelge 3 ve Artvin: Çizelge 4'te verilmiştir).

Figure 5. Biostratigraphy of the K/Pg transition in Ordu, Trabzon, and Artvin (Eastern Black Sea), first recorded foraminifera (genus, species) and correlation of section locations (section points, fossil fauna, and references are given for Ordu: Table 2, Trabzon: Table 3, and Artvin: Table 4)

Çizelge 2. Ordu yöresinin Kretase-Paleojen (K/Pg) foraminifer türleri, diğer fosil toplulukları ve biyostratigrafisi (referanslar çizelge içindedir).
Table 2. Cretaceous-Paleogene (K/Pg) foraminiferal species, other fossil assemblages and biostratigraphy of the Ordu region (references are in the table).

Lokasyon/ Kesit	Formasyon/ Üye	Sıra	Referans	Fosiller	Kronostratigrafik Yaş	
					Kretase	Paleojen
Gölköy	Gölköy Formasyonu	1	Sirel (1969) Levha 1	<i>Orduina erki</i> n. gen. n. sp.		Paleosen
		2	Terlemez ve Yılmaz (1980)	<i>Abeolina</i> (<i>Glomalveolina</i>) sp., <i>Cibicides</i> sp., <i>Discocyclina</i> sp., <i>Globorotalia</i> sp., <i>Laffiteina bibensis</i> , <i>Laffiteina</i> sp., <i>Orduina</i> sp., <i>Rotalia</i> sp., <i>Globigerina triliculinoidea</i> , <i>Nodosariidae</i>		Paleosen
		3	Sirel (1994) Levha 4	<i>Laffiteina erki</i> (revizyon <i>Orduina erki</i>)		alt Tanesiye
		4	İnan (1996) Levha 5	<i>Selimina spinalis</i> n. gen. n. sp.	üst Maastrichtiyen	
		5	Meriç ve İnan (1998) Levha 6, 7	<i>Sirelina orduensis</i> n. gen. n. sp., <i>Anomalina</i> sp., <i>Cideina soezerii</i> , <i>Cuneolina ketini</i> , <i>Idalina sinjarica</i> , <i>Laffiteina bibensis</i> , <i>Laffiteina erki</i> , <i>Laffiteina oezuerki</i> , <i>Orbitoides apiculatus</i> , <i>O. medius</i> , <i>Omphalocyclus macroporus</i> , <i>Postomphalocyclus merici</i> , <i>Miliolidae</i>	orta-üst Maastrichtiyen	Daniyen- Selandiyen
		6	Sirel (1998)	<i>Cuvillierina?</i> <i>sireli</i> , <i>Haymanella paleocenaica</i> , <i>Hellenocyclus beotica</i> , <i>Idalina sinjarica</i> , <i>Laffiteina erki</i> , <i>Laffiteina mengaudi</i> , <i>Miscellanea primitiva</i> , <i>Morozovella cf. pseudomenardii</i> , <i>Omphalocyclus macroporus</i> , <i>Orbitoides apiculatus</i> , <i>Orduella sphaerica</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Valvulina</i> sp., <i>Rotalia</i> sp., <i>Miliolidae</i> , alg		Daniyen- Tanesiye
Ordu		7	Sirel (1999) Levha 3	<i>Orduella sphaerica</i> n. gen. n. sp.		Tanesiyen
		8	İnan (2003) Levha 2	<i>Coccarota orali</i> n. sp.		üst Daniyen
Yavuzlu		9	Yıldız ve Gürel (2005)	<i>Anomalina</i> sp., <i>Globoiruncana</i> sp., <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Marssonella</i> sp., <i>Orbitoides apiculatus</i> , <i>O. medius</i> , <i>Orbitoides tissoti</i> , <i>Orbitoides</i> sp., <i>Orbitoidiformis</i> sp., <i>Pithonella</i> sp., <i>Pseudosiderolites</i> sp., <i>Selimina cf. spinalis</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Siderolites denitculatus</i> , <i>Siderolites</i> sp., <i>Textularia</i> sp., <i>miliolids</i> , <i>Actinacis</i> sp. (mercan), bryozoalar, yeşil alg, kırmızı alg, bivalv parçaları, ekimid parçaları, gastropod parçaları, hippuritid parçaları, ostrakodlar	Maastrichtiyen	Paleosen
				<i>Anomalina</i> sp., <i>Globigerina</i> sp., <i>Kathina</i> sp., <i>Miscellanea</i> sp., <i>Morozovella angulata</i> , <i>Orbitoides</i> sp., <i>Planorbulina</i> sp., <i>Planorotalites</i> sp., <i>Rotalia</i> sp., <i>Siderolites</i> sp., <i>Textularia</i> sp., <i>miliolids</i> , <i>Actinacis</i> sp. (mercan), <i>Ethalya alba</i> (yeşil alg), <i>Parakete asparvati</i> (kırmızı alg), bryozoalar, bivalv parçaları, ekimid parçaları, gastropod parçaları, hippuritid parçaları, ostrakodlar, peloidler	Maastrichtiyen	Daniyen- Selandiyen
Uzunisa				<i>Contusoruncana contusa</i> , <i>Globigerinelloides</i> sp., <i>Globoiruncana</i> sp., <i>Heidelbergella</i> sp., <i>Heterohelix</i> sp., <i>Larrazetia charitacea</i> , <i>Miscellanea</i> sp., <i>Planomalina</i> sp., <i>Planorotalites compressa</i> , <i>Planorotalites pseudomenardii</i> , <i>Planorotalites</i> sp., <i>Sulcooperulina dikersoni</i> , <i>Sulcooperulina obesa</i> , <i>Valvulinidae</i>	Maastrichtiyen	Daniyen- Selandiyen

Çizelge 3. Trabzon yöresinin Kretase-Paleojen (K/Pg) foraminifer türleri, diğer fosil toplulukları ve biyostratigrafisi (referanslar tablo içindedir). **Table 3.** *Cretaceous-Paleogene (K/Pg) foraminiferal species, other fossil assemblages and biostratigraphy of the Trabzon region (references are in the table).*

Lokasyon/ Kesit	Formasyon/ Üye	Sıra	Referans	Fosiller	Kronostratigrafik Yaş		
					Kretase	Paleojen	
Çayırbağ- Çalköy	Şahinkaya Formasyonu	1	Bulguroğlu (1991)	Miliolidea, Nodosariidae, Orbitoididae, Rotulidae, Textulariidae, ekimid dikenleri- plakaları, mercan kırıntıları, ostrakod kavkı parçaları, pelesipod kavkı parçaları	Üst		
		2	Korkmaz (1993)	Pelajik çökellerin yaşı ile göreceli olarak verilmiştir.	Maastritliyen	Daniyen	
	3	Ayaz (1995)	<i>Lepidorbitoides cf. socialis</i> , <i>Hellenocyclina beotica</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Orbitoides cf. apiculatus</i> , <i>Omphalocyclus macroporus</i> , <i>Sirtina orbitoidiformis</i> , bryozoa, ekimid, gastropod, kırmızı alg, mercan, pelesipod	Maastritliyen			
	4	İnan vd. (1999)	<i>Coskinon rajkae</i> , <i>Discocyclina seunesi</i> , <i>Idalina sinjarica</i> , <i>Lepidorbitoides socialis</i> , <i>Omphalocyclus macroporus</i> , <i>Orbitoides apiculatus</i> , <i>O. medius</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Sirtina orbitoidiformis</i> , <i>Coskinolina</i> sp., <i>Cribrobulimina</i> sp., <i>Dargenioella</i> sp., <i>Gyroidina</i> sp., <i>Haddonina</i> sp., <i>Lenticulina</i> sp., <i>Miscellanea</i> sp., <i>Moncharmontia</i> sp., <i>Planorbulina</i> sp., <i>Schlosseria</i> sp., <i>Textularia</i> sp., <i>Ditrupa cornea</i> (alg), <i>Archaelithothamnion</i> sp. (alg), <i>Lithophyllum</i> sp. (alg), <i>Goniopora</i> sp. (mercen), Vermeulinidae, Miliolidae, annelid tüpleri, ekimid dikenleri, krinoidler, bryozoa, kırmızı alg, rudist parçaları	Maastritliyen	Daniyen- Tanesiyen		
	5	Özer vd. (2009)	<i>Cidena soezerii</i> , <i>Lepidorbitoides cf. socialis</i> , <i>Omphalocyclus macroporus</i> , <i>Orbitoides apiculatus</i> , <i>O. medius</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Sirtina orbitoidiformis</i> .	Maastritliyen			
	6	Hippolyte vd. (2015)	<i>Arkhangel'skiella cymbiformis</i> , <i>Broinsoia parca</i> , <i>Chiasmolithus danicus</i> , <i>Coccolithus pelagicus</i> , <i>Cruciplacolithus temis</i> , <i>Eiffelithus eximius</i> , <i>Ericsonia subpernosa</i> , <i>Fasciculithus tympaniformis</i> , <i>Quadrum gothicum</i> , <i>Q. trifidum</i> , <i>Watznaueria barnesae</i>	üst Kampaniyen	Selandiyen		
	7	Köroğlu (2018)	<i>Anomalinoidea rubiginosa</i> , <i>Arnaudiella grossourei</i> , <i>Bigeneria</i> sp., <i>Daviesina</i> sp., <i>Dorothia</i> sp., <i>Gaudrinois</i> sp., <i>Goupilaudina</i> sp., <i>Helicorbitoides voigi</i> , <i>Hellenocyclina beotica</i> , <i>Hoeglundina elegans</i> , <i>Idalina antiqua</i> , <i>Idalina</i> sp., <i>Kathina</i> sp., <i>Keramosphærina</i> sp., <i>Lenticulina</i> sp., <i>Lepidorbitoides bisamburgensis</i> , <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Minouxia dardonica</i> , <i>Mississippiina binkhorsti</i> , <i>Neoflabellina</i> sp., <i>Nimmofallotia cretacea</i> , <i>Orbitoides apiculata</i> , <i>O. gruenbachensis</i> , <i>O. media</i> , <i>O. megaliformis</i> , <i>O. fissoti</i> , <i>Omphalocyclus macroporus</i> , <i>Ophalimidium</i> sp., <i>Planorbulina cretae</i> , <i>Pseudedomia hamouli</i> , <i>Pseudolituonella</i> sp., <i>Pseudosiderolites charentensis</i> , <i>P. vidali</i> , <i>Quinqueloculina</i> sp., <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Sirtina orbitoidiformis</i> , <i>Sulcoperculina</i> sp., <i>Textularia</i> sp., <i>Archaeoglobigerina blowi</i> , <i>Gansserina gansseri</i> , <i>Globotruncana aegyptiaca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. esnehensis</i> , <i>G. falsostuarti</i> , <i>G. insignis</i> , <i>G. lenneana</i> , <i>Pseudotextularia elegans</i> , <i>Rugoglobigerina pennyi</i> , <i>R. rugosa</i> , <i>Rugoglobigerina</i> sp., <i>Globigerinelloides</i> sp., <i>Hedbergella</i> sp., <i>Heterohelix</i> sp.	üst Maastritliyen			
	8	Consorti ve Köroğlu (2019)	<i>Canalispina iapygia</i> , <i>Clypeorbis mamillata</i> , <i>Coccolithus orali</i> , <i>Daviesina cf. intermedia</i> , <i>Elazigina dienii</i> , <i>E. cf. lenticula</i> , <i>Goupilaudina</i> sp., <i>Hellenocyclina beotica</i> , <i>Laffiteina cf. bibensis</i> , <i>Lepidorbitoides minor</i> , <i>Miscellanite minutus</i> , <i>Micellanites primitivus</i> , <i>M. globularis</i> , <i>Orbitocyppeus cf. neumanae</i> , <i>Orbitoides cf. gruenbachensis</i> , <i>O. cf. medius</i> , <i>Orduella sphaerica</i> , <i>Ornatonitoides moor-kenstii</i> , <i>Planorbulina cretae</i> , <i>Rotorbinella detrecta</i> , <i>R. hensoni</i> , <i>R. hermi</i> , <i>Selminia spinalis</i> , <i>Sirelina orduensis</i> , <i>Sirtina orbitoidiformis</i> , <i>S. ornata</i> , <i>Sistantites iranicus</i> , <i>Stomatorbina binkhorsti</i> , <i>Globotruncana cf. arca</i> , <i>G. cf. ventricosa</i> , <i>Racemiguembelina fructicosa</i>	üst Maastritliyen	Daniyen- Tanesiyen		
	9	Consorti vd. (2020)	<i>Eponides</i> spp.		Daniyen- Tanesiyen		
	Karşilar	Tonya Formasyonu	10	Şahin (1987)	<i>Bolivinoidea decoratus</i> , <i>B. draco</i> , <i>Bulimina</i> sp., <i>Gavelinello</i> sp., <i>Gyroidina beisseli</i> , <i>G. depressa</i> , <i>Haplophragmoides pseudo</i> , <i>H. menitiensis</i> , <i>Heterohelix globulosa</i> , <i>H. striata</i> , <i>Neoflabellina rugosa</i> , <i>Pseudogumbelina</i> sp., <i>Pseudotextularia elegans</i> , <i>Pseudotextularia</i> sp., <i>Spiroplectamirina jarvisi</i>	Kampaniyen- Maastritliyen	
			11	Korkmaz (1993)	<i>Gansserina gansseri</i> , <i>Globotruncana bulloides</i> , <i>G. cf. arca</i> , <i>G. cf. falsostuarti</i> , <i>G. lapparenti</i> , <i>G. lenneana</i> , <i>Globotruncanella stuarti</i> , <i>G. cf. stuartiformis</i> , <i>G. cf. subspinosa</i> , <i>Rosita fornicata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>Globigerina triloculinoides</i> , <i>Morozovella pseudobulloides</i> , <i>Planorbitalites compressa</i> , <i>Globigerinidae</i>	Kampaniyen -Maastritliyen	Daniyen

Çizelge 3. Devam ediyor
Table 3. Continued

Lokasyon/ Kesit	Formasyon/ Üye	Sıra	Referans	Fosiller	Kronostratigrafik Yaş	
					Kretase	Paleojen
Kavak				<i>Orbitoides medius</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Praesiderolites dordoniensis</i> , <i>Sulcoperculina</i> sp., <i>Globo truncana aegyptiaca</i> , <i>G. arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. falsostuarti</i> , <i>G. insignis</i> , <i>G. lapparenti</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. mariei</i> , <i>G. obliqua</i> , <i>G. orientalis</i> , <i>G. rosetta</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica stuarti</i> , <i>G. stuartiformis</i> , <i>G. subspinosa</i> , <i>Margino truncana</i> cf. <i>marginata</i> , <i>Radotruncana calcarata</i> , <i>Rosita patelliformis</i> , <i>R. plicata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i>	orta-üst Kampaniyen- alt Maastrihiyen	
	13	Meriç vd. (1995)	<i>Orbitoides medius</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Praesiderolites dordoniensis</i> , <i>Sulcoperculina</i> sp., <i>Globo truncana aegyptiaca</i> , <i>G. arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. dupeblei</i> , <i>G. falsostuarti</i> , <i>G. insignis</i> , <i>G. lapparenti</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. mariei</i> , <i>G. obliqua</i> , <i>G. orientalis</i> , <i>G. rosetta</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica stuarti</i> , <i>G. stuartiformis</i> , <i>G. subspinosa</i> , <i>Radotruncana calcarata</i> , <i>Rosita fornicata</i> , <i>R. plummerea</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>R. cf. rotundata</i>			
Beşirli				<i>Globo truncana lapparenti</i> , <i>Globo truncanica limetana</i> , <i>Globo truncanica stuarti</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i>	üst Kampaniyen- alt Maastrihiyen	
	14	İnan vd. (1999)	<i>Globo truncana lapparenti</i> , <i>Globo truncanica limetana</i> , <i>Globo truncanica stuarti</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i>			
Çalköy				<i>Broinsonia parca</i> , <i>Eiffellithus eximius</i> , <i>Quadrum gothicum</i> , <i>Q. trifidum</i> , <i>Reinhardtites anthophora</i> , <i>Watznaueria barnesae</i>	üst Kampaniyen	
	15	Hippolyte vd. (2015)	<i>Broinsonia parca</i> , <i>Eiffellithus eximius</i> , <i>Quadrum gothicum</i> , <i>Q. trifidum</i> , <i>Reinhardtites anthophora</i> , <i>Watznaueria barnesae</i>			
Hacımehmet				<i>Pseudosiderolites vidali</i>	alt-orta Maastrihiyen	
	16	Kaya ve Sipahi (1999)	<i>Pseudosiderolites vidali</i>			
				<i>Orbitoides medius</i> , <i>O. tissoi</i> , <i>Ilgazina unilateralis</i> , <i>Helicorbutoides boluensis</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Praesiderolites dordoniensis</i> , <i>Rectogerochammina eugubina</i> , <i>Archaeglobigerina blowi</i> , <i>Contostrotruncana fornicata</i> , <i>Globo truncana arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. hilli</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. rosetta</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica elevata</i> , <i>G. stuarti</i> , <i>G. stuartiformis</i> , <i>Heterohelix globulosa</i> , <i>H. reussi</i> , <i>Macroglobigerinelloides bollii</i> , <i>Pseudotextularia elegans</i> , <i>P. nuttalli</i> , <i>Radotruncana calcarata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>Halopoa imbricata</i> , <i>Ophiomorpha annulata</i> , <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>Paleodicyon majus</i> , <i>Scolicia vertebalis</i> , ? <i>Scolicia plana</i> , <i>Bergaueria</i> isp., <i>Locheia</i> isp., <i>Scolicia</i> isp., <i>Thalassinoides</i> isp., <i>Physirata alba</i> (kirmızı alg), inoseramidler, ammonitler, rudist kavkılari, ekimid parçaları, sünger parçaları, bryozoa parçaları, radyolaryalar, kirmızı alg parçaları	Kampaniyen	
	17	Sofraoğlu (2011)	<i>Orbitoides medius</i> , <i>O. tissoi</i> , <i>Ilgazina unilateralis</i> , <i>Helicorbutoides boluensis</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Praesiderolites dordoniensis</i> , <i>Rectogerochammina eugubina</i> , <i>Archaeglobigerina blowi</i> , <i>Contostrotruncana fornicata</i> , <i>Globo truncana arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. hilli</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. rosetta</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica elevata</i> , <i>G. stuarti</i> , <i>G. stuartiformis</i> , <i>Heterohelix globulosa</i> , <i>H. reussi</i> , <i>Macroglobigerinelloides bollii</i> , <i>Pseudotextularia elegans</i> , <i>P. nuttalli</i> , <i>Radotruncana calcarata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>Halopoa imbricata</i> , <i>Ophiomorpha annulata</i> , <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>Paleodicyon majus</i> , <i>Scolicia vertebalis</i> , ? <i>Scolicia plana</i> , <i>Bergaueria</i> isp., <i>Locheia</i> isp., <i>Scolicia</i> isp., <i>Thalassinoides</i> isp., <i>Physirata alba</i> (kirmızı alg), inoseramidler, ammonitler, rudist kavkılari, ekimid parçaları, sünger parçaları, bryozoa parçaları, radyolaryalar, kirmızı alg parçaları			
				<i>Contostrotruncana fornicata</i> , <i>C. patelliformis</i> , <i>C. plummerae</i> , <i>Globo truncana arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. cf. orientalis</i> , <i>G. arca-orientalis</i> , <i>G. hilli</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. mariei</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica elevata</i> , <i>Globo truncanica stuartiformis</i> , <i>G. cf. stuarti</i> , <i>Radotruncana cf. calcarata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>Helicorbutoides boluensis</i> , <i>Orbitoides cf. tissoi</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Cataceramus gandraensis</i> , <i>Cataceramus haldemensis</i> , ? <i>Inoceramus algeriensis</i> , ? <i>Inoceramus tenuimeatus</i> , ? <i>Inoceramus</i> sp., <i>Platyceramus vanuxemi</i> , <i>Biradiolites cf. bulgaricus</i> , ? <i>Biradiolites</i> sp., <i>Joufta reticulata</i> , <i>Bournonia</i> cf. <i>anatolica</i> , <i>Ophiomorpha annulata</i> , <i>Scolicia strozzii</i> , <i>Thalassinoides</i> isp.	üst Kampaniyen	
	18	Sarı vd. (2014)	<i>Contostrotruncana fornicata</i> , <i>C. patelliformis</i> , <i>C. plummerae</i> , <i>Globo truncana arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. cf. orientalis</i> , <i>G. arca-orientalis</i> , <i>G. hilli</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. mariei</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica elevata</i> , <i>Globo truncanica stuartiformis</i> , <i>G. cf. stuarti</i> , <i>Radotruncana cf. calcarata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>Helicorbutoides boluensis</i> , <i>Orbitoides cf. tissoi</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Cataceramus gandraensis</i> , <i>Cataceramus haldemensis</i> , ? <i>Inoceramus algeriensis</i> , ? <i>Inoceramus tenuimeatus</i> , ? <i>Inoceramus</i> sp., <i>Platyceramus vanuxemi</i> , <i>Biradiolites cf. bulgaricus</i> , ? <i>Biradiolites</i> sp., <i>Joufta reticulata</i> , <i>Bournonia</i> cf. <i>anatolica</i> , <i>Ophiomorpha annulata</i> , <i>Scolicia strozzii</i> , <i>Thalassinoides</i> isp.			
				<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i> , <i>Broinsonia parca</i> , <i>Cribrosphaera ehrenbergerii</i> , <i>Eiffellithus eximius</i> , <i>E. turrisseiffeli</i> , <i>Lithraphidites quadratus</i> , <i>Microhabdulus decoratus</i> , <i>Micula murus</i> , <i>M. staurophora</i> , <i>Prediscosphaera cretacea</i> , <i>Quadrum gothicum</i> , <i>Q. trifidum</i> , <i>Reinhardtites anthophorus</i> , <i>Watznaueria barnesae</i>	Kampaniyen- Maastrihiyen	
	19	Hippolyte vd. (2015)	<i>Arkhangelskiella cymbiformis</i> , <i>Broinsonia parca</i> , <i>Cribrosphaera ehrenbergerii</i> , <i>Eiffellithus eximius</i> , <i>E. turrisseiffeli</i> , <i>Lithraphidites quadratus</i> , <i>Microhabdulus decoratus</i> , <i>Micula murus</i> , <i>M. staurophora</i> , <i>Prediscosphaera cretacea</i> , <i>Quadrum gothicum</i> , <i>Q. trifidum</i> , <i>Reinhardtites anthophorus</i> , <i>Watznaueria barnesae</i>			
Gürbulak				<i>Helicorbutoides voigiti-longispiralis</i> , <i>Orbitoides medius</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i>	üst Kampaniyen	
	20	Özcan vd. (2019)	<i>Helicorbutoides voigiti-longispiralis</i> , <i>Orbitoides medius</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i>			
				<i>Orbitoides medius</i> , <i>O. tissoi</i> , <i>Ilgazina unilateralis</i> , <i>Helicorbutoides boluensis</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Praesiderolites dordoniensis</i> , <i>Rectogerochammina eugubina</i> , <i>Archaeglobigerina blowi</i> , <i>Contostrotruncana fornicata</i> , <i>Globo truncana arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. hilli</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. rosetta</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica elevata</i> , <i>G. stuarti</i> , <i>G. stuartiformis</i> , <i>Heterohelix globulosa</i> , <i>H. reussi</i> , <i>Macroglobigerinelloides bollii</i> , <i>Pseudotextularia elegans</i> , <i>P. nuttalli</i> , <i>Radotruncana calcarata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>Halopoa imbricata</i> , <i>Ophiomorpha annulata</i> , <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>Paleodicyon majus</i> , <i>Scolicia vertebalis</i> , ? <i>Scolicia plana</i> , <i>Bergaueria</i> isp., <i>Locheia</i> isp., <i>Scolicia</i> isp., <i>Thalassinoides</i> isp., <i>Physirata alba</i> (kirmızı alg), inoseramidler, ammonitler, rudist kavkılari, ekimid parçaları, sünger parçaları, bryozoa parçaları, radyolaryalar, kirmızı alg parçaları	Kampaniyen	
	21	Sofraoğlu (2011)	<i>Orbitoides medius</i> , <i>O. tissoi</i> , <i>Ilgazina unilateralis</i> , <i>Helicorbutoides boluensis</i> , <i>Pseudosiderolites vidali</i> , <i>Praesiderolites dordoniensis</i> , <i>Rectogerochammina eugubina</i> , <i>Archaeglobigerina blowi</i> , <i>Contostrotruncana fornicata</i> , <i>Globo truncana arca</i> , <i>G. bulloides</i> , <i>G. hilli</i> , <i>G. limetana</i> , <i>G. rosetta</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Globo truncanica elevata</i> , <i>G. stuarti</i> , <i>G. stuartiformis</i> , <i>Heterohelix globulosa</i> , <i>H. reussi</i> , <i>Macroglobigerinelloides bollii</i> , <i>Pseudotextularia elegans</i> , <i>P. nuttalli</i> , <i>Radotruncana calcarata</i> , <i>Rugoglobigerina rugosa</i> , <i>Halopoa imbricata</i> , <i>Ophiomorpha annulata</i> , <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>Paleodicyon majus</i> , <i>Scolicia vertebalis</i> , ? <i>Scolicia plana</i> , <i>Bergaueria</i> isp., <i>Locheia</i> isp., <i>Scolicia</i> isp., <i>Thalassinoides</i> isp., <i>Physirata alba</i> (kirmızı alg), inoseramidler, ammonitler, rudist kavkılari, ekimid parçaları, sünger parçaları, bryozoa parçaları, radyolaryalar, kirmızı alg parçaları			

Çizelge 4. Artvin yöresinin Kretase-Paleojen (K/Pg) foraminifer türleri, diğer fosil toplulukları ve biyostratigrafisi (referanslar tablo içindedir).

Table 4. Cretaceous-Paleogene (K/Pg) foraminiferal species, other fossil assemblages and biostratigraphy of Artvin region (references are in the table).

Lokasyon/ Kesit	Formasyon/ Üye	Sıra	Referans	Fosiller	Kronostratigrafik Yaş	
					Kretase	Paleojen
Ardanuç		1	Özsayar vd. (1982)	<i>Astrocyclus</i> sp., <i>Discoyclina</i> sp., <i>Globorotalia</i> sp., <i>Globigerina</i> sp., <i>Kathina</i> sp., <i>Lockhartia</i> sp., <i>Nummulites</i> sp., <i>Lithothamnium</i> sp., Miliolidea		üst Paleosen
		2		<i>Lepidorbitoides</i> minör, <i>Pseudosiderolites</i> vidali, <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Sirtina orbitoidiformis</i> , <i>Smoutina cruxi</i> , <i>Ericsonia cava</i> , <i>E. ovalis</i> , <i>Fasciculithus tympaniformis</i> , <i>Towetus eminens</i> , <i>Chiasmolithus</i> sp., <i>Globigerina</i> sp., <i>Globostruncana</i> sp., <i>Leptaculina</i> sp., <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Morozovella</i> sp., <i>Nodosaria</i> sp., <i>Planorotalites</i> sp., <i>Planorbitalites</i> sp., <i>Pseudosiderolites</i> sp., <i>Siderolites</i> sp., <i>Sirtina</i> sp., <i>Sphenolithus</i> sp., <i>Anomalimidae</i> , <i>Globigerinidae</i> , <i>Nodosarimae</i> , <i>Rotalidae</i> , <i>Textulariidae</i> , ekimid ve ostrakod	Maastrithiyen	Daniyen
Timuroğlu	Ziyarettepe Formasyonu	3	Kurt (1998)	<i>Cavillerina</i> sireli, <i>Daviesina</i> danielli, <i>Eihelia</i> alba, <i>Idalina</i> sinjarica, <i>Lepidorbitoides</i> minör, <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Anomalina</i> sp., <i>Haddonia</i> sp., <i>Rotalia</i> sp., <i>Textularia</i> sp., <i>Triboculina</i> sp., Miliolidae ve alg, mercan, bryozoa, ekimid parçaları	Maastrithiyen	Daniyen-Tanesiyen
		4		<i>Lepidorbitoides</i> minör, <i>Pseudosiderolites</i> vidali, <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Sirtina orbitoidiformis</i> , <i>Smoutina cruxi</i> , <i>Gauppelloidina</i> sp., <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Nodosaria</i> sp., <i>Planorbulina</i> sp., <i>Pseudosiderolites</i> sp., <i>Siderolites</i> sp., <i>Sirtina</i> sp., <i>Textularia</i> sp., <i>Globostruncana</i> sp., alg, bryozoa, ekimid, rudist parçaları	Maastrithiyen	
Adagül Yayla		5	Yılmaz vd. (2000)	<i>Globostruncana</i> arca, <i>Globostruncana</i> gr. <i>linneiana</i> , <i>Globostruncanella</i> <i>stuarti</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Orbitoides</i> sp., alg	Maastrithiyen	
		6	Aksay ve Turhan (1998)	<i>Globostruncana</i> sp., <i>Globostruncanella</i> <i>stuarti</i> , <i>G. ventricosa</i> , <i>Heterohelix</i> sp., <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Morozovella</i> cf. <i>pseudomenardi</i> , <i>Orbitoides</i> sp., <i>Pseudotextularia</i> sp., <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Sirtina</i> sp., <i>Globigerinidae</i> , <i>Globostruncana</i> sp., <i>Textularia</i> , <i>Globostruncanid</i> ler, radyolarya, alg, bryozoa ve rudist parçaları	üst Kampaniyen	Paleosen
Ardanuç	Ardanuç Birliği	7	Konak vd. (2001)	<i>Civillierina</i> cf. <i>sireli</i> , <i>Haymanella</i> n. gen., <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Sirtina</i> sp., <i>Miscellanea primitiva</i> , <i>Sistanites</i> sp., <i>Pseudosiderolites</i> sp., <i>Siderolites</i> sp., <i>Pseudotextularia</i> sp., <i>Globoconusa</i> cf. <i>daubjargensis</i> , <i>Globigerina trilobulinoidea</i> , <i>Globostruncana ventricosa</i> , <i>Globostruncanella</i> <i>stuarti</i> , <i>Planorotalites compressa</i> , <i>Globigerina</i> sp., <i>Morozovella trinidadensis</i> , <i>M. angulata</i> , <i>M. pseudobulloidis</i> , <i>M. cf. uncinata</i> , <i>Morozovella</i> sp., <i>Rosita fornicata</i> , <i>Globigerinidae</i> , <i>Lenticulimidae</i> , <i>Miliolidae</i> , <i>Nodosaridae</i> , <i>Orbitoididae</i> , <i>Rotalidae</i> , <i>Textulariidae</i>	Kampaniyen - Maastrithiyen	alt-orta Paleosen
		8	Kandemir vd. (2017)	<i>Marsonella oxycona</i> , <i>Orbitoides</i> cf. <i>medius</i> , <i>Siderolites calcitrapoides</i> , <i>Stomiosphaera sphaerica</i> , <i>Anomalina</i> sp., <i>Cideina</i> sp., <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Orbitoides</i> sp., <i>Rotalia</i> sp., <i>Textularia</i> sp., <i>Lithothamnium</i> sp., <i>Anomalimidae</i> , <i>Rotalidae</i> , <i>Nodosaridae</i> , <i>Textulariidae</i> , <i>Abathomphalus</i> sp., <i>Globigerinelloides</i> sp., <i>Globostruncana bulloides</i> , <i>G. linneiana</i> , <i>Globostruncana</i> sp., <i>Globostruncanella</i> <i>stuarti</i> , <i>Heterohelix</i> sp., <i>Rugoglobigerina</i> sp., bryozoa, ekimid plakları, lagenoidler, lamelibranç kavrakları, makrofosil parçaları, radyolarya, rudist kavrakları, sünger spikülü	üst Maastrithiyen	Selandiyen?

Çizelge 4. Devam ediyor
Table 4. Continued

Lokasyon/ Kesit	Formasyon/ Üye	Sıra	Referans	Fosiller	Kronostratigrafik Yaş	
					Kretase	Paleojen
	Ziyarettepe Formasyonu	10	Köroğlu (2023)	<p><i>Cibicoides</i> sp., <i>Cocorota orali</i>, <i>Elazigina</i> sp., <i>Eponides</i> sp., <i>Gavelinella</i> sp., <i>Idalina</i> sp., <i>Lenticulina</i> sp., <i>Lepidorbitoides</i> sp., <i>Miscellanea</i> sp., <i>Miscellanites globularis</i>, <i>M. minutus</i>, <i>Miscellanites</i> sp., <i>Orbitoides</i> sp., <i>Pararotalia</i> sp., <i>Pseudosiderolites vidali</i>, <i>Rotorbinella hensoni</i>, <i>R. hermi</i>, <i>Siderolites calcitrapoides</i>, <i>Sirina orbitoidiformis</i>, <i>Stomatobina binkhorsti</i>, <i>Textularia</i> sp., <i>Wamitera</i> sp., <i>Abathomphalus</i> aff. <i>mayaroensis</i>, <i>Contusotruncana contusa</i>, <i>C. cf. walffschensis</i>, <i>Contusotruncana</i> sp., <i>Globanomalina</i> sp., <i>Globotruncana arca</i>, <i>G. cf. esnehenis</i>, <i>G. dupeublei</i>, <i>G. cf. mariei</i>, <i>G. Neotricarinata</i>, <i>G. Orientalis</i>, <i>Globotruncanella pschadae</i>, <i>Globotruncanimita cf. stuartiformis</i>, <i>Racemiguembelina fructicosa</i>, <i>Rugoglobigerina milamensis</i>, <i>R. rugosa</i>, <i>Acarinina</i> sp., <i>Heterohelix</i> sp., <i>Igorina</i> sp., <i>Morozovella</i> sp., <i>Parasubbotina</i> sp., ?<i>Parvularugoglobigerina</i> sp., <i>Subbotina</i> sp.</p>	üst Kampaniyen- Maastrihtiyen	Daniyen- Selandiyen- Tanesiyen
		11	Yılmaz vd. (2000)	<p><i>Gansserina gansseri</i>, <i>Globotruncana arca</i>, <i>G. linneiana</i>, <i>Globotruncanimita stuarti</i>, <i>G. stuartiformis</i>, <i>Rosita contusa</i>, <i>Siderolites</i> sp., <i>Cuvillierina</i> sp., <i>Rotaliidae</i>, alg</p>	Maastrihtiyen	
Cankurtaran	Cankurtaran Formasyonu	12	Kandemir vd. (2017)	<p><i>Abathomphalus mayaroensis</i>, <i>Contusotruncana contusa</i>, <i>C. cf. contusa</i>, <i>C. formicata</i>, <i>C. cf. formicata</i>, <i>C. patelliformis</i>, <i>C. plicata</i>, <i>C. walffschensis</i>, <i>Eoglobigerina edita</i>, <i>E. eobulloides</i>, <i>Globanomalina compressa</i>, <i>Globanomalina</i> sp., <i>Globigerinelloides</i> sp., <i>Globotruncana aegyptiaca</i>, <i>G. arca</i>, <i>G. bulloides</i>, <i>G. falsostuarti</i>, <i>G. cf. falsostuarti</i>, <i>G. lapparenti</i>, <i>G. cf. lapparenti</i>, <i>G. linneiana</i>, <i>G. mariei</i>, <i>G. orientalis</i>, <i>G. tricarinata</i>, <i>G. ventricosa</i>, <i>G. cf. ventricosa</i>, <i>Globotruncana</i> sp., <i>Globotruncana</i> spp., <i>Globotruncanella cf. havanensis</i>, <i>G. havanensis</i>, <i>G. petaloidea</i>, <i>G. pschadae</i>, <i>Globotruncanella</i> sp., <i>Globotruncanimita angulata</i>, <i>Globotruncanimita cf. stuartiformis</i>, <i>Globotruncanimita conica</i>, <i>Globotruncanimita cf. conica</i>, <i>Globotruncanimita pettersi</i>, <i>Globotruncanimita</i> sp., <i>Globotruncanimita stuarti</i>, <i>Globotruncanimita stuartiformis</i>, <i>Heterohelix globulosa</i>, <i>H. punctulata</i>, <i>Heterohelix</i> sp., <i>Heterohelix</i> spp., <i>Kuglerina rotundata</i>, <i>K. cf. rotundata</i>, <i>Laeviheterohelix dentata</i>, <i>L. glabrans</i>, <i>Laeviheterohelix</i> sp., <i>Macroglabigerinelloides prairiehillensis</i>, <i>M. cf. prairiehillensis</i>, <i>Macroglabigerinelloides</i> sp., <i>Macroglabigerinelloides</i> spp., <i>Macroglabigerinelloides subcarinatus</i>, <i>Marginoiruncana?</i> sp. <i>Parasubbotina pseudobulloides</i>, <i>Pithonella ovalis</i>, <i>Planoglobulina acervulinoides</i>, <i>P. carseyae</i>, <i>Planoglobulina</i> sp., <i>Praemurica pseudoinconspans</i>, <i>Pseudotextularia elegans</i>, <i>P. elegans</i>, <i>P. intermedia</i>, <i>P. nuttalli</i>, <i>Racemiguembelina fructicosa</i>, <i>R. powelli</i>, <i>Racemiguembelina</i> sp., <i>Rugoglobigerina hexacamerata</i>, <i>R. pennyi</i>, <i>R. cf. pennyi</i>, <i>R. rugosa</i>, <i>Rugoglobigerina</i> sp., <i>Rugoglobigerina</i> spp., <i>Stomiosphaera sphaerica</i>, <i>Subbotina triloculinoides</i>, <i>S. trivialis</i>, <i>Ventilabrella</i> sp., <i>radiolarya</i></p>	üst Kampaniyen	üst Daniyen

PALEOBİYOLOJİK JEOSİTLER

Doğu Sakarya Zonu'nun Geç Kretase ile Paleosen arasındaki jeolojik evrimi, volkanik yay oluşumu dönemine karşılık gelen bir levha yitim/çarpışma olayları ile açıklanmıştır (Bektaş vd., 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Hippolyte vd., 2015; Nikishin vd., 2015; Karşlı vd., 2018; Dokuz vd., 2019; Kandemir vd., 2019; Aydın vd., 2020). Bu olayla bağlantılı volkanik aktivite Neotetis Okyanusu'nun kuzey şelfinde gerçekleşmiş ve Kretase Dönemi içinde Karadeniz'in açılmasıyla bağlantılı havzaları oluşturmuştur (Görür, 1988; Okay vd., 1994; Okay ve Şahintürk, 1997; Görür, 1997; Yıldız ve Gürel, 2005; Munteanu vd., 2011; Adamia vd., 2011a, b; Dokuz vd., 2019; Kandemir vd., 2019; Consorti ve Köroğlu, 2019). Bu durum, Sakarya Zonu'nun güney sınırları boyunca Neotetis Okyanus kabuğunun kuzeye doğru dalmasıyla ilişkilidir (Okay vd., 1994; Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Nikishin, 2015; Dokuz vd., 2019). Kretase yaklaşma/kapanma evrelerinin sonucunda, çarpışmalı bu orojenik kuşak boyunca daha önceki magmatik yay, Maastrichtiyen ve Paleosen döneminde olgun bir yay-gerisi ortama dönüşmüştür (Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz vd., 2000; Özdamar, 2016; Karşlı vd., 2018; Dokuz vd., 2019; Kandemir vd., 2019). Buradaki karbonatlı birimler, eski magmatik yaya yakın bulunan sığ (epeirik) platformun şelf-yamaç bölgesi arasında çökelmiştir (Korkmaz, 1993; Yıldız ve Gürel, 2005; Sarı vd., 2014; Abdelghany vd., 2015; Consorti ve Köroğlu, 2019).

Doğu Sakarya Zonu'nun Geç Kretase ile Paleosen döneminde, batı bölümü Gököy (Ordu), orta bölümü Tonya ve Çayırbağı-Çalköy (Trabzon) ile doğu bölümü Artvin yörelerindeki çökeller biyostratigrafik olarak Kretase-Paleojen geçişini içermektedir (Şekil 5, 6).

Ordu Paleobiolojik Jeositi

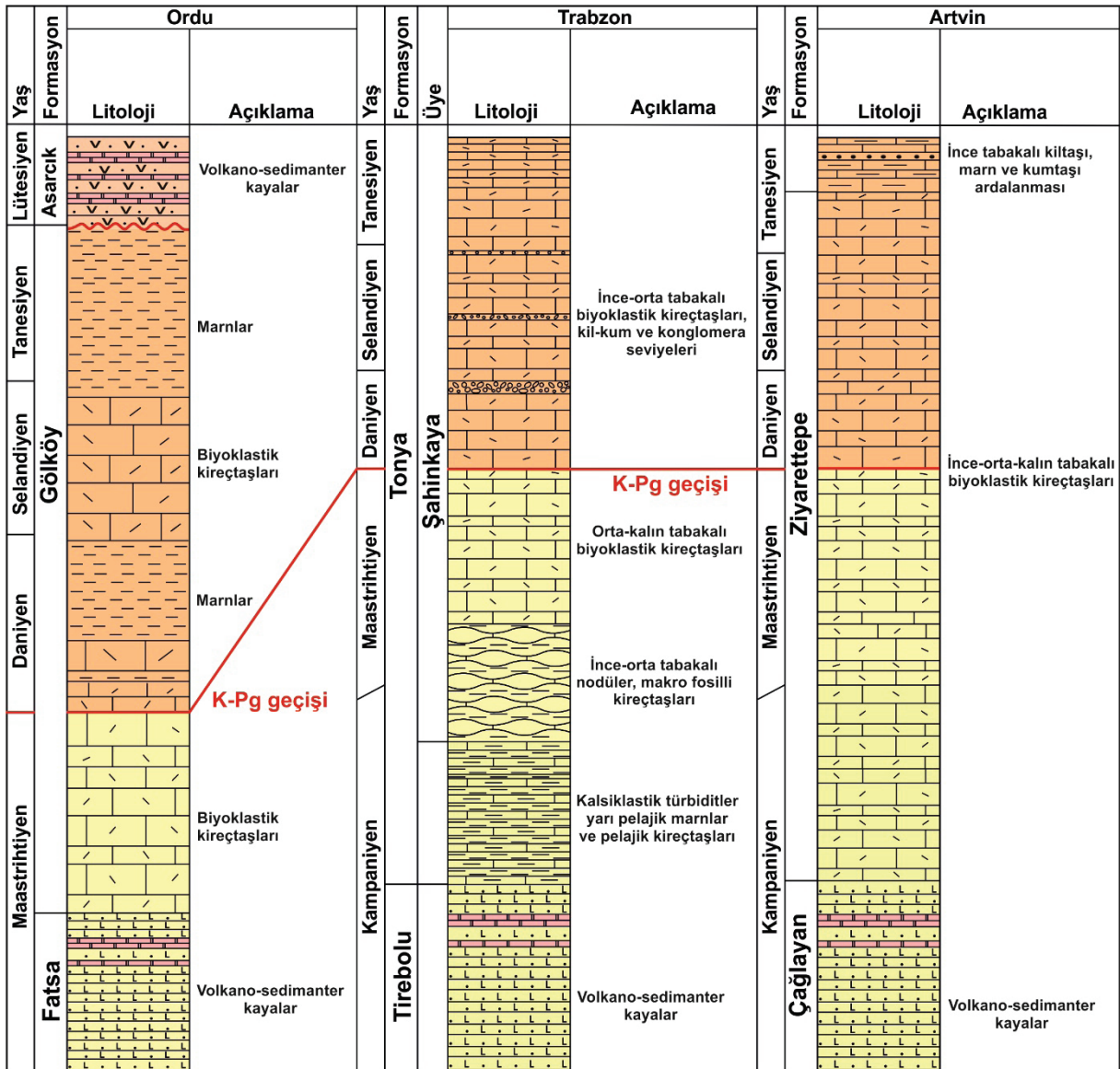
Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Ordu yöresinde ilk kez tanımlanan Gököy Formasyonu; kireçtaşı, killi kireçtaşı ve marn birimlerinden

oluşmaktadır (Şekil 7). Formasyonun tip kesiti Ordu ilinin Gököy ilçesidir (Meriç ve İnan, 1998; Sirel, 1998; İnan ve İnan, 2014) ve volkano-tortul kayalardan oluşan üst Maastrichtiyen yaşlı birimler üzerine gelmektedir (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Birimin yaşı, farklı çalışmalarda foraminifer türlerine (Levha 1-7) göre üst Maastrichtiyen-Tanesiyen aralığında verilmektedir (Meriç ve İnan, 1998; Sirel, 1998; İnan, 2003; Yıldız ve Gürel, 2005; İnan ve İnan, 2014). Kretase-Paleojen geçişini içeren kesitler; Ordu'nun Gököy ilçesinde, Yavuzlu Köyü'nde ve Uzunisa Mahallesi'nde (Çizelge 2, Şekil 4, 5, 6) yer almaktadır (Sirel, 1996, 1998; Meriç ve İnan, 1998; Yıldız ve Gürel, 2005; İnan ve İnan, 2014).

Ordu ilinde, bentik foraminiferlere ait *Orduina erki* n. gen. n. sp. Sirel (Levha 1), *Coccarota orali* n. sp. İnan (Levha 2), *Orduella sphaerica* n. gen. n. sp. Sirel (Levha 3), *Laffitteina erki* (Sirel) (Levha 4), *Selimina spinalis* n. gen. n. sp. İnan (Levha 5) ve *Sirelina orduensis* n. gen. n. sp. Meriç ve İnan (Levha 6, 7) olmak üzere altı yeni cins ve tür tespit edilmiştir (Sirel, 1969, 1994, 1999; İnan, 1996; Meriç ve İnan, 1998; İnan, 2003). Bu altı türün; tanımlama, dağılım, lokalitesi ve yaş bilgileri orijinal çalışmalardan alınmış olup cins ve türlere ait fotoğraflar aslına sadık kalınmış ve telif hakları alınarak profesyonel fotoğrafçılık teknikleri ile yeni levhalar şeklinde düzenlenmiştir.

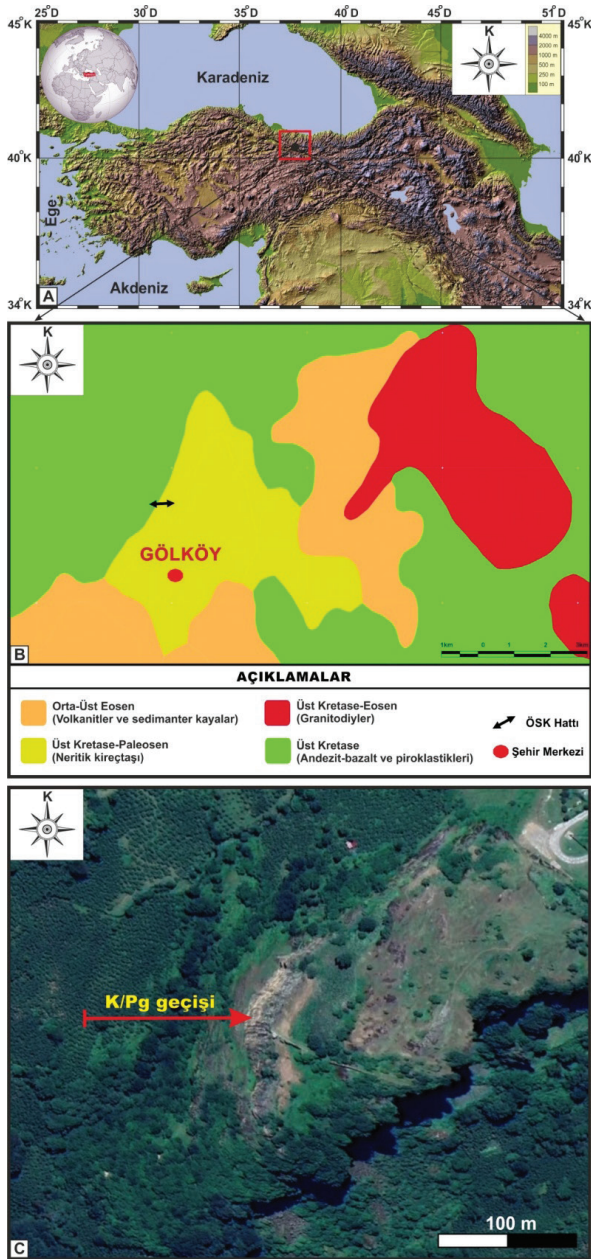
Trabzon Paleobiolojik Jeositi

Tonya Formasyonu (Şekil 8), Doğu Sakarya Zonu yay-gerisi havzasının Mezozoyik-Paleosen dönemini temsil etmektedir (Korkmaz, 1993; Yılmaz vd., 2000; Consorti ve Köroğlu, 2019). Nannofosiller, bentik-planktik foraminiferler ve diğer makro fosil grupları ile yaşlandırılan birim Kampaniyen-üst Paleosen aralığındadır (Korkmaz, 1993; Özkar ve Kırıcı, 1997; Matsumaru vd., 1998; Özer vd., 2009; Sarı vd., 2014; Hippolyte vd., 2015; Köroğlu, 2018; Özcan vd., 2019; Consorti ve Köroğlu, 2019).



Şekil 6. Doğu Karadeniz Bölümü K/Pg geçişlerinin korelasyonu. Ordu (Terlemez ve Yılmaz, 1980; Meriç ve İnanç, 1998; Sirel, 1999'dan değiştirilmiştir), Trabzon (Korkmaz, 1993; Özkar ve Yıldız, 1997; Sofracıoğlu, 2011; Köroğlu, 2018; Consorti ve Köroğlu, 2019'dan değiştirilmiştir) ve Artvin (Özsayar vd. 1982; Aksay ve Turhan, 1998; Köroğlu, 2023'ten değiştirilmiştir).

Figure 6. Correlation of K/Pg transitions in the Eastern Black Sea Region. Ordu (modified from Terlemez and Yılmaz, 1980; Meriç and İnanç, 1998; Sirel, 1999), Trabzon (modified from Korkmaz, 1993; Özkar and Yıldız, 1997; Sofracıoğlu, 2011; Köroğlu, 2018; Consorti and Köroğlu, 2019) and Artvin sections (modified from Özsayar et al. 1982; Aksay and Turhan, 1998; Köroğlu, 2023).



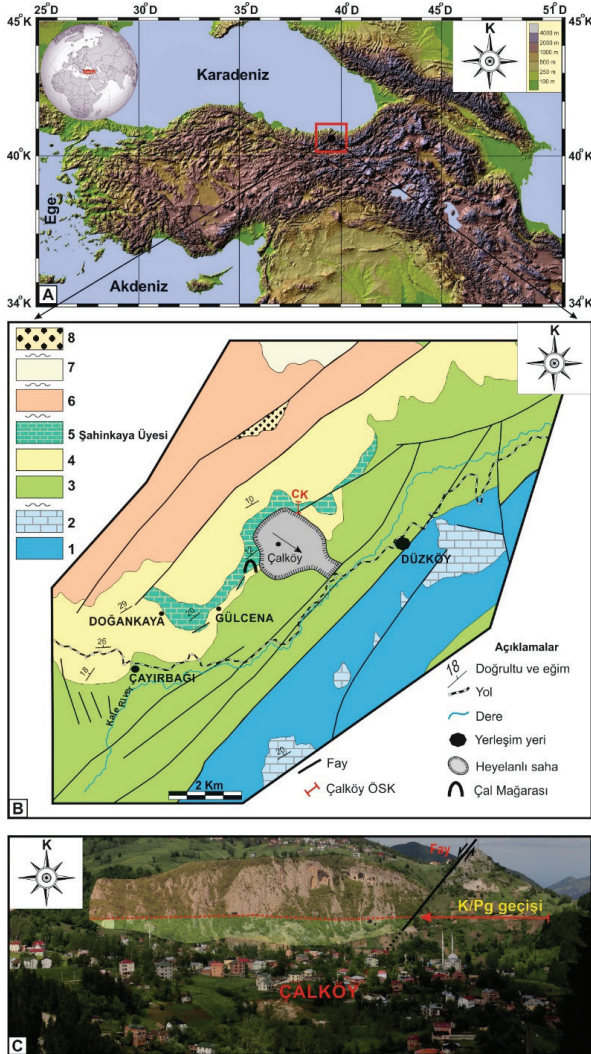
Şekil 7. Ordu (Türkiye) paleobiyolojik jeositi, **a)** Türkiye ve Kafkasya rölyef haritası (merkatör projeksiyonu, <https://treehouse-maps.com/>'den değiştirilmiştir); **b)** Gökçöy jeoloji haritası (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/>'den değiştirilmiştir); **c)** Gökçöy yöresinin arazi görüntüsü ve K/Pg geçiş noktası ($40^{\circ}41'28''K$, $37^{\circ}35'25''D$) (geçiş noktası Sirel, 1999'dan alınmıştır. Görüntü Google EarthPro'dan düzenlenmiştir).

Figure 7. Paleobiological geosite in Ordu (Türkiye), **a)** Relief map of Türkiye and Caucasus (Mercator projection, modified from <https://treehouse-maps.com/>); **b)** Geological map of Gökçöy (modified from <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/>); **c)** Satellite image of the Gökçöy region and the K/Pg transition point ($40^{\circ}41'28''N$, $37^{\circ}35'25''E$) (transition point from Sirel, 1999. Image processed by Google Earth Pro).

Tonya Formasyonu (Çizelge 3, Şekil 4, 5, 6), büyük ölçüde planktik foraminiferli gri-bej yarıpelajik kalsitürbiditlerden oluşur, ancak aynı zamanda inoseramidli çamurtaşları ve kalkerli kumtaşı ara katkılarının yanı sıra sığ alanlardaki Şahinkaya Üyesi içinde; bentik foraminiferler, çift kabuklular, ekinidler, kırmızı algler, mercanlar, bryozoalar ve şelf kaynaklı karbonat kırıntılarına içeren kalsiklastik kayaları içerir (Korkmaz, 1993; Özer vd., 2009; Sarı vd., 2014; Köroğlu, 2018; Özcan vd., 2019; Consorti ve Köroğlu, 2019). Bunlar, Kretase yaşlı volkanik yay sistemi boyunca yay-gerisi havza kenarlarına yakın Şahinkaya Üyesi olarak adlandırılan sığ su karbonat platform çökellerinin kalın bir seviyesi ile temsil edilir (Korkmaz, 1993; Ayaz, 1995; İnan vd., 1999; İnan ve İnan, 2008, 2014; Consorti ve Köroğlu, 2019).

Tonya Formasyonu'nun Hacımehmet kesitinde Sarı vd. (2014) tarafından bentik foraminiferler; *Helicorbitoides boluensis*, *Orbitoides cf. tissoti*, *O. medius*, *Pseudosiderolites vidali*, planktik foraminiferler; *Contusotruncana fornicata*, *C. patelliformis*, *C. plummerae*, *Globotruncana arca*, *G. arca-orientalis*, *G. bulloides*, *G. hilli*, *G. linneiana*, *G. mariei*, *G. orientalis*, *G. cf. orientalis*, *G. ventricosa*, *Globotruncanita elevata*, *G. stuartiformis*, *G. cf. stuarti*, *Radotruncana cf. calcarata*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Cataceramus gandjaensis*, *C. haldemensis*, *Inoceramus tenuilineatus*, *Platyceramus vanuxemi*, rudistler; *Biradiolites cf. bulgaricus*, *Bournonia cf. anatolica*, *?Biradiolites sp.*, *Joufia reticulate* ve iz fosiller; *Ophiomorpha annulata*, *Scolicia strozzii* ve *Thalassinoides* isp. fosil faunası belirlenmiştir.

Ayrıca Özcan vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada bentik foraminifer; *Helicorbitoides ex. interc. voighti-longispiralis* ve *Pseudosiderolites vidali* faunası da belirlenmiştir.



Şekil 8. Trabzon (Türkiye) paleobiyolojik jeositi, a) Türkiye ve Kafkasya rölyef haritası (merkatör projeksiyonu, <https://treehouse-maps.com/> değiştirilmiştir); b) Düzköy jeoloji haritası (<http://yebilimleri.mta.gov.tr>; Köroğlu, 2018; Köroğlu ve Kandemir, 2019'dan değiştirilmiştir), 1: Erken-Orta Jura Şenköy Formasyonu, 2: Geç Jura-Erken Kretase Berdiga Formasyonu, 3: Ayrılmamış Geç Kretase birimleri, 4: Kampaniyen-Daniyen Tonya Formasyonu, 5: Maastrichtiyen-Tanesiyen Şahinkaya Üyesi, 6. Eosen volkanik birimleri, 7: Pliosen volkanik birimleri; c) Çalköy bölgesi ve K/Pg geçiş noktasının ($40^{\circ}52'4''K$,

$39^{\circ}23'52''D$) arazi görüntüsü (geçiş noktası Consorti ve Köroğlu, 2019'dan alınmıştır).

Figure 8. Paleobiological geosite in Trabzon (Türkiye), a) Relief map of Türkiye and Caucasus (Mercator projection, modified from <https://treehouse-maps.com/>); b) Geological map of Düzköy (modified from <http://yebilimleri.mta.gov.tr>; Köroğlu, 2018; Köroğlu and Kandemir, 2019), 1: Şenköy Formation (Early to Middle Jurassic), 2: Berdiga Formation (Late Jurassic to Early Cretaceous), 3: Undifferentiated units (Late Cretaceous), 4: Tonya Formation (Campanian-Danian), 5: Şahinkaya Member (Maastrichtian-Thantian), 6: Eocene volcanic units, 7: Pliocene volcanic units; c) Field image of the Çalköy region and the K/Pg transition point ($40^{\circ}52'41''N$, $39^{\circ}23'52''E$) (the transition point is from Consorti and Köroğlu, 2019).

Şahinkaya Üyesi'nin Çalköy kesitinde Consorti ve Köroğlu (2019) tarafından bentik foraminiferler; *Canalispina iapygia*, *Clypeorbis mamillata*, *Cocorota orali*, *Daviesina cf. intermedia*, *Elazigina dienii*, *E. cf. lenticula*, *Goupillaudina sp.*, *Hellenocyclina beotica*, *Laffitteina bibensis*, *Lepidorbitoides minor*; *Miscellanite minutus*, *Miscellanites globularis*, *M. primitivus*, *Orbitoclypeus cf. neumannae*, *Orbitoides cf. gruenbachensis*, *O. cf. medius*, *Orduella sphaerica*, *Ornatononion moorkensii*, *Planorbulina cretae*, *Rotorbinella detrecta*, *R. hensoni*, *R. hermi*, *Selimina spinalis*, *Sirelina orduensis*, *Sirtina orbitoidiformis*, *S. ornata*, *Sistanites iranicus*, *Stomatorbina binkhorsti* ve planktik foraminiferler; *Globotruncana cf. arca*, *G. cf. ventricosa* ve *Racemiguembelina fructicosa* fosil faunası belirlenmiştir.

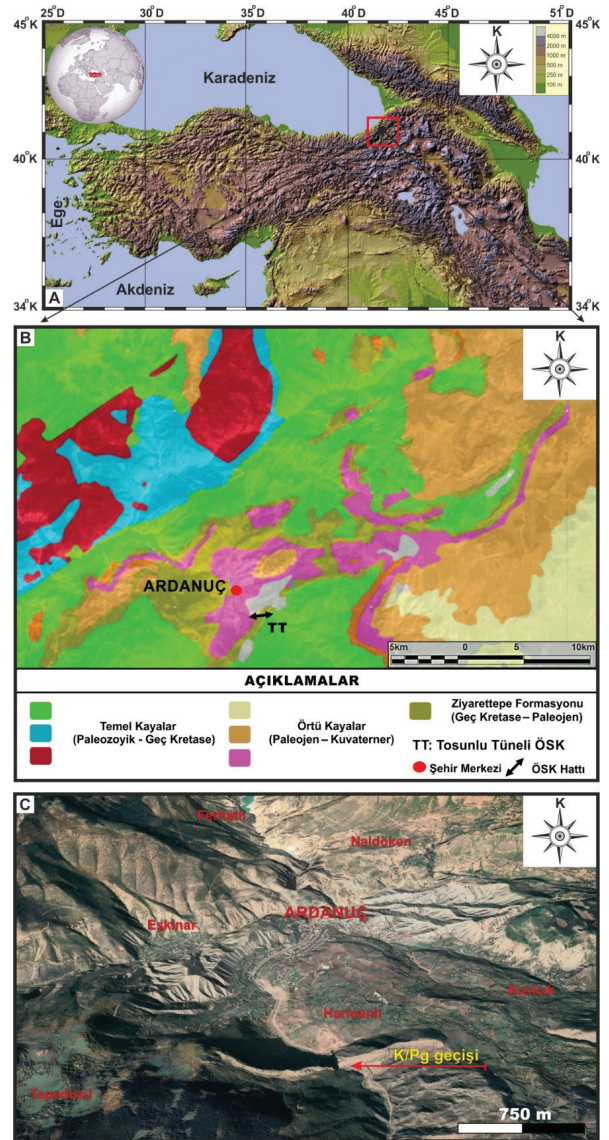
Artvin Paleobiyolojik Jeositi

Artvin yöresi, Büyük Kafkasya'nın bölgesel jeolojisi ile deneştirildiğinde; "Adjara-Trialeti", "Artvin-Bolnisi" ve "Sevan-Akera" zonları ile benzer özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir (Yılmaz vd. 2000; Konak vd., 2001; Adamia vd., 2011a, b).

Arduç (Artvin) yöresindeki Karlı Formasyonu (Şekil 9), volkano-tortul birimleri içeren Geç Jura-Erken Kretase yaşlı bir formasyondur (Özsayar vd., 1982). Ancak, Geç Kretase'den daha yaşlı volkanik kayaların bu bölgede olmadığı; tabanda bazaltik yastık lav ve piroklastikler ile tavanda kırmızı renkli çamurtaşı, sarımsı-gri renkli killi kireçtaşları, andezitik-dasitik lavlar ile bunların piroklastikleri ve epiklastiklerden oluşan birimler tanımlanmıştır (Konak vd., 2001; Kandemir vd., 2019; Aydın vd., 2020). Radyometrik çalışmalarda, bu formasyonun yaşı geç Santoniyen olarak belirlenmiştir (Kandemir vd., 2019; Aydın vd., 2020). Bu formasyonun üzerine Ziverağa ve Makenet formasyonlarının; dasit-dasitik tüf, kırmızı renkli tüfit, andezit, *Globotruncana* sp. ve *Inoceramus* sp. fosillerini de içeren biyomikrit seviyeli volkano-tortul özellikteki birimler gelmektedir (Özsayar vd., 1982). Bölgedeki Tirebolu Formasyonu, geç Santoniyen-erken Kampaniyen yaşlı olup özellikle riyolitik ve dasitik kayaların baskın olduğu, tortul seviyeleri de içeren birim olarak tanımlanmıştır (Aydın vd., 2020).

Magmatik birimlerin üzerine gelen Ovacık Formasyonu, GB Arduç'ta bulunan Beşağıl ve Ağıllar (Güven, 1993) ile Ziyarettepe (Özsayar vd., 1982) formasyonlarının taban kesimindeki; taban konglomerası, kırıntılı seviyeler, az miktarda yarıpelajik kireçtaşları ve yer yer olistostromlardan oluşmuştur (Kandemir vd., 2017; Köroğlu, 2023). Artvin yöresinde, Ovacık Formasyonu'nun üzerine gelen birimler (Çizelge 4, Şekil 4-6); (1) Cankurtaran pelajik ile (2) Ağıllar, (3) Beşağıl ve (4) Ziyarettepe'nin neritik ve yarıpelajik fasiyes özelliklerine göre dört formasyona ayrılmıştır (Özsayar vd., 1982; Güven, 1993; Kandemir vd., 2019; Köroğlu, 2023). Bu dört formasyon, Geç Kretase yaşlı verilen volkano-tortul serilerden (Kandemir vd., 2019; Aydın, 2020) sonra ince-orta kalın seviyeler ile gelen taban konglomerası Ovacık Formasyonu'nun üzerine; kalsitürbidit, kalsiklastik, pelajik, sığ denizel ve resifal? olarak

çökelen geç Kampaniyen-Paleosen yaşlı (Şekil 4, 6, 9) birimler olarak tanımlanır (Özsayar vd., 1981, 1982; Korkmaz, 1993; Konak vd., 2001; Hippolyte vd., 2015; Kandemir vd., 2019). Bölgenin en güneyinde yüzeyleme veren Ziyarettepe Formasyonu'na, bentik-planktik foraminiferler ve diğer fosil gruplarına göre geç Kampaniyen-Tanesiyen yaş aralığı verilmiştir (Köroğlu, 2023).



Şekil 9. Artvin'in (Türkiye) paleobiyolojik jeositi, a) Türkiye ve Kafkasya'nın rölyef haritası (merkatör

projeksiyonu, <https://treehouse-maps.com/> adresinden değiştirilmiştir); **b)** Ardanuç jeoloji haritası (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr>; Köroğlu, 2024a'dan değiştirilmiştir); **c)** Ardanuç yöresinin uydu görüntüsü ve K/Pg geçiş noktası (41°06'27"K, 42°05'34"D) (geçiş noktası Köroğlu, 2024a'dan alınmıştır. Görüntü Google EarthPro'dan düzenlenmiştir).

Figure 9. Paleobiological geosite in Artvin (Türkiye), **a)** Relief map of Türkiye and Caucasus (Mercator projection, modified from <https://treehouse-maps.com/>); **b)** Geological map of Ardanuç (modified from <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>; Köroğlu, 2024a); **c)** Satellite image of the Ardanuç region and the K/Pg transition point (41°06'27 "N, 42°05'34 "E) (transition point from Köroğlu, 2024). Image processed by Google Earth Pro).

TARTIŞMA

Bölgesel ölçekte bakıldığında, bölgenin batısı Gököy (Ordu) ilçesinde (Meriç ve İnan, 1998; Sirel, 1998; Yıldız ve Gürel, 2005; İnan ve İnan, 2014), ortası Çayırbağı ve Çalköy (Düzköy, Trabzon) mahallelerinde (İnan vd., 1999; Hippolyte vd., 2015; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020), doğusu Artvin ilinde çalışılan neritik-pelajik çökellerin (Kurt, 1998; Aksay ve Turhan, 1998; Konak vd., 2001; Kandemir vd., 2017; Köroğlu, 2023) içerdikleri faunanın biyostratigrafisine göre K/Pg geçişine sahip oldukları belirtilmiştir.

Kuzey Zon (Özsayar vd., 1981) olarak ayrılan bölgede (Şekil 3a, c); radyolarya (Soycan ve Hakyemez, 2018), kırmızı ve yeşil alg (Yıldız ve Gürel 2005; Consorti ve Köroğlu, 2019; Köroğlu, 2023), Inoceramidae (Sarı vd., 2014), rudist (Özer vd., 2009), bentik ve planktik foraminifer (Korkmaz, 1993; Özkar ve Kırıcı, 1997; Sirel, 1999; Yılmaz vd., 2000; Yıldız ve Gürel, 2005, Özer vd., 2009; Sarı vd., 2014; İnan ve İnan, 2014; Özcan vd., 2019; Consorti ve Köroğlu, 2019; Kandemir vd., 2019; Consorti vd., 2020; Köroğlu, 2023) faunasına göre neritik, yarıpelajik ve pelajik formasyonlara geç Kampaniyen-Tanesiyen yaş aralığı verilmiştir (Şekil 6).

Dünya ve Türkiye'de uygulanan jeosit tanımlama kriterleri (ProGeo, 1998; Kazancı, 2010; Kazancı vd., 2012, 2015; Çiftçi ve Güngör, 2016) mevcut paleobiyolojik değerleri "Stratigrafik" başlığı altında değerlendirmektedir. Bu değerlendirme; sedimantolojik, paleontolojik ve yapısal unsurları aynı başlık altında değerlendirilmesi ile jeosit tanımındaki spesifik özellikleri "yer kabuğunun oluşumu veya evrimi sırasındaki bir olayı, ...bir süreci veya bir oluşumu ortaya koyan kayaç-mineral-fosil topluluğu, istif, ... bilimsel belge niteliği..." birbirinden ayırmadığını da göstermektedir (Wimbledon, 1996; ProGeo, 1998, Kazancı, 2010; Kazancı vd., 2015). Bu durum, özellikle 18 adet büyük kitlesel yok oluş, *Nummulites* spp. yığışmaları, rudist biohermleri, Ammonitiko-Rosso fasiyesleri, Miyosen mercan resifleri, iklim elverişliliği olayları (*PETM*, *Paleocene/Eocene Thermal Maximum*, *MECO*: *Middle Eocene Climate Optimum*, *EEOC*: *Early Eocene Climate Optimum*, *MCO*: *Miocene Climatic Optimum*) ve okyanusal anoksik olaylar (*OAE*: *Oceanic Anoxic Events*) gibi Dünya'nın jeolojik tarihçesi içerisinde yaşamsal tüm gelişimi etkileyen ve güçlü biyolojik değişimlere de sebep olan olayları doğru bir jeosit sınıflama başlığı altında konumlandırmamıştır (Bambach, 2006; Alroy, 2010; Racki, 2020; Gradstein vd., 2020; Westerhold vd., 2020).

Paleobiyolojik olayların sunduğu biyolojik değişimlere dair kanıtlar, jeosit tanımına tamamen uyan özellikleri barındırmaktadır. Jeosit içindeki "...bilimsel belge niteliği..." ve "Jeolojik Miras" tanımındaki "Yok olması durumunda bulunduğu bölgeye ait bilgi ve jeolojik bir belgenin kaybolacağı, nadir bulunan, yok olma tehdidi altındaki jeositler." (Wimbledon, 1996; Kazancı, 2010; Kazancı vd., 2015) şeklindeki ifadelerin tam karşılığı olan paleobiyolojik olaylar, kendi başına bir jeosit sınıfı olması için yeterlik sağlamaktadır. Jeosit sınıflaması; 'Jeolojik Miras' ve 'Jeopark' kavramlarının temel yapı taşı olarak görülmektedir (Kazancı vd., 2015). Ancak ilk sınıflamalar olan

Wimbledon (1996) ve ProGeo (1998) üzerinden 28 yıl, Kazancı vd. (2015)'nin "Çatı Liste" çalışması üzerinde de 10 yıl geçmiştir. Gelişen literatür ile yeni ayrımlar yapılarak birçok farklı çalışma da konu özelinde yayımlanmıştır. Zaman içinde daha öznel ayrımların jeosit sınıflaması içinde kullanımı konusunda yeni çalışmalara gerek duyulmaktadır.

Jeosit sınıflamasında; "Grup (Kategori)", "Çatı Liste" ve "Envanter" birbirleriyle ilişkili olsa da ayrı kavramlar olarak ele alınmalıdır (Wimbledon, 1996; ProGeo, 1998; Kazancı vd., 2015). Türkiye jeosit listesinde; "Grup a" ile "Grup j" arasında toplanan 85 adet başlık (çatı) mevcuttur (Kazancı vd., 2015). Bu başlıkların çoğunluğu jeolojik süreçlerdeki; tektonik, magmatik, stratigrafik (biyostratigrafi/paleontoloji) ve sedimantolojik olaylarla ilişkilidir. Ancak 10 adet jeosit sınıfı içinde jeolojik tarihçenin dönüm noktaları ve bilimsel önemi en fazla olan, kendi içinde bulunurluk ve coğrafik olarak sahip olunması çok muhtemel olmayan bu değerleri "Stratigrafik" ayrımından farklı olan bir kavram ile değerlendirilmesi gereklidir. Bundan dolayı, yok oluşlar ve kat sınırlarının yeri (örneğin K/Pg sınırları/geçişleri), bu çalışmada da önerildiği gibi 'Paleobiyolojik Jeosit' kavramı olarak verilmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, kitlesel yok oluşlardan en önemli beş tanesinden biri olan yüksek oranda cins ve tür kayıpları ile sonuçlanmış, günümüze en yakın paleobiyolojik kitlesel yok oluş K/Pg geçişinin/sınırının Doğu Karadeniz'deki kayıtlarının; jeolojisi, stratigrafisi, paleontolojisi ve jeosit özellikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölgedeki geç Kampaniyen-Tanesiyen yaş aralığındaki birimlerin; Ordu, Trabzon ve Artvin illerindeki yayılımları, içerdikleri mikro ve makro fosil türlerine yer verilmiştir. Elde edilen bulgular ile bölgede K/Pg geçişini/sınırını içeren kesit noktalarının paleontolojik ve stratigrafik özellikleri de detaylandırılmıştır.

1. Fanerozoik boyunca gerçekleşen 5 adet büyük yok oluştan bir tanesi olan K/Pg geçişi/sınırı, günümüze en yakın noktada yer alması ve makro-mikro fosil türlerinin yüksek yok oluş oranı ile sadece stratigrafik değil aynı zamanda 'Paleobiyolojik Jeosit' olarak nitelendirilmiştir.
2. Jeositlerin genel tanımından yola çıkıldığında, jeolojik verilerin arşiv noktası olarak görülmesi gereken K/Pg geçişi/sınırı, ProGeo (1998) sınıflaması kapsamında her ne kadar "Stratigrafik/Stratigraphic" başlığı altında yer almışsa da içeriği ve sunduğu veri setleri bakımından 'Paleobiyolojik Jeosit' olarak ayrılmasının daha kapsayıcı bir yaklaşım olduğu da değerlendirilmiştir.
3. Gölköy Formasyonu (Ordu), Tonya Formasyonu ve Şahinkaya Üyesi (Trabzon) ve Cankurtaran Formasyonu ve Ziyarettepe Formasyonu (Artvin) içerdikleri K/Pg geçişleri/ sınırlarından dolayı, 'Paleobiyolojik Jeosit' olarak önerilebilecek alanlar olduğu değerlendirilmiştir.
4. Doğu Karadeniz içinde yer alan K/Pg geçişini/sınırını içeren jeosit ögelerinin genel sınıflamadaki "Stratigrafik" başlığı içinde yer alması yerine, açıklanan gerekçeler ve farklı özelliklerinden dolayı ayrı bir jeosit sınıflama terimi olan 'Paleobiyolojik Jeosit' önerilmiştir.

'Paleobiyolojik Jeosit' olarak önerilen neritik sedimanter kaya birimleri hem bentik foraminiferlerin yeni cins ve türleri (6 tane) hem doğal mağara (karstik) hem de dağcılık faaliyetlerine uygunluğundan dolayı, yakın tehdit unsuru olarak görülen endüstriyel hammadde (çimento, taş ocağı vb.) üretim faaliyetlerinin dışında tutulması gerektiği sonucuna da varılmıştır.

EXTENDED SUMMARY

The Eastern Black Sea region (NE Türkiye) has important geological, historical, and natural

value. The geological setting of the region includes the Paleozoic, Mesozoic, and Cenozoic periods. In particular, the region has a significant stratigraphic mass from the Mesozoic era. Sedimentary rocks, which have smaller area than the igneous and volcanic rocks, also outcrop in the region. These sedimentary rocks provide insights into the biostratigraphy of the region. K/Pg-aged neritic and pelagic sequences are distributed along the Black Sea on an east-west axis.

In the Eastern Sakarya Zone, the Late Cretaceous-Paleogene lithologies typically exhibit a compatible contact relationship (Güven, 1993; Okay and Şahintürk, 1997; Kurt et al., 2006; Kandemir et al., 2019; Dokuz et al., 2019; Aydın et al., 2020). The Late Cretaceous lithologies in the region were reported to have a thickness of approximately 2 km (Okay and Şahintürk, 1997; Aydın et al., 2020). These units consist of the Turonian Çatak Formation, which contains volcano-sedimentary deposits (Okay and Şahintürk, 1997; Kurt et al., 2006) and grey-red limestone and sandstone interbeds (Güven, 1993). The Çatak Formation comprises basaltic-andesitic and volcanic-clastic rocks (Güven, 1993). The Santonian Kızılkaya Formation is composed of pelagic carbonates with a dacitic-rhyolitic composition, which rarely occur in intermediate stages (Güven, 1993; Kurt et al., 2006). The Çatak and Kızılkaya formations are overlain by the late Santonian Çağlayan Formation, which contains a variety of basaltic volcanic, pyroclastic and carbonate sedimentary strata, exhibiting different distributions, facies, and thicknesses throughout the Eastern Sakarya Zone (Güven, 1993). The Tirebolu Formation of late Santonian and early Campanian age is interbedded with sedimentary layers dominated by rhyolitic rocks (Güven, 1993). The palaeotopography formed at the end of arc magmatism in the Northern Zone is characterised by calciclastic turbidites, which begin with rare conglomerate levels at the bottom and transition to neritic and late Campanian-early Eocene Tonya,

Kireçhane (Düzköy) and Cankurtaran (Artvin) formations. These formations are represented by intrusive rocks in some regions.

The sequences of neritic, hemipelagic, and pelagic carbonate units in the Ordu, Trabzon, and Artvin regions and the palaeontological and biostratigraphic studies carried out in these sequences were identified as material. The palaeontological/biostratigraphic descriptions and plates from K/Pg-aged sequences in previous studies were recompiled by obtaining copyright from the relevant journals and publishers. The terms and classifications explained in the study by ProGeo (1998), Kazancı (2010), and Kazancı et al. (2015) were used in the development of the method, and a new classification title, the term 'paleobiological geosite', was created.

This study examines evidence of the K/Pg transition, one of the five major mass extinctions known as the Cretaceous-Paleogene transition, which resulted in high rates of genera and species loss and is the palaeobiological mass extinction closest to the present, in the Eastern Black Sea Region. The geological, stratigraphical, and paleontological features of the units containing this boundary are highlighted. The units of Campanian-Thanelian age in the region, their distribution in the Ordu, Trabzon, and Artvin regions, and the micro- and macrofossils they contain are presented. Based on the knowledge gained, the paleontological and stratigraphic features of the sections including the K/Pg transition in the region were described in detail. The plates and descriptions of these specimens from Türkiye have been republished to draw attention to new micropaleontological genera and species from the section lines. Instead of including the geosite elements containing the K/Pg transition/boundary in the Eastern Black Sea region under the heading of "stratigraphy" in the general classification, a separate term for the classification of geosites, "paleobiological geosite", was proposed due to various reasons and different characteristics.

It is concluded that because of the K/Pg transition and boundary they contain, the Gököy Formation (Ordu), the Tonya Formation, the Şahinkaya Member (Trabzon), the Cankurtaran Formation, and the Ziyarettepe Formation (Artvin) should be registered as 'paleobiological geosites' and not be exploited for the extraction of industrial raw materials. In addition, Türkiye's geological diversity includes trilobites and conodonts (Triassic of Kocaeli and Pulur Massif), rudist, benthic and planktic foraminifera (Lycian Nappes, Beydağları, Bornova Flysch Zone, Eastern Taurus), nummulites (Eastern Anatolia, Southeastern Anatolia), and ammonites (Central Anatolia, Eastern Black Sea). Palaeontological and biostratigraphic data indicate new species and biozones in many localities, including corals (Adana Basin), larger benthic foraminifera (Adıyaman, Malatya), ostracods (Neogene Basins of Türkiye), macrofossils and primates (Central Anatolia), and various fossil faunas. These resources can be evaluated as 'palaeobiological geosite' points, instead of "stratigraphic" classification.

KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki fosil türlerinin yeniden kullanılmasına izin veren; Micropaleontology editörü Micheal Kaminski'ye, MTA Dergisi editörü Halim Mutlu'ya, Revue de Paléobiologie editörü Lionel Cavin'e çok kıymetli katkıları için teşekkür ediyorum. Trabzon ve Artvin yörelerindeki foraminifer mikropaleontolojisi çalışmalarına olan katkıları için Bilal Sarı (Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir) ve Lorenzo Consorti (ISPRA, İtalya)'ye teşekkürlerimi sunarım. Fosil faunanın profesyonel fotoğraf düzenlemesinde özverili katkılar sunan Jeo. Müh. Metin Çulfaz'a minnettarım. Makalenin ilk versiyonunu detaylı okuyan; Oğuz Mülayim (TPAO, Adıyaman) ve Onur Alkaç'a (Fırat Üniversitesi, Elazığ) yapmış olduğu katkılar için teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışma için herhangi bir destek alınmamış olup tüm finansman yazar tarafından sağlanmıştır. Bu çalışmayı, bentik foraminifer paleontolojisi üzerine; ülkemizde ve uluslararası alandaki çalışmaları ile tanınan Ercan Özcan (1961-2022) ve İbrahim Engin Meriç'in (1936-2024) aziz hatıralarına ithaf ediyorum. Türkiye Jeoloji Bülteni'nin baş editörü ve editörlerine, Hülya İnaner (Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir) ve ismi açıklanmayan diğer 3 hakeme özverili katkıları içinde teşekkür ediyorum.

ORCID

Fatih Köroğlu  <https://orcid.org/0000-0002-2430-1161>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Abdelghany, O., Abu Saimaa, M., Ramazanoğlu, S. & Arman, H. (2015). Stratigraphic correlation of the Late Cretaceous Simsima Formation United Arab Emirates and Akveren Formation, northwest Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, *111*, 296–306. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.07.025>
- Açıklım, S., Vellekoop, J., Ocakoğlu, F., Yılmaz, I. Ö., Smit, J., Altıner, S. Ö., Goderis, S., Vonhof, H., Speijer, R. P., Woelders, L., Fornaciarii, E. & Brinkhuis, H. (2015). Geochemical and palaeontological characterization of a new K-Pg Boundary locality from the Northern branch of the Neo-Tethys: Mudurnu-Göynük Basin, NW Turkey. *Cretaceous Research*, *52*, 251-267. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2014.07.011>
- Adamia, S., Alania, V., Chabukiani, A., Kutelia, Z. & Sadradze, N. (2011a). Greater Caucasus (Cavcasioni): A long-lived North-Tethyan back-arc basin. *Turkish Journal Earth Sciences*, *20*, 611-628.
- Adamia, S. A., Zakariadze, G. S., Chkhotua, T., Sadradze, N., Tsereteli, N., Chabukiani, A. & Gventsadze, A. (2011b). Geology of the Caucasus: A review. *Turkish Journal Earth Sciences*, *20*, 489-544.

- Aksay, A. ve Turhan, N. (1998). *Şavşat-Ardanuç (Artvin) Dolayının (Ardahan-F48 Paftası) Jeolojisi* (Rapor no: 10188). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).
- Albarède, F. (2009). *Geochemistry: an introduction*. Second Edition. Cambridge University Press.
- Ali, N. B. H., Memmi, L. & Ali, M. B. H. (2015). El Kef, Conservatory of the Memory of Earth and Humans in Tunisia: A Geodiversity to Discover and a Heritage to Protect El Kef, mémoire de la Terre et des humains en Tunisie: Une géodiversité à découvrir et un. In E. Errami, M. Brocx, V. Semeniuk (Eds.) *From Geoheritage to Geoparks, Case Studies from Africa and Beyond* (pp. 135-143). Springer.
- Alroy, J. (2010). Geographical, environmental and intrinsic biotic controls on Phanerozoic marine diversification. *Palaeontology*, 53(6), 1211-1235.
- Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F. & Michel, H. V. (1980). Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208 (4448), 1095-1108.
- Arawaka, Y., Li, X., Ebihara, M., Meriç, E., Tansel, İ., Bargu, S., Koral, H. & Matsumaru, K. (2003). Element profiles and Ir concentration of Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary layers at Medetli, Gölpazari, northwestern Turkey. *Geochemical Journal*, 37, 681-693.
- Armstrong, H. A. & Brasier, M. D. (2005). *Microfossils* (2nd edition). Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Ayaz, F. (1995). *Üst Kretase Yaşlı Şahinkaya Kireçtaşı'nın (Düzköy-Trabzon) Mikrofasiyes İncelemesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydın, F., Oğuz-Saka, S., Şen, Ç., Dokuz, A., Aiglsperger, T., Uysal, İ., Kandemir, R., Karşlı, O., Sarı, B. & Başer, R. (2020). Temporal, geochemical and geodynamic evolution of the Late Cretaceous subduction zone volcanism in the eastern Sakarya Zone, NE Turkey: Implications for mantle-crust interaction in an arc setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, 192, Article 104217. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.104217>
- Ayyıldız, T., Varol, B., Önal, M., Tekin, E. & Gündoğan, İ. (2015). Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary evaporites in the Malatya Basin, eastern Turkey. *Carbonates and Evaporites*, 30(4), 461-476. <https://doi.org/10.1007/s13146-015-0254-5>
- Bambach, R. K. (2006). Phanerozoic biodiversity mass extinctions. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 34, 127-155.
- Barrier, E., Vrielynck, B., Brouillet, J. F. & Brunet M. F. (2018). *Paleotectonic reconstruction of the Central Tethyan realm, tectono-sedimentary-palinspastic maps from late Permian to Pliocene*. Commission for the Geological Map of the World, www.ccgw.org (atlas of 20 maps).
- Bayhan, E. (2007). Clay mineralogy of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary sedimentary sequences of the Kalecik Region (Central Anatolia, Turkey). *Yerbilimleri*, 28(2), 127-136.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taşlı, K., Akdağ, K. & Özgür, S. (1995). Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. *Geologia*, 57(1-2), 233-244.
- Bensalem, H., (2002). The Cretaceous-Paleogene transition in Tunisia: general overview. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 178, 139 - 143.
- Benton, M. J. & Harper, D. A. (2020). *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record*. John Wiley & Sons.
- Boggs, S. (2013). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, 5th Edition. Pearson Prentice Hall.
- Bozkaya, Ö. ve Yalçın, H. (1991). Hekimhan doğu ve güney kesimindeki Üst Kretase-Tersiyer yaşlı sedimanter birimlerin mineralojisi ve jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 6, 234-252.
- Brady, H. B. (1881). Notes on some of the Reticularian Rhizopoda of the "Challenger" Expedition. Part III. *Quarterly Journal of Microscopical Science* (2) 21 (81), 31-71.
- Brilha, J., Andrade, C., Azerêdo, A., Barriga, F. J. A. S., Cachão, M., Couto, H., Cunha, P. P, Crispim, J. A., Dantas, P., Duarte, L. V., Freitas, M. C., Granja, M. H., Henriques, M. H., Henriques, P., Lopes, L., Madeira, J., Matos, J. M. X., Noronha, F., Pais, J., Piçarra, J., Ramalho, M. M., Relvas, J. M. R. S., Ribeiro, A., Santos, A., Santos, V. & Terrinha, P. (2005). Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. *Episodes*, 28(3), 177-186.

- Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8, 119-134.
- Brilha, J. (2018a). *Geoheritage: Inventories and evaluation. Assessment, Protection, and Management*. Elsevier Inc.
- Brilha, J. (2018b). Geoheritage and Geoparks. In *Geoheritage* (pp. 323–335). Elsevier.
- Bruno, D. E., Crowley, B. E., Gutak, J. M., Moroni, A., Nazarenko, O. V., Oheim, K. B., Ruban, D.A., Tiess, G. & Zorina, S. O. (2014). Paleogeography as geological heritage: Developing geosite classification. *Earth-Science Reviews*, 138, 300-312.
- Bulguroğlu, N. (1991). *Düzköy-Çayırbağı Yöresinin Jeolojik İncelemesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cameron, E. (2024) Objectivity in Geosites Inventorying and Assessment Methods. *Geoheritage*, 16, 30.
- Carcavilla, L., Durán, J. J., García-Cortés, Á. & López-Martínez, J. (2009). Geological heritage and geoconservation in Spain: past, present, and future. *Geoheritage*, 1, 75-91.
- Cleal, C. J., Thomas, B. A., Bevins, R. E. & Wimbledon, W. A. P. (1999). Geosites—an international geoconservation initiative. *Geology Today* 15 (2), 64–68
- Coccioni, R. & Premoli Silva, I. (2015). Revised Upper Albian–Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetostratigraphy of the classical Tethyan Gubbio section (Italy). *Newsletters on Stratigraphy*, 48(1), 47-90.
- Coccioni, R., Catanzariti, R., Frontalini, F., Galbrun, B., Jovane, L., Montanari, A., Savian, J. F. & Menichetti, M. (2016). Integrated magnetostratigraphy, biostratigraphy, and chronostratigraphy of the Paleogene pelagic succession at Gubbio (central Italy). *The Stratigraphic Record of Gubbio: Integrated Stratigraphy of the Late Cretaceous–Paleogene Umbria-Marche Pelagic Basin. Geological Society of America Special Papers*, 524, 139-160.
- Consorti, L. & Köroğlu, F. (2019). Maastrichtian-Paleocene larger Foraminifera biostratigraphy and facies of the Şahinkaya Member (NE Sakarya Zone, Turkey): insights for the Eastern Pontides arc sedimentary cover. *Journal of Asian Earth Sciences*, 183, Article103965. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2019.103965>
- Consorti, L., Schlagintweit, F., Köroğlu, F. & Rashidi, K. (2020). Stratigraphic record of *Eponides* Montfort, 1808 (benthic Foraminifera) from the Paleocene of the northern Neotethys margin. *Micropaleontology*, 66 (5), 369-376.
- Cowie, J. W., Zieger, W. & Remane, J. (1989) Stratigraphic commission accelerates progress, 1984–1989. *Episodes* 112,79–83
- Çapkınoğlu, Ş. (1981). *Borçka-Çavuşlu (Hopa) arasının jeolojisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çetiner, Z. S., Ertekin, C. & Yiğitbaş, E. (2018). Evaluating scientific value of geodiversity for natural protected sites: the Biga Peninsula, Northwestern Turkey. *Geoheritage*, 10, 49-65.
- Çiftçi, Y. & Güngör, Y. (2016). Proposals for the standard presentation of elements of natural and cultural heritage within the scope of geopark projects. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 153, 223-238.
- Dalbiez, F. (1956). *Notice explicative de la carte géologique de Tunisie*. Feuille Le Kef à 1/50000.
- Damholt, T. & Surlyk, F. (2012) *Nomination of Stevns Klint for inclusion in the World Heritage List*. Østsjælland Museum. <https://whc.unesco.org/uploads/nominations/1416.pdf>
- De Oca, C. S. M., Rodríguez-Tovar, F. J. & Martínez-Ruiz, F. (2016). Geochemical and isotopic characterization of trace fossil infillings: New insights on tracemaker activity after the K/Pg impact event. *Cretaceous Research*, 57, 391-401.
- Dinarès-Turell, J., Westerhold, T., Pujalte, V., Röhl, U. & Kroon, D. (2014). Astronomical calibration of the Danian stage (Early Paleocene) revisited: Settling chronologies of sedimentary records across the Atlantic and Pacific Oceans. *Earth and Planetary Science Letters*, 405, 119-131.
- Dixon, G. (1996). Geoconservation: An International Review and Strategy for Tasmania. Miscellaneous Report. *Parks and Wildlife Service* (pp 1–101.), Tasmania,
- Dokuz, A., Aydın, F. & Karlı, O. (2019). Postcollisional transition from subduction- to intraplate-type magmatism in the eastern Sakarya zone, Turkey:

- Indicators of northern Neotethyan slab breakoff. *GSA Bulletin*, 131, 1623–1642.
- Donze, P. (1979). “La Piste Du Hamman Mellegue” au SW du kef en Tunisie. In Christensen WK, Birkelund T (eds) *Proceedings Cretaceous-Tertiary boundary events symposium, II*. Copenhagen, p 237
- Dowling, R. K. & Newsome D. (2005). *Geotourism*. Elsevier.
- Dowling, R. K. (2013). Global geotourism—an emerging form of sustainable tourism. *Czech Journal of Tourism*, 2, 59-79.
- Ehrenberg. C. G. (1839). Ober die Bildung dei Kreidefelsen und des Krcidemergels durch unsichtbare Organismen. *Physikalische Abhandlungen der Konielichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 59-147.
- Elliot, D. H., Askin, R. A., Kyte, F. T. & Zinsmeister, W. J. (1994). Iridium and dinocysts at the Cretaceous-Tertiary boundary on Seymour Island, Antarctica: implications for the KT event. *Geology*, 22(8), 675-678.
- Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik İlişkisi. *Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsü (MTA) Dergisi*, 110, 1-15.
- Escorihuela, J. (2018). The role of the geotouristic guide in Earth science education: towards a more critical society of land management. *Geoheritage*, 10, 301-310.
- Esmeray-Senlet, S. (2020). Three major mass extinctions and their evolutionary radiations in their aftermath. In Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D & Ogg, G. M. (Eds), *The Geologic Time Scale 2020.1*, (pp. 125-137). Elsevier, Amsterdam.
- Esmeray-Senlet, S., Özkan-Altiner, S., Altiner, D. & Miller, K. G. (2015). Planktonic foraminiferal biostratigraphy, microfacies analysis and sequence stratigraphy across the Cretaceous/Paleogene boundary in the Haymana Basin, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Sedimentary Research*, 85, 489-508.
- Francis, J. E. & Poole, I. (2002). Cretaceous and early Tertiary climates of Antarctica: evidence from fossil wood. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 182(1-2), 47-64.
- Francis, J.E., Crame, J.A. & Pirrie, D. (2006). Cretaceous-Tertiary high-latitude palaeoenvironments, James Ross Basin, Antarctica: introduction. *Geological Society, London, Special Publications*, 258 (1), 1-5.
- García-Cortés, A., Rábano, I., Locutura, J., Bellido, F., Fernández-Gianotti, J., Martín-Serrano, A., Quesada, C., Barnolas, A. & Durán, J. J. (2001). First Spanish contribution to the Geosites Project: list of the geological frameworks established by consensus. *Episodes Journal of International Geoscience*, 24(2), 79-92.
- Gilabert, V., Batenburg, S. J., Arenillas, I. & Arz, J. A. (2022). Contribution of orbital forcing and Deccan volcanism to global climatic and biotic changes across the Cretaceous-Paleogene boundary at Zumaia, Spain. *Geology*, 50(1), 21-25.
- Görmüş, M. & Karaman, M. E. (1992). Facies changes and new stratigraphical-paleontological data in the Cretaceous-Tertiary boundary around the Söbüdağ (Çünür-Isparta). *Geosound*, 21, 43-47.
- Görmüş, M. (1992). Hekimhan (KB Malatya, Türkiye) yöresindeki istiflerin biyostratigrafik incelemesi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 7, 179-191.
- Görür, N. (1988). Timing of opening of the Black Sea Basin. *Tectonophysics* 147, 247–262.
- Görür, N. (1997). Cretaceous syn- to postrift sedimentation on the southern continental margin of the Western Black Sea Basin. In Robinson, A.G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 68, 227-240.
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. & Ogg, G. M. (Eds.). (2020). *Geologic Time Scale 2020*. Elsevier.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. John Wiley and Sons, Chichester, UK
- Gray, M. (2008). Geodiversity: the origin and evolution of a paradigm. In Burek CV, Prosser, CD (Eds.), *The History of Geoconservation. Geological Society of London Special Publication*, 300, 31–36.
- Güven, İ. H. (1993). *Doğu Pontidler'in 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu* (Rapor no:98). Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).

- Hallam, A. & Wignall, P. B. (1999). Mass extinctions and sea-level changes. *Earth-Sciences Review*, 48, 217-250.
- Hamilton, W. J. (1842). *Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia*. London.
- Hammer, Ø. & Harper, D. A. T. (2005). *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publications, Oxford, UK.
- Haq, B. U. (2014). Cretaceous eustasy revisited. *Global and Planetary Change*, 113, 44-58.
- Henriques, M. H., Canales, M. L., García-Frank, A. & Gomez-Heras, M. (2019). Accessible geoparks in Iberia: a challenge to promote geotourism and education for sustainable development. *Geoheritage*, 11, 471-484.
- Henriques, M. H., Pena dos Reis, R., Brilha, J. & Mota, T.S. (2011). Geoconservation as an emerging geoscience. *Geoheritage*, 3(2), 117-128.
- Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., Montalván-Burbano, N., Caicedo-Potosi, J. & Berrezueta, E. (2022). Geoheritage and geosites: A bibliometric analysis and literature review. *Geosciences*, 12(4), 169.
- Herrera-Franco, G., Mata-Perelló, J., Caicedo-Potosí, J. & Carrión-Mero, P. (2023). Vulnerability in Geosites: A Systematic Literature Review. In Leal Filho, W., Frankenberger, F., Tortato, U. (Eds.) *Sustainability in Practice*. World Sustainability Series. Springer, Cham.
- Hinte, J.E. (1976). A Cretaceous time scale. *AAPG Bulletin*, 60, 498-516.
- Hippolyte, J. C., Müller, C., Sangu, E. & Kaymakci, N. (2015). Stratigraphic comparisons along the Pontides (Turkey) based on new nannoplankton age determinations in the Eastern Pontides: geodynamic implications. *Geological Society of London, Special Publications*, 428, 323-358.
- Hofmann, C., Feraud, G. & Courtillot, V. (2000). ³⁹Ar/⁴⁰Ar dating of mineral separates and whole rocks from the western Ghats lava pile: Further constraints on duration and age of the Deccan Traps. *Earth Planetary Sciences Letters*, 180 (1-2), 13-27.
- Hose, T. A. (2005). Geotourism and interpretation. In Dowling, R.K. & Newsome, D. (Eds.), *Geotourism*. Elsevier
- İnan, N. & İnan, S. (2014). Stratigraphic ranges of the benthic foraminifera and microfacies of the upper Maastrichtian-Paleocene shallow marine carbonate successions in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Bulletin of Earth Sciences*, 35, 79-86.
- İnan, N. (1996). *Selimina spinalis* n.gen. n.sp., a new Upper Maastrichtian Foraminifer from Northeastern Turkey. *Revue de Paléobiologie*, 15/1, 215-223.
- İnan, N. (2003). *Cocoarota orali* n. sp. (Foraminifera) from Upper Maastrichtian-Lower Lutetian deposits of Turkey. *Micropaleontology*, 49, 201-204.
- İnan, N. ve Temiz, H. (1992). Niksar (Tokat) yöresinde Kretase/Tersiyer geçişinin litostratigrafik ve biyostratigrafik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35(1), 39-47. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/827c86daae06fd3_ek.pdf
- İnan, N., & İnan, S. (2008). Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde Selandiyen (Üst Paleosen) bentik foraminifer toplulukları ve stratigrafik dağılımları. *Yerbilimleri*, 29(3), 147-158.
- İnan, N., İnan, S. ve Kurt, İ. (1999). Doğu Pontidler'de Uyumlu Bentik K/T Geçışı: Tonya Formasyonu'nun (GB Trabzon) Şahinkaya Üyesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 42(2), 63-67. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/145a30ff80745b5_ek.pdf
- İnan, N., Tasli, K. & İnan, S. (2005). Laffitteina from the Maastrichtian-Paleocene shallow marine carbonate successions of the Eastern Pontides (NE Turkey): biozonation and microfacies. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25(2), 367-378.
- Jablonski, D. (2000). Micro-and macroevolution: scale and hierarchy in evolutionary biology and paleobiology. *Paleobiology*, 26(S4), 15-52.
- Kandemir, Ö., Akbayram, K., Çobankaya, M., Kanar, F., Pehlivan, S., Tok, T., Hakyemez, A., Ekmekçi, E., Danacı, F. & Temiz, U. (2019). From arc evolution to arc-continent collision: Late Cretaceous-middle Eocene geology of the Eastern Pontides, northeastern Turkey. *GSA Bulletin*, 131 (11-12), 1889-1906. <https://doi.org/10.1130/B31913.1>
- Kandemir, Ö., Kanar, F., Çobankaya, M., Pehlivan, Ş., Tok, T., Akbayram, K. ve Atıcı, G. (2017). *Artvin Borçka-Yusufeli Arasında Kalan Alanın Jeolojisi* (Rapor no: 13575). Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü.

- Karabeyoğlu, A. U., Özkan-Altın, S. & Altın, D. (2019). Quantitative analysis of planktonic foraminifera across the Cretaceous-Paleogene transition and observations on the extinction horizon, Haymana Basin, Turkey. *Cretaceous Research*, 104, Article 104169. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2019.06.015>
- Karslı, O., Aydın, F., Uysal, I., Dokuz, A., Kumral, M., Kandemir, R., Budakoglu, M. & Ketenci, M. (2018). Latest Cretaceous “A2-type” granites in the Sakarya Zone, NE Turkey: Partial melting of mafic lower crust in response to roll-back of Neo-Tethyan oceanic lithosphere. *Lithos*, 302-303, 312-328. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.12.025>
- Kaya, M. (1997). Niksar-Tokat yöresindeki Üst Kretase-Paleosen yaşlı Kırandağ ve Düdenyaylası formasyonlarının foraminifer içeriği. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 40(2), 85-100. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/381c2c35c9157f6_ek.pdf
- Kaya, M. ve Sipahi, F. (1999). Hacımehmet (Trabzon Güneyi) Dolaylarında Tonya Formasyonu'nun Bentik Foraminifer İçeriği ve Fasiyes Özellikleri. *11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı* (s. 80-89).
- Kaya-Özer, C. & Cakir, K. (2015). Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Campanian-Ypresian in the İzmit Province, Kocaeli Peninsula, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 11203-11237.
- Kazancı, N. (2010). *Jeolojik Koruma; Kavram ve Terimler*. Jeolojik Mirası Koruma Derneği.
- Kazancı, N. (2012). Geological background and three vulnerable geosites of the Kızılcahamam-Çamlıdere Geopark project in Ankara, Turkey. *Geoheritage* 4(4), 249-61
- Kazancı, N., Şaroğlu, F., Doğan, A. & Mülazımoğlu, N. (2012). Geoconservation and geoheritage in Turkey. In W.A.P. Wimbledon & S. Smith-Meyer (Eds.), *Geoheritage in Europe and its Conservation, ProGeo Special Publication*. Oslo, Norway, pp. 366-377.
- Kazancı, N., Şaroğlu, F. & Suludere, Y. (2015). Geological heritage and framework list of the geosites in Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151, 259-268. (in Turkish)
- Keller, G. (1988a) Biotic turnover in benthic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 66, 153-171.
- Keller, G. (1988b) Extinction, survivorship and evolution of planktic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Marine Micropaleontology*, 13, 239-263.
- Keller, G. (2012). The Cretaceous-Tertiary mass extinction, Chicxulub impact, and Deccan volcanism. In J. A. Talent. (Ed.), *Earth and Life* (pp. 759-793). Springer, Doetinchem.
- Keller, G., Li, L. & MacLeod, N. (1995). The Cretaceous/Tertiary boundary stratotype section at El Kef, Tunisia: how catastrophic was the mass extinction? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119, 221-254.
- Keller, G., Mateo, P., Monkenbusch, J., Thibault, N., Punekar, J., Spangenberg, J. E., Abramovich, S., Ashkenazi-Polivoda, S., Schoene, B., Eddy, M. P., Kyle M. Samperton, K. M., Khadri, S. F. R. & Adatte, T. (2020). Mercury linked to Deccan Traps volcanism, climate change and the end-Cretaceous mass extinction. *Global and Planetary Change*, 194, Article 103312. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103312>
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. *Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsü (MTA) Dergisi*, 66, 20-34.
- Kırmacı, M. Z. & Akdağ, K. (2005). Origin of dolomite in the Late Cretaceous-Paleocene limestone turbidites, eastern Pontides, Turkey. *Sedimentary Geology*, 181 (1), 39-57.
- Konak, N., Hakyemez, Y., Bilgiç, T., Bilgin, R., Hepşen, N. ve Ercan, T. (2001). *Kuzeydoğu Pontidler'in (Oltu- Olur-Şenkaya-Narman-Tortum-Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi* (Rapor no: 10489), Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).
- Korkmaz, S. (1993). Tonya-Düzköy (GB-Trabzon) Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 151-158. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/837a451cd0abc5c_ek.pdf
- Köroğlu, F. (2018). *Stratigraphical, micropaleontological and sedimentological investigation of Şahinkaya Member in Çayırbağı-Çalköy (Düzköy/Trabzon) region* [Unpublished MSc. Thesis]. Recep Tayyip Erdoğan University Graduate School of Natural and Applied Sciences.

- Köroğlu, F. (2023). *Cretaceous-Paleogene (K/Pg) biostratigraphy, sedimentology and tectono-stratigraphic position of Ziyarettepe Formation: Eastern Sakarya Zone, (Ardanuç/Artvin) NE Turkey* [Unpublished Ph.D Thesis]. Ankara University Graduate School of Natural and Applied Sciences.
- Köroğlu, F. (2024a). Cehennem Deresi Canyon (s): Outstanding Geomorphology, Geohéritage, and Geotourism Assets, Ardanuç (Artvin), Eastern Black Sea/NE Türkiye. *Geohéritage*, 16(3), Article 87. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00997-z>
- Köroğlu, F. (2024b). Doğu Karadeniz'in Karstik Oluşumları: Karaca (Torul, Gümüşhane) ve Çal (Düzköy, Trabzon) Mağaralarının Jeoturizm Potansiyeli. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 67(2), 195-230. <https://doi.org/10.25288/tjb.1388372>
- Köroğlu, F. & Kandemir, R. (2019). Vulnerable Geosites of Çayırbağı-Çalköy (Düzköy-Trabzon) in the Eastern Black Sea Region of NE Turkey and Their Geotourism Potential. *Geohéritage*, 11, 1101-1111.
- Köroğlu, F. & Mülayim, O. (2023). Geoconservation Strategies of Türkiye. *Geohéritage*, 15, Article 97. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00862-5>
- Kubáliková, L., Kirchner, K., Kuda, F., & Bajer, A. (2020). Assessment of Urban Geotourism Resources: An Example of Two Geocultural Sites in Brno, Czech Republic. *Geohéritage*, 12 Article 7. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00434-x>
- Kurt, İ. (1998). *Doğu Pontid'lerde Kretase/Tersiyer geçişinin paleontolojik incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kurt, İ., Özkan, M. K., Karşlı, Ş., Çolak, T. ve Topçu, T. (2006). *Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Jeodinamik ve Metalojenik Evrimi* (Rapor no: 10875). Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (yayımlanmamış).
- Machalski, M., Strózyk, K. & Grabarczyk, A. (2019). The Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary site at Lechówka—a new point on the geohéritage map of southeastern Poland. *Geohéritage*, 11, 1237-1245. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00356-3>
- Machalski, M., Vellekoop, J., Dubicka, Z., Peryt, D. & Harasimiuk M. (2016). Late Maastrichtian cephalopods, dinoflagellate cysts and foraminifera from the Cretaceous–Paleogene succession at Lechówka, southeast Poland: stratigraphic and environmental implications. *Cretaceous Research*, 57, 208–227.
- Macleod, N., Rawson, P. F., Forey, P. L., Banner, F. T., Boudagher-Fadel, M. K., Bown, P. R., Burnett, J. A., Chambers, P., Culver, S., Evans, S. E., Jeffery, C., Kaminski, M. A., Lord, A. R., Milner, A. C., Milner, A. R., Morris, N., Owen, E., Rosen, B. R., Smith, A. B., Taylor, P. D., Urquhart, E. & Young, J. R. (1997). The Cretaceous-Tertiary biotic transition. *Journal of Geological Society*, 154, 265-292.
- Martínez Martín, J. E. & Mariñoso, P. E. (2021). Zumaia Flysch geosite: a spectacular “diary” of earth history. *International Journal of Earth Sciences*, 110(5), 1681-1682. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02012-0>
- Martín-Peinado, F. J. & Rodríguez-Tovar, F. J. (2016). Researching protected geosites: in situ and non-destructive analysis of mass-extinction bioevents. *Geohéritage*, 8(4), 351–357. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0170-z>
- Mathur, S., Tripathi, R. P., Mathur, S. C., Mathur, S. & Gaur, S. D. (2019a). Implication from chemical study of magnetic spherules from a thin Ferruginous layer located in Fatehgarh Formation of Barmer Basin, India. *Journal of the Geological Society of India*, 93, 56-60. <https://doi.org/10.1007/s12594-019-1122-z>
- Mathur, S., Tripathi, R. P., Mathur, S. C. & Mathur, S. (2019b). Mössbauer spectroscopic study of phosphatic sediments collected from Fatehgarh formation of Northern Barmer Basin, Western Rajasthan. *Journal of the Geological Society of India*, 94, 590-594. <https://doi.org/10.1007/s12594-019-1365-8>
- Mathur, S., Sharma, S., Singh, S. K., Rathore, S. S. & Mathur, S. C. (2023). Late Cretaceous–Early Paleocene Geodiversity of Fatehgarh Formation of Petroliferous Barmer Basin, Western Rajasthan, India: A Potential Geopark Site. *Geohéritage*, 15(2), Article 54. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00817-w>
- Matsumaru, K., Meriç, E., Özkar, İ., Arakawa, Y. & Korkmaz, S. (1998). Preliminary note of the K/T boundary sediments in Gököy areas, Black Sea Region, in Turkey. *Journal of Saitama University Faculty Education (Math. Nat. Sci.)* 47, 41-47.

- Matsumaru, K. (2016). Larger foraminiferal biostratigraphy of the Upper Cretaceous (Campanian) to Paleogene (Lutetian) sedimentary rocks in the Haymana and Black Sea regions, Turkey. *Micropaleontology*, 62 (1), 1-68.
- Meriç E. & Şengüler İ. (1986). New observations on the stratigraphy of Upper Cretaceous-Paleocene around Göynük (Bolu, northwest Anatolia). *Jeoloji Mühendisliği*, 29, 61-64.
- Meriç, E. & İnan, N. (1998). *Sirelina orduensis* (Foraminifer) a new genus and species from the Maastrichtian of north-east Anatolia (Gölköy-Ordu). *Micropaleontology*, 44(2), 195-200.
- Meriç, E. ve Tansel, İ. (1987). Adıyaman (Güneydoğu Anadolu) yöresinde *Omphalocyclus macroporus-Orbitoides medius* biyozonu'nun stratigrafik konumu. *Jeoloji Mühendisliği*, 30-31, 43-46.
- Meriç, E., Oktay, F. Y., Toker, V., Tansel, T. ve Duru, M. (1987). Adıyaman yöresi Üst Kretase-Eosen istifinin sedimenter jeolojisi ve biyostratigrafisi (foraminifer, nannoplankton ve ostrakod). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 30(2), 19-32. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/2547f5a44d87da3_ek.pdf
- Meriç, E., Tansel, İ. ve Şengüler, İ. (1995). *Pseudosiderolites vidali* (Douville)'nin Doğu Pontid'lerdeki (G Trabzon) stratigrafik konumu. *Yerbilimleri*, 26, 123-129.
- Migoñ, P. & Pijet-Migoñ, E. (2017). Viewpoint geosites—values, conservation and management issues. *Proceedings of the Geologists' Association*, 128(4), 511-522.
- Mikhailenko, A.V., Ruban, D.A., & Ermolaev, V.A. (2021). Accessibility of geoh heritage sites—a methodological proposal. *Heritage*, 4(3), 1080-1091.
- Molina, E., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Gallala, N., Hardenbol, J., von Salis, K., Steurbaut, E., Vandenberghe, N. & Zaghib-Turki, D. (2006). The Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, “Tertiary”, Cenozoic) at El Kef, Tunisia: original definition and revision. *Episodes*, 29(4), 263 - 278.
- Molina, E., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Gallala, N., Grajales-Nishimura, J. M., Murillo-Muñeton, G. & Zaghib-Turki, D. (2009). The Global Boundary Stratotype Section and Point for the base of the Danian Stage (Paleocene, Paleogene, “Tertiary”, Cenozoic): auxillary sections and correlation. *Episodes*, 32, 84-95.
- Montanari, A. & Coccioni, R. (2019). The serendipitous discovery of an extraterrestrial iridium anomaly at the Cretaceous–Paleogene boundary in Gubbio and the rise of a far-reaching theory, *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 58, 77-83.
- Munteanu, I., Matenco, L., Dinu, C. & Cloetingh, S. P. L. (2011). Kinematics of back-arc inversion of the Western Black Sea Basin. *Tectonics*, 30, 1-21.
- Murphy, M. A. & Salvador, A. (1999). International Stratigraphic Guide-An abridged version. *Episodes*, 22(4), 255-271.
- Mülayim, O., Köroğlu, F. & Alkaç, O. (2024). Industrial Geotourism and Geoeducation Potential of SE Türkiye: A Case Study of the Petroleum Industry in the Adıyaman Region. *Geoheritage*, 16(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00923-3>
- Neto, K., Henriques, M.H. (2023). Geoh heritage of the Príncipe UNESCO World Biosphere Reserve (West Africa): Selected Geosites. *Geoheritage*, 15(4):118. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00887-w>
- Nikishin, A. M., Okay, A., Tüysüz, O., Demirer, A., Wannier, M., Amelin, N. & Petrov, E. (2015). The Black Sea basins structure and history: new model based on new deep penetration regional seismic data. Part 2: tectonic history and paleogeography. *Marine Petroleum Geology*, 59, 656-670.
- Okay, A.I., Şengör, A.M.C. & Görür, N. (1994). Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding region. *Geology*, 22, 267-270.
- Okay, A. I. & Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides, In A. Robinson, (Ed.), Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding regions. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 68, 291-311.
- Okay, A.I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan Sutures Northern Turkey. In “The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within The Alpine Orogen”. *Geological Society, London, Special Publication*, 156, 475-515.
- Okay, A. I. & Nikishin, A. M. (2015). Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review*, 57, 1051-1076.

- Özcan, Z., Okay, A. I., Özcan, E., Hakyemez, A. & Özkan-Altın, S. (2012). Late Cretaceous-Eocene Geological Evolution of the Pontides Based on New Stratigraphic and Palaeontologic Data Between the Black Sea Coast and Bursa (NW Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 933-960.
- Özcan, E., van Gorsel, J. T., Sarı, B., Yücel, A. O., Erbay, S. & Okay, A. I. (2019). Primitive Helicorbitoides (Foraminifera) and associated larger benthic foraminifera from the Campanian Tonya Formation, Trabzon, eastern Pontides, NE Turkey. *Cretaceous Research*, 101, 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2019.04.006>
- Özcan, E., Yücel, A. O., Catanzariti, R., Kaygılı, S., Okay, A. I., Simmons, M. D., Pignatti, J., İftikhar, A. A. & Erbil, Ü. (2021). Multiple Orbitoides d'Orbigny lineages in the Maastrichtian? Data from the Central Sakarya Basin (Turkey) and Arabian Platform successions (Southeastern Turkey and Oman). *Swiss Journal of Palaeontology*, 140(1), 1-30.
- Özdamar, Ş. (2016). Geochemistry and geochronology of late Mesozoic volcanic rocks in the northern part of the Eastern Pontide Orogenic Belt (NE Turkey): Implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean. *Lithos*, 248-251, 240-256.
- Özer, S., Sözbilir, H., Özkar, İ., Toker, V. & Sarı, B. (2001). Stratigraphy of Upper Cretaceous-Paleogene sequences in the southern and eastern Menderes Massif (western Turkey). *International Journal of Earth Sciences*, 89, 852-866.
- Özer, S., Meriç, E., Görmüş, M. & Kanbur, S. (2009). Biogeographic distribution of rudists and benthic foraminifera: an approach to Campanian-Maastrichtian palaeobiogeography of Turkey. *Geobios*, 42, 623-638.
- Özer, S. & Mülayim, O. (2022). Geoconservation and geotourism potential of vulnerable rudist fossil geosites from SE Anatolia (Turkey). *Geoheritage*, 14, Article 12. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00650-7>
- Özkan, S. & Altın, D. (1987). Maastrichtian planktonic foraminifera from the Germav Formation in Gercüş area (SE Anatolia, Turkey), with notes on the suprageneric classification of globotruncanids. *Revue de Paléobiologie*, 6(2), 261-277.
- Özkar, İ. ve Kırıcı, E. (1997). GB Trabzon Yöresinin Planktik Foraminifer Biyostratigrafisi. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 10, 79-93.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A. (1981). Doğu Pontidler'de Kretase. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi Jeoloji*, 1-2, 65-114.
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A., Eren, A. ve Çapkınoğlu, Ş. (1982). Ardanuç (Artvin) yöresinin jeolojisi. *Karadeniz Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi Jeoloji*, 2, 21-38.
- Pál, M., Albert, G. (2021). Examining the spatial variability of geosite assessment and its relevance in geosite management. *Geoheritage*, 13(1), Article 8. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00528-6>
- Patzak, M., & Eder, W. (1998). "UNESCO GEOPARK". A new programme-a new UNESCO label. *Geologica Balcanica*, 28, 33-36.
- Petrović, M. D., Lukić, D. M., Radovanović, M., Vujko, A., Gajić, T. & Vuković, D. (2017). "Urban geosites" as an alternative geotourism destination-evidence from Belgrade. *Open Geosciences*, 9(1), 442-456.
- Premoli-Silva, I. & Verga, D. (2004). *Practical Manual Of Cretaceous Planktonic Foraminifera*. International School on Planktonic Foraminifera, 3. Course: Cretaceous. Verga and Rettori Eds. Universities of Perugia and Milan, Tipografia Pontefelcino, 283, (Italy) Perugia.
- ProGeo Group, 1998. A first attempt at a geosites framework for Europe- an IUGS initiative to support recognition of World heritage and European geodiversity. *Geologica Balcanica* 28, 5-32.
- Prosser, C. D., Murphy, M. & Larwood, J. G. (2006). Geological site conservation. In *Geological conservation—a guide to good practice* (pp. 15–36). English Nature.
- Prosser, C. D., Díaz-Martínez, E. & Larwood, J. G. (2018). The Conservation of Geosites. In *Geoheritage* (pp. 193–212). Elsevier.
- Racki, G., Machalski, M., Koeberl, C. & Harasimiuk, M. (2011). The weathering-modified iridium record of a new Cretaceous—Palaeogene site at Lechówka near Chełm, SE Poland, and its palaeobiologic implications. *Acta Palaeontologica Polonica*, 56 (1), 205-215.

- Racki, G. (2020). Big 5 Mass Extinctions. In *Encyclopedia of Geology*, 2 ed. (pp. 603-616), Elsevier, (The Netherlands) Amsterdam.
- Ray, D. C., van Buchem, F. S. P., Baines, G., Davies, A., Gréselle, B., Simmons, M. D. & Robson, C. (2019). The magnitude and cause of short-term eustatic Cretaceous sea-level change: A synthesis. *Earth-Sciences Review*, 197, Article 102901. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102901>
- Robertson, A., Boulton, S. J., Tashi, K., Yıldırım, N., İnan, N., Yıldız, A. & Parlak, O. (2015). Late Cretaceous-Miocene sedimentary development of the Arabian continental margin in SE Turkey (Adıyaman Region): implications for regional palaeogeography and the closure history of Southern Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 115, 571-616.
- Rocchia, R., Boclet, D., Bonte, Ph., Donze, P., Jehanno, C., Froget, L. & Robin, E. (1992) The K/T event time scale and the Iridium anomaly. *The importance of the site of El Kef, Tunisia workshop on Cretaceous- Tertiary transitions at El Kef*, pp 15–16.
- Rodríguez-Tovar, F. J. & Uchman, A. (2006). Ichnological analysis of the Cretaceous–Palaeogene boundary interval at the Caravaca section, SE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 242 (3-4), 313-325.
- Ruban, D. A. (2010). Quantification of geodiversity and its loss. *Proceedings of the Geologists' Association*, 121, 326-333
- Sarı, B. (2009). Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Coniacian-Maastrichtian sequences of the Bey Dağları Autochthon, western Taurides, Turkey: thin-section zonation. *Cretaceous Research*, 30(5), 1103-1132.
- Ruban, D. & Kuo, I.-L. (2010). Essentials of geological heritage site (geosite) management: A conceptual assessment of interests and conflicts. *Natura Nascosta*, 41, 16-31.
- Sarı, B. (2013). Late Maastrichtian-late Palaeocene planktic foraminiferal biostratigraphy of the matrix of the Bornova Flysch Zone around Bornova (İzmir, western Anatolia, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 143-171.
- Sarı, B., Kandemir, R., Özer, S., Walaszczyk, I., Görmüş, M., Demircan, H. & Yılmaz, C. (2014). Upper Campanian calciclastic turbidite sequences from the Hacımehmet area (eastern Pontides, NE Turkey): integrated biostratigraphy and microfacies analysis. *Acta Geologica Polonica*, 64 (4), 393-418.
- Sarı, B. (2017). Lithostratigraphy and planktonic foraminifera of the uppermost Cretaceous-Upper Paleocene strata of the Tavas nappe of the Lycian nappes (SW Turkey). *Geologia Croatica*, 70 (3), 163-177.
- Sarıgül, V., Hakyemez, A., Tüysüz, O., Can Genç, Ş., Yılmaz İ. Ö. & Özcan, E. (2017). Maastrichtian-Thanelian planktonic foraminiferal biostratigraphy and remarks on the K-Pg boundary in the southern Kocaeli Peninsula (NW Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 26, 1-29.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., Bralower, T. J., Christeson, G. L., Claeys, P., Cockell, C. S., Collins, G. S., Deutsch, A., Goldin, T. J., Goto, K., Grajales-Nishimura, J. M., Grieve, R. A. F., Gulick, S. P. S., Johnson, K. R., Kiessling, W., Koeberl, C., Kring, D. A., MacLeod, K. G., Matsui, T., Melosh, J., Montanari, A., Morgan, J. V., Neal, C. R., Douglas, J. N., Norris, R. D., Pierazzo, E., Ravizza, G., Rebolledo-Vieyra, M., Reimold, W. U., Robin, E., Salge, T., Speijer, R.P., Sweet, A. R., Urrutia-Fucugauchi, J., Vajda, V., Whalen, M. T. & Willumsen, P. S. (2010). The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science*, 327(5970), 1214-1218. <https://doi.org/10.1126/science.1177265>
- Sepkoski, J. J. (1997). Biodiversity: past, present, and future. *Journal of Paleontology*, 71(4), 533-539.
- Serra-Kiel, J., Vicedo, V., Baceta, J. I., Bernaola, G. & Robador, A. (2020). Paleocene Larger Foraminifera from the Pyrenean Basin with a recalibration of the Paleocene Shallow Benthic Zones. *Geologica Acta*, 18(8), 1-69, I–III.
- Serrano, E. & Ruis-Flano, P. (2007). Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62(3), 140-147.
- Sinnesael, M., Montanari, A., Frontalini, F., Coccioni, R., Gattacceca, J., Snoeck, C., Wegner, W., Koeberl, C., Morgan, L. E., de Winter, N. J., DePaolo, D. J. & Claeys, P. (2019). Multiproxy Cretaceous-Paleogene boundary event stratigraphy: An Umbria-marche basinwide perspective. In C. Koeberl & D. M. Bice (Eds.),

- 250 million years of earth history in Central Italy: Celebrating 25 years of the Geological Observatory of Coldigioco, Geological Society of America Special Paper (Vol. 542, pp. 133–158).
- Sirel, E. (1969). Rotaliidae familyasına ait yeni bir cins *Orduina* n. gen. ve türü hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi* 73, 160-162.
- Sirel, E., Dağar, Z. & Sözeri, B. (1986). Some biostratigraphic and paleogeographic observations on the Cretaceous-Tertiary boundary in the Haymana-Polatlı region (Central Turkey), In Walliser, O., (Ed.) Global Bioevents. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 8, 385-396.
- Sirel, E. (1994). *Orduina erki* 1969 renamed as *Laffitteina erki* (Sirel) from the Thanetian of Ordu and Burdur (Turkey). *Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 116, 47-48.
- Sirel, E. (1996). Description and geographic, stratigraphic distribution of the species *Laffitteina Marie* from the Maastrichtian and Paleocene of Turkey. *Revue de Paléobiologie*, 15, 3-35.
- Sirel, E. (1998). *Foraminiferal Description and biostratigraphy of the Paleocene-Lower Eocene shallow water limestones and discussion on the Cretaceous-Tertiary boundary in Turkey*. General Directorate of the Mineral Research and Exploration Monography Series No.2.
- Sirel, E. (1999). Four new genera (*Haymanella*, *Kayseriella*, *Elazigella* and *Orduella*) and one new species of *Hottingerina* from the Paleocene of Turkey. *Micropaleontology*, 45(2), 113-137.
- Smit, J. (1999). The Global Stratigraphy of the Cretaceous-Tertiary Boundary Impact Ejecta. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 27, 75-113.
- Sofracioğlu, D. (2011). *Trabzon yöresindeki Geç Kretase kalsitürbiditlerinin sedimentolojik ve paleontolojik incelemesi (KD Türkiye)* [Yüksek Lisans Tezi]. K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 126 s.
- Solak, C., Taşlı, K. & Koç, H. (2017). Biostratigraphy and facies analysis of the Upper Cretaceous–Danian? platform carbonate succession in the Kuyucak area, western Central Taurides, S Turkey. *Cretaceous Research*, 79, 43-63.
- Soycan, H. & Hakyemez, A. (2018). The first calibration of radiolarian biochronology with Late Cretaceous (latest Coniacian–Santonian to early Campanian) planktonic foraminifera in the volcano-sedimentary sequences of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Cretaceous Research*, 85, 319-348.
- Speijer, R. P., Pälke, H., Hollis, C. J., Hooker, J. J. & Ogg, J. G. (2020). The Paleogene period. In *Geologic time scale 2020* (pp. 1087-1140). Elsevier.
- Surlyk, F., Damholt, T. & Bjerager, M. (2006) Stevns Klint, Denmark: upper most Maastrichtian chalk, Cretaceous-Tertiary boundary, and lower Danian bryozoan mound complex. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 54, 1–48.
- Şahin, N. (1987). *Kaymakam Kayası ve Tonya yöreleri Üst Kretase istiflerinin heterohelcid ve küçük bentonik foraminifer faunası* [Yüksek Lisans Tezi]. K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 47 s.
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tansel, İ. (1989). Ağva (İstanbul) yöresinde Geç Kretase-Paleosen sınırı ve Paleosen biyostratigrafisi. *TPJD Bülteni*, 1/3, 211-218.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A. (1980). Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 23, 179-192.
- Theodossiou-Drandaki, I., Nakov, R., Wimbledon, W. A. P., Serjani, A., et al. (2004). IUGS Geosites project progress-a first attempt at a common framework list for South Eastern European Countries. In Parkes, M.A. (Ed.) *Natural and Cultural Landscapes*. The Geological Foundation, Royal Irish Academy.
- Todorov, T. & Wimbledon, W. A. (2004). Geological heritage conservation on international, regional, national and local levels. *Polish Geological Institute Special Papers*, 13, 9-12.
- Toker, V. (1977). Haymana ve Kavak formasyonlarındaki planktonik foraminifera ve nannoplanktonlar. *TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi* (s. 57-70), Ankara.
- Toker, V. (1980). Haymana yöresi (GB Ankara) nannoplankton biyostratigrafisi. *TJK Bülteni*, 23(2), 165-178.
- Toker, V., Sonel, N., Ayyıldız, T. ve Albayrak, M. (1993). Akseki Kuzeyi-Üzümdere (Antalya)

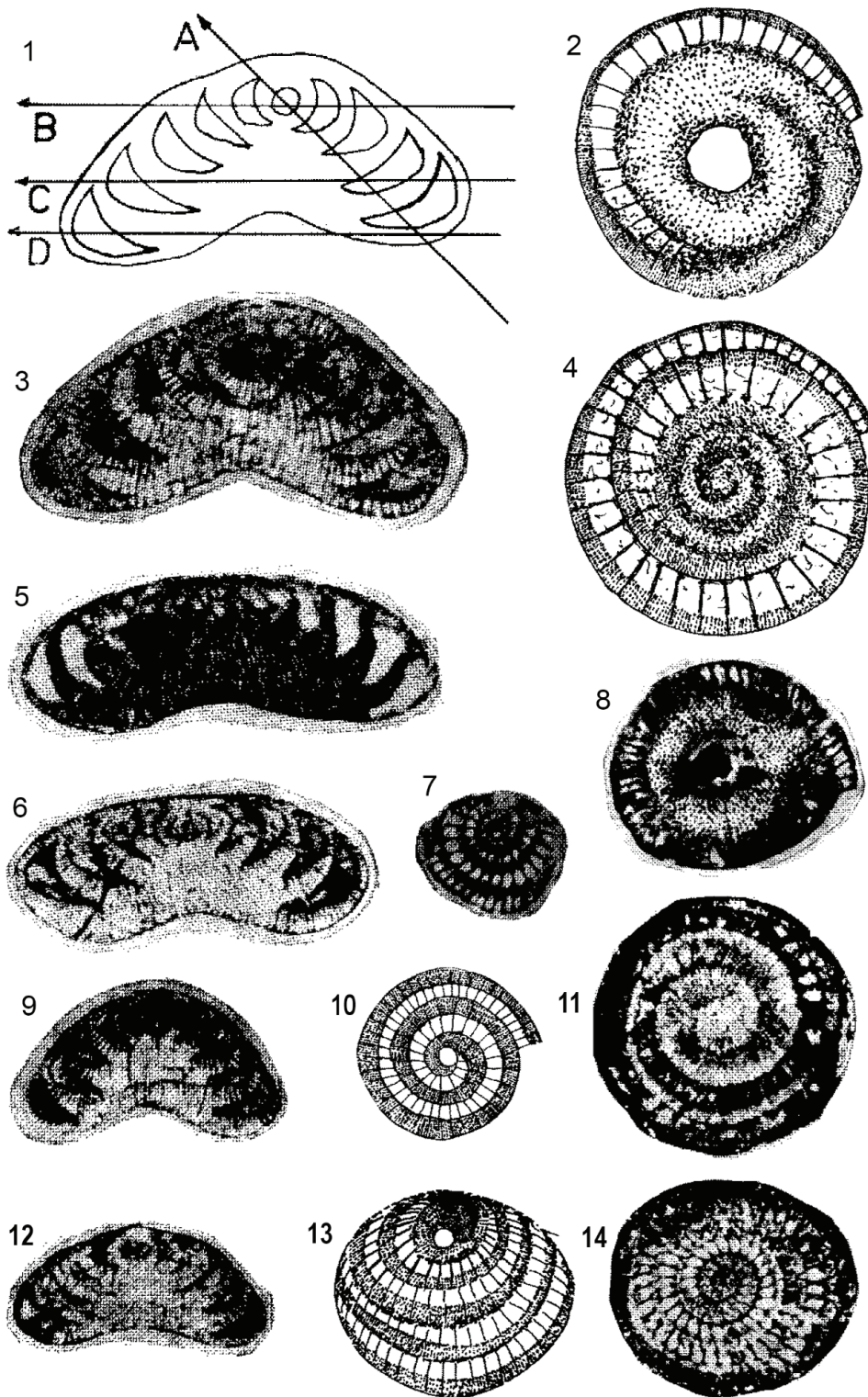
- Civarinın Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 57-71. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/b4224068a41c5d3_ek.pdf
- URL 1: <http://www.progeo.ngo/index.html>
- URL 2: <https://stratigraphy.org/gssps/>
- URL 3: <https://iugs-geoheritage.org/publications/>
- URL 4: <https://geoparkea.eu/en/science-education/geology>
- URL 5: <https://www.geo.vu.nl/~smit/ktboundary/ktboundary.html>
- URL 6: <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>
- Vellekoop, J., Woelders, L., Açıklım, S., Smit, J., van de Schootbrugge, B., Yılmaz, I. O., Brinkhuis, H. & Speijer, R. P. (2017). Ecological response to collapse of the Biological pump following the mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Biogeosciences*, 14, 885-900. <https://doi.org/10.5194/bg-14-885-2017>
- Wang, L., Tian, M. & Wang, L. (2015). Geodiversity, geoconservation and geotourism in Hong Kong global geopark of China. *Proceedings of the Geologists' Association*, 126(3), 426-437.
- Ward, P. D., Kennedy, W. J., MacLeod, K. G. & Mount, J. F. (1991). Ammonite and inoceramid bivalve extinction patterns in Cretaceous/Tertiary boundary sections of the Biscay region (southwestern France, northern Spain). *Geology*, 19(12), 1181-1184.
- Weishampel, D. B. & Kerscher, O. (2013). Franz Baron Nopcsa. *Historical Biology*, 25(4), 391-544.
- Westerhold, T., Marwan, N., Drury, A. J., Liebrand, D., Agnini, C., Anagnostou, E., Barnet, J. S. K., Bohaty, S. M., De Vleeschouwer, D., Florindo, F., Frederichs, T., Hodell, D. A., Holbourn, A. E., Kroon, D., Laurentino, V., Littler, K., Lourens, L. J., Lyle, M., Pälike, H., Röhl, U., Tian, J., Wilkens, R. H., Wilson, P. A. & Zachos, J. C. (2020). An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years. *Science*, 369, 1383-1388. <https://doi.org/10.1126/science.aba6853>
- Wimbledon, W. A. P. & Smith-Meyers, S. (2012). *Geoheritage in Europe and its conservation*. PeoGEO Special Publication.
- Wimbledon, W. A. P. (1996). National site election, a stop on the road to a European Geosite List. *Geologica Balcanica*, 26, 15-27.
- Yalçın, H. & Bozkaya, Ö. (1996). A new discovery of the Cretaceous/Tertiary boundary from the Tethyan belt, Hekimhan Basin, Turkey: mineralogical and geochemical evidence. *International Geology Review*, 38, 759-767.
- Yalçın, H. ve İnan, N. (1992). Tecer formasyonunda (Sivas) Kretase-Tersiyer geçişine paleontolojik, mineralojik ve jeokimyasal yaklaşımlar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 95-102. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/8fa333e99a338c8_ek.pdf
- Yıldız, A. & Gürel, A. (2005). Paleontological diagenetic and facies characteristics of Cretaceous-Paleogene boundary sediments in the Ordu, Yavuzlu and Uzunisa areas, Eastern Pontides NE Turkey. *Cretaceous Research*, 26, 329-341.
- Yıldız, A. ve Toker, V. (1995). Gürün Yöresi (Sivas) Konakpınar formasyonu K/T sınırı. *TJK Bülteni*, 10, 11-24.
- Yılmaz, A., Adamia, S., Chabukiani, A., Chkhotua, T., Erdoğan, K., Tuzcu, S., & Karabiyikoğlu, M. (2000). Structural correlation of the southern Transcaucasus (Georgia)-eastern Pontides (Turkey). *Geological Society, London, Special Publications*, 173(1), 171-182.

Levha 1

Orduina erki n. gen. n. sp. Sirel, 1969

1. *Orduina erki* var. *conica* n. var. kesitlerinin basitleştirilmiş çizimi
2. Orta boşluktan geçen yatay kesit
3. *Orduina erki* var. *conica* n. var. Aksiyal kesit, holotip, 30X
4. Yatay kesit, ekvatoryal kesite paralel ve tabana yakın
5. *Orduina erki* n. gen. n. sp. Aksiyal kesit, holotip, 18X
6. *Orduina erki* n. gen. n. sp. Aksiyal kesit, paratip, 21X
7. *Orduina erki* var. *conica* n. var. Eğik ekvatoryal kesit, 21X
8. *Orduina erki* n. gen. n. sp. Orta boşluktan geçen yatay kesit, paratip, 20X
9. *Orduina erki* var. *conica* n. var. Aksiyal kesit, paratip, 22X
10. İki sarılım içeren ekvatoryal kesit
11. *Orduina erki* n. gen. n. sp. ekvatoryal kesite paralel yatay kesit, paratip, 26X
12. *Orduina erki* var. *conica* n. var. Aksiyal kesit, paratip, 21X
13. Eğik ekvatoryal kesit
14. *Orduina erki* n. gen. n. sp. Yarı ekvatoryal kesit, paratip, 26X

Levha 1

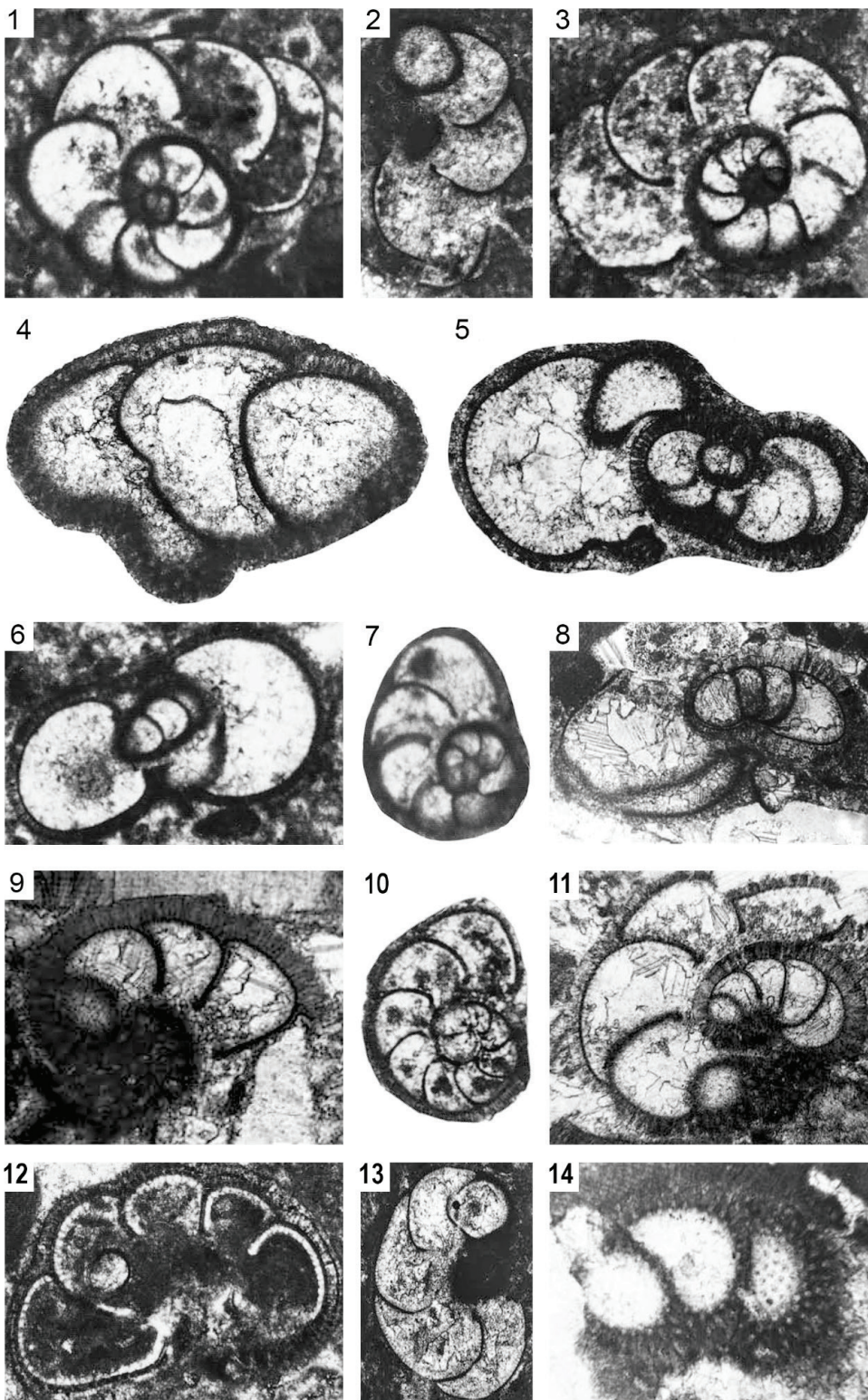


Levha 2

***Cocoarota orali* n. sp. İnan, 2003**

1. Ekvatoryal kesit, holotip, Tecer Dağı (Sivas), X65
2. Göbek flabı, açıklık ve yarı epidermal bölümleri gösteren yatay kesit, Tecer Dağı (Sivas), X60
3. Ekvatoryal kesit, Safranbolu (Karabük), X65
4. Yarı aksiyal kesit, Safranbolu (Karabük), X65
5. Ekvatoryal kesit, Baskil (Elazığ), X50
6. İnterkameral foramenleri gösteren eğik kesit, Andırın (Kahramanmaraş), X65
7. Ekvatoryal kesit, Gököy (Ordu), X50
8. Büyük altıgen gözenekleri gösteren eğik kesit, Andırın (Kahramanmaraş), X80
9. Ekvatoryal düzlemde eğik kesit, Safranbolu (Karabük), X65
10. Göbek flabı, açıklık ve yarı epidermal bölümleri gösteren yatay kesit, Tecer Dağı (Sivas), X60
11. Göbek süsünü gösteren eğik kesit, eğimli ekvatoryal düzlem, Andırın (Kahramanmaraş), X80
12. Göbek bölgesinde kalın kalkerli tortuları gösteren içbükey spiral taraf, Andırın (Kahramanmaraş), X70
13. Duvar yapısını ve altıgen gözenekleri gösteren eğik kesit, Tecer Dağı (Sivas), X80.
14. İnterkameral foramenleri gösteren aksiyal düzlem, eğik kesit, Andırın (Kahramanmaraş), X75

Levha 2

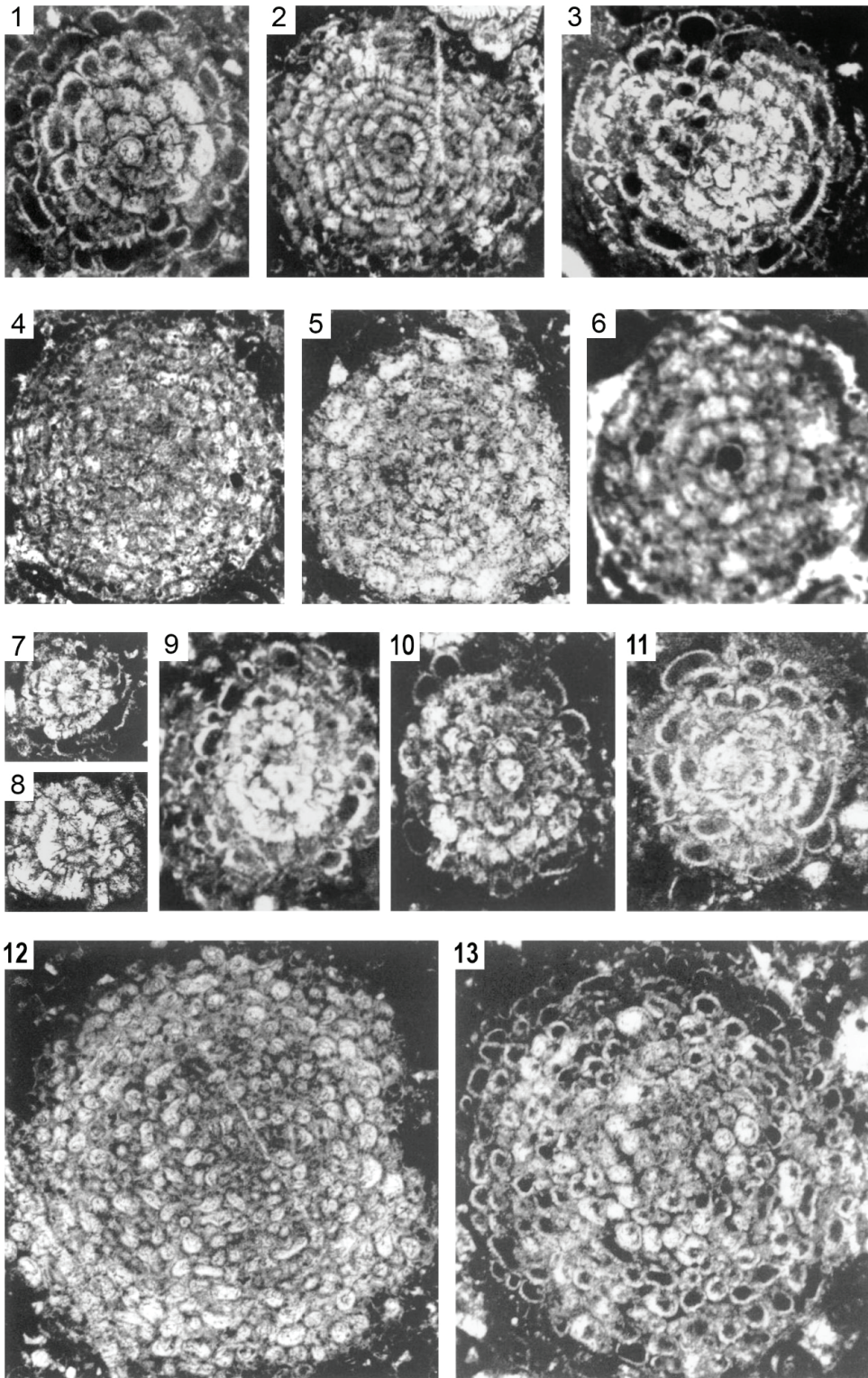


Levha 3

Orduella sphaerica n. gen. n. sp. Sirel, 1999

1. Medyan kesit, megalosferik örnek, holotip, küresel büyük megalosferin ardından çoklu spiraller halinde düzenlenmiş planispiral çok sayıda alt dikdörtgen odacıklar; spiralin çoğalması ontojeninin çok erken dönemlerinde başlar, daha sonra stolonlar ve gözenekler içeren kavisli odacıklar, X50
2. Medyan kesit, mikrosferik örnek, çok küçük mikrosferin ardından çoklu spiraller halinde düzenlenmiş çok sayıda küçük alt dikdörtgen odacıklara dikkat edin, kavkının çevresinde birkaç kavisli yetişkin odacık, X25
3. Eğik kesit, megalosferik örnek, gözenekli kavisli odacıklar, X50
4. Teğet kesit, medyan düzleme paralel, X25
5. Yaklaşık ortanca kesit, mikrosferik? örnek, erken evrenin planspiral odacıkları, X25
6. Medyan kesit, megalosferik örnek, X50
7. Genç numunenin ortalanmış medyan kesiti, megalosferik form, X50
8. Genç numunenin ortalanmış medyan kesiti, megalosferik form, X50
9. Medyan düzleme dik kesit, megalosferik numune, X50
10. Neredeyse medyan kesit, megalosferik örnek, çoklu spiral şeklinde düzenlenmiş erken odacıklar, X50
11. Merkezlenmemiş medyan kesit, megalosferik? örnek, stolonlu ve gözenekli kavisli odacıklar, X50
12. Teğetsel kesit, mikrosferik örnek, kabuğun periferindeki kavisli orbitoidal odacıklar, X25
13. Çok sayıda, küçük orbitoidal odacıkları ve stolonları gösteren teğetsel kesit, X50

Levha 3

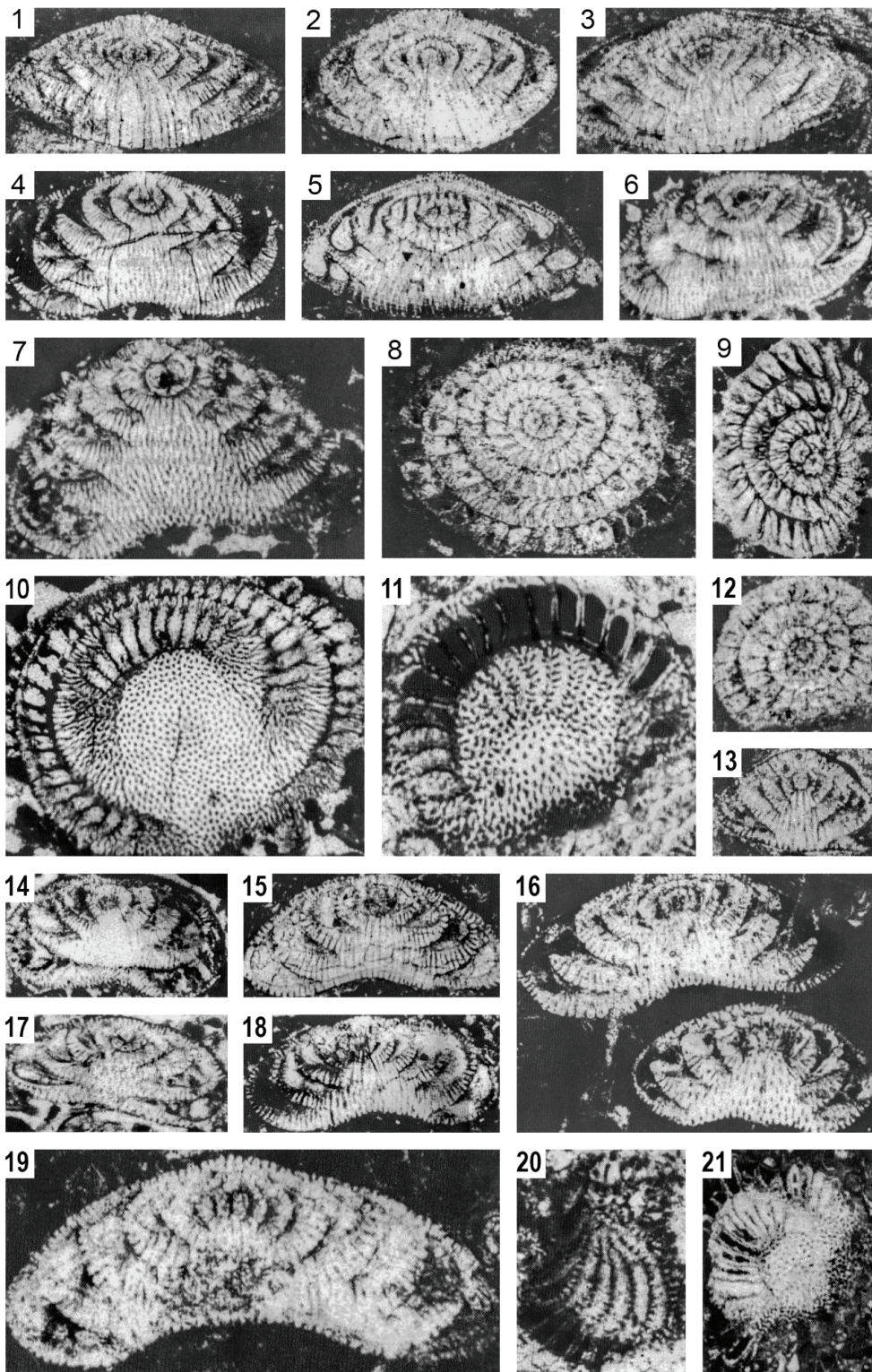


Levha 4

***Laffitteina erki* Sirel, 1994**

1. Aksiyal kesit, Yarışlı Köyü, GB Burdur
2. Aksiyal kesit, Yarışlı Köyü, GB Burdur
3. Aksiyal kesit, Yarışlı Köyü, GB Burdur
4. Aksiyal kesit, Gölköy, G Ordu
5. Yarı aksiyal, Yarışlı Köyü, GB Burdur
6. Aksiyal kesit, Gölköy, G Ordu
7. Aksiyal kesit, Gölköy, G Ordu
8. Eğik ekvatoryal kesit, Yarışlı Köyü, GB Burdur
9. Eğik ekvatoryal kesit, Gölköy, G Ordu
10. Yatay kesit, ekvatoryal düzlemine neredeyse paralel, son ve sondan bir önceki sarılımda dallanan interseptal kanallar, Gölköy, G Ordu
11. Yatay kesit, kavkının ortasındaki septal sütürler boyunca (üst kısımda) iki sıra gözenek, Gölköy, G Ordu
12. Genç bireyin ekvatoryal kesiti, Yarışlı Köyü, GB Burdur
13. Genç bireyin aksiyal kesiti, Gölköy, G Ordu
14. Aksiyal kesit, Gölköy, G Ordu
15. Aksiyal kesit, Gölköy, G Ordu
16. Aksiyal kesitler, Yarışlı Köyü, GB Burdur
17. Aksiyal kesit, Gölköy, G Ordu
18. Aksiyal kesit, Gölköy, G Ordu
19. Aksiyal kesit, Yarışlı Köyü, GB Burdur
20. Teğetsel kesit, septal sütürler boyunca gözenek sıraları, Gölköy, G Ordu
21. Teğetsel kesit, septal sütürler boyunca gözenek sıraları, Gölköy, G Ordu

Levha 4

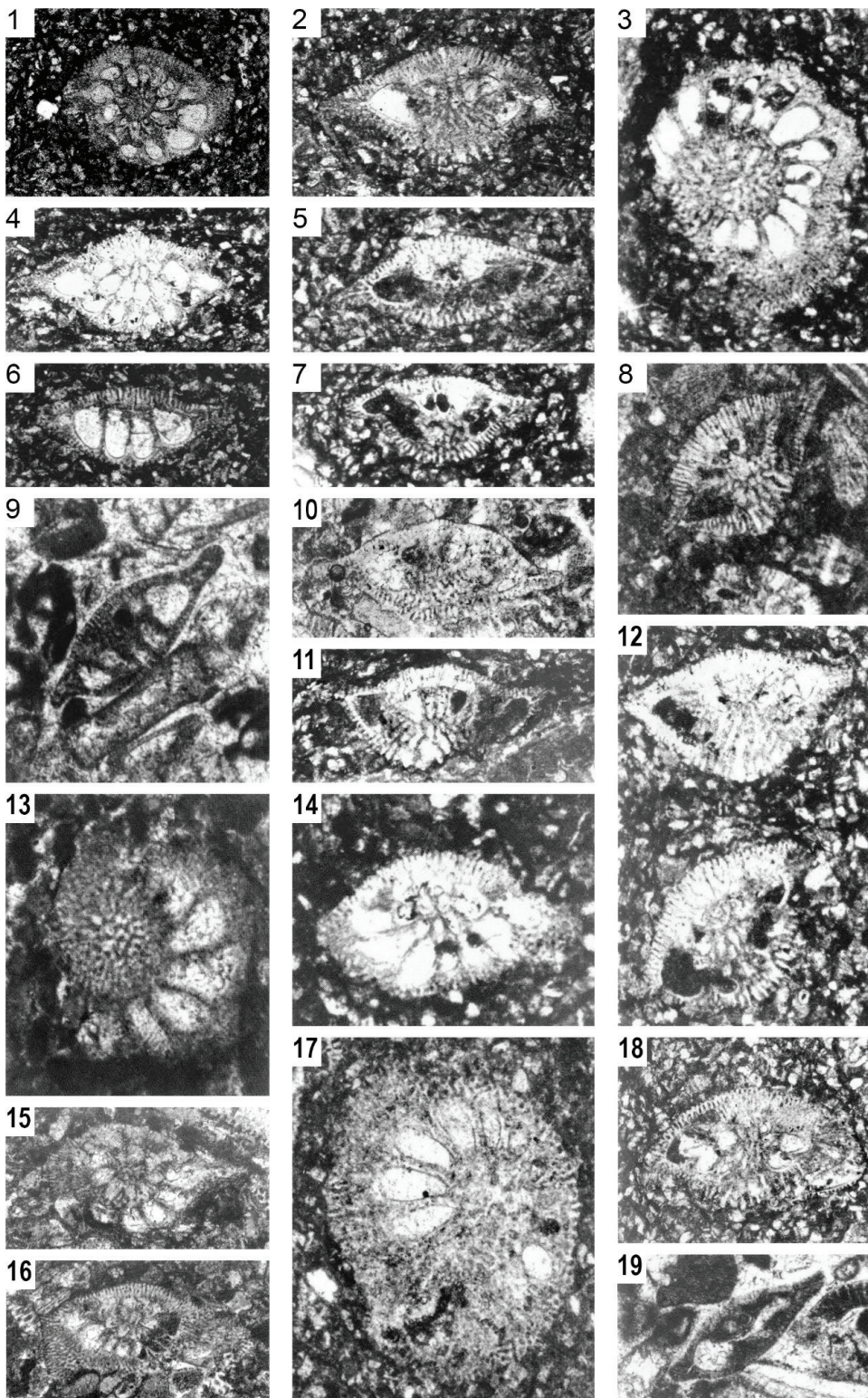


Levha 5

Selimina spinalis n. gen. n. sp. İnan, 1996

1. Paratip, ekvatoryal kesit, Koyulhisar (Sivas), X25
2. Holotip, aksiyal kesit, Koyulhisar (Sivas), X40
3. Yarı ekvatoryal kesit, Koyulhisar (Sivas), X27.5
- 4-5. Ekvatoryal kesiti doğru hafif eğimli alt eksen kesitleri, Koyulhisar (Sivas), 4: X30, 5: X25.8
6. Teğetsel kesit, Koyulhisar (Sivas), X26.6
- 7-8. Aksiyal kesitler, Karaçam Tepe (Niksar-Tokat), Koyulhisar (Sivas); 7: X25.7, 8: X26.6
9. Yarı aksiyal kesit, Gököy (Ordu), X24.6
- 10-11. Aksiyal kesitler, Reşadiye (Tokat), Koyulhisar (Sivas), 10: X25, 11: X25.8
12. Yarı aksiyal kesitler; Gököy (Ordu), Koyulhisar (Sivas), üst: X25, alt: Aksiyal kesitler, Koyulhisar (Sivas), X25
13. Kavkı yüzeyine yakın alt ekvatoryal kesit, Koyulhisar (Sivas), X25.7
14. Ekvatoryal tarafa doğru hafif eğimli alt eksen kesitleri, Koyulhisar (Sivas), X24.5
- 15-16. Teğetsel kesitler, Reşadiye (Tokat), 15: X20.3, 16: X33.8
17. Kavkı yüzeyine yakın alt ekvatoral kesitler, Koyulhisar (Sivas), Karaçam Tepe (Niksar-Tokat), X25
18. Ekvatoryal tarafa doğru hafif eğimli alt eksen kesiti, Koyulhisar (Sivas); CM 6/5, X25. 8
19. Yarı aksiyal kesitler, Gököy (Ordu), X25.5

Levha 5

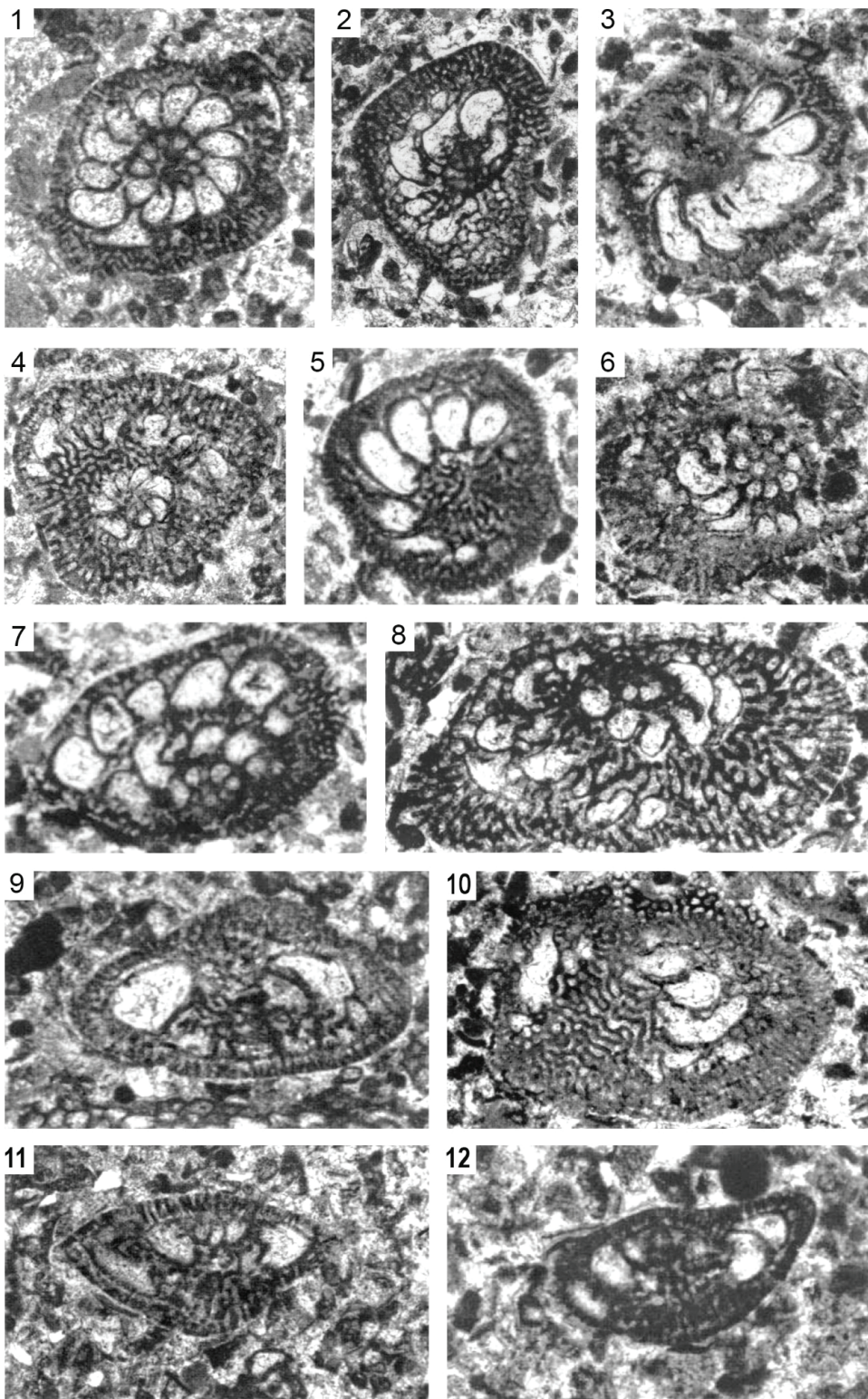


Levha 6

***Sirelina orduensis* n. gen. n. sp. Meriç ve İnan, 1998**

1. Holotip, ekvatoryal kesit, genç evreden yetişkin evreye doğru büyüyen birey
2. Eğik ekvatoryal kesit, yetişkin birey
- 3-4. Ekvatoryal kesit, yetişkin birey
5. Eğik ekvatoryal kesit, yetişkin birey
- 6-7 Ekvatoryal kesitler, yetişkin birey
8. Eğik ekvatoryal kesit, yetişkin birey
9. Enine kesit, genç birey
10. Eğik teğetsel kesit
11. Paratip, aksiyal kesit, genç birey
12. Enine kesitler, genç bireyler

Levha 6

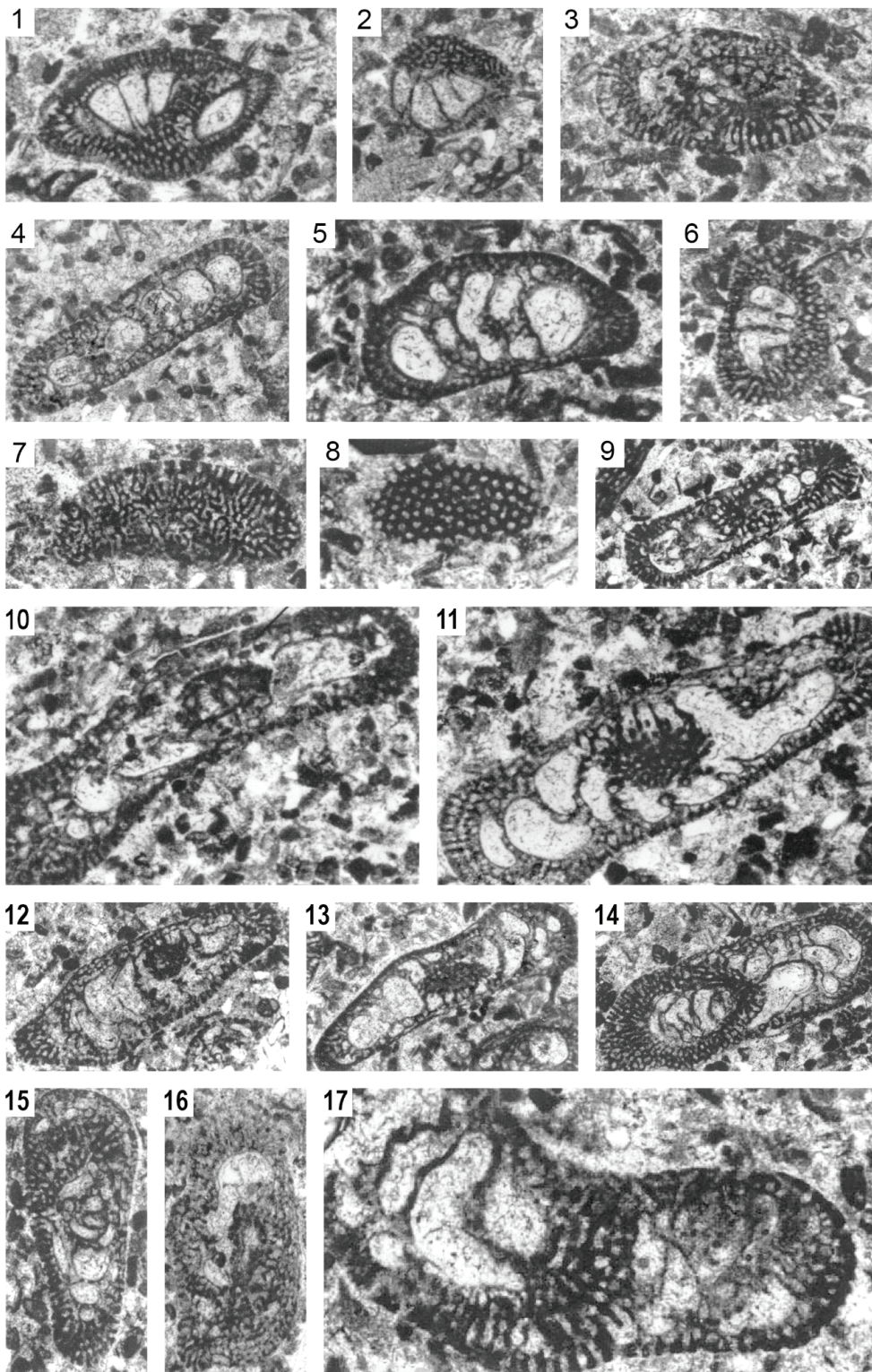


Levha 7

***Sirelina orduensis* n. gen. n. sp. Meriç ve İnan, 1998**

- 1-3. Eğik aksiyal kesitler, genç bireyler
- 4-6. Teğetsel kesitler, genç bireyler
- 7-8. Teğetsel kesitler
- 9-12. Paratip, aksiyal kesit, yetişkin birey
13. Enine kesitler, yetişkin bireyler
- 14-15. Eğik aksiyal kesitler, yetişkin bireyler
16. Yan tarafa eğimli kesit, yetişkin bireyler
17. Tek sarılımlı aşamadan bir örnek, yetişkin birey

Levha 7





Polatlı Bölgesinde Yüzeyleyen Paleojen Yaşlı Volkanik Kayaçlarda Gözlenen Analsimlerin Kökeni (Orta Anadolu, Ankara, Türkiye)
Origin of Analcimes Observed in Paleogene Volcanic Rocks Outcropping in Polatlı (Central Anatolia, Ankara, Turkey)

Güllü Deniz Doğan Külahcı¹ , Elif Varol Muratçay¹ , Abidin Temel¹ 

¹ Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara, Türkiye

• Geliş/Received: 15.10.2024 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 20.12.2024 • Kabul/Accepted: 24.12.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 12.01.2025 • Baskı/Printed: 31.01.2025

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Polatlı bölgesindeki Paleojen (Eosen?) yaşlı olan, dom ve dayklar şeklinde yüzeyleyen volkanik kayaçlar üzerinde yapılan mineralojik (mikroskopi, mikroprop, SEM, XRD, DTA-TG) ve jeokimyasal incelemeler, bu kayaçlarda bulunan analsim minerallerinin oluşum mekanizmasını ortaya koymuştur. İncelenen bazik karakterdeki bu kayaçlar içerisinde bulunan analsim mineralleri klinopiroksen ve feldspatlarla birlikte gözlenmiştir. Mineralojik incelemelerde analsim dışında sulu minerallerin eksikliği ve XRD, DTA-TG, mikroprop analizleri ve optik mikroskop gözlemleriyle ortaya konulan kalıntı lösit varlığı, analsimlerin lösitlerden iyon değişimi yoluyla oluştuğunu göstermektedir. Analsimlerin SEM görüntülerindeki pürüzlü, düzensiz, çatlaklı ve mikro gözenekli yüzeylere sahip olması da bu dönüşümün bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, jeokimyasal analizler, bölgedeki volkanik kayaçların ilk oluşumları anında ultrapotasik karakterde olduğunu, silikaca doymun olmayan yüksek K₂O içeriklerinin lösit minerallerini oluşturmak için elverişli olduğunu düşündürmektedir. Bu bulgular, Polatlı bölgesindeki volkanik kayaçların, Neotetisin kuzey kolunun kapanmasını takip eden çarpışma ve sonrası dönemdeki kıtasal riftleşme ve gerilme rejimi ile ilişkili volkanik aktiviteler sonucunda oluştuğunu işaret etmektedir. Gerçekleşen bu dalma-batma sürecinde mantoya eklenen yüksek K içeriğine sahip kıtasal bileşenlerin kısmi ergimesi ile K₂O zenginleşen ve homojen olmayan manto kaynağından, ilk aşamada ultrapotasik özellik taşıyan ve sınırlı alanda yüzeyleyen Polatlı volkanik kayaçları oluşmuştur. Bu çalışma ile ise, bahsi geçen volkanik kayaçlarda gözlenen analsim minerallerinin, magmatik süreçlerin erken evrelerinde birincil olarak kristalleşen lösitlerden, postmagmatik süreçlerle iyon değişimi yoluyla oluştuğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Analsim, iyon değişimi, lösit, Polatlı, ultrapotasik, volkanizma.

Abstract: Mineralogical (microscopy, microprobe, SEM, XRD, DTA-TG) and geochemical studies of Paleogene (Eocene?) volcanic rocks in the Polatlı region, exposed as domes and dykes, revealed the formation mechanism of analcime minerals within these rocks. The analcimes in these basic rocks were observed with clinopyroxenes and feldspars. The lack of aqueous minerals, aside from analcime, and the detection of residual leucite through XRD, DTA-TG, microprobe analyses, and microscopy, suggest that analcime formed through an ion-exchange process from leucite during post-magmatic evolution. SEM images further support this hypothesis, revealing rough, irregular, cracked, and microporous surfaces of analcime, which are characteristic of this ion-exchange transformation. Additionally, geochemical analyses show that the volcanic rocks were ultrapotassic at the time of their formation, with high K₂O content not saturated with silica; thus, providing conditions conducive to leucite crystallization. These results suggest that volcanic activity related to continental rifting and tectonic stress during the collision and post-collisional period after the closure of the northern branch of Neotethys produced the volcanic rocks in the Polatlı

region. The ultrapotassic characteristics of the Polatlı volcanic rocks, which are confined to a relatively limited area, suggest that they formed from a heterogeneous potassium-enriched mantle source. This source underwent partial melting, incorporating high-K continental components added to the mantle during subduction; thus, enabling the formation of leucite and subsequently analcime in the later stages of magmatic evolution. In this study, the analcime observed in these volcanic rocks subsequently formed from leucite through ion exchange during post-magmatic processes.

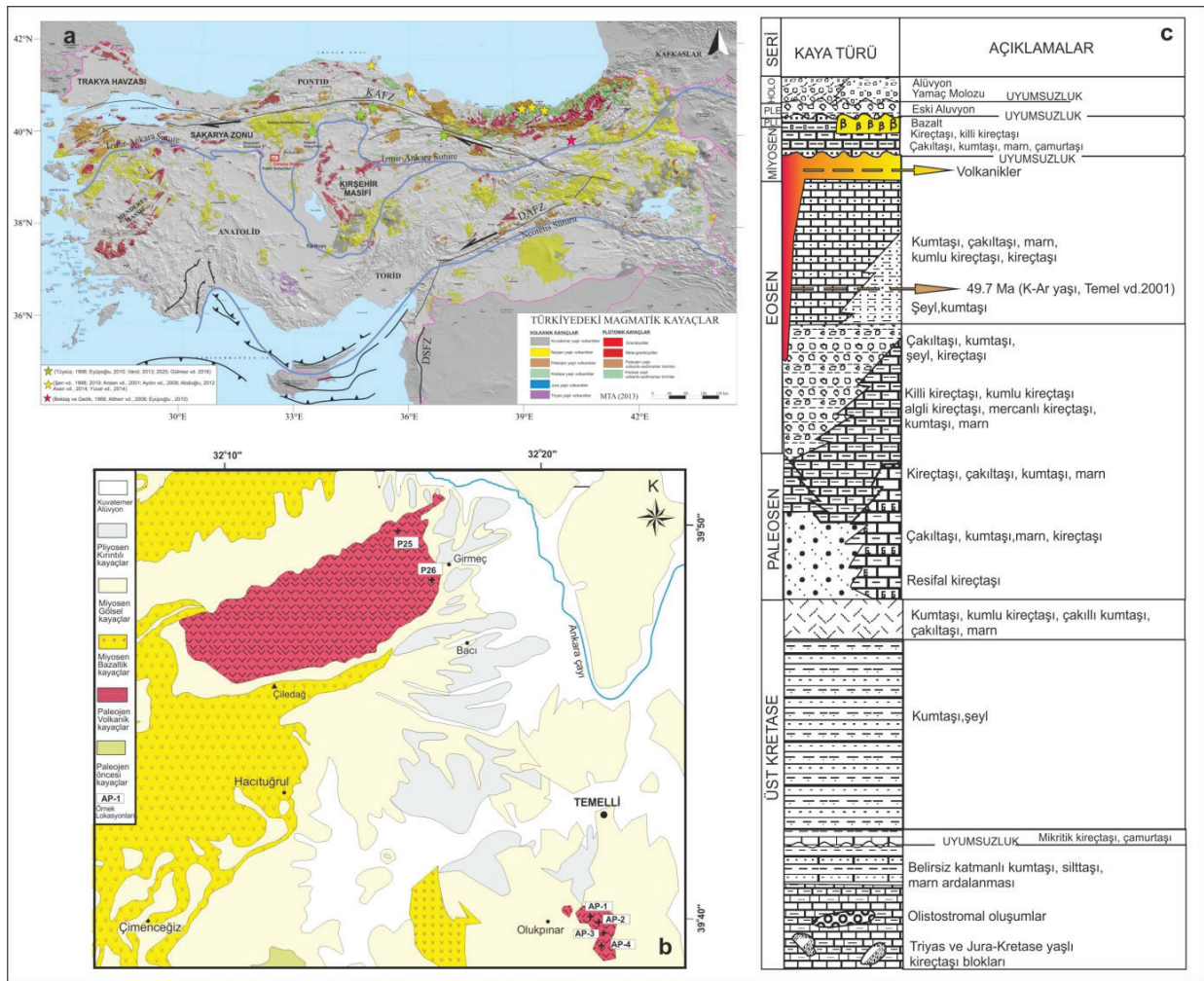
Keywords: Analcime, ion exchange, leucite, Polatlı, volcanism, ultrapotassic.

GİRİŞ

Analsim ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$) su içeren bir alüminosilikat minerali olup, birincil oluşumlar olarak magmatik süreçlerle oluşabileceği gibi, metasomatik veya hidrotermal alterasyon, hidroliz gibi değişim süreçleriyle ikincil oluşumlar olarak da meydana gelebilmektedir. Dünyadaki en yaygın analsim oluşumları sedimanter (gösel) çökel ortamlarında olsa da, fonolit-lamprofir gibi alkali volkanik kayalar içinde, gözenekli volkanik kayaların boşluklarında ve hidrotermal alterasyon sonucunda da oluşabilmektedir (Karlsson ve Clayton, 1991). Analsimin oluşum mekanizması oldukça karmaşık olup, bu mineral önceki çalışmalar ışığında P tipi (*Primary*-Birincil tip), L (veya X) tipi (Lösit mineralinin dönüşümü ile oluşan tip), H tipi (Hidrotermal tip) ve S tipi (Sedimanter tip) analsimler olarak tanımlanmıştır (Luhr ve Kyser, 1989; Remy ve Ferrell, 1989; Renault, 1993; English, 2001; Bish ve Ming, 2001; Gottardi ve Galli 1985; O'Brien vd., 1988; Kalsson ve Clayton, 1991; Giampolo ve Lombardi, 1994; Demeny vd., 1997; Giampaolo vd., 1997; Dostal vd., 2003; Deer vd., 2004; Prelevic 2005, Prelevic vd., 2004, 2005, 2008, 2012; Seryotkin ve Bakakin, 2008; Moradian, 2008; Henderson vd., 2014; Zhu vd., 2020; Wang vd., 2022). P tipi (birincil tip) analsimler magmatik kayalarda, L tipi veya X tipi (iyon değişimi ile lösitten dönüşmüş tip) analsimler ise, lösit minerallerinin Na'ca zengin hidrotermal çözeltiler veya sular ile etkileşime girerek düşük/orta sıcaklık ve düşük basınç koşullarında K-Na iyonlarının yer değiştirmesi süreciyle oluşmaktadır (Luhr ve Kyser, 1989; Utada, 2001). H tipi analsimler, hidrotermal alterasyon ile meydana gelirken, S tipi analsimler ise tuzlu-alkali göl suyu

ile kil minerallerinin reaksiyonu veya sedimanter kayalardaki gömülme diyajenezi aşamaları ($20\text{ }^\circ\text{C} - 120\text{ }^\circ\text{C}$) sırasında volkanik malzemelerin alterasyonu ile oluşmaktadır (Remy ve Ferrell, 1989; Renault, 1993; English, 2001; Bish ve Ming, 2001). İkincil olarak lösitten dönüşüm ile oluşan bu analsimlerin incelenmesi, volkanik kayaları oluşturan magmanın kimyasal karakterinin, metasomatik süreçlerin ve bölgenin jeodinamik evriminin ortaya konulması için büyük önem taşımaktadır.

Türkiye tektonik birliklerinden Sakarya zonu ile Kırşehir masifinin birleşme zonunda bulunan Ankara ili ve çevresinde, Neojen yaşlı volkanik ve sedimanter kayalar yaygın olarak gözlenmekle birlikte (Wilson vd., 1997; Bozkurt vd., 1999; Varol vd., 2007; Temel vd., 2010; Varol vd., 2014, Karaoğlu vd., 2024), Kretase, Paleosen, Eosen dönemlerinde yüzeylemiş daha yaşlı volkanik kayaların varlığı da mevcuttur (Çapan 1984; Türkecan vd. 2001; Temel vd. 2001; Gülmez vd. 2016) (Şekil 1a). Bu çalışmanın konusunu oluşturan analsimler ise, Ankara'nın yaklaşık 60 km güneybatısında, Polatlı ilçesi ve çevresindeki (Orta Anadolu, Türkiye) sınırlı alanlarda yüzlek veren volkanik kayalar içerisinde yer almaktadır (Şekil 1b). Polatlı bölgesinde analsimlerin varlığı ve oluşumu üzerine Ataman ve Gündoğdu'nun (1981) çalışması mevcut olup, bu çalışma sadece gösel sedimanter çökellerdeki S tipi analsimler üzerine odaklanmış ve bu analsimlerin piroklastik ürünler ve ofiyolitik kayalarla ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmadaki bahse konu analsimler ise, çalışma alanında sınırlı bir alanda yüzlek vermiş volkanik kayalar içinde fenokristal ve mikrofenokristaller halinde yaygın olarak gözlemlenen minerallerdir.



Şekil 1. a) Polatlı-Ankara bölgesini gösteren Türkiye haritası (Kısaltmalar: KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, EFZ: Eskişehir Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu) (Karaoğlu vd., 2024). Yıldız ile işaretlenmiş yerler ultrapotassik kayaçları göstermektedir (Bektaş ve Gedik, 1988; Channell vd., 1996; Şen vd., 1998; 2019; Aydın vd., 2008; Alther vd., 2008; Eyüboğlu, 2010; Abdioğlu, 2012; Asan vd., 2014; Yücel vd., 2014; Varol 2013; 2020; Gülmez vd., 2016) **b)** Çalışma alanının jeoloji haritası (Erol (1955)'ten değiştirilerek alınmıştır). **c)** Haymana-Polatlı Bölgesi'ne ait stratigrafik istif (Bilgin, 2014'ten değiştirilerek alınmıştır).

Figure 1. a) Map of Turkey showing the Polatlı-Ankara region (Abbreviations: KAFZ: North Anatolian Fault Zone, EFZ: Eskişehir Fault Zone, DAFZ: East Anatolian Fault Zone) (Karaoğlu et al., 2024). Locations marked with an asterisk indicate ultrapotassic rocks (Bektaş and Gedik, 1988; Channell et al., 1996; Şen et al., 1998; 2019; Aydın et al., 2008; Alther et al., 2008; Eyüboğlu, 2010; Abdioğlu, 2012; Asan et al., 2014; Yücel et al., 2014; Varol 2013; 2020; Gülmez et al., 2016) **b)** Geological map of the study area (modified from Erol (1955) **c)** Stratigraphic section for the Haymana-Polatlı region (Modified from Bilgin, 2014).

Erol (1955), çalışma alanındaki bu volkanik kayaçların, Paleosen-Eosen yaşlı gösel ve flüvyal killi-karbonatlı sedimanter serilerle ara katkılı olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda,

analsim içeren bu volkanik kayaçların kesin yaşı belirlenememle birlikte, genel yaş aralığı Paleojen dönemi olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanında, Polatlı çevresinde bu döneme

ait yüzeylenen volkanik kayaların K-Ar yöntemine dayalı yaş tayinleri ile yaklaşık 49,7 milyon yıl önce oluştuğu belirlenmiştir (Temel vd., 2001). Dolayısıyla, çalışılan birimlerin de benzer stratigrafik seviyelerde olabileceği değerlendirilmiştir. Buna göre, analsim içeren Polatlı volkanik kayalarının Eosen döneminde meydana gelen volkanik aktiviteler sonucu yüzeye çıkan ürünler olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Miyosen dönemde yoğunluğu giderek artan volkanik aktivitenin başlangıç evrelerinde küçük mostralalar halinde yüzeylenen Paleosen (Eosen?) yaşlı Polatlı volkanik kayalar ve içerisinde gözlenen analsim mineralleri mineralojik-petrografik, mineral kimyası ve jeokimyasal verilere dayanarak incelenmiştir. Buradan elde edilen bilgilerle, analsimlerin oluşum mekanizması dikkate alınarak, magmanın kristallenmesi sürecinde etkili olan süreçlere dair bilgilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

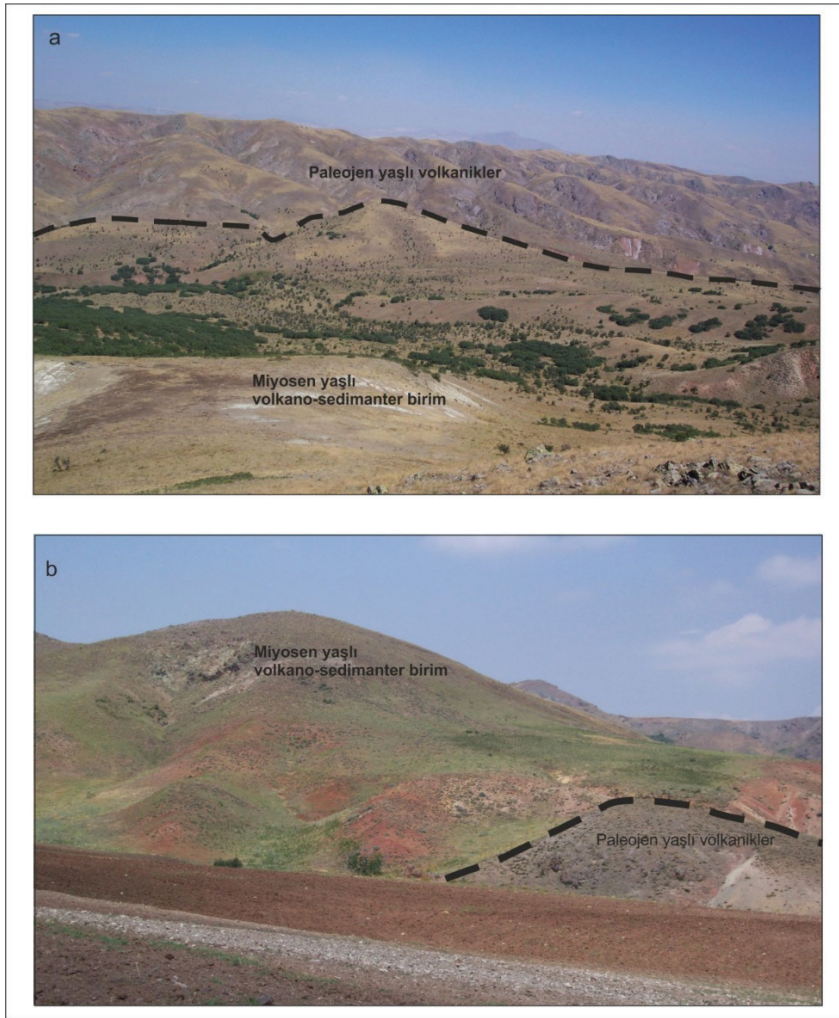
BÖLGENİN JEOLJİSİ

Çalışma alanında ve yakın civarında, en yaşlı birimler Triyas yaşlı Ankara Grubu olarak tanımlanan sedimanter birimlerden oluşur (Akyürek vd., 1997) (Şekil 1c). Bu birimler içinde kimi zaman Paleozoyik yaşlı kireçtaşı blokları dikkat çekmektedir ve kimi yerde diyabaz dayklarının bu birimleri kestiği gözlenmiştir. Bu birimler üzerine Jura yaşlı sedimanter birimler gelmekte, bu birikimle eş yaşlı volkanik kayaların varlığı kimi yerde küçük mostralalar şeklinde gözlenmektedir (Akyürek vd., 1997). Üst Jura-Alt Kretase yaşlı bej, pembe renkli sıg denizel kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı kızılımsı renkli kireçtaşı, çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan birimlerce üzerlenmektedir (Ünal vd., 1976). Kretase'nin sonlarına doğru bu birimlerin üzerine karbonatlı kumtaşı, çakıltası çökelleri gelmektedir (Hakyemez vd., 1986). Üst Kretase döneminde sedimanter birikimlerle eşyaşı oluştukları bilinen ve Ankara ve çevresinde yüzlek veren volkanik kayaların varlığı (Akyürek vd., 1997; Gülmez vd., 2016) bilinmektedir. Volkanik kayalar, Akyürek vd.

(1997) tarafından diğer litolojilerle ilişkilerden yola çıkarak çalışma alanında da içerisinde yoğun lösit oluşumlarının varolduğu birimler olarak tanımlanmıştır. Bu bölgeye ait volkaniklerin yoğunluklu olarak Miyosen dönemde oluşmuş olduğu, bazı kesimlerde ise küçük mostralalar halinde sadece Eosen yaşlı volkanik kayaların bulunduğu belirtilmektedir (Şekil 2) (Türkecan vd., 2001; Temel vd., 2001; Bilgin, 2014). Paleosen dönemde biriken çakıltası, kumtaşı, şeyl, kireçtaşı aralanmasından oluşan tortullara, Eosen dönemden itibaren ve özellikle Miyosen dönemde yoğun volkanik faaliyetlerle yüzeye ulaşan volkanik ürünlere aynı dönem boyunca çökelen tortul kayalar eşlik etmiştir (Akyürek vd., 1997; Varol vd., 2007; Temel vd., 2010). Volkanitlerle eşyaşı çökelen ve sonrasında da çökelmeye devam eden bu sedimanter birimlerin üzerini gevşek, tutturulmamış kum, mil ve çakıllardan oluşan alüvyonlar örtmektedir.

MATERYAL ve METOD

Araziden alınan örneklerden hem tüm kayacık hem de tüm kayacıktan ayıklanmış analsimler; optik mikroskopi, X-Işını Kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM), mikroprob ve X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) ile analiz edilmiştir. Volkanik kayalar ilk olarak optik mikroskop ile incelenmiştir. Tüm kayacık ve buradan ayıklanan analsim fenokristlerinin mineralojik analizleri Hacettepe Üniversitesi'nde (Ankara, Türkiye) Rigaku D/MAX-2200 marka XRD cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Tozlar, 5 ila 50 °2θ arasında CuKα radyasyonu kullanılarak 2°/dak hızında taranmıştır. DTA-TG çekimi Rigaku 2.22E2 marka Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz cihazı ile Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nde (Ankara, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Mineral kimyası ve SEM incelemeleri Blaise Pascal Üniversitesi'nde (Clermont-Ferrand, Fransa) Cameca SX 100 model elektron mikroprobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz 15kV hızlandırma voltajı, 10-12 nA akım ve her bir eleman için 10 sn sayma süresi koşullarında çalışmaktadır.



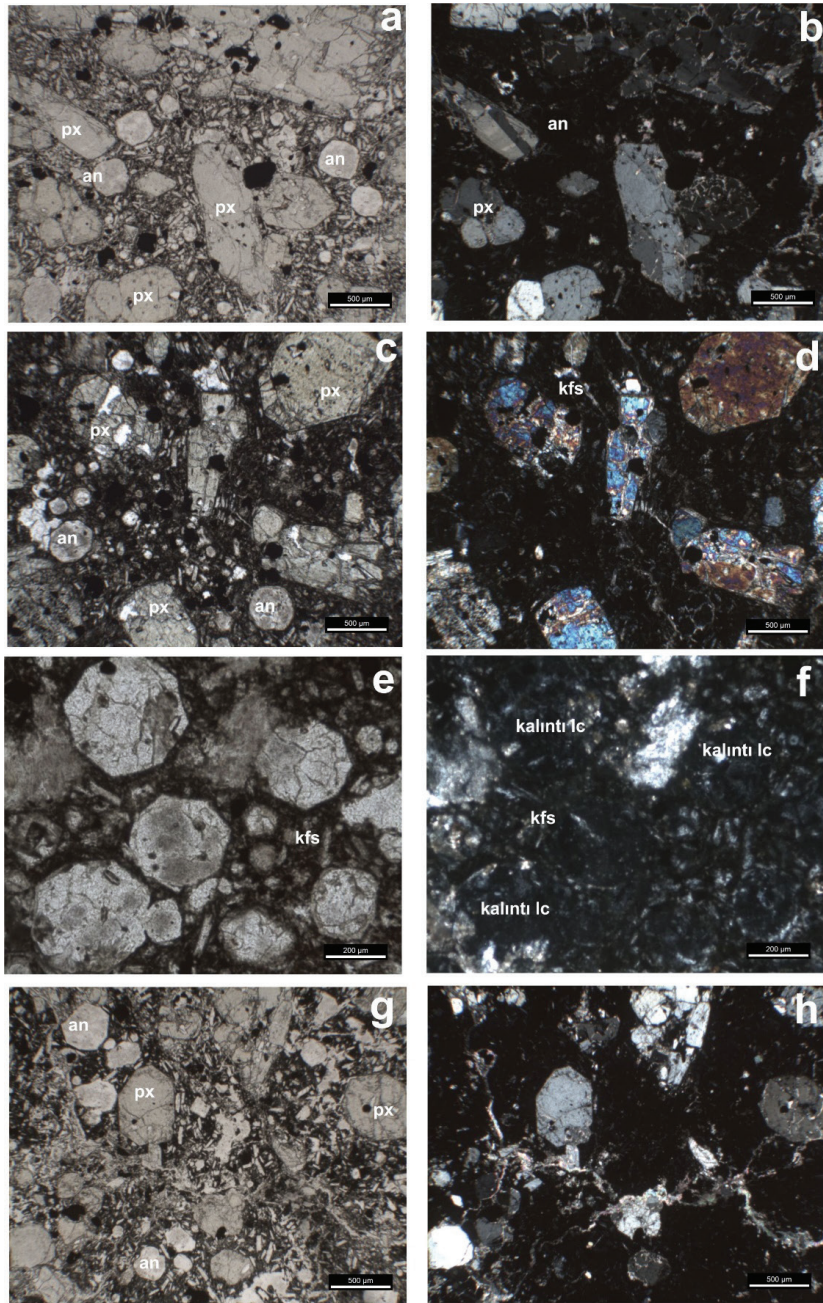
Şekil 2. a) Çiledağ kuzeyindeki Paleojen yaşlı volkanikler ve Miyosen yaşlı volkano-sedimanter birimler **b)** Bacı köyü kuzeybatısında Miyosen yaşlı volkano-sedimanter birimlerle ve Paleojen yaşlı volkaniklerin dokanağı. (Çizgi ile ayrılmış kısımdaki alt birimler Paleojen yaşlı volkanik kayaçlar ve üst birimler Miyosen yaşlı volkano-sedimanter birimler gözlenmektedir).

Figure 2. a) Paleogene volcanics north of Çiledağ and Miocene volcano-sedimentary units **b)** Contact of Miocene volcano-sedimentary units and Paleogene volcanics northwest of Bacı village. (The lower units in the section separated by lines are Paleogene volcanic rocks and the upper units are Miocene volcano-sedimentary units).

Analsim içeren örneklerin tüm kayaç ana element kimyası Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde (Ankara, Türkiye) 3.0 kW, 100kV Rh-anot tüpü ile donatılmış Philips PW1480 marka XRF Spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Ana element analizleri 0,75 g kaya tozu ve 4,5 g lityum tetraborat ile hazırlanan eritişlerinden elde edilen camlar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

MİNERALOJİ-PETROGRAFI

Çalışma alanında, analsim içeren volkanik kayaçlar birbirinden ayrı domlar ve dayklar olarak gözlenmektedir. Bu kayaçlar porfirik bir doku sergilemekte ve analsimin yanında, feldispat, piroksen, apatit ve Fe-Ti oksitleri içermektedir. Feldispat çoğunlukla mikrofeno-kristal ve mikrolitler olarak bulunmaktadır.



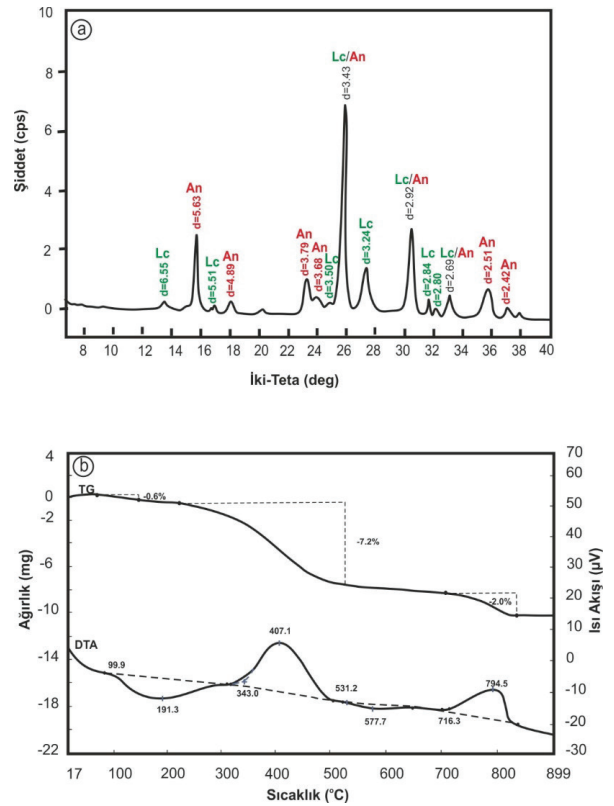
Şekil 3. Çalışma alanından alınan örneklerin optik mikroskop görüntüleri. **a, b)** Piroksen ve öz şekilli analcim mikrofenokristalleri, **c, d)** Piroksen mikrofenokristal ve fenokristalleri, piroksenler daha çok klinopiroksen olarak bulunmaktadır, **e, f)** Analsim ve kalıntı lösit kristalleri, **g, h)** Piroksen ve analcim mikrofenokristalleri (**a, c, e, g**-1. nikel; **b, d, f, h**-2. nikel) (Kısaltmalar: an: analcim, kfs: K-feldispat, lc: lösit, px: piroksen).

Figure 3. Optical microscopy images of samples from the study area. **a, b)** Pyroxene and euhedral analcime microphenocrysts, **c, d)** Pyroxene microphenocrysts and phenocrysts, pyroxenes are more commonly found as clinopyroxene, **e, f)** Analcime and residual leucite crystals, **g, h)** pyroxene and analcime microphenocrysts (**a, c, e, g**- plane polarized light; **b, d, f, h**- crossed polarized light) (Abbreviations: an: analcime, kfs: K-feldspar, lc: leucite, px: pyroxene).

Piroksenlerin bir kısmı özşekli bir kısmı ise yarı özşekli olup çoğunlukla klinopiroksen olarak gözlenmektedir (Şekil 3a, b, c ve d). Analsimler fenokristal, mikrofeno-kristal ve bazı kesitlerde polikristaller olarak bulunmaktadır (Şekil 3a, c, e, g ve h). Apatitler ve oksitler yarı özşekli olup, seyrek olarak gözlenmektedir. Analsim kristalleri bejimsi, pembemsi renklere olup, hem kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmaya başlamış yarı özşekli hem de özşekli kristaller (0,5 cm çapa kadar) olarak görülmektedir. Genellikle çatlaklı olarak gözlenen analsimler, çoğunlukla bulanık halde gözlemlenmektedir. Kalıntı lüsitlerin varlığı bazı analsim mineralleri içinde dikkat çekmektedir. Bu kalıntılar birinci dizi girişim renginde olup, dalgalı sönme göstermektedir (Şekil 3f).

XRD ve DTA-TG ANALİZLERİ

Bölgeden alınmış örneklerden ayrılmış iri analsim fenokristallerinden elde edilen XRD deseni Şekil 4a'da verilmektedir. Bu kristallerden bazıları saf analsimler olup, 5,61, 4,87, 3,78, 3,67, 3,43, 2,93, 2,80, 2,70, 2,50, 2,42, 2,23, 1,91 ve 1,87 Å'de yansıma göstermektedir (JCPDS, 1986). Bazı kristaller ise, eser miktarda da olsa lüsit kalıntılarının varlığını ortaya koyan piklerde de yansıma göstermektedir (Şekil 4a). Şekil 4b ise, analsimin diferansiyel termal analiz ve termogravimetrik (DTA-TG) analiz sonuçlarını göstermektedir. Kayaç içinde kristal yapısında su içeren tek mineral analsimlerdir, bu analiz ile de kayaç içindeki yüksek miktardaki su kayıpları gözenek suyu ve analsimlerdeki kristal suyuna atfedilebilir.



Şekil 4. a) Analsim ve lüsit fenokristallerinin XRD deseni (Kısaltmalar: An: Anortit; Lc: Lüsit) b) Analsim mineralinin diferansiyel termal analiz ve termogravimetrik (DTA-TG) analiz sonuçları.

Figure 4. a) XRD pattern for analcime and leucite phenocrysts (Abbreviations: An: Analcime, Lc: Leucite), b) Differential thermal analysis and thermogravimetric (DTA-TG) analysis results for analcime.

MİNERAL KİMYASI

Mineral kimyası analizleri, fenokristaller ve mikrofeno-kristaller üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar piroksen ve feldispat (Morimoto, 1988) için kullanılan mineral sınıflama diyagramlarına yerleştirilmiş ve adlandırılmıştır (Çizelge 1, 2; Şekil 5). Bunların yanında analsim çözümlenmeleri de gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 1. Polatlı Bölgesi Paleojen yaşlı volkanik kayalardaki klinopiroksen mineralleri üzerinde yapılmış olan mikroprop analiz sonuçları (lyon sayıları 6 O bazına göre hesaplanmıştır).

Table 1. Results of microprobe analysis performed on clinopyroxene minerals in Paleogene volcanic rocks from Polatlı (Calculated based on 6 O).

Piroksen	P-25										P-26									
	#17	#18	#19	#20	#21	#22	#25	#26	#27	#28	#33	#34	#35	#36	#38	#39	#43	#50	#53	
SiO ₂	52,808	50,083	53,204	48,776	49,499	52,216	50,872	50,605	51,538	50,076	52,083	50,286	50,731	50,417	48,992	50,271	49,184	50,547	48,468	
TiO ₂	0,247	0,594	0,229	0,734	0,621	0,297	0,319	0,450	0,569	0,674	0,287	0,537	0,666	0,676	0,811	0,674	0,774	0,652	0,911	
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Al ₂ O ₃	1,374	3,044	1,034	4,484	4,501	2,067	3,101	3,306	2,872	3,448	2,099	3,397	3,597	3,639	5,215	3,603	4,896	3,930	5,411	
FeO	4,696	9,128	3,822	9,386	10,836	5,056	5,944	8,421	6,059	9,120	4,531	7,957	7,995	8,228	8,470	6,611	9,023	8,158	8,776	
MnO	0,103	0,279	0,087	0,269	0,353	0,120	0,096	0,176	0,139	0,260	0,164	0,249	0,227	0,305	0,256	0,159	0,230	0,234	0,226	
MgO	16,083	13,709	16,836	12,877	12,371	15,904	15,004	13,820	15,057	13,041	15,977	13,702	14,205	14,052	13,210	14,596	13,051	14,037	13,382	
CaO	23,459	21,973	23,755	22,169	21,708	23,640	23,274	22,618	23,471	22,233	23,800	23,376	22,724	22,675	22,766	23,025	21,724	21,768	22,266	
K ₂ O	0,001	0,039	0,020	0,016	0,000	0,000	0,010	0,035	0,000	0,034	0,005	0,000	0,017	0,035	0,024	0,028	0,000	0,023	0,006	
Na ₂ O	0,159	0,271	0,131	0,376	0,532	0,147	0,235	0,361	0,185	0,406	0,190	0,318	0,274	0,295	0,466	0,259	0,386	0,348	0,306	
Toplam	98,930	99,118	99,117	99,085	100,420	99,447	98,852	99,792	99,890	99,291	99,136	99,823	100,436	100,322	100,209	99,226	99,267	99,697	99,753	
Si ⁴⁺	1,955	1,880	1,958	1,834	1,844	1,925	1,891	1,881	1,900	1,879	1,922	1,869	1,872	1,864	1,813	1,868	1,843	1,878	1,804	
Ti ⁴⁺	0,007	0,017	0,006	0,021	0,017	0,008	0,009	0,013	0,016	0,019	0,008	0,015	0,018	0,019	0,023	0,019	0,022	0,018	0,025	
Cr ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Al ³⁺	0,060	0,135	0,045	0,199	0,198	0,090	0,136	0,145	0,125	0,153	0,091	0,149	0,156	0,159	0,228	0,158	0,216	0,172	0,237	
Fe ²⁺	0,145	0,287	0,118	0,295	0,338	0,156	0,185	0,262	0,187	0,286	0,140	0,247	0,247	0,254	0,262	0,205	0,283	0,254	0,273	
Mn ²⁺	0,003	0,009	0,003	0,009	0,011	0,004	0,003	0,006	0,004	0,008	0,005	0,008	0,007	0,010	0,008	0,005	0,007	0,007	0,007	
Mg ²⁺	0,887	0,767	0,924	0,722	0,687	0,874	0,831	0,766	0,827	0,729	0,879	0,759	0,781	0,774	0,729	0,808	0,729	0,778	0,742	
Ca ²⁺	0,931	0,884	0,937	0,893	0,867	0,934	0,927	0,901	0,927	0,894	0,941	0,931	0,898	0,898	0,903	0,917	0,872	0,867	0,888	
K ⁺	0,000	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	
Na ⁺	0,011	0,020	0,009	0,027	0,038	0,011	0,017	0,026	0,013	0,030	0,014	0,023	0,020	0,021	0,033	0,019	0,028	0,025	0,022	
Wo	0,474	0,456	0,474	0,468	0,458	0,476	0,477	0,467	0,478	0,468	0,480	0,481	0,466	0,466	0,477	0,475	0,463	0,457	0,466	
En	0,452	0,396	0,467	0,378	0,363	0,445	0,428	0,397	0,426	0,382	0,448	0,392	0,406	0,402	0,385	0,419	0,387	0,410	0,390	
Fs	0,074	0,148	0,059	0,155	0,179	0,079	0,095	0,136	0,096	0,150	0,071	0,128	0,128	0,132	0,138	0,106	0,150	0,134	0,144	

Çizelge 2. Polatlı Bölgesi Paleojen yaşlı volkanik kayaçlardaki feldispat mineralleri üzerinde yapılmış olan mikroprop analiz sonuçları (İyon sayıları 32 O bazına göre hesaplanmıştır).

Table 2. Results of microprobe analysis on feldspar minerals in Paleogene volcanic rocks from Polatlı (Calculated based on 32 O).

Plajiyoklaz	P-26 AP-3																								
	#37	#44	#98	#99	#100	#101	#102	#103	#104	#105	#106	#107	#108	#110	#111	#112	#113	#115	#116	#117	#118	#119	#120	#121	#123
SiO ₂	62,478	63,727	61,982	64,138	64,298	65,708	60,683	64,155	64,142	59,573	59,194	64,604	62,454	67,240	68,577	64,893	0,445	0,383	64,701	62,136	63,535	66,562	63,982	64,369	65,858
TiO ₂	0,000	0,033	0,048	0,098	0,000	0,000	0,667	0,000	0,033	0,105	0,012	0,000	0,000	0,013	0,040	0,023	0,000	0,000	0,023	0,000	0,058	0,012	0,045	0,023	0,160
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	19,644	18,879	20,655	18,703	18,070	21,177	21,424	17,761	20,164	23,072	18,114	18,919	21,018	20,370	19,911	19,045	0,025	0,000	18,486	19,591	20,616	19,410	18,915	18,280	20,566
FeO	0,136	0,100	0,383	0,190	0,207	0,233	0,610	0,169	1,189	0,701	0,410	0,124	0,437	0,143	0,050	0,153	0,228	0,181	0,273	0,385	0,300	0,156	0,138	0,140	0,234
MnO	0,000	0,030	0,015	0,032	0,000	0,009	0,000	0,000	0,070	0,019	0,000	0,063	0,000	0,000	0,000	0,005	0,094	0,036	0,036	0,003	0,000	0,039	0,000	0,000	0,015
MgO	0,005	0,000	0,068	0,045	0,033	0,045	0,121	0,022	0,174	0,129	0,101	0,000	0,041	0,025	0,000	0,010	0,169	0,143	0,090	0,068	0,053	0,036	0,005	0,003	0,000
CaO	0,239	0,008	3,108	0,585	0,151	1,766	3,320	0,056	1,417	5,746	4,613	0,112	2,588	0,707	0,164	0,330	54,012	53,724	0,084	1,291	1,715	0,206	0,222	0,000	1,385
K ₂ O	15,725	16,153	10,512	11,333	16,286	3,510	9,350	16,618	7,021	4,600	10,008	9,248	8,986	1,214	1,445	9,531	0,069	0,028	16,752	10,205	7,185	10,574	14,241	17,165	2,845
Na ₂ O	0,232	0,820	2,159	3,627	0,306	7,565	2,770	0,162	6,104	4,903	2,913	4,894	3,645	10,494	10,548	5,269	0,024	0,030	0,136	3,817	5,469	5,814	0,922	0,036	8,976
Toplam	98,459	99,751	98,931	98,752	99,352	100,012	98,945	98,942	100,314	98,849	95,365	97,964	99,171	100,205	100,735	99,260	55,066	54,525	100,581	97,496	98,931	102,808	98,470	100,018	100,041
Si ⁴⁺	2,933	2,942	2,877	2,952	2,995	2,934	2,810	3,003	2,875	2,728	2,835	2,978	2,866	2,947	2,992	2,944	0,038	0,033	2,978	2,891	2,893	2,903	3,000	2,980	2,916
Ti ⁴⁺	0,000	0,001	0,002	0,003	0,000	0,000	0,023	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,002	0,001	0,005
Cr ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ³⁺	1,087	1,027	1,130	1,015	0,992	1,114	1,169	0,980	1,065	1,245	1,022	1,028	1,137	1,052	1,024	1,018	0,002	0,000	1,003	1,074	1,106	0,998	1,045	0,997	1,073
Fe ²⁺	0,005	0,004	0,015	0,007	0,008	0,009	0,024	0,007	0,045	0,027	0,016	0,005	0,017	0,005	0,002	0,006	0,016	0,013	0,011	0,015	0,011	0,006	0,005	0,005	0,009
Mn ²⁺	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
Mg ²⁺	0,000	0,000	0,005	0,003	0,002	0,003	0,008	0,002	0,012	0,009	0,007	0,000	0,003	0,002	0,000	0,001	0,021	0,018	0,006	0,005	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000
Ca ²⁺	0,012	0,000	0,155	0,029	0,008	0,084	0,165	0,003	0,068	0,282	0,237	0,006	0,127	0,033	0,008	0,016	4,904	4,925	0,004	0,064	0,084	0,010	0,011	0,000	0,066
Na ⁺	0,021	0,073	0,194	0,324	0,028	0,655	0,249	0,015	0,530	0,435	0,270	0,437	0,324	0,892	0,892	0,463	0,004	0,005	0,012	0,344	0,483	0,492	0,084	0,003	0,770
K ⁺	0,942	0,951	0,622	0,665	0,968	0,200	0,552	0,992	0,401	0,269	0,611	0,544	0,526	0,068	0,080	0,551	0,007	0,003	0,984	0,606	0,417	0,588	0,852	1,014	0,161
Ab	2,166	7,160	20,004	31,797	2,756	69,721	25,752	1,456	53,048	44,152	24,180	44,327	33,174	89,819	91,014	44,949	0,080	0,101	1,214	33,944	49,075	45,122	8,853	0,318	77,291
Or	96,601	92,801	64,083	65,369	96,493	21,284	57,192	98,266	40,147	27,254	54,659	55,112	53,810	6,837	8,204	53,496	0,152	0,062	98,372	59,711	42,420	53,994	89,969	99,682	16,118
An	1,233	0,039	15,914	2,834	0,751	8,994	17,057	0,278	6,805	28,594	21,161	0,561	13,016	3,344	0,782	1,556	99,768	99,837	0,414	6,345	8,504	0,884	1,178	0,000	6,591

Çizelge 3. Polatlı Bölgesi Paleojen yaşlı volkanik kayalardaki analsim mineralleri üzerinde gerçekleştirilmiş olan mineral kimyası analiz sonuçları.**Table 3.** Results of microprobe analysis on analcime minerals in Paleogene volcanic rocks from Polatlı.

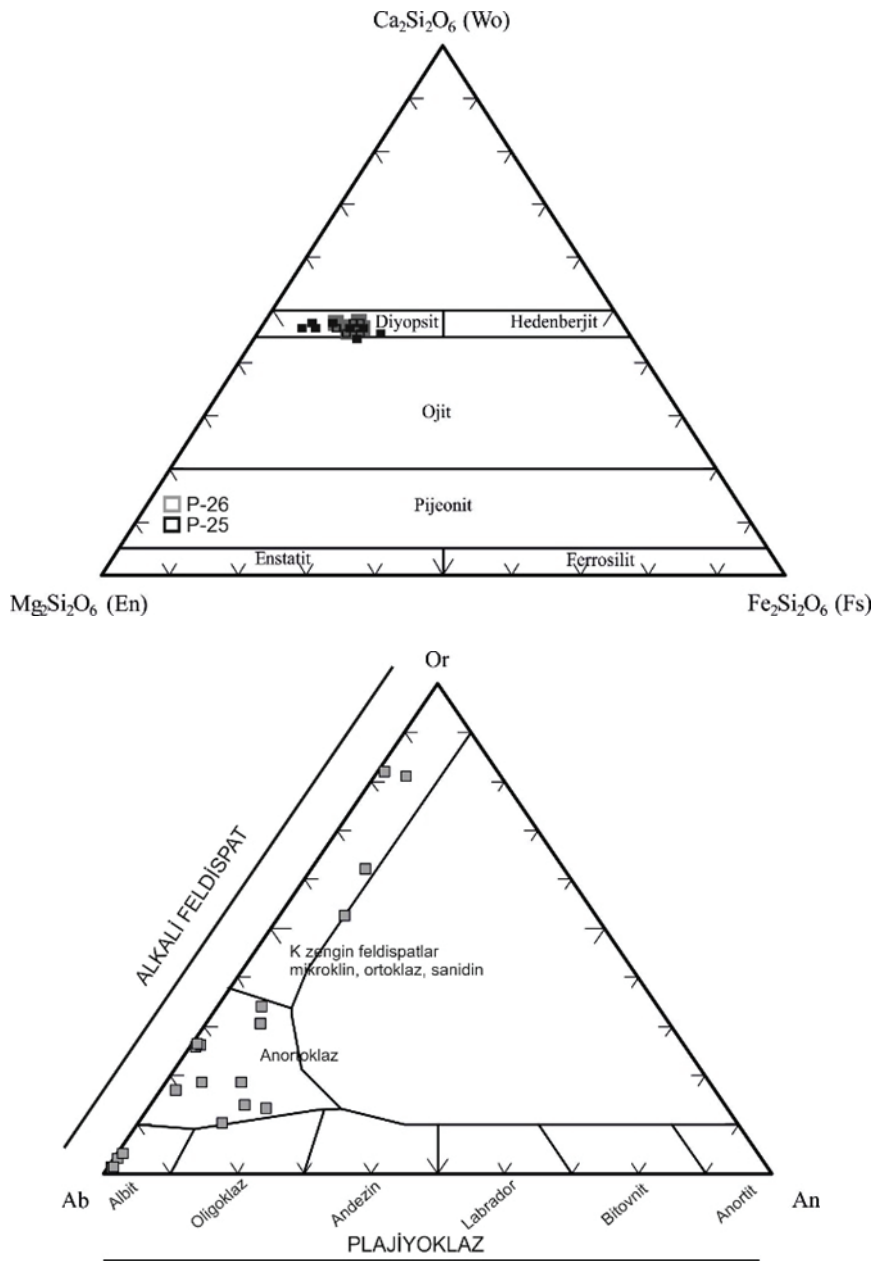
Analsim	AP-3										P-26														
	#1	#2	#4	#6	#7	#8	#10	#11	#12	#14	#15	#19	#20	#21	#109	#122	#40	#41	#42	#45	#46	#47	#48	#49	#54
SiO ₂	57,33	58,16	57,53	58,93	57,98	57,56	57,38	53,06	57,56	58,94	58,28	57,89	57,52	57,77	57,88	59,63	57,80	55,88	55,52	56,75	59,13	57,66	55,24	54,92	57,57
TiO ₂	0,06	0,02	0,02	0,00	0,01	0,03	0,04	0,00	0,05	0,07	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,07	0,00	0,01	0,00	0,04	0,24	0,01	0,00	0,00	0,01
Al ₂ O ₃	23,78	24,31	22,76	24,30	24,17	24,87	24,45	22,31	24,51	24,60	24,36	24,56	24,38	24,35	23,70	24,15	24,53	23,96	24,09	24,22	23,77	24,68	23,95	23,70	23,74
FeO	0,23	0,32	0,26	0,47	0,20	0,28	0,31	0,30	0,29	0,41	0,62	0,34	0,35	0,37	0,48	0,61	0,04	0,00	0,04	0,15	0,38	0,50	0,00	0,04	0,19
MnO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05	0,15	0,03	0,01	0,00
CaO	0,12	0,13	0,04	0,03	0,06	0,22	0,08	0,11	0,15	0,18	0,06	0,06	0,10	0,22	0,07	0,10	0,07	0,03	0,13	0,12	0,11	0,18	0,23	0,06	0,08
K ₂ O	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,04	0,02	0,04	0,02	0,03	0,08	0,03	0,00	0,01	0,06	0,04	0,05	0,03	0,33	0,78	0,16	0,02	0,00	1,51
Na ₂ O	10,74	10,87	11,65	10,59	11,14	10,68	11,18	9,08	11,18	9,97	9,17	11,01	11,05	10,04	8,58	6,81	10,58	13,13	13,01	11,15	6,99	7,44	12,07	12,25	10,18
Toplam	92,27	93,83	92,28	94,34	93,56	93,66	93,47	84,88	93,82	94,20	92,59	94,00	93,52	92,88	90,83	91,46	93,09	93,06	92,83	92,76	91,45	90,85	91,56	90,99	93,30

Buna göre, kayalar içinde yoğun olarak gözlenen klinopiroskenlerin, diyopsit kompozisyonunda olduğu belirlenmiştir (Şekil 5a). Feldispatların albit, ortoklaz dışında daha çok bu iki kristalin katı çözelti serisini oluşturan anortoklazlar olduğu, bünyelerinde kimi zaman Na kimi zaman da K'yı fazla miktarda bulundurduğu tespit edilmiştir (Şekil 5b). Analsimlerde yapılan çözümlenmelerde genellikle yüksek Na içeriklerinin yanında bazı minerallerde K oranlarının %0,77-1,5 aralığında olduğu, bunun da kalıntı lösitlerin varlığını desteklediği düşünülmektedir.

JEOKİMYA

6 adet lav akıntısı üzerinde yapılan ana element analiz sonuçları ve CIPW norm değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Temelli güneyi ve KB'sında dar alanlarda gözlenen volkanik kayaların (Şekil 1b) SiO₂ içerikleri %44,28-51,25 aralığında değişmektedir. Bu değerler örneklerin tamamının bazik özellikte olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışılan örnekler altere olmayıp, elde edilen %6,28-8,01 aralığındaki ateşte kayıp (LOI) değerleri analsimin varlığını desteklemektedir. Örneklerin MgO içerikleri ise, ağırlıkça %2,53-5,07 arasında değişmektedir. Primitif manto değerlerine göre oldukça düşük olan Mg# değerleri (44,5 - 53,3) örneklerin oluşumları süresince yoğun farklılaşma süreçlerine maruz kaldıklarını ortaya koymaktadır.

Bu ana element değerleri gözönüne alınarak hesaplanan CIPW normatif mineralojik bileşenler Verma vd. (2002) tarafından yazılan 'SINCLAS' yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre Polatlı volkanik kayalarının jeokimyasal içeriklerinin feldispatoyid minerali üretme potansiyelinde olduğu ortaya konulmuştur.



Şekil 5. Örneklerin a) piroksen ve b) feldispat mineral kimyası çözümlenmeleri.

Figure 5. Mineral chemistry analyses of a) pyroxene and b) feldspar.

TARTIŞMA

Analsimlerin Kökeni

Polatlı bölgesinde sınırlı alanlarda yüzlek veren volkanik kayaçlar içinde yoğun analsim oluşumları dikkat çekmektedir. Bu kayaçlar üzerinde gerçekleştirilen mineralojik incelemeler

sonucunda bazı örneklerde bulunan analsimler içinde lōsit kalıntıları gözlenmektedir (Şekil 3f). Literatürde, potasik kayaçlarda gözlenen analsim varlığı geçmişte de kayacın kökeni ve geçirmiş olduğu süreçlere dair yapılan yorumlamalarda yanlışlara sebebiyet verebilmektedir. Bu sebeple analsimin varlığının ortaya konulduğu

kayaçlarda, bu mineralin kökenine ve kayacın oluşum mekanizmasına dair yorumların ayrıntılı mineralojik incelemeler sonrasında yapılması gerekmektedir.

Çizelge 4. Polatlı Bölgesi Paleojen yaşlı volkanik kayaçların ana Element ve CIPW norm değerleri (P-25 ve P26 örnekleri Temel vd. (2001)'den alınmıştır).

Table 4. Major Element and CIPW norm values for Paleogene volcanic rocks from Polatlı (P-25 and P-26 are taken from Temel et al. (2001)).

Ana Element (%)	Örnekler					
	P-25	P-26	AP-1	AP-2	AP-3	AP-4
SiO ₂	45,8	44,28	49,2	49,5	51,25	49,3
TiO ₂	0,71	0,89	0,47	0,51	0,63	0,58
Al ₂ O ₃	12,04	12,31	17,35	15,63	16,2	17,58
Fe ₂ O ₃	9,78	10,19	6,18	6,42	5,98	6,25
MnO	0,193	0,194	0,211	0,192	0,091	0,135
MgO	5,07	4,42	3,38	3,47	3,45	2,53
CaO	9,63	10,27	5,13	5,5	5,42	5,72
Na ₂ O	3,29	2,86	3,76	3,59	4,22	6,69
K ₂ O	4,37	5,06	7,25	6,87	4,57	2,82
P ₂ O ₅	0,47	0,48	0,28	0,32	0,37	0,29
Ateşte kayıp	7,82	7,85	6,28	6,95	6,83	8,01
Toplam	99,17	98,80	99,49	98,95	99,01	99,91
CIPW						
Kuvars	0	0	0	0	0	0
Anortit	5,63	6,38	9,69	6,76	12,78	10,44
Albit	1,94	0	2,48	6,66	28,49	28,76
Ortoklaz	28,25	16,9	45,92	44,09	29,25	18,14
Nefelin	15,45	14,39	17,13	14,27	5,52	18,14
Lösit	0	12,47	0	0	0	0
Piroksen	35,83	38,4	12,95	17,03	11,32	15,31
Olivin	7,81	5,84	8,69	7,76	8,95	6,14
Kalsilit	0	0	0	0	0	0

Ankara'dan (Kalecik) başlayarak Orta ve Doğu Pontidlere (Sinop, Samsun, Amasya, Trabzon, Bayburt) kadar devam eden bir kuşak üzerinde postmagmatik süreçte oluşan geç evre analsimlerinin gözlemlendiği volkanik kayaçların varlığı bilinmektedir (Şekil 1a) (Şen vd.,1998; Altherr, vd., 2008; Abdioğlu vd., 2012; Asan vd., 2014; Yücel vd., 2014; Varol, 2013; Gülmez vd., 2016; Varol, 2020). Polatlı bölgesinde sınırlı alanda yüzeylenen volkanik kayaçlarda da fazla

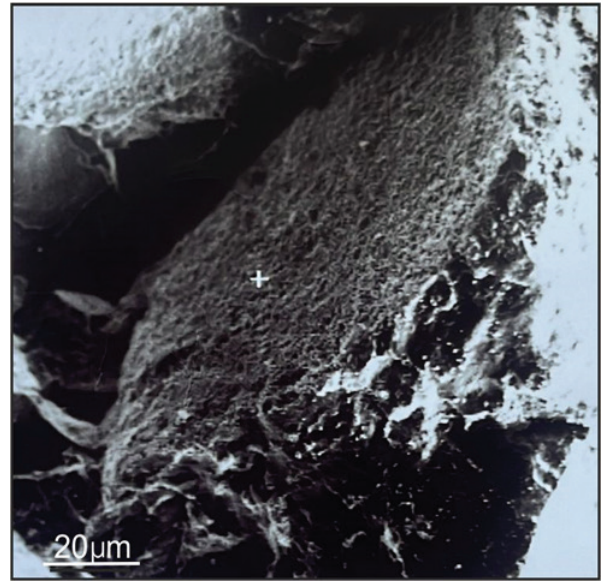
miktarda gözlenen, birçoğu kenarlarından itibaren yuvarlaklaşmış, mineralojik incelemeler ile analsim olduğu tespit edilen, farklı boyutlardaki analsimlerin varlığı ilk kez bu çalışmada ortaya konulmuştur (Şekil 3 ve 4). Analsimlerin magmatik kayaçlar içinde birincil oluşumlar olarak kristalleşmesi durumunda kayaç içinde amfibol, biyotit, filogopit gibi başka sulu minerallerin varlığı da beklenmektedir (Karlsson ve Clayton, 1991). Fakat Polatlı bölgesinden alınmış çalışma konusu bu volkanik kayaçların içinde sadece klinopiroksen ve daha çok hamur içinde olmak üzere feldispat mineralleri gözlenmekte, bahsi geçen bu sulu minerallerden hiçbirine rastlanmamıştır. Bunun yanında, optik mikroskop incelemelerinde bazı iri analsim kristalleri içinde kalıntı lösit mineralleri dikkat çekmektedir (Şekil 3f). Bu optik mineralojik gözlemlerden yola çıkılarak, aynı örneklerden ayrılmış analsimler üzerinde gerçekleştirilen XRD çözümlenmeleri ile de kalıntı lösitlerin varlığı ortaya konulmuştur (Şekil 4a).

Bu gözlemler, bu minerallerin analsimizasyon süreci sonucunda kayaç içinde varolan lösitlerden iyon-değişimi yoluyla oluştuğunu düşündürmektedir. Giampaolo vd. (1997)'ye göre eriyiğin içerdiği gaz, soğuma sırasında lösit minerallerinin parçalanmasına yol açmakta ve bu sırada potasyum (K)'un serbest kalmasıyla lösit minerali duraysız hale gelmektedir. K'nın ortamdaki serbestleşmesi öncelikle su molekülleriyle karşılaşmaya çalışılırken, ilerleyen süreçte H⁺'nin, Na⁺ ile yer değiştirmesiyle karşılaşmaktadır. Çalışma alanındaki analsim fenokristallerinin merkezinden ölçülen Na₂O ve K₂O elektron mikroprop verilerine bakıldığında, kristallerin %7-13 Na₂O ve %0-0,08 olmak üzere çoğunlukla çok düşük K₂O içeriğine sahip olmasıyla birlikte lösit kalıntılarının gözlemlendiği örnekte K₂O değerlerinin %0,77-1,51 değerlerine kadar çıkabildiği görülmüştür (Çizelge 3). Gözlenen bu yüksek K₂O oranları, mineralin tamamen analsime dönüşemediği şartlarda kalıntı

olarak kalan lösitlerin varlığıyla açıklanabilir ve analsim minerallerinin lösitin dönüşümüyle oluştuğunun (L veya X tipi) bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Luhr ve Kyser (1989)'e göre L veya X tipi analsim kristallerindeki yüksek Fe_2O_3 oranı (~%0,27) kalıntı lösitin varlığını göstermektedir. Bu çalışmadaki mineral kimyası verilerinden analsim fenokristallerinin çoğunluğunda Fe_2O_3 içeriklerinin bu değerin üzerinde olması da kalıntı lösit varlığını düşündürmektedir. Gupta ve Fyfe (1975) ile Karlsson ve Clayton (1991; 1993) lösitin, analsime dönüşümünün gerçekleşmesinde tane yarıçapı, aktivasyon enerjisi, Na bakımından zengin akışkanların difüzyonu, zaman, sıcaklık ve ortamdaki su gibi etkenlerin etkili olduğunu belirtmektedirler. Na bakımından zengin bir akışkanın sisteme dâhil olduğu tezi, gerçekleştirilen mikroprop analizlerinden bazik volkanik kayaçlarda görmeye alışık olmadığımız albit ve anortoklaz minerallerinin varlığı ile de desteklenmektedir. Bu durum, hem K ve Na iyon değişiminin gerçekleşmesi ile analsimleşme sürecini hem de bu feldispatların varlığını açıklayabilir (Prelevic vd., 2004; Lustrino vd., 2019).

Bu gözlemlerin yanında, analsimlerin birincil olarak magmadan kristallenmesi durumunda (P tipi), fenokristallerin pürüzsüz ve temiz bir yüzey görünümü sunduğu herhangi bir mikro gözeneklilik ya da çatlak gibi bir yapıyla karşılaşmadığı belirtilmektedir (Putnis vd., 1994; Wang vd., 2022). Hidrotermal dolgu kristalizasyonu ile oluşan analsimler (H tipi) ise, kayaç içinde gözlenen çatlak ve gözeneklerde bulunmaktadır (Zhu vd., 2020). Ancak, analsim, volkanik kayaç içindeki postmagmatik süreçte lösit minerallerinden iyon değişimi ile oluşuyorsa (L tipi veya X tipi) bu durumda kristal yüzeyleri pürüzlü, düzensiz, çatlaklı ve mikro gözenekli olarak görülmektedir (Prelevic vd., 2004; Zhu vd., 2020). Çalışılan örnekler içindeki analsimler kayaç içindeki herhangi bir çatlak veya boşluk içinde oluşmamış olup, tüm kayaç içinde yaygın

olarak dağılmış fenokristal veya mikrokristaller olarak bulunmaktadır. Ayrıca analsimlerden elde edilen SEM görüntülerine bakıldığında da bu kristallerin yüzeylerinin pürüzlü, düzensiz ve gözenekli olduğu görülmektedir (Şekil 6). Bu da Polatlı volkanik kayaçları içinde bulunan analsimlerin tamamının iyon değişimi ile lösitten dönüştüğünü desteklemektedir.



Şekil 6. Çalışma bölgesinden alınan örnekte bulunan analsim fenokristalinin pürüzlülüğün gözlemlendiği SEM görüntüsü.

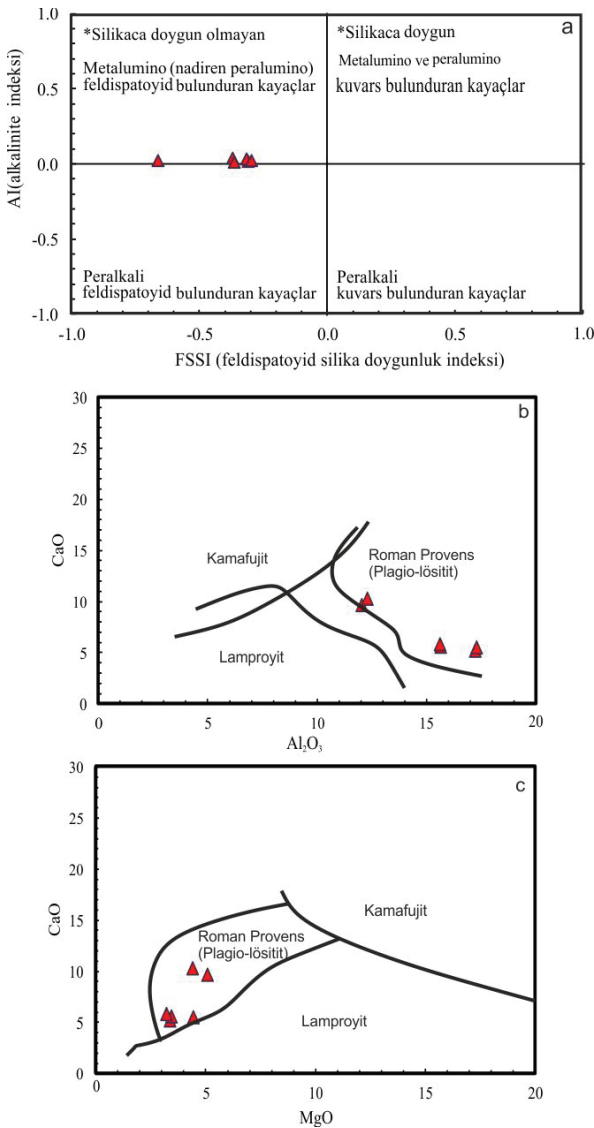
Figure 6. SEM image of analcime phenocrysts in sample from the study area, where roughness is observed.

Bu örneklerde gerçekleştirilmiş DTA-TG analizlerine bakıldığında, 100 °C'den 300 °C'ye kadar geniş bir sıcaklık aralığında gözlenen ve öncelikle 100 °C'de gözlenen %0,6'lık ağırlık kaybına sebep olan endotermik pik mineraldeki zayıf bağlı sular olarak yorumlanmıştır. Yaklaşık 191 °C'deki endotermik pik, analsimin kristal yapısının dehidrasyonunu göstermekte ve bu da yaklaşık %7'lik bir ağırlık kaybı oluşturmaktadır (Şekil 4b). Bu kayıp, ana element analizlerindeki %6,28-8,01 arasında değişim gösteren ateşte

kayıp (LOI) miktarlarıyla da uyumludur (Çizelge 4). Bu yüksek LOI miktarları kayaç içinde gözlenen analsim kristallerine atfedilmelidir, zira örnekler altere olmayıp, kayaç içinde analsim dışında kristal suyu bulduran başka mineral de bulunmamaktadır. İkinci endotermik pik daha dar sıcaklık aralığında yaklaşık 577 °C’de gözlenen pik olup %0,2’lik bir ağırlık kaybını göstermektedir. Isıl işlem sebebiyle örnekte 400 ve 800 °C’de iki ekzotermik pik gözlenmekte, bu piklerin yeni faz oluşumları kristal formunun değişimi veya kristal yapısının yıkılması gibi nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Hervig ve Navrotsky, 1984; Giampolo ve Lombardini, 1994; Giampolo vd., 1997; Henderson vd., 2014). Son endotermik pik öncesi yaklaşık 400 °C’deki ekzotermik pik ısı ile analsimlerin kristal formunun değişmesi ve bu değişim sonrası yapıda kalan kuvvetli bağlı suyun kaybını göstermektedir (Hervig ve Navrotsky, 1984; Giampaolo ve Lombardi, 1994; Giampaolo vd., 1997; Henderson vd., 2014). Yaklaşık 800 °C’deki ekzotermik pik ise devam eden ısı ile analsimlerin kristal yapısının yıkılarak oksitlere dönüştüğünü düşündürmektedir. Giampaolo ve Lombardi (1994) bu analiz yöntemini hidrotermal alterasyon ile oluşan analsimler (H tipi) ve iyon değişimi sonucunda lösitten dönüşen analsimleri (L veya X tipi) ayırt etmek için kullanmıştır. Çalışmaya göre H tip analsimler, ilk endotermik piki 350-370 °C olacak şekilde dar bir sıcaklık aralığında gösterirken, L tipi (X tipi) analsimlerde bu pik ortalamada 235-320 °C sıcaklık aralığında olsa da bazı L tipi analsimler 100-300 °C’ler arasında geniş bir aralıkta pik göstermektedir. Polatlı bölgesinde gözlenen analsimli kayaç örneklerinden elde edilen bu pikler lösitlerden iyon değişimi sonucu oluşmuş analsimlerle uyum göstermektedir.

Volkanik Kayaçların Oluşumu ve Gelişimi

Lösitit olarak tanımlanan kayaçlar kıtasal ortamlarda görülen son derece nadir bir volkanik kayaç grubudur (Lustrino vd., 2019). Bu kayaçların isimlendirilmesinde modal mineraloji kullanılmakta ve kayacın lösitit olarak tanımlanması için modal foids/(foids+feldispat) oranının 0,6 ila 0,9 aralığında olması beklenmektedir (Le Maitre, 2002). Çalışılan volkanik kayaçların ana element jeokimyası ile hesaplanan CIPW normatif mineralojisi bu kayaçlarda olası nefelin ve lösit oluşturma potansiyelini ortaya koymaktadır (Çizelge 4). Fakat bu modal bileşimlerden elde edilen düşük foids/(foids+feldispat) oranı ile bu kayaçlara “lösit içeren volkanik kayaçlar” denilmesi uygun olacaktır (Lustrino vd., 2019). Kayaç içinde bulunan analsimlerin, kristallenme sürecinin erken evrelerinde oluşan birincil lösitlerden iyon değişimiyle dönüştüğünün ortaya konulması ile bu kayaçların dönüşüm öncesi yüksek K’ya sahip ultrapotasik kayaçlar olarak tanımlanması gerektiği kabul edilmelidir. Ultrapotasik kayaçlar genellikle kıtasal riftleşme ya da kıta-kıta çarpışması sonrası gelişen gerilmeli tektonizmanın hakim olduğu ortamlarda gözlenebilmektedir (McKenzie, 1989; Foley, 1992). Foley vd., (1987)’ye göre ultrapotasik özellik taşıdığı ortaya konulabilen kayaçlar $K_2O/Na_2O > 2$, $K_2O > 3\%$, $MgO > 3\%$ içeriklerine sahiptir. Frost ve Frost (2008)’in alkalinite indeksine (AI) karşı feldispatoyid silika-doygunluk indeksi (FSSI) tanımlamalarına göre, Polatlı civarındaki bu volkanik kayaçların bazaltik özellikteki silikaca doymayan feldispatoyid taşıyan kayaçlar olduğu ortaya konulmuştur (Şekil 7a).



Şekil 7. Çalışma alanından alınan örneklerin **a)** Alkalinite ($AI = Al - (K + Na) - FSSI$ indeksi (normatif $Q - [Lc + 2(Ne + Kp)]/100$). **b)** CaO'a karşı çizilen Al_2O_3 diyagramı **c)** Ca'ya karşılık çizilen MgO diyagramı (Foley vd., 1987).

Figure 7. For samples collected from the study area **a)** alkalinity ($AI = Al - (K + Na) - FSSI$ index (normative $Q - [Lc + 2(Ne + Kp)]/100$), **b)** CaO vs. Al_2O_3 , **c)** Ca vs. MgO (Foley et al., 1987).

Alkalilerce zengin kayaçlar, tipik manto kayaçlarına göre daha yüksek oranda Na ve K içerirler ve kısmi ergime ile alkali magma

üretmeleri dolayısıyla önemlidirler. Bu tip kayaçlar Na'ca zengin filogopit, amfibol içeren alkali peridotitlerin, Na'ca zengin piroksenler içeren piroksenitlerin, Na'ca zengin granat ve piroksenler içeren eklojit gibi kayaçların kısmi ergimesi ile (Foley, 1992) veya dalma-batma ve takip eden çarpışma ortamlarında K'ca zengin kabuk bileşenlerin manto kamasına eklenmesi ile oluşan yüksek K içeren eriyiklerden oluşabilirler (Lustrino vd., 2019; Şen vd., 2019). K'ca zengin olan bu eriyiklerden oluşmuş volkanik kayaçların içine ilerleyen süreçte Na'ca zengin hidrotermal çözeltiler veya suların karışması sonucunda, doğada hareketlilikleriyle tanımlanan alkali elementler (K ve Na) benzer özellikler ve iyonik yarıçapa sahip oldukları için birbirlerinin yerini rahatlıkla alabilirler (Prelevic vd., 2004; Lustrino vd., 2019). Bu sebeple Polatlı civarında analsim içeren volkanik kayaçların ultrapotasik karakterleri Na_2O ve K_2O içerikleri dışında Şekil 7b ve c'deki CaO'ya karşı Al_2O_3 ve MgO içerikleriyle oluşturulmuş diyagramlarla belirlenmiştir. Bu diyagramlardaki element içerikleri, kayaçların içerdiği su ihmal edilerek susuz baza göre tekrar hesaplanarak kullanılmıştır. Buna göre bölgedeki kayaçların tamamı İtalya'daki Roman volkanik provesinden alınmış K bakımından zengin lavlardan yola çıkılarak plagiölösitit veya Roman tipi ultrapotasik kayaçlar olarak tanımlanmıştır (Foley vd., 1987; Foley, 1994).

İzmir-Ankara suture zonunda yer alan çalışma alanı, Geç Kretase (~80 Ma) döneminde Neotetis okyanusunun kuzeye hareketi ile kapanmaya başlayan çarpışma zonunda yer almaktadır. Bu çarpışma sürecinin Paleosen-Eosen sonrasına kadar devam ettiği belirtilmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997; Okay vd., 1997 ve 2020). İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu boyunca gerçekleşen çarpışmanın takip ettiği süreçte, bu çarpışma zonu civarında Üst Kretase, Paleosen, Eosen ve yoğun bir şekilde Miyosen döneminde Orta Anadolu'nun tamamında olduğu gibi Ankara ve civarında da önemli volkanik faaliyetlerin olduğu

pek çok çalışma ile ortaya konulmuştur (Koçyiğit, 1991; Floyd, 1993; Seyitoğlu ve Büyükönel, 1995; Yılmaz vd., 1997; Boztuğ, 1998; Temel vd., 2001, 2010; Türkecan, 2001; Göçmengil vd., 2019). Bu volkanizma faaliyetleri, yaklaşan levhalar ve sonrasında gerçekleşen çarpışmaya bağlı olarak Geç Kretase döneminde başlamış ve kabuk kalınlaşması sonrasında gelişen gerilme rejimi etkisiyle oluşan litosferik inceleme sırasında gelişmiştir (Okay vd., 2020). Bu inceleme esnasında gerçekleşen kısmi ergimeler çarpışma zonu üzerinde pek çok bölgede Paleojen yaşlı magmatik kayaçların oluşumuna da sebebiyet vermiştir. Çalışma alanında sınırlı alanlarda domlar ve dayklar şeklinde yüzeylenen ve lösit içeren Polatlı volkanik kayaçlarının da bu dalma-batma ve sonrasındaki çarpışma süreçleri sebebiyle gerçekleşen kısmi ergimelerden oluşan K'ca zengin magmalardan itibaren oluştuğu düşünülmektedir. Türkiye'de pek çok alanda (Afyon, Ankara, Sinop, Samsun, Trabzon, Amasya, Bayburt) sınırlı alanlarda gözlenen bu tip kayaçların varlığı en iyi şekilde, önceki bir dalma-batma olayı sırasında yüksek K içeriğine sahip bileşenlerin manto kaması içine geri dönüşümü ile zenginleşen mekânsal olarak sınırlı, homojen olmayan bir manto kaynağının varlığı ile açıklanabilir. Kısmi ergimenin ilerlemesi ile yüksek K içeren kalkalkali ürünlerin de oluştuğu ve bu ürünlerin de aynı bölge ve yakın civarında Eosen-Miyosen döneminde büyük volkanik kütleler olarak yüzeylendiği önceki çalışmalarda ortaya konulmuştur (Keller vd., 1992; Wilson vd., 1997; Tankut vd., 1998; Temel vd., 2001; Varol vd., 2007; Temel vd., 2010; Varol vd., 2014; Karaoğlu vd., 2024).

SONUÇ

Polatlı bölgesindeki Paleojen (Eosen?) yaşlı olarak tanımlanan volkanik kayaçlar üzerinde yapılan mineralojik ve jeokimyasal incelemeler, analsimlerin lösit minerallerinden iyon değişimi

yoluyla oluştuğunu göstermektedir. Çalışma alanında birbirinden ayrı domlar ve dayklar şeklinde yüzlek veren bu kayaçlar içindeki analsim mineralleri, klinopiroksen ve feldispatlarla birlikte gözlenmektedir. Magmatik kökenli analsim oluşumu için bu minerallerin yanında sulu minerallerin varlığı beklenirken, alınan örneklerde yapılan incelemelerde amfibol, biyotit ve filogopit gibi sulu minerallerden hiçbirine rastlanmamıştır. Bunun yerine, lösit kalıntıları gözlenmiş ve analsimlerin postmagmatik süreçler sırasında, geç evre magmatik çözeltilerle gelişen ve erken evrede oluşan lösitlerden iyon değişimi ile oluştuğu fikri güçlenmiştir.

XRD, optik mikroskopik incelemeler, mikroprop analizleri, SEM gözlemleri de bu dönüşümü doğrulamış, analsimlerin pürüzlü yüzey yapıları bu tespiti desteklemiştir. DTA-TG analizleri, yüksek sıcaklıklarda analsimlerin kristal yapısında meydana gelen değişimlerle ilişkili olarak kristal suyunun kaybını ve oksitlere dönüşümünü göstermiştir. Polatlı bölgesindeki analsimlerin birincil lösitten iyon değişimi ile dönüştüğüne dair bulgular bu analizlerle de ortaya konulmuştur.

Jeokimyasal analizler, analsimlerin var olduğu volkanik kayaçların ultrapotasik özellik taşıdığını, yüksek K_2O ve Na_2O içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Bu incelemeler, Polatlı bölgesindeki volkanizmanın, Neotetisin kapanışını takip eden İzmir-Ankara suture zonu boyunca gerçekleşen çarpışmanın ilerleyen safhalarında gelişen kıtasal riftleşme, kabuk kalınlaşması ve gerilme rejiminin bir sonucu olarak eriyiğin yüzeye ulaşmasını göstermektedir. Paleojen dönemde gerçekleştiği düşünülen bu volkanik faaliyetler sonucu oluşan Polatlı volkanik kayaçları, yüksek K içeriğine sahip bileşenlerin mantoya geri katılımı ile zenginleşen, homojen olmayan bir manto kaynağının kısmi ergimesiyle ilişkilendirilmiştir. Bu da bölgedeki volkanik kayaçların oluştuğu zamanda ultrapotasik karakterde olduğunu ve kayaçların içinde gözlenen

analsimlerin bu eriyiklerin kristalleşme sürecinde erken evrede oluşan lösitlerden iyon dönüşümüyle oluştuklarını ortaya koymaktadır.

EXTENDED SUMMARY

The analcimes that are the subject of this study are located within volcanic rocks that crop out in Polatlı, which is approximately 60 km southwest of Ankara (Central Anatolia, Turkey) (Figure 1b). In the study area, Paleogene volcanic rocks are intercalated with pre-Neogene rocks and sedimentary series, together with Neogene volcanic and sedimentary rocks (Erol, 1955). Loss on ignition (LOI) values in the range of 6.28-8.01% indicate the presence of analcime. The samples consist of analcime with clinopyroxenes and feldspars. The study aimed to understand the origin of analcime with the help of X-ray diffraction (XRD), differential thermal analysis and thermogravimetric analyses (DTA-TG), microprobe analyses (EMPA), and microscopic observations. Many analcime crystals separated from whole rock samples were identified as pure analcime with peaks observed at 5.61, 4.87, 3.78, 3.67, 3.67, 3.43, 2.93, 2.80, 2.70, 2.50, 2.42, 2.23, 1.91 and 1.87 °Å, although some samples also retained peaks for leucite crystals. Analcimes are the only minerals that can retain water in these rocks. In Figure 4b, the endothermic peak causing a weight loss of 0.6% at 100 °C on DTA-TG analyses is interpreted as weakly-bound water in the mineral. The endothermic peak at approximately 191 °C indicates dehydration of the analcime crystal structure and a weight loss of approximately 7%. A second endothermic peak is observed in the narrower temperature range at approximately 577 °C, indicating a weight loss of 2.0%. Two exothermic peaks are observed at 400 and 800 °C, and these are thought to be caused by new phase formation, change in crystal form, or destruction of the crystal structure. In addition to having high Na concentration, certain analcime


minerals have K concentrations between 1 and 1.5% according to EPMA analysis. In light of all these data, the Paleogene volcanic rocks in the Polatlı region were formed by volcanic activity related to the continental rifting and extension regime following the closure of the northern branch of Neotethys during the collision and subsequent periods. The ultrapotassic characteristics of the Polatlı volcanic rocks, which are confined to a relatively limited area, suggest that they originated from a potassium-enriched, heterogeneous mantle source. This source underwent partial melting, incorporating high-K continental components added to the mantle during subduction; thus, enabling the formation of leucite and subsequently analcime in the later stages of magmatic evolution. This study shows that the analcime minerals observed in these volcanic rocks formed through ion exchange from leucite minerals during the post-magmatic process.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu çalışmanın geliştirilmesinde değerli katkılar sunan editör ve hakemlere teşekkür eder.

ORCID

Güllü Deniz Doğan Külahcı  <https://orcid.org/0000-0003-2143-4046>

Elif Varol Muratçay  <https://orcid.org/0000-0003-0884-186X>

Abidin Temel  <https://orcid.org/0000-0002-8051-4065>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Abdioğlu, E. (2012). Mineralogy and chemistry of zeolites and associated minerals in Tertiary alkaline volcanics from the Eastern Pontides, NE Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, 189(1), 35–47. <https://doi.org/10.1127/0077-7757/2011/0208>
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T. (1997). 1/100.000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye Jeoloji haritaları. Ankara-F15 paftası, No:55. MTA Yayınları.

- Altherr, R., Topuz, G., Siebel, W., Şen, C., Meyer, H.P., Satır, M. & Lahaye, L. (2008). Geochemical and Sr–Nd–Pb isotopic characteristics of Paleocene plagioclites from the Eastern Pontides (NE Turkey). *Lithos*, 105, 149–161.
- Asan, K., Kurt, H., Francis, D. & Morgan, G. (2014). Petrogenesis of the Late Cretaceous K-rich rocks from the Central Pontide orogenic belt, North Turkey. *Island Arc*, 23, 102–124. <https://doi.org/10.1111/iar.12061>
- Ataman G. ve Gündoğdu N. (1981). Anadolu Tersiyerinde analsimli zonlar ve bunların jeolojik konumu. *Yerbilimleri*, 7, 9–14.
- Aydın, F., Karslı, O. & Chen, B. (2008). Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos*, 104, 249–266.
- Bektaş, O. ve Gedik, İ. (1988). Koplarda Lösitli Şösonitik Volkanizmalı Yeni Bir Formasyon (Everekhanları Formasyonu) ve Bu Bulgunun Doğu Pontid Arkı (KD Türkiye) Evrimi ile Olan İlişkileri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 31(2), 11-20. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/d286e3e7989a832_ek.pdf
- Bilgin, Z. R. (2014). Türkiye Jeoloji Haritaları, Ankara-İ-28 Paftası (Rapor No: 208), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bish, D. L. & Ming, D. W. (2001). Natural Zeolite: Occurrence, Properties, Applications. *Mineralogical Society of America*, 45, 662.
- Bozkurt, E., Koçyiğit, A., Winchester, J.A., Holland, G. & Beyhan, A. (1999). Petrochemistry of the Oyaca–Kedikayası (Ankara) dacites as evidence for the post-collisional tectonic evolution of north-central Anatolia, Turkey. *Geological Journal*, 34(3), 223–231.
- Boztaş, D. (1998). Post-Collisional Central Anatolian Alkaline Plutonism, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7(3) 145-166. https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol17/iss3/4?utm_source=journals.tubitak.gov.tr%2Fearth%2Fvol17%2Fiss3%2F4&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Channell, J. E. T., Tüysüz, O., Bektas, O. & Sengör, A. M. C. (1996). Jurassic-Cretaceous paleomagnetism and paleogeography of the Pontides (Turkey). *Tectonics*, 15(1), 201–212.
- Çapan, U. Z. (1984). Ankara melanji içindeki zeolitli alkali bazaltik volkanizmanın karakteri ve yaşı hakkında: *Türkiye Jeoloji Kurumu 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri özetleri*, (s.: 121-123). Ankara. JMO Yayınları.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Wise, W. S. & Zussman, J. (2004). *Rock Forming Minerals, Volume 4B, Framework Silicates: Silica Minerals, Feldspathoids and the Zeolites*. The Geological Society, London, xv + 982 pp.
- Demeny, A., Harangi, S., Forizs, I. & Nagy, G. (1997). Primary and secondary features of analcimes formed in carbonate-zeolite ocelli of alkaline basalts (Mecsek Mts., Hungary): textures, chemical and oxygen isotope compositions. *Geochemical Journal*, 31, 37-47.
- Dostal, J., Breitsprecher, K., Church, B. N., Thorkelson, D. & Hamilton, T. S. (2003). Eocene melting of Precambrian lithospheric mantle: Analcime-bearing volcanic rocks from the Challis Kamloops belt of south central British Columbia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 126, 303 – 326.
- English, P. M. (2001). Formation of analcime and moganite at Lake Lewis, central Australia: significance of groundwater evolution in diagenesis. *Sedimentary Geology*, 143, 219-244.
- Erol, O. (1955). *W. Weingart 56/2, 56/4 (Sivrihisar) ve 57/1, 57/3 (Ankara) paftalarının jeolojik haritası hakkında raporuna ait korelasyon revizyon raporu* (Rapor No: 2473). MTA.
- Eyüboğlu, Y. (2010). Late Cretaceous high-K volcanism in the eastern Pontide orogenic belt: implications for the geodynamic evolution of NE Turkey. *International Geology Review*, 52, 142-186. <https://doi.org/10.1080/00206810902757164>
- Floyd P. A. (1993). Geochemical discrimination and petrogenesis of alkali basalt sequences in part of the Ankara mélange, Central Turkey. *Journal of Geological Society London*, 150, 541-550.

- Foley, S. (1992). Vein-plus-wall-rock melting mechanisms in the lithosphere and the origin of potassic alkaline magmas. *Lithos*, 28(3), 435-453.
- Foley, S. (1994). Geochemical and experimental studies of the origin of ultrapotassic igneous rock. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 167(1), 1-55.
- Foley, S. F., Venturelli, G., Green, D. H. & Toscani, L. (1987). The ultrapotassic rocks: characteristics, classification and constraints for petrogenetic models. *Earth Science Reviews*, 24, 81-134.
- Frost, B. R. & C.D. Frost. (2008). A Geochemical Classification for Feldspathic Igneous Rocks. *Journal of Petrology*, 49, 11, 1955-1969.
- Giampaolo C. & Lombardi G. (1994). Thermal behavior of analcimes from two different genetic environments. *European Journal of Mineralogy*, 6, 285-289.
- Giampaolo, C., Godano, R. F., Di Sabatino, B. & Barrese, E. (1997). The alteration of leucite-bearing rocks: a possible mechanism. *European Journal of Mineralogy*, 9, 1293-1310.
- Gottardi, G. & Galli, E. (1985). *Natural Zeolites*. Springer-Verlag, Berlin, 409 p.
- Göçmengil, G., Karacık, Z., Genç, Ş. C., Prelevic, D. ve Billor, Z. (2019). ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages and petrogenesis of middle Eocene post-collisional volcanic rocks along the Izmir-Ankara-Erzincan suture zone, NE Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 173, 121-142.
- Gupta, A. K. & Fyfe, W. S. (1975). Leucite survival; the alteration to analcime. *The Canadian Mineralogist*, 13, 361-363.
- Gülmez, F., Genç, S. C., Prelevic, D., Tüysüz, O., Karacık, Z., Roden, M.F. & Billor, Z. (2016). Ultrapotassic volcanism from the waning stage of the Neotethyan subduction: a key study from the Izmir-Ankara- Erzincan Suture Belt, Central Northern Turkey. *Journal of Petrology*, 57(3), 561-593. <https://doi.org/10.1093/petrology/egw021>
- Hakyemez, Y., Barkut, M. Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağer, Z. ve Sözeri, B. (1986). *Yapraklı-Ilgaz-Çankırı-Çandır dolayının Jeolojisi* (Rapor No:261). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 114 s.
- Henderson, C. M. B., Hamilton, D. L. & Waters, J. P. (2014). Phase equilibria in NaAlSi₃O₈-KAlSi₃O₈-SiO₂-H₂O at 100 MPa pressure: equilibrium leucite composition and the enigma of primary analcime in blairmorites revisited. *Mineralogical Magazine*, 78(1), 171-202. <https://doi.org/10.1180/minmag.2014.078.1.13>
- Hervig, R.L. ve Navrotsky, A. (1984). Thermochemical study of glasses in the system NaAlSi₃O₈-KAlSi₃O₈-Si₄O₈ and the join Na_{1.6}Al_{1.6Si_{2.4}}O₈-K_{1.6}Al_{1.6}Si_{2.4}O₈. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(3), 513-522. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(84\)90279-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(84)90279-5)
- JCPDS (1986). *International Centre for Diffraction Data*, (1986).
- Karaoğlu, Ö., Varol Muratçay, E., Lustrino, M., Chiaradia, M., Toygar Sağın, Ö., Hemming, S. R. & Uysal, İ. (2024). Large-volume and swift magmatic response to Late Cenozoic segmentation of the subducted Neotethyan oceanic slab: evidence from the Galatian Volcanic Province, northwestern Turkey. *International Geology Review*, 66(19), 3428-3456. <https://doi.org/10.1080/00206814.2024.2333003>
- Karlsson, H. R. & Clayton, R. N. (1991). Analcite phenocrysts in igneous rocks: Primary or secondary. *American Mineralogist*, 76, 189-199.
- Karlsson, H. R. & Clayton, R. N. (1993). Analcime phenocrysts in igneous rocks; primary or secondary? Reply. *American Mineralogist*, 78, 230-232.
- Keller, J., Jung, D., Eckhardt, F. J. & Kreuzer, H. (1992). Radiometric ages and chemical characterization of the Galatean Andesite massif, Pontus, Turkey. *Acta Vulcanologica*, 2, 267-276.
- Koçyiğit, A. (1991). Neotectonic structures and related landforms expressing the contractional and extensional strains along the North Anatolian Fault at the north-western margin of the Erzincan Basin, NE Turkey. *Bulletin of the Technical University of Istanbul*, 44, 455-473.

- Le Maitre R. W. (2002). *Igneous rocks: a classification and glossary of terms*. Cambridge University Press, Cambridge 236 s.
- Luhr, J. F. & Kyser, T. K. (1989). Primary igneous analcime: The Colima minettes. *American Mineralogist*, 74(1-2), 216 – 223.
- Lustrino, M., Fedele, L., Agostini, S., Prelević, D. & Salari, G. (2019). Leucitites within and around the Mediterranean area. *Lithos*, 324-325, 216-233. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.11.007>
- McKenzie, D. (1989). Some remarks on the movement of small melt fractions in the mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 95(1), 53-72.
- Moradian, A. (2008). A contribution to the genesis of analcime after leucite in potassic volcanic rocks of the Nadik area, Kerman, Iran. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 19(1), 31– 48.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. & Gottardi, G. (1988). Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogical Magazine*, 52, 535 – 550.
- O'Brien, H. E., Irving, A. J. & McCallum, I. S. (1988). Complex zoning and resorption of phenocrysts in mixed potassic mafic magmas of the Highwood Mountains province, Montana. *American Mineralogist*, 73, 1007-1024.
- Okay, A. I. & Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In A.G. Robinson (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*, American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir No. 68, 291-311.
- Okay, A. I., Şahintürk, Ö. & Yakar, H. (1997). Stratigraphy and tectonics of the Pülür (Bayburt) region in the Eastern Pontides. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute*, 119, 1-24.
- Okay, A. I. Sunal, G., Sherlock, S., Kylander-Clark, A. R. C. & Özcan, E. (2020). İzmir-Ankara Suture as a Triassic to Cretaceous Plate Boundary—Data From Central Anatolia. *Tectonics*, 38, Article e2019TC005849. <https://doi.org/10.1029/2019TC005849>
- Prelević, D. (2005). Mediterranean Tertiary lamproites: a review of their origin, geodynamic significance and the relation with contemporaneous volcanism. *Bulletin Academie Serbe des Sciences et des Arts*, 130, 57– 85.
- Prelević, D., Foley, S. F., Cvetković, V. & Romer, R. L. (2004). Origin of minette by mixing of lamproite and dacite magmas in Veliki Majdan, Serbia. *Journal of Petrology*, 45, 759–792.
- Prelević, D., Foley, S.F., Romer, R. L., Cvetković & Downes, H. (2005). Tertiary ultrapotassic volcanism in Serbia: constraints on Petrogenesis and mantle source characteristics. *Journal of Petrology*, 46, 1443–1487.
- Prelević, D., Foley, S. F., Romer, R. & Conticelli, S. (2008). Mediterranean Tertiary lamproites derived from multiple source components in postcollisional geodynamics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, 2125 – 2156.
- Prelević, D., Akal, C., Foley, S.F., Romer, R. L., Stracke, A. & Van Den Bogaard, P. (2012). Ultrapotassic mafic rocks as geochemical proxies for postcollisional mantle dynamics of lithosphere: the case of SW Anatolia-Turkey. *Journal of Petrology*, 53(5), 1019-1055. <https://doi.org/10.1093/petrology/egs008>
- Putnis, A., Putnis, C. & Giampaolo, C. (1994). The microtexture of analcime phenocrysts in igneous rocks. *European Journal of Mineralogy*, 6, 627– 632.
- Remy, R. R. & Ferrell, R. E. (1989). Distribution and origin of analcime in marginal lacustrine mudstones of the Green River Formation, south-central Uinta Basin, Utah. *Clays and Clay Minerals*, 37, 419-432.
- Renaut, R. W. (1993). Zeolitic diagenesis of late Quaternary fluviolacustrine sediments and associated calcrete formation in the Lake Bogoria Basin, Kenya Rift Valley. *Sedimentology*, 40, 271-301.
- Seryotkin, Yu.V. & Bakakin, V. V. (2008). The thermal behavior of secondary analcime as leucite derivative and its structural interpretation. *Russian Geology and Geophysics* 49, 153–158.

- Seyitoğlu, G. & Büyükönel, G. (1995). Geochemistry of Ankara volcanics and the implications of their K-Ar dates on the Cenozoic stratigraphy of Central Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 4(2), 87-92.
- Şen, C., Arslan, M. & Van. A. (1998): Geochemical and petrological characteristics of the Pontide Eocene (?) alkaline province, NE Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 7, 231– 239.
- Şen, C., Aydınçakır, E., Yağcıoğlu, U. C. & Bak, T. (2019). Sakarya Zonunun Güney Kesiminde Yüzeyleyen Geç Kretase Alkalen Volkanitlerinin Jeokimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9, 1-15.
- Tankut, A., Wilson, M. & Yihunie, T. (1998). Geochemistry and tectonic setting of Tertiary volcanism in the Güvem area, Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 285 – 301.
- Temel, A., Varol, E., Yürür, T., Alıcı, P. ve Gourgaud, A. (2001). Ankara'nın GB'sında yer alan volkaniklerin kökeni ve tektonik ilişkisi (Proje No: 9901602007). TÜBİTAK.
- Temel, A., Yürür, T., Alıcı, P., Varol, E., Gourgaud, A., Bellon, H. ve Demirbağ, H. (2010). Alkaline series related to Early-Middle Miocene intra-continental rifting in a collision zone: An example from Polatlı, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 38(6), 289 – 306. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2009.12.017>
- Türkecan, A., Yıldırım, T., Satır, M., Açıkgöz, S & Sevin, D. (2001). Ankara ve yakın çevresinin Tersiyer volkanizması. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 54. Bilimsel Teknik Kurultayı, Mineraloji-Petrografi oturumu, Bildiri Özetleri* (s.: 66-67). Ankara.
- Utada, M. (2001). Zeolites in hydrothermally altered rocks. In Bish, D. L. & Ming, D. W. (Eds.), *Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Applications, Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Society of America*, 45, 305-322.
- Ünalın, G., Yüksel, V., Tekeli, T., Gönenç, O., Seyirt, Z ve Hüseyin, S. (1976). Haymana-Polatlı yöresinin Üst Kretase-Alt Tersiyer stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19(2), 159-169. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/0f994031e91866a_ek.pdf
- Varol, E. (2013). The derivation of potassic and ultrapotassic alkaline volcanic rocks from an orogenic lithospheric mantle source: the case of the Kalecik district, Ankara, Central Anatolia, Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen*, 191(1), 55–73. <https://doi.org/10.1127/0077-7757/2013/0247>
- Varol, E. (2020). Interpretation of the origin of analcimes with mineralogical, microtextural, and geochemical investigations: a case study from Aktepe region (NE of Kalecik, Ankara, Central Anatolia, Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 13, Article 343. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05315-9>
- Varol, E., Temel, A., Gourgaud, A. & Bellon, H. (2007). Early Miocene adakite-like volcanism in the Balkuyumcu region, Central Anatolia, Turkey: Petrology and geochemistry. *Journal of Asian Earth Science*, 30, 613 – 628.
- Varol, E., Temel, A., Yürür, T., Gourgaud, A. & Bellon, H. (2014). Petrogenesis of the Neogene bimodal magmatism of the Galatean Volcanic Province, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 280, 14-29. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.04.014>
- Verma, S. P., Torres-Alvarado, I. S & Sotelo-Rodriguez, Z. T. (2002). SINCLAS: Standard igneous norm and volcanic rock classification system. *Computers & Geosciences*, 28, 711–715. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(01\)00087-5](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(01)00087-5)
- Wang, J., Liang, C., Cao, Y. & Tian, Y. (2022). Occurrence, Genesis, and Significance of Analcime in Fine-Grained Sedimentary Rocks. *Geofluids*, 2022, Article 3633047, 17. <https://doi.org/10.1155/2022/3633047>
- Wilson, M., Tankut, A. & Güleç, N. (1997). Tertiary volcanism of the Galatia province, north-west central Anatolia, Turkey. *Lithos*, 42, 105 –121.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genc, S.C. & Sengör, A. M. C. (1997). Geology and tectonic evolution of the Pontides. In Robinson, A. G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the*

Black Sea and Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 68, 183–226. <https://doi.org/10.1306/M68612C11>

Yücel, C., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Arslan, M. & Yağcıoğlu, U.C. (2014). Origin of analcimes in the Tertiary volcanic rocks from the Eastern Pontides (NE Turkey): a textural, mineralogical and geochemical approach. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen* 191(3), 277–299. <https://doi.org/10.1127/0077-7757/2014/0261>

Zhu, S., Cui, H., Jia, Y., Zhu, X., Tong, H. & Ma, L. (2020). Occurrence, composition, and origin of analcime in sedimentary rocks of non-marine petroliferous basins in China. *Marine and Petroleum Geology, 113*, Article, 104164. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.104164>



Beyşehir Göl Havzası Çevresindeki Çökellerin Kuvaterner Stratigrafisi, Gastropoda Faunası ile Paleoklimi ve Paleoeolojisi

Quaternary Stratigraphy, Gastropoda Fauna, Palaeoclimate and Palaeoecology of the sediments around Beyşehir Lake Basin

Ahmet Demir¹ , Sevinç Kapan² 

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği A.B.D. 17100 Çanakkale, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17100 Çanakkale, Türkiye

• Geliş/Received: 27.10.2024 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 27.12.2024 • Kabul/Accepted: 28.12.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 12.01.2025 • Baskı/Printed: 31.01.2025

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada, Beyşehir Göl havzası çevresindeki çökellerin gastropoda faunası ile, paleoekolojik ve paleoklim özelliklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Eski Beyşehir Gölü'nün tortullarından alınan örneklerin incelenmesi sonucunda Mollusk dalının Gastropoda sınıfına ait; 13 cins, 15 tür tanımlanmıştır. Fauna sayısal bolluk açısından değerlendirildiğinde tipik hakim türlerin akarsularda yaşayan *Valvata pulchella* ve sığ tatlı sularda yaşayan *Bithynia leachii* olduğu tespit edilmiştir. *Bithynia leachii* ve *Valvata pulchella* türünün birlikte bulunduğu seviyelerin çökeldiği zaman aralığında gölün akarsularla beslenen bir tatlı su ortamını yansıttığı düşünülmektedir. *Valvata pulchella* ve *Bithynia leachii* türlerinin azaldığı, *Planorbis planorbis*, *Anisus vortex*, *Gyraulus parvus* gibi bataklık ve durgun su ortamlarında yaşayan türlerin sayısal olarak arttığı seviyelerin çökeldiği zaman aralığında ise ortam koşulları ılıman, çok sığ, kapalı göl şartlarını işaret etmektedir. Eski Beyşehir gölünün endemik türü olan, akarsularla beslenen tatlı su ortamını yansıtan *Valvata beysehirensis* havzanın bir çok seviyesinde gözlenmiştir. Literatürde geç Pleyistosen yaşı verilen *V. beysehirensis* türünün Pleyistosen süresince varlığı bu çalışma ile ortaya çıkarılmıştır. ESR tarihlendirme sonuçları, diğer araştırmacıların belirlediği yaşlar ve tanımlanan faunanın paleoekolojik özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, Pleyistosen boyunca inceleme alanında 7 kurak ve 6 yağışlı iklimsel dönemin etkili olduğu anlaşılmıştır. İnceleme alanındaki iklimsel şartların son 659 bin yıllık dönemde, küresel deniz seviyesi değişimlerini ifade eden MIS 16 -MIS 2 evreleri arasındaki paleoiklimsel değişimlerle uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Beyşehir Gölü, Gastropoda, Kuvaterner, Paleoeoloji, Paleoklim.

Abstract: In this study, the aim was to reveal the palaeoecological and palaeoclimatic characteristics of the sediments around the Beyşehir Lake basin, along with the gastropod fauna. As a result of the examination of samples taken from sediments from the Ancient Beyşehir Lake, 13 genera and 15 species belonging to the Gastropoda class of the Mollusk branch were identified. When the fauna was evaluated in terms of numerical abundance, the typical dominant species were *Valvata pulchella* living in rivers and *Bithynia leachii* living in shallow freshwater. It is thought that the lake was a freshwater environment fed by rivers during the time period when levels where *Bithynia leachii* and *Valvata pulchella* species were deposited together. In the time interval when *Valvata pulchella* and *Bithynia leachii* species decreased and species living in marsh and stagnant water environments such as *Planorbis planorbis*, *Anisus vortex*, and *Gyraulus parvus* increased numerically, the environmental conditions indicate temperate, very shallow,

closed lake conditions. *Valvata beysehirensis*, which is an endemic species in the Ancient Beyşehir Lake indicating a freshwater environment fed by rivers, was observed at many levels of the basin. The presence of *V. beysehirensis* species, which was dated to the late Pleistocene in the literature, during the Pleistocene was revealed in this study. When the ESR dating results, ages determined by other researchers and palaeoecological characteristics of the identified fauna are evaluated together, 7 arid and 6 wet climatic periods were effective in the study area during the Pleistocene. The climatic conditions in the study area are compatible with the palaeoclimatic changes between MIS 16-MIS 2 phases, which show global sea level changes in the last 659 thousand years.

Keywords: *Beyşehir Lake, Gastropoda, Quaternary, Palaeoecology, Palaeoclimate*

GİRİŞ

Son yıllarda Kuvaterner'deki iklim değişimi çalışmalarında özellikle kapalı sisteme sahip göllerde depolanan sedimentler yaygın olarak kullanılmaktadır. İklim, tektonik, jeomorfoloji, göl çevresindeki bitki örtüsü, akuatik biota ve son zamanlarda insan faaliyetleri gibi birbirleriyle ilişkili faktörler tarafından kontrol edilen göllerdeki sedimentler, iklim değişiklikleri çalışmalarında oldukça önemlidir (Cohen 2003; Martín-Puertas vd., 2011, Guimaraes vd., 2016; Zhao vd., 2016). Gölsel sedimentlerin ortamsal ve iklimsel değişikliklerin izlerini koruma potansiyelleri yüksektir. Göl sedimentlerinden elde edilen jeokimyasal ve paleontolojik veriler geçmişteki iklim değişikliklerinin araştırılmasında ve yorumlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmayla orta-geç Miyosen yaşlı Beyşehir faylarının oluşturduğu Beyşehir Graben Göl Havzası (Koçyiğit, 1984) Kuvaterner tortullarının, mollusk faunası ile stratigrafisi ve deneştirilmesi, faunanın paleocoğrafik dağılımı, paleoekolojik özellikleri ve bölgenin paleoiklimsel değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda ağırlıklı olarak Beyşehir havzasındaki Pleyistosen çökellerinin bölgesel ve küresel anlamda karşılaştırılması üzerine durulacaktır. Beyşehir ve yakın çevresinde mutlak tarihlendirme yöntemiyle yapılan paleoiklim çalışmalarının, geç Pleyistosen-Holosen dönemine yoğunlaştığı görülmüştür (Bottema ve Woldring, 1984; Roberts, 1991; Eastwood vd., 2007; Tudryn vd., 2013; Kapan vd., 2018). Bu çalışma, Beyşehir göl

havzasının yaşını 659 bin yıla kadar genişleterek, bugüne kadar Beyşehir bölgesinde (Şekil 1) elde edilen en uzun göl kaydını sağlamış ve böylelikle son 659 bin yıldaki paleoortamsal ve paleoiklimsel koşulların yorumlamasına olanak vermiştir.

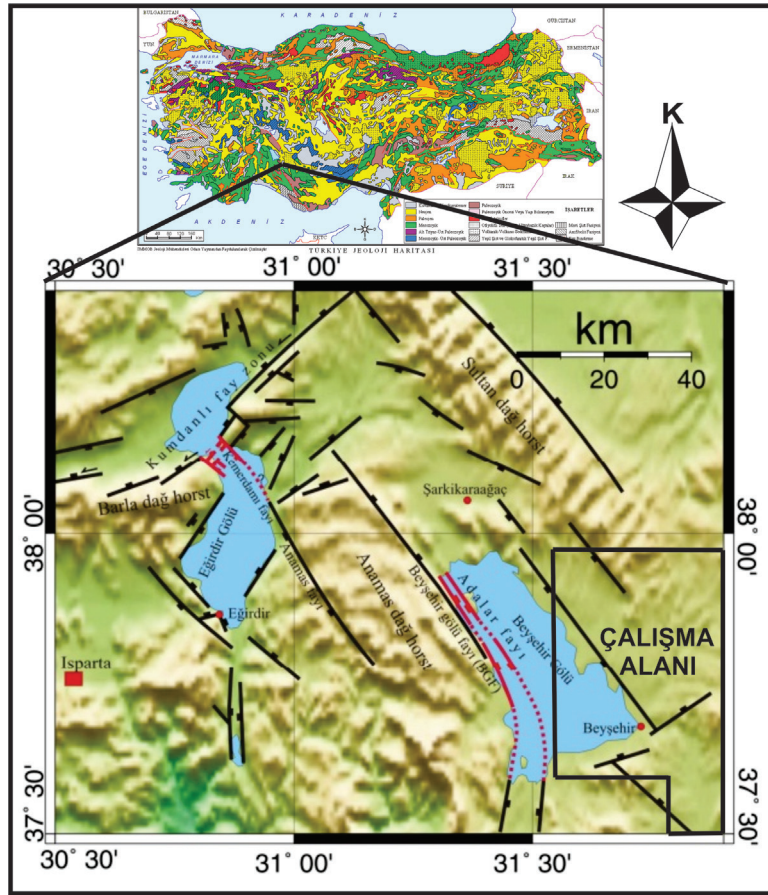
MATERYAL ve YÖNTEM

Arazi Çalışmaları

Çalışma alanında gözlenen gölsel çökel litolojisi ve bu litolojilerin temel kayalarla ilişkisi 1/25.000 ölçekli N27a2, N27b1, M27d3, M27c4, M27d1, M27d2, M27c1, M27b4, M27a3, M27a4, M27a1, M27a2, M27b1 topoğrafik haritalar üzerine işlenmiştir (Şekil 2). Jeolojik saha gözlemleri, sistematik numune alımı, ölçülü stratigrafik kesitler yapılmıştır. Belirlenen 16 farklı lokasyondan kavkı ve sediment örnekleri alınmıştır.

Laboratuvar Çalışmaları

Araziden alınan örneklere laboratuvarda ıslak elek analizi yöntemi uygulanarak mollusk kavkıları sedimanlarından ayıklanmıştır. Mollusk faunasına ait örneklerin mikroskop ve literatürden yararlanılarak cins ve tür mertebesinde tanımlaması yapılmıştır. Aynı türden olmak üzere (*Valvata pulchella*) farklı kesitlerden farklı seviyelerden üç örnek seçilerek ESR tarihlendirme analizi (Konya Selçuk İLTEK Laboratuvarı) için hazırlanmıştır. ESR tarihlendirme analizi için ICP MS analizi (İzmir ALS Laboratuvarı) yaptırılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Haritalar, URL-1 ve Aksu, 2011'den alınmıştır.)

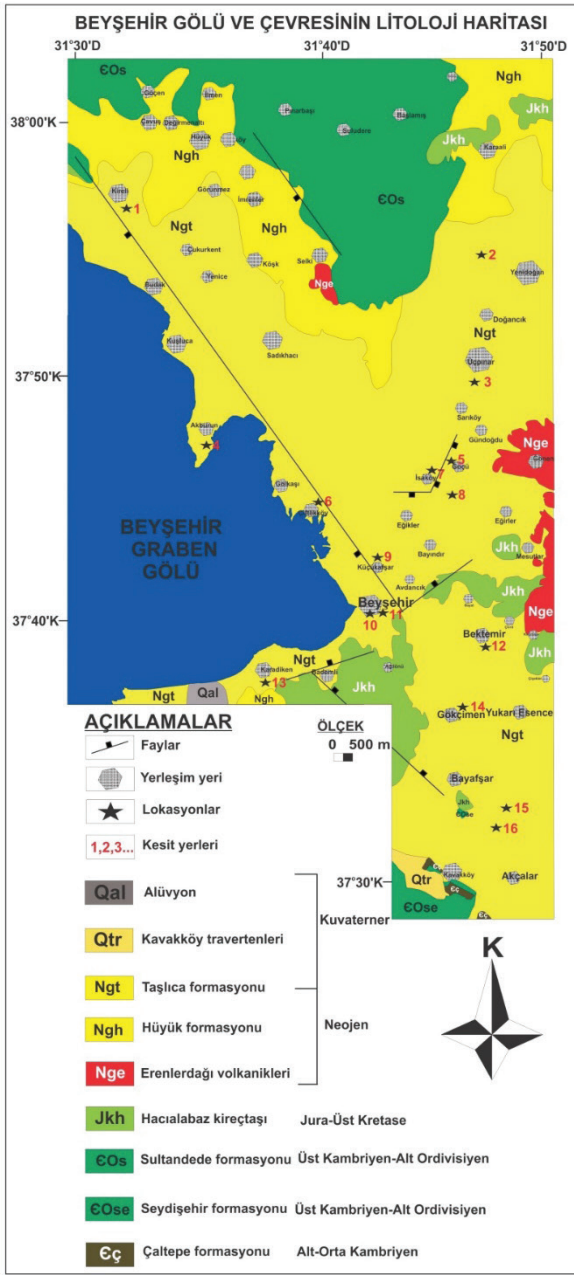
Figure 1. Location map of the study area. (Maps taken from URL-1 and Aksu, 2011.)

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

BÖLGESEL JEOLJİ

İnceleme alanında en yaşlı birim, rekristalize dolomitik kireçtaşı ve yumru kireçtaşlarından oluşan Erken-Orta Kambriyen yaşlı Çaltepe formasyonudur. Daha sonra şeyl-kumtaşı-metakumtaşı ardalanmasından oluşan Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen yaşlı Seydişehir formasyonu ve Geç Kambriyen-Erken Ordovisiyen yaşlı Sultandede formasyonu (kuvarsit, mermer ve fillit) gelmektedir. Paleozoyik birimlerin üzerine uyumsuz olarak Jura-Erken Kretase yaşlı Hacılabaz kireçtaşı birimi yer alır. Mesozoyik birimlerin üzerine sırasıyla uyumsuz olarak çalışma alanında andezitlerden oluşan Neojen

yaşlı Erenlerdağı volkanitleri, Neojen yaşlı kırmızı renkli konglomera ve kumtaşlarından oluşan Hüyük formasyonu, Neojen-Kuvaterner yaşlı bol fosilli kiltası, marn, linyit, kumtaşı, kireçtaşlarından oluşan gri renkli Taşlıca formasyonu çökelir. Taşlıca formasyonunun oluşumunda etkili olan yapısal unsurlar; Beyşehir Gölü fayları, Kızılören fayı, Suğla fayı ve Karaağaç fayıdır (Gürbüz vd., 2021). Neojen birimler Beyşehir'in güneydoğusunda Kuvaterner yaşlı traverten tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmüştür. Stratigrafik olarak en üst birim ise alüvyonlardan oluşmaktadır. Çalışma alanındaki temel kayalar otokton nitelikli olup Özgül (1971, 1976) tarafından "Geyikdağı Birliğı" olarak tanımlanmıştır.

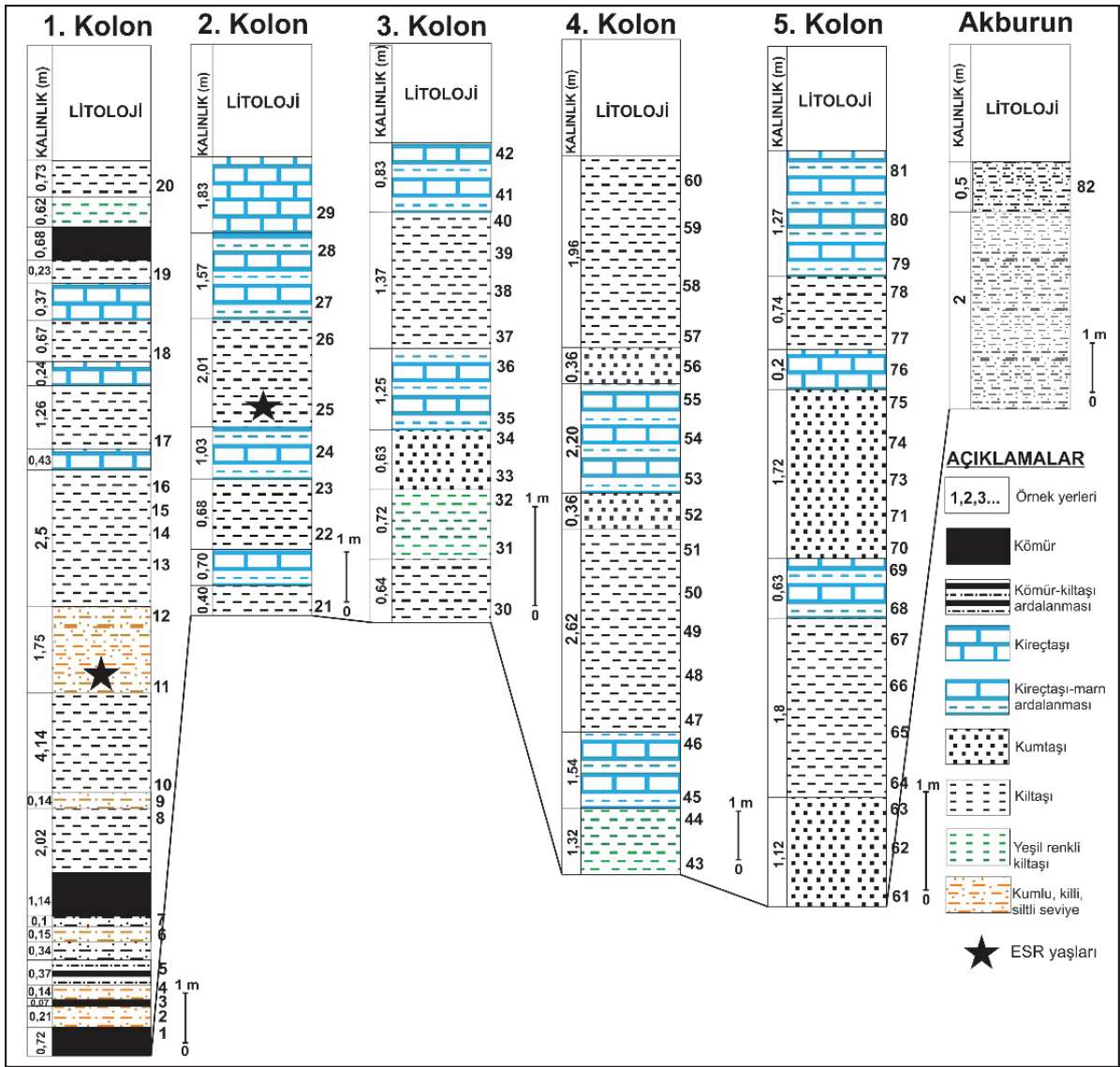


Şekil 2. İnceleme alanının litolojisini ve kesit alınan lokasyonları gösteren 1/25.000 ölçekli harita (Karaisaoğlu, 2013, Coşkuner, 2021'in çalışmasından ve URL-2 adresinden değiştirilerek hazırlanmıştır.)

Figure 2. 1/25,000 scale map showing lithology of the study area and locations where sections were taken (modified from studies by Karaisaoğlu (2013) and Coşkuner (2021), and URL-2)

ÇALIŞMA ALANININ STRATİGRAFİSİ

Beyşehir göl havzası eski tortullarının yüzeylendiği inceleme alanındaki litolojilerin tamamı Taşlıca formasyonuna ait birimlerdir. Taşlıca formasyonu ince, yatay ve yataya yakın tabakalı kireçtaşları ile az tutturulmuş kumtaşı, çamurtaşı, kiltası, linyitli kil, killi linyit ve marn litolojilerinden oluşmaktadır ve önceki çalışmalarda Taşlıca kireçtaşları olarak adlandırılmıştır (Göçmez, 1997). Beyşehir Gölü'nün doğu ve güneydoğusunda yüzeyleyen Taşlıca formasyonu adını inceleme alanındaki Taşlıca Tepe'sinden almıştır (Göçmez, 1997). Çalışma alanında on altı farklı lokasyondan ölçülü stratigrafik kesitler alınmıştır. Kireli lokasyonunda 1 nolu kesit (0372620 D/ 4195798 K), Yenidoğan lokasyonunda 2 nolu kesit (0398756 D / 4192349 K), Üçpınar lokasyonunda 3 nolu kesit (0396395 D/4187620 K), Akburun lokasyonunda 4 nolu kesit (0377388 D / 4181146 K), Göçü lokasyonunda 5 nolu kesit (0394041 D/ 4180376 K), Gölkaşı lokasyonunda 6 nolu kesit (0383865 D/ 4179871 K), İsaköy lokasyonunda 7 nolu kesit (0392797 D/4178539 K), Konya yolu lokasyonunda 8 nolu kesit (0392766 D/ 4177331 K), Küçükafşar lokasyonunda 9 nolu kesit (0389218 D/4174319 K) , Beyşehir lokasyonunda 10 nolu kesit (0389050 D/4170596 K), Beyşehir Sanayi lokasyonunda 11 nolu kesit (0389050 D/4170596 K), Bektimir lokasyonunda 12 nolu kesit (0393992 D/4167236 K), Karadiken lokasyonunda 13 nolu kesit (0383022 D/ 4166830 K), Gökçimen lokasyonunda 14 nolu kesit (0393131 D/ 4164203 K), Kömür Ocağı lokasyonunda 15 nolu kesit (0397408 D/ 4157860 K) ve Kömür Şantiye lokasyonunda 16 nolu kesit (0396137 D/ 4159054 K) (Şekil 3) olarak adlandırılmıştır. Ölçülen kesitlerdeki genel litolojik özellikler stratigrafik olarak düzenlendiğinde en altta kömür, kiltası, marn ardalanması şeklinde başlamaktadır. Daha sonra kömür, kiltası, kireçtaşı, marn ardalanması şeklinde devam etmektedir. En üstte kireçtaşı, marn, kiltası ardalanması ile son bulmaktadır. Lokasyonlar, fosilli çökellerin en iyi gözlemlendiği Beyşehir Gölü'nün doğu ve güneydoğusundan belirlenmiştir.



Şekil 3. Stratigrafik kolon kesitler.

Figure 3. Stratigraphic column sections.

Yol yarmalarından, inşaat arazilerinden ve kömür ocaklarından  l l  stratigrafik kesitler alınırken sistematik örnekleme de yapılmıştır.

Ta lıca formasyonu çalışma alanında stratigrafik olarak genelde temel kayadan sonra en altta 150 metre kalınlıkta  imentolanmı  konglemara ( ekil 4a), çakıllı kiltaşı ve kumtaşı ardalanmasıyla ba lamaktadır. Bu seviyelerin üzerine kiltaşı ( ekil 4b), killi linyit, marn, fosilli kireçtaşı ( ekil 4f) ardı ığı gelmektedir.

Marnlı seviyeler açık renkli kiltaşı-koyu renkli kiltaşı ardalanması ( ekil 4e ve g)  eklinde devam etmektedir. Bu seviyenin kalınlığı daha önceki çalışmalarda ( zdemir ve  zdemir, 1989) sondaj verileriyle 40-150 m. arasında değiştiği belirtilirken bu çalışmada kalınlığı 10-15 m arasında değiştiği gözlenmiştir. En  st seviyeler ise 40 metre kalınlığında marn-kiltaşı-kireçtaşı ardalanmasından ( ekil 4c) oluşmaktadır. Kireçtaşları ince-orta tabakalıdır ( ekil 4d).



Şekil 4. A) Karadiken'nin kuzeybatısındaki konglomera (Bakış Yönü: D'dan B'ya doğru). B) Kömür Ocağı lokasyonu kiltası seviyesi (Bakış Yönü: KD'dan GB'ya doğru). C) Göçü mevkiindeki organikçe zengin marn, kiltası, kireçtaşı seviyesi (Bakış yönü: KD'dan GB'ya doğru). D) Beyşehir Sanayii ölçülü stratigrafik kesitindeki organikçe zengin marn-kireçtaşı arıdanması (Bakış Yönü: KD'dan GB'ya doğru). E) Beyşehir lokasyonunda açık koyu renkli arıdanmalı laminalı kiltası (Bakış Yönü: GD'dan KB'ya doğru). F) Yenidoğan mevkiindeki bol fosilli kireçtaşı G) Küçükafşar lokasyonuna ait açık-koyu renkli marn arıdanması (Bakış Yönü: GB'dan KD'ya doğru).

Figure 4. A) Conglomerate northwest of Karadiken (View direction: E to W). B) Claystone level in the Coal Mine location (View direction: NE to SW). C) Organic-rich marl, claystone, limestone level in the

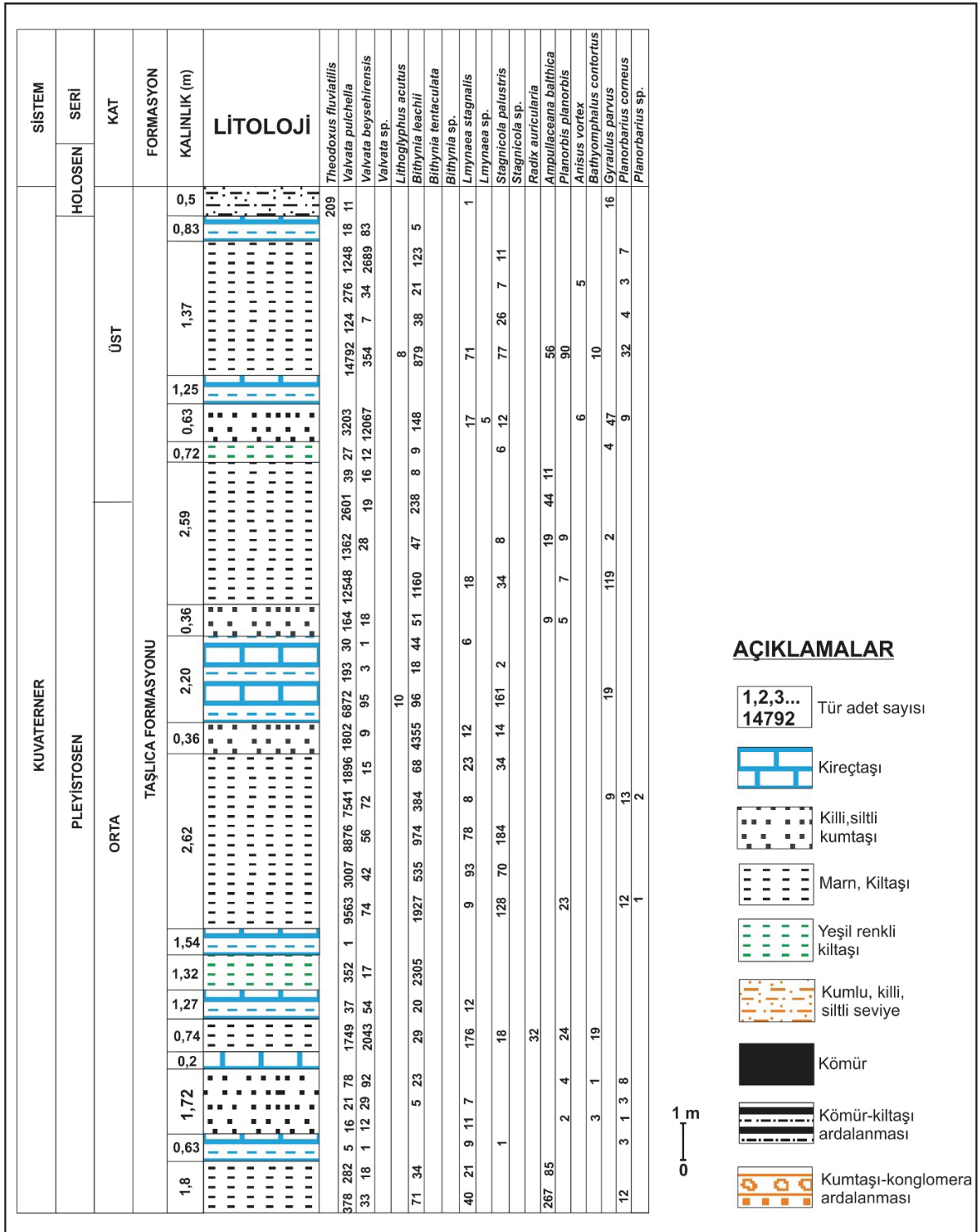
Göçü location (View direction: NE to SW). D) Organic-rich marl-limestone alternation in Beyşehir Sanayii measured stratigraphic section (View direction: NE to SW). E) Laminated claystone with light-dark alternation in the Beyşehir location (View direction: SE to NW). F) Fossil-rich limestone in the Yenidoğan location G) Light-dark colored marl alternation in the Küçükafşar location (View direction: SW to NE).

Çalışma alanında incelenen birimlerin temelinde bulunan geç Miyosen-erken Pliyosen yaşlı kumtaşı-konglomera arıdanmasının (Gürbüz vd., 2021) üzerine gelen Kuvaterner çökellerinden alınan ölçülü stratigrafik kesitlerin birbirine yakın ve aynı seviyede olanları kendi aralarında korele edilerek birleştirilmiştir (Şekil 3). Böylece toplamda onaltı adet olan ölçülü stratigrafik kesiti altı adet birleştirilmiş kolon kesit haline getirilmiş ve bu birleştirilmiş kesitler litostratigrafik ve biyostratigrafik olarak korele edilerek Beyşehir Havzası'nın Kuvaterner çökellerinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti hazırlanmıştır (Şekil 5).

JEOKRONOLOJİK - JEOKİMYASAL BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

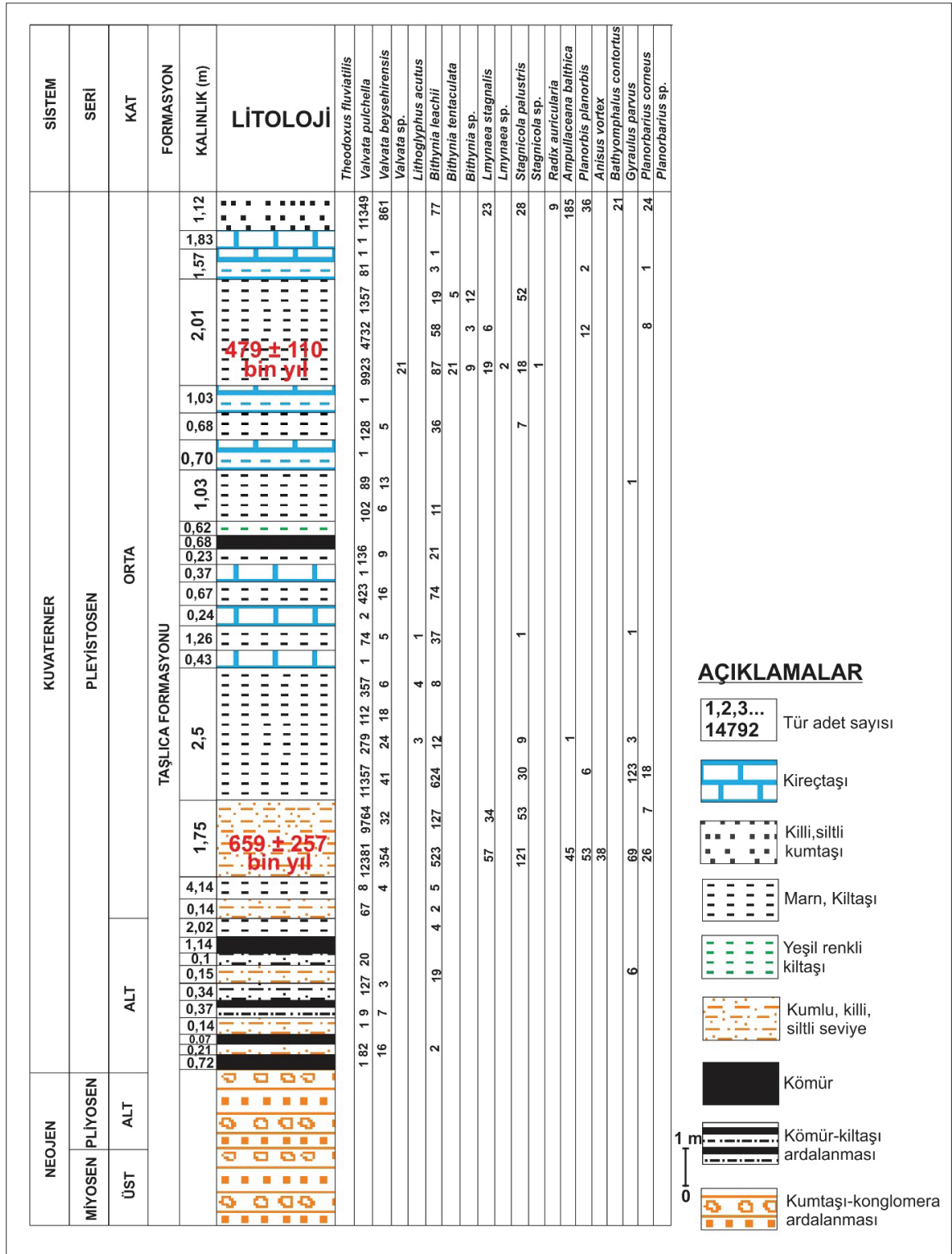
Elektron Spin Rezonans (ESR) Yöntemiyle Yapılan Mutlak Tarihlendirme

Aynı türden olmak üzere ergin bireylerden (*Valvata pulchella*) Kömür Şantiye ve Karadiken kesitlerinden farklı seviyelerden (Kömür Şantiye 1 ve Karadiken 1) iki örnek seçilerek ESR tarihlendirme analizi için hazırlanmıştır. ESR tarihlendirme analizleri Konya Selçuk İLTEK Laboratuvarı'nda, U, Th, %K analizleri İzmir ALS laboratuvarı'nda yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 1 ve Çizelge 2'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Beyşehir Kuvaterner çökellerinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

Figure 5. Generalised stratigraphic column section of Beyşehir Quaternary deposits.



Şekil 5'in devamı.

Continuation of Figure 5.

Çizelge 1. Beyşehir lokasyonu kavkı örneklerinde Y2Science tarihlendirme programı ile hesaplanan D_E , D ve T_{ESR} değerleri (En son döngüdeki $y=aexp(bx)+c$ fonksiyonunun parametreleri verilen a , b , c değerleridir).

Table 1. DE , D and $TESR$ values calculated with Y2Science dating program for Beyşehir location shell samples (a , b , c values are parameters of the $y=aexp(bx)+c$ function in the last cycle.)

Örnek Adı	D_E (G)	a	b	c	D (mGy/y)	T_{ESR} (binyıl)
<i>Kömür Şantiye-1</i>	646 ± 260	-52,1499	-0,001318	122,34	0,985	659 ± 257
<i>Karadiken-1</i>	407 ± 95	-69,8666	-0,001482	127,65	0,849	479 ± 110

Çizelge 2. Beyşehir örnekleri yıllık doz hesabında kullanılan parametreler.

Table 2. Parameters used for the annual dose calculation of Beyşehir Samples.

Örnek Kodu	U (ppm)	Th (ppm)	K %	Kalınlık (mm)	%Nem (Islak)	Derinlik (m)	Kozmik doz hızı (mGy/y)
<i>Kömür Şantiye-1</i>	3,6	0,07	0,01	0,20	19,91	9,2	0,06958
<i>Kömür Şantiye Sediment</i>	0,9	0,48	0,04		28,90		
<i>Karadiken-1</i>	2,5	0,13	0,01	0,20	16,62	2,27	0,17566
<i>Karadiken Sediment</i>	0,8	0,26	0,03		17,74		

ESR analizi sonucunda Kömür Şantiye 1 lokasyonu için 659±257 bin yıl, Karadiken 1 lokasyonu 479±110 bin yıl yaşları elde edilmiştir.

XRF ve ICP MS Analizleri

Bu çalışmada Kömür şantiye lokasyonunda (0396137D/4159054 K) 5 numunenin XRF analizi, Kömür Şantiye lokasyonu ve Karadiken lokasyonlarından (0383022D/4166830K) 1'er numunenin ICP-MS analizi olmak üzere toplam 7 adet analiz yaptırılmıştır.

XRF ve ICP MS bulguları

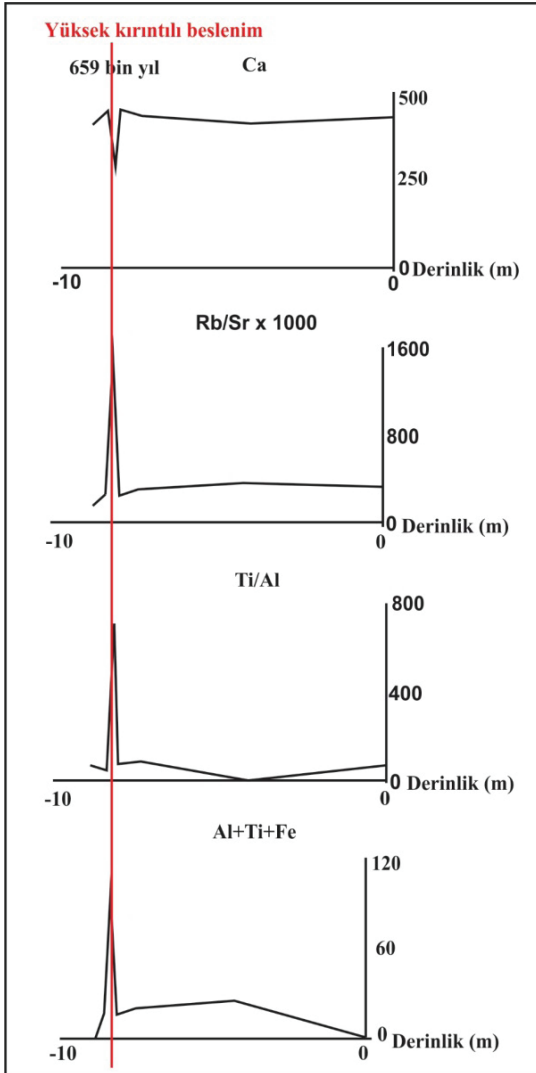
Orhan vd. (2021); Konya Havzası'ndaki çalışmasında yüksek Si+Al+K+Ti+Fe, Ti/Al (Murphy vd., 2000; Tribovillard vd., 2006, Zhao vd., 2016), Rb/Sr (Lei vd, 2008), düşük Ca oranlarının yüksek kırıntılı beslenime işaret

ettiğini, yüksek Th/U oranının (Zhao vd., 2016) ise oksik koşulları ifade ettiğini belirtmiştir. Bu çalışmada XRF ve ICP-MS sonuçlarından elde edilen veriler, Çizelge 3 ve Şekil 6'da gösterilmektedir. Çizelge 3 teki veriler, Ti+Al+Fe içeriği, Ti/Al ve Rb/Sr oranı haline getirilerek grafikleri çizilmiştir. Bunun sonucunda Kömür Şantiye lokasyonunda kırıntılı beslenimin yüksek olduğu seviye, yüksek Ti+Al+Fe, yüksek Ti/Al, yüksek Rb/Sr ve düşük Ca oranları ile karakterize olmaktadır. Kömür Şantiye lokasyonu (L1) ve Karadiken lokasyonunda (L17) kırıntılı beslenimin düşük olduğu seviyeler ise düşük Ti+Al+Fe içeriği ve düşük Ti/Al, Rb/Sr ve yüksek Ca oranlarını işaret etmektedir. Bu çalışmada Kömür Şantiye lokasyonunun yüksek Th/U oranı (13) oksik koşullara işaret ederken, Kömür Şantiye lokasyonunun üst seviyeleri ve Karadiken lokasyonundaki düşük Th/U oranı (0,1) anoksik koşulları ifade etmektedir (Şekil 7).

Çizelge 3. XRF ve ICP MS teknikleriyle belirlenen elementler.

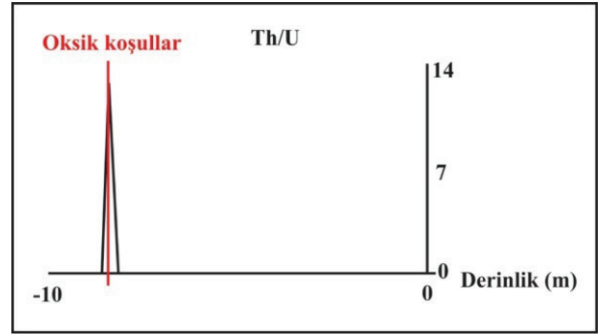
Table 3. Elements detected with by XRF and ICP MS techniques.

Lokasyon	Derinlik	Ti µg/g	Al	Fe %	Ca µg/g	Rb µg/g	Sr µg/g	Th µg/g	U µg/g
L17-1	0	110	0,16	0,43	429	2,3	674	0,26	0,8
L1-8	-4,28	103	1,592	0,763	406	10,27	280,02	4,71	6,85
L1-6	-7,54	772	0,954	0,14	429	9,37	313,73	4,12	6,54
L1-4	-8,18	489	0,606	0,443	437	6,72	271,07	8,32	3,78
L1-3	-8,37	3150	0,448	1,898	281	37,76	254,74	8,82	6,85
L1-2	-8,58	383	0,625	0,289	435	6,37	237,6	2,88	6,09
L1-1	-8,79	190	0,3	0,27	423	3,6	245	0,48	0,9



Şekil 6. Kırıntılı beslenme belirteçlerine göre hazırlanan Kömür Şantiye kesitinin grafikleri

Figure 6. Graphs of the Coal Site section prepared according to detrital feeding indicators.



Şekil 7. Redoks belirteçlerine göre taban suyu redoks şartları grafiği.

Figure 7. Graph of groundwater redox conditions according to redox indicators.

XRF ve ICP MS sonuçlarına dair yorumlar

Bu litolojilerin çökeldiği zaman esnasında Kömür Şantiye lokasyonunun alt seviyelerindeki yüksek kırıntılı beslenme, yağışlı iklimi, üst seviyelerindeki düşük kırıntılı beslenme kurak iklime işaret ederken, Karadiken lokasyonunda düşük kırıntılı beslenme ise kurak iklim koşullarını ifade etmektedir. Kuvvetli yağışların etkili olduğu iklim şartları hızlı erozyona sebep olduğundan bu dönemlerde göl ortamına kırıntılı malzeme girişi yüksektir (de Oliveira vd., 2009). Oksik koşulları gösteren seviyelerin yağışlı iklimin etkili olduğu zaman aralığında çökeldiğini, anoksik koşulları gösteren seviyelerin kurak iklimin hüküm sürdüğü dönemde depolandığını ifade etmek mümkündür. Çünkü yüksek Th/U oksik koşulları, artan tatlı su girişi, yüksek su seviyeleri, iyi oksijenlenmiş,

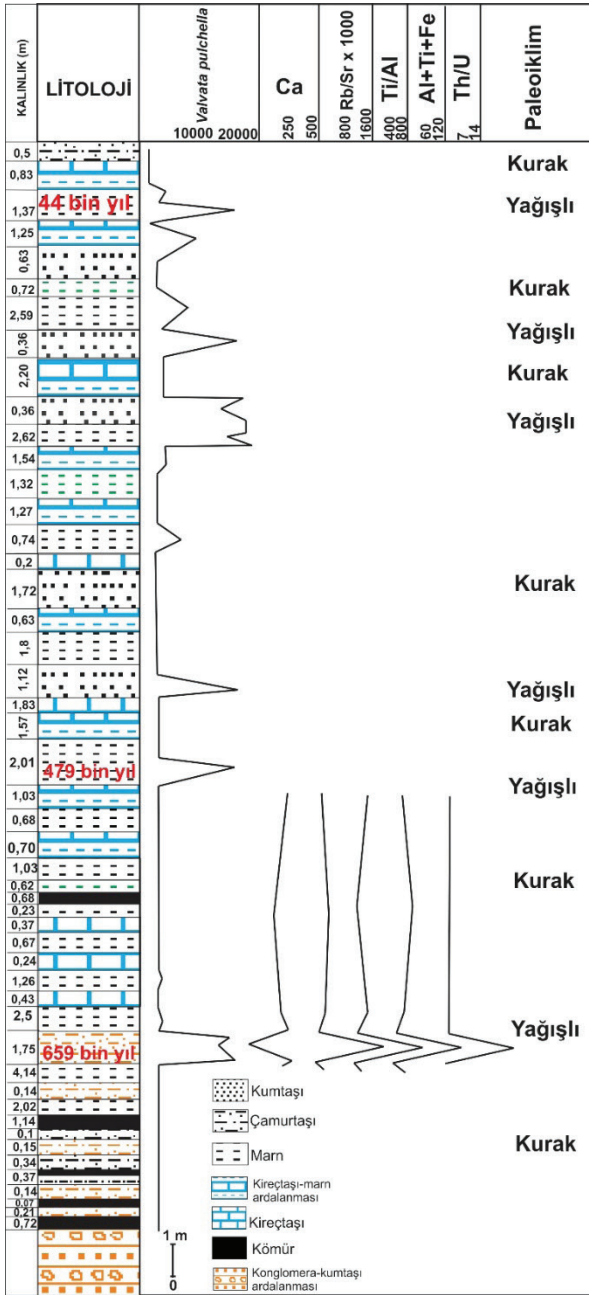
oldukça enerjik dip koşullarına karşılık gelmektedir. Düşük Th/U anoksik koşulları, yüksek buharlaşma, düşük su seviyesi ve durgun dip koşulları dönemlerine denk gelmektedir (Orhan vd., 2021).

STRATİGRAFİK, PALEOEKOLOJİK ve PALEOKİMLSEL YORUMLAMALAR

Beyşehir Havzası Göller bölgesinde tektonizma etkisiyle oluşmuş bir graben havzasıdır ve Kuvaterner zamanında havzaya depolanan çökeller Taşlıca formasyonu olarak tanımlanan birimin (Göçmez, 1997) üst seviyelerini oluşturmaktadır. Taşlıca formasyonu tabandan gri renkli, tutturulmuş, iyi yuvarlaklaşmış konglomerayla temel kayalar üzerinde uyumsuzlukla başlamaktadır. Küçük memelilerden olan *Shizogalerix aff. anatolica* fosiliyle konglomera seviyesinin orta Miyosen yaşında olduğu belirlenmiştir (Saraç, 2003). Konglomeraların üzerine konglomera-kumtaşı ardalanması gelmektedir. Keller vd. (1977) bu seviyeyi kesen volkaniklerden yaptığı K-Ar tarihlendirme tekniğiyle ~11,45 milyon yıl yaşını elde etmiştir. Konglomeraların üzerinde yer yer linyitli seviyelerin olduğu koyu kalın tabakalı gri renkli kiltası litolojisi yer alır. Keller vd. (1977) bu seviyeyi kesen volkaniklerden yapılan K-Ar tarihlendirme tekniğiyle ~3,35 milyon yıl yaşını elde etmişlerdir.

Daha sonra seviye erken-orta Pleyistosen yaşlı kömür-kiltası-kireçtaşı ardalanması şeklinde devam etmektedir. Yaptığımız çalışmada bu çökellerde ESR tarihlendirme analizi ile 659±257 ve 479±110 bin yıllık yaşlar elde edilmiştir. Elde edilen yaşlar erken-orta Pleyistosen dönemine denk gelmektedir. Bu seviyede *Valvata pulchella*, *Valvata beysehirensis*, *Valvata sp.*, *Bithynia leachii*, *Bithynia sp.*, *Anisus vortex*, *Ampullaceana balthica*, *Stagnicola palustris*, *Planorbarius corneus*, *Gyraulus parvus*, *Planorbis planorbis*, *Lithoglyphus acutus*, *Lymnaea stagnalis* örnekleri tanımlanmıştır. *Ampullaceana balthica*, *Radix auricularia*, *Lymnaea stagnalis* gibi durgun,

temiz, sığ tatlı su formları (Jokinen, 1992; Welter Schulte, 2012; Kuroda ve Abe, 2020) erken-orta Pleyistosen çökellerinin üst seviyelerinde gözlenmiştir. En alt seviyelerdeki çökellere kıyasla kavkuların sayısal bolluğunun ve tür çeşitliliğinin artması, kurak iklimden yağışlı iklime geçişin olduğu ortamda göl su seviyesinin nispeten yükseldiğini göstermektedir. Erken-orta Pleyistosen yaşlı çökellerden alınan örneklerden yaptırılan XRF ve ICP-MS analizi (Çizelge 3) sonuçlarının yorumlanmasıyla, bir yağışlı ve bir kurak iklimsel dönem belirlenmiştir. Bu tespit *Valvata pulchella* türünün sayısal bolluk grafiğiyle de uyumludur (Şekil 8). 659±257 bin yıllık süreçte kırıntı beslenimi yüksektir. Bu dönemler yüksek Ti+Al+Fe, yüksek Ti/Al, yüksek Rb/Sr ve düşük Ca oranları ile kırıntılı beslenimin düşük olduğu seviyeler düşük Ti+Al+Fe içeriği ve düşük Ti/Al ve Rb/Sr ve yüksek Ca oranları ile karakterize olurlar (Şekil 6). Çünkü göl sedimentlerindeki alimunosilikatlarla ilişkili elementlerde zenginleşme (Al, Ti, Fe) kırıntılı malzeme girdisindeki artışa ve göl suyu seviyesinin yüksekliğine işaret eder. Ancak gölsel ortamlara kırıntılı malzeme girişindeki bir düşüş zayıf erozyonlara yol açan az yağışlı iklimlere muhtemelen daha kurak bir döneme işaret eder. Bu şartlarda çökelen sedimentler, karbonatça zengin olurlar (Guimaraes vd., 2016). Yüksek Th/U oranı oksik şartları, düşük Th/U oranı ise anoksik şartları işaret etmektedir (Şekil 7). Yüksek kırıntılı beslenimin ve oksik koşulların olduğu seviye yağışlı dönemi ifade ederken, düşük kırıntılı beslenimin ve anoksik koşulların olduğu seviyeler ise kurak döneme işaret etmektedir. Tür sayısının az olduğu, karbonatça zengin kireçtaşı seviyeleri sığ göl ortamını gösterirken, tür sayısının arttığı, karbonat miktarının azaldığı marnlı seviyeler göl sularının nispeten yükseldiğini işaret etmektedir. Tür sayısının arttığı seviyeler, gölün akarsularla beslenen bir tatlı su gölü olduğunu ifade eder. Bu türlerin sayıca azaldığı seviyeler gölü besleyen akarsuların olmadığı daha sıcak ve kurak iklim koşullarını yansıtmaktadır (Kapan vd., 2016).



Şekil 8. Kıvrımlı beslenme belirteçleri, redoks belirteçleri ve *Valvata pulchella* sayısal bolluk dağılımları

Figure 8. Numerical abundance distributions of detrital feeding markers, redox markers, and *Valvata pulchella*.

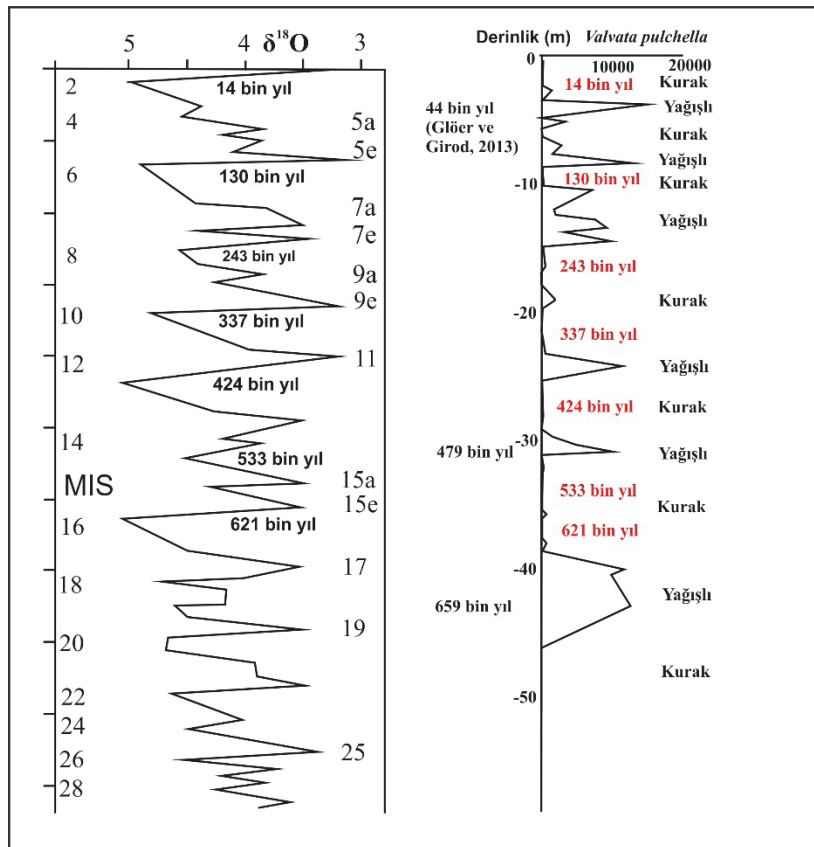
Orta Pleyistosen çökellerinin üzerine, geç Pleyistosen yaşlı kireçtaşı-marn-çamurtaşı-kiltaşı ardalanması gelmektedir. Bu seviyede gastropoda sınıfına ait; *Valvata pulchella*, *Valvata beysehirensis*, *Valvata* sp., *Bithynia leachii*, *Bithynia tentaculata*, *Bithynia* sp., *Planorbis* sp., *Anisus vortex*, *Bathymorphus contortus*, *Ampullaceana balthica*, *Radix auricularia*, *Stagnicola palustris*, *Stagnicola* sp., *Planorbarius corneus*, *Planorbarius* sp., *Gyraulus parvus*, *Gyraulus* sp., *Planorbis planorbis*, *Lithoglyphus acutus*, *Lymnaea stagnalis*, *Lymnaea* sp. örnekleri saptanmıştır. Glöer ve Girod (2013)'un, Çiftlikköy-Gölkaşı mevkiine yakın bir lokasyondaki seviyelerden ^{14}C tekniğiyle elde ettiği yaşlar 44 bin yıl ve 46 bin yıldır.

Eski Beyşehir gölünün tipik egemen türünün sayıca en fazla olan *Bithynia leachii* olduğu görülmektedir. *Bithynia leachii*'nin bulunduğu seviyelerde, akarsularda yaşayan *Valvata pulchella* türünün varlığı, bu seviyelerin çökeldiği zaman aralığında akarsularla beslenen bir göl olduğunu ifade etmektedir (Akramowski, 1976; Glöer, 1992). *Planorbis planorbis*, *Anisus vortex*, *Gyraulus parvus* gibi bataklıklarda yaşayan türlerin sayısal olarak bol bulunduğu çökeller çok sık kapalı bir gölü işaret etmektedir (Wenz, 1960, Anderson, 2016). Bataklık ve sık su habitatını temsil eden (Janus, 1965) *Planorbarius corneus* türü kömürlü tabakaların alt ve üst seviyelerinde gözlenmiştir. İnceleme alanında Kuvaterner çökellerinin en alt kısmını oluşturan az sayıda mollusk içeren kalın tabakalı kiltası seviyeleri arasında ince tabakalı killi, siltli litolojilerde bol miktarda *Valvata pulchella*, *Valvata beysehirensis*, *Bithynia leachii*, *Gyraulus parvus* türleri tanımlanmıştır. Bu seviyelerde *Valvata pulchella* ve *Bithynia leachii* türlerinin mevcudiyeti geniş zaman aralıklı kurak bir iklimde kısa süreli yağışlı koşulların etkisiyle akarsularla beslenen bir göl ortamını ifade etmektedir. Linyitli seviyeler ve tür sayısının azaldığı kiltası çökelleri ise göl sularının çekildiği bataklık ortamını yansıtmaktadır.

Tanımlanan türlerin tamamı limnik ($\leq 0,5\%$) ve oligohalin ($\leq 0,5-5\%$) su koşullarını tercih etmektedirler (Wenz, 1960; Glöer, 1992).

ESR tarihlendirme sonuçları ve tanımlanan türlerin sayısal bolluk dağılımları birlikte değerlendirildiğinde, Beyşehir Havzası'nda, 659 ± 257 bin yıl öncesindeki zaman dilimi buzulların sonlandığı (MIS (Denizel İzotop Evreleri) 17) ilk kurak döneme denk gelmektedir. Beyşehir Havzası'ndan bu çalışmayla elde edilen paleoklimsel veriler, Cohen ve Gibbard (2019)'ın kronostratigrafik korelasyon çizelgesindeki paleoklim dönemleriyle uyumludur (Şekil 9). Sayıca en fazla olan, her kesitin hemen hemen her seviyesinde bulunan, dolayısıyla göldeki

paleoklimsel değişimleri kesintisiz bir şekilde yansıtan *Valvata pulchella* için sayısal bolluk grafiği çizilmiş ve bu grafik MIS serileriyle karşılaştırılmıştır. *Valvata pulchella*'nın sayısal olarak azaldığı seviyeler, MIS serilerindeki 621 bin yıl (MIS 15), 533 bin yıl (MIS 14), 424 bin yıl (MIS 11), 337 bin yıl (MIS 9), 243 bin yıl (MIS 7), 130 bin yıl (MIS 5) ve 14 bin yıllarındaki (MIS 1) buzulların sonlandığı dönemlere, *Valvata pulchella*'nın sayısal olarak arttığı seviyeler, ESR tarihlendirme tekniğiyle elde edilen 659 ± 257 bin yıl (MIS 16), 479 ± 110 bin yıl (MIS 12) ve ^{14}C tekniğiyle bulunan 44 bin yıllık (Glöer ve Girod, 2013) (MIS 2) yaş ile korele edilebilen Gölkaşı mevkiindeki organikçe zengin seviyeler ise buzul dönemlerine denk gelmektedir.



Şekil 9. A) Denizel izotop evreleri (MIS) ve bentik foraminifer kavkılarının $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerleri. Çift sayılar buzul dönemlerini, tek sayılar buzullar arası dönemleri göstermektedir. **B)** *Valvata pulchella* türünün sayısal bolluk dağılım grafiği. Kurak iklim koşullarını gösteren kırmızı renkli tarihlendirme sonuçları, Cohen ve Gibbard (2019)'ın

çalışmasından alınmıştır. Gölkaşı kesitindeki sayısal bolluk bakımından en zengin seviye Glöer ve Girod (2013)'un çalıştığı kesitteki 44 bin yıl olarak buldukları sayısal bolluk bakımından en zengin seviye ile korele edilebilmiştir. 479 ± 110 bin ve 659 ± 257 bin yıllık yaşlar ESR tekniğiyle bu çalışmada elde edilmiştir.

Figure 9. A) Marine isotope stages (MIS) and $\delta 18O$ isotope values for benthic foraminiferal shells. Even-numbered glacial periods and odd-numbered interglacial periods are shown. **B)** *Valvata pulchella* distribution digital abundance distribution graph. Red-coloured dating results show arid climate change, taken from Cohen and Gibbard (2019). The richest level in terms of digital abundance in the Gölkaşı section can be correlated with the richest level in terms of digital abundance during 44,000 years in the section, according to Glöer and Girod (2013). Dates of 479 ± 110 ka and 659 ± 257 ka were obtained with the ESR technique in this study.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Eski Beyşehir Gölü'nün tortullarından alınan örneklerin incelenmesi sonucunda Mollusk dalının Gastropoda sınıfına ait; *Theodoxus fluviatilis* Martens, *Valvata pulchella* Studer, *Valvata beysehirensis* Glöer & Girod (2013), *Valvata* sp., *Bithynia tentaculata* Linnaeus, *Bithynia leachii* Sheppard, *Bithynia* sp., *Lymnaea stagnalis* Linnaeus, *Lymnaea* sp., *Stagnicola palustris* O. F. Müller, *Stagnicola* sp., *Lithoglyphus acutus* Cobălcescu, *Radix auricularia* Linnaeus, *Ampullaceana balthica* Linnaeus, *Planorbis planorbis* Linnaeus, *Anisus vortex* Linnaeus, *Gyraulus parvus* Say, *Gyraulus* sp., *Planorbarius corneus* Linnaeus, *Planorbarius* sp., *Bathymorphalus contortus* Linnaeus olmak üzere 13 cins, 15 tür tanımlanmıştır. Tanımlanan faunanın paleoekolojik özellikleri, gölün tuzluluk derecesinin limnik ortamdan ($< 0,5$) oligohalin ortama ($< 0,5-5$) kadar değişebileceğini göstermektedir.

Pliyosen-erken Pleyistosen yaşta olduğu ifade edilen (Lahn, 1946) kömürlü seviyelerin, bu çalışmada kullanılan ESR tarihlendirme analizi

sonuçlarıyla orta Pleyistosen'e ulaşabildiği ortaya çıkarılmıştır.

Eski Beyşehir gölünün endemik türü olan, akarsularla beslenen tatlı su ortamını yansıtan (Yıldız, 2016) *Valvata beysehirensis* havzanın birçok seviyesinde gözlenmiştir. Girod (2013) tarafından tanımlanan ve geç Pleyistosen yaşı verilen *Valvata beysehirensis* türünün bu çalışma ile Pleyistosen'in daha alt ve üst seviyelerine de ulaşabildiği görülmüştür.

Jeokimyasal verilerin değerlendirilmesiyle inceleme alanında günümüzden 659 ± 257 bin yıl ile 479 ± 110 bin yıl öncesi arasındaki dönemde, yağışlı bir iklimde, bir kez hızlı erozyon ve göle yüksek kırıntılı girişinin etkili olduğu belirlenmiştir. Redoks belirteçleri (Th/U) bu dönemlerde göl taban suyunun oksik olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca kırıntılı beslenme belirteçleri (Ti+Al+Fe, Ti/Al, Rb/Sr ve Ca) bölgede bir kez kırıntılı malzeme girişinin çok az olduğunu ve düşük erozyonal yağışların etkili olduğu kurak bir iklimin hüküm sürdüğünü göstermiştir. Bu dönemde jeokimyasal veriler göl taban suyunun anoksik olduğuna işaret etmektedir (Şekil 8).

Bu çalışmada elde edilen 659 ± 257 bin yıl (erken-orta Pleyistosen), 479 ± 110 bin yıl (orta Pleyistosen) ve 44 bin yıllık (geç Pleyistosen) (Glöer ve Girod, 2013) seviyeler arasında bulunan litolojilerden (Şekil 5) tanımlanmış olan *Valvata pulchella* türünün sayısal bolluk dağılımlarının yorumlanmasıyla, inceleme alanında erken Pleyistosen'den Holosen'e kadar geçen zaman aralığında 7 kurak ve 6 yağışlı dönemin gerçekleştiği belirlenmiştir.

EXTENDED SUMMARY

In this study, the palaeogeographic and palaeoecological characteristics of the Ancient Beyşehir Lake, one of the important basins in Türkiye, were examined during the Quaternary period. During this time, the lake expanded and

contracted several times. Stratigraphic sections were measured at 16 locations in the study area, and interpreted by performing palaeontological systematic sampling. Palaeontological and geochemical analyses were performed on sediment samples, and information about palaeoclimate and palaeoenvironment was obtained. When the general palaeoecological characteristics and numerical abundances of the 16 genera and 13 species identified were examined, the typical dominant species in Ancient Beyşehir Lake were *Valvata pulchella* and *Bithynia leachii*, which were the most numerous. The presence of *Valvata pulchella*, which lives in streams, at the levels where *Bithynia leachii* is found indicates that the lake was a freshwater lake fed by streams at these levels. The levels where the species *Valvata pulchella* and *Bithynia leachii* decrease compared to other levels, and organisms that feed on plants, such as *Planorbis planorbis*, *Anisus vortex*, and *Gyraulus parvus*, and live in calm and shallow environments and marshes increase in number indicate a very shallow closed lake and temperate conditions. Two shell samples were dated with ESR dating studies and ages of 659 ± 257 ka and approximately 479 ± 110 ka were found. With these ages, the age of the coal levels were understood to extend to the Middle Pleistocene. In addition, *Valvata beysehirensis*, an endemic species of Lake Beyşehir, could be seen throughout the Quaternary. With this study, the ESR technique was used for the first time for dating in the Beyşehir Basin and the ESR ages obtained from fossil mollusk shells were stratigraphically compatible. Rainy climates identified by palaeontological and geochemical data correspond to the MIS 16, MIS 12 and MIS 3 glacial periods. It is thought that dry climates correspond to periods in the MIS series when the glaciers retreated at 621 ka, 533 ka, 424 ka, 337 ka, 243 ka, 130 ka and 14 ka. In the study area, 1 rainy and 1 dry period, determined by palaeontological data between approximately 659 ± 257 ka and approximately 479 ± 110 ka,


were also confirmed by geochemical data. There was one period of rapid erosion and high clastic material input during the rainy climate and one low erosion and low clastic material input period during the arid climate. Redox indicators suggest that the lake bottom water was oxic in the rainy period. Geochemical data indicate that the lake bottom water was anoxic in the dry period.

KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yer alan Beyşehir Gölü Havzası ile ilgili veriler, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından desteklenen FDK-2020-3340 nolu doktora tez projesinden elde edilmiştir. Beyşehir örneklerinin ESR tarihlendirme analizlerini yapan Gamze Ekici (KTO Karatay Üniversitesi, Optisyenlik Bölümü) ve Recep Bıyık'a (İTÜ Enerji Enstitüsü Nükleer Araştırmalar) teşekkür ederiz.

ORCID

Ahmet Demir  <https://orcid.org/0000-0002-0385-6598>

Sevinç Kapan  <https://orcid.org/0000-0002-7848-993X>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akramowski, N. N. (1976). *Fauna Armyanskoy SSR, Mollyuski (Mollusca)*. Akademiya Nauk Armyanskoy SSR, Institut Zoologii, Yerevan.
- Aksu, H. H. (2011). *Eğirdir ve Beyşehir gölü havzası tektoniğinin jeofizik çalışmalarla yorumlanması* [Yayımlanmamış Doktora tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Anderson, R. (2016). *Planorbis planorbis* Linnaeus 1758. In *Mollusc Ireland*. <http://www.habitas.org.uk/molluscireland/species.asp?ID=144>.
- Bottema, S. & Woldring, H. (1984). *Late Quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey*. Part II. *Palaeohistoria*, 123-149.

- Cohen, A. S. (2003). *Paleolimnology. The history and evolution of lake systems*. Oxford University Press, New York.
- Cohen, K. M. & Gibbard, P. L. (2019). Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2019 QI-500. *Quaternary International*, 500, 20-31.
- Coşkuner, B. & Eren, Y. (2021). Beyşehir (Konya) Çevresindeki Paleozoyik-Mezozoyik Yaşlı Otokton Kayaçların Yapısal Özellikleri. Parlak, O., Sayıt, K., Mesxi, B. L., Akıllı, H ve Akyıldız M. (Ed.ler) 73. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, (s. 160-161). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/02d915fa0bf0f11_ek.pdf
- de Oliveira, S. M. B., Saia, S. E. M. G., Pessenda, L. C. R., Favored, D. I. T. (2009). Lacustrine sediments provide geochemical evidence of environmental change during the last millennium in southeastern Brazil. *Chemie Der Erde – Geochemistry*, 69(4), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2009.03.002>
- Eastwood, W. J., Leng, M. J., Roberts, N. & Davis, B. (2007). Holocene climate change in the eastern Mediterranean region: a comparison of stable isotope and pollen data from Lake Gölhisar, southwest Turkey. *Journal of Quaternary Science*, 22(4), 327-341. <https://doi.org/10.1002/jqs.1062>
- Girod, A. (2013). Recent and Ancient Death-assemblages of Molluscs in Lakes Eğirdir and Beyşehir (SW Anatolia, Turkey). *Natural History Sciences*, 154(1), 41-56. <https://doi.org/10.4081/nhs.2013.41>
- Glöer, P. (1992). *Süßwassermollusken, Ein bestimmungsschlüssel für die Muscheln im Süßwasser der Bundesrepublik Deutschland*. Deutschen jugendbund für Naturbeobachtung.
- Glöer, P. & Girod, A. (2013). A new Pleistocene *Valvata* species from Lake Beyşehir and two new *Gyraulus* species from Lake Eğirdir (Molluca: Gastropoda: Valvatidae, Planorbidae) in Turkey. *Folia Malacologia*, 21(1), 25-3. <https://doi.org/10.12657/folmal.021.004>
- Göçmez, G. (1997). Kavakköy (Seydişehir) çevresindeki traverten konileri ve sıcak mineralli suların kimyasal özellikleri. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 389-428.
- Guimaraes, J. T. F., Sahoo, P. K., Souza-Filho, W. M., Maurity, C. W., Junior, R. O. S., Costa, F. R. & Dall'agnol, R. (2016). Late Quaternary environmental and climate changes registered in lacustrine sediments of the Serra Sul de Carajas, south-east Amazonia. *Journal of Quaternary Sciences*, 31(2), 61–74. <https://doi.org/10.1002/jqs.2839>
- Gürbüz, A., Kazancı, N., Hakyemez, H. Y., Leroy, S. A., Roberts, N., Saraç, G., Ergun Z., Boyraz-Arslan S., Gürbüz E., Koç K, Yedek Ö. & Yücel, T. O. (2021). Geological evolution of a tectonic and climatic transition zone: the Beyşehir-Suğla basin, lake district of Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 110, 1077-1107. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02007-x>
- Janus H. (1965). *The young specialist looks at land and freshwater molluscs*. Burke, London.
- Jokinen E. (1992). *The Freshwater Snails (Mollusca: Gastropoda) of New York State*. The University of the State of New York, The State Education Department, The New York State Museum, Albany, New York 12230. 112 pp.
- Kapan S., Delikan A., Sayın Ü., Gürsoy B., Demir A., Bakkal G., Orhan H., Engin B. ve Özmen A., (2016). Gastropoda-Bivalvia Faunası ile Eski Konya Gölü'nün Geç Kuvaterner'deki Paleoklim ve Paleoortam Özellikleri. Sayıt, K. (Ed.), 69. *Türkiye Jeoloji Kurultayı* (s.64-65). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/3980e1081491639_ek.pdf

- Kapan S., Delikan A., Sayın Ü., Gürsoy B., Demir A., Bakkal G., Orhan H., Engin B., Özmen A. (2018). Geç Pleyistosen Molluskları İle Eski Konya Gölünün Paleoekolojisi ve Oksijen-Karbon İzotopları ile Paleoklimsel Yorumu. Avcıoğlu, M., Kurttaş, M., Toksoy Köksal, F., Eyüboğlu, Y., Baba, A. ve Yiğitbaş, E. (Ed. ler), *71. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, (s. 803-806). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/9ee599173fc3528_ek.pdf
- Karaisaoğlu, S. (2013). *Kavakköy (Seydişehir-Konya) civarındaki travertenlerin sedimantolojisi ve jeokimyası* [Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Keller, J., Jung, D., Burgath, K., Wolf, F. (1977). Geologie und petrologie des Neogenen kalkalkali-vulkanismus von Konya (Erenler Dağ-Alaca Dağ-Massiv ZentralAnatolian). *Geologische Jahrbuch*, *B25*, 37–117.
- Koçyiğit, A. (1984). Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, *27*(1), 1-15. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/84b98aac2ddd59_ek.pdf
- Kuroda, R. & Abe, M. (2020). The pond snail *Lymnaea stagnalis*. *EvoDevo*, *11*(1), Article 24. <https://doi.org/10.1186/s13227-020-00169-4>
- Lahn, E. (1946). Konya, Burdur Bölgesindeki Pliyosen ve Dördüncü Zaman Tabakaları. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, *2*, 85-106.
- Lei, C., Hongyuan, S., Yulian, J., Jinglu W., Xusheng, L., Ling, W. & Pengling W., (2008). Environmental change inferred from Rb and Sr of lacustrine sediments in Huangqihai Lake, Inner Mongolia. *Journal of Geographical Sciences*, *18*, 373-384. <https://doi.org/10.1007/s11442-008-0373-1>
- Martín-Puertas, C., Valero-Garcés, B. L., Mata, M. P., Moreno, A., Giralt, S., Martínez-Ruiz, F., Jiménez-Espejo F. (2011). Geochemical processes in a Mediterranean Lake: a high-resolution study of the last 4,000 years in Zoñar Lake, southern Spain. *Journal of Paleolimnology*, *46*, 405–421.
- Murphy, A. E., Sageman, B. B., Hollander, D. J., Lyons, T. L. & Brett, C. E., (2000). Black shale deposition and faunal overturn in the Devonian Appalachian Basin: clastic starvation, seasonal water-column mixing, and efficient biolimiting nutrient recycling. *Paleoceanography*, *15*, 280–291.
- Orhan, H., Delikan, A., Demir, A., Kapan, S., Olgun, K., Özmen, A., Sayın Ü., Ekici G., Aydın H., Engin B. & Tapramaz, R. (2021). Late Quaternary paleoclimatic and paleoenvironmental changes in the Konya Closed Basin (Konya, Turkey) recorded by geochemical proxies from lacustrine sediments. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*, 1-14.
- Özdemir N. & Özdemir Y. (1989). *Konya-Beyşehir-İsaköy Kömür Sahası Jeoloji* (Rapor no. 8614). MTA
- Özgül, N. (1971). Orta Toroslar'ın kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, *14*(1), 85-101. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/52859ebee04dd1e_ek.pdf
- Özgül, N. (1976). Torosların temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, *19*(1), 65-78. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e4b4ed9f5a0b921_ek.pdf
- Roberts, N. (1991). Late Quaternary geomorphological change and the origins of agriculture in south central Turkey. *Geoarchaeology*, *6*, 1–26. <https://doi.org/10.1002/gea.3340060101>.
- Saraç, G. (2003). *Türkiye Omurgalı Fosil Yatakları* (Rapor no. 10609) MTA.

- Tribovillard, N., Algeo, T.J., Lyons, T., & Riboulleau, A., (2006). Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: an update. *Chemical Geology*, 232(1-2), 12–32. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.02.012>
- Tudryn, A., Tucholka, P., Özgür, N., Gibert, E., Elitok, O., Kamaci, Z., Massault M., Poisson A. & Platevoet, B. (2013). A 2300-year record of environmental change from SW Anatolia, Lake Burdur, Turkey. *Journal of Paleolimnology*, 49, 647-662.
- Welter Schulte F. (2009). Species summary for *Radix balthica*. Available at: <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/species?id=1882>
- Wenz, V. (1960). *Gastropoda, Teil 2 Euthyneura fortgesetzt von Adolf Zilch*. Naturmuseum und Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt am Main.
- Yıldız, H. F. (2016). *Burdur Gölü Kuvaterner tortullarının paleontolojisi ve gastropoda-bivalvia faunası ile paleoekolojik özellikleri (Burdur Güneybatı Türkiye)* [Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi]. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Çanakkale.
- Zhao, J., Jin, Z., Jin, Z., Geng, Y., Wen, X. & Yan, C. (2016). Applying sedimentary geochemical proxies for paleoenvironment interpretation of organic-rich shale deposition in the Sichuan Basin, China. *International Journal of Coal Geology* 163, 52–71.
- URL-1: <http://cografyaharita.com/haritalarim/2gturkiye-jeoloji-haritasi.png>
- URL-2: <http://yerbilimleri.mta.gov.tr>

Levha 1

Şekil 1a-b *Theodoxus fluviatilis* Martens, 1879, Yükseklik: 1,1 cm

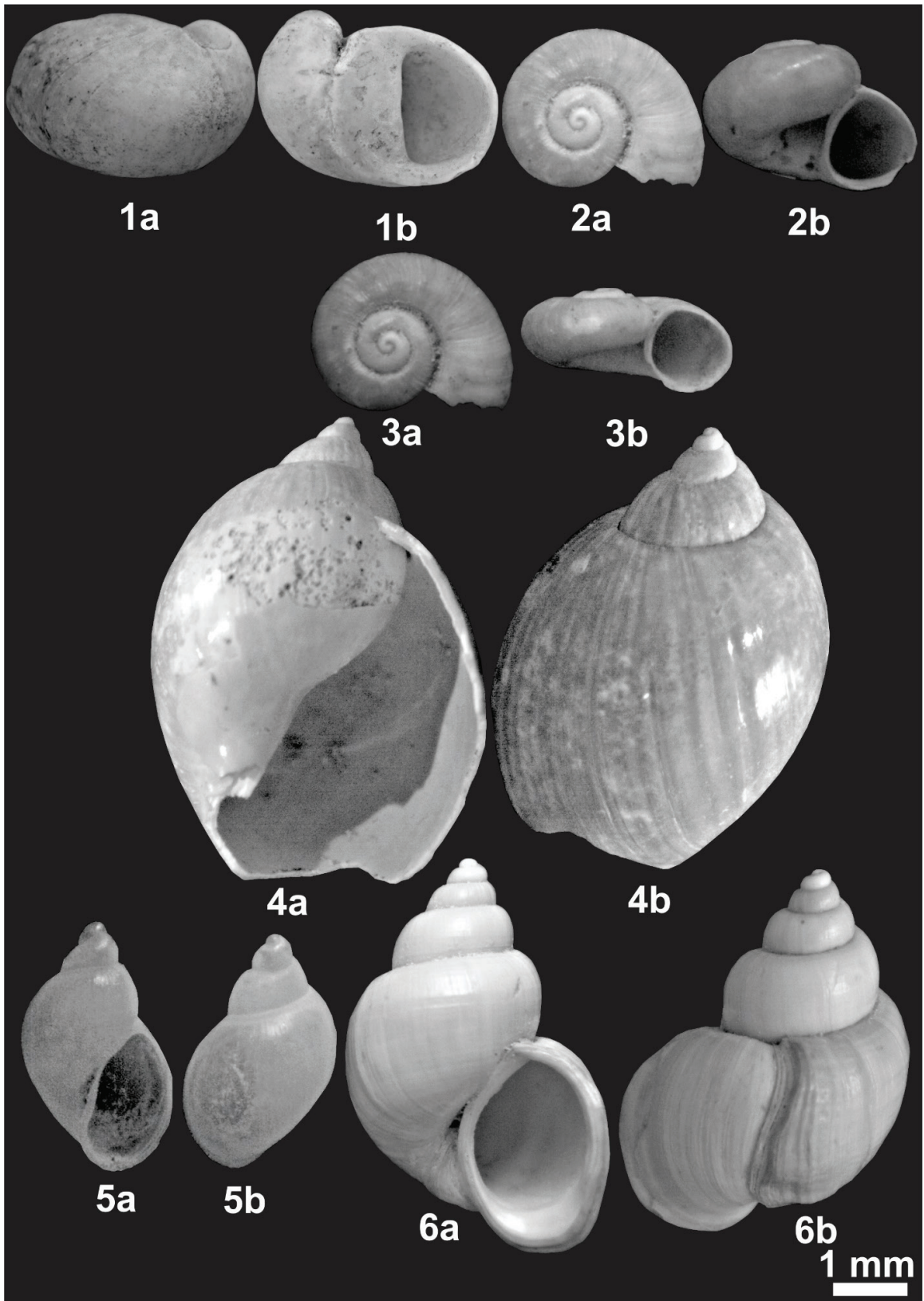
Şekil 2a-b *Valvata pulchella* Studer, 1820, Yükseklik: 0,8 cm

Şekil 3a-b *Valvata beysehirensis* Glöer ve Girod, 2013, Yükseklik: 0,8 cm

Şekil 4a-b *Lithoglyphus acutus* Cobălcescu, 1883, Yükseklik: 2,3 cm

Şekil 5 a-b *Bithynia tentaculata* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 1,2 cm

Şekil 6a-b *Bithynia leachii* Sheppard, 1823, Yükseklik: 1,4 cm



Levha 2

Şekil 1a-b *Lymnaea stagnalis* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 4,3 cm

Şekil 2a-b *Stagnicola palustris* O. F. Müller, 1774, Yükseklik: 0,6 cm

Şekil 3a-b *Radix auricularia* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 0,5 cm

Şekil 4a-b *Ampullaceana balthica* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 0,4 cm

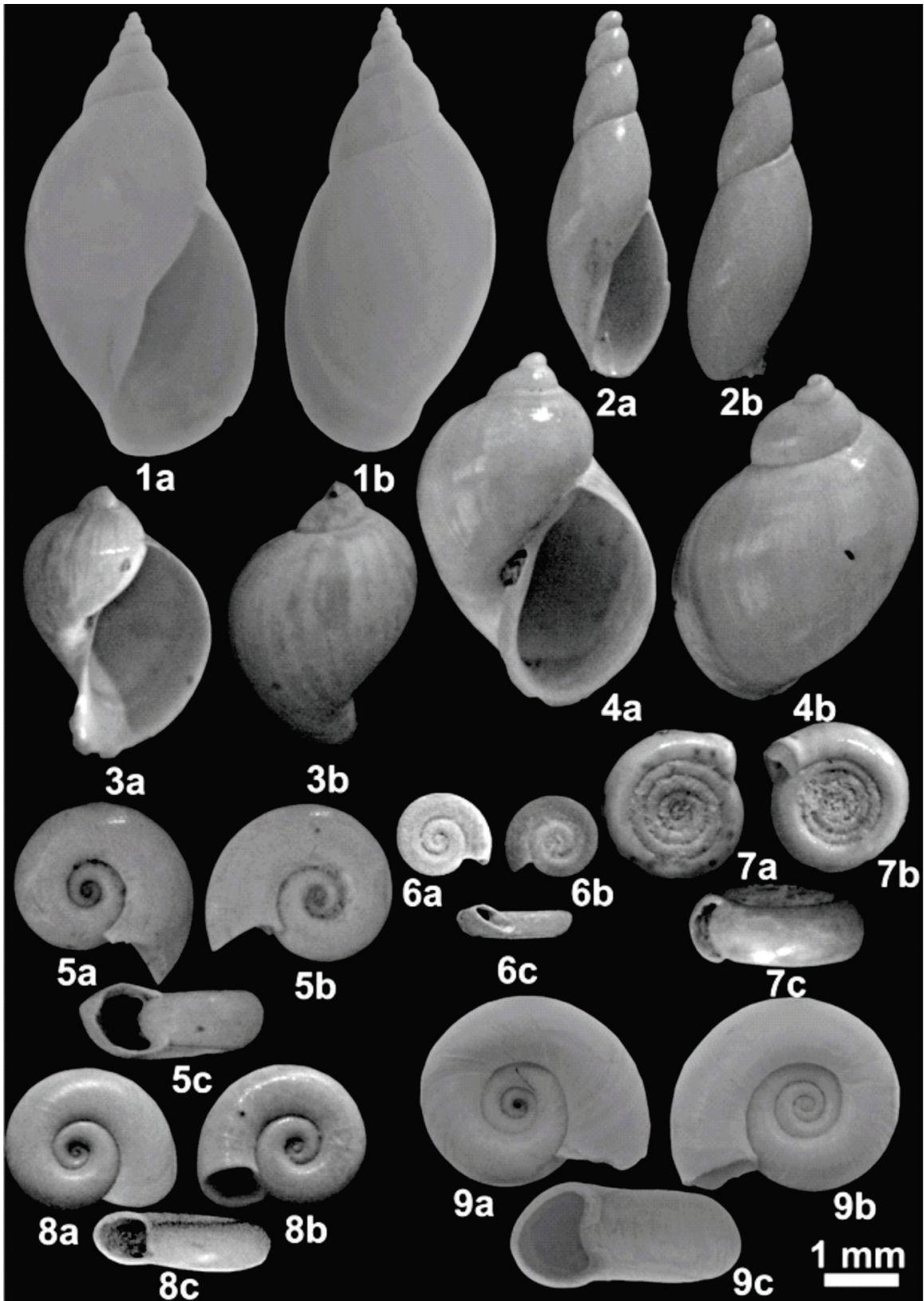
Şekil 5a-c *Planorbis planorbis* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 0,1 cm

Şekil 6a-c *Anisus vortex* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 0,1 cm

Şekil 7a-c *Bathyomphalus contortus* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 0,2 cm

Şekil 8a-c *Gyraulus parvus* Say, 1817, Yükseklik: 0,2 cm

Şekil 9a-c *Planorbarius corneus* Linnaeus, 1758, Yükseklik: 0,5 cm





Antik Dönem Karya Bölgesi (Muğla) Süstaşları
Gemstones of the the Caria Region (Muğla) in the Antient Period

Evrin Çoban* 

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Milas Meslek Yüksekokulu, 48200 Milas, Muğla

• Geliş/Received: 04.11.2024 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 30.12.2024 • Kabul/Accepted: 06.01.2025
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.01.2025 • Baskı/Printed: 31.01.2025

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Çalışmanın amacı, M.Ö. 1.100 yılı itibarıyla M.Ö. 545'e kadar hükümdarlığını sürdüren Karya Uygarlığının kullandığı gemolojik ürünlerin (süstaşlarının ve süstaşlı takıların), Karya bölgesinden elde edilen süstaşları ile karşılaştırılması ve arkeo-gemolojik kapsamlı takı kullanımlarını araştırmaktır. Karya bölgesi kazılarında çıkarılan eserlerin korunarak saklandığı Milas Arkeoloji Müzesi ve Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde bulunan çeşitli takılar üzerindeki süstaşları ilk kez yalnız sanatsal açıdan değil bilimsel olarak ta arkeo-gemolojik açıdan incelenerek envanterlerinin ortaya konması gerçekleştirilmiştir. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi ve Milas Müzesi'nde bulunan ve Muğla bölgesinden elde edildiği düşünülen süstaşlarından yalnızca dumanlı kuvarstan üretilmiş antik ürünler bulunmuştur. Bununla birlikte yüksek olasılıkla ticari yollar ile Lidya bölgesinden getirilen sardoniks, ayrıca Hindistan ve Yemen bölgelerinden geldiği düşünülen süstaşları ve cam ile seramik türü süstaşı olarak kullanılan materyaller de tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi, Karya uygarlığının gemoloji ürünleri, Milas Arkeoloji Müzesi.

Abstract: The aim of this study is to compare the gemstone products (gemstones and gemstone jewelry) used by the Carian Civilization, which continued its reign from 1100 BC to 545 BC, with the gemstones obtained from the Carian region and to investigate the archaeological and comprehensive reason for the use of jewelry. In order to investigate which present-day gemstone types in the Carian region were used in ancient times, the gemstones on various pieces of jewelry in the Milas Archaeology Museum and the Bodrum Underwater Archaeology Museum, where artifacts excavated from the Carian region are preserved, were examined for the first time not only from an artistic perspective but also from archaeological and scientific perspectives, and they were systematically inventoried. Among the gemstones found in the Bodrum Underwater Archaeology Museum and the Milas Archaeology Museum, which are thought to have been obtained from the Muğla region, only ancient products made of smoky quartz were found. In addition, sardonyx, likely brought from the Lydian region via trade routes, as well as gemstones thought to have originated from the Indian and Yemeni regions, and glass and ceramic materials used as gemstones were also identified.

Keywords: Bodrum Underwater Archeology Museum, Gemological Products of the Carian Civilization, Milas Archeology Museum.

GİRİŞ

Muğla iline bağlı Milas Arkeoloji Müzesi ve Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi bünyesinde bulunan ham ya da işlenmiş süstaşları ile takılar üzerine mihlanmış süstaşlarının incelenmesi ve tanımlanması ile, güneybatı Anadolu'nun antik dönemdeki yaşayanları olan Karya Uygarlığının gemoloji materyallerle olan ilişkisini ortaya çıkarılmasını amaçlayan bu çalışma kapsamında, bu objeler hem gemolojik tasnifleri hem de üzerlerine işlenmiş figürlerin ikonografisi ve tarihlendirilmeleri esas alınarak incelenmeye çalışılmıştır.

Bu çerçevede yukarıda bahsi geçen müzelerde bulunan antik dönem süstaşı malzemeleri olan argemmaların gemolojik cihazlar ile bilimsel olarak incelenmesi, malzemelerin doğal olup olmadığı ve türünün ne olduğu tespit edilerek aynı müzelerin gemolojik envanterine (henüz yapılmamış olan) kaydedilmesi amaçlanmıştır. Bir diğer amaç ise, Karya bölgesinde günümüzde çıkartılan süstaşlarının jeolojik alan tespiti yanında, mineralojik ve gemolojik özelliklerinin vurgulanmasıdır.

Gemoloji, süstaşı özelliği taşıyan her türlü malzemenin, yeryuvarında oluşumundan, tüketicinin beğeni ve kullanımına kadar geçen süreçteki her yöntem ve işlemi konu alan bilimsel ve ticari uğraştır (Hatipoğlu, 2011).

Antik dönem boyunca ve güncel dönemde takı veya dekoratif amaçlı kullanılan süstaşları incelenerek tanımlanmış ve Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi ve Milas Müzesi'nde bulunan süstaşları tespit edilerek Muğla çevresindeki jeolojik yapısı ile karşılaştırılmış ve bunların oluşumunun müsait olduğu veya ticari yollarla ülkemize getirilmiş olma durumları değerlendirilmiştir. Kullanılan süstaşlarının işlenmesi takı veya dekoratif forma getirilmesi jeoloji konusu içerisinde değil sanat amaçlı olma sebebi ile burada kısaca bahsedilmiştir. Asıl olarak Karya Bölgesi'ndeki oluşumlar incelenerek kullanılan süstaşları belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Antik Dönemde (M.Ö. 1.100 ve M.Ö. 545) Karya Uygarlığının hüküm sürdüğü bölge. (Ekici, 2013).

Figure 1. The region where the Carian civilization dominated in ancient times (1100 BC and 545 BC) (Ekici, 2013).

KARYA BÖLGESİNİN (MUĞLA YÖRESİ) JEOLJİK YAPISI

Alpin Orojenezine bağlı olarak gelişmiş, en büyük metamorfik alanlarından biri Güneybatı Anadolu'da geniş alanlar kaplayan Menderes Masifi'dir (Şengör vd., 1984). Bu masifin kuzeyde kalan bölümü Gördes ve Eğrigöz Asmasifi, merkezde bulunan bölümü Ödemiş-Kiraz Asmasifi ve güneyde çalışma alanını da içine alan bölümü Çine Asmasifi-Güney Menderes Asmasifi şeklinde ayrılmaktadır (Şengör vd., 1984; Bozkurt vd., 1995; Bozkurt ve Oberhänsli, 2001; Candan vd., 2001; Dora vd., 2001). Çine Asmasifi başta olmak üzere masifin çekirdek kısmını, Prekambriyen yaşlı gözlü gnayslar, granitik gnays, mika gnays, metadiorit ve metagabrolar içermektedir (Candan vd. 1998; Bozkurt ve Satır, 2000; Bozkurt, 2001; Okay, 2002; Koralay vd. 2012). Milas-Yatağan-Kavaklıdere (Muğla) çevresinde, çekirdek kısmını üzerleyen örtü birimleri ise Üst Devoniyen-Alt Eosen birimleri ile temsil edilir (Bozkurt, 2001). Örtü birimleri içinde fosilsiz granatlı mikaşist, mermer-kuvarsit-fillitten ibaret Selimiye

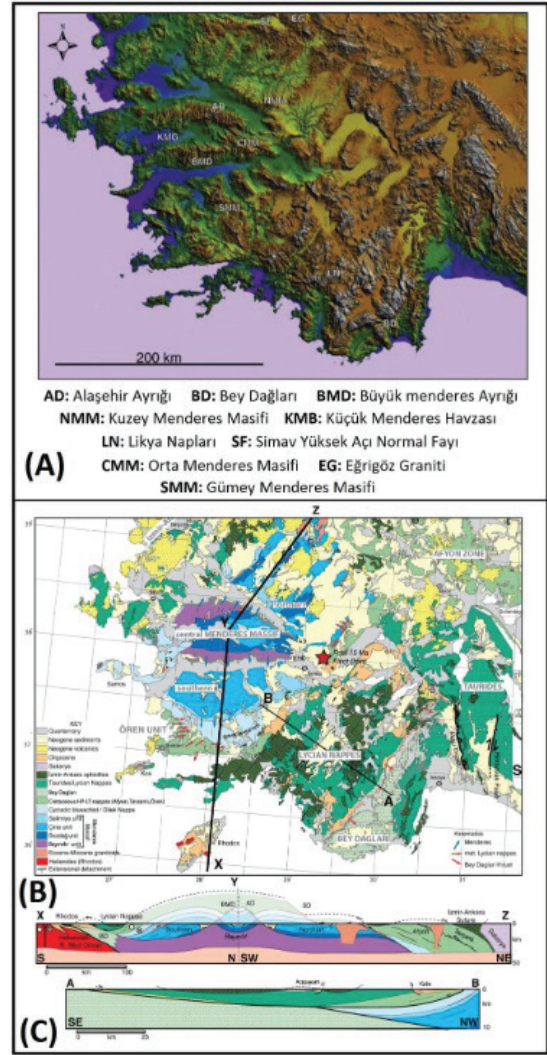
Formasyonu, Permien-Karbonifer boksitli mermerleri içeren Göktepe Formasyonu, Triyas-Geç Kretase kireçtaşı ve dolomit, mermerlerinden oluşan Milas Mermerleri, Üst Kretase fosilli kireçtaşları içeren Kızılağaç Formasyonu ve Orta Eosen pelajik kireçtaşları ve filişten oluşan Kazıklı Formasyonu ayırtlanmıştır (Bozkurt ve Satır, 2000; Özer vd. 2001; Okay, 2002; Whitney ve Bozkurt, 2002; Sözbilir, 2005). Masifte meydana gelen volkanizma, magmatik sokulumlar ve metamorfizma sonucu jeokimyasal değişimler oluşmuştur (Erdoğan ve Güngör, 2004). Menderes Masifi çoklu metamorfizmaya uğramıştır, son bölgesel metamorfizma, Eosen döneminde Likya Naplarının Masifi aşmaları ve güneye yerleşmeleri neticesinde gelişmiştir, sonrasında bölge Miyosen ve sonrasında yükselmeye uğramıştır (Akkök, 1983; Dora vd., 1995; Bozkurt ve Satır, 2000; Bozkurt ve Oberhänsli, 2001; Özer vd. 2001; Okay, 2007; Alçiçek, 2010) (Şekil 2).

Çine Asmasifinde hidrotermal olarak kırıkçatlaklara yerleşmiş, ekonomik olarak da işletilen albit (feldspat) ve kuvars yatakları bulunmaktadır (Dora, 1975; Uygun ve Gümüşçü, 2000). Bunlara ek olarak, masifteki diğer ekonomik cevherleşmeler ise sultanit, metaboksit ve mermer yataklarıdır (Yavuz vd. 2002, 2005a, 2005b; Hatipoğlu vd. 2010a, 2010b; Hatipoğlu, 2011).

MATERYAL ve METOD

Çalışma materyali olarak Milas ve Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzelerinde sergilenen ve depolarında saklanan süstaşlarının ve süstaşlı takıların en tipik ve belirgin olanları tespit edilmiş, ölçeklendirilmiş, fotoğraflanmış ve gemolojik cihazlar ile incelenmiştir. İncelenen materyaller, Anadolu medeniyetlerine ait süstaşlı antik mücevherlerin bir kısmı müsadere (satın alma) ve yakalanma yoluyla müzeye kazandırılmış eserler, diğer bir kısmı da arkeolojik kazılardan çıkarılan eserlerdir. Gemolojik materyallerin büyük bir kısmı yüzük veya kolye ucu olarak işlenmiş mühür fonksiyonlu

taşlardır (gliptikler). Bunun yanında boncuk şeklinde işlenmiş ve dizgi yapılmış kolyeler ve küpeler, kulak tıkaçları ve de ağırşaklar da mevcuttur. Sonuçta, her iki müzenin depolarında ve teşhirlerinde tutulan süstaşları, tahrip edilmeden incelenmiştir. Çalışmanın müze envanterlemesi kısmı iki aşamada gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Güneybatı Anadolu Bölgesinin coğrafik (A) ve jeolojik (B) haritaları ile enine jeolojik kesitleri (C) (van Hinsbergen vd., 2010'dan düzenlenerek alınmıştır).

Figure 2. Geographic (A) and geological (B) maps of the Southwestern Anatolia region and cross-sectional geological sections (C) (edited and taken from van Hinsbergen vd., 2010).

1. Aşama: Müzelerde sergilenen ve depolarında tutulan süstaşı ürünler (mühür taşları ve törensel taşlar) ile süstaşlı antik mücevherler envanter kayıtlarına göre çıkarılıp, tümü yüksek çözünürlüklü bir fotoğraf makinesiyle yine envanter numaralarına bağlı kalınarak ölçekli bir şekilde fotoğraflanmıştır.
2. Aşama: Müzenin incelemeye uygun zamanlarında; fotoğraflanan bu eserler Dokuz Eylül Üniversitesi İMYO Gemoloji Test Laboratuvarındaki taşınabilir gemolojik cihazlarla incelenmesi yapılmıştır.

Öncelikle incelenen tüm antik ürünler, başlangıçta dijital kuyumcu terazisi ile tartılarak ağırlıkları ve dijital kumpas kullanarak da boyutları tespit edilmiştir. Böylece her ürünün özgün ilk verileri elde edilmiştir.

Müze incelemesinde kullanılan bir diğer alet ise hidrostatik terazidir. Müzedeki ayrı bulunan süstaşlarının özgül ağırlık değerleri (SG), SG kit ile elektronik terazisi (0,001 ölçüm hassasiyeti) kullanılarak, (SG = Whava / Whava - Wsu) formülüne dayanarak, ölçülmüştür.

Müze incelemesinde kullanılan diğer tanımlayıcı alet olarak gemoloji mikroskobu kullanılmıştır. Mikroskobik incelemelerde bir süstaşının en iyi şekilde aydınlatması yapılarak büyüme çizgileri, yüzey kırıkları, faset orantısızlıkları saptanabilmektedir. Süstaşının sahte ya da gerçek olduğunu ve kesiminin uygun ölçülere göre yapılıp yapılmadığını gemoloji mikroskopları olan "Diaskop" ve "Gemoskop" ile tespit edebiliriz (Sinkankas, 1984; Arem, 1987; Schumann, 1993).

Süstaşının gerçek, yapay ya da taklit olduğu içindeki kapanımlarına bakılarak anlaşılabilir. Bu mikroskoplarda genel ışık aydınlatması, oynak başlıklı flüoresan lambadır. Ayrıca fiber optik kablolu aydınlatmada her yöne hareket edebilen kuvvetli sarı ışık bulunmaktadır. Bu iki üst aydınlatma yanında alt aydınlatma da bulunmaktadır. Bir minerale ışık verildiğinde ışık,

taşın içine geçerken taşın kenarlarının etkisiyle veya içindeki oluşumların etkisiyle tam olarak alt yüzeye kadar ulaşamaz. Taşın içinde yön değiştirir. Bu da taşın bazı yerlerinin gölgede kalmasına neden olur. Bu karanlık bölgeler en iyi gemoloji mikroskobu ile aydınlatarak incelenebilir.

Müze incelemesinde kullanılan bir diğer tanımlayıcı alet olarak refraktometre kullanılmıştır. Bu, süstaşlarının kırılma indislerini çizgisel gölge sınırları yardımıyla ölçen gemolojik cihazdır. Işığın havadaki hızının mineralin içindeki hızına oranı olarak tanımlanır ve bir maddenin kırılma indisi; ışığın boşluktaki hızının, geçtiği saydam ortamdaki hızına oranı ile bulunur [(n=c/v). Burada n= mutlak kırılma indisi, c= ışığın boşluktaki hızı, v= ışığın saydam madde ortamındaki hızı]. Kırılma indisi bir maddenin ayırt edici özelliğidir. Süstaşlarının kırılma indisleri genellikle 1,3 ve 2,7 değerleri arasındadır (Sinkankas, 1984; Arem, 1987; Schumann, 1993). Kırılma miktarı her mineralde özeldir ve sabittir. Bu indis değeri; *Kimyasal bileşime, *Atomik yapıya, *Özgül ağırlık ve de *Kapanımlara, göre değişir. Bu yöntemle, bir süstaşının doğal mı, sentetik mi, yoksa taklit mi olduğu ortaya konulabilir.

Müze incelemesinde kullanılan son tanımlayıcı alet olarak ultraviyole lamba kullanılmıştır. Süstaşlarını test etmek için flüoresans denilen ultraviyole ışığı altındaki lüminesans özelliğine bakılır. Süstaşları uzun dalga boyu (3200-4000 A°) ve kısa dalga boyu (2800-2000 A°) ultraviyole ışınlar arasında test edilirler. (Orta dalga boyunda (2800-3200 A°) süstaşlarının bir reaksiyon göstermediği tespit edilmiş bu sebeple süstaşları incelemesinde orta dalga boyu kullanılmaz). (Sinkankas, 1984; Arem, 1987; Schumann, 1993).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Milas Arkeoloji Müzesi ve Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzelerinde kayda değer toplam 28 adet

gemolojik materyal (süstaşları ve süstaşlı takılar) bulunmaktadır. Bunların az sayıda olanı mineral kökenli, çoğunluk ise mineral harici cam ve/veya seramik kökenlidir. Bu ürünlerin tümü alınan özel izin çerçevesinde müzelerin depolarında incelenmiştir. İncelenen süstaşları kalsedon çeşidi olarak sınıflandırılmıştır. Kalsedon çeşitleri olan süstaşları; Süt Kalsedon, krisopraz, Karnelyan, Kantaşı, Praz, Agat, Oniks, Sard, Sardoniks, Jasper, Plazma, Krizokol Kalsedon, Taşlaşmış Ağaç/Gagat, Gökkuşuğu Agat, Ateş Agat, Dentritik Agat kalsedon türüdür (Güney, 2021).

Kalsedon kırılma indisi: $N_e = 1,550$ $N_o = 1,540$

Karya Bölgesi içerisinde yer alan Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi ve Milas Arkeoloji Müzesi'nde bulunan bu süstaşları ve süstaşlı takılar, müzelerde görevli arkeologlar kontrolünde uygun gemoloji cihazları ile tahrip edilmeden incelenmiş, gemolojik açıdan kimliklendirilmeleri sağlanmıştır. İncelenen ürünler tılsımsal ya da törensel göz taşları ya da mühürel kullanımlı yüzük taşları (gliptikler) olarak yapıldıkları anlaşılmıştır. Üzerlerine kameo (kabartma) veya intaglio (oyma) yöntemleri ile şekiller uygulanan süstaşları ile oval ya da yuvarlağımsı süstaşlı boncuklarının dönemleri ve özellikleri tanımlanmaya çalışılmıştır.

Muğla'nın Milas ilçesindeki bir antik kazı sırasında sard taşına kazınarak işlenmiş (intaglio) etrafında köpek ve yıldızlarla resmedilmiş tanrıça Hekate'yi içeren mühür yüzük taşı (gliptik) bulunmuştur. Türkiye'de Muğla'nın Yatağan ilçesindeki Karya Döneminden Roma İmparatorluk Dönemine kadar yerleşim alanı olarak kullanılan Lagina antik kenti, tanrıça Hekatenin başlıca kült (inanç) merkezidir. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde bulunan karnelien süstaşına oyularak işlenmiş Zeus tahta oturur ve elinde küre tutar vaziyettedir. Tanrıça Athena Yunan mitolojisinde akıl, mantık, el sanatları ve savaş tanrıçasıdır. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde elde

edilen karnelien süstaşına işlenmiş olan Athena başında miğfer sağ yanında kalkan ve mızrağı ile betimlenmiştir. Tacı ile betimlenen Helios tanrısı güneş tanrısıdır. Antik dönemde göksel tanrıların ve gök cisimlerinin hareketini temsilen atlı araba içinde betimlenmesi ile yaygındır (Collon, 1989; Dubin, 1995; Akurgal, 2000; Köroğlu, 2004). Şekil 3'te Milas Müzesinde bulunan dumanlı kuvars kulak tıkaçı, uç kısmı kırılmakla beraber büyük kısmı korunabilmiş kristalin kuvars ürünlerden biridir. Şekil 4'te taşların bandlı yapıda olması göz nazar taşı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Bu tip boncuklar MÖ. 3 bin yılın başlarından günümüze kadar üretilip kullanıldığından başka arkeolojik objelerle birlikte çıkartılmadıkları sürece tarihlenmeleri mümkün değildir. Bu tür oval ya da yuvarlak süs taşı boncuklar kalkolitik çağdan itibaren bütün tarih dönemleri boyunca ve bütün kültürler tarafından yapılmıştır.

Şekil 5'te Taşın bandlı yapıda olmayışı göz nazar taşı olarak kullanılmamasına sebep olmaktadır. Yüzük kulpu muhtemelen elektron (%20 ye kadar gümüş katkılı) bileşiminde altın. Mercimek şeklinde biçimlendirilmiş, dikine delinmiş ve bir yüzük halkasına telle dönebilecek şekilde bağlanmıştır. Sardes Halk Nekropolü buluntuları ve Karun Hazinesi buluntu grubunda da benzerleri yer alan bu tür yüzükler M.Ö.6 yy sonları ve M.Ö.5 yy başlarının popüler takı modelleridir (Türe, 2012). Taşın bandlı yapıda olması göz nazar taşı olarak kullanılmasını, üzerinde motif oyulması da mühür taşı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Üzerinde bulunan kazıyarak (intaglio) işlenmiş figür Hekate tanrıçasıdır. Her iki yanında köpek figürü, başının her iki yanında yıldız figürü işlenmiştir. Yeraltı tapınımları ile ilişkisi olan tanrıça Hekate ay ve gece ile ilişkilendirilmiş gece dolunayda ortaya çıktığına bu esnada köpeklerin uluduğuna inanılmıştır (Türe, 2012). Klasik dönemde hayvanların kurban edildiği ispat edilmiştir. Köpek Karyalılar arasında kabul edilen en mükemmel kurbanlık hayvan olması nedeni ile köpekler Hekate'ye adanan önemli kurbanlar

olmuştur (Pedley, 1974). Türkiye’de Muğla’nın Yatağan ilçesindeki Karya Döneminden Roma İmparatorluk Dönemine kadar yerleşim alanı olarak kullanılan Lagina antik kenti, tanrıçanın başlıca kült merkezidir. Anadolu’da en çok Batı Phrygia ve Karia bölgesinde tapınım görmüştür (Türe, 2012). Şekil 6’da Milas Müzesi’nde bulunan sardoniks oyma insan figürlü yüzük taşı gözlenmektedir. Şekil 7’de taşın bandlı yapıda olması aynı zamanda göz nazar taşı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Bu tür oval ya da yuvarlak süstaşı boncuklar Kalkolitik çağdan itibaren bütün tarih dönemleri boyunca ve bütün kültürler tarafından yapılmıştır (Türe, 2012). Şekil 8’de taşın bandlı yapıda olması aynı zamanda göz nazar taşı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Şekil 9’da taşın bandlı yapıda olması göz nazar taşı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Yüzük taşlarında düz konikal pahlı ve üstü düz kesimler Helenistik dönemde MS.2. yy. sonrasında ortaya çıkar. Şekil 10’da oval yüzük taşının yanlarından, yukarı doğru daralan pahı ve üst kısmını düz oluşu Hellenistik Dönem özelliğidir. Taşın üzerinde oldukça şematik işlenmiş başında bir saç bandı bulunan sakallı erkek portresinin kaba işçiliği Helenistik Döneminin sonlarından olduğunu düşündürmektedir. Bu özelliklere dayanarak M.Ö. 2. ve 1. yüzyıllar arasında tarihlenebilir. Yüzük taşı olarak kullanıldığı düşünülmektedir. Süstaşı üzerinde arkeolojik değer taşıyan kuadriga figürü (4 atlı araba) bulunmaktadır. Üzerinde ise Helios tanrısı bulunmaktadır. Tacı ile betimlenen bu tanrı güneş tanrısıdır. Antik dönemde göksel tanrıların ve gök cisimlerinin hareketini temsilen atlı araba içinde betimlenmesi ile yaygındır (Türe, 2012). Şekil 11’de ise üzerindeki figür Yunan Mitolojisindeki baş tanrı Zeus’tur. Figür heykeltraş Pheidias’ın eseri olan Olympia Zeus tipinde tahtta oturur ve bir elinde küre tutar şekilde işlenmiştir. Pheidias, heykeli MÖ 440’ta yapmaya başlamıştır. Bu tür oval ya da yuvarlak süstaşı mühürler Kalkolitik çağdan itibaren bütün tarih dönemleri boyunca ve bütün kültürler

tarafından yapılmıştır (Türe, 2012). Şekil 12’de ise üzerinde tanrıça Athena figüre edilmiştir. Yunan mitolojisinde akıl, mantık, el sanatları ve savaş tanrıçası Athena başında miğfer sağ yanında kalkan ve mızrağı ile betimlenmiştir (gliptik) (Türe, 2012). Şekil 13’te sert, silisli süstaşlarının delinmesi günümüzde bile ancak gelişmiş teknolojilerin olanakları ile gerçekleşmektedir. Kalkolitik çağda bu işlem kemane matkap adını verdiğimiz daha önceleri insanların ateş yakmakta kullandıkları yay benzeri bir aletle, büyük bir sabır ve beceri ile gerçekleşmiştir. Yayın ip kısmının dolandığı delici bölümde sertliği az olan taşlar için çakmaktaşı kullanılırken, sertliği yüksek olan taşlar için bakır kullanılmıştır. Yayın ileri geri hareketi ile taşta sürtülen matkap ucuna bir yandan aşındırıcı zımpara tozu serpilerek gömdürülür. Bu gömme işlemi delme çubuğu üzerine daha önce uygulanmış da olabilir. Bu tür matkaplar Türkmenistan, Afganistan, Pakistan gibi bölgelerde halen kullanılmakta ve Mekke taşı adı verilen akik boncuklar bu yolla üretilmektedir. Şekil 14’de taşların bandlı yapıda olması göz nazar taşı olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Şekil 15’de kristaller toprak kahvesi ve zeytinyağı yeşili ve kısmen toprak renklenmeler gösterirler. Güneş ışığı altında yeşil, lamba ışığı altında narçiçeği rengine dönüşen iki renklilik gözlenmiştir.

MİNERAL KÖKENLİ GEMOLOJİK MATERYALLER

1) Dumanlı Kuvars (Kristalin yapılu Kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: İçi Kapalı Jant Şeklinde Kulak Tıkaçı

Envanter Numarası: 776 (Şekil 3)

İşleniş Şekli: Kabaşon (Özgün Kesim)

Geliş Şekli: Akbük araştırmaları-1987

Boyutları: (26.42 x 20.38 mm) iç-dış çap x 11.34 mm (yük.)

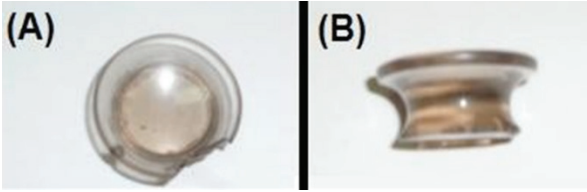
Ağırlık: 7,34 gr

Renk: Dumanlı Kahverengi

Özgül Ağırlığı: 2,65 gr/cm³

UV Lüminesans: İner (göstermiyor bazen göstermeyebilir bu durumda özgül ağırlık değeri kullanılır.).

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yerleri: Çine, Koçarlı, Karacasu / Aydın (Karya Bölgesi)



Şekil 3. Milas Müzesinde bulunan dumanlı kuvars kulak tıkaçı, üstten (A) ve yandan (B) görünüşleri. Uç kısmı kırılmakla beraber büyük kısmı korunabilmiş kristalin kuvars ürünlerden biridir.

Figure 3. Smoky quartz earplug found in the Milas Museum, shown from the top view (A) and side view (B). Although its tip is broken, it is one of the crystalline quartz products that has been largely preserved.

2) Oniks ve Sardoniks (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılu Kuvars SiO₂)

Ürün Adı: İçi delik silindirik mühür (oniks ve sardoniks) ile ucu delik piramidal kolye ucu (Oniks)

Envanter No: 6448 (Şekil 4)

İşleniş Şekli: Kabaşon (uçları kesik mekik) ve Faset

Geliş Şekli: 1972 Mausoleion kazısı

Boyutları: Sardoniks 6,46 mm (uzun.) x 4,59 mm (gen.) x 4,52 mm (yük.)

Oniks1 5,71 mm (uzun.) x 3,45 mm (gen.) x 3,25 mm (yük.)

Oniks2 8,48 mm (uzun.) x 3,70 mm (gen.) x 3,60 mm (yük.)

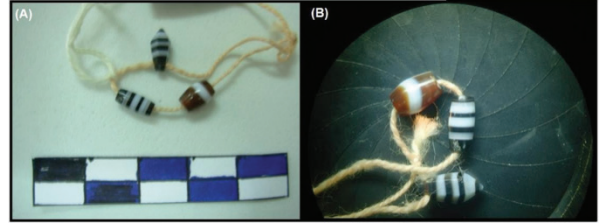
Ağırlık: 0,463-0,510-0,420gr

Renk: Oniks; Siyah-beyaz Sardoniks; kırmızı beyaz

Özgül Ağırlığı: 2.58 gr/cm³.

UV Lüminesans: İner

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa (Karya Bölgesi dışı)



Şekil 4. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde bulunan oniks ve sardoniks, içi delik silindirik mühürler ile oniks ucu delik piramidal kolye ucu. Ölçekli (A) ve yakından ölçeksiz (B) görünüşleri.

Figure 4. Onyx and sardonyx artifacts from the Bodrum Underwater Archaeology Museum, including cylindrical seals with perforated centers and a pyramidal onyx pendant with a drilled tip. Displayed with scale (A) and close-up without scale (B).

3) Karnelien (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılu Kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: İçi Delik Yüzük Taşı

Envanter No: 3706 (Şekil 5)

İşleniş Şekli: Oval kabaşon (kek şekilli)

Geliş Şekli: Labranda kazısı 2008

Boyutları: 24,43 mm (uzun.) x 16,28 mm (gen.) x 0,8 mm (kal.)

Ağırlık: 24,1 gr

Envanter No: 3706

Ölçek: 1/3

Renk: Turuncu-Kırmızı **Özgül Ağırlığı:** 2.55 gr/cm³.

UV Lüminesans: İner

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Hindistan ve Yemen Karya Bölgesi dışı



Şekil 5. Milas Müzesi'nde bulunan karnelien içi delik yüzük taşı.

Figure 5. Carnelian hollowed-out ring stone from the Milas Museum.

4) Sardoniks (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: Oyma (İntaglio) İnsan Figürlü Yüzük Taşı (Mühür ve Göz NazarTaşı)

Envanter Numarası: 3149 (Şekil 6)

İşleniş Şekli: Kabaşon (basık kubbe)

Geliş Şekli: Gümüşkesen İlköğretim Okulu kazısı 2005

Boyutları: 21,23 mm (çap)

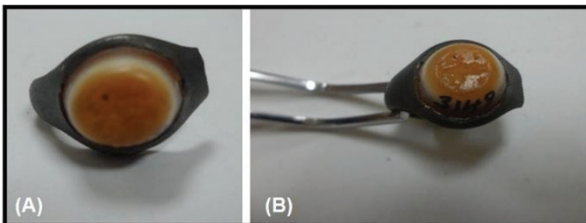
Ağırlık: 25,2 gr

Renk: Bandlar halinde sarı-beyaz -turuncu

Özgül Ağırlığı: 2.56 gr/cm³

UV Lüminesans: İnerit

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa



Şekil 6. Milas Müzesi'nde bulunan sardoniks oyma insan figürlü yüzük taşı. Önden (A) ve profilden (B) görünüşleri

Figure 6. Sardonyx ring stone with a carved human figure from the Milas Museum, shown from the front (A) and in profile (B).

4.1) Sardoniks (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: İçi Delik Kolye Taşı (Göz Nazar Taşı)

Envanter Numarası: 4218 (Şekil 7)

İşleniş Şekli: Kabaşon (yuvarlağımsı)

Geliş Şekli: Satın alma

Boyutları: 25,37 mm (uzu.) x 17,87 (gen.) x 17,87 mm (yük.)

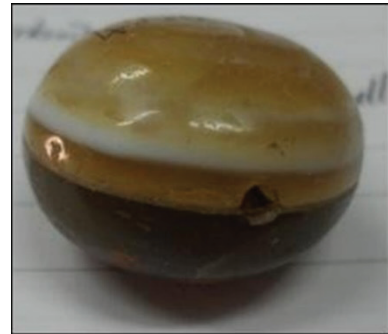
Ağırlık: 16.4 gr

Renk: Bandlar halinde sarı-beyaz -kahverengi

Özgül Ağırlığı: 2.56 gr/cm³

UV Lüminesans: İnerit

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa Karya Bölgesi dışı



Şekil 7. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde bulunan sardoniks içi delik kolye taşı (göz nazar taşı).

Figure 7. Sardonyx pendant stone with a drilled center (amulet against the evil) from the Bodrum Underwater Archaeology Museum.

4.2) Sardoniks (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: İçi Delik Kolye Taşı (Tılsım ve Göz Nazar Taşı)

Envanter Numarası: 6450 (Şekil 8)

İşleniş Şekli: Kabaşon (uçları kesik mekik)

Geliş Şekli: Satın Alma

Boyutları: 11,03 mm (uzun.) x 4,49 mm (gen.) x 4,45 mm (yük.)

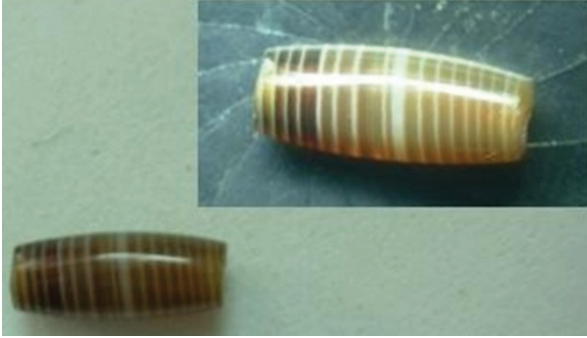
Ağırlık: 0,316 gr

Renk: Bandlar halinde sarı-beyaz -turuncu

Özgül Ağırlığı: 2.56 gr/cm³

UV Lüminesans: İnert

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa Karya Bölgesi dışı



Şekil 8. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde bulunan sardoniks içi delik kolye taşı (göz nazar taşı).

Figure 8. Sardonyx pendant stone with a drilled center (amulet against the evil eye) from the Bodrum underwater Archaeology Museum.

4.3) Sardoniks (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: Yüzük Taşı (Göz Nazar Taşı)

Envanter Numarası: 6446 (Şekil 9)

İşleniş Şekli: Oval Kabaşon (yüksek kubbe)

Geliş Şekli: Satın Alma

Boyutları: 25,37 mm (uzu.) x 17,87 mm (gen.) x 17,87 mm (yük.)

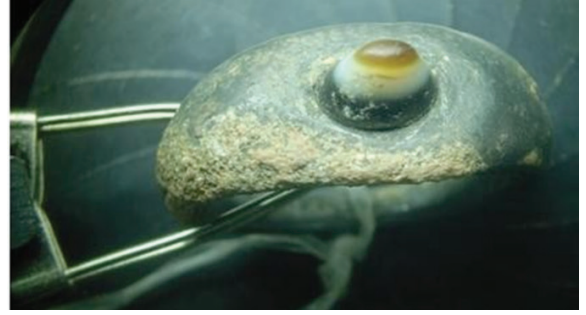
Ağırlık: 12,420 gr

Renk: Bandlar halinde sarı-beyaz -mavi

Özgül Ağırlığı: 2.56 gr/cm³

UV Lüminesans: İnert

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa Karya Bölgesi dışı



Şekil 9. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde bulunan Sardoniks yüzük taşı.

Figure 9. Sardonyx ring stone from the Bodrum Underwater Archaeology Museum.

Sard (Mikrokristalin(kriptokristalin) yapılı kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: Oyma (İntaglio) Ejder Figürlü Mühür Taşı

Envanter Numarası: 4.11.87 (Şekil 10)

İşleniş Şekli: Oval Kabaşon (kesik kubbe)

Geliş Şekli: Satın Alma

Boyutları: 14,08 mm (uzu.) x 12,19 mm (gen.) x 2,81 mm (boy)

Ağırlık: 1,005 gr

Renk: Kahverengi-kırmızı

Özgül Ağırlığı: 2,58 gr/cm³

UV Lüminesans: İnert

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa Karya Bölgesi dışı



Şekil 10. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde bulunan Sard oyma (İntaglio) ejder figürlü mühür Taşı.

Figure 10. Sard seal stone with a carved dragon figure (intaglio) from the Bodrum Underwater Archaeology Museum.

5) **Sard (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)**

Ürün Adı: Oyma (İntaglio) İnsan Figürlü Mühür Taşı

Envanter Numarası: 1.9.88 (Şekil 11)

İşleniş Şekli: Oval Kabaşon (kesik kubbe)

Geliş Şekli: Müsadere

Boyutları: 14,8 mm (uzu.) x 12,19 mm (gen.) x 2,81 mm (yük.)

Ağırlık: 0,298 gr

Renk: Kahverengi-kırmızı

Özgül Ağırlığı: 2,58 gr/cm³

UV Lüminesans: İnerit

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa Karya Bölgesi dışı



Şekil 11. Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi Sard Oyma (intaglio) insan figürlü mühür taşı.

Figure 11. Sard seal stone with a carved human figure (intaglio) from the Bodrum Underwater Archaeology Museum.

6) **Sard (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)**

Ürün Adı: Oyma (İntaglio) İnsan Figürlü Mühür Yüzük Taşı

Envanter Numarası: 1.11.91 (Şekil 12)

İşleniş Şekli: Oval Kabaşon (kesik kubbe)

Geliş Şekli: Satın Alma

Boyutları: 24,23 mm(uzu.)x18,87 mm(gen.) x 1,87 mm(yük.)

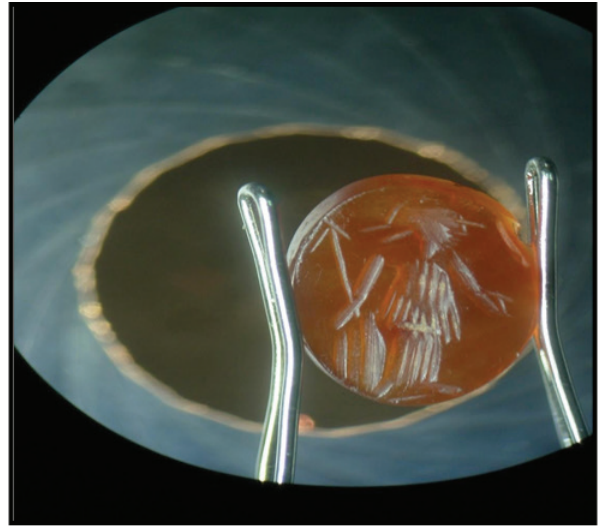
Ağırlık: 0,565 gr

Renk: Kahverengi-kırmızı

Özgül Ağırlığı: 2,58 gr/cm³

UV Lüminesans: İnerit

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa



Şekil 12. Sard taşına kazınarak işlenmiş (intaglio) figürlü yüzük taşı.

Figure 12. Ring stone with a carved design (intaglio) on sard.

7) **Karnelien (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)**

Ürün Adı: İçi Delik Kolye Taşı (Törenselle Taş)

Envanter No: 5234 (Şekil 13)

İşleniş Şekli: Oval kabaşon

Geliş Şekli: Satın Alma

Boyutları: 16,57 mm (uzu.) x 6,95 (gen.) x 3,11 mm (yük.)

Ağırlık: 0,546 gr

Renk: Turuncu-kahve

Özgül Ağırlığı: 2,55 gr/cm³.

UV Lüminesans: İnert

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Hindistan ve Yemen Karya Bölgesi dışı



Şekil 13.Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi Karnelien içi delik kolye taşı (törensel taş).

Figure 13. Carnelian pendant stone with a drilled center (ceremonial stone) from the Bodrum Underwater Archaeology Museum.

9) Oniks (Mikrokristalin (kriptokristalin) yapılı Kuvars-SiO₂)

Ürün Adı: Silindirik Kolye Taşları ve Kabaşon Yüzük Taşı (Göz NazarTaşları)

Envanter Numarası: 3149 (Şekil 14)

İşleniş Şekli: Kabaşon (uçları kesik mekik ve yüksek kubbe)

Geliş Şekli: Gümüşkesen İlköğretim Okulu Kazısı 2005

Boyutları: 6,46 mm (uzun.) x 4,59 mm (gen.) x 4,52 mm (yük.)

3,42 mm (uzun.) x 3,59 mm (gen.) x 3,55 mm (yük.)

7,46 mm (uzun.) x 3,26 mm (gen.) x 2,43 mm (yük.)

Ağırlık:0,420-0,210-0,340 gr

Renk: Bandlar halinde sarı-beyaz -siyah

Özgül Ağırlığı: 2,56 gr/cm³

UV Lüminesans: İnert

Muhtemel Jeolojik Bulunuş Yeri: Demirci-Selendi / Manisa Karya Bölgesi dışı



Şekil 14. Milas Müzesi'nde bulunan oniks silindirik kolye taşları ve kabaşon yüzük taşı (tılsım ve göznazar taşları).

Figure 14. Onyx cylindrical pendant stones and cabochon ring stone (amulets and talismans against the evil eye) from the Milas Museum.

KARYA BÖLGESİNDE GÜNÜMÜZDE ÇIKARILAN SÜSTAŞLARI

Diaspor (Al(OH)O)

Karya merkezi olan Milas ilçesi'nin (Muğla), Danişment Köyünün batı tarafında bulunan İlbir Dağı'nın, Küçükçamlı ile Büyükçamlı Tepe'lerinde meta-boksit yatağı bulunmaktadır. Ege Denizi ve Bafa Gölü arasında bulunan bu yatağı Dünyada eşsiz yapan, içinde oluşan iri boyutlu saydam toprak kahvesi ve ana rengi kabul edilen zeytinyağı yeşili renklerdeki süstaşı kalitesindeki diaspor kristallerinin bulunmasıdır. (Dora vd. 1986; Hatipoğlu vd. 2010a, 2010b ve 2011) (Şekil 15). Yapılan arazi çalışmaları ile 2-3 m genişliğinde ve 1-2 km kadar uzunlukta olan iki farklı özellikte ve yaşta olan mermer birimleri arasında mercekler biçiminde kalmış ufak bir oluşum olduğu tespit edilmiştir. İçerdiği enteresan mineral parajenezleri sebebiyle bu yatağı da içeren bölge, çok sayıda bilim adamı tarafından yaklaşık 60 yıldır jeoloji ve petroloji açısından incelenmektedir (Önay, 1949; MTA, 1965).



Şekil 15. İri boyutlu ve tipik v şekilli ikizlenmeli diaspor (zultanit) kristallerinin transparan görünümleri (URL 1).

Figure 15. Large-sized and typical V-shaped twinned diaspor (zultanite) crystals with transparent appearances (URL 1).

Bölgenin İlbirdağı meta-boksit yatağını da içerisine almış olan jeolojik birimleri, Menderes Masifinin çekirdek birimi olan Paleozoik yaşlı gnayslardan, örtü birimleri olan Mesozoyik yaşlı mermerler ve şistlerden, üst kısmı ise Masifi örten Senozoik yaşlı farklı tortul kayalardan meydana gelmektedir (Bozkurt ve Park, 1997 ve 1999). Metamorfik örtü birimi içerisindeki Menteşe mermerleri arasında ise Meta-boksit bulunmaktadır. Alt ve üstünde bulunan mermerler Mesozoyik'e ait farklı yaş ve litolojilerden meydana gelmiştir (Ediger, 1980). Bu maden yatağı farklı bir cevherleşme parajenezine sahiptir. Başlıca diasporit ile birlikte eş zamanda zımparanın ve spekülartın birlikteliğinden meydana gelmiş meta-boksit cevherleşmesi oluşmuştur. (Alkanoğlu, 1978; Ediger, 1980). Diasporit cevherlerinin ortalama oksit bileşenleri şöyledir; Al_2O_3 =%59,23, SiO_2 =%1,68 ve Fe_2O_3 =% 22,30. Metamorfizmadan ve tektonizmadan etkilenerek Boksit cevheri ve çevresindeki kayalar,

metamorfik ve hidrotermal kökenli olan mineral türlerini de bulundurmaktadır. Makroskobik diaspor, kalsit, muskovit ve klorotoid dikkat çekmektedir. Bu mineraller içerisinde en değerlisi, diaspor kristalleridir. Yaklaşık olarak diasporun %60'ı, soluk yeşil ve opak renklidir. Fakat diğerleri, transparan görümlü, iri boyutlu ve tipik v-şekilli ikizlenmelere sahiptir. Kristaller kısmen toprak kahvesi renkleri veya çoğunlukla zeytinyağı yeşili renkleri göstermektedirler. Diaspor kristallerine yapılan analizlerde, kimyasal bileşimleri; Al_2O_3 =%69,83, SiO_2 =%28,17, Fe_2O_3 =%1,11, Na_2O =%0,44, TiO_2 =%0,09, CaO =%0,09, MgO =%0,09, Na_2O =%0,03 ve kızdırma kaybı=%0,15, olarak bulunmuştur. Bazı örneklerde güneş ışığının altında yeşil, lamba ışığı altında narçiçeği rengine dönüşen çift renklilik gözlenmiştir. Yapılan iz element analizlerinde, bu özelliğin Fe ve Ti ve de V, Cr ve Mn elementlerinin diaspor kristallerinde aynı şekilde bulunurlarsa, ortaya çıktıkları anlaşılmıştır (Hatipoğlu vd. 2010a, 2010b ve 2011). Bu yatağın sadece aşındırma taşlarının oluşmasında kullanılan zımpara için işletilmesi 1915'ten daha önceki yıllara (Wippert, 1965) aittir, yatağın alüminyum cevheri amaçlı ilk kez 1949 yılında gerçekleştirilmiştir. Güneybatı Anadolu'nun zımpara taşı madenleri hakkında Önay (1949)'ın yaptığı doktora tezi çalışmaları esnasında, diasporit ve zımparanın aslında bir boksit başkalaşımına uğrayarak gözlü gnayslar ve şistlerden meydana gelen çekirdeğin orta kısmında oluşan Menteşe Mermerleri içerisinde bulunduğu bilimsel olarak tespit edilmiştir. Yatağın Etibank tarafından 1972 - 1982 arasında işletilmesi, önemli olarak endüstriyel malzeme olan diaspor değerlendirilmiş ancak diaspor kristallerinin gemoloji bilimi bakımından değerlendirilmemiştir.

Diaspor minerali uluslararası ticareti yapılan alanda, bilimsel adının dışında "zultanite" olarak isimlendirilmiştir. (Hatipoğlu vd. 2010a, 2010b ve 2011).

Almandin (Granat Ailesi) ($Fe_3Al_2(SiO_4)_3$)

Kırmızı kahverengi granat mineralleri kırmızı renkli olup Menderes Masifi'nde Aydın-Çine ilçesinin kuzeyinde bulunan antik dönem Karya'nın kenti olan Alabanda antik kenti etrafında, alt kısmında ise Hacıaliler ve eski Çine bitişi etrafında izlenen metamorfite içinde (mikali gnays ve şistlerde) bazen de granatlı bölgelerde görülebilmektedir (Şekil 16). Çine-Alabanda antik kenti çevresinde mikali gnayslarda ve turmalinli kuvars merceği, mikali koyu renkli gnaysda görülmektedir. İçerilerinde bulunan iri turmalinli kuvars ve feldispatlardan oluşan pegmatit mercerlerinde de gözlenmektedir (Alkanoglu, 1978; Lüle-Whipp, 2006). Mikali koyu renkli gnayslar bazen açık renkli gnayslara geçişler göstermekte bu tür kayalar içinde de granat oluşumları görülmektedir (MTA, 1965). Kıvrımların görüldüğü migmatitler içerisinde ise büyükçe, koyu renkli granatlar izlenmektedir. Kıvrımların içerisinde granat taneleri de gözlenmektedir. Gnays-migmatit geçişlerinin bulunduğu yerlerde granat mineralleri, migmatitik kesimlerde de gözlenmektedir. Migmatitler içerisinde granatlı kuvars ile feldispat mercerleri de içermektedir (MTA, 1965). Benzer olarak, gnays migmatit aralanmasında izlenen granat bakımından zengin mercerleri ve koyu renkli gnays kesimlerinde de fazla granatlı mercerleri görülmektedir (Dürr, 1975). Bu granat mercerleri yakinen incelendiğinde granatların kırmızımsı renkleri ile dış taraflarına doğru da şeffaf ve temiz görüntüleriyle bulunmaktadır.



Şekil 16. Granat (Almandin) mineralleri **a)** Ham hali (URL 2) ve **b)** İşlenmiş hali (URL 3).

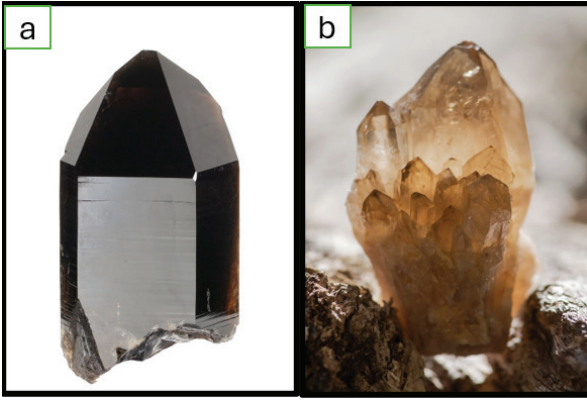
Figure 16. Garnet (Almandine) minerals **a)** Raw form (URL 2), **b)** Processed form (URL 3).

İncelenen kayaç örneklerinin SiO₂ içerikleri %60-65 arasında değişmektedir. Al₂O₃ oranları yaklaşık %16-18 civarında fazlaca yüksek durumdadır (Baker vd., 2008). Analizlerde Fe₂O₃ değerleri ise %6-8 arasındadır. MgO ve CaO değerleri de sırasıyla %2,5-3,6 ve %1,5-2,2'dir. K₂O değerleri %2,6 ile 3,4 ve Na₂O değerleri de %2,9-3,3 arasında bulunmaktadır. TiO₂ %0,9 ve Cr₂O₃ ise %0,012 dolayındadır. MnO değerleri ise %0,1'den azdır (Lüle-Whipp, 2006). Çine Alabanda bölgesinde bulunan üç tür granat ise almandin, pirop ve grossularca zenginleşmiş granatlardır (Lüle-Whipp 2006).

Dumanlı ve Renksiz Kuvarlar (SiO₂)

Karya'nın kuzey kısmını ve sınırını meydana getiren Aydın Bölgesi, süstaşı olarak dumanlı ve renksiz (kaya kristali) kuvars kristallerinin (SiO₂) en değerli yataklanma bölgesidir. D-B yönlü Büyük Menderes Grabeninin güney kısmında (Ocakoglu vd. 2005) bulunan Karacasu, Çine, ile Koçarlı ilçelerinin dağlık kesimlerinde süstaşı dumanlı ve renksiz kuvars kristalleri süstaşı olarak bulunmaktadır. Miktar olarak azımsanmayacak ölçüde ekonomik değeri olan süstaşlarıdır (Hatipoğlu ve Gökçen, 1999; Hatipoğlu vd. 2009 ve 2010a).

Gemoloji açısından, dumanlı kuvars gri, kahverengi ve siyah renkli olabilen kristalin kuvars türü olarak tanımlanır. Siyah renkli dumanlı kuvars olan morion, Dünya'da oldukça ender bulunan süs taşlarından biridir (Şekil 17).



Şekil 17. a) Morion (URL 4) ve b) Dumanlı kuvars (URL 5).

Figure 17. a) Morion (URL 4) and b) Smoky quartz (URL 5).

Adularya-Ay Taşı (Feldisbat Ailesi) ($KAlSi_3O_8$)

Karya bölgesinde bulunan Adularya örneklerine Aydın-Muğla karayolu üzerinde Çine ilçesinden 8-10 km doğusunda kalan Mardan Dağındaki Yeniköy civarında ve Çine- Muğla karayolunun üzerinde Ovacık köyünün hemen üst kısmındaki ocakta görülmektedir (Hatipoğlu ve Gökçen, 1999) (Şekil 18). Adularya örnekleri transparan veya yarı transparan ve beyaz renklidir. Genel olara 4-5 cm ve düzensiz kristallerdir. Adularya, büyük ihtimalle hidrotermal koşullar ve düşük sıcaklıkta meydana gelmiştir. Var olduğu damar boşluklarının büyük olması ise minerallerin oldukça iri boyutlara ulaşmasına neden olmuştur. Bölgenin metamorfik kayacı olan gnaysların ve metavolkanitlerin çatlak zonlarında, metamorfizma sonrası oluşmuş çok sayıda adularya, dağ kristali ve dumanlı kuvars örnekleri bulunmasına rağmen; süstaşı kalitesinde bulunanlar genellikle aynı yerde ileriki zamanlarda oluşan muhtemelen D-B yönlü Miyosen çatlaklar içerisinde (Başarı ve Kun 1982) yerleşmiş filonlarda izlenmektedir.



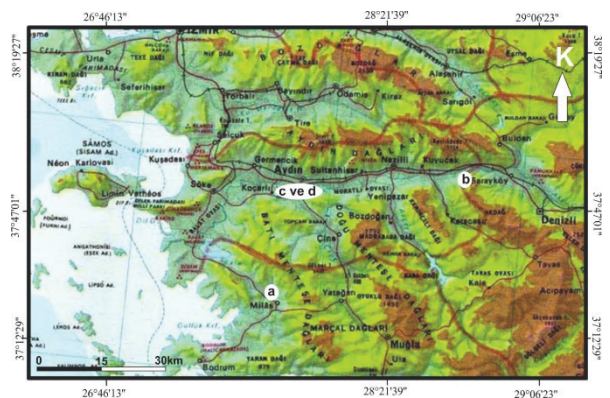
Şekil 18. Süstaşı olan adularya-aytaşı ham ve işlenmiş şekli (URL 6).

Figure 18. Adularia-moonstone, a decorative gemstone, in its raw and processed forms (URL 6).

SONUÇLAR

Günümüz koşullarında Karya bölgesini yaşadığı sınırlar çerçevesinde, 4 farklı süstaşı grubunun olduğu belirlenmiştir (Şekil 19). Bunlar;

- Diaspor (Milas / Muğla bölgesi)
- Dumanlı ve renksiz kristal kuvarslar (Koçarlı-Çine-Karacasu / Aydın bölgesi)
- Almandin ve pirop türü granatlar (Çine / Aydın)
- Adularya türü feldispat (Çine / Aydın)



Şekil 19. Türkiye fiziki haritası MTA'dan (URL 7) değiştirilerek alınmıştır.

Figure 19. Physical map of Turkey has been changed from MTA (URL 7).

Karya Bölgesi içerisindeki iki müzede incelenen süstaşları, bölgede çıkan süstaşlarından sadece dumanlı kuvarstan hazırlanmış antik ürünler bulunmaktadır. Büyük olasılıkla Lidya bölgesinden elde edilen oniks ve sardoniks, Hitit uygarlığı (Kapadokya bölgesi) bölgesinden geldiği düşünülen karnelyen türü süstaşları ile fazla sayıda seramik ve cam tespit edilmiştir. Karya bölgesinin Lidyalılarla ticari ve sosyal ilişkileri neticesinde Karya bölgesine getirildiği düşünülmektedir. Ege bölgesinde günümüz mücevher taşı segmentinde olan diaspor mineralinin yeri günümüz şartlarında bulunmuş olması o dönem içerisinde de keşfedilmediğini müzelerde bulunmadığından anlaşılmaktadır.

Antik süstaşı içeren takıların gemolojik olarak incelenmesi, yapıldığı dönemde yaşayan halkın hem sosyoekonomik durumlarını, hemde komşularıyla olan ticari ilişkilerini göstermektedir. Arkeolojik süstaşlarının gemolojik özellikleri dikkate alınmadığında, birçok ham veya işlenmiş süstaşının ve argemma (Arkeo-gemoloji) gliptiklerinin yorumlanmasının ve envanterleşmesinin sıkıntılı olduğu görülmektedir. Bu sebeple arkeogemolojik materyallerin bilimsel yöntemler kullanılarak saptanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, ilk iki inceleme yöntemi kullanarak, arkeogemolojik süstaşlarının araştırılmasında arkeo-gemolojik bilimsel incelemelerin nasıl yapıldığı ortaya konmuştur. Saçınımsal Konfokal MikroRaman (DCµRS) ve Fourier Transform Infrared (FT-IR) cihazlarının kullanımı hem teknik yetersizlik hem de antik süstaşlarının müze dışına çıkarılma kısıtlaması nedeniyle kullanılamamıştır.

EXTENDED SUMMARY

This study aims to compare the gemstones and gemstone jewelry used by the Carian Civilization (1100 B.C.–545 B.C.) with those sourced from the Caria region, while exploring the significance of jewelry within an archaeo-gemological

framework. For the first time, various gemstones used in jewelry, housed in the Milas Museum and the Bodrum Underwater Archaeology Museum – both preserving artifacts from Carian excavations – were examined through scientific and artistic lenses. An archaeo-gemological inventory was subsequently created to identify which contemporary gemstone types were utilized by the Carian Civilization, were examined scientifically and externally for the first time and an archaeo-gemological inventory was made to determine which of today's gemstone types were used by the Carian Civilization in the Caria region.

Four distinct types of gemstones were identified in the Caria region, each with a unique geological evolution. Some of these gemstones are closely linked to the Menderes Metamorphic Massif, one of the largest metamorphic complexes in Southwestern Anatolia, which formed as a result of the Alpine Orogeny. The massif's northern section is divided into the Gördes and Eğrigöz submassifs, while its central section consists of the Ödemiş-Kiraz submassif. The southern part, encompassing the study area, is known as the Çine Submassif or Southern Submassif. The core of the Çine Submassif contains Precambrian augen gneisses, granitic gneiss, mica gneiss, metanorite, and metagabbros. Around Milas, Yatağan, and Kavaklıdere (Muğla), the cover units of the Çine Submassif are composed of Upper Devonian to Lower Eocene formations. The Menderes Massif has undergone multiple phases of metamorphism, with the latest regional metamorphism occurring during the Eocene, when the Lycian Nappes overthrust the massif and settled in the southern region.

Five distinct gemstone groups were identified in the Muğla region:

- 1) Diaspore (Milas/Muğla region): Found within a meta-bauxite deposit in Küçükçamlı and Büyükçamlı Tepeler, diaspore occurs as large, transparent crystals in olive-green or earthy-brown hues*

- 2) *Sapphire (Yatağan/Muğla): Sapphires are primarily blue and can also be found in semi-transparent forms.*
- 3) *Smoky and Colorless Quartz Crystals (Koçarlı-Çine-Karacasu/Aydın region): These quartz varieties, commonly known as smoky quartz and morion, appear in shades of gray, brown, and black.*
- 4) *Almandine and Pyrope Garnets (Çine/Aydın region): These garnets, characterized by their reddish hues and transparent appearance, are found within the metamorphic rocks near the ancient city of Çine-Alabanda.*
- 5) *Adularia Feldspar (Çine/Aydın): Adularia, which is white and either transparent or translucent, is found near Yeniköy in Mardan Dağı and is mined by Komet Madencilik.*

The examination of gemstones from ancient Carian jewelry housed in these museums revealed that, among the gemstones currently mined in the Muğla region, only smoky quartz was used. However, other types of gemstones, such as onyx and sardonyx (likely imported from Lydia), carnelian (thought to have originated from India and Yemen), and even glass, were also utilized. The Carian Civilization incorporated a wide variety of gemstones in its jewelry and decorative objects. Gemstones such as diaspore, smoky quartz, garnet, and adularia, found in the Muğla region, formed part of the Carian Civilization's gemological repertoire. Additionally, different types of gemstones were imported from regions such as Lydia and India. These findings highlight the Carian Civilization's extensive trade network and its interactions with diverse cultures.

ORCID

Evrin Çoban  <https://orcid.org/0000-0002-0867-6801>

KATKI BELİRTME

Bu makale, yazarın Prof. Dr. Cahit HELVACI'nın danışmanlığında yürütülen lisans çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akkök, R. (1983). Structural and metamorphic evolution of the northern part of the Menderes Massif: New data from the Derbent area and their implication for the tectonics of the Massif. *Journal of Geology*, 91, 342-350.
- Akurgal, E. (2000). *Ege Batı Uygarlığının Doğduğu Yer Doğu Helen Kültür Tarihi. (M.Ö. 1050-333)*. İzmir, İzmir B.Ş. Belediyesi Yayınları.
- Alçıçek, (2010). Stratigraphic correlation of the Neogene basins in southwestern Anatolia: regional palaeogeographical, palaeoclimatic and tectonic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(3-4), 297-318. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.03.002>
- Alkanoğlu, E. (1978). *Geologisch-petrographisch und geochemische untersuchung en am sudostrand des Menderes Massivs in westanatolian/Turkei* [PhD Thesis]. Bochum Ruhr-University, (in German).
- Arem, J. E. (1987). *Color Encyclopaedia of Gemstones*, 2nd. Van Nostrand Reinhold. Co.
- Baker, C. B., Catlos, E. J., Sorensen, S. S., Çemen, İ. & Hançer, M. (2008). Evidence for polymetamorphic garnet growth in the Çine (southern Menderes) Massif, Western Turkey. *Donald D. Harrington Symposium on the geology of the Aegean, IOP Conf. series: Earth and Environmental Science*, 2, 1-7. <https://doi.org/10.1016/10.1088/1755-1307/2/1/012020>
- Başarır, E. ve Kun, N. (1982). Afyon Kalesi çevresindeki volkanitlerin petrografik incelemesi. *Karadeniz teknik Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 2, 87-96.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey—a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 3-30. <https://doi.org/10.1080/09853111.2001.11432432>
- Bozkurt, E. & Park, G. (1997). Evolution of a mid-Tertiary extensional shear zone in the southern Menderes Massif, western Turkey. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 168, 3-14.
- Bozkurt, E. & Park, R. G. (1999). The structure of the Palaeozoic schists in the southern Menderes Massif, western Turkey: a new approach to the origin of the Main Menderes Metamorphism and its relation to the Lycian Nappes. *Geodinamica Acta*, 12, 25-42.
- Bozkurt, E. & Oberhansli, R. (2001). Menderes Massif (western Turkey): structural, metamorphic and magmatic evolution—a synthesis. *International Journal Earth Science* 89, 679-882. <https://doi.org/10.1007/s005310000173>

- Bozkurt, E. & Satır, M. (2000). New Rb-Sr geochronology from southern Menderes Massif (southwestern Turkey) and its tectonic significance. *Geological Journal*, 35(3-4), 285–296. <https://doi.org/10.1002/gj.849>
- Bozkurt, E., Winchester, J. A., & Park, R. G. (1995). Geochemistry and tectonic significance of augen gneisses from the southern Menderes Massif (West Turkey). *Geological Magazine*, 132, 287–301. <https://doi.org/10.1017/S0016756800013613>
- Candan, O. ve Dora, O. Ö. (1998). Menderes Masifinde granulit, eklojit ve mavi şist kalıntıları: Pan-Afrikan ve Tersiyer metamorfik evrimine bir yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41(1), 1-35. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/542599794c1cf06_ek.pdf
- Candan, O., Dora, O., Oberhänsli, R., Çetinkaplan, M., Partzsch, J., Warkus, F. & Dürr, S. (2001). Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Science*, 89(4), 793-811. <https://doi.org/10.1007/s005310000097>
- Collon, D. (1989). Materials and techniques of ancient near eastern cylinder seals. In Hackens, T., Moucharte, G. (Eds), *Technology and Analysis of Ancient Gemstones*. PACT, Strasbourg.
- Dora, O. Ö. (1975). Menderes masifinde alkali feldspatların yapısal durumları ve bunların petrojenetik yorumlarda kullanılması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18(2), 111-126. https://jmo.org.tr/resimler/ekler/6a8576a1e9b14df_ek.pdf
- Dora, O. Ö., Kun, N. & Savaşçın, M. Y. (1986). Menderes masifinde bir soy mineral: Diaspor. *E.U. Journal of Science Faculty* 8, 69–80.
- Dora, O. Ö., Candan, O., Kaya, O., Koralay, E. & Dürr, S. (2001). Revision of the so-called “leptite-gneisses” in the Menderes Massif: A supracrustal metasedimentary origin. *International Journal of Earth Science*, 89(4), 836-851.
- Dora, O. Ö., Candan, O., Oberhänsli, R. & Dürr, S. (1995). New evidence on the geotectonic evolution of the Menderes Massif. In Piskin, O., Ergün, M., Savascın, M. Y. & Tarcın, G. (Eds.), *Proceedings of International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, Izmir*, 1, pp. 53-72.
- Dubin, L. S. (1995). *The History of Beads*. Japan, Concise Edition.
- Dürr, St., (1975). *Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolien und seine Äquivalente in der mittleren Ägäis* [Habilitation Thesis]. University of Marburg/Lahn, 107 p.
- Ediger, V. S. (1980). *Geology of the Küçükçamlıktepe-Büyükçamlıktepe diasporite deposits (Milas-Muğla)* [Master's Thesis]. Ortadoğu Teknik University.
- Ekici, M. (2013). *Karia şehir sikkeleri ve Lagina'da bulunan sikkelerin değerlendirilmesi* [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Konya Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Erdoğan, B. & Güngör, T. (2004). The problem of the core-cover boundary of the Menderes Massif and an emplacement mechanism for regionally extensive gneissic granites, Western Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 15–36.
- Güney, H. (2021). *Başlıbüyük (Yozgat) kalsedonlarının mineralojik, jeokimyasal ve gemolojik incelemesi* [Doktora tezi]. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Hatipoğlu, M. (2011). Al (Fe,Ti,Si)-mobility and secondary mineralization implications: A case study of the karst unconformity diasporite-type bauxite horizons in Milas (Muğla), Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 60, 175–195.
- Hatipoğlu, M. ve Gökçen, N. (1999). Batı Anadolu'nun yarı kıymetli süstaşlarının başlıca mineralojik, jeolojik ve ekonomik nitelikleri. *Baksem-99 I. Batı Anadolu Hammade Kaynakları Sempozyumu bildiriler kitabı*, (s.: 438-447).
- Hatipoğlu, M., Buzlu, H.B., Babalık, H., Çoban, E. & Koç, D. (2009). Gem quality smoky and colorless quartz crystals of Aydın region [Aydın bölgesinin süstaşı kalitesindeki dumanlı ve renksiz kuvars kristalleri]. *Proceedings of 62th Geological Congress of Turkey* (p.: 98-99). 13-17 April, Ankara, Turkey.
- Hatipoğlu, M., Türk, N., Chamberlain, S. C., Akgün, Z. M. (2010a). Metabauxite horizons containing remobilized-origin gem diaspore and related mineralization, Milas-Muğla province, SW Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 39, 359–370
- Hatipoğlu, M., Helvacı, C., Chamberlain, S. C., Babalık, H. (2010b). Mineralogical characteristics of unusual “Anatolian” diaspore (zultanite) crystals from the İlbirdağı diasporite deposit, Turkey. *Journal of African Earth Sciences* 57, 525–541
- Koralay, O. E., Candan, O., Chen, F., Akal, C., Oberhänsli, R., Satır, M. & Dora, O. Ö. (2012). Pan-African magmatism in the Menderes Massif:

- geochronological data from leuco tourmaline orthogneisses in western Turkey. *International Journal Earth Sciences*, 101, 2055-2081.
- Köroğlu, G. (2004). *Anadolu Uygarlıklarında Taki. İstanbul*. Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü.
- Lule-Whipp, Ç. (2006). Chromium Chalcedony from Turkey and Its Possible Archeological Connections. *Gems & Gemology*, 106.
- MTA. (1965). *Diasporite, emery, and bauxite deposits of Turkey*. MTA Yayınları.
- Ocakoğlu, F., Açıkalın, S., Akan, S., Saraç, G. & Dirik, K. (2005). Karacasu çapraz grabeni (Menderes Masifi) dolgusunun morfosedimanter özellikleri, yaşı ve bölgesel tektonik açıdan çağrışımları. *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu (TÜRQUA-V) (2-5 Haziran 2005) bildiri özetleri kitabı*, s. 268.
- Okay, A. (2007). Menderes Masifi – Nap Paketi mi, Yoksa Stratigrafik Bir İstif mi?. *Menderes Masifi Kollukyumu*, 82-87
- Okay, A. (2002). Stratigraphic and metamorphic inversions in the central Menderes massif. A new structural model. *International Journal of Earth Sciences (GR Geologische Rundschau)*, 91, 173–178. <https://doi.org/10.1007/s005310000098>
- Önay, T. Y. (1949). Über die smirgelgesteine sudwestanatoliens. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 29, 357-492.
- Özer, S., Sözbilir, H., Özkar, I., Toker, V. & Sarı, B. (2001). Stratigraphy of Upper Cretaceous–Palaeogene sequences in the southern and eastern Menderes Massif (western Turkey). *International Journal of Earth Sciences (GR Geologische Rundschau)*, 89, 852–866. <https://doi.org/10.1007/s005310000142>
- Pedley, J. G. (1974). Carians in Sardis. *The Journal of Hellenic Studies*, 94, 96-99.
- Schumann, W. (1993). *Handbook of rocks, minerals, and gemstones*. Boston, Houghton Mifflin Company.
- Sinkankas, J. (1984). *Gem Cutting, a lapidary's manuel*, 3rd Ed.. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Sözbilir, H. (2005). Oligo-Miocene extension in the Lycian orogen: evidence from the Lycian molasse basin, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 18(3-4), 255-282
- Şengör, A. M. C., Satır, M. & Akkök, R. (1984). Timing of tectonic events in the Menderes massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- Türe, A. (2012). Kişisel iletişim, 11 Aralık 2012.
- Uygun, A. & Gümüüşçü, A. (2000). Çine Asması (GB-Anadolu) Albit Yataklarının Jeolojisi ve kökeni. *MTA dergisi*, 122, 25-32.
- URL 1 (2024 14 Ekim). *Gem Rock Auctions*. <https://www.gemrockauctions.com/learn/a-z-of-gemstones/diaspore-information>
- URL 2 (2024 14 Ekim). *Trade Key* https://www.tradekey.com/index.html?action=signup_newstep2&referrer=1
- URL 3 (2024 14 Ekim). *The Gem Library*. <https://thegemlibrary.com/manifesting-crystals/>
- URL 4. (2024 14 Ekim). *The Arkenstone*. <https://www.irocks.com/minerals/specimen/49886>
- URL 5 (2024 14 Ekim). *Gem Rock Auctions*. <https://www.gemrockauctions.com/learn/a-z-of-gemstones/smoky-quartz>
- URL 6 (2024 14 Ekim). *Brittany's Fine Jewelry*. <https://brittanysfinejewelry.com/moonstones/>
- URL 7 (2024 16 Ekim). *1:2.000.000 Ölçekli Türkiye Fiziki Haritası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/fiziki-haritalar>
- Van Hinsbergen, D. J. J., Kaymakçı, N., Spakman, W. & Torsvik, T. H. (2010). Reconciling the geological history of western Turkey with plate circuits and mantle tomography. *Earth and Planetary Science Letters*, 297(3-4), 674-686. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.07.024>
- Whitney, D. L. & Bozkurt, E. (2002). Metamorphic history of the southern Menderes massif, western Turkey. *Geological Society of America Bulletin*; 114, 829–838.
- Wippert, J. (1965). Preliminary geologic evaluation of mining potential at the bauxite properties of MTA, Aydın, Denizli and Muğla regions, Turkey. Arama Raporu, (yayımlanmamış).
- Yavuz, A. B., Türk N. & Koca M. Y. (2002). Muğla Yöresi Mermerlerinin, Mineralojik, Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 26(1), 1-18. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/52395/686374>
- Yavuz, A.B., Türk, N. & Koca, M.Y. (2005a). Geological Parameters Affecting The Marble Production in Quarries Along The Southern Flank of the Menderes Massif, Turkey. *Engineering Geology*, 80, 214–241.
- Yavuz, A.B., Türk N. & Koca M.Y. (2005b). Material Properties Of The Menderes Massif Marbles From SW Turkey. *Engineering Geology* 82, 91-106.



**Düzeltilme: Hasan Dağı Volkanı ve Çiftlik-Bozköy (Orta Anadolu)
Gömülü Kalderasını Besleyen Aktif Magma Odalarına İlişkin Isı Transferi Analizleri**
*Erratum: Heat Transfer Analysis of Active Magma Chambers Feeding The Hasan Dağı Volcano and
The Çiftlik-Bozköy (Central Anatolia) Hidden Caldera*

Özgür Karaoğlu*

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
26480 ESKİŞEHİR*

• Geliş/Received: 04.10.2024

• Kabul/Accepted: 04.10.2024

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 04.10.2024

• Baskı/Printed: 31.01.2025

Düzeltilme/Erratum

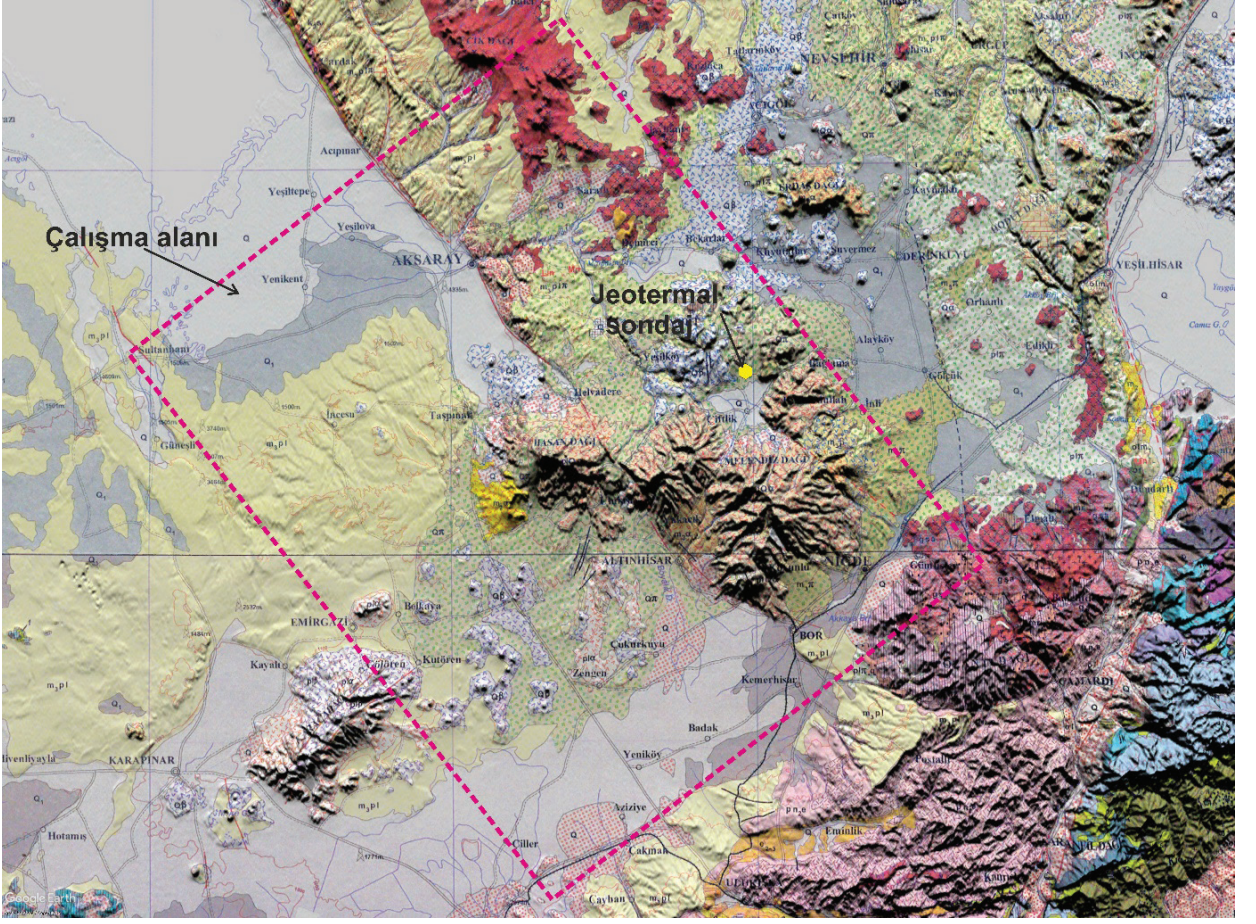
Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Düzeltilme: Karaoğlu, Ö. (2024). Hasan Dağı Volkanı ve Çiftlik-Bozköy (Orta Anadolu) Gömülü Kalderasını Besleyen Aktif Magma Odalarına İlişkin Isı Transferi Analizleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 67(4), 63-84. <https://doi.org/10.25288/tjb.1344955>

Erratum: Karaoğlu, Ö. (2024). *Heat Transfer Analysis of Active Magma Chambers Feeding Hasan Dağı Volcano and Çiftlik-Bozköy (Central Anatolia) Hidden Caldera. Geological Bulletin of Turkey*, 67(4), 63-84. <https://doi.org/10.25288/tjb.1344955>

Karaoğlu (2024) makalesinde Şekil 1 ve 2'ye ait şekil alt yazısı hatalı sunulmuştur. Şekil 1 ve 2'nin düzeltilmiş Türkçe ve İngilizce alt yazıları ve ilgili şekiller aşağıda düzeltilerek sunulmuştur.

In the article by Karaoğlu (2024), the caption for both Figures 1 and 2 was presented incorrectly. Below, the corrected captions for both Figures 1 and 2 are provided in both Turkish and English, alongside the revised figure for clarity.



Şekil 1. Bölgenin röliyef efektli üç boyutlu Jeoloji haritası (MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi tarafından hazırlanmıştır, Atabey, 1989; Dönmez vd., 2005).

Figure 1. Three-dimensional geological map of the region with relief effects (prepared by the General Directorate of Mineral Research and Exploration, Department of Geological Research, Atabey, 1989; Dönmez et al., 2005).

ZAMAN			AÇIKLAMA	Kalınlık (km)	k [w/m.K]	Cp [J/(kg.K)]	α [1/K]	
Sistem	Seri	LİTOLOJİ						
Kuvaterner	Holosen			L1	2	0.45	850	3.0×10^{-6}
				L2	5	1.50	950	7.2×10^{-6}
	Pliyosen			L3	1	1.30	840	4.6×10^{-6}
				L4	7	0.45	800	4.8×10^{-6}
Tersiyer	Miyosen			L5	2	0.41	930	8.8×10^{-6}
				L6	3	0.25	850	8.9×10^{-6}
	Oligosen			L7	2	0.85	980	6.2×10^{-6}
Kreatese				L8	10	1.90	980	9.2×10^{-6}

Şekil 2. Bölgenin jeolojik dikme kesiti (MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi tarafından hazırlanmıştır, Dönmez vd., 2005; Kürçer, 2012) üzerinde farklı litolojilere ait termal parametreler (k: termal iletkenlik (kondaktivite); Cp: özgül ısı kapasitesi, α : termal genleşme sabiti).

Figure 2. Thermal parameters for various lithologies on the geological cross-section of the region (prepared by the General Directorate of Mineral Research and Exploration, Department of Geological Research, Dönmez et al., 2005; Kürçer, 2012) (k: thermal conductivity; Cp: specific heat capacity, α : thermal expansion constant).

ORCID

Özgür Karaoğlu  <https://orcid.org/0000-0003-2627-4686>

KAYNAKLAR / REFERENCES

Atabey, E. (1989). *1/100.000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Aksaray H19 (K33) Paftası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Dönmez, M., Akçay, A. E., Kara, H., Turkecan, A., Yergök, A.F., Esentürk, K. (2005). *1/100.000 Ölçekli açınısama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Aksaray-L32 paftası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Kürçer, A. (2012). *Tuz Gölü Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye* [Yayımlanmamış Doktora Tezi, tez no: 318203]. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 318 s., Ankara.



TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

AMAÇ ve KAPSAM

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) 1947 yılından beri yayınlanan, Türkiye'nin en eski ve en çok tanınan dergilerinden biridir. Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından yılda üç sayı olarak yayınlanmaktadır. Dergi mühendislik jeolojisi dışındaki yerbilimleri konularında yayın kabul etmektedir. Bilhassa jeoloji, tektonik, yapısal jeoloji, jeokronoloji, jeokimya, sedimantoloji, biyostratigrafi, paleontoloji, mineraloji, magmatik ve metamorfik petroloji, maden yatakları, jeofizik, jeomorfoloji yanı sıra Çevre ve Kent Jeolojisi ile Ekonomik Jeoloji öncelikli konulardır. Bu konularda güncel bilim düzeyinde hem Türkçe hem de İngilizce dillerinde yayın kabul edilmektedir. Yayınlarında öncelik Türkiye ve çevresi, Doğu Akdeniz, Orta Doğu, Balkanlar, Karadeniz ve Hazar Denizi çevresi olmakla birlikte Dünya'nın diğer tüm kritik bölgelerinde yapılan düzeyli yayınlara da açıktır. Bu kapsamda yapılan araştırmaların bilimsel düzeyi yüksek sonuçlarını içeren makaleler hiçbir ücret almadan yayınlanmaktadır. Açık erişimli bir dergidir. Derginin hedef okuyucu kitlesi bu konu ve kapsamla ilgili tüm yerbilimcilerdir. Dergide daha çok orijinal araştırma makaleleri ve daha az sayıda derleme ve diğer bilimsel nitelikli yayınlara yer verilmektedir. Türkiye Jeoloji Kongresi ve diğer Ulusal ve uluslararası toplantıların seçilen oturumları, hakemli yayın işlemlerinden sonra özel sayı(lar)da yayınlanabilmektedir.

YAZILARIN HAZIRLANMASI

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. 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 Türkçeye 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 olmadığını gösterir.

MAKALE SUNUM SÜRECİ ve ETİK BİLDİRİMİ

Tüm makaleler internet üzerinden <http://dergipark.gov.tr/tjb> adresindeki "Makale Gönder" menüsü aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce DergiPark 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.

YAZIM KURALLARI

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar Adları (koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın e-posta adresi
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) 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 puntoyla (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

EXTENDED SUMMARY

KATKI BELİRTME

ORCID

KAYNAKLAR / REFERENCES

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
e-posta: a_ahmetoğlu@ankara.edu.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1458-0820

A. Hüsnü Hüsnüoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
e-posta: husnu56@mta.gov.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1458-0830

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 de 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 konusunu 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

Metin İçinde Atıfların Yazılması

A. Yayında tek yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1, Tarih) **Ör:** (Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 (Tarih) **Ör:** Sönmez (1996)

B. Yayımda 2 yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1 ve Yazar2, Tarih) Ör: (Merriman ve Frey, 1999)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 ve Yazar2 (Tarih) Ör: Merriman ve Frey (1999)

C. Yayımda 2'den fazla yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1 vd., 1987) Ör: (Pettijohn vd., 1987)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 vd. (1987) Ör: Pettijohn vd. (1987)

D. Arka arkaya birden fazla atıfta bulunulacaksa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Merriman ve Frey, 1999; Pettijohn vd., 1987; Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Merriman ve Frey (1999), Pettijohn vd. (1987), Sönmez (1996)

E. Aynı yazarların aynı yıl içinde birden fazla yayınına atıfta bulunulduysa

Bu durumda Kaynaklar **bölümünde** makalelerin tarihlerinden sonra a, b, c gibi harfler verilir, metin içindeki atıflarda da tarihlerden sonraki harfler kullanılır.

Kaynakçada:

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022a). Makale Adı 1. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022b). Makale Adı 2. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Metin içindeki atıflarda:

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu, 2022a)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu (2022a)

Kaynaklar Bölümü

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır

- TJB'de Türkçe yayınlanacak makalelerde: Kaynak çok isimli bir çalışma ise: Son isimden önce "ve" gelmelidir eğer kaynak İngilizce ise "&" kullanılmalıdır.
- Editörün belirtilmesi gereken çalışmalarda: Tek isim ise (Ed.) çoklu editör ise: Son isimden sonra (Ed. ler) eğer kaynak İngilizce ise (Eds.) yazılmalıdır.

A. Sürelî yayınlar:

A.1. Sürelî yayınların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Makalenin başlığı. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No (Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Özel durumlar:

A.2.1. Eğer makale serbest erişimli bir internet sayfasından alındıysa:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. Eğer makalenin makale numarası varsa:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Bildiriler:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bildirinin başlığı. Editör(ler), *Sempozyum veya Kongrenin Adı*, (bildirinin sayfa aralığı). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Ed.ler), 72. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s.63-64). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Kitaplar:

C.1. Kitapların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Adı* (ilk harfleri Büyük). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi
Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Çeviri Kitapların Gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Çeviri Adı* (Çevirenlerin adı). Yayınevi. (Orijinal yayın tarihi). Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Çev: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Orijinal yayın tarihi: 2001).

D. Kitapta Bölüm ise:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bölüm Adı. Editör(ler) *Kitap adı* (Bölümün sayfa aralığı). Yayınevi.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Raporlar ve Tezler:

E.1. Raporlar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. *Raporun başlığı* (Varsa rapor no). Kurum adı (Yayımlanma durumu).

Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (yayımlanmamış).

E.2. Tezler:

Yazar adı, (Tarih). *Tezin başlığı* [Yayımlanma durumu ve derecesi]. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı.

Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Kişisel Görüşme:

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

G. İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun veya internet sayfasının adı, (Erişim tarihi). Web adresi.

KRDAE, (2020, 02 Ocak). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Deprem Bilgileri, Büyük Depremler. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>

H. Kaynak olarak kullanılan haritalar:

Konak, N. ve Ercan, T., 2002. *1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası*, (Şenel, M., (Ed.)). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

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.

Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır. 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 CO_3^{--} yerine $Ca(2+)$ ve $CO_3(2-)$ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere "eşitlik (1)" şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, 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 dizininin 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 EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra DergiPark Akademik (dergipark.gov.tr/tjb) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDITÖRÜ

Prof. Dr. Erdiñ YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-posta: eyigitbas@comu.edu.tr

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son halini DergiPark Sistemi üzerinden Editör'e göndermelidir. Makaleler *DOCX biçiminde hazırlanmalıdır. Tüm şekiller Corel Draw ile çizilmelidir. Bununla birlikte, şekillerin çözünürlükleri 300 dpi den az olmamalıdır. Hem çizim (CDR) hem de resim (JPG) dosyaları DergiPark Sistemi üzerinden gönderilmelidir.

PROVA BASKILAR

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığını 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.

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.

ETİK İLKELER VE YAYIN POLİTİKASI

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) yayıncı ve kullanıcıları (Baş Editör, editörler, alan editörleri, yazarlar, hakemler, okuyucular vb.) Yayın Etiği Komitesi (COPE) tarafından belirlenen etik kurallara ve sorumluluklara uymalıdır.

Dergi Politikası:

Açık Erişim Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.* hakemli bir dergidir. Basılı ve elektronik ortamda çevrimiçi yayın yapmakta olup açık erişim sistemine sahiptir. Dergi sayıları Ocak, Nisan ve Ağustos aylarında yılda üç kez yayınlanır. Yayın süreçlerinde, bilimsel yöntemle özgürce ve yansız biçimde üretilen bilginin paylaşılması gözetilir. Makale değerlendirme sürecinde kör hakemlik sistemi uygulanır. *Türkiye Jeol. Bül.*'nin 1947 yılından itibaren yayınlanan tüm sayıları gerek yayıncı kuruluş olan Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından basılı ve elektronik versiyonları ve TUBITAK - DergiPark tarafından ise elektronik versiyonları arşivlenmektedir.

Ücret Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.*'nin yayıncı kuruluşu JMO'dır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.* derginin basılı ve elektronik versiyonları için herhangi bir ücret ya da abonelik bedeli, yazarlar için ise yayın ücreti ya da benzeri bir ödeme talep etmez.

Telif Hakkı Devri: JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*, yayımlanacak makalelerin telif haklarının alınması için yazarlardan yazılı onay alır. İlgili yazar, dergiye sunulan makalenin yazarı/sahibi olduğunu ve kendisi ve diğer yazar(lar) adına telif hakkını JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devreder. **Telif Hakkı Devri Formu**'nun doldurularak, makale sunumu esnasında dergi sistemine yüklenmesi zorunludur. Sorumlu yazar, gönderilen bu makalenin başka bir yerde benzer bir formda yayınlanmadığını, makalenin orijinal olduğunu ve yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmeyeceğini garanti etmelidir. Sunulan makalenin tüm yazarları, yazının tüm haklarını ve tüm telif haklarını imzalayarak JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devretmelidir. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'nin, ilgili makalenin tamamını veya bir kısmını dersler/ders notları, raporlar ve ders kitapları/basılı kitaplar gibi gelecekteki eserlerinde herhangi bir ödeme yapmadan kullanma hakkı ve ilgili makalenin kendi kullanımını için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

Makale sunumu: *Türkiye Jeol. Bül.*'ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark'a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb) *Türkiye Jeol. Bül.*'ne Dergipark sistemi üzerinden göndermelidir.

İntihal Politikası: Makaleden sorumlu yazarın dergiye yeni makale gönderimi için "iThenticate İntihal Tespit Yazılımı" veya "Turnitin" veya eşdeğeri bir intihal programı kullanarak benzerlik raporu yanı sıra, imzalanan "**Telif Hakkı Devri Formu**" ve "**Etik Bildirim Formu**"nu DergiPark sistemine yüklemesi gerekmektedir. Gönderilen makalenin benzerlik endeksi oranı, referans listesi hariç, % 20'nin altında olmalıdır.

Yazar Katkısı Beyanı ve Çıkar Çatışması/Çakışması Beyanı: Makale yazarlarının her biri makaleye önemli bilimsel katkıda bulunmuş olması gerektiğinden her yazarın eşit etik sorumluluk taşıdığı kabul edilir. Makalenin tüm yazarları, hatalı durumlarda geri çekme veya düzeltme yapmakla yükümlüdür.

Yazarlar, yazılarını sisteme yükleme aşamasında gerek benzer konularda araştırma yapan diğer araştırmacılar bakımından ve gerekse potansiyel hakemlik konularında her türlü çıkar çatışmasını/çakışmasını açıkça belirtmelidir. Çıkar çatışması/çakışması bulunmadığını düşündüğü durumda ise bu husus açıkça belirtilmelidir.

Kör hakemlik: *Türkiye Jeol. Bül.*'nde tüm bilimsel yayınların objektif değerlendirilmesini sağlamak amacıyla kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır. Makaleye hakem atama aşamasında hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamasına özen gösterilmektedir. Bu amaçla hakem ve yazar(lar) arasında bilhassa; a) Tez danışmanı/öğrenci ilişkisi olmaması, b) Yazar(lar) ve hakem arasında yakın geçmişte (son 2 yıl) ortak araştırma ve yayın yapılmış olması, c) Aynı kurumda görev yapıyor olmaması, d) Dergiye sunulan yazıya biçim ya da içerik yönünden katkı yapmamış olması, e) Yazar(lar) ve hakem arasında yargıya ya da etik kurullara intikal eden ihtilafların olmaması, f) Hakem ve yazar(lar) arasında akrabalık ilişkisinin olmaması g) Hakemin yazar(lar) hakkında kamuoyuna intikal etmiş önyargılarının bulunmaması, h) Hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir ticari ilişkisinin olmaması vb durumlar dikkate alınır. Dergi editörlüğünün gözünden kaçan durumların olması ihtimaline karşı hakemlerin de böyle bir durumda editörlüğü uyarması gerekir. Ayrıca hakemlerin;

- Sadece uzmanlık alanlarına giren makaleleri değerlendirmeleri,
- Değerlendirmeyi tarafsız, objektif ve gizlilik içinde yapmaları,
- Değerlendirmede milliyet, cinsiyet, dini inanç, siyasal düşünce, ticari kaygılar vb nedenlerle tarafsızlıklarını kaybetmemeleri,

- Görüş ve önerilerini akademik görgü kuralları içinde, yapıcı ve akademik bir dille yapmaları, kişisel polemik yaratacak üsluptan kaçınmaları,
- Yayın sürecini sebepsiz uzatacak şekilde değerlendirmelerini geciktirmemeleri istenir.

Değerlendirme İşlemi:

Ön Kontrol (Hakem değerlendirme öncesi) Süreci: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne sunulan makale ilk olarak, Baş Editör tarafından dergi amaç ve kapsamına uygunluğu açısından gözden geçirilir. Gönderilen makale, derginin amaç ve kapsamına uymuyorsa en geç 15 gün içerisinde reddedilir ve yazara bilgi verilir. Amaç ve kapsamı uygun bulunan makale, yapılan hakem değerlendirmesi öncesi yazım kuralları, dil ve anlatım açısından ve çalışmanın planlanması açısından incelenir. Bu konularda eksiklikleri bulunan makalelerin yazar tarafından düzeltilmesi istenir. Değerlendirme sürecinde yazarlar editör ve hakemlerin görüş, öneri ve eleştirilerine cevap vermekle yükümlüdürler. Yazarlar, hakem görüşlerini dikkate alarak sorulan soruları cevaplamak, görüş ve önerileri değerlendirmek, eleştirilere karşı olumlu ya da olumsuz karşılık vererek bunlara dair kanıtlarını ayrıntılı bir mektupla editöre bildirmek zorundadır. Bu karşı mektupta akademik üslup kullanılmalı, kişisel tartışmalardan kaçınılmalıdır. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmesi istenen makalelerin düzeltilmiş kopyası geçerli bir neden olmaksızın 30 gün içerisinde tekrar editöre gönderilmediği takdirde editörün makaleyi reddetme hakkı vardır. Yeniden düzenleme sonrası, düzeltilmiş makale editör tarafından gerekirse yeniden hakem değerlendirmesine gönderilir veya editör tarafından doğrudan kabul veya reddedilir.

Hakem Değerlendirme Süreci: Makalelerin tüm bölüm içerikleri incelenip hakem değerlendirmesi için uygun bulunduğu makaleler hakem değerlendirmesine alınır. Ancak, herhangi bir nedenle hakem değerlendirmesine uygun bulunmayan makaleler, editörün değerlendirme raporuyla birlikte reddedilir. Yazara en geç 15 gün içerisinde bilgi verilir. Hakem değerlendirmesinde makaleler, editör tarafından içerik ve uzmanlık alanlarına göre dergi hakem havuzundan ve/veya havuz dışından olmak üzere, en az üç hakeme gönderilir. Makale hakemlerinin belirlenmesinde yukarıda açıklanan çıkar çatışması/çakışması hususlarına özen gösterilir. Hakemler değerlendirme süreciyle ilgili hiçbir kimseye bilgi ve belge paylaşmayacaklarını garanti etmek zorundadır. Hakem değerlendirme süreci için hakemlere verilen süre 30 gündür. Hakemler veya editörden gelen düzeltme önerilerinin yazarlar tarafından 30 gün içerisinde tamamlanması zorunludur. Hakemler makale için düzeltmelerini inceleyerek uygunluğuna karar verebilir veya gerekiyorsa birden çok defa düzeltme talep edebilir. Değerlendirme sonucu, hakemlerden gelen görüşler, editör tarafından en geç 15 gün içerisinde incelenir. İnceleme sonucunda, editör makaleye ilişkin nihai kararını vererek yazara iletir. Ret kararı verilen makaleler arşivlenir.

Makale Geri Çekme: Değerlendirme aşamasındaki makalesini geri çekme isteğinde bulunan yazar(lar), konuyu içeren ıslak imzalı dilekçeyi dergi e-mail adresi tjbdergi@gmail.com üzerinden yayın kuruluna iletirler. Yayın Kurulu, geri çekme dilekçesini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından dilekçesi onaylanmayan bir makalenin yazar(lar)ı, makalelerini başka bir dergiye gönderemezler. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörüyle işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır. Yazar(lar), bizzat kendilerine ait olmayan verileri kullanma hakkına sahip olduklarını, araştırma/analiz ile ilgili gerekli olabilecek izinleri gösteren belgelere sahip olmalıdır.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri dikkatle takip eder. *Türkiye Jeol. Bült.* Yayın Kurulu basım aşamasında, değerlendirme aşamasında veya yayınlanmış bir makale için telif hakkı ve intihal şüphesi oluşması durumunda, makaleyle ilgili bir soruşturma başlatır. Yapılan soruşturma sonucunda, makalede telif hakkı ve intihal şüphesi tespit edilmesi durumunda, Yayın Kurulu makaleyi detaylı açıklama yaparak değerlendirme aşamasından geri çekme işlemi yazar(lar)a en geç 15 gün içerisinde bildirir.

Gizlilik: *Türkiye Jeol. Bült.* sistemindeki tüm kişisel bilgiler bilimsel amaçlarla kullanılmakta olup, üçüncü taraflarla paylaşılmamaktadır.

Sorumluluk Reddi: Baş Editör ve Yayın Kurulu üyeleri, yazarların görüşlerinden ve yazı içeriğinden sorumlu değildir. Yazarlar, yazılarındaki etik özgünlük ve olası hatalardan sorumludur. Son okuma (düzeltme okuması) öncesi ve sayfa düzenleme aşamasında oluşabilecek tüm hatalardan yazarlar sorumludurlar. Son okuma sonrası meydana gelen hatalar dergi yetkililerinin sorumluluğundadır.



GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

AIM and SCOPE

The Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) is one of the oldest and best-known journals in Turkey, published since 1947. It is published by the Chamber of Geological Engineers (CGE) with three issues every year. The journal accepts articles about earth science topics apart from engineering geology. Primary topics include geology, tectonics, structural geology, geochronology, geochemistry, sedimentology, biostratigraphy, paleontology, mineralogy, magmatic and metamorphic petrology, mineral deposits, geophysics and geomorphology, in addition to environmental and urban geology along with economic geology. Articles are accepted in both Turkish and English at current scientific levels in relation to these topics. Articles include primarily Turkey and surroundings, eastern Mediterranean, Middle East, Balkans, Black Sea and Caspian Sea areas, along with ranked articles from all other critical regions of the world. Articles including results with high scientific level from research completed within this scope are published without any fee. The journal is open access. The target audience for the journal is all earth scientists interested in these topics and this scope. The journal includes mainly original research articles and lower numbers of reviews and publications with other scientific qualities. Selected sessions at the Geological Congress of Turkey and other national and international meetings may later be published as special issues after reviewed publication processes.

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 DergiPark at <http://dergipark.gov.tr/tjb>. 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.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

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

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

ANCKNOWLEDGEMENTS

ORCID

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
e-mail: a_ahmetoğlu@ankara.edu.tr
ORCID Number: 0000-0001-1458-0820

A. Hüsnu Hüsnuoğlu MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdlr Dairesi, 06520 Ankara
e-posta: husnu56@mta.gov.tr
ORCID Number: 0000-0001-1458-0830

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 keywords which reflect the entries the authors would like to see in an index. Keywords should be given in both Turkish and English. Keywords should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, keywords should not be provided.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

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.

CITATIONS and REFERENCES

Citation in the text

A. If the article has one author

Parenthetical citations: (Author, Year) e.g.: (Sönmez, 1996)

Narrative citations: Author (Year) e.g.: Sönmez (1996)

B. If the article has two authors

Parenthetical citations: (Author1 & Author2, Year) e.g.: (Merriman & Frey, 1999)

Narrative citations: Author1 and Author2 (Year) e.g.: Sönmez (1996)

C. If the article has more than two authors

Parenthetical citations: (Author1 et al., Year) e.g.: (Pettijohn et al., 1987)

Narrative citations: Author1 et al. (Year) e.g.: Pettijohn et al., (1987)

D. Citing Multiple Works

Paranthetical citations: (Merriman & Frey, 1999; Pettijohn et al., 1987; Sönmez, 1996)

Narrative citations: Merriman and Frey (1999), Pettijohn et al. (1987), Sönmez (1996)

E. If more than one publication of the same authors published in the same year is cited

In this case, letters such as a, b, c are given after the years of the articles in the References section. In the same way, these letters are used in the citations in the text.

In References:

Ahmetoğlu, A. & Hüsünüoğlu, H. (2022a). Article 1. *Full Name of Journal*, Vol.(No), pages. DOI number (if available)

Ahmetoğlu, A. & Hüsünüoğlu, H. (2022b). Article 2. *Full Name of Journal*, Vol.(No), pages. DOI number (if available)

Citations in the text:

Paranthetical citations: (Ahmetoğlu & Hüsünüoğlu, 2022a)

Narrative citations: Ahmetoğlu & Hüsünüoğlu (2022a)

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.

A. Journals

Bundan sonrasında bir değişiklik yok araya yukarıdakileri ekleyeceğiz

A.

A.1. Citing the periodicals:

Author(s), (Date). Title of paper. *Full Name of Journal*, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Special cases:

A.2.1. If the article was taken from an open (free) access website:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. If the article has an article number:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel–rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Proceedings and Abstracts:

Author(s), (Date). Title of paper. Name of Editor(s), *Title of Symposium or Congress*, (pages). Name of Publisher. DOI number & internet address (If available).

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. In H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Eds.), *72nd Geological Congress of Turkey The Proceedings and Abstracts Book*, (s.63-64). Chamber of Geological Engineers of Turkey Publications No: 140. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Books:

C.1. Citing of books:

Author(s), (Date). *Name of the Book*. Name of the Publisher. DOI number & internet address (if available).

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Citing of translated books:

Author(s), (Date). *Name of the Translated Book*. Name of the Publisher. (Original publishing date). DOI number & internet address (If available).

Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Translator: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Original publication date: 2001).

D. Chapter in book:

Author(s), (Date). Chapter Name. Name of Editors, *Name of Book* (Page numbers of the chapter). Name of Publisher.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Reports and Thesis:

E.1. Reports:

Author(s), (Date). *Title of report* (If any report no). Name of the Organization or Institution, (published or unpublished).

Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (unpublished).

E.2. Thesis:

Author, (Date). *Title of Thesis* [published or unpublished & PhD or Msc Thesis]. Name of the Institution or University.

Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Unpublished Msc Thesis]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Personal Communications:

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

G. Information Downloaded from the Internet

Name of the Organization, (Date). Web address, date of access to website.

KRDAE, (2020, 02, January). Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center, <http://www.gov.tr>.

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.

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 CO₃(2-) instead of Ca⁺⁺ and CO₃⁻⁻. 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 DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR IN-CHIEF

Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-mail: eyigitbas@comu.edu.tr

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors’ manuscripts are admitted to publication, authors should send revised final copies of their manuscripts to Editor through the DergiPark System. Manuscripts should be issued in *DOCX format. All images, should be issued in Corel Draw. Besides, the resolution of the figures should not be less than 300 dpi. Both drawing (CDR) and image (JPG) files must be submitted through the DergiPark System.

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.

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.

ETHICAL PRINCIPLES AND PUBLICATION POLICY

The publisher and users (chief editor, editors, field editors, authors, reviewers, readers, etc.) of the Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) must abide by the ethical rules and responsibilities determined by the Committee of Publication Ethics (COPE).

Journal Policy:

Open Access Policy: The *Geol. Bull. Turkey* is a peer-reviewed journal. It publishes in print and online in the electronic environment and has an open-access system. Journal issues are published three times per year in the months of January, April and August. Publication processes ensure sharing of information produced freely and objectively with the scientific method. The review process for articles applies a blind review system. All issues of the *Geol. Bull. Turkey* published since 1947 are archived as both print and electronic versions by the publishing organization, the Chamber of Geological Engineers (CGE), and as electronic versions by TUBITAK – DergiPark.

Price Policy: The publishing organization of the *Geol. Bull. Turkey* is the CGE. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* do not demand any fee or subscription costs for printed and electronic versions of the journal or any publishing costs or similar from authors.

Copyright Transfer: The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive written permission from authors to obtain the copyrights of articles that will be published. The relevant authors, as writer/owner in their own name and the name of other authors, transfer copyright of the article offered to the journal to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. It is mandatory to complete the **Copyright Transfer Form** and upload it to the journal system when submitting the manuscript. The responsible author must guarantee that this manuscript has not been published in similar form in other places, that the manuscript is original and that it will not be sent for publication elsewhere. All authors of the submitted manuscript must sign and transfer all rights and all copyright for the article to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive the right to use all or part of the relevant article in future works like lessons/lesson notes, reports and textbooks/printed books without any payment and to copy the relevant manuscript for their own use. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* reserve all rights apart from copyright, such as patent rights, except for commercial purposes.

Article submission: The authors of articles submitted for assessment by *Geol. Bull. Turkey* must first be members of DergiPark. The corresponding author must submit the study (original article, review, etc.) to *Geol. Bull. Turkey* through the DergiPark system.

Plagiarism Policy: In addition to the corresponding author submitting the article to the journal, they must upload a similarity report using “iThenticate Plagiarism Detection Software” or “Turnitin” or equivalent plagiarism program, along with the signed **Copyright Transfer Form** and the **Ethics Report Form** to the DergiPark system. The similarity index rate for articles must be below 20%, excluding the reference list.

Author Contribution Statement and Conflict / Conflict of Interest Statement: Each of the authors need to have made significant scientific contributions to each article, so every author is accepted as carrying equal ethical responsibility. All authors of an article are obliged to recall or make corrections in situations involving mistakes.

The authors must clearly state all types of conflict/conflict of interest in relation to topics such as other researchers studying similar topics and potential reviewers. In situations where no conflict/conflict of interest is considered to exist, this must be clearly stated.

Blind review: *Geol. Bull. Turkey* applies a blind review system with the aim of ensuring objective assessment of all scientific publications. In the stage of assigning reviewers for an article, care is taken that there is no conflict/conflict of interest between reviewers and author(s). With this aim, care is taken that between reviewers and author(s) a) there are no thesis advisor/student relationships, b) no common research or publications between author(s) and reviewers in the recent past (last 2 years), c) they are not employed in the same organization, d) they have not contributed to the manuscript submitted to the journal in terms of form or content, e) author(s) and reviewer have no disputes that were referred to judiciary or ethical committees, f) there is no kinship between reviewer and author(s), g) no publicly stated prejudice of the reviewer toward the author(s), h) no commercial relationship between reviewer and author(s), etc. In case of situations missed by the journal editors, the reviewers must warn the editors of such a situation. Additionally, reviewers are requested;

- To only assess articles that are within their field of expertise,
- To perform assessments unbiased, objectively and confidentially,
- To avoid bias in assessments due to reasons such as nationality, sex, religious beliefs, political leanings, commercial concerns, etc.,
- To provide opinions and recommendations within academic etiquette, with constructive and academic language, avoiding language which will create personal polemic,
- To avoid delaying assessments in a way which lengthens the publication process without reason.

Evaluation Process:

Preliminary Check (before reviewer assessment): Firstly, manuscripts submitted to *Geol. Bull. Turkey* are reviewed by the chief editor for suitability in terms of the aims and scope of the journal. If manuscripts do not abide by the aim and scope of the journal, they are rejected within 15 days maximum and information is sent to the author. Manuscripts which are suitable for the aim and scope are first investigated for spelling, language and expression and study plan before reviewer assessment. Authors of manuscripts which are inadequate in this regard will be requested to revise the manuscript. During assessment, authors are responsible for responding to the opinions, recommendations and criticisms of the editor and reviewers. The authors must respond to questions asked based on reviewer opinions, assess opinions and recommendations, and provide positive or negative responses to criticisms with evidence in a detailed letter to the editor. Academic etiquette must be used in the letter, personal discussions should be avoided. If a corrected copy of manuscripts with revision requested in line with reviewer opinions is not received without a valid reason within 30 days, the editor reserves the right to reject the manuscript when it is re-submitted. After revisions, the revised manuscript may be sent by the editor for reviewer assessment again or may be directly accepted or rejected by the editor.

Peer Review Process: Manuscripts found suitable for peer review after investigating the content of all sections will be sent to the reviewers. However, articles that are not suitable for peer review for any reason will be rejected with the editor's assessment report. Information will be given to the authors within 15 days. Manuscripts sent for reviewer assessment will be sent to at least three reviewers by the editor from within or outside the journal pool according to content and area of expertise. Care will be taken about elements within the scope of conflict/conflict of interest mentioned above when determining reviewers for manuscripts. Reviewers must guarantee that they will not share any information or documents related to the review process with anyone. The duration for the review process is 30 days. Revision recommendations from the reviewers or editor must be completed by the authors within 30 days. Reviewers will investigate corrections on the article and decide on suitability or if necessary, request more revisions. The review result and opinions of reviewers will be investigated by the editor within maximum 15 days. As a result of the investigation, the editor will communicate the final decision about the manuscript to the author. Rejected manuscripts will be archived.

Article Withdrawal: Author(s) who wish to withdraw their manuscript during assessment must communicate a memo related to the topic with wet signature to the publication board via the journal email address tjbdergi@gmail.com. The Publication Board will investigate the withdrawal request and respond within maximum 15 days. Author(s) of manuscripts with request denied by the Publication Board will not be able to send their manuscript to another journal. If the author(s) become aware of any mistakes or errors related to the study after publication, in the early submission or review stages, they are obliged to cooperate with the journal editor. The author(s) must have the right to use any data which does not belong to themselves and must have documents showing necessary permissions related to the research/analysis.

The editors carefully manage processes to ensure development of the journal and increase the quality of published studies. In situations with suspicions raised about copyright or plagiarism for any manuscript in the publication stage, review stage or as unpublished manuscripts, the Publication Board of *Geol. Bull. Turkey* will begin an investigation related to the manuscript. If the investigation identifies copyright and plagiarism suspicions related to the manuscript, the Publication Board will withdraw the manuscript in the review stage making a detailed explanation and report to the author(s) within 15 days.

Confidentiality: All personal information in the *Geol. Bull. Turkey* system is used for scientific purposes and will not be shared with third parties.

Disclaimer: The chief editor and Publication Board members are not responsible for the opinions of authors or manuscript content. The authors are responsible for the ethical originality and possible errors in their manuscripts. The authors are responsible for all errors before final reading (proofreading) and that may occur when formatting pages. Errors occurring after final proofreading are the responsibility of the journal authorities.

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ocak 2025 Cilt 68 Sayı 1
January 2025 Volume 68 Issue 1

- Doğukan Mert Özcan, Çağlar Özkaymak**
Yunak Fay Zonu'nun Aktif Tektoniği ve Kinematik Analizi, Afyon Akşehir Grabeni
Active Tectonics and Kinematic Analysis of Yunak Fault Zone, Afyon Akşehir Graben..... 1
- Fatih Köroğlu**
Paleobiyolojik Jeosit Kavramı: Doğu Karadeniz'in K/Pg Jeositlerinde Referans Bir Çalışma, KD Türkiye
Paleobiological Geosite Concept: A Reference Study of K/Pg Geosites in the Eastern Black Sea, NE Türkiye..... 33
- Güllü Deniz Doğan Külahcı, Elif Varol Muratçay, Abidin Temel**
Polatlı Bölgesinde Yüzeyleyen Paleojen Yaşlı Volkanik Kayaçlarda Gözlenen Analsimlerin Kökeni (Orta Anadolu, Ankara, Türkiye)
Origin of Analcimes Observed in Paleogene Volcanic Rocks Outcropping in Polatlı (Central Anatolia, Ankara, Turkey)..... 85
- Ahmet Demir, Sevinç Kapan**
Beyşehir Göl Havzası Çevresindeki Çökellerin Kuvaterner Stratigrafisi, Gastropoda Faunası ile Paleoklimi ve Paleokolojisi
Quaternary Stratigraphy, Gastropoda Fauna, Palaeoclimate and Palaeoecology of the sediments around Beyşehir Lake Basin 107
- Evrin Çoban**
Antik Dönem Karya Bölgesi (Muğla) Süstaşları
Gemstones of the the Caria Region (Muğla) in the Antient Period 129
- Özgür Karaoğlu**
Düzeltilme: Hasan Dağı Volkanı ve Çiftlik-Bozköy (Orta Anadolu)
Gömülü Kalderasını Besleyen Aktif Magma Odalarına İlişkin Isı Transferi Analizleri
Erratum: Heat Transfer Analysis of Active Magma Chambers Feeding The Hasan Dağı Volcano and The Çiftlik-Bozköy (Central Anatolia) Hidden Caldera..... 147

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

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

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenişehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb>

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: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjb>