

# TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Ağustos 2015 Cilt 58 Sayı 3  
*August 2015 Volume 58 Number 3*

ISSN 1016-9164



**TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

# TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Ağustos 2015 Cilt 58 Sayı 3  
August 2015 Volume 58 Number 3

ISBN 1016-9164

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

**Dilber ERDEM, Zafer ASLAN**

**Kalk-alkalen Şapçı (Balıkesir) Volkanitlerin Petrografisi ve Petrolojisi: Biga Yarımadası'nda (Kuzeybatı Türkiye) Çarpışma ile İlişkili Volkanizma**

*Petrography and Petrology of the Calc-alkaline Şapçı (Balıkesir) Volcanics: Volcanism Related to Collision in the Biga Peninsula (NW Turkey)..... 1*

**Erdem GÜNDOĞDU, Süha ÖZDEN, Talip GÜNGÖR**

**Simav (Kütahya) ve Yakın Civarının Geç Senozoyik Yaşlı Jeodinamik Evrimi**

*Petrography and Late Cenozoic Geodynamic Evolution of Simav (Kütahya) and Surroundings..... 23*

**Mehmet Serkan AKKİRAZ, Funda AKGÜN, Torsten UTESCHER,**

**Volker WILDE, Angela BRUCH, Volker MOSBRUGGER, Sariye Duygu ÜÇBAŞ-DURAK**

**Erken-Orta Miyosen Yaşlı Kömürlü Tortulların Paleoeolojisi: Uşak-Güre ve Soma Havzalarından Örnekler**

*Palaeoecology of the Early-Middle Miocene Coal-Bearing Sediments: Examples From the Uşak-Güre and Soma Basins ..... 39*

**Faruk AY, Ergün KASAKA**

**Düzağaç (Kozan-Adana) Bölgesindeki Bitümlü Şeyllerin Hümik Asit Özellikleri**

*Cenozoic Humic Acid Properties of Bituminous Shales in the Region of Düzağaç (Kozan-Adana)..... 61*

**Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:**

**GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM Veri Tabanlarında yer almaktadır.**

***Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:***

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM Database*

**TÜRKİYE JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
***Chamber of Geological Engineers of Turkey***





## Kalk-alkalen Şapçı (Balıkesir) Volkanitlerin Petrografisi ve Petrolojisi: Biga Yarımadası'nda (Kuzeybatı Türkiye) Çarpışma ile İlişkili Volkanizma

*Petrography and Petrology of the Calc-alkaline Şapçı (Balıkesir) Volcanics:  
Volcanism Related to Collision in the Biga Peninsula (NW Turkey)*

Dilber ERDEM<sup>1</sup>, Zafer ASLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Turgut Reis Mahallesi Haydarefendi cad. No:177, Adıyaman

<sup>2</sup>Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Çağış Yerleşkesi, 10145 Balıkesir (e-posta:zaslan@balikesir.edu.tr)

### ÖZ

Bu çalışmada Şapçı volkanitlerinin petrografik ve petrolojik özelliklerinin belirlenmesi ve kökeninin ortaya konulması amaçlanmıştır. Biga Yarımadası (Kuzeybatı Türkiye) tektonik olarak Sakarya Zonu'nda yer almakta olup, çarpışma magmatizmanın yaygın olduğu ve magmatik-tektonik olayların birlikte izlendiği önemli bir kuşaktır. Karmaşık bir jeolojiye sahip olan Biga Yarımadası'nda Paleozoyik'ten Pliyosen'e kadar yaş aralığında çeşitli metamorfik, tortul ve magmatik kayalar mevcuttur. Çalışma alanında en yaşlı birim Geç Kretase yaşlı Bornova Flişi'dir. Birimi tektonik olarak Geç Kretase yaşlı Yayla melanjı üzerlemektedir. Bu birimler Hallaçlar volkanitleri tarafından kesilmiştir. Hallaçlar volkanitleri ise Erken Miyosen yaşlı Şapçı volkanitleri tarafından kesilmiştir.

Şapçı volkanitleri, başlıca andezit ve piroklastiklerden ibaret olup, petrografik olarak mikrolitik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik ve yer yer de akma ve elek dokusu göstermektedir. Plajiyoklaz, amfibol, biyotit ve opak oksit ana mineralleri ile apatit ve zirkon gibi tali mineraller içermektedir. Petrokimyasal olarak orta-K'lu kalk-alkalen karakterde olup, N-MORB'a normalize iz element değişim diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (LILE) zenginleşme göstermektedir. Kondirite göre normalize edilmiş nadir toprak element desenlerinde, volkanik kayalar  $La_{CN}/Lu_{CN}=7.16-21.84$  oranlarıyla konkav bir dağılım sergilerler. Bu dağılımlar ve Harker diyagramlarında gözlenen ilişkiler, volkanitlerin gelişiminde amfibol ve plajiyoklas fraksiyonel kristallenmesinin etkin olduğuna işaret etmektedir. İncelenen Şapçı volkanitleri çarpışma sonrası oluşmuş olup, ana magma kaynağı zenginleşmiş mantodur.

**Anahtar Kelimeler:** jeokimya, kalk-alkalen kayalar, köken, tektonik ortam, zenginleşmiş manto

### ABSTRACT

*In this study, it is aimed to determine petrographical and petrological and sources characteristics of the Şapçı volcanics. The Biga Peninsula (NW Turkey) located in Sakarya Zone is an important belt where*

*collisional magmatism is common and magmatic-tectonic events are seen together. The geology of the Biga Peninsula is so complex that there are various metamorphic, sedimentary, and magmatic rocks from Palaeozoic to Pliocene. The oldest unit in the study area is Late Cretaceous aged Bornova Flysch. Late Cretaceous aged Yayla Melange overlies tectonically this unit. These units are cut by Hallaçlar volcanics. Hallaçlar volcanics are also cut by Early Miocene aged Şapçı volcanics.*

*The Şapçı volcanics are composed of andesite and pyroclastics with microlitic, microlitic porphyric, hyalomicroclitic, fluidal, and sieve textures. The volcanics contain mainly plagioclase, amphibole, biotite, and opaque oxides, and accessory apatite and zircon. Petrochemically, the Şapçı volcanics have medium-K, calc-alkaline in character, and show large ion lithophile elements (LILE) enrichment on N-MORB normalized spider diagrams. On chondrite-normalized rare earth element plots, the volcanic rocks show a concave upward shape with  $La_{CN}/Lu_{CN}=7.16-21.84$ . These patterns and Harker variation plots suggest that amphibole and plagioclase fractional crystallization were played a significant role in the evolution of the studied volcanics. The studied Şapçı volcanics represent post-collisional setting, and their parent magma has derived from enriched mantle.*

**Key words:** *Calc-alkaline rocks, enriched mantle, genesis, geochemistry, tectonic environment*

## GİRİŞ

Alp-Himalaya orojenik sisteminde önemli bir yere sahip olan Batı Anadolu; çarpışma magmatizmasının yaygın olduğu, kabuk-manto etkileşiminin gözlemlendiği ve magmatik-tektonik olayların birlikte izlendiği önemli bir kuşaktır (Aldanmaz ve diğ., 2000; Altunkaynak ve Genç, 2008). Türkiye tektonik olarak dört ana zona ayrılmıştır: Sakarya zonu, Torid-Anatolid bloğu, İntra-Pontid suture zonu ve Zagros suture zonu (Okay ve Tüysüz, 1999). Türkiye'nin kuzeybatısı, kuzeyde İntra-Pontid güneyde ise İzmir-Ankara-Erzincan suture zonu ile sınırlandırılmıştır (Şekil 1a). Bu suture zonunun kuzeyi Pontidler veya Sakarya Zonu olarak bilinmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1990). Bölgede genel jeolojik amaçlı pek çok çalışma mevcuttur (Bingöl, 1976; Şengör ve Yılmaz, 1981; Bingöl ve diğ., 1982; Yılmaz, 1990; Harris ve diğ., 1994; Okay ve diğ., 1996; Yılmaz ve diğ., 2001; Altunkaynak ve Genç, 2008). Neo-Tetis okyanus litosferi Sakarya Zonu'nun altına erken Kretase boyunca dalmaya başlamıştır (105 my Okay, 2008). Neo-Tetis Okyanusunun kapanması ile birlikte Sakarya ile Torid-Anatolid kıtalarının çarpışması Eosen'de gerçekleşmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Harris ve diğ., 1994; Okay ve Tüysüz, 1999; Okay

ve diğ., 2001). Çarpışma magmatizmanın ilk ürünü Orta Eosen yaşlı granitik plutonlar ile andezitik karakterli volkanik kayalar (Harris ve diğ., 1994; Genç ve Yılmaz, 1997; Delaloye ve Bingöl, 2000; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak ve Dilek, 2006; Okay ve Satır, 2006; Altunkaynak, 2007). Bu suture kayaları dışında Erken-Orta Miyosen'de büyük miktarlarda andezit, dasit, riolit ve asidik tüfler Biga Yarımadası'nda geniş alanlar kaplamıştır (Ercan ve diğ., 1995; Aldanmaz ve diğ., 2000). Bunu izleyen magmatik evrede ise Oligosen-Erken Miyosen yaşlı ve geniş alanlarda yayılım gösteren granitik plutonlar ve bunlarla ilişkili volkanik kayalar bulunmaktadır (Yılmaz, 1989; Yılmaz ve diğ., 1995; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; 1999; Genç, 1998; Özgenç ve İlbeyli, 2008; Akay, 2009). Karmaşık bir jeolojiye sahip olan Biga Yarımadası'nda Paleozoyik'ten Pliosen'e kadar yaş aralığında çeşitli metamorfik, tortul ve magmatik kayalar mevcuttur. Yöredeki en yaşlı birimi Paleozoyik yaşlı Kazdağ metamorfikleri ile bunları üstleyen Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı oluştururken en genç birimi ise Pliosen yaşlı çakıltaşı ve kumtaşından ibaret Bayramiç Formasyonu oluşturmaktadır (Krushensky, 1976; Duru ve diğ., 2004; Dönmez ve diğ., 2005).

Tersiyer magmatizması, Biga Yarımadası'nda (Kuzeybatı Anadolu) çok geniş yayılım sunmaktadır (Şekil 1b). Tersiyer döneminde Eosen ve Oligo-Miyosen olmak üzere iki dönemde yoğun bir magmatik etkinlik mevcut olup, granitik karakterli sokulum kayalar ve genellikle andezit ile dasit ve son ürün olarak da bazalttan oluşan volkanik kayalar yaygın olarak yüzeylenmektedir. Edincik ve Beyçayır volkanitleri olarak adlandırılan en yaşlı volkanik kayalar, temel kayalar üzerinde uyumsuzlukla yer alır. Andezitik, dasitik lav ve piroklastiklerden oluşan bu birimler Eosen yaşlıdır (Dönmez ve diğ., 2005). Üst Eosen'den itibaren dasitik tüf ve ignimbirit karakterli Dededağ volkanitleri etkin olmuştur (Dönmez ve diğ., 2005). Oligosen boyunca Biga Yarımadasında volkanik faaliyet devam etmiştir. Sırası ile asidik bileşimli Atikhisar, andezitik bileşimli Yeniköy, bazaltik bileşimli Saraycık, andezitik ve ignimbiritik özellikte Bağburun ve andezitik bileşimli Hallaçlar ile Şapçı volkaniti Biga Yarımadası'ndaki Oligosen volkanitlerini oluşturur (Dönmez ve diğ., 2005). Bölgede yayılım gösteren Şapçı volkaniti yer yer aşırı alterasyona uğramış olup, Alt Miyosene kadar etkinliğini sürdürmüştür. Bu alterasyonun nedeni de büyük olasılıkla bölgeye Oligosen–Alt Miyosen aralığında yerleşen ve Üst Oligosen-Alt Miyosen granitoidleri olarak adlandırılan sokulum kayalarıdır. Üst Miyosen yaşlı alkali karakterli Taştepe bazaltı ile bölgedeki volkanik etkinlik sona ermiştir. Tüm bu birimleri Bayramiç formasyonu olarak tanımlanan Pliyosen yaşlı akarsu ve gölsel çökeller uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Duru ve diğ., 2004).

Sakarya Zonu'nun batısında ve İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonu'nun hemen kuzeyinde yer alan Şapçı volkaniti yörede iki yerde yüzeyleme vermektedir (Şekil 1b). Birincisi Balya (Balıkesir) ile Şapçı (Balıkesir) köyü arasında olup yaklaşık 25 km uzunluğunda 10 km genişliğinde ve elips şeklindedir. İkincisi ise Balıkesir'in 10 km kuzey doğusundaki Ayvatlar ile Karacaören

köyleri arasında olup yaklaşık 10km uzunluğunda ve 2 km genişliğindedir (Şekil 2). Bu güne kadar Şapçı volkanitlerinden yapılan çalışmaların tümü Balya (Balıkesir) ile Şapçı köyü arasında yüzeyleme veren birinci kısımdan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiş olup Balıkesir'in kuzeydoğusundaki Ayvatlar-Karacaören köyleri arasında yüzeyleme veren alandan genel jeolojik araştırma dışında çalışma yapılmamıştır. Bu çalışma ile Ayvatlar-Karacaören köyleri arasında yüzeyleyen Şapçı volkanitinin genel jeolojisi ile ayrıntılı mineralojisi ve petrografisi ortaya çıkartılmıştır. Ayrıca jeokimyasal analizlerle birimin Batı Anadolu jeodinamik gelişimindeki konumu aydınlatılmaya çalışılmıştır.

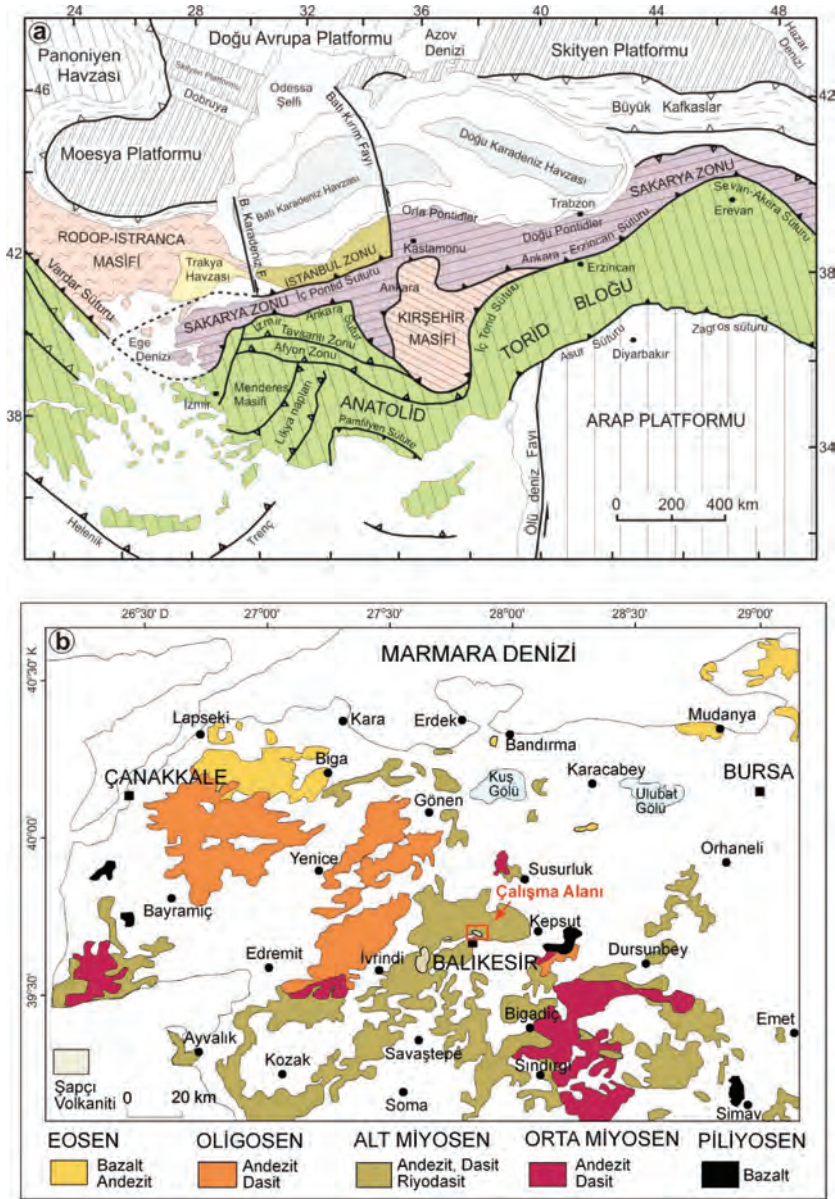
## **MATERYAL VE YÖNTEM**

İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası hazırlanmış ve araziden çok sayıda sistematik olarak örnek derlenmiştir. 40 adet volkanik ve 10 adet de yan kayaç olmak üzere toplam 50 adet örnekten ince kesit yaptırılmış ve Balıkesir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında bulunan Olympos CX31P marka polarizan mikroskopta incelenmiştir. Petrografik incelemeler sonucunda uygun olan 10 adet örneğin ana, iz ve nadir toprak element analizleri ACME Analytical Laboratories Ltd. Vancouver (Kanada)'da yaptırılmıştır. ICP (Inductively Coupled Plasma), nadir toprak elementleri ise ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) yöntemiyle analiz edilmiştir. Ana elementlerin analizinde SO-18/CSC, iz element analizinde SO-18 standartları kullanılmıştır. Ana ve iz element analizleri için 0,2gr toz örnek 1,5gr LiBO<sub>2</sub> ile karıştırılarak % 5 HNO<sub>3</sub>, nadir toprak element analizleri ise 0.250 gr toz örneğin dört farklı asit içinde çözündürülmüş çözeltilerden itibaren analiz edilmiştir. Ana elementler % ağırlık, iz ve nadir toprak elementler ppm olarak ölçülmüştür.

## STRATİGRAFİ

Sakarya zonu'nda bulunan Biga Yarımadası'nda egemen kayalar Paleozoyik yaşlı metamorfik ve Tersiyer yaşlı magmatik birimlerdir. Bölgede temel kayalar Paleozoyik yaşlı orta-yüksek

dereceli Kazdağ Masifi ile bunu üzerleyen Triyas yaşlı düşük-orta dereceli Karakaya Karmaşığı oluşturmaktadır (Duru ve diğ., 2004). Yaklaşık 80 km<sup>2</sup> lik inceleme alanında ise Paleozoyik yaşlı temel birimler gözlenmemekte olup en yaşlı birim Üst Kretase yaşlı Bornova Flişi'dir.



Şekil 1. a) Türkiye'nin tektonik bölümleri (Okay ve Tüysüz, 1999), b) Biga Yarımadası'nda volkanik kayalarının dağılımı (Pehlivan ve diğ., 2007'den değiştirilerek).

Figure 1. a) Tectonic unites of Turkey (Okay ve Tüysüz, 1999), b) The distribution of volcanic rocks in the Biga Peninsula (modified after Pehlivan ve diğ. 2007).

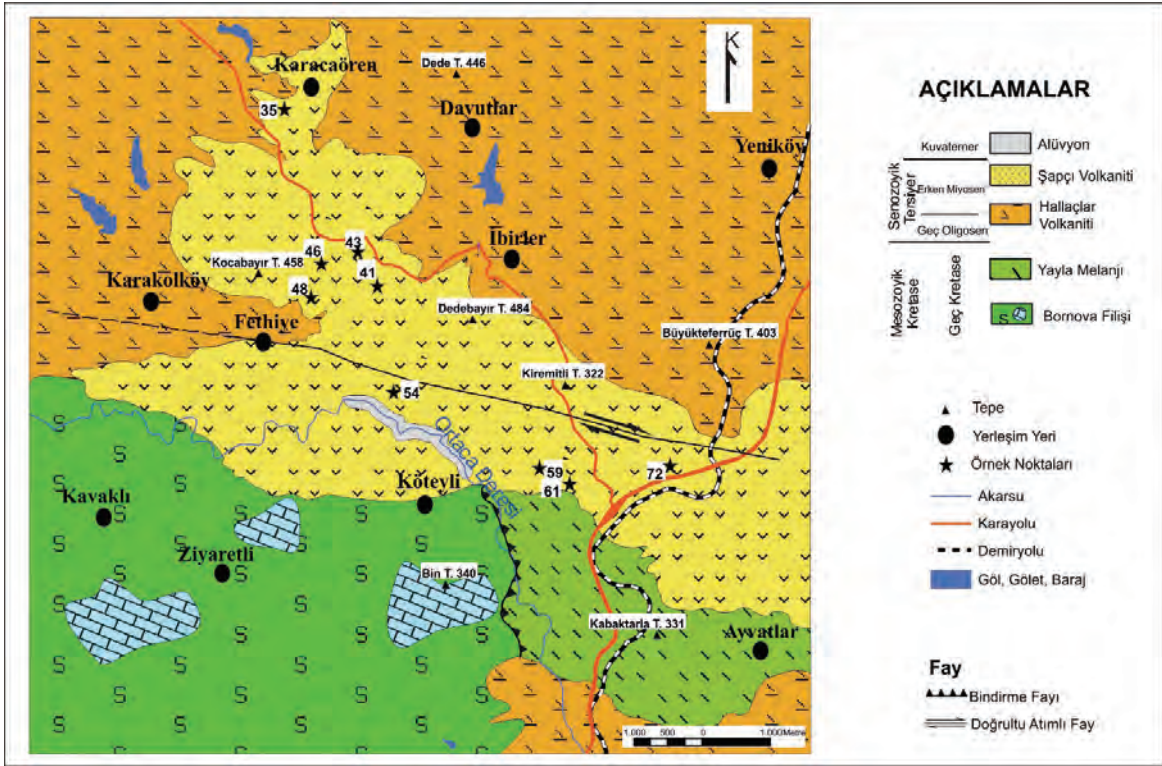
Çalışma alanının güney batısında yüzeyleyen birim ince-orta taneli kumtaşı ile gri renkli kıltaşı ardalanmasından oluşmakta olup spilitik bazalt ile kireçtaşı blokları içermektedir. Birimi tektonik olarak Üst Kretase yaşlı Yayla melanji üzerlemektedir (Pehlivan ve diğ., 2007). Ayvatlar köyü ve civarında gözlenen Yayla melanji değişik boyutlarda serpantin, spilitik bazalt, tuf, kıltaşı, metabazikler ve rekristalize kireçtaşı gibi kayaç bloklarının bulunduğu ofiyolitli melanjdan oluşmaktadır (Duru ve diğ., 2004; Pehlivan ve diğ., 2007). Limonitleşme, serpantinleşme, talklaşma ve oksitleşmenin yaygın olarak gözlemlendiği Yayla melanji genellikle yeşil, kahve-siyah, yeşilimsi mavi renkli olup, oldukça kırık ve çatlaklıdır. Bu birimler, andezit, bazaltik-andezitik ve piroklastiklerden oluşan Hallaçlar volkaniti tarafından kesilmiştir. İnceleme alanının kuzeyinde yüzeyleyen bu volkaniti çoğunlukla alterasyona uğramış olup sarı, açık kahverengi ve krem renklerindedir (Erdem 2015). Dönmez ve diğ., (2005) tarafından yapılan K-Ar analizinde bu birimin yaşı  $26.5 \pm 1.1$  my ile Üst Oligosen olarak saptanmıştır. Biga Yarımadası'nda (Kuzeybatı Anadolu) çok geniş bir yayılım gösteren Hallaçlar volkaniti, Erken Miyosen yaşlı Şapçı volkaniti tarafından kesilmiştir. Andezit ve trakiandezit karakterli lav ve piroklastiklerden oluşan birimin yaşı K-Ar analizi ile  $21.2 \pm 0.9$  my ile Erken Miyosen (Dönmez ve diğ., 2005), zirkon mineralinden yapılan SHRIMP U-Pb analizi ile de  $22.72 \pm 0.19$  ve  $22.97 \pm 0.23$  my ile Erken

Miyosen (Kaplan ve diğ., 2013) olarak tespit edilmiştir. İbirler köyü güneyindeki Dedeboyur tepe, Ayvatlar kuzeyindeki Çengeltaş tepe ve Karacaören köyünün güneydoğusundaki Bakacak tepe volkanizmanın belirgin çıkış noktalarını oluşturmaktadır (Şekil 2). Birim masif ve homojen bir görünüme sahip olup açık gri renkli bazen de pembemsi veya gülkurusu rengindedir. Lavdaki silis oranının yüksek olmasından dolayı sert ve kırıklıdır. Bu volkanitlere eşlik eden andezitik piroklastikler ise daha çok düzlüklerde yüzeyleme vermekte olup ayrılmaya uğramışlardır. Çalışma alanındaki en genç birimi ise Kuvaterner alüvyonlar oluşturmaktadır.

## **ŞAPÇI VOLKANİTİ'NİN LİTOLOJİSİ VE PETROGRAFİSİ**

Şapçı volkaniti andezitik lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Andezitler çalışma alanının güney doğusunda Çengeltaş tepe civarında, kuzey batısında Dedeboyur tepe, kuzeyinde Bakacak tepe ve Kiremitli tepede yüzeylenmektedir. Bunlar, masif ve homojen bir özelliğe sahip olup açık gri, bazen de pembemsi veya gülkurusu rengindedir. Kayaçtaki silis oranının fazla olmasından dolayı sert olan andezitlerde bol miktarda çatlak ve kırık mevcuttur. Bazı yerlerde andezitik breş de tespit edilmiştir. Plajiyoklaz, amfibol ve biyotit mineralleri gözle rahatlıkla ayırt edilebilmektedir (Erdem, 2015).





Şekil 2. Çalışma alanının jeolojik haritası (Erdem, 2015'den).

Figure 2. Geological map of the study area (modified after Erdem, 2015).

Şapçı volkanitlerine ait lav ve tüflerden alınan örneklerin ince kesitleri polarizan mikroskopta incelenmiştir. Buna göre andezitler, genellikle mikrolitik, mikrolitik porfirik, hyalomikrolitik ve yer yer de akma ve elek dokusu göstermektedirler. Kayaçları oluşturan ana mineraller; plajiyoklaz, amfibol, biyotit ve opak oksit, tali mineral olarak apatit ve zirkon, ayrışma mineralleri olarak da serisit, kalsit, klorit ve kil bulunmaktadır.

Plajiyoklazlar öz ve yarı öz şekilli kristallerden oluşmaktadır. Kayaçta iri, hamurda ise mikrolitler halindedir. %An içerikleri 30-49 arasında olup cinsleri andezindir. Genellikle albit ikizi göstermelerine rağmen bazılarında da halkalı zonlu bir doku gözlenmektedir (Şekil 3a). Ayrıca bazı plajiyoklazlarda elek dokusuna rastlanılmaktadır (Şekil 3b). Plajiyoklazlar kırıklı

ve çatlaklı olup ayrışmaya uğramışlardır. Ayrışma sonucunda yer yer kil, kalsit ve serizitleşmeler meydana gelmiştir.

Biyotitler genellikle yarı öz şekilli, iri ve ufak taneli yapraklı kristallerden oluşmaktadır. Açık-koyu kahverengi, sarı ve kırmızı pleokroizma renkleri göstermektedir. Dilinim, kırık ve çatlaklar boyunca ayrışmalar gözlenmekte olup, kloritleşme ile beraber yer yer de opaklaşma ile temsil edilmektedir. Plajiyoklaz ve opak mineral kapanımları da içerir (Şekil 3c).

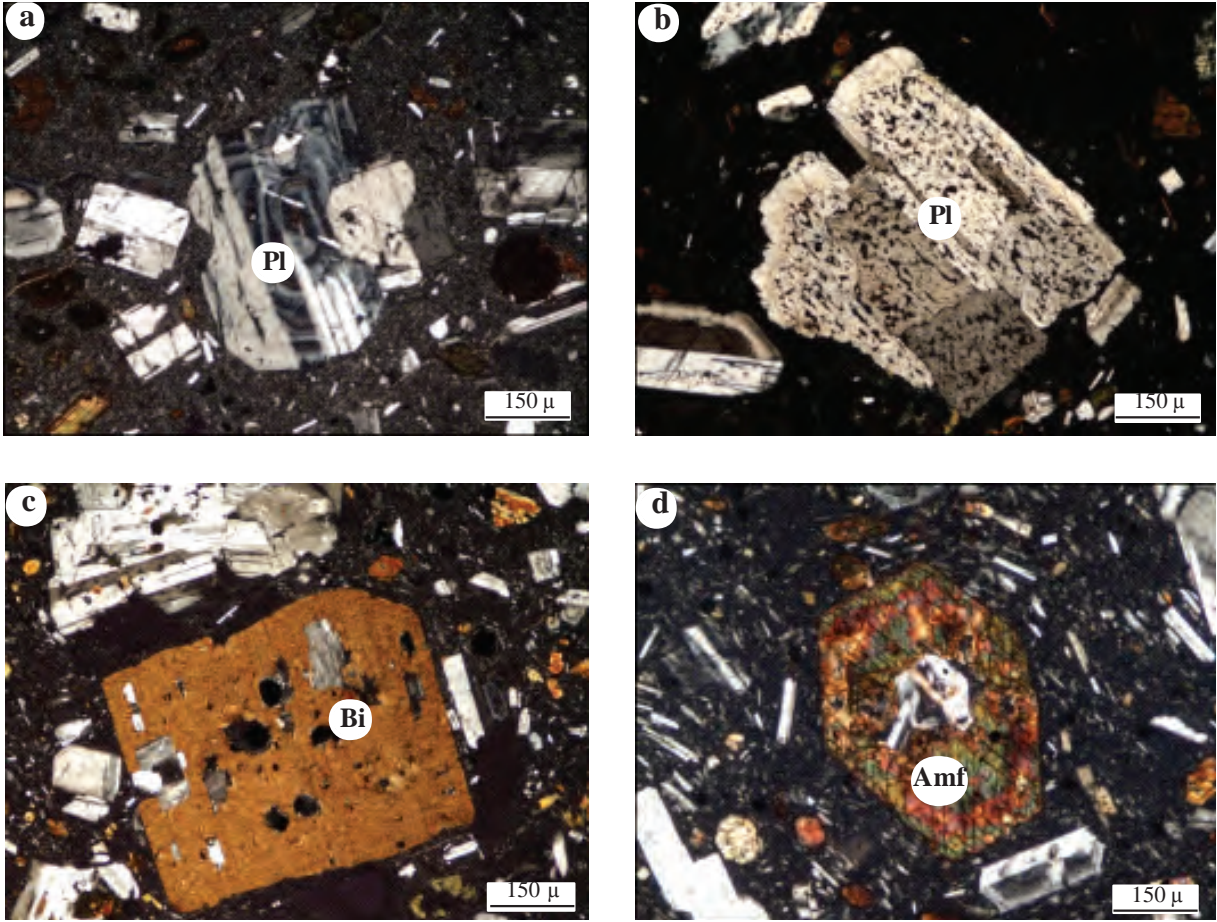
Amfibol iri ve küçük taneli, öz şekilli ve yarı öz şekilli, mükemmel dilinimli, yeşil, açık yeşil pleokroizma renkleri göstermektedir. Yer yer h'(100) ikizi sunan amfiboller hamur içerisinde homojen bir şekilde dağılmışlardır. Çatlak ve kırıklarında kloritleşme şeklinde ayrışmalar gözlenmektedir. Öz şekilli amfiboller bazen

plajiyoklaz veya opak mineral kapanımları da içermektedir (Şekil 3d). Bununla birlikte amfibol ile biyotit minerallerinin zaman zaman birlikte büyüdüğü de tespit edilmiştir. Ferromagnezyen minerallerin dağılımı dikkate alındığında, inceleme alanının kuzeyinde amfibol oranı fazla iken güneye doğru gidildikçe biyotit oranının daha fazla olduğu görülmektedir.

Opak oksit mineralleri kayaçta %1-3 arasında bulunmaktadır. Düzensiz geometrik şekillerde olup özellikle ferromagnezyen

minerallerin bulunduğu alanlarda yoğunlaşmışlardır.

Apatit ve zirkon tali mineral olarak bulunur. Apatit iğnecikler halinde plajiyoklaslarla beraber bulunurken zirkon çok küçük boyutlu olup çok az orandadır. Ayrışma mineralleri olarak da serisit, kalsit, klorit ve kil gözlenmektedir. Hamur plajiyoklas mikrolitleri ile çok küçük ferromagnezyen mineralleri ve camsı maddeden ibarettir.



Şekil 3. a) Halkalı zonlu plajiyoklas kristali, b) Elek dokusu sunan plajiyoklas, c) Biyotit mineralinde plajiyoklas ve opak mineral kapanımları, d) Öz şekilli amfibol minerali ile merkezinde bulunan plajiyoklaz minerali. Pl: Plajiyoklas, Bi: Biyotit, Amf: Amfibol.

Figure 3. a) Oscillatory zoning in plagioclase phenocryst, b) Sieve texture in plagioclase phenocryst, c) Plagioclase and opaque minerals inclusion in biotite minerals, d) Euhedral amphibole mineral with inclusion plagioclase mineral. Pl: Plagioclase, Bi: Biotite, Amf: Amphibole.

## JEOKİMYA

Çalışma alanındaki Şapçı volkanitlerine ait örneklerde ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır.

Şapçı volkanitlerine ait 10 adet örnekten yapılan ana ve iz element analiz sonuçları Çizelge 1’de, nadir toprak element analiz sonuçları ise Çizelge 2’ de verilmiştir (Erdem, 2015). Volkanitlerin SiO<sub>2</sub> değerleri % 60.09-66.51, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri % 14.64-16.38, MgO değerleri % 0.79-2.80, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri % 3.36-5.69, CaO değerleri % 3.13-5.47 ve K<sub>2</sub>O değerleri % 2.75-4.00 arasında olup değişkenlik alanları oldukça düşüktür. K<sub>2</sub>O/ Na<sub>2</sub>O oranı ise 0.81-1.12 arasında değişmektedir.

Volkanik kayaç örnekleri toplam alkali-silis diyagramında (Le Maitre ve diğ., 2002), andezit, trakiandezit, trakidasit ve dasit alanlarına düşmektedir (Şekil 4). Örnekler petrografik inceleme sonucunda andezit olarak adlandırılmasına rağmen, jeokimyasal olarak dasit ve trakidasit alanlarında gözlenmesi ortamdaki toplam silis artışından (silisleşme)

kaynaklanmaktadır. SiO<sub>2</sub>’ye karşı Zr/TiO<sub>2</sub> adlandırma diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977) örnekler andezit ve dasit alanında yer almaktadır (Şekil 5a). Zr/Ti’ye karşı Nb/Y diyagramında (Winchester ve Floyd, 1977) ise örnekler çoğunlukla trakiandezit ve andezit alanında bulunmaktadır (Şekil 5b).

AFM üçgen diyagramındaki (Irvine ve Baragar, 1971) yönsemeye göre volkanitlerin tümü kalkalkali alana düşmüştür (Şekil 6a). K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> diyagramında (Le Maitre ve diğ., 2002) ise örneklerin büyük bir kısmı orta-K kalk-alkalen seri alanına düşerken iki örnek ise düşük-K toleyitik seri alanında gözlemlenmiştir (Şekil 6b).

Şapçı volkanik kayaçlarında ana oksitlerin artan SiO<sub>2</sub>’ye göre değişimleri incelendiğinde dağılımların düzenli veya düzensiz olduğu görülmektedir. Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Sr, Rb, Y ve Nb’de hafif negatif yönseme mevcutken, K<sub>2</sub>O’da hafif bir pozitif eğilim gözlenmektedir. Ba, Sr, Th, La ve Zr gibi elementlerde ise düzensiz dağılım sunmaktadır (Şekil 7a ve 7b).

**Çizelge 1.** Şapçı volkanitlerine ait ana oksit (% ağırlık) ve iz element (ppm) analiz değerleri.

**Table 1.** Whole-rock major oxides (wt%), trace element (ppm) analyses of the Şapçı volcanic rocks

Örnek No	18	35	41	43	46	48	54	59	61	72
SiO <sub>2</sub>	65.31	65.88	66.15	60.72	65.18	66.51	60.09	62.53	66.45	60.64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.96	15.61	15.77	16.15	16.01	14.91	16.01	16.38	14.64	16.38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	4.25	4.29	3.52	5.18	3.69	3.36	5.63	5.08	4.84	5.69
MgO	1.76	0.85	0.99	2.37	1.17	1.4	2.8	1.91	0.79	2.21
CaO	4.68	3.13	4.05	5.06	4.49	4.34	5.47	4.56	4.05	5.19
Na <sub>2</sub> O	3.11	3.57	3.35	3.14	3.49	3.1	3.48	3.45	3.01	3.01
K <sub>2</sub> O	2.85	4.00	3.01	3.15	3.01	2.75	2.82	3.06	2.75	2.83
TiO <sub>2</sub>	0.49	0.47	0.54	0.6	0.59	0.53	0.65	0.52	0.52	0.60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.2	0.22	0.26	0.26	0.22	0.33	0.19	0.21	0.20
MnO	0.07	0.07	0.03	0.09	0.05	0.05	0.11	0.10	0.06	0.16
LOI	1.00	1.70	2.10	2.90	1.80	2.60	2.00	2.00	2.40	2.8
TPLM	99.72	99.72	99.72	99.66	99.71	99.72	99.68	99.73	99.73	99.72
Ba	1310	1300	1292	1491	1273	1266	1245	1153	1313	1179
Co	8.3	10.4	7.9	12.5	10.7	8.4	11.6	9.1	8.6	12.5
Cs	3.7	5.9	5.4	5.4	2.4	3.9	5	5.9	4.2	5
Ga	15.5	14.8	16.8	17.3	16.4	16.1	16.9	16.1	13.7	15.9

Hf	3.4	5.1	4.6	4.7	4.6	4.4	4.6	4.6	4.5	3.9
Nb	11.5	15.4	13.3	15.6	14.3	13.6	16.1	13.3	12.9	12.4
Rb	104.1	144.9	105.1	113.1	95.4	81.9	100.7	111.8	94.1	93.4
Sr	501.3	556	529	590.6	557.1	541.2	609.2	493.8	529	499
Ta	0.8	1.3	1	1	1	0.9	1	1	0.8	0.9
Th	19.3	32.3	18.8	19.8	19.4	18.1	19.2	20.3	17.1	17.2
U	3.9	7.9	6.5	5.8	5.4	5.7	5.9	6	3.9	4.8
V	87	71	117	97	93	88	104	86	62	106
Zr	121.9	173.8	152.4	175.7	166.3	153	170.9	151.7	147.8	148.5
Y	17.1	16	14.5	20.1	17.9	15.8	22.8	19.7	18.3	21
Mo	0.5	0.7	0.9	0.2	1	0.3	0.1	0.5	0.3	0.2
Cu	11.7	20.7	9.4	11.5	10.4	9.4	9.5	7.3	8.1	7.2
Pb	11.5	13	6.4	5	6.8	4.7	4.6	6.6	4.4	6.1
Zn	30	40	47	36	68	27	13	30	30	32
Ni	3.9	11.8	4.8	8.1	6.2	4.6	5.6	2.6	9	3.1
As	2	1.2	27.3	2.6	5.7	7	1.4	1.2	4.7	0.7
Mg#	72.67	78.64	80.36	68.10	79.33	75.61	66.14	70.48	83.68	70.14
MgO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.44	3.98	5.04	7.43	5.66	5.74	8.27	6.47	4.84	7.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *= Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> cinsinden toplam demir, LOI(loss on ignition)= ateşte kayıp, toplam uçucu içeriği										
Mg#=100xMg/(Mg+ Fe <sup>+2</sup> ), A/CNK= Mol Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /(CaO+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O), (A/CNK indeksi: Shand, 1943).										

**Çizelge 2.** Şapçı volkanitlerine ait nadir toprak element (ppm) analiz değerleri.

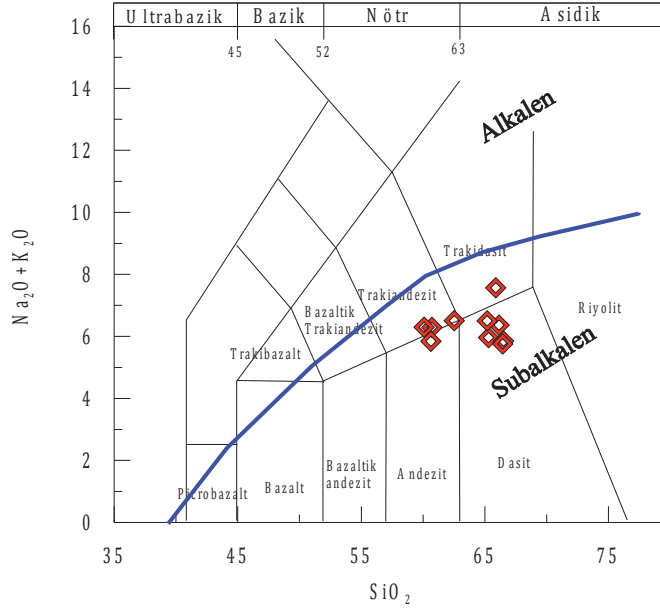
**Table 2.** Rare earth element (ppm) analyses of the Şapçı volcanic rocks.

Örnek No	18	35	41	43	46	48	54	59	61	72
La	37	48.9	14.7	41.9	44	37	43.7	37.7	36.1	35.6
Ce	68.2	83.5	75.5	79	81.7	68	80.7	71.2	66.4	67.3
Pr	7.01	8.92	7.7	8.39	8.54	7.21	8.69	7.44	7.14	7.04
Nd	26.1	32.4	28.1	32.2	31.2	25.7	31.6	27.7	27.1	27.6
Sm	4.13	4.96	4.35	5.29	4.93	4.23	5.25	4.57	4.4	4.62
Eu	1.09	1.17	1.1	1.27	1.22	1.07	1.3	1.14	1.07	1.16
Gd	3.18	3.38	3.1	3.92	3.74	3.24	4.24	3.5	3.39	3.68
Tb	0.35	0.55	0.48	0.64	0.6	0.53	0.69	0.6	0.56	0.61
Dy	2.9	2.8	2.57	3.41	3.45	2.81	3.57	3.2	3.27	3.29
Ho	0.57	0.52	0.49	0.66	0.59	0.51	0.71	0.64	0.59	0.65
Er	1.74	1.42	1.42	2.04	1.69	1.52	2.05	2.01	1.76	1.99
Tm	0.27	0.23	0.22	0.31	0.26	0.23	0.33	0.29	0.28	0.29
Yb	1.75	1.65	1.5	2.04	1.64	1.52	2.26	1.95	1.86	2.07
Lu	0.26	0.24	0.22	0.3	0.24	0.22	0.32	0.31	0.27	0.31
(La/Lu) <sub>N</sub>	15.25	21.84	7.16	14.97	19.65	18.02	14.64	13.03	14.33	12.31
(La/Sm) <sub>N</sub>	5.78	6.36	2.18	5.11	5.76	5.65	5.37	5.33	5.30	4.97
(Gd/Lu) <sub>N</sub>	1.52	1.74	1.75	1.62	1.93	1.82	1.64	1.40	1.56	1.47
(Sm+Gd) <sub>N</sub>	42.51	48.91	43.55	53.70	50.47	43.45	55.00	46.94	45.29	48.15
(Eu) <sub>N</sub>	18.79	20.17	18.97	21.90	21.03	18.45	22.41	19.66	18.45	20.00
Eu*	21.25	24.45	21.78	26.85	25.23	21.73	27.50	23.47	22.65	24.07
Eu	0.88	0.82	0.87	0.82	0.83	0.85	0.82	0.84	0.81	0.74
Eu* = (Sm + Gd) <sub>N/2</sub> , Eu=(Eu) <sub>N</sub> /Eu*.										

## TARTIŞMALAR

Bu çalışmada elde edilen petrografik ve jeokimyasal veriler değerlendirilmiş ve bunlardan

yararlanılarak volkanitlerin jeokimyasal özellikleri ile jeodinamik gelişimi ortaya konmaya çalışılarak aşağıda tartışılmıştır.



Şekil 4. Şapçı volkanitlerinin  $\text{SiO}_2$ 'e karşı  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  diyagramı (Le Maitre ve diğ., 2002).

Figure 4.  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  diagram of the Şapçı volcanics (after Le Maitre et al., 2002).

### Fraksiyonel Kristallenme

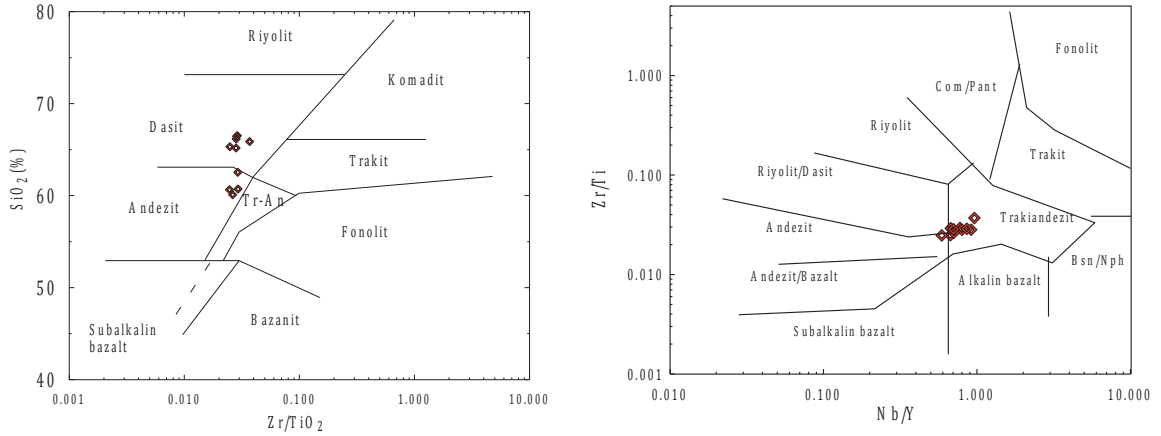
$\text{SiO}_2$ 'ye karşı ana ve iz elementlerdeki negatif veya pozitif eğilim (Şekil 7a ve 7b) magma odasında ve çıkış yolunda gerçekleşen kristal fraksiyonlaşması gibi bir magmatik olayın varlığını işaret eder.  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  diyagramındaki değişimler özellikle plajiyoklasların kristallenmesinde etkili olmuştur.  $\text{MgO}$  ve  $\text{SiO}_2$  arasındaki ilişki mafik mineral fazının özellikle hornblendin ayrışmasına,  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'ün değişim diyagramı ise Fe-Ti oksitlerin ve hornblendin kristalleşmesinde etkili olabileceklerine işaret etmektedir. Uyumsuz elementlerden Rb'un değişimi hornblend, Sr'un değişimi ise plajiyoklasın kristallenmesi ile ilişkili olabilir. Benzer şekilde Y, hornblendin kristalleşmesi ile ilişkilendirilebilir. Bu bakımdan volkanitlerin gelişiminde plajiyoklas ve hornblend

ayrışmasının etkili olduğu belirtilebilir (Gill, 1981; Thirlwall ve diğ., 1994). Aynı şekilde  $\text{P}_2\text{O}_5$  ve  $\text{TiO}_2$ 'nin  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı azalması sırasıyla, apatit ve titanomanyetit kristallenmesi ile ilişkilidir (Şekil 7b).

Kalk-alkalen kayaç gruplarında  $\text{CaO}$ 'e karşı Y diyagramında standart kalk-alkalen yönsemesine göre Y içeriğindeki tüketilme ve zenginleştirmeyi esas alarak, L ve J tipi yönsemeler tanımlanmıştır (Lambert ve Holland, 1974). Bu yönsemelerden L tipi olanlar klinopiroksen ve plajiyoklas denetimli ayrışma ya da kaynak kayada tutulmasına, J tipi olanlarda hornblend ( $\pm$ granat) ve apatit kontrollü ayrışma ya da kaynak kayada tutulmasına işaret etmektedir. Çalışma alanındaki Şapçı volkanitleri standart kalk-alkalen yönsemesine göre Y'ce tüketilmiş olup J tipi bir yönseme sunmaktadır (Şekil 8a).

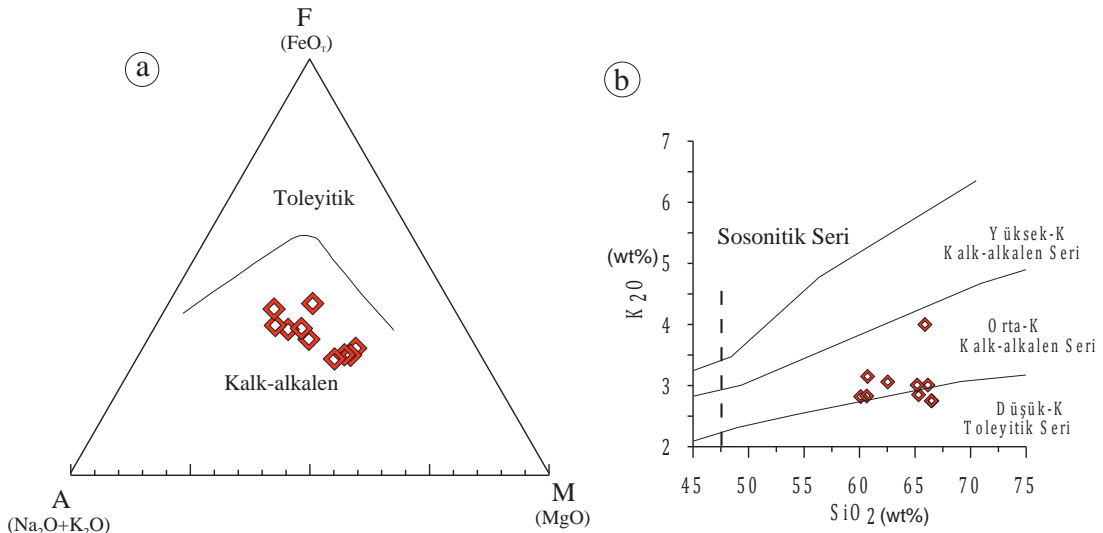
Bu yönseme volkanitlerin gelişiminde hornblend denetimli bir ayırılma varlığını ortaya koymaktadır.  $Al_2O_3$ - $CaO/Na_2O$  diyagramında Şapçı volkanitleri genellikle klinopiroksen ve plajiyoklas kristallenmesini gösteren alanda bulunmaktadır. (Şekil 8b). Aynı şekilde Zr-

$SiO_2$  ve Zr-La diyagramlarına Şapçı volkanitleri düşürüldüğünde eğimli bir yönseme gösterdikleri ve bunun da magmanın kristallenmesinin mineral ayırılması yoluyla meydana geldiğini ifade etmektedir (Şekil 8c ve 8d).



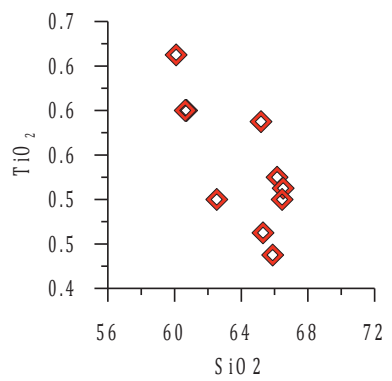
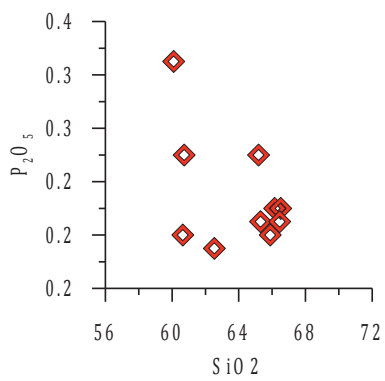
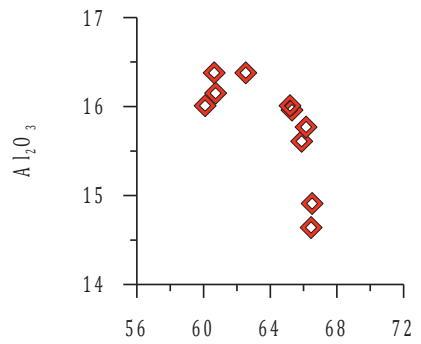
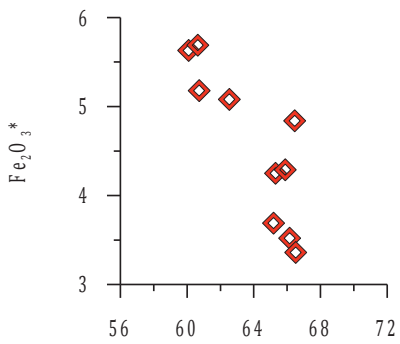
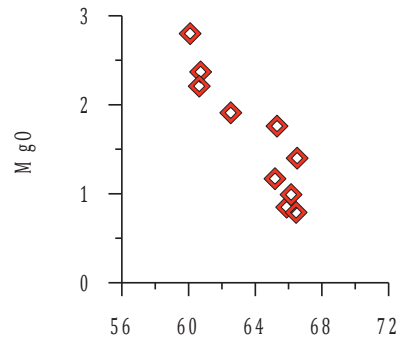
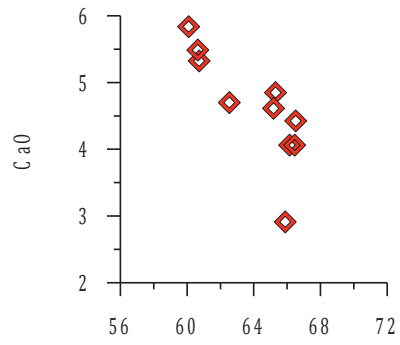
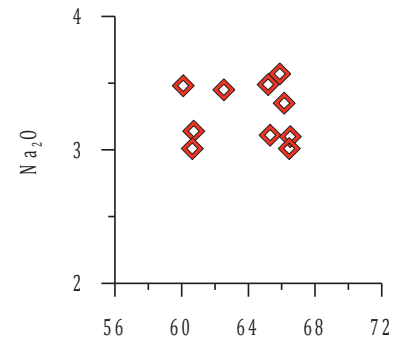
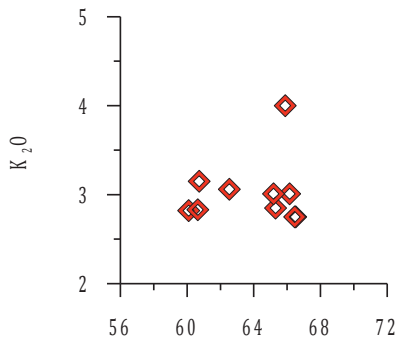
Şekil 5. a) Şapçı volkanitlerinin  $SiO_2$ 'e karşı Zr/TiO<sub>2</sub> adlandırma diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977), b) Şapçı volkanitlerinin Zr/Ti'e karşı Nb/Y adlandırma diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977).

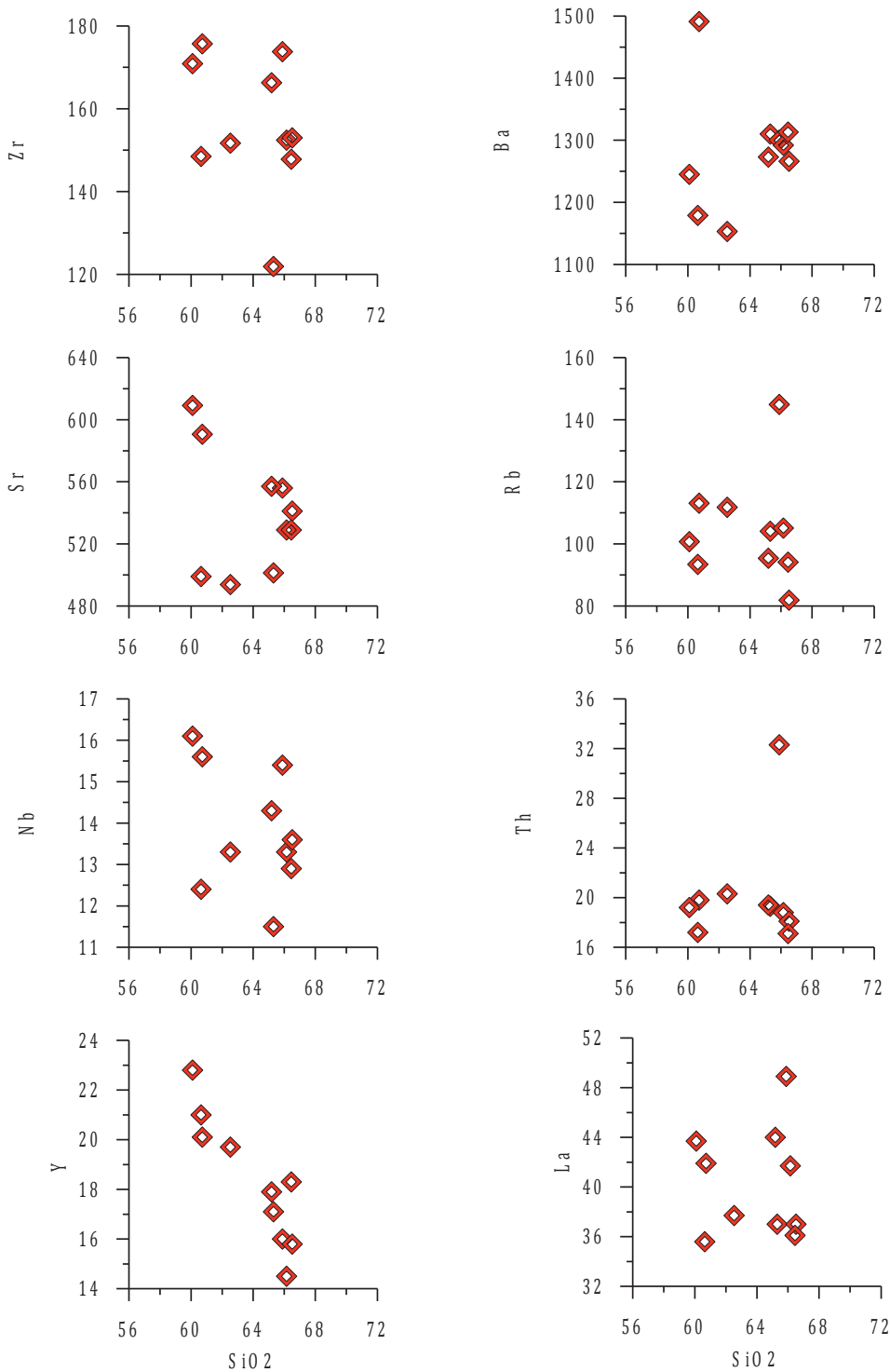
Figure 5. a)  $SiO_2$  vs. Zr/TiO<sub>2</sub> diagram (after Winchester and Floyd, 1977), b) Zr/Ti vs. Nb/Y diagram of the Şapçı volcanics (after Winchester and Floyd, 1977).



Şekil 6. a) Şapçı volkanitlerinin AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971), b) Şapçı volkanitlerinin  $SiO_2$ 'e karşılık  $K_2O$  diyagramı (Le Maitre ve diğ., 2002).

Figure 6. a) AFM triangular diagram (after Irvine and Baragar, 1971), b)  $SiO_2$  vs.  $K_2O$  diagram of the Şapçı volcanics (after Le Maitre et al., 2002).

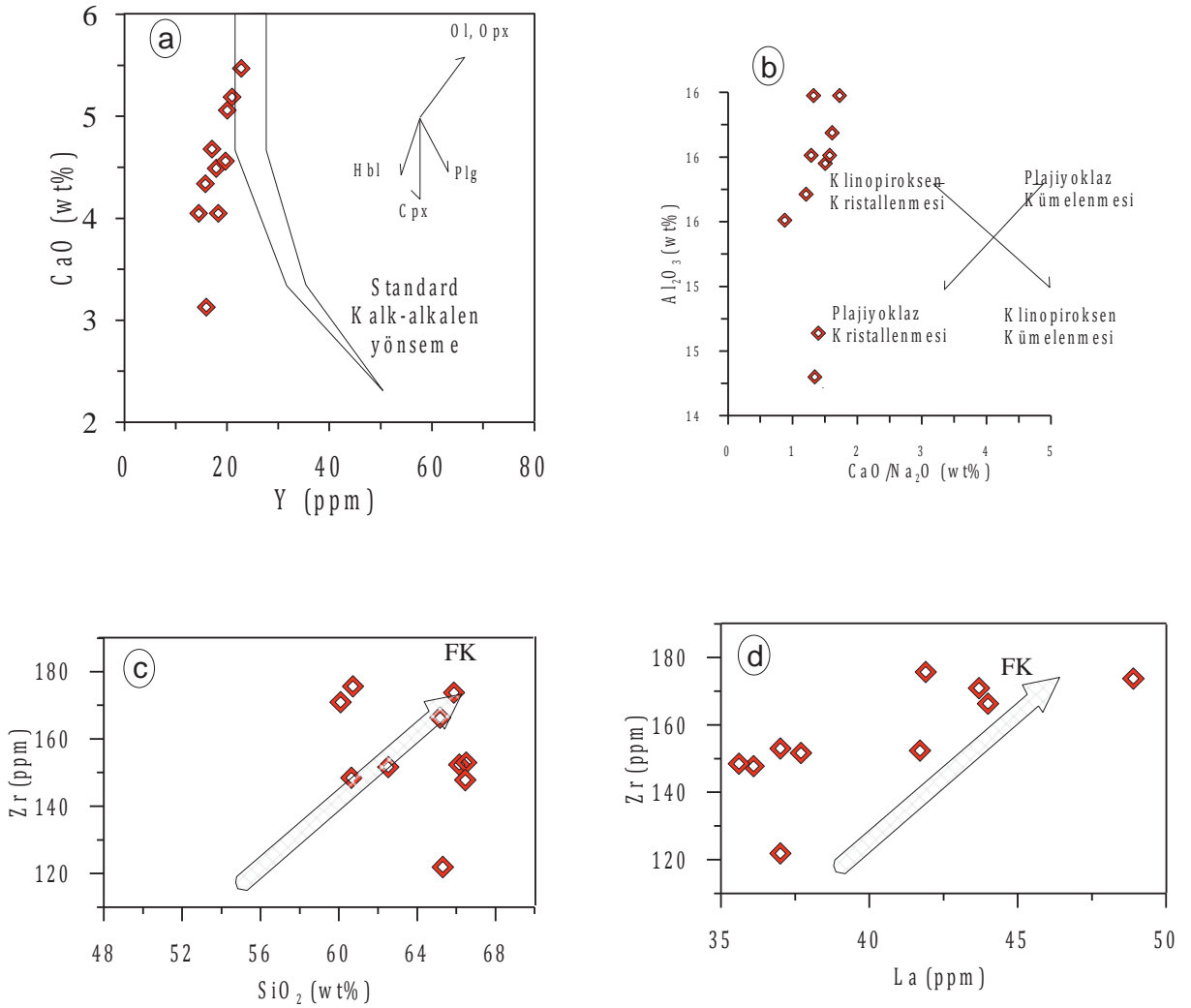




Şekil 7. a) Şapçı volkanitlerinin SiO<sub>2</sub>'ye (% ağırlık) karşılık ana element oksit (% ağırlık) değişim diyagramları, b) Şapçı volkanitlerinin SiO<sub>2</sub>'ye (% ağırlık) karşılık iz element (ppm) değişim diyagramları.

Figure 7. a) SiO<sub>2</sub> (wt%) vs. major oxide (wt%) variation plots, b) SiO<sub>2</sub> (wt%) vs. trace element (ppm) variation plots of the Şapçı volcanics.





**Şekil 8.** Şapçı volkanitlerinin değişim diyagramları, a) CaO'e (% ağırlık) karşı Y (ppm) diyagramı (Lambert ve Holland, 1974), b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'e (% ağırlık) karşılık CaO/Na<sub>2</sub>O (% ağırlık) diyagramı, c) SiO<sub>2</sub>'e (% ağırlık) karşı Zr (ppm) diyagramı, d) La'ya (ppm) karşı Zr (ppm) diyagramı. FK: Fraksiyonel Kristallenme yönü.

**Figure 8.** Variation diagrams of the Şapçı volcanics, a) CaO (wt%) vs. Y (ppm) diagram (after Lambert and Holland, 1974), b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (wt%) vs. CaO/Na<sub>2</sub>O (wt%) diagram, c) SiO<sub>2</sub> (wt%) vs. Zr (ppm) diagram, d) La (ppm) vs. Zr (ppm) diagram. FK: Fractional Crystallization direction.

### Köken ve Tektonik Ortam

N-MORB'a (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramında (Şekil 9a) örneklerin büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (LILE; Rb, Ba, Th gibi) zenginleşmiş, yüksek çekim alanlı elementlerce (HFSE) fakirleşmiş oldukları

görülmektedir. Örneklerin LILE ve düşük nadir toprak elementlerce (LREE) zenginleşmesi ve negatif Nb, Ta anomalileri sunması dalma-batma ortamını ve/veya kabuk kirlenmesini işaret etmektedir (Pearce 1983; Pearce ve Peate 1995; Baier ve diğ., 2008). Dağılımlarda belirgin Nb anomalisi bulunmaktadır. Bu anomalide apatit, Fe-Ti

oksit gibi minerallerin ayrılaşmasını işaret eder. Özellikle Th gibi elementlerdeki zenginleşme kabuk etkisini yansıtmaktadır.

Örneklerin Kondrit'e göre (Sun ve McDonough, 1989) normleştirilmiş nadir toprak element dağılımlarında genel olarak örneklerin eğilimleri birbirine paralel ve hafif nadir toprak elementlerce zenginleşmiş, ağır nadir toprak elementlerce de daha az zenginleşmiştir. Örneklerde  $(La/Lu)_N$  değerleri 7,16-21,84,  $(La/Sm)_N$  değerleri 2,18-6,36 ve  $(Gd/Lu)_N$  değerleri 1,40-1,93 arasında değişmektedir (Tablo 5.2). Şapçı volkanitlerindeki  $(La/Lu)_N=7,16-21,84$  değerleri ile orta derecede zenginleşmiş, kaşık şekilli bir dağılım sunmaktadır. Kondrit'e göre hafif nadir toprak elementler yaklaşık 10 kat zenginleşmiştir. Örneklerde gözlenen konkav biçimli nadir toprak element dağılımları hornblend ve plajiyoklas mineral ayrılaşmasına işaret etmektedir (Thompson ve diğ., 1984; Thirlwall ve diğ., 1994). Ba/La oranları 26,58-36,37 arasındadır ve tipik ada yayı bazaltlarına yakınlık göstermektedir. Eu çok hafif bir anomali göstermekte olup  $(Eu)_N$ : 0,74-0,88) bu durum plajiyoklas ve K-feldspat ayrılaşmasına işaret etmektedir. La/Nb, Ba/Nb, Ba/La, Nb/Th ve Sm/Nd oranları ada yayı kalk-alkalen bazaltlara benzerlik gösterirler (Thompson ve diğ., 1984; White ve Patchett, 1984; Sun ve McDonough, 1989; Bradshaw ve Smith, 1994; Smith ve diğ., 1999; Elburg ve diğ., 2002). Nadir toprak elementlerdeki LFSE elementlerinin HFSE elementlerine göre zenginleşme göstermesi ve  $(La/Lu)_N$  değerlerinin 7,16-21,84 arasında olması tipik kalk-alkalen volkanizmaya işaret etmektedir. Böyle bir gelişim genel olarak granat içermeyen litosferik bir kaynağa veya amfibol ve piroksenin tamamen erginmediği mantodaki kısmi ergimeye (Wilson, 1989; Wood ve Joron, 1979) işaret edebilir (Şekil 9b).

Şapçı volkanitleri tektonik ortam açısından FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramında (Pearce ve diğ., 1977) incelendiğinde örneklerin tümü ada yayı alanında olduğu görülmektedir

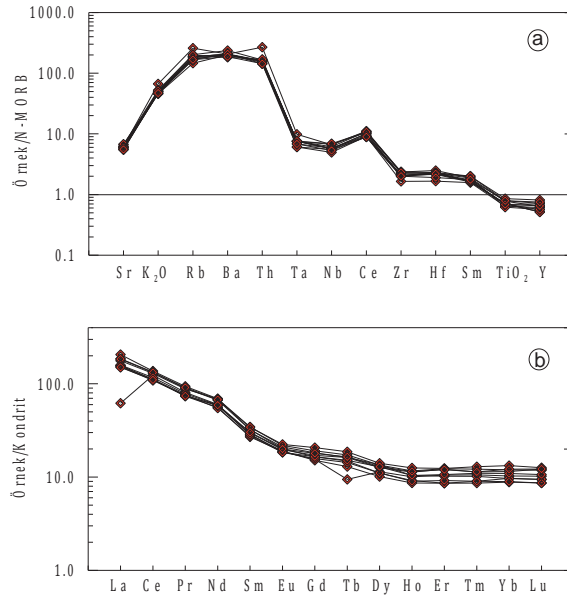
(Şekil 10a). Aynı şekilde Hf/3-Th-Ta elementlerine göre oluşturulan üçgen diyagramda (Wood, 1980) örnekler volkanik yay bazaltları karakterini taşımaktadır (Şekil 10b). Ti-Zr diyagramında (Pearce, 1982) ise Şapçı volkanitlerinin tümü volkanik yay alanı içinde gözlenmektedir (Şekil 11a). Th/Yb-Ta/Yb tektonik ayırtman diyagramında (Pearce ve diğ., (1990) volkanik kayalar aktif kıta kenarı ve zenginleşmiş manto kaynağını gösterir alanda bulunmaktadır (Şekil 11b). Ba/Nb-La/Nb diyagramında (Jahn ve diğ., 1999) örneklerin tümü volkanik yay alanına düşmektedir (Şekil 12). Aynı şekilde Nb/La-La/Yb diyagramında (Jahn ve diğ., 1999) ise örneklerimizin litosferik manto kökenli olduğu belirlenmiştir (Şekil 13).

Tersiyer'de gelişen magmatizmanın gelişim mekanizmasına yönelik değişik görüşler bulunmaktadır. Ercan ve Günay (1984) bölgedeki Tersiyer volkanizmasının dalma-batma ile geliştiğini ileri sürmektedir. Ercan (1979), Ercan ve Günay (1984) ve Ercan ve diğ., (1995) Batı Anadolu'daki magmatizma dalma-batma ile başlamış ve bunun ardından gelişen kıtasal çarpışma döneminde de devam etmiştir. Yılmaz (1989) ise tüm Batı Anadolu ölçeğinde volkanikler üzerinde yaptığı çalışmalarla genç volkanizmanın Geç Miyosen başına kadar devam eden, A tipi dalma-batma ile uyumlu güçlü bir tektonik etki ile geliştiğini öne sürmüştür. Biga Yarımadası'nda Oligosen-Orta Miyosen döneminde yaygın olarak gelişen magmatizmanın Sakarya Kıtası ile Torid-Anatolid kıtası arasında meydana gelen çarpışma sonrasında oluştuğunu belirtilmişlerdir. Altunkaynak ve Genç (2008) Biga Yarımadası'nda Tersiyer magmatizması Orta Eosen'de başlamış ve Geç Miyosen'e kadar devam ettiğini ve bu sürecin beş aşamada tamamlandığını ifade etmişlerdir. Dalma-batma ile gelişen ve litosferik mantodan türeyen magmatizma kalk-alkalen karakterinden alkalin karaktere doğru bir eğilim sunmuştur. Neo-Tetis okyanusunun Sakarya kıtasının altına dalmasıyla Biga Yarımadası'nda çok geniş

yayımla magmatik faaliyetler gelişmiştir (Yılmaz, 1989; 1990; Güleç, 1991; Şengör ve diğ., 1993; Harris ve diğ., 1994; Seyitoğlu ve Scott, 1996).

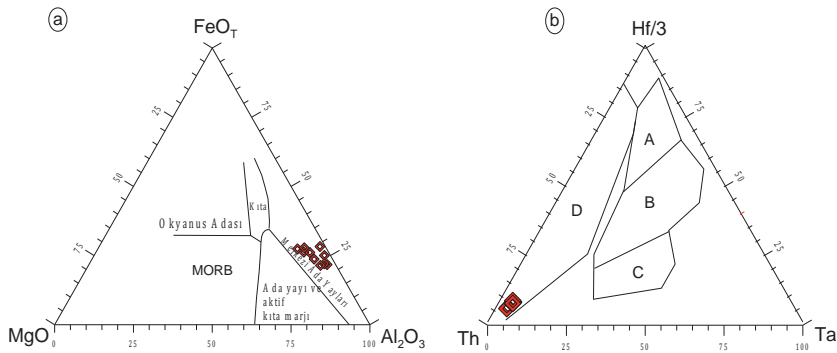
Neo-Tetis Okyanus kabuğunun Sakarya Kıtası'nın altına dalmasıyla başlayan süreç

ardından Neo-Tetis Okyanusunun kapanması ile birlikte Sakarya ve Torid-Anatolid kıtalarının çarpışması ile devam etmiştir. Jeokimyasal verilere göre, bu evrede tipik kalk-alkalen volkanik yay bazaltları karakterli ve litosferik mantodan türeyen Şapçı volkanitleri oluşmuştur.



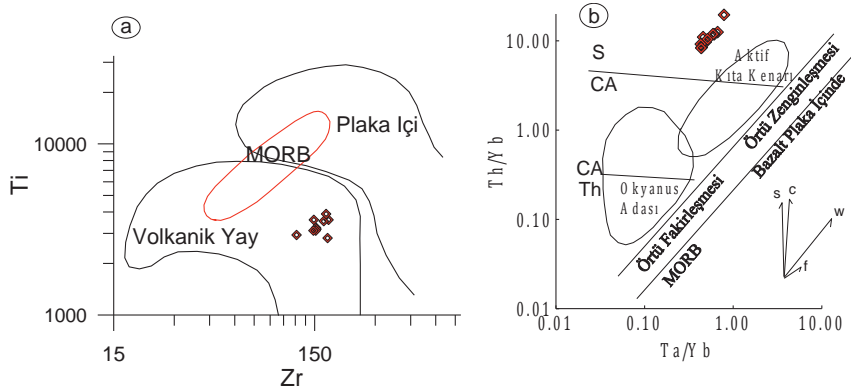
**Şekil 9.** a) Şapçı volkanitlerinin N-tipi MORB'a (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları, b) Şapçı volkanitlerinin Kondritite göre (Sun ve McDonough, 1989) normalize edilmiş nadir toprak elementleri dağılım diyagramları.

**Figure 9.** a) N-MORB (after Sun and McDonough, 1989) normalized trace element diagram, b) Chondrite (after Sun and McDonough, 1989) normalized rare earth element patterns of the Şapçı volcanics.



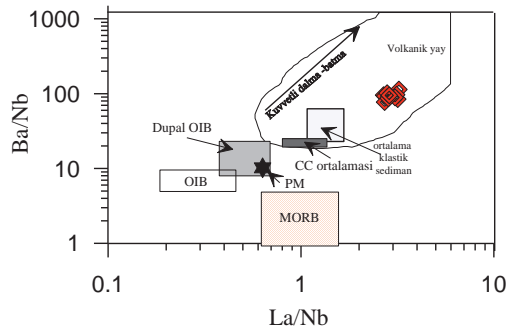
**Şekil 10.** a) Şapçı volkanitlerinin FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçgen diyagramında gösterimi (Pearce ve diğ., 1977), b) Şapçı volkanitlerinin Hf/3-Th-Ta üçgen diyagramında gösterimi (Wood, 1980), A: N tipi MORB, B: E tipi MORB, C: Plaka içi alkalin bazaltları, D: Volkanik yay bazaltları.

**Figure 10.** a) FeO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> triangular diagram (after Pearce et al., 1977) of the Şapçı volcanics., b) Hf/3-Th-Ta triangular diagram (after Wood, 1980) of the Şapçı volcanics.



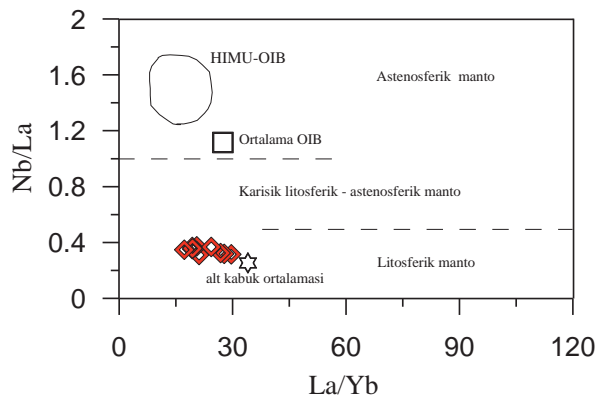
Şekil 11. a) Şapçı volkanitlerinin Ti-Zr tektonik diyagramı (Pearce, 1982), b) Şapçı volkanitlerine ait Th/Yb-Ta/Yb tektonik ayırtman diyagramı (Pearce ve diğ., 1990).

Figure 11. a) Ti-Zr tectonic diagram (after Pearce, 1982) of the Şapçı volcanics, b) Th/Yb vs. Ta/Yb tectonic discrimination diagram (after Pearce et al., 1990) of the Şapçı volcanics.



Şekil 12. Şapçı volkanitlerine ait Ba/Nb-La/Nb 'a göre diyagramı (Jahn ve diğ., 1999). Üst Kabuk Bileşimi Taylor ve McLennan, 1985.

Figure 12. Ba/Nb vs. La/Nb diagram (Jahn et al., 1999) of the Şapçı volcanics. Upper crust composition Taylor and McLennan, 1985.



Şekil 13. Şapçı volkanitlerine ait Nb/La-La/Yb diyagramı (Jahn ve diğ., 1999).

Figure 13. Nb/La vs. La/Yb diagram (after Jahn et al., 1999) of the Şapçı volcanics

## SONUÇLAR

Bu çalışmada Balıkesir'in 10 km kuzeyinde yüzeyleme veren Şapçı volkanitlerinin ayrıntılı petrografisi ortaya konulmuş ve söz konusu kayaların jeokimyasal özellikleri, kristallenmeleri, kökeni ve oluştukları tektonik ortam açıklanmaya çalışılmıştır. Elde edilen verilere göre;

- 1) Volkanik kayalar andezit ve piroklastları şeklinde olup silis içerikleri son derece yüksektir.
- 2) Volkanitler orta-K kalk-alkalen seri özelliğindedir. N-MORB'a göre normalize iz element değişim diyagramında büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerce (LILE) zenginleşmiş, HFSE'ce fakirleşmiş oldukları görülmektedir ki bu da dalma-batma ile ilişkilidir.
- 3) Ana, iz ve nadir toprak element diyagramları dikkate alındığında Şapçı volkanitlerinin mineral ayrışma yolu ile oluştuğu ve bu oluşumda hornblend, ve plajiyoklasın rol oynadığı belirlenmiştir.
- 4) Şapçı volkanitleri kalk-alkalen karakterli olup volkanik yay özelliği sunmaktadır.
- 5) Şapçı volkanitleri çarpışma sonrası oluşmuş olup, ana magma kaynağı zenginleşmiş mantodur.

## KATKI BELİRLEME

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi (Proje No:2010/12) tarafından desteklenmiştir. Yapıcı eleştirilerinden dolayı hakem Hüseyin YALÇIN'a çok teşekkür ederim. Bu çalışma Dilber ERDEM'in Yüksek Lisans Tez çalışmasını oluşturmaktadır.

## EXTENDED SUMMARY

*Tertiary volcanic rocks are widespread in the Biga Peninsula of western Anatolian region (NW Turkey), and related to a collision tectonics in*

*origin. One of them, the Şapçı volcanics crop out in the northwest of Balıkesir. In this study, petrographical and petrochemical features of Oligocene-Miocene aged Şapçı volcanics are investigated. The geology of the Biga Peninsula is so complex that there are various metamorphic, sedimentary, and magmatic rocks from Palaeozoic to Pliocene. The oldest unit in the study area is Late Cretaceous aged Bornova Flysch. Late Cretaceous aged Yayla Melange overlies tectonically this unit. These units are cut by Hallaçlar volcanics. Hallaçlar volcanics is also cut by Early Miocene aged Şapçı volcanics.*

*Petrographically, the Şapçı volcanics consists of tuffs and andesitic-trachyandesitic lava flows with microlitic, hyalomicroclitic, microlitic porphyritic, fluidal and sieve textures. The rocks contain plagioclase (An<sub>30-49</sub>), hornblende, biotite, Fe-Ti oxide, and accessory minerals apatite and zircon. Plagioclase phenocrystals are euhedral and subhedral, and show oscillatory zoning and/or rare sieve texture. Generally, hornblende is more abundant than biotite in the samples from north of the study area.*

*The SHRIMP U-Pb zircon dating from the andesitic sample yielded ages between  $22.72 \pm 0.19$  and  $22.97 \pm 0.23$  Ma, which are regarded as the crystallization age. Petrochemically, the Şapçı volcanic samples have a composition of 60.09-66.45 % SiO<sub>2</sub>, 0.47-0.60 % TiO<sub>2</sub>, 14.64-16.38 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 2.75-4.00 % K<sub>2</sub>O. The volcanics show medium-K, calc-alkaline characteristics. Besides, the trace element compositions are similar to those of subduction-related volcanics. The studied volcanics exhibit enrichment in large ion lithophile elements (LILEs) contents and depletion in high field strength elements (HFSEs) contents compared to N-type Mid-Ocean Ridge Basalt (N-MORB), and have a high ratio of La/Yb, Zr/Nb. Chondrite normalized rare earth element (REE) patterns are concave upwards with (La/Lu)<sub>N</sub> = 7.16-21.84, (La/Sm)<sub>N</sub> = 2.18- 6.36, (Gd/Lu)<sub>N</sub> = 1.40-1.93 and Eu < 1 (0.74-0.88). These*

values and trends in Harker variation plots suggest that the studied volcanics were evolved by amphibole- and plagioclase- dominated fractional crystallization. Furthermore, some trace element ratios may indicate a subduction component and/or crustal contamination in the petrogenesis of the Şapçı volcanics. Therefore, it can be suggested that the Şapçı volcanics were evolved from parental magma(s) of enriched mantle source in post-collisional setting.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akay, E., 2009. Geology and petrology of the Simav Magmatic Complex (NW Anatolia) and its comparison with the Oligo–Miocene granitoids in NW Anatolia: implications on Tertiary tectonic evolution of the region. *International Journal of Earth Sciences, (GeolRundsch)* 98, 1655–1675.
- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. ve Mitchell, J.G., 2000. Petrogenetic Evolution of late Cenozoic, Post-collision Volcanism in Western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 102, 67-95.
- Altunkaynak, Ş., 2007. Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Geology*, 115, 63–82.
- Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y., 1998. The mount Kozak magmatic complex, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85, 211–231.
- Altunkaynak, Ş. ve Yılmaz, Y., 1999. The Kozak Pluton and its emplacement. *Geological Journal* 34, 257–274.
- Altunkaynak, Ş. ve Dilek, Y., 2006. Timing and nature of postcollisional volcanism in western Anatolia and geodynamic implications. Dilek, Y., Pavlides, S. (Ed.), *Post collisional tectonics and magmatism in the Mediterranean region and Asia. Geological Society of America Special Paper*, 409, 321–351.
- Altunkaynak, Ş. ve Genç, Ş.C., 2008. Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia (Turkey). *Lithos*, 102, 316-340.
- Baier, J., Audetat, A. ve Kepler, H., 2008. The origin of the negative niobium tantalum anomaly in subduction zone magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, 267, 290–300.
- Bingöl, E., 1976. Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri kongresi, Tebliğler kitabı, Maden Tetkik ve Arama, Ankara 70–75.
- Bingöl, E., Delaloye, M. ve Ataman, G., 1982. Granitic intrusions in Western Anatolia: A contribution of the geodynamic study of this area. *Eclogae Geologicae Helvetica* 75, 437–446.
- Bradshaw, T.K. ve Smith, E.I. 1994. Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 63, 165–182.
- Delaloye, M. ve Bingöl, E., 2000. Granitoids from western and North-western Anatolia: geochemistry and modeling of geodynamic evolution. *International Geology Review*, 42:241–268.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Genç, Ş. C. ve Acar, Ş., 2005. Biga Yarımadasında Orta-Üst Eosen volkanizması ve denizel ignimbiritler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 131,49-61.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş F. ve Kar, H., 2004. New Results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in Northwest Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 177-186.
- Elburg, M.A., Bergen, M.V., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarnain, I. ve Nasution, A. 2002. Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66, 2771–2789.
- Ercan, T., 1979. Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 9, 23-46.

- Ercan, T. ve Günay, E., 1984. Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligo-Miyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilişi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 5, 119-139.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakıoğlu, E., Adis, C., Walter, H.J. ve Yıldırım, T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 117, 55-86.
- Erdem, D., 2015. Şapçı (İbirler-Balıkesir) Volkaniti'nin Petrografisi, Jeokimyası ve Petrolojisi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü., Balıkesir, Yüksek Lisans Tezi, 63s (yayınlanmamış).
- Genç, Ş.C., 1998. Evolution of the Bayramiç magmatic complex, northwestern Anatolia. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 233-249.
- Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y., 1997. An example of post-collisional magmatism in northwestern Anatolia: the Kizderbent Volcanics (Armutlu Peninsula, Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, 6, 33-42.
- Gill, J.B., 1981. Orogenic Andesites and Plate Tectonics. Springer, Berlin. 390s.
- Güleç, N., 1991. Crust-mantle interaction in western Turkey: implications from Sr and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics. Geological Magazine, 23, 417-435.
- Harris, N.B.W., Kelley, S. ve Okay, A.I., 1994. Post-collisional magmatism and tectonics in northwest Anatolia. Contributions to Mineralogy and Petrology, 117, 241-252.
- Irvine, T.N. ve Baragar W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Science, 8, 523-548.
- Jahn, B.M., Wu, F., Lo, C.H. ve Tsai, C.H., 1999. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional maficultramafic intrusions of the northern Dabie complex, central China. Chemical Geology, 157, 119-146.
- Kaplan, D., Aslan Z. ve Chen B., 2013. SHRIMP U-Pb zircon dating, geochemical and petrographical characteristics of calc-alkaline Early Miocene Şapçı volcanics around Balıkesir (W Turkey). Mineralogical Magazine, 77(5), 1430.
- Krushensky, R. D., 1976. Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey. Bulletin Volcanologique, 40, 336-360.
- Köprübaşı, N. ve Aldanmaz, E., 2004. Geochemical constraints on the petrogenesis of Cenozoic I-type granitoids in Northwest Anatolia, Turkey: Evidence for magma generation by lithospheric delamination in a post-collisional setting. International Geology Review, 46, 705-729.
- Lambert, R.J. ve Holland, J.G., 1974. Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks. Geochimica Cosmochimica Acta, 38, 1393-1414.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lamere, J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H. ve Woolley, A.R., 2002. Igneous rocks: A classification and glossary of terms, recommendations of the international union of geological sciences, subcommission of the systematics of igneous rocks. Cambridge University Press, Cambridge.
- Okay, A.I., 2008. Geology of Turkey: a synopsis. Anschnitt, 21, 19-42.
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. Durant, B., Jolivet, F., Horvath, F. ve Seranne, M., (ed) The Mediterranean basin: Tertiary extension within the Alpine orogen. Geological Society Special Publication, 156, 475-515.
- Okay, A.I. ve Satır, M., 2006. Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northeast

- Turkey: evidence for a possible magmatic arc. *Geodinamica Acta*, 19, 251–266.
- Okay, A.I., Tansel, I. ve Tüysüz, O., 2001. Obduction, subduction and collision as reflected in the Upper Cretaceous–Lower Eocene sedimentary record of western Turkey. *Geological Magazine*, 138, 117–42.
- Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Metzger, R. ve Akyüz, S., 1996. Paleo-and Neo-Tethyan events in Northwest Turkey: geological and geochronological constraints. Yin, A. ve Harrison, T.M., (ed) *The tectonic evolution of Asia*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 420–44.
- Özgenç, İ. ve İlbeyli, N., 2008. Petrogenesis of the Late Cenozoic Eğrigöz Pluton in Western Anatolia, Turkey: Implications for magma genesis and crustal processes. *International Geology Review*, 50, 375–391.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate margins. Thorpe, R.S., (ed) *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. John Wiley, New York, pp. 525–548.
- Pearce, J.A., 1983, The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. Hawksworth, C.J. ve Norry, M.J., (ed) *Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva, Nantwich, pp. 230–249.
- Pearce, J.A. ve Peate, D.W., 1995. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Annual Review Earth Planet Sciences Letter*, 23, 251–285.
- Pearce, T.H., Gorman, B.E. ve Birkett, T.C., 1977. The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks. *Earth Planet Sciences Letter*, 36, 121–132.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.J., 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey. *Journal Volcanology Geotherm Research*, 44, 189–229.
- Pehlivan, Ş., Duru, M., Dönmez, M., Ilgar, A., Akçay, A.E., Erdoğan, K. ve Özer, D., 2007. Türkiye Jeolojisi Haritaları No:96, Balıkesir-İ 19 Paftası. Maden Tetkik Arama, 40s, Ankara.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B., 1996. The cause of N–S extensional tectonics in western Turkey: Tectonic escape vs. backarc spreading vs. orogenic collapse. *Journal of Geodynamics* 22, 145–153.
- Shand, S. J., 1943. *The Eruptive Rocks*, John Wiley, 2nd edn, New York, 444 pp.
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D. ve Wang, K. 1999. Geochemistry of mafic magmas in the Hurricane Volcanic field, Utah: implications for small- and large-scale chemical variability of the lithospheric mantle. *Journal of Geology*, 107, 433–448.
- Sun, S.S. ve McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Saunders, A.D. ve Norry, M.J., (eds) *Magmatism in the ocean basins*. Geology Society London Special Publication, 42, 313–345.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Şengör, A. M. C., Natalin, B. A. ve Burtman, V. S., 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, 364, 299–307.
- Taylor, S.R. ve Mc Lenan, S.M., 1985. *The Continental Crust, Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Thirlwall, M.F., Smith, T.E., Graham, A.M., Theodorou, N., Hollings, P., Davidson, J.P. ve Arculus, R.J., 1994. High field strength element anomalies in arc lavas; source or process? *Journal Petrology*, 35, 819–838.
- Thompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L. ve



- Parry, S.J., 1984. An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: an elemental approach. Philos Transl Society London, A310, 549–590.
- Yılmaz, Y., 1989. An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. Şengör, A.M.C., (ed) Tectonic evolution of the Tethyan region. Kluwer Academics, Hague, The Netherlands, pp. 159–189.
- Yılmaz, Y., 1990. Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia under compressional regime; a review. Journal of Volcanology and Geothermal Research 44, 69–87.
- Yılmaz, Y., Genç, S.C., Karacik, Z. ve Altunkaynak, Ş., 2001. Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. Journal of Geodynamics 31, 243–271.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. ve Yılmaz, K., 1995. Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of northwestern Anatolia. Tectonophysics, 243, 155–171.
- White, W.M. ve Patchett, J. 1984. Hf–Nd–Sr isotopes and incompatible element abundances in island arcs: implications for magma origins and crust-mantle evolution. Earth and Planetary Science Letters, 67, 167–185.
- Wilson, F. H., 1989. Geologic setting, petrology and age of Pliocene to Holocene volcanoes of the stepovak Bay area, western Alaska Peninsula. Dover, J.H. ve Galloway, J. P. (eds) Geological studies in Alaska by the U.S. Geological Survey. United State Geological Survey Bulletin, 1903, 84-95.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20, 325–343.
- Wood, D.A., 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth Planet Sciences Letter, 50, 11-30.
- Wood, D.A. ve Joron, J.L., 1979. Elemental and Sr isotopic variations in basic lava from Iceland and surrounding ocean floor: the nature of the mantle sources inhomogenities. Contribution and Mineralogy Petrology, 70, 319-339.

---

Makale Geliş Tarihi : 11 Mart 2015  
Kabul Tarihi : 17 Nisan 2015

*Received* : 11 March 2015  
*Accepted* : 17 April 2015



## Simav (Kütahya) ve Yakın Civarının Geç Senozoyik Yaşlı Jeodinamik Evrimi

*Late Cenozoic Geodynamic Evolution of Simav (Kütahya) and Surroundings*

Erdem GÜNDOĞDU<sup>1</sup>, Süha ÖZDEN<sup>2</sup>, Talip GÜNGÖR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü (eposta: erdem@comu.edu.tr)

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

<sup>3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

### ÖZ

Simav (Kütahya) ve yakın civarının Geç Senozoyik yaşlı jeodinamik evrimi; Eğrigöz Mağmatik Kompleksi'ni oluşturan granitik ve volkanik kayalar ile bölgedeki tektonik yapıların (Simav Fayı ve Simav Sıyırılma Fayları) tarihlendirilmesi, saha gözlem ve ölçüleriyle belirlenmiştir. Bölgede yer alan Eğrigöz ve Koyunoba Plütonlarından yapılan tarihlendirme çalışmalarından elde edilen sonuçlar (21.9-26.3 My), bu plütonların yüzeylenmesinin; onları sınırlandıran Simav Sıyırılma Fayları (20.0-27.4 My) ile ilişkili olarak; kabuksal sıkışma, yükselme ve genişleme süreçleri içerisinde gerçekleştiğini göstermektedir. Plütonizmayı izleyen dönemde ise bölgede yaygın bir volkanizmanın (7.1-21.3 My) hüküm sürdüğü görülmektedir. Simav Fayı'na ait fay düzlemlerinin tarihlendirilmesi sonucunda; Simav Fayı'nın başlangıç yaşının; 19.3-26.1 My aralığında olduğu düşünülmektedir. Günümüzde bir normal fay davranışı sergileyen Simav Fayı, Erken Miyosen'de sıkışma rejimi altında bir doğrultu atımlı fay olarak çalışmıştır. Simav Fayı, Kuvaterner'de meydana gelen bir tektonik rejim değişikliği ile genişlemeli tektonik rejim altında bir normal faya dönüşmüştür. Bölgede, Erken Miyosen'den Kuvaterner'e kadar, genişlemeli-sıkışmalı tektonik rejimden, bölgesel bir genişleme rejimine geçişin, özellikle Kuvaterner'de meydana gelen son tektonik rejim değişikliğinin, Doğu Akdeniz'de Afrika Levhası ile Anadolu Levhası arasındaki karmaşık yitim proseslerinden (slab-pull ve roll-back) kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, Geç Senozoyik, Tarihlendirme, Tektonik Rejim Değişikliği, Simav Fayı, Simav Sıyırılma Fayı

### ABSTRACT

*The Late Cenozoic geodynamic evolution of Simav (Kütahya) and surroundings was determined by dating active tectonic structures in the region (Simav Fault and Simav Detachment Fault) and granitic and volcanic rocks of the Eğrigöz Magmatic Complex. Additionally it was revealed that the currently normal*

*Simav Fault, in previous periods acted as a strike-slip fault according to dating studies of fault planes and field observations. Dating of the fault planes along the Simav Fault determined that initiation of the Simav Fault occurred in the interval between 19.3-26.1 Ma. In this period the Simav Fault demonstrated strike-slip fault behavior in a compressional regime. The results of dating studies of the Eğrigöz and Koyunoba Plutons (21.9-26.3 Ma) reveal that the unroofing of these plutons was related to the Simav Detachment Fault (20.0-27.4 Ma). Additionally the presence of volcanism in the time period was identified (7.1-21.3 Ma). The Simav Fault which displayed previous strike-slip character currently has listric normal fault behavior after a tectonic regime change in the Plio-Quaternary. The transition from extensional-compressional regime to a regional extensional regime and cause of the tectonic regime change is thought to be related to the complex subduction process (slab-pull and and roll-back) between the African Plate and Anatolian Plate in the Eastern Mediterranean.*

**Key Words:** Late Cenozoic, radiometric dating, Simav detachment fault, Simav fault, Tectonic regime change, West Anatolia

## GİRİŞ

Batı Anadolu; başta güneybatı Akdeniz bölgesi (Türkiye, Yunanistan ve Ege Denizi) olmak üzere, kıtasal genişleme alanlarının geç Senozoyik yaşlı evriminin anlaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Seyitoğlu ve Işık, 2006) (Şekil 1). Bu kıtasal genişleme alanlarında, genişleme rejiminin en önemli ürünleri ise metamorfik çekirdek kompleksleridir (Lister ve Davis, 1989; Malavieille, 1993). Çok sayıda metamorfik çekirdek kompleksleri barındıran Ege gerilme/genişleme bölgesinde başlıca; Rodop, Kazdağ, Kikladik, Girit ve Menderes çekirdek kompleksleri yer almaktadır (Işık ve diğ., 2004). Ege denizi doğusunda yer alan, KD yönünde bir yayılım sunan Menderes Çekirdek Kompleksi (MÇK), yaklaşık 30.000 km<sup>2</sup>'lik bir alan ile temsil edilmekte olup (Seyitoğlu ve diğ., 2004), genişleme rejiminin etkilerini yaygınca taşır (Işık, 2004). Menderes Çekirdek Kompleksi'ni oluşturan kaya birimleri, çekirdek kayaları (Prekambriyen-Erken Paleozoyik) ve örtü kayaları (Paleozoyik-Mezozoyik) olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (Erdoğan ve Güngör, 2004; Şengör ve diğ., 1984; Dora ve diğ., 1992). Kristalen nitelikli bu kayaların yaşları genel olarak çökelme ve/veya sokulum yaşlarıdır (Işık ve Seyitoğlu, 2007). Menderes Çekirdek Kompleksi'nin diğer kaya birimleri ise genç granitoid intrüzyonlarıdır (Bingöl ve diğ., 1982; Işık ve diğ., 2004a-b).

Çekirdek komplekslerin, kıta kabuğunun genişlemesi sırasında gelişen sıyrılma fayları boyunca yüzeylenmiş orta-derin kabuk kayaları ile temsil olduğu bilinmektedir (Işık, 2004). Menderes Çekirdek Kompleksi'nin yüzeylenmesini, sıyrılma fayları (güneyden kuzeye sırasıyla Kayabükü, Büyük Menderes, Alaşehir ve Simav Sıyrılma Fayı) ve bu faylar ile ilişkili makaslama zonları denetlemektedir (Seyitoğlu ve diğ., 2004). Tüm bu sıyrılma fayları ve makaslama zonları Gökova Körfezinden ve Kale-Tavas havzasının güney sınırı olarak geçen ana ayrılma fayı ile ilişkili olduğu (Seyitoğlu ve diğ., 2004) görüşünün yanı sıra; sıyrılma faylarının varlığını kabul etmeyen ve Menderes Çekirdek Kompleksi'nin yüzeylenmesini düşük açılı dalma batmaya ve erozyona bağlayan farklı bir görüş de mevcuttur (Westaway, 2006). Simav Sıyrılma Fayı; MÇK'nin kuzey kesiminde litoloji, metamorfizma ve deformasyon özellikleri birbirinden farklı taban blok kayaları (orta-yüksek dereceli metamorfitletler, pegmatoyidler, granitoid intrüzyonları) ile tavan blok kayalarını (şist-mermer topluluğu, ofiyolitik melanj) birbirinden ayırmaktadır (Temiz ve Işık, 2002; Işık, 2004). Menderes Masifi'nin kuzeyinde ise Oligo-Miyosen yaşlı granitik kayalar yer almaktadır.

Bölgedeki en önemli tektonik unsurların başında gelen Simav Fayı ve Simav Sıyrılma Fayları, Ege'de genellikle normal faylarla temsil

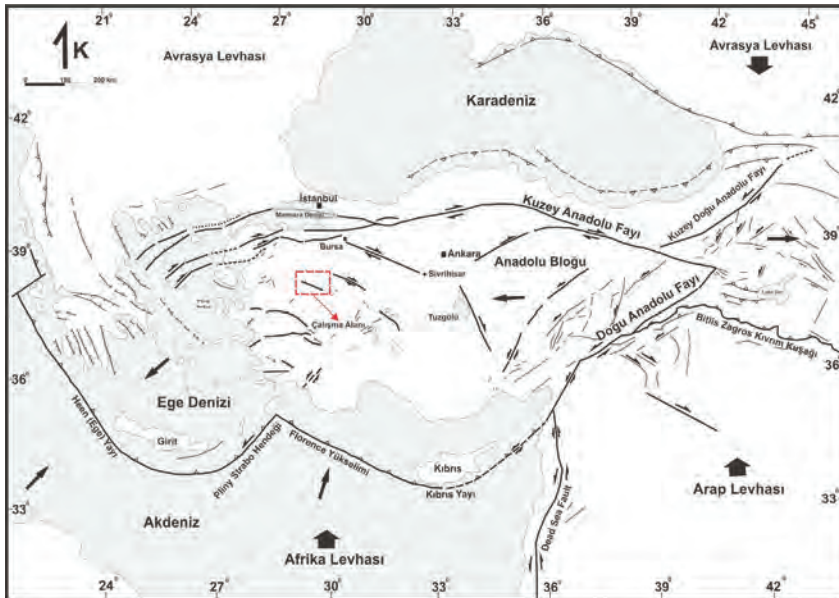
edilen açılma bölgesinin KD'sunda yer almaktadır (Şekil 1).

Soma ile Afyon arasında uzanan Sındırgı-Sincanlı Fay Zonu, yedi segmentten meydana gelmekte olup, bu segmentler batıdan doğuya doğru sırasıyla; Osmanlar, Simav, Şaphane, Abide, Banaz, Elvanpaşa ve Çayhisar segmentleridir (Doğan ve Emre, 2006). Bu çalışmada ele alınan Simav Fayı; sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay olan Sındırgı-Sincanlı Fay Zonu'nun, K77°B doğrultulu ve 56 km uzunluğundaki bir segmentidir (Doğan ve Emre, 2006). Ege genişlemeli tektonik rejimi ile, Kuzeybatı Anadolu geçiş tektonik rejimi arasında yapısal bir sınır olarak değerlendirilen Sındırgı-Sincanlı Fay Zonu; Sındırgı (Balıkesir)–Sincanlı (Afyon) arasında, BKB-DGD genel doğrultulu, sağ yönlü doğrultu atımlı ve yaklaşık 220 km uzunluğunda aktif bir fay sistemidir (Doğan ve Emre, 2006; Emre ve Duman, 2011; Emre ve diğ., 2011a; Emre ve diğ., 2011b; Emre ve diğ., 2011c; Emre ve diğ., 2011d). Bunun yanı sıra, Simav Fay Zonu'nda görülen gravite faylarının, doğrultu atım mekanizmasıyla birlikte değerlendirilmesi

gerektiği de savunulmuştur (Konak, 1982).

Simav Fayı, Simav havzasını güneyden sınırlayan, yaklaşık 60 km uzunluğunda, kuzeye eğimli bir normal faydır (Özden ve diğ., 2012). Çalışma alanındaki normal faylar, bölgenin tümünde hakim olan genişleme rejiminin ürünü olup, bazı yerlerde çok yüksek açılı normal faylar, bazı yerlerde ise oblik faylanmaya yakın olarak Kuvaterner'de etkin olmuşlardır (Özden ve diğ., 2012).

Bu çalışmada, günümüzde normal fay karakterinde olan Simav Fayı'nın, geçmişte doğrultu atımlı karakter sergilediği; fay düzlemi üzerindeki kinematik belirteçlerle ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ayrıca; Simav Fayı boyunca breşik zonlardan, Simav Sıyrılma Fayı üzerindeki fay killerinden, granitik plütonlar ve volkanik kayalardan; toplam 10 farklı lokasyondan 12 adet numune alınarak tarihlendirme çalışması yapılmıştır. Tüm bu veriler ışığında, Simav Fayı ve yakın civarındaki jeodinamik olaylar, jeokronolojik olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının, Doğu Akdeniz jeodinamik unsurları arasında konumu (Şengör, 1979 ve Barka, 1992'den değiştirilerek).

Figure 1. Location of the study area among geodynamic elements of the Eastern Mediterranean (adapted from Şengör, 1979 and Barka, 1992).

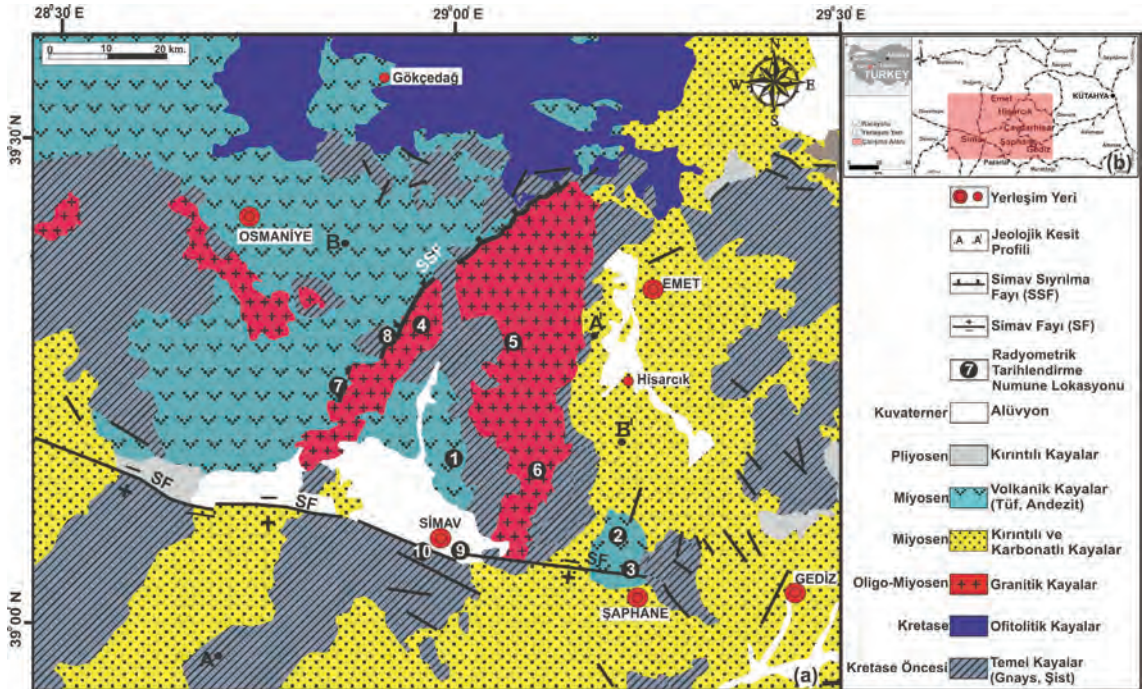
## SİMAV VE YAKIN CİVARININ JEOLJİSİ

Çalışma alanının stratigrafisinin temelini oluşturan kaya birimleri; Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi Metamorfitleleri'nin en kuzey ucunu temsil etmekte olup, genellikle gnays, şist, granitik gnaystan ibarettir (Şekil 2). Simav Fayı'nın güney kesiminde yüzlek veren bu kaya birimleri; gnaysik granitler ve yüksek dereceli şistlerden oluşan çekirdek birimleri ve ağırlıklı olarak şistlerden oluşan örtü birimleri olarak tanımlanmaktadır (Schuiling 1962; Dürr 1975; Dora ve diğ., 1992).

Menderes Masifi Metamorfitlelerinin en kuzey ucunu temsil eden bu kaya birimlerini, ağırlıklı olarak serpantinlerden oluşan Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar tektonik olarak örter. Bu ofiyolitik kayaların diğer bileşenleri çamurtaşı, radyolarit, kireçtaşı, tüfit ve peridotittir.

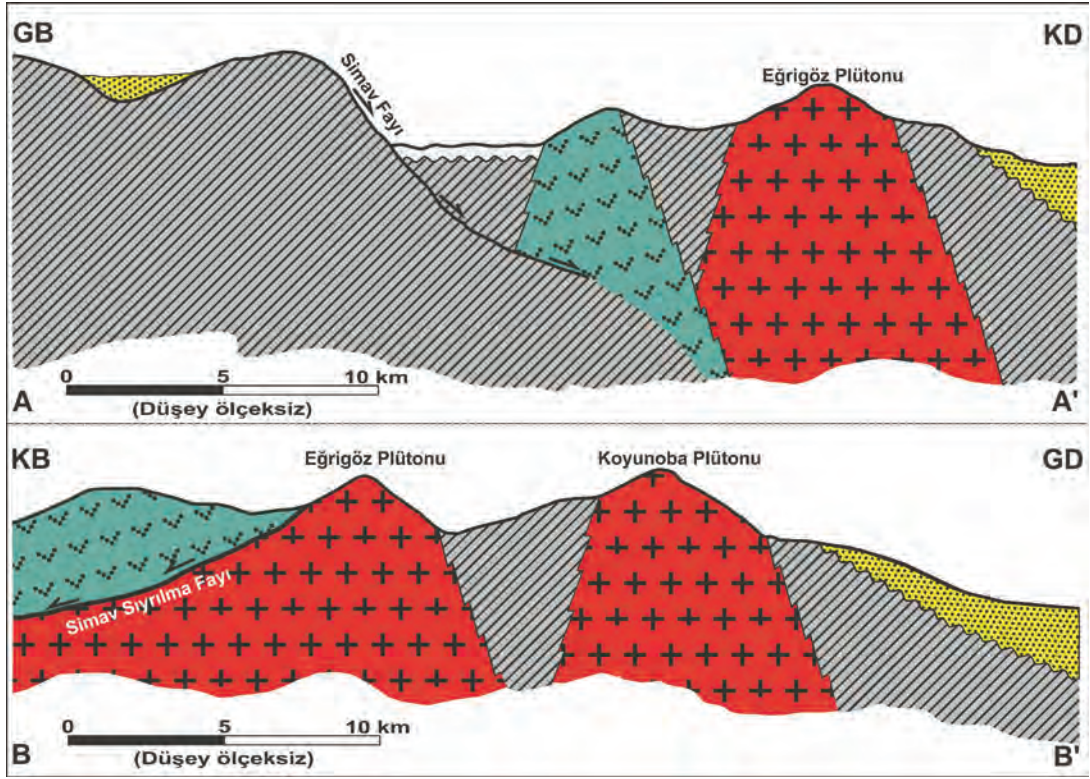
Simav Fayı kuzeyinde ise yoğun bir mağmatik kayaç topluluğu bulunmaktadır. Menderes Masifi Metamorfitleleri'ni keser

durumda olan bu mağmatik kayaçlar (Işık ve Tekeli, 1999), "Eğrigöz Mağmatik Kompleksi" olarak isimlendirilmektedir (Erdoğan ve diğ., 2003). Temel birimleri kesen "Eğrigöz Mağmatik Kompleksi"ne ait kayaçlar, batıda Koyunoba ve Alaçam Plütunu, doğuda ise Eğrigöz Plütunu olarak tanımlanmaktadır (Erdoğan ve diğ., 2003). Çalışma alanında geniş bir yayılım sunan Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar ise, ağırlıklı olarak andezit, tuf, andezitik tuf ve riyolitten ibarettir. Eğrigöz Mağmatik Kompleksi'ne ait kayaç toplulukları ile volkanik kayaçları uyumsuzlukla örten Miyosen yaşlı sedimanter birimler ise konglomera, kumtaşı, marn, kıltaşı ve killi kireçtaşlarıyla temsil edilirler. Pliyosen yaşlı karasal kırıntılılar ise, çalışma alanında ağırlıklı olarak Emet ve Çavdarhisar civarında yüzlek vermektedir. Simav Grabeni'nin dolgusunu oluşturan ve tüm birimleri uyumsuzlukla örten alüvyon ise Kuvaterner yaşlıdır.



Şekil 2. (a) Simav ve yakın civarının jeoloji haritası (M.T.A. 2002'den değiştirilerek); (b) Çalışma alanının yer buldurular haritası

Figure 2. (a) Geological map of Simav and surroundings (Adapted from MTA. 2002); (b) Location map of the study area.



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritasından elde edilen enine jeolojik kesitleri.

Figure 3. Geological section obtained from geological map of the study area.

## METODOLOJİ

Kayaçları tarihlendirmede çeşitli yöntemler (K/Ar, Ar/Ar, Rb/Sr, Sm/Nd, U/Th/Pb, Fission Track) kullanılsa da, özellikle mağmatik kayaçları tarihlendirmede genellikle kısa yarı ömürlü olmalarından dolayı K/Ar ve Ar/Ar yöntemleri uygulanmaktadır. Önceki çalışmalarda Simav Sıyrılma Fayı'yla ilişkili Simav Makaslama Zonu'ndaki milonitik gnayslardaki deformasyonun yaşı Ar/Ar yöntemiyle belirlenmiştir (Işık ve diğ., 2004a). Nispeten genç kayalarda uygulanan bu yöntemlerin dışında, manto bölgesinde oranlarının düşük olması ancak kabukta zenginleştiği için genellikle asidik kayaçlarda Rb/Sr yöntemi de tercih edilmektedir. Bu çalışmada, 10 farklı lokasyondan alınan örneklerden tarihlendirilen toplam 12 adet numunenin tamamı K/Ar yöntemiyle tarihlendirilmiştir. Tarihlendirme çalışmaları Kanada'da (ACME-Lab) yaptırılmıştır.

Bunun sonucunda, Simav Fayı ve Simav Sıyrılma Fayı'na ait fay düzlemleri (çoğunlukla alterasyon zonları) ile; plütonik ve volkanik kayaçlardan alınan numuneler tarihlendirilerek, aralarındaki jeokronolojik ilişkiler belirlenmiştir.

Simav Fayı'nın ilk oluştuğu dönemde, doğrultu atım karakteri sergilediği ve günümüzde ise bir normal fay karakterinde olduğu saha gözlemleriyle belirlenmiştir. Günümüzde normal fay olarak çalışan Simav Fayı, derinlere gidildikçe bir listrik normal fay özelliğini taşımaktadır (Özden ve diğ., 2012). Simav Fayı'nın doğrultu atım ve normal fay karakterleri arasındaki jeo-kronolojik ilişki ise aynı fay düzlemi üzerinde birbirlerini üzerleyen kayma vektörleri aracılığıyla ortaya konulmuştur (Şekil 5a). Bu da bölgede bir tektonik rejim değişikliği olduğunu göstermektedir. Bu kayma vektörlerinden ölçülen parametreler, bilgisayar destekli sayısal analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Carey (1979)

tarafından ortaya konulan ve Carey-Gailhardis ve Mercier (1987) tarafından geliştirilen bu yöntemde, fayın hareketinin biçimini belirten veriler ve fay düzlemi üzerinde yer alan belirteçler (kayma vektörü) ölçülmüştür. Ölçümler, jeolojik birimin türü ve mostra koşullarının elverişli olduğu yerlerde yapılmıştır. Kullanılan bu veriler ve belirteçler sonucunda elde edilen değerler (fayın doğrultusu, eğim yönü, eğim miktarı ve kayma çiziklerinin vektörü) yardımıyla, davranışın türü (doğrultu atımlı, normal veya ters fay) ve deformasyonun biçimi (sıkışmalı veya genişlemeli) belirlenmiştir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada; Simav Fayı, Simav Sıyrılma Fayı, granitik plütonlar ve volkanik kayalardan; toplam 10 farklı lokasyondan 12 adet numune alınarak, K/Ar yöntemiyle tarihlendirme çalışması yapılmıştır. Tarihlendirme amaçlı numunelerin dağılımı, Eğrigöz Plütonundan 2 adet, Koyunoba Plütonundan 1 adet, volkanik kayalardan 3 adet, Simav Fayı üzerindeki fay düzlemlerine ait breşik zonlardan 4 adet ve Simav Sıyrılma Fayı'na ait fay düzlemleri üzerindeki fay killerinden de 2 adettir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Numunelerin; tür, jeolojik birim, koordinat ve tarihlendirme sonuçları.

*Table 1.* Type, geological unit, coordinates and dating results of samples.

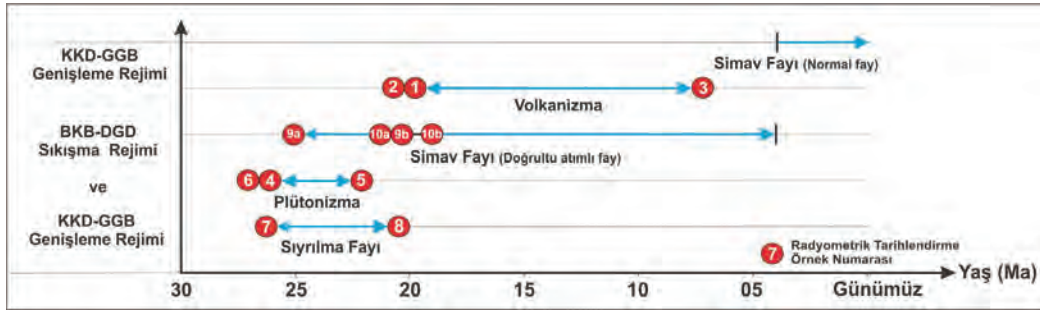
Numune	Jeolojik Birim	Dilim	Koordinat (UTM)	Koordinat (DMS)	Kot	%K	$^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ , nI/g	$\%^{40}\text{Ar}_{\text{air}}$	Yaş (My)	
Volkanik Kayalar	1	Bazalt	35S	0670938E / 4336638N	39°09'44"N / 28°58'43"E	872 m.	3.18	2.493	64,8	<b>20.4±0.6</b>
	2	Riyolitik Tuf	35S	0692315E / 4322115N	39°01'37"N / 29°13'18"E	992 m.	2.98	2.371	66,3	<b>20.7±0.6</b>
	3	Tuf	36S	0686448E / 4319722N	39°00'24"N / 29°09'12"E	925 m.	2.66	0.752	88,4	<b>7.4±0.3</b>
Plütonik Kayalar	4	Granit (KP)	35S	0668951E / 4352960N	39°18'34"N / 28°57'35"E	723 m.	2.20	2.126	76,7	<b>25.2±0.8</b>
	5	Granit (EP)	35S	0681802E / 4346148N	39°14'44"N / 29°06'24"E	1092 m.	3,21	2.781	70,9	<b>22.6±0.7</b>
	6	Granit (EP)	35S	0680319E / 4333509N	39°07'56"N / 29°05'10"E	1030 m.	2.97	2.917	70,4	<b>25.6±0.7</b>
Simav Sıyrılma Fayı	7	Fay Kili	35 S	0656589E / 4356250N	39°20'29"N / 28°49'01"E	1004 m.	2,90	2.950	68,7	<b>26.5±0.9</b>
	8	Fay Kili	35 S	0667473E / 4352419N	39°17'45"N / 28°56'32"E	829 m.	4.29	3.385	61.5	<b>20.6±0.6</b>
Simav Fayı	9-a	Breşik Zon	35 S	0670234E / 4328474N	39°05'20"N / 28°58'06"E	830 m.	1,22	1.183	77,5	<b>25.3±0.8</b>
	9-b	Breşik Zon	35 S	0670234E / 4328474N	39°05'20"N / 28°58'06"E	830 m.	6.21	5.048	58.0	<b>21.2±0.5</b>
	10-a	Breşik Zon	35 S	0670806E / 4328187N	39°05'10"N / 28°58'30"E	872 m.	5.13	2.584	79.4	<b>21.5±0.6</b>
	10-b	Breşik Zon	35 S	0670806E / 4328187N	39°05'10"N / 28°58'30"E	872 m.	4.13	3.135	66.4	<b>19.8±0.5</b>

EP: Eğrigöz Plütonu, KP: Koyunoba Plütonu

Simav Fayı'nın doğrultu atım karakteri gösterdiği fay düzlemlerinden ve Simav Sıyrılma Fayı'na ait fay düzlemlerinden alınan numunelerin tarihlendirme çalışmaları sonuçlarına göre; Simav Fayı'nın başlangıç yaşının  $25.3 \pm 0.8$  My (Geç Oligosen/Şattiyen) ile  $19.8 \pm 0.5$  My (Erken Miyosen/Burdigaliyen) aralığında olduğu, Simav Sıyrılma Fayı'nın başlangıç yaşının ise  $26.5 \pm 0.9$  My (Geç Oligosen/Şattiyen) ile  $20.6 \pm 0.6$  My (Erken Miyosen/Akitaniyen) aralığında olduğu düşünülmektedir.

Simav Fayı'nın, Simav Sıyrılma Fayı'nı keser durumda olduğu ve dolayısıyla Simav Fayı'nın daha genç olduğu gerek saha gözlemlerinde gerekse daha önce yapılan jeoloji haritalarında mevcuttur. Ancak yapılan ve yeniden değerlendirilen tarihlendirme sonuçlarına bakıldığında ise, bu iki fayın yaşı

benzerlik göstermektedir. Bu yüzden, bu iki fayın birlikte de çalışmış olabilecekları düşünülebilir (Şekil 4 ve 5). Bölgede yer alan Eğrigöz ve Koyunoba Plütonlarından yapılan tarihlendirme çalışmalarından elde edilen sonuçlar ( $25.6 \pm 0.7$  My-  $22.6 \pm 0.7$  My), bu plütonların yükseliminin, Simav Sıyrılma Fayı ( $26.5 \pm 0.9$  My-  $20.6 \pm 0.6$  My) ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bölge, sıkışma rejimi altında kabuksal bir yükselme sergilerken, aynı zamanda yanal atımlı bir fay ile de ötelenmiştir. Ayrıca izleyen zamanda bölgede bir volkanizmanın varlığı da ( $20.7 \pm 0.6$  My-  $7.4 \pm 0.3$  My) tespit edilmiştir. Volkanizmaya ait tarihlendirme sonuçlarına bakıldığında ise, volkanizmanın aktivitesinin uzun bir zamanı kapsadığı veya volkanizmada bir kesiklik olduğu ve izleyen dönemlerde ikinci bir volkanik aktivitenin meydana geldiği şeklinde değerlendirilebilir (Şekil 4).

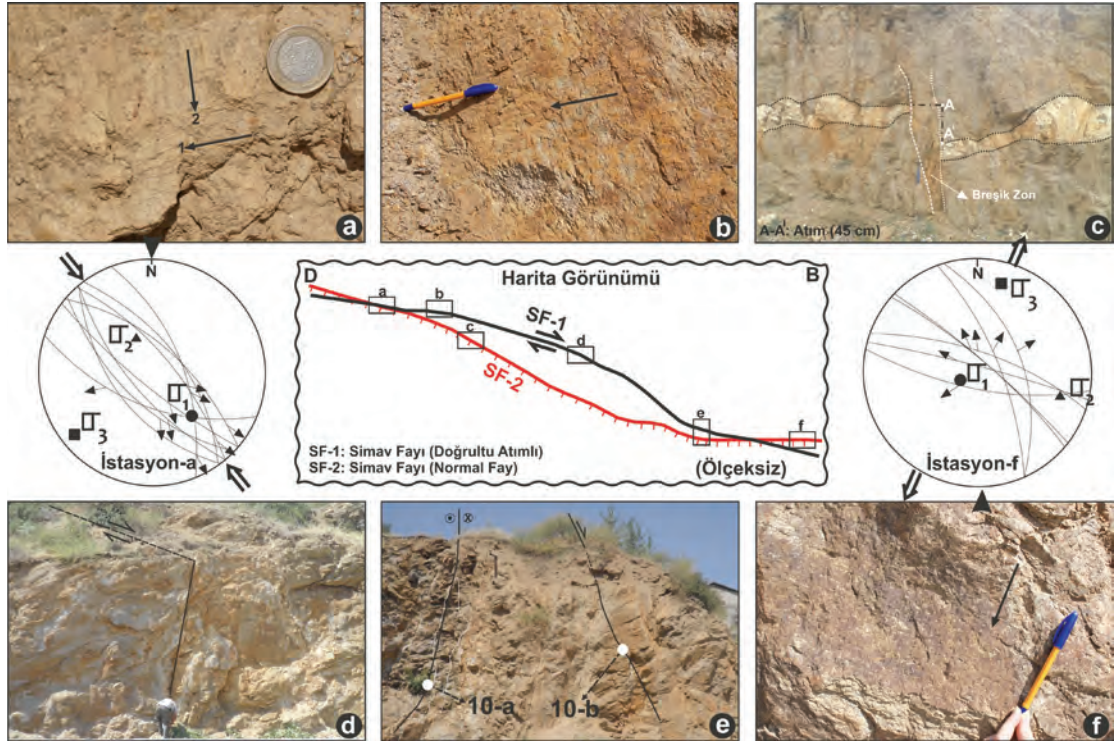


Şekil 4. Tarihlendirilen ve sonuçları Çizelge 1’de sunulan numunelerin, yaş dağılımlarını gösteren grafik.  
Figure 4. Age distribution of samples dated with results shown in Table 1.

Oluştığı ilk dönemde doğrultu atımlı bir karakter sergileyen Simav Fayı'nın, günümüzde normal fay karakterinde olduğu; gerek tüm arazi gözlemlerinde (yaşlıdan gence tüm birimlerde üzerleyen son kayma vektörlerinin normal fay karakterinde olması), gerekse 19 Mayıs 2011 depremlerinin odak mekanizmasının ortak ters çözümünün de bir normal faylanmayı vermesi (Özden ve diğ., 2012) ile açıkça görülmektedir. Ayrıca Simav Fayı'nın günümüzde normal fay karakterinde olduğu, çalışma alanının genelinde Kuvaterner yaşlı genç birimlerde doğrultu atımlı

deformasyonun tespit edilememesine bağlanabilir. Tüm bu veriler ve saha gözlemlerinden yola çıkarak, güncel deformasyonun yaşının Kuvaterner olduğu ve bölgedeki son tektonik rejim değişikliğinin Geç Pliyosen sonunda gerçekleştiği söylenebilir. Çalışma alanındaki en genç ve aktif tektonik rejim olan genişleme rejimi, KKD-GGB doğrultusunda (Şekil 5). Lokal anlamda elde edilen bu veriler, daha geniş ölçekte bölgesel anlamda düşünüldüğünde B-GB Anadolu’da Kuvaterner’de etkin bir doğrultu atımlı deformasyonun olmaması, bu verileri doğrulamaktadır.





**Şekil 5.** Simav Fayı'nın farklı davranış biçimlerini gösteren skeç. (a) Doğrultu atımlı fayı (1) üzerleyen normal fay (2) ve istasyonun kinematik çözümü (İstasyon-a) (b) Simav Fayı'nın doğrultu atımlı karakteri (c) Simav Fayı'nın normal fay karakteri (d) Simav Fayı'nın doğrultu atımlı karakteri (e) Simav Fayı'nın doğrultu atımlı ve normal karakterleri ile bu fay düzlemlerinden tarihlendirme amaçlı alınan numunelerin lokasyonları (f) Simav Fayı'nın oblik karakteri istasyonun kinematik çözümü (İstasyon-f).

**Figure 5.** Sketch showing different behavior of the Simav Fault (a) Strike slip fault (1) and overlying normal fault (2) and kinematic solution of the station (Station-a), (b) strike slip characteristics of Simav Fault, (c) normal characteristics of Simav Fault, (d) strike-slip characteristic of Simav Fault, (e) sample locations of samples to date the fault planes with strike-slip and normal characteristics of the Simav Fault and (f) kinematic solution of station with oblique characteristics of Simav Fault (station-f).

## TARTIŞMA

Bir bölgenin jeolojik ve jeodinamik evriminin anlaşılması, o bölgedeki tektonik unsurlar ile ilişkili jeolojik yapılar ve yaşlarının bilinmesi ile ilişkilidir. Çalışma alanı olan Simav (Kütahya) ve civarı, kıtasal bir genişleme alanı olan Batı Anadolu'nun özellikle geç Senozoyik evriminin anlaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Kıtasal kabukların en önemli genişlemeli tektonik ürünleri olan metamorfik çekirdekler, çalışma alanında Menderes Çekirdek Kompleksi'nin en kuzey ucu ile temsil olunur. Bu kıta kabuğunun büyük oranda genişlemesi sırasında Simav

Sıyrıma Fayları boyunca yüzeylenmiş orta-derin kabuk kayaları, bölgenin stratigrafisinin temel kayalarını oluşturmaktadır.

Menderes Metamorfik Kompleksi'nin yüzeylenmesi hakkında ağırlıklı olarak, sıyrıma fayları ve bu faylar ile ilişkili makaslama zonlar tarafından denetlendiği görüşü mevcuttur. Ancak Menderes Çekirdek Kompleksi'nin yüzeylenmesini, düşük açılı dalma batma ve erezyonla ilişkili olduğunu ve sıyrıma faylarının varlığını reddeden görüşler de bulunmaktadır (Westaway, 2006).

Menderes Masifi'nin kuzeyinde yer

alan Oligo-Miyosen yaşlı granitler için, iki türlü yerleşme modeli önerilmektedir. Birinci model, granitlerin bir sıkışmalı tektonik rejim sırasında, çok fazla miktarda kalınlaşmış kabuğunun kısmi ergimesinden türetilmiş olduğu görüşüdür (Genç, 1998; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; Karacık ve Yılmaz, 1997; Yılmaz ve diğ., 2001). Diğer model ise, genişleme sırasında meydana gelen sıyrılmaya fayının taban bloğu içerisinde sin-kinematik olarak yerleştiği görüşüdür (Işık ve Tekeli, 2001; Işık ve diğ., 2004; Seyitoğlu ve diğ., 2004; Ring ve Collins, 2005; Thomson ve Ring, 2006).

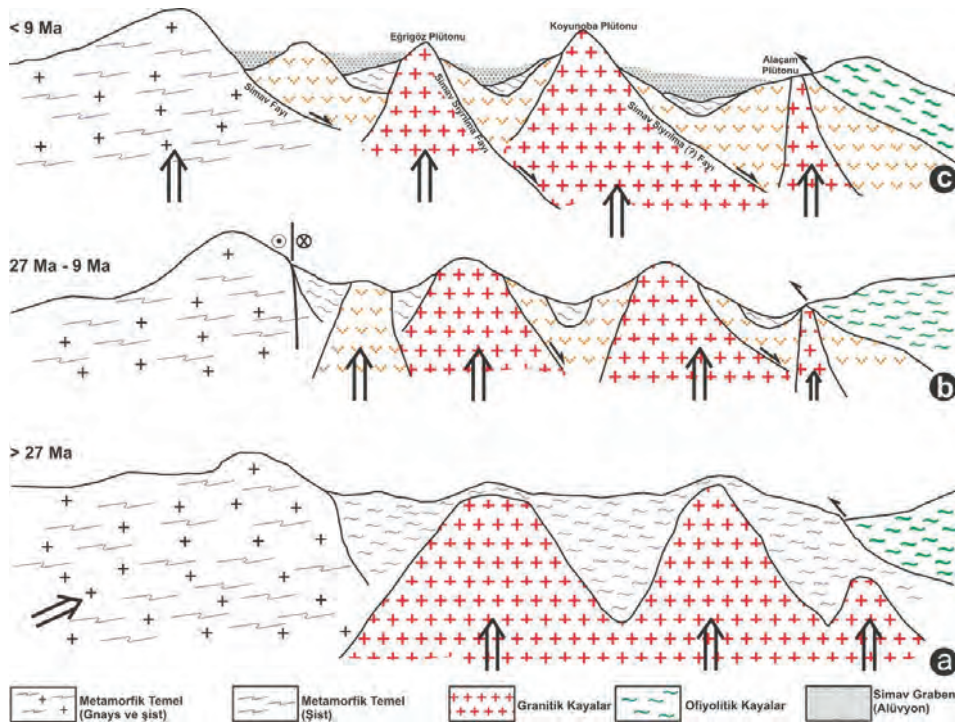
Ayrıca Hasözbek ve diğ. (2010a) sunduğu yeni jeokronolojik ve jeokimyasal veriler; granitlerin yerleşiminin (Eğrigöz ve Koyunoba), düşük açılı sıyrılmaya fayı ile ilişkili olmadığını; D-B uzanımlı bir mağmatik kuşak boyunca yerleştiklerini ve KB Anadolu'daki diğer Oligo-Miyosen granitoidleri ile yakın benzerlik gösterdiğini savunmaktadır. Çalışma alanında özellikle granitik kayaların yaşlarını bulmaya yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur ve 167 My ile 19.51 My arasında değişen yaşlar verilmektedir (Şekil 6, Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Çalışma alanı ve civarında yapılan başlıca tarihlendirme çalışmaları.

**Table 2.** Main dating work on the study area and surroundings

Litoloji	Metot	Tarihlendirilen Mineral	Yaş (My)	Referans
Eğrigöz Graniti	U-Pb	Tüm kaya	69.6 ± 7	Bürküt, 1966
	Rb-Sr	Biyotit	29 ± 3	Öztunalı, 1973
	Rb-Sr	Ortoklas	31 ± 5	Öztunalı, 1973
	Rb-Sr	Tüm kaya	167 ± 14	Öztunalı, 1973
	K-Ar	Biyotit	20.4 ± 0.6 ve 20.0 ± 0.7	Bingöl ve diğ., 1982
	K-Ar	Ortoklas	24.6±1.4 ve 21.6±1.8	Delaloye ve Bingöl, 2000
	K-Ar	Biyotit	20.4 ± 0.6 ve 20 ± 0.7	Delaloye ve Bingöl, 2000
	Ar-Ar	Biyotit	20.19 ± 0.28 ve 20.50 ± 0.17	Işık ve diğ., 2004a
	SIMS U-Th-Pb	Zirkon	20.7 ± 0.6	Ring ve Collins, 2005
	U-Pb	Zirkon	19.4 ± 4.4	Hasözbek ve diğ., 2010a
	Rb-Sr	Biyotit	18.77 ± 0.19	Hasözbek ve diğ., 2010a
	K-Ar	Tüm kayaç	22.6±0.7	Bu çalışma
K-Ar	Tüm kayaç	25.6±0.7	Bu çalışma	
Koyunoba Graniti	SIMS U-Th-Pb	Zirkon	21.0 ± 0.2	Ring ve Collins, 2005
	U-Pb	Zirkon	21.7 ± 1.0	Hasözbek ve diğ., 2010a
	K-Ar	Tüm kayaç	25.2±0.8	Bu çalışma
Alaçam Graniti	K-Ar	Biyotit	20.9 ± 0.5 ve 19.9 ± 0.7	Bingöl ve diğ., 1982
	K-Ar	Muskovit	18.6 ± 0.7	Bingöl ve diğ., 1982
	Ar-Ar	Biyotit	20.82 ± 0.11 ve 19.51 ± 0.11	Erkül, 2010
	U-Pb	Zirkon	20.3 ± 3.3 ve 20.0 ± 1.4	Hasözbek ve diğ., 2010b
	Rb-Sr	Biyotit	20.01 ± 0.2 ve 20.17 ± 0.2	Hasözbek ve diğ., 2010b

Volkanik Kayalar	K-Ar	Tüm kayaç (Bazalt)	$15.3 \pm 0.3$ ve $15.8 \pm 0.3$	Ercan ve diğ., 1997
	K-Ar	Tüm kayaç (Bazalt)	$20.4 \pm 0.6$	Bu çalışma
	K-Ar	Tüm kayaç (Riyolitik Tuf)	$20.7 \pm 0.6$	Bu çalışma
	K-Ar	Tüm kayaç (Tuf)	$7.4 \pm 0.3$	Bu çalışma
Simav Sıyrılma Fayı	Ar-Ar	Muskovit	$22.86 \pm 0.47$	Işık ve diğ., 2004a
	K-Ar	Tüm kayaç (Fay Düzlemi)	$26.5 \pm 0.9$	Bu çalışma
	K-Ar	Tüm kayaç (Fay Düzlemi)	$20.6 \pm 0.6$	Bu çalışma
Simav Fayı	K-Ar	Tüm kayaç (Fay Düzlemi)	$25.3 \pm 0.8$	Bu çalışma
	K-Ar	Tüm kayaç (Fay Düzlemi)	$21.2 \pm 0.5$	Bu çalışma
	K-Ar	Tüm kayaç (Fay Düzlemi)	$21.5 \pm 0.6$	Bu çalışma
	K-Ar	Tüm kayaç (Fay Düzlemi)	$19.8 \pm 0.5$	Bu çalışma



**Şekil 6.** Simav ve yakın civarının, 27 My öncesinden günümüze kadar gelişen jeodinamik evrim modeli  
**Figure 6.** Geodynamic evolution model of Simav and surroundings from 27 Ma to the present day.

Bu çalışmada bölgedeki plütonizmanın yaşı, 21.9 My ile 26.3 My aralığında tespit edilmiştir. Ancak, Hasözbeke ve diğ. (2010a) tarafından yapılan tarihlendirme çalışmalarında ise bu yaş; 19.4 My ve 18.77 My aralığına kadar indirilmiştir. Bunun sebebi, bu çalışmada tüm kayalık tarihlendirmesi yapılmış olması, literatürdeki yaşların ise genellikle mineral tarihlendirmesi sonucunda bulunan yaşlar olmasıdır.

Çalışma alanında volkanizmanın yaşının, plütonizmadan daha genç olduğu ve 7.1 My ile 21.3 My aralığında değiştiği saptanmıştır. Volkanizmanın yaşına ait bu verilere bakıldığında, volkanizmanın uzun bir süre devam ettiği yoksa volkanizmada bir kesiklik olduğu veya daha sonraki dönemlerde ise ikinci bir volkanizmanın meydana geldiği konusu tartışmalıdır.

Simav Fayı üzerindeki fay düzlemlerinden tarihlendirilen numuneler, fayın doğrudan atım karakteri sergilediği zamana ait yaş verileridir (25.3±0.8 My ile 19.08±0.5 My). Simav Fayı günümüzde ise normal fay karakteri sergilemektedir. Ancak Simav Fayı'nın doğrudan atımlı fay karakteri ile normal fay karakteri arasındaki geçişin, yani tektonik rejim değişikliğinin yaşı tam olarak bilinmemekle birlikte Geç Pliyosen olabilir. Bu çalışmada, üzerleyen fay düzlemi verileri yardımıyla yüksek açılı kayma vektörlerine sahip bir normal fay olarak çalışmaya başladığı dönem Geç Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Şekil 6). Bu geçişin tam olarak bilenebilmesi; Simav Fayı üzerinde çok sayıda numune, farklı tarihlendirme metotlarıyla yaşlandırılması ile mümkün olabilecektir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Erdem GÜNDOĞDU'nun Doktora tezinin bir kesimini oluşturmakta olup, TÜBİTAK 109Y103 ve ÇOMÜ-BAP 2011/079 numaralı projeler tarafından desteklenmiştir. Yapıcı eleştirileri ve önerileri ile bu çalışmaya katkı koyan Volkan KARABACAK (ESOGÜ) ve Uğur TEMİZ'e (Bozok Üniversitesi) teşekkür ederiz.

## EXTENDED SUMMARY

*The most important extensional tectonic products of continental extensional areas are metamorphic core complexes (Lister and Davis, 1989; Malavieille, 1993), with the Menderes Core Complex leading important core complexes in the Aegean stress/extensional region. Widely exhibiting the effects of extensional tectonic regime, the Menderes Core Complex (Işık, 2004; Seyitoğlu et al., 2004) consists of Precambrian-Early Paleozoic core rocks and overlying Paleozoic-Mesozoic rocks (Erdoğan and Güngör, 2004; Şengör et al., 1984; Dora et al., 1992). The outcrop of the Menderes Core Complex is controlled by detachment faults and the shear zones associated with these faults. There is a view that does not accept the presence of detachment faults and considers that the outcropping of the Menderes Core Complex is linked to low angle subduction and erosion (Westaway, 2006).*

*North of the Menderes Core Complex are Oligo-Miocene-aged granites named the Eğrigöz Magmatic Complex (Erdoğan et al., 2003; Erdoğan and Güngör, 2004). The emplacement of granite masses in this complex is linked to partial melting of overthickened crust in a compressional tectonic regime by some researchers (Genç, 1998; Altunkaynak and Yılmaz, 1998; Karacık and Yılmaz, 1997; Yılmaz et al., 2001); while others link it to syn-kinematic emplacement within the foot wall of the detachment fault developing during extension (Işık and Tekeli, 2001; Işık et al., 2004; Seyitoğlu et al., 2004; Ring and Collins, 2005; Thomson and Ring, 2006).*

*For dating studies a total of 12 samples were taken from 10 different locations in the study area of Simav (Kutahya) and surroundings, and dating analysis was completed in Canada. The distribution of dated samples is presented in Table 1.*

*The ages of the granitic rocks in the study area vary from 167 Ma to 19.51 Ma in the literature (Table 2). A dating study by Hasözbeke et*

*al. (2010a) lowered this age to 19.4 Ma and 18.77 Ma. In this study the plutonism in the region was identified in the interval 26.3 Ma to 21.9 Ma. The age of volcanism, spread over wide areas of the study area, is younger than plutonism and was found to be in the interval 21.3 Ma to 7.1 Ma.*

*Currently with the characteristics of a normal fault, the Simav Fault was identified to have displayed strike-slip characteristics when it first formed by field observations. According to dating studies of samples taken from fault planes from the period when the Simav Fault displayed strike-slip characteristics, the initiation age of the fault is between  $25.3 \pm 0.8 \text{ Ma}$ – $19.8 \pm 0.5 \text{ Ma}$ . According to dating studies of fault planes belonging to the Simav Detachment Fault, the initiation age of this fault was determined in the interval  $26.5 \pm 0.9 \text{ Ma}$ – $20.6 \pm 0.6 \text{ Ma}$ . According to all geological data, though the Simav Fault is thought to be younger than the Simav Detachment Fault, according to dating results the interpretation that these two faults may have worked together may be made.*

*In previous periods the strike-slip characteristics of the Simav Fault, which currently displays normal fault characteristics based on normal fault characteristic of last slip vector on the fault planes, the inversion solution of the focal mechanism of the 19 May 2011 earthquake being normal faulting (Özden et al., 2012) and Quaternary-aged young units not displaying strike-slip deformation, shows that normal faulting was effective in place of strike-slip deformation regionally in the Quaternary in W-SW Anatolia.*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979. Simav-Emet-Taşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi. MTA Derleme No: 6547, 108 s (Yayınlanmamış).
- Altunkaynak, S., ve Yılmaz, Y., 1998. The Mount Kozak magmatic complex, Western Anatolia. Journal of Volcanology Geothermal Research 85, 211–231.
- Barka, A. A., 1992., The North Anatolian Fault Zone, Annales Tectonicae VI suppl.,164-195.
- Bingöl E., Delaloye M. ve Ataman G., 1982. Granitic Intrusions in Western Anatolia: a Contribution to the Geodynamic Study of This Area. Eclogae Geologica Helvetica 75, 437–446.
- Bozkurt, E., Satır, M. ve Buğdaycıoğlu, Ç., 2011. Surprisingly young Rb/Sr ages from the Simav extensional detachment fault zone, northern Menderes Massif, Turkey. Journal of Geodynamics, 52, 406-431.
- Bürküt, Y., 1966. Comparative Geology of Plutons in NW Anatolia. Istanbul Technical University, Faculty of Mining, İstanbul (in Turkish with English abstract).
- Carey, E., 1979. Recherche des Directions Principales de Contraintes Associées au jeu d'une Population de Failles, Revue Geological Dynamic and Géography physic., 21, 57-66.
- Carey, E. ve Mercier, J. L., 1987. A numerical Method for Determining the State of Stress Using Focal Mechanisms of Earthquake Populations, Earth Planet. Sci. Lett., 82, 165-179.
- Delaloye, M. ve Bingöl, E., 2000. Granitoids from Western and Northwestern Anatolia: geochemistry and modelling of geodynamic evolution. International Geology Review 42, 241–268.
- Doğan, A. ve Emre, Ö., 2006. Ege Graben Sistemi'nin Kuzey Sınırı: Sındırgı-Sincanlı Fay Zonu. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 20-24 Mart 2006, Bildiri Özleri Kitabı, s. 83-84, Ankara.
- Dora, O.Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1992. Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. In: Savaşçın, M.Y. ve Eronat, A.H. (eds), Proceedings of International Earth Sciences Congress on Aegean Regions 1990, Dokuz Eylül University Publications 2, 107–115.
- Dürr, S.H., 1975. Über alter und geotektonische stellung des Menderes-kristallins/Sw-Anatolien und seine aequivalente in der mittleren Aegaeis. Habil.-Schr. Philipps-Univ. Marburg/Lahn, 107 p.

- Emre, Ö. ve Duman, T.Y., 2011. 19 Mayıs 2011 Simav (Kütahya) Depremi Ön Değerlendirmesi Raporu, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Yer Dinamikler Araştırma ve Değerlendirme Koordinatörlüğü Aktif Tektonik Araştırmaları Birimi.
- Emre, Ö., Özalp, S. ve Duman, T.Y., 2011. Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, 1:250.000 Ölçekli Uşak (NJ 35-8) Paftası, Seri No:11, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Doğan, A. ve Özalp, S., 2011. Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, 1:250.000 Ölçekli Balıkesir (NJ 35-3) Paftası, Seri No:4, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. ve Özalp, S., 2011. Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, 1:250.000 Ölçekli Kütahya (NJ 35-4) Paftası, Seri No:10 Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Olgun, Ş., ve Elmacı, H., 2011. Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, 1:250.000 Ölçekli Afyon (NJ 36-5) Paftası, Seri No:16 Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Ercan, T., Günay, E., ve Savaşçın, M.Y., 1984. Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi (in Turkish with English abstract), 97/98, 86–101.
- Ercan T., Satır M., Sevin D. ve Türkecan A., 1997. Interpretation of Radiometric Age Data on Tertiary–Quaternary Volcanic Rocks in W Anatolia. Mineral Research and Exploration Institute (MTA) of Turkey, 119, 103–112.
- Erdoğan, B., Güngör T., Akay, E. ve Hasözbeke, A., 2003. Eğrigöz Granit Masifi'nin Jeolojisi, Petrolojisi ve Yerleşim Mekanizması. 101Y014, TÜBİTAK Projesi Final Raporu.
- Erdoğan, B. ve 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.
- Erkül, F., 2010. Tectonic Significance of Synextensional Ductile Shear Zones Within the Early Miocene Alacamdag Granites, Northwestern Turkey. Geological Magazine, 147, 611–637.
- Genç, S.C., 1998. Evolution of the Bayramiç magmatic complex, northwestern Anatolia: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, 233–249.
- Gündoğdu, E., 2013. Simav Fayı ve Yakın Civarının Jeodinamik Evrim Modeli. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 146 s.
- Hasözbeke, A., Akay, E., Erdoğan, B., Satır, M. ve Siebel, W., 2010a. Early Miocene granite formation by detachment tectonics or not? A case study from the northern Menderes Massif (Western Turkey). Journal of Geodynamics, 67–80.
- Hasözbeke, A., Satır, M., Erdoğan, B., Akay, E. ve Siebel, W., 2010b. Early Miocene post-collisional magmatism in NW Turkey: geochemical and geochronological constraints. International Geology Review, 1-22.
- Hinsbergen, D.J.J.V., 2010. A key extensional metamorphic complex reviewed and restored: The Menderes Massif of western Turkey. Earth-Science Reviews 102, 60–76.
- Işık, V., 2004. Kuzey Menderes Masifinde Simav Makaslama Zonunun Mikrotektonik Özellikleri, Batı Anadolu, Türkiye. Türkiye Jeoloji Bülteni, 47(2), 49-91.
- Işık, V. ve Tekeli, O., 1999. Microstructure of deformed grains in the granitic mylonites of lower plate: northern Menderes massif, western Turkey. EUG 10, J. Conference Abstracts, 4 (1), 730.
- Işık, V. ve Tekeli, O., 2001. Late orogenic crustal extension in the northern Menderes massif (western Turkey): Evidences for metamorphic core complex formation. Int. J. Earth Sci. 89, 757-765.

- Işık, V., Seyitoğlu, G. ve Çemen, İ., 2003. Ductile-brittle transition along the Alaşehir shear zone and its structural relationship with the Simav detachment, Menderes massif, west-tern Turkey. *Tectonophysics* 374, 1-18.
- Işık, V., Tekeli, O. ve Seyitoğlu, G., 2004a. The <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar age of extensional ductile deformation and granitoid intrusions in the northern Menderes core complex: Implications for the initiation of extensional tectonics in western Turkey. *Journal of Asian Earth Science* 23, 555-566.
- Işık, V., Gürsu S., Göncüoğlu, C. ve Seyitoğlu, G., 2004b. Deformational and geochemical features of syn-tectonic Koyunoba and Eğrigöz granitoids, western Turkey. 5<sup>th</sup> International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, 14-20 April, Proceedings, V.3, 1143-1146.
- Işık, V. ve Seyitoğlu, G., 2007. Menderes Masifi'nin Geç Senozoyik'te Asimetrik ve Simetrik Çekirdek Kompleksi Olarak Yüzeyleme ve Parçalanma Tarihiçesi. *Menderes Masifi Kolokyumu*, 5-10 Kasım 2007. İzmir.
- Karacık, Z. ve Yılmaz, Y., 1998, Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 251-264.
- Konak, N., 1982. Simav dolayının jeolojisi ve metamorf kayaçlarının evrimi. *İstanbul Yerbilimleri*, 3, 313-337.
- Lister, G.S. ve Davis, G.A., 1989. The origin of metamorphic core complexes and detachment faults formed during Tertiary continental extension in the northern Colorado River region, U.S.A. *Journal of Structural Geology* 11, 65-94.
- Malavieille, J., 1993. Dağ kuşaklarında Geç orojenik uzantısı, havzası ve aralığı ve Geç Paleozoyik Variskan kemer Insights doi: 10,1029/93TC01129 *Tektoniği* 12. issn: 0278-7407.
- Mercier, J. L., Sorel, D. and Simeakis, V., 1987. Changes in the state of stress in the overriding plate of a subduction zone: the Aegean Arc from the Pliocene to the Present. *Annales Tectonicae*, 1, 20- 39.
- M.T.A., 2002. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, İzmir Paftası.
- Özden, S., Tutkun, S.Z., Bekler, T., Karaca, Ö., Komut, T., Kalafat, D., Ateş, Ö., Demirci, A., Gündoğdu, E. ve Çınar, S., 2012. Simav Fayı ile Kütahya Fayı (Emet-Orta Batı Anadolu) Arasında Kalan Bölgenin Neotektonik ve Sismotektonik Özellikleri. 109Y103, TÜBİTAK Projesi Final Raporu, 212 s.
- Öztunalı, Ö., 1973. Uludağ ve Eğrigöz Masiflerinin petrolojisi ve Jeokronolojisi, İ.Ü.F.F., Monog, Tabii İlimler, 23, 115 s.
- Ring, U. ve Collins, A.S., 2005. U-Pb SIMS dating of syn-kinematic granites: timing of core-complex formation in the northern Anatolide belt of western Turkey. *Journal of the Geological Society, London* 162, 289-298.
- Schuiling, R.D., 1962. On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex (SW Turkey). General Directorate of Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Bulletin 58, 71-84.
- Seyitoğlu, G., 1997. The Simav graben: An example of young E-W trending structures in the Late Cenozoic extensional system of western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6, 135-141.
- Seyitoğlu, G., Işık, V. ve Çemen, İ., 2004. Complete Tertiary exhumation history of Menderes massif, western Turkey: a working hypothesis Turkey. *Terra Nova* 16, 358-364.
- Seyitoğlu, G. ve Işık, V., 2006. Batı Anadolu'nun Geç Tersiyer Jeolojik evrimi: Menderes masifinin yüzeyleme mekanizması ve ilişkili sedimanter havza oluşumu hakkında yeni bir tektonik model [Late Tertiary geological evolution of western Anatolia: A new tectonic model about the exhumation mechanism of Menderes massif and related basin formation]. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 18-20.

- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., 1987. Active faults and seismicity in Turkey. MTA Report No: 8174. Ankara, Turkey: MTA
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., 1992. 1: 1 000 000 Türkiye diri fay haritası. MTA, Ankara.
- Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance: J. Geol. Soc. London, 13, 269-282.
- Şengör, A. M. C., Satır, M. ve 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.
- Temiz, U. ve Işık, V., 2002. Simav (Kütahya-Batı Anadolu) güneyinde metamorfik kayaların petrografik ve yapısal özellikleri. Cumhuriyet Üniversitesi Fakültesi, Seri A-Yerbilimleri 19, 1, 21- 34.
- Thomson, S.N. ve Ring, U., 2006. Thermochronologic evaluation of postcollision extension in the Anatolide orogen, western Turkey. Tectonics 25, TC3005, doi:10.1029/2005TC001833.
- Westaway, R., 2006, Cenozoic cooling histories in the Menderes Massif, western Turkey, may be caused by erosion and flat subduction, not low-angle normal faulting: Tectonophysics, 412, 1–2, 1–25.
- Yılmaz, Y., Tüysüz O., Yiğitbaş, E., Genç, C. ve Şengör, 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.
- Yılmaz, Y, Genç, Ş.Ç., Karacık, Z. ve Altunkaynak, Ş., 2001. Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. J. Jeodynamics, 31, 243-271.
- 
- Makale Geliş Tarihi : 8 Mart 2015  
Kabul Tarihi : 15 Mayıs 2015
- Received* : 8 March 2015  
*Accepted* : 15 May 2015







## Erken-Orta Miyosen Yaşlı Kömürlü Tortulların Paleoeolojisi: Uşak-Güre ve Soma Havzalarından Örnekler

*Palaeoecology of the Early-Middle Miocene Coal-Bearing Sediments:  
Examples From the Uşak-Güre and Soma Basins*

Mehmet Serkan AKKİRAZ<sup>1\*</sup>, Funda AKGÜN<sup>2</sup>, Torsten UTESCHER<sup>3</sup>,  
Volker WILDE<sup>4</sup>, Angela BRUCH<sup>5</sup>, Volker MOSBRUGGER<sup>6</sup>, Sariye Duygu ÜÇBAŞ-DURAK<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 43270, KÜTAHYA  
(sakkiraz73@gmail.com; mserkan.akkiraz@dpu.edu.tr)

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca, İZMİR  
(funda.akgun@deu.edu.tr)

<sup>3</sup> Institute für Geologie, Nussallee 8, 53115 Bonn, FRG, Germany (utescher@geo.uni-bonn.de)

<sup>4</sup> Senckenberg Research Institute and Natural Museum, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am  
Main, Germany, (volker.wilde@senckenberg.de)

<sup>5</sup> Senckenberg Research Institute and Natural Museum, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am  
Main, Germany, (abruch@senckenberg.de)

<sup>6</sup> Senckenberg Research Institute and Natural Museum, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am  
Main, Germany, (volker.mosbrugger@senckenberg.de)

<sup>7</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 43100, KÜTAHYA  
(duygu.ucbas@dpu.edu.tr)

\*Başvurulacak Yazar

\*Corresponding Author

### ÖZ

Bu çalışma, Soma ve Uşak-Güre havzalarındaki kömürlü Miyosen tortulların paleoeolojik özelliklerini ortaya koymaktadır. Soma Havzasındaki palinolojik örnekler Arabacıbozköy yakınındaki sondajdan elde edilmiştir. Sondaj karotunun kalınlığı 425 m olup, genellikle ince kırıntılı tortullar, linyit ve tüfitli seviyelerden oluşmaktadır. Kırıntılı ve linyitli seviyeler içeren bölüm Soma Formasyonuna, volkanik kırıntılı seviyeler içeren bölüm ise Deniz Formasyonuna karşılık gelmektedir. Soma Formasyonundan elde edilen palinolojik topluluk, ayırtlanmamış Pinaceae, Cupressaceae, herdem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp. ve *Alnus* formlarını bol miktarda içermektedir. Toplulukta Poaceae ve *Ephedra* gibi otsul bitkiler düşük oranda gözlenmektedir.

Deniş Formasyonu da Soma Formasyonunda yüksek yüzdelerde kaydedilen sporomorfları içermektedir. Toplulukta, *Castanea* ve *Engelhardia* formları da bol miktardadır. Ancak Soma polen topluluğunda düşük yüzdelere kaydedilen otsul bitkiler burada hem çeşit olarak hem de yüzdece daha fazla miktarda temsil edilmektedir. Otsul bitkiler Poaceae, Asteraceae ve Amaranthaceae'den oluşmaktadır.

Uşak-Güre Havzasındaki Miyosen yaşlı tortullar Hacıbekir Grubu içerisinde bulunmaktadır. İlyaslı, Banaz ve Büyükoturak lokasyonlarındaki linyitli istiflerden bölümsel kesitler alınmış ve palinolojik örnekler derlenmiştir. Herbir lokasyonun sporomorf toplulukları, Polypodiaceae/Telipteridaceae, ayrılmamış Pinaceae, herdem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp. ve *Alnus* formlarının bol olduğunu göstermektedir. Ancak miktarlarda yersel farklılıklar bulunmaktadır. İlyaslı polen topluluğunda, spor çeşitliliği ve yüzdesi en yüksektir. Ayrıca diğer topluluklarda çok düşük oranlarda gözlenen Cupressaceae, burada çok yüksek miktarlardadır. Büyükoturak polen topluluğunda, *Carya* ve Sparganiaceae formları baskındır. Poaceae, Asteraceae ve Amaranthaceae gibi otsul bitkiler Büyükoturak ve Banaz polen topluluklarında yüksek miktarlarda gözlenmektedir. Polen konsantrasyonlarındaki bu değişimler yersel bitki örtüsündeki değişimle ilgili olmalıdır. Elde edilen paleoiklim verilerine göre Soma ve Uşak-Güre havzalarındaki kömürlü tortullarının çökelişi nemli ve sıcak koşullarda gerçekleşmiş olmalıdır.

**Anahtar kelimeler:** Arabacıbozköy, Miyosen, Palinoloji, Paleoiklim, Uşak-Güre Havzası

## ABSTRACT

*This study reveals paleoecological characteristics of the coal-bearing Miocene sediments in the Soma and Uşak-Güre basins. Palynological samples from the Soma Basin were obtained from a drilling near Arabacıbozköy. The thickness of drilling is around 425 m. The deposits are mainly made up of fine clastic sediments including lignite and tuffite levels. Levels with clastic and lignite correspond to the Soma Formation. The section containing the volcano-clastic levels corresponds to the Deniş Formation. Palynological assemblage from the Soma Formation includes abundant undifferentiated Pinaceae, Cupressaceae, evergreen Quercus, Quercus spp. and Alnus. In the assemblage herbaceous plants, such as Poaceae and Ephedra are observed in low quantities. The Deniş Formation also contains a high percentage of sporomorphs recorded in the Soma Formation. Castanea and Engelhardia are also abundant here. However, herbaceous plants recorded in the Soma pollen assemblage with low percentages are represented by both high percentages and varieties and consist of Poaceae, Asteraceae ve Amaranthaceae.*

*The Miocene sediments in the Uşak-Güre Basin occur in the Hacıbekir Group. Partial sections from the lignite-bearing sequences of İlyaslı, Banaz and Büyükoturak locations were taken and palynological samples were collected. Sporomorph assemblages of the sediments on each locations indicate that Polypodiaceae/Telipteridaceae, undifferentiated Pinaceae, evergreen Quercus, Quercus spp. and Alnus were abundant. However, there are some local differences in quantities. Diversity and percentage of spore are the highest in the İlyaslı pollen assemblage. Also Cupressaceae encountered in other communities at low rates are in high quantities here. Carya and Sparganiaceae forms are predominant in the Büyükoturak pollen assemblage. Herbaceous plants such as Poaceae, Asteraceae and Amaranthaceae in the Büyükoturak and Banaz pollen communities are aboserved in high quantities. These changes in the pollen concentrations should be related with in local vegetational changes. According to palaeoclimate data obtained, deposition of coal-bearing deposits in the Soma and Uşak-Güre basins might have occurred in warm and humid conditions.*

**Key words:** Arabacıbozköy, Miocene, Palaeoclimate, Palynology, Uşak-Güre Basin

## **GİRİŞ**

Afrika ve Avrasya Levhaları arasındaki yakınlaşma sonucu, genleşme tektoniğine maruz kalan Batı Anadolu bölgesinde, çok sayıda graben havzaları gelişmiştir. Bu grabenler ~D-B ve ~K-G olup, ikinci kategori Çapraz Grabenler olarak adlandırılmıştır (Şengör 1987). Bu havzalar Miyosen'den günümüze kadar, gölSEL ve bataklık alanlarda kırıntılı oluşumuna sahne olmuş ve bunlarla ilişkili linyit-içeren tortullar biriktirmişlerdir. (örn. Soma, Seyitömer, Tunçbilek, Çan havzaları). Havzaların jeolojisi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (örn. Nebert 1978; Gemici vd. 1991; Akgün 1993; Akgün ve Akyol, 1999; Seyitoğlu ve Scott 1991, 1994; Takahashi ve Jux 1991; Karayiğit ve Whateley (1997); İnci 1998, 2002; Yavuz-Işık, 2007; Akgün vd. 2007; Akkiraz vd. 2011; Ersoy vd. 2012). Benda (1971) ilk kez güneybatı Anadolu'da yüzlek veren Neojen tortulların palinolojisini incelemiş ve 7 adet palinolojik topluluk tanımlamıştır. Bunlar, Tokça, Kurbalık, Kale, Eskihisar, Yeni-Eskihisar, Kızılhisar ve Akça'dır. Ayırtılan bu sporomof toplulukları birçok çalışmada biyostratigrafik veri olarak kullanılmıştır (Seyitoğlu vd. 1994; Seyitoğlu & Scott 1991, 1994, 1996; Seyitoğlu, 1997). Erken-Orta Miyosen polen topluluğu Eskihisar sporomorf topluluğu ile karakterize edilmektedir. Palinostratigrafik çalışmalar sonraki yıllarda da farklı araştırmacılar tarafından devam etmiştir (Akgün vd., 1986; Benda ve Meulenkamp, 1990; Takahashi

ve Jux 1991; Akgün ve Akyol, 1999). Son yıllarda yapılan çalışmalar genellikle Miyosen süresince değişim gösteren paleokolojik (paleoklim, paleoortam) sorunların çözümüne yöneliktir (Akgün vd. 2007, 2013; Akkiraz vd. 2011; Akkiraz 2011; Akkiraz vd. 2012; Kayseri, 2014). Ayrıca Miyosen devri Paleosen-Eosen'deki tropikal koşullarla, Kuvaterner'deki buzullaşma dönemleri arasında kaldığı için ayrı bir öneme sahiptir. Senozoyik sayısal iklimini ortaya çıkarabilmek için, sporomorflar bu alanda kullanılan en yararlı fosillerdir. Özellikle Avrupalı araştırmacılar uzun yıllar süresince fosil spor ve polenlere dayalı sayısal paleoklim sonuçları elde etmeye çalışmışlardır (Mosbrugger ve Utescher, 1997; Bruch ve Zhilin, 2007; Utescher vd. 2000; 2007, Bruch vd. 2002). Türkiye'de ise Akgün vd. (2007), ilk kez Geç Oligosen-Miyosen zamanında nicel iklimsel değişimlerini ayrıntılı olarak ortaya çıkarmışlardır. Sonraki çalışmalarda da palinostratigrafiye ilaveten paleokolojik değişimlere yoğunlaşmıştır (Akgün vd., 2013; Kayseri ve Akgün 2008; Akkiraz vd., 2011; Akgün vd., 2013; Kayseri, 2014).

Bu çalışmada paleokolojik verilere katkı sağlamak amacıyla, Soma Havzasının güneyinde yeralan Arabacıbozkoy çevresindeki bir sondaj ile Uşak-Güre Havzasının kömür içerikli tortulları incelenmiştir (Şekil 1). Paleokolojik ve paleoklim özellikleri tanımlanmış ve Miyosen devri boyunca sayısal iklim değerleri ve paleoortam özellikleri ortaya çıkarılmıştır.



karşılık genel anlamda çökelişin Erken-?Orta Miyosen süresince gerçekleştiğini göstermektedir. Benzer şekilde Deniz Formasyonu'nun yaşı için de farklı öneriler bulunmasına karşın bu çalışmada ?Orta Miyosen olarak kabul edilmiştir. Palinolojik sonuçlar da bunu desteklemektedir (Gemici vd. 1992; Akgün vd. 2007). Sonuç olarak bu çalışmada Arabacıbozköy sondajından elde edilen tortullarının yaşı Erken-Orta Miyosen olarak kabul edilmiştir.

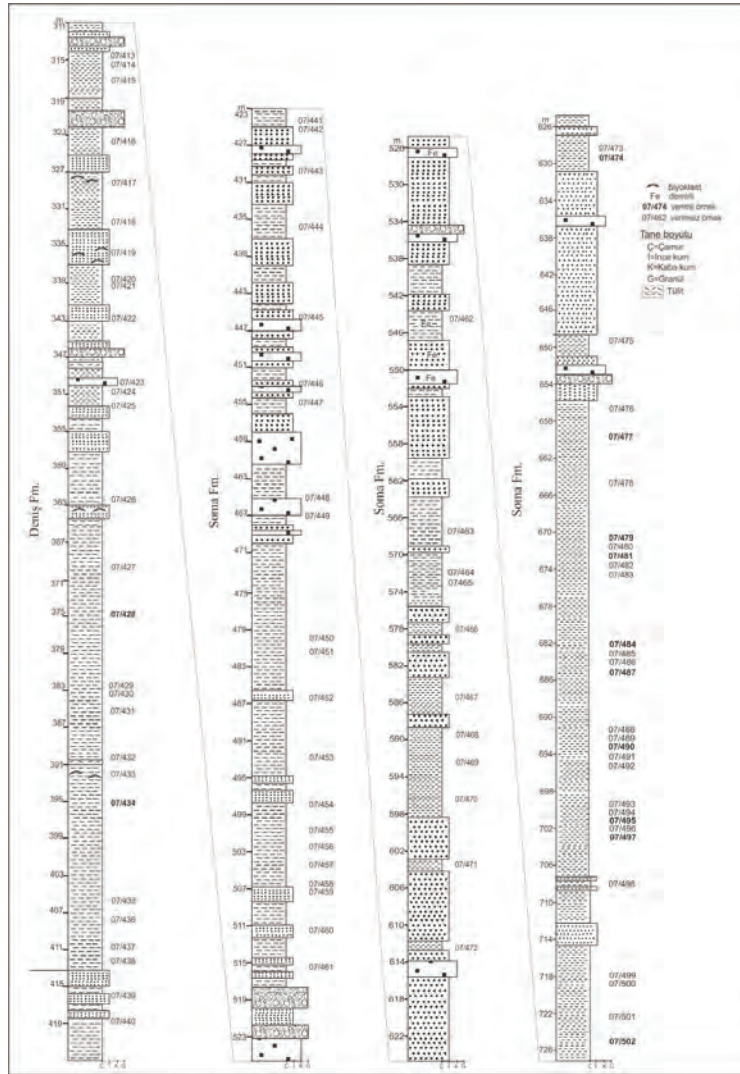
Çalışma alanı Soma Havzasının yaklaşık 40 km güney güneybatısında, Akhisar'ın 37 km batısında yer alan Arabacıbozköy çevresinde bulunmaktadır (Şekil 1). Burada yaklaşık 425 m'lik bir sondaj yapılmıştır (Şekil 3). Sondaj boyunca kırıntılı tortul oluşumları gözlenmektedir

ve genellikle kumtaşı, çakıltası ve kıltaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 3). Yer yer demirli seviyeler ve biyoklastlar da mevcuttur. Üst bölümlere doğru farklı seviyelerde bir kaç tüftü bölüm gözlenmektedir. Önceki çalışmalar da gözönünde bulundurulduğunda, sondaj karotundaki 726-413m' ler arasındaki tortul özellikleri, Soma Havzasındaki Soma Formasyonu ile karşılaştırılabilecek niteliktedir (İnci, 1998, 2002 ). Karotun bu seviyeler arasında gözlenen tortulları olasılıkla Soma Formasyonu'nun kırıntılı bölümlerine karşılık gelmektedir. 413-311 m arasındaki bölümde ise tüftü seviyeler gözlenmektedir. Böyle volkano-kırıntılı seviyeler Deniz Formasyonunda bulunmaktadır (İnci 1998; 2002).

ÇALIŞMA ALANI			UŞAK-GÜRE HAVZASI				SOMA HAVZASI				
YAR (My)	DEVRE	YAŞ	BÖLGESEL YAŞ	ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR							
				Ercan vd. (1978)	Seynoğlu (1997)	Karagözü ve Helvacı (2012)	Ersay vd. (2014)	Nebati (1978)	İnci (1998, 2002)	Kaya vd. (2007)	Ersay vd. (2014)
MIOSENE	BÖLGESEL YAŞ	0-13		Kula Vol.	Kula Vol.	Alfıyon	Alfıyon	Andezit/Flaşit alüvyon	Silicektaşlık ve karbonat kayalar		
		1-80		Azıncı Fm.	Azıncı Fm.						
	PLİYÖSEN	5-33	Ponsiyen	Karaböğür Vol.							
		7-25	Messiniyen	Küçükçerçent Fm.							
			Tortoniyen	Dikender Vol.							
	Orta	11-60	Sarmasiyen	Yemköy Fm.							
		13-65	Badeniyen	Kırıköyü Fm.							
		15-97	Karpatiyen	Yemköy Fm.							
			Burdigaliyen								
			Otmaniye								
Erken	20-43	Egenburjiyen									
		Akınniye									
	23-03	Egeriyen									
Gey		Şatıyen									
	28-45	Kisecliyen									
ERİNGÖSENE	Erken		Rüpeliyen (=Stampiyen)	Temel Kayalar	Temel Kayalar	Temel Kayalar					
		33-90									

Şekil 2. Soma ve Deniz formasyonlarını gösteren Arabacıbozköy (Soma Havzası) sondajının incelenen bölümü (Koord: 41121/12727).

Figure 2. Investigated part of the Arabacıbozköy (Soma Basin) core showing the Soma and Deniz formations (Coord: 41121/12727).



**Şekil 3.** Uşak-Güre Havzasında önceden yapılmış olan çalışmaların korelasyon tablosu.  
**Figure 3.** Correlation table of previous studies carried out in the Uşak-Güre Basin.

### Uşak-Güre Havzası

Uşak ve çevresindeki geniş bir alanda, Miyosen yaşlı tortullar yüzlek vermektedir. Birbirinden uyumsuzlukla ayrılan sırasıyla alttan üste Hacıbekir ve İnay guruplarından oluşmaktadır (Ercan ve diğ. 1978; Seyitoğlu, 1997; Çemen vd. 2006; Ersoy vd. 2010, 2011, 2014; Karaoğlu vd. 2010; Karaoğlu ve Helvacı, 2012, 2014). Ercan vd., (1978) bölgede yapmış oldukları çalışmada, linyit içerikli istifi İnay Grubu içinde yer alan Yeniköy ve Küçükderbent formasyonları olarak

adlandırmışlardır (Şekil 2). Yeniköy Formasyonu, çakıltası, kumtaşı, kiltası, tüfit ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Yer yer ince kömürlü düzeyler gözlenmektedir. Kömürlü düzeylerden elde edilen polen bulguları ve ostrakod faunasına göre Orta-Geç Miyosen olarak yaşlandırmışlardır. Uyumlu olarak Küçükderbent Formasyonu üstlemektedir ve kumtaşı, kiltası, tüfit ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır ve işletilebilir kalınlıkta linyit damarları gözlenmektedir. Araştırmacılar balık, ostrakod, yaprak ve sporomorf

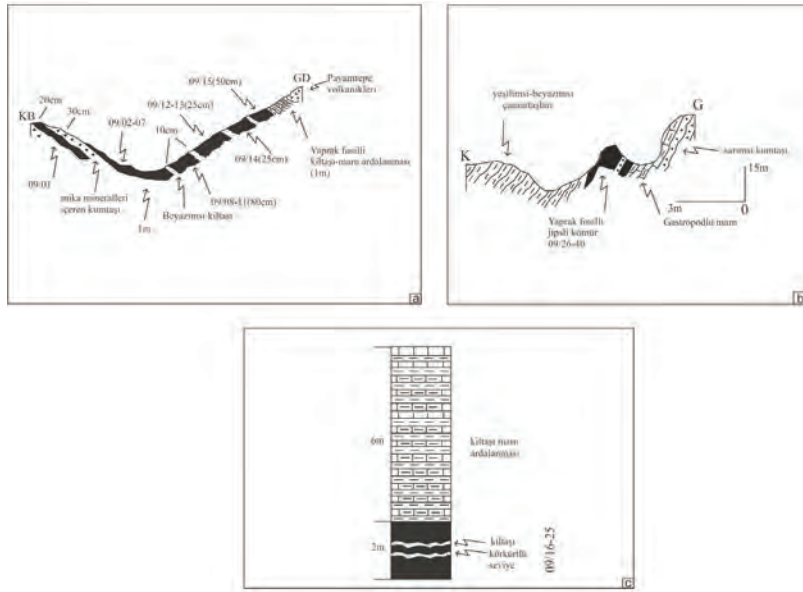
fosillerine göre linyitli tortuların Geç Miyosen’de çökeldiğini belirtmektedir. Sonraki çalışmalar ise, volkanik düzeylerden elde edilen yaşların 20-18.9 my arasında değiştiğini göstermektedir (Seyitoğlu, 1997). Ayrıca linyit içerikli bu tortulardan elde edilen palinostratigrafik veriler “Eskihisar Sporomorf Topluluğu” (Benda, 1971; Benda ve Meulenkamp, 1990) ile korele edilebileceğini ve bu tortuların Burdigaliyen (Erken Miyosen)’de oluştuğunu belirtmektedirler (Seyitoğlu 1997). Son yıllarda yapılmış çalışmalar da Hacibekir Grubu kayalarının Erken Miyosen’de oluştuğunu belirtmektedirler (Karaoğlu ve Helvacı, 2012; Ersoy vd. 2011) (Şekil 2). Araştırmacılar Ercan vd. (1978)’in ayrılmış oldukları kömürlü Küçükderbent Formasyonu’nu Hacibekir grubu içerisinde belirtmektedirler. Havzada İnay Gurubuna ait kayalar, Ahmetler ve Ulubey formasyonları ile Payamlı volkaniklerinden oluşmaktadır (Şekil 2). Ercan vd. (1978) çalışmasında tüm bu formasyonlar, Pliyosen yaşlı kabul edilmesine karşılık, son zamanlarda yapılan radyometrik yaş

tayinlerine göre İnay Gurubu kayaları geç Erken Miyosen-Orta Miyosen yaşlıdır (Seyitoğlu, 1997; Karaoğlu ve Helvacı, 2012; Ersoy vd. 2011, 2014). Bunların üzerine ise Asarteppe Formasyonu ve alüvyon uyumsuz olarak gelmektedir Bu çalışmada, havzadaki kömürlü Erken Miyosen istifinden (Hacıbekir Grubu) bölümsel kesitler alınmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada, Arabacıbozköy (Soma Havzası) sondaj karotunun 425 m lik bölümünden (Soma ve Deniz formasyonları) toplam 90 adet palinolojik örnek derlenmiştir (Şekil 3). Uşak-Güre havzasındaki çalışmalar 3 farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Bunlar, batıdan doğuya, İlyaslı, Banaz ve Büyükoturak lokasyonlarıdır (Şekil 1). Bu noktalardan bölümsel kesitler alınmış ve palinolojik amaçlı örnekler derlenmiştir (Şekil 4). Toplam 40 adet palinolojik örnek derlenmiştir.



**Şekil 4.** (a) İlyaslı güneydoğusundan alınan jeolojik enine kesit (Koord: 93758/73803), (b) Büyükoturak güneydoğusundan alınan jeolojik enine kesit (Koord: 55166/00168) (c) Banaz güneyinden alınan ölçülü kesit (Koord: 36570/73906). Lokasyon için şekil 1’e bakınız.

**Figure 4.** (a) Geological cross-section from southeast of İlyaslı (Coord: 93758/73803), (b) Geological cross-section from southeast of Büyükoturak (Coord: 55166/00168), (c) Measured section from south of Banaz (Coord: 36570/73906). See figure 1 for location.

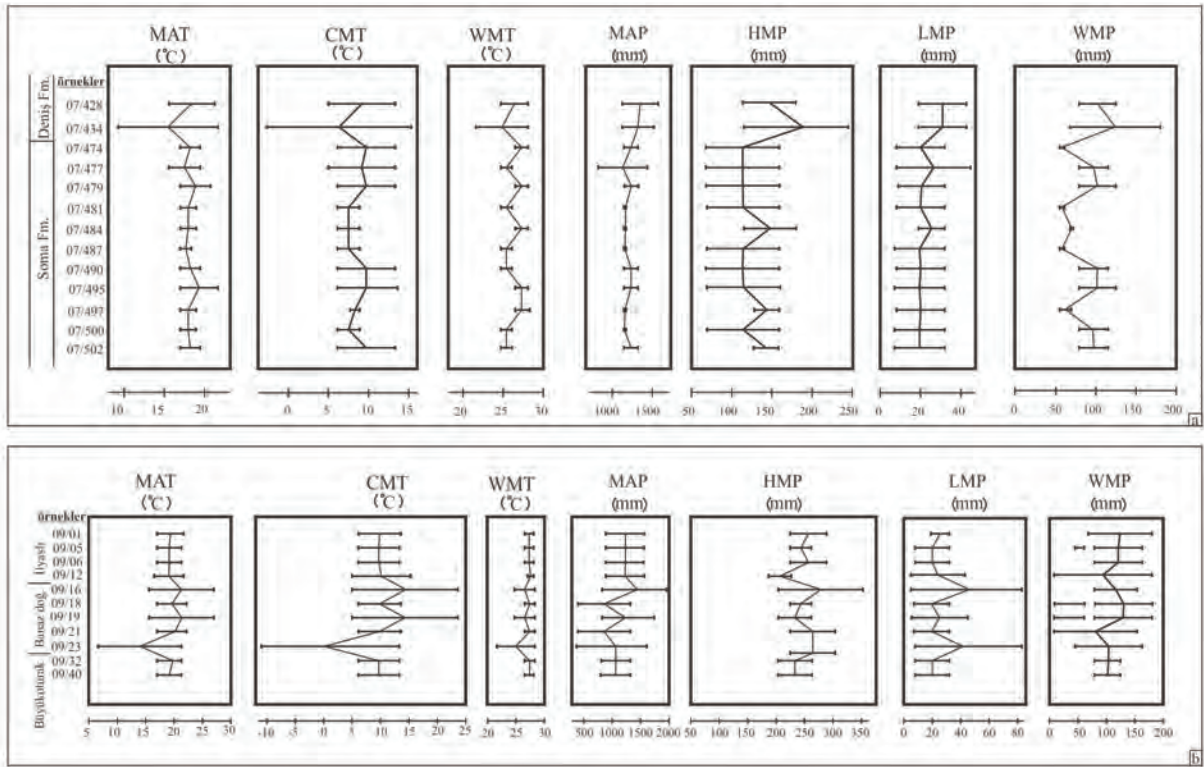




### Paleoiklim Yorumlamaları İçin Yöntem

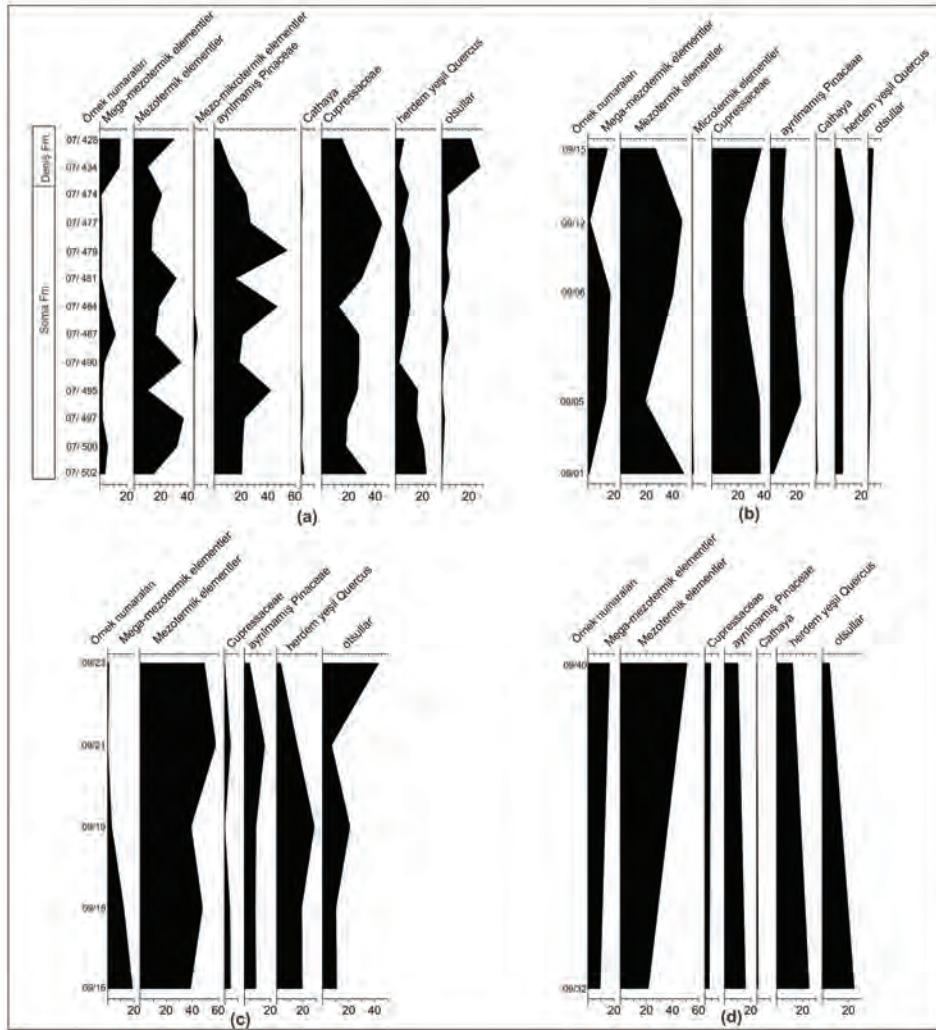
Sporomorflar kullanılarak palaeoiklim verileri, Mosbrugger ve Utescher (1997) tarafından ortaya atılan Coexistence Approach yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Coexistence Approach yönteminin uygulaması, ClimStat adlı bilgisayar programı ve 3000den fazla Tersiyer 'de yaşamış olan bitkinin yaşayan en yakın akrabaları ve bunların meteoroloji istasyonlarından elde edilmiş iklimsel verileri sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada elde edilen palinoflora 7 ayrı iklim parametresi açısından değerlendirilmiştir. Bunlar

“Yıllık Ortalama Sıcaklık” (MAT), Kış Sıcaklığı (CMT), “Yaz Sıcaklığı” (WMT) “Yıllık Yağış Miktarı” (MAP), “En Nemli Ayın Yağış Miktarı” (HMP), “En Kurak Ayın Yağış Miktarı” (LMP) ve “En Sıcak Ayın Yağış Miktarı” (WMP) dir (Şekil 6). Ayrıca bitkiler ekolojik özelliklerine göre gruplandırılmış, mega-mezotermik, mezotermik, mezo-mikrotermik elementler, ayrılmamış Pinaceae, *Cathaya*, Cupressaceae, herdem yeşil *Quercus* ve otsullar olmak üzere 9 ayrı grup oluşturulmuştur (Suc 1984, Jiménez-Moreno vd., 2005; Ivanov vd., 2012 (Şekil 7).



**Şekil 6.** Soma (Arabacıbozköy) (a) ve Uşak-Güre havzalarındaki (b) örneklerden, Coexistence Approach yöntemine dayalı elde edilen paleoiklim sonuçları. MAT–yıllık ortalama sıcaklık; CMT–kış sıcaklığı; WMT–yaz sıcaklığı; MAP–yıllık yağış miktarı; HMP–nemli ay yğış miktarı; LMP–kurak ay yağış miktarı; WMP–sıcak ay yağış miktarı.

**Figure 6.** The palaeoclimate results on the basis of Coexistence Approach Method from the samples of the Soma (Arabacıbozköy) (a), and Uşak-Güre basins (b). MAT– mean annual temperature; CMT– mean temperature of the coldest month; WMT– mean temperature of the warmest month; MAP– mean annual precipitation; HMP– precipitation of the wettest month; LMP– precipitation of the driest month; WMP– precipitation of the warmest month.



**Şekil 7.** Ekolojik özelliklerine göre gruplandırılmış sporomorfların yüzdesi (Suc, 1984; Jimenez-Moreno vd., 2005; Ivanov vd., 2012). Mega-mezotermik elementler (subtropikal): *Arecaceae*, *Castanea* type, *Clethraceae-Cyrrillaceae*, *Engelhardia*, *Myrica* type, *Reevesia*, *Sapotaceae*, *Taxodium*; Mezotermik elementler (ılık sıcak): *Alnus*, *Betula*, *Carya*, *Carpinus*, *Corylus*, *Fagus*, *Hamamelidaceae*, *Ilex*, *Nyssa*, *Oleaceae*, *Ostrya*, *Platanus*, *Pterocarya*, yaprak dökün *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus*, *Zelkova*; Mezo-mikrotermik elementler (orta yükselti ağaçları): *Cedrus*; Mikrotermik elementler (yüksek yükselti ağaçları): *Picea*, *Tsuga*; Herdem yeşil *Quercus*; Ayrılmamış Pinaceae: *Pinus haploxylo* tip; *Pinus diploxylo* tip; *Cathaya*; *Cupressaceae*; Otsullar: *Asteraceae*, *Amaranthaceae*, *Ephedra*, *Nymphaceae*, *Liliaceae*, *Poaceae*, *Potamogetonaceae*, *Sparganiaceae*

**Figure 7.** Percentages of sporomorphs grouped under their ecological requirements (Suc, 1984; Jimenez-Moreno vd., 2005; Ivanov vd., 2012). Mega-mesothermic elements (subtropical): *Arecaceae*, *Castanea* type, *Clethraceae-Cyrrillaceae*, *Engelhardia*, *Myrica* type, *Reevesia*, *Sapotaceae*, *Taxodium*; Mesothermic elements (warm temperate): *Alnus*, *Betula*, *Carya*, *Carpinus*, *Corylus*, *Fagus*, *Hamamelidaceae*, *Ilex*, *Nyssa*, *Oleaceae*, *Ostrya*, *Platanus*, *Pterocarya*, yaprak dökün *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus*, *Zelkova*; Meso-microthermic element (mid- altitude tree): *Cedrus*; Microthermic elements (high altitude trees): *Picea*, *Tsuga*; Evergreen *Quercus*; Undifferentiated Pinaceae: *Pinus haploxylo* type *Pinus diploxylo* type; *Cathaya*; *Cupressaceae*; Herbs: *Asteraceae*, *Amaranthaceae*, *Ephedra*, *Nymphaceae*, *Liliaceae*, *Poaceae*, *Potamogetonaceae*, *Sparganiaceae*

## PALİNOLOJİK SONUÇLAR

### Soma Havzası

#### Arabacıbozköy karotü

Arabacıbozköy lokasyonunda sondaj karotünden (Soma ve Deniz formasyonları) derlenen palinolojik örneklerden 09/502-474 arasındaki 11 tanesi Soma Formasyonu'ndan 09/428 ve 09/434 numaralı 2 örnek ise Deniz Formasyonu'ndan derlenmiş ve sayıma uygun bulunmuştur (Şekil 5a). Gerek Soma gerekse Deniz polen topluluklarında spor çeşitliliği ve yüzdesi düşüktür. Çeşitlilik ve yüzdenin Oligosen süresince fazla olduğu bazı çalışmalarda vurgulanmaktadır (Akyol, 1971; Akgün ve Akyol, 1999; Akgün ve Sözbilir 2001; Akkiraz ve Akgün, 2005). Aksine, Soma ve Deniz polen topluluklarında olduğu gibi, spor çeşitliliği Miyosen'de daha düşüktür (Akgün ve Akyol, 1999). Her iki formasyonda tanımlanan formların büyük bir çoğunluğu Miyosen'de Batı Anadolu'da yaygın olarak gözlenen formlardan oluşmaktadır. Soma Formasyonu'ndan elde edilen palinolojik topluluk, ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae, herdem yeşil *Quercus*, *Alnus* ve *Quercus* spp., formları yüksek yüzdelerle temsil edilirler (Şekil 5a). Toplulukta, *Picea*, *Pinus diploxylon* tip, *Larix*, *Engelhardia*, *Ulmus*, *Carya* ve *Ephedra* daha düşük yüzdelerle temsil edilmektedir. Sporlar sadece *Lygodium*, Polypodiaceae/Telipteridaceae ve *Polypodiaceoisporites* sp. formlarından oluşmaktadır. Deniz Formasyonu'nundan elde edilen palinolojik toplulukta ise spor çeşitliliği az ancak yüzdeleri daha yüksek olan *Lygodium* ve *Puncatatisporites* sp. formlarından oluşmaktadır. Polenlerden ise Soma Formasyonu'nda baskın olanlardan ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae, *Alnus* ve herdem yeşil *Quercus* daha düşük yüzdelerde temsil edilmektedirler (Şekil 5a). Ancak Soma topluluğunda düşük yüzdelerde gözlenen, *Castanea*, *Engelhardia*, *Carya*, Nymphaceae, Sparganiaceae, Poaceae, Asteraceae ve Amaranthaceae formları Deniz topluluğunda yüksek yüzdelerdir (Şekil 5a). Buradaki otsul formlardan Asteraceae, Poaceae ve Amaranthaceae

yüzdelerinin Geç Miyosen'de (Tortoniyen) arttığı bilinmektedir (Akgün ve Akyol 1999; Akgün vd., 2000, 2007; Akkiraz, 2011 Akkiraz vd., 2011; 2012; Yavuz-Işık vd., 2011; Şengüler & Akkiraz, 2014). Deniz polen topluluğu bu otsul pollenlerin ve Nymphaceae gibi sucul bitkilerin yüzdesinin fazla olması ile Soma polen topluluğundan ayrılmaktadır.

#### Uşak-Güre Havzası

Havzadaki İlyaslı, Banaz ve Büyükoturak lokasyonlarından derlenen 40 adet palinolojik örneğin toplam 12 tanesinden sayım yapılabildiği (Şekil 4, 5b). Bunlardan 5 tanesi İlyaslı, 5 tanesi Banaz ve 2 tanesi de Büyükoturak lokasyonlarına aittir (Şekil 5b). Arazi çalışmaları süresince bu lokasyonlardan alınan bölümsel kesitlerin stratigrafik ilişkisi bilinmediği için, bu lokasyonlardan elde edilen polen toplulukları rastgele diyagrama aktarılmıştır (Şekil 5b).

Her üç lokasyonda spor çeşitliliği azdır. İlyaslı'da sporlardan *Osmunda*, Polypodiaceae/Telipteridaceae, *Echinosporis microechinatus*, *Extrapunctatisporites* sp., yüksek yüzdelerle temsil edilmektedirler. Polenlerden, ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae, herdem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp. ve *Alnus* baskın formlardır. Cyrillaceae-Clethraceae, *Castanea*, *Engelhardia*, *Platanus*, *Carya* ve *Ulmus* ise daha düşük yüzdelerle temsil edilirler (Şekil 5b).

Banaz'dan elde edilen sporomorf topluluğunda sporlardan Polypodiaceae/Telipteridaceae (morfolojik tür *Laevigatosporites haardtii*) yüzdesi çok yüksektir. Bunun dışında sporlar çok düşük yüzdelerle temsil edilir. Toplulukta ayrılmamış Pinaceae, herdem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp. ve *Alnus* en fazla yüzdeye sahip formlardır. Ayrıca, *Platanus*, Myricaceae, Sparganiaceae, Poaceae ve Chenopodiaceae düşük yüzdelerle toplulukta gözlenmektedir.

Büyükoturak köyündeki açık işletmeden alınan örneklerin sporomorf içerikleri Banaz topluluğu ile benzer özellikler göstermektedir.

Sporlardan Polypodiaceae/ Telipteridaceae yine çok yüksek yüzdelerdir. Topluluk ayrılmamış Pinaceae, herdem yeşil *Quercus*, *Alnus*, *Carya* ve Sparganiaceae formlarının yüksek yüzdeleri ile karakterize edilmektedir. Ayrıca *Quercus* spp., *Corylus*, Poaceae ve Chenopodiaceae daha düşük oranlardadır. Uşak-Güre havzasındaki farklı lokasyonlardan elde edilen sporomorf topluluklarının içerikleri küçük farklılıklar dışında birbirleri ile karşılaştırılabilecek yüzdelerle sahip formlardan oluşmaktadır. Belirgin bir farklılık olarak, Cupressaceae formu İlyaslı polen topluluğunda çok yüksek yüzdelerde gözlenirken, Banaz ve Büyükoturak örneklerinde daha düşük yüzdelerdir (Şekil 5b). Ayrıca form, Banaz ve Büyükoturak topluluklarında benzer yüzdelerle temsil edilir. Bunun sebebi, çoğunlukla turba bataklığında yaşayan Cupressaceae (servi) formunun, İlyaslı tortulları çökeli süresince gelişmiş bir bataklığın varlığına işaret etmesidir. Diğer yandan Banaz ve Büyükoturak tortullarının çökeli, belirgin bir bataklıkta, *Alnus*, *Carya*, Myricaceae formlarının baskın olduğu bir ortamda gelişmiştir.

## PALEOVEJETASYON

### Soma Havzası

#### Arabacıbozköy alanı

Elde edilen polen bulgularına göre, Soma ve Deniz formasyonlarının çökeli süresince birikim alanı çevresindeki yükseltilerdeki bitkileri ayırt etmek mümkündür. Soma Formasyonu'nun çökeli süresince, çevredeki yükseltilerde belirgin bir orman örtüsü bulunmaktadır. Bu orman içerisinde ayrılmamış Pinaceae (çam), *Picea* (ladin) ve *Pinus diploxylon* tip (çam) gibi konifer ormanı bitkileri ile karışık orman topluluğunun elemanları olan herdem yeşil *Quercus* (meşe), yaprak dökken *Quercus* ve *Quercus* spp. bitkileri yoğun olarak bulunmaktaydı. Bu veriler yoğun bir kozalaklı meşe ormanının varlığını gösterir. İrmak kenarı bitki örtüsünün baskın bitkisi *Alnus*

(kızılağaç)'tur. Bu ortamda *Ulmus/Zelkova* (karaağaç) bitkileri de bulunmaktadır. Linyit oluşumunu denetleyen turbalık alandaki bataklıkta ise Cupressaceae (servi), *Nyssa* (sakız ağacı), *Taxodium* (selvi) ve Myricaceae (mersin ağacı) bulunmaktadır. Su içerisinde yaşayan bitkiler ise Sparganiaceae (su kamışı), Nymphaeaceae (nilüfer) ve Potamogetonaceae (su sümbülü) bitkileri mevcuttur.

Deniz Formasyonu'nun çökeli süresince benzer bir bitki topluluğu çevredeki alanları kaplamaktadır. Kozalaklı meşe ormanı içerisinde, yüksek oranda *Castanea* (kestane), *Engelhardia* (cevizgiller) bitkileri de gözlenmektedir. Ancak çökeli süresince açık alanlar (bugünkü step alanlarına benzer) da oluşmaya başlamış olmalıdır. Çünkü Poaceae (buğdaygiller), Asteraceae (papatyagiller), Amaranthaceae (ıspanakgiller) gibi otsul bitkilerin yüzdesi artmaya başlamıştır.

### Uşak-Güre Havzası

Çalışılan yerlerden elde edilen polen bulguları birbirlerine benzer özellik gösterdiği için, burada her bir polen topluluğu ayrı ayrı anlatılmayıp tümünün bir özeti açıklanacaktır. Havzanın bu linyit içerikli tortuların çökeli süresince, Soma Havzasının çökeli süresince benzer bir bitki örtüsü bulunmaktadır. Beslenme alanındaki bitkiler genellikle odunsu karakterde olup genellikle kozalaklı meşe ormanı hakimdir. Bu orman içerisinde Cyrillaceae-Clethraceae (karabuğday), *Castanea* (kestane) ve *Olea* (zeytin) bitkileri de az oranda bulunmaktadır. Açık alanları belirten otsullar Poaceae (Buğdaygiller), Asteraceae (Papatyagiller) ve Amaranthaceae (ıspanakgiller) bitkileri çok düşüktür ve gerçek açık alanlar bulunmamaktadır. Bataklığı Cupressaceae, *Nyssa* ve Myricaceae bitkileri oluşturmaktadır. Bataklık alanında baskın olan Cupressaceae bitkileri İlyaslı alanında çok yüksek miktarda gözlenmektedir. Buna karşın Banaz ve Büyükoturakta ise daha düşük yüzdelerle temsil edilmektedir. Su içerisinde yaşayan Sparganiaceae Banaz ve Büyükoturak alanlarındaki çökeli süresince yoğun olarak

bulunmaktadır. Ancak aynı bitkiler İlyaslı alanında gözlenmemektedir. Formların yüzdelerindeki bu değişim olasılıkla kısa mesafelerdeki bitki örtüsündeki değişimle ilgili olmalıdır.

## PALEOKLİM

Sayısal iklim değerleri elde edebilmek için, polenlerden yararlanarak bitkiler ortaya çıkarılmış ve "Coexistence Approach" yöntemiyle değerlendirilmiştir (Mosbrugger ve Utescher, 1997).

### Soma Havzası

#### Arabacıbozköy Alanı

Bu bölümde Arabacıbozköy alanındaki Soma ve Deniz formasyonlarından elde edilen sayısal iklim sonuçları sunulmaktadır. Soma Formasyonundan elde edilen yıllık ortalama sıcaklık değeri geniş aralık vermektedir ve 15.6 ve 20.8 °C (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Tilia*) arasındadır. En soğuk ayın sıcaklığı, 5.0 ve 13.3 °C (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Carya*) arasındadır (Şekil 6a). Yaz sıcaklığı 24.7 ve 28.1 °C (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Tilia*) arasındadır. Yıllık yağış miktarı, 1146 ve 1179 mm (alt sınır *Cathaya*; üst sınır *Quercus*) arasında değişmektedir. En nemli ayın yağış miktarı 128 ve 159 mm (alt sınır *Arecoideae*; üst sınır *Quercus*) arasında, kurak ay yağış miktarı 19 ve 32 mm (alt sınır *Lygodium*; üst sınır *Carya*) arasında değişir. En sıcak ayın yağış miktarı ise farklı değerler göstermekte ve 79 ve 116 mm (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Quercus*) ile 68 ve 71 mm (alt sınır *Lygodium*; üst sınır *Ephedra*) arasındadır. Yağış miktarındaki bu değişim çeşitli nedenlere bağlı olarak değişebilir. Bu nedenler paleocoğrafyadaki değişimler, farklı ortamlarda yaşayan birbirinden farklı bitki toplulukları, taksonomik etkiler (eksik tanımlama veya fosilleşme koşulları) olabilir. Deniz Formasyonuna ait iki örnekten elde edilen sayısal iklim sonuçları, MAT= 15.6-21.7 °C (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Cupressaceae*), CMT= 5-13.3 °C (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Carya*), WMT= 24.7-28.1 °C (alt sınır *Engelhardia*; üst

sınır *Cupressaceae*), MAP=1122-1574 mm (alt sınır *Lygodium*; üst sınır *Taxodiaceae*), HMP= 115-180 mm (alt sınır *Lygodium*; üst sınır *Carya*), LMP= 19-43 mm (alt sınır *Lygodium*; üst sınır *Cupressaceae*), WMP=79-125 (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Pinus diploxylon* tip) şeklinde sıralanabilir. Soma ve Deniz formasyonlarından elde edilen sayısal iklim sonuçları birbirleri ile karşılaştırılabilecek niteliktedir. Çökelim süresince belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Ayrıca bitki grupları ekolojik kriterlerine göre guruplandırıldığında, Soma Formasyonu'nun çökeli mi süresince mezotermik (ılıman sıcak) bitkilerin yüksek değerlerde olduğu gözlenmektedir (Şekil 7a). Ancak mega-mezotermik (subtropikal) bitkilerin yoğunluğu daha düşük yüzdelerde dir. Kesit boyunca herdem yeşil *Quercus*'un gözlenmesi iklimin sıcak olduğunu desteklemektedir (Şekil 7a). *Cupressaceae* bitkileri yüksek yüzdelere temsil edilmektedir ve turba bataklığının varlığını çökelim süresince koruduğunu göstermektedir. Açık alanları belirten otsullar çok düşük yüzdelere gözlenmektedir. Deniz Formasyonu'nun çökeli mi süresince mega-mezotermik ve otsul bitkilerin oranı daha da artmaktadır. Bu artış, sayısal iklim değerlerinde belirgin farklılıklar yaratmamaktadır. Ayrıca mezotermik, herdem yeşil *Quercus* ve *Cupressaceae* yüzdelerinde önemli bir değişim olmamaktadır. Sayısal iklim sonuçları, farklılık göstermemesine karşılık Deniz Formasyonu'nun çökeli mi de subtropikal iklim şartlarında çökeli mi olmalıdır.

### Uşak-Güre Havzası

#### İlyaslı

Arazi çalışmaları süresince, derlenen 15 örneğin sadece 5 tanesi sayısal iklim sonuçlarını ortaya çıkarabilecek polen yüzdesine sahip olduğu görülmüştür (Şekil 6b). Elde edilen iklim değerleri aşağıdaki şekilde sıralabilir: MAT=16.5-21.3 °C (alt sınır *Cycadaceae*; üst sınır *Carya*); CMT= 5.5-13.3 °C (alt sınır *Cycadaceae*; üst sınır *Carya*); WMT= 27.3-28.1°C (alt sınır *Cycadaceae*; üst sınır *Cupressaceae*); MAP= 887-1574 mm

(alt sınır Cycadaceae; üst sınır Cupressaceae); HMP= 225-227 mm (alt sınır *Cathaya*; üst sınır *Pinus diploxylon* tip); LMP= 19-43 mm (alt sınır *Lygodium*; üst sınır *Cathaya*); WMP= 79-163 (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Carya*). Ayrıca ikinci bir WMP değeri de elde edilmiştir. Bu da 45-61 mm (alt sınır *Carya*; üst sınır *Ephedra*) arasında değişmektedir. Ayrıca İlyaslı topluluğunda, mega-mezotermik (subtropikal) ve mezotermik (ılıman sıcak) elementlerin baskın olması da iklimin sıcak olduğunu göstermektedir (Şekil 7b). Subtropik elementler içinde en fazla gözlenenler, *Castanea*, Cyrillaceae-Clethraceae ve *Engelhardia* formlarıdır. Mezotermik elementlerden en yüksek yüzdeyi *Alnus* formu oluşturmaktadır.

### Banaz

Banaz alanından, arazi çalışmaları süresince toplam 10 örnek derlenmiştir. Bunlardan ancak 5 tanesinden paleoiklim sonuçları elde edilmiştir (Şekil 6b). *Engelhardia* ve *Carya* formları kullanılarak, yıllık ortalama sıcaklık (MAT) değerleri 15. 6-21.3°C arasında, kış sıcaklığı (CMT) 5-13.3 °C arasında değişmektedir. *Engelhardia* ve *Quercus* formları sınır taksalarına göre yaz sıcaklık (WMT) değerleri 24.7-28.3°C arasındadır. *Engelhardia* ve *Cathaya* polenlerine göre, yıllık yağış miktarı 823-1322 mm arasındadır. Nemli ay yağış miktarı (HMP) 204-262 mm arasındadır (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Ephedra*). *Carya* ve *Cathaya* polenlerine kullanılarak kurak ay yağış miktarı (LMP), 8-32 mm dir. Coexistence approach yöntemi sıcak ay yağış miktarları için farklı 2 aralık sağlamaktadır. Bunlar, 79-154 mm (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır Betulaceae) ve 8-61 mm (alt sınır *Alnus*; üst sınır *Ephedra*). Bu farklılık paleocoğrafyadaki değişimle ilgili olmalıdır. Ayrıca, kesit boyunca mezotermik elementler baskındır. Mega-mezotermik elementler ise 09/16 ve 09/18 numaralı örneklerde fazla, diğer örneklerde ise yüzdeleri düşmektedir (Şekil 7c). Toplulukta herdem yeşil *Quercus* ve otsullar da baskındır. İlyaslı polen topluluğunda olduğu gibi, mezotermik elementlerin içinde en yüksek yüzdeyi *Alnus* formu oluşturmaktadır.

### Büyükoturak

Palinolojik sayımı yapılan 2 örneğin sayısal iklim sonuçları İlyaslı ve Banaz'dan elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir. Buna göre MAT= 17-21.3 °C, CMT= 6.2-13.3 °C (alt sınır *Cathaya*; üst sınır *Carya*), WMT= 26.5-28.1°C (alt sınır *Cathaya*; üst sınır Cupressaceae), MAP= 823-1322 mm (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Cathaya*), HMP= 204-262 mm (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Ephedra*), LMP= 8-32 mm (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Cathaya*) WMP= 79-125 mm (alt sınır *Engelhardia*; üst sınır *Pinus diploxylon* tip) arasında değişir (Şekil 6b). Benzer şekilde mezotermik elementler baskındır ve egemen olarak *Alnus* ve *Carya* formlarından oluşmaktadır. Mega-mezotermik elementler göreceli olarak daha az yüzdeyle temsil edilirler ve genellikle Cyrillaceae-Clethraceae ve *Castanea*'dan oluşmaktadır.

Elde edilen sayısal iklim sonuçları ve bitkilerin ekolojik gereksinimleri gözönünde bulundurulduğunda, Soma (Arabacıbozköy alanı) ve Uşak-Güre Havzalarının çökeli mi sıcak iklim ve yağışlı koşullar altındaki çökelmeleri yansıtmaktadır (Şekil 7d). Bu sonuç batı Anadolu'dan elde edilen iklim sonuçları ile karşılaştırılabilecek niteliktedir (Ediger vd. 1990; Gemici vd. 1991; Akgün ve Akyol, 1999; Akgün vd. 2007; Akkiraz 2011; Akkiraz vd. 2011, 2012)

### SONUÇLAR

Bu çalışma Soma (Arabacıbozköy) ve Uşak-Güre havzalarındaki paleoekolojik sonuçları göstermektedir. Elde edilen palinolojik topluluklar zengin bir bitki örtüsünün varlığını göstermektedir. Miyosen süresince heriki havzadaki tortulların çökeli mi yoğun bir orman örtüsü ile kaplanmış bir beslenme alanının varlığına işaret etmektedir. Arabacıbozköy alanındaki Soma ve Deniz formasyonlarına ait palinolojik topluluklar genellikle, ayırtılmamış Pinaceae, Cupressaceae, herdem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp. ve *Alnus* formlarından oluşmaktadır. Soma

polen topluluğunda Poaceae, Amaranthaceae ve Asteraceae gibi otsul formlar düşük oranlarda gözlenirken, Deniz topluluğunda ise yüksek yüzdelerdedir. Otsul form yüzdesinin artmasına karşılık, sayısal iklim sonuçları benzerlik göstermektedir. Ayrıca bitkiler ekolojik özelliklerine göre gruplandırıldığında, formasyonların çökelişi süresince megamezotermik, mezotermik, ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae ve hedem yeşil *Quercus* yüzdeleri karot boyunca değişim göstermemektedir. Sonuç olarak heriki formasyonun çökelişi, yağışlı ve sıcak iklim şartlarında gerçekleşmiştir.

Uşak-Güre Havzasındaki çalışmalar İlyaslı, Banaz ve Büyükoturak çevrelerinde gerçekleştirilmiştir. Bu alanlardan elde edilen palinolojik topluluklarda, Polypodiaceae/Telipteridaceae, ayrılmamış Pinaceae, herdem yeşil *Quercus* ve *Alnus* formları baskındır. Ancak Soma Havzasında olduğu gibi, her alanın polen içeriğinde değişiklikler gözlenmektedir. Polypodiaceae/Telipteridaceae, Büyükoturak ve Banaz polen topluluklarında yüksek yüzdelerde gözlenirken, İlyaslı polen topluluğunda ise daha düşük miktarlardadır. Cupressaceae İlyaslı polen topluluğunda bol, ancak diğer topluluklarda ise daha düşük yüzdelerde gözlenmektedir. Otsul formlar tüm topluluklarda düşük oranlardadır. Sucul bitkilerden Sparganiaceae Büyükoturak ve Banaz topluluklarında bol miktarda, İlyaslı topluluğunda ise gözlenmemektedir. Elde edilen iklim sonuçları, Soma Havzasından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilecek niteliktedir. Ayrıca her üç alandan elde edilen paleoekolojik bitki gruplarının yüzdeleri de birbirine benzerdir. Mezotermik, ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae, herdem yeşil *Quercus* baskındır ve bu formlar Soma Havzası'nda da baskın olan formlardır.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 106Y104 nolu TÜBİTAK projesi ve BMBF (Almanya) tarafından desteklenmiştir.

Yazarlar, TÜBİTAK ve BMBF yetkililerine maddi katkılarından dolayı teşekkür eder. Araştırmacılar, arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Rıza Görkem Ozkay ve Alican Diyarbakırlı'ya teşekkürü borç bilirler. Yazarlar, makaleye yapıcı eleştirilerle katkı sağlayan hakemler Prof. Dr. Faruk Ocakoğlu'na ve Prof. Dr. Nazire Özgen Erdem'e teşekkür eder.

#### EXTENDED SUMMARY

*There are many Miocene coal-bearing continental basins in western Anatolia. Some of these basins such as, Çan, Soma, Kütahta (Tunçbilek and Seyitömer) and Yatağan are formed as deposited in the north-south trending graben systems. Since the Miocene epoch includes coal-bearing deposits and as a result of warm climate cycles, it forms the subject of many studies. This study shows palaeoecological results from the Soma and Uşak-Güre basins in Western Anatolia. The first of the studied area is near the Arabacıbozköy village located south of the Soma Basin. Here a private company drilled a core reaching its thickness around 425 m. The sequence obtained contains sedimentary formations which were previously distinguished as Soma and Deniz formations in the Soma Basin. The sequence corresponding to the Soma Formation consists of fine-grained sediments such as granule, sandstone and mudstone with thin lignite seams and lenses. The overlying Deniz Formation comprises volcano-clastic deposits together with fine-grained sediments. However thick lignite seams which were previously distinguished in the Soma Basin as lower, medium and upper lignite successions were not recognized here (Nebert, 1978). Palynological contents of the Soma and Deniz formations are similar, and consist mainly of undifferentiated Pinaceae, Cupressaceae, evergreen *Quercus*, *Quercus* spp. and *Alnus*. It means that there were oaks and coniferous forest at elevations around the accumulation area. Within this forest lower percentages of other coniferous forest elements such *Cedrus*, *Picea*, *Cathaya*, *Sequoia**



and *Larix* also occur. Except for *Quercus*, the other elements of mixed mezophytic forest association are *Cyrillaceae-Clethracea*, *Castanea*, *Oleaceae*, *Fagaceae* and *Cycas*. The swamp was dominated by *Cupressaceae* plants. In that swamp *Taxodium*, *Nyssa* and *Myrica* plants occurred in low quantities. Herbaceous plants such as *Poaceae*, *Asteraceae* and *Amaranthaceae* represented by low quantities in the Soma Formation increased their percentages in the *Deniş* Formation. Previous studies point out that diversities and percentages of herbs are linked with a global cooling, increased during the Late Miocene (Tortonian) (Akgün et al. 2000, 2007; Akkiraz et al. 2011; Kayseri, 2014). However, the basic types of the Soma and *Deniş* formations do not change during the deposition. Quantitative palaeoclimate data and the percentages of plants groups according to their ecological criteria do not indicate a cooling. These results indicate that the depositions of the Soma and *Deniş* formations took place under warm and highly wet conditions.

Lignite-bearing deposits of the *Uşak-Güre Basin* occur in the *Hacıbekir Group*. During the field studies, partial sections were taken from the *İlyaslı*, *Banaz* and *Büyükoturak* locations. Sediments in these sections consist of lignite, sandstone and marl alternations. Results of palynological counting from each location show that there is no clear differentiation on plant cover between the Soma and *Uşak-Güre* basins. Palynological assemblages are characterized by dominance of *Polypodiaceae/Telipteridaceae* undifferentiated *Pinaceae*, *Cupressaceae*, evergreen *Quercus*, *Quercus* spp. and *Alnus*. The percentages of some plants such *Cupressaceae*, *Sparganiceae*, *Carya* and *Osmunda* vary from one locality to another. These changes might be concerned with changes on local vegetation. Quantitative palaeoclimate data and the percentages of plant groups according to their ecological requirements do not show a climate change, and are capable of comparison with the Soma Basin. Particularly, high quantities of

*Alnus*, which is the basic element of the riparian environment, indicate high rainfall resulted in a large swamp environment. Also accumulation area was covered by a dense forest consisting of coniferous forest elements and mixed mesophytic forest elements. The main element of the undergrowth is *Polypodiaceae/Telipteridaceae*. The percentage of the herbaceous plants derived from each locations are similar to each other, and comparable values with the Soma basin. .

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akgün, F., 1993. Palynological age revision of the Neogene Soma coal basin. Bulletin Geological Society, 28, 151-170.
- Akgün, F., Alişan, C. ve Akyol, E., 1986. Soma Neojen stratigrafisine palinolojik bir yaklaşım Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 29, 13-25.
- Akgün, F. and Akyol, E., 1999. Palynostratigraphy of the coal-bearing Neogene deposits Graben in Büyük Menderes Western Anatolia. Geobios, 32(3), 367-383.
- Akgün, F. and Sözbilir, H., 2001. A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasses, Geodinamica Acta, 14, 71-93.
- Akgün, F., Kaya, T., Forsten, A. and Atalay, Z., 2000. Biostratigraphic data (Mammalia and Palynology) from the Upper Miocene İncesu Formation at Düzyayla (Hafik Sivas, Central Anatolia). Turkish Journal of Earth Sciences, 9, 57-67.
- Akgün, F., Kayseri, M. S. and Akkiraz, M. S., 2007. Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene-Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 56-90.
- Akgün, F., Akkiraz, M. S., Üçbaş, S. D., Bozcu, M., Sevinç Kapan-Yeşilyurt, S. and Bozcu, A., 2013. Vegetation and Climate Characteristics of the Oligocene in Northwest Turkey: Data

- from the Southwestern Part of the Thrace Basin, Northwest Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 22, 277-303
- Akkiraz, M. S. and Akgün, F., 2005. Palynology and age of the Early Oligocene units in Çardak-Tokça basin, southwest Anatolia: paleoecological implications. Geobios 38, 283-299.
- Akkiraz, M.S., 2011. Vegetation and climate in the Miocene deposits of southern side of the Büyük Menderes Graben, Şahinali-2 core, SW Turkey. Bulletin of Geosciences, 86(4), 859-878.
- Akkiraz, M. S., Akgün, F., Utescher, T., Bruch, A.A. and Mosbrugger, V., 2011. Precipitation gradients during the Miocene in Western and Central Turkey as quantified from pollen data. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 304, (3-4), 276-290.
- Akkiraz, M. S., Akgün, F., Utescher, T., Wilde, V., Bruch, A. A., Mosbrugger, V. and Üçbaş, S. D., 2012. Palaeoflora and Climate of Lignite-bearing Lower-Middle Miocene Sediments in the Seyitömer and Tunçbilek Sub-basins, Kütahya Province, Northwest Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 21, 213-235.
- Akyol, E., 1971. Microflore de l'Oligocene inférieur récoltée dans un sondage pres d' Avcıkoru, Şile-İstanbul. Pollen et Spores 13 (1), 117-133.
- Benda, L., 1971. Grundzüge einer pollenanalytischen Gliederung des türkischen Jungtertiärs (Känozoikum und Braunkohle der türkei. 4.). Beihefte zum Geologischen Jahrbuch 113, 1-46.
- Benda, L. and Meunlenkamp, J. E., 1990. Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene 9. Sporomorph associations and event stratigraphy the Eastern Mediterranean. Newsletter Stratigraphy, 23, 1-10.
- Bruch A., Fauquette S. and Bertini A., 2002. Two quantitative approaches for climate reconstructions on Neogene palynofloras – an application on a Late Miocene profile from the Velona Basin (Tuscany, Italy). Acta Universitatis Carolinae, *Geologica*, 46 (4), 27-37.
- Bruch, A., and Zhilin, S.G., 2007. Early Miocene climate of Central Eurasia—evidence from Aquitanian floras of Kazakhstan. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 248,32-48.
- Çemen, İ., Catlos, E.J., Göğüş, O. and Özerdem, C., 2006. Postcollisional extensional tectonics and exhumation of the Menderes Massif in Western Anatolia extended terrane, Turkey. Geological Society of America Special Paper, 409, 353-379.
- Ediger, V. Ş., Batı, Z. and Alişan, C., 1990. Paleopalynology and Paleoecology of *Calamus* like Disulcate Pollen Grains. Review of Paleobotany and Palynology, 62, 97-105.
- Ercan, E., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A. ve Günay, A., 1978. Uşak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi (Geology of the Neogene basins in Uşak region). Bulletin of the Geological Society of Turkey, 21, 97-106.
- Ersoy, E.Y., Helvacı, C. ve Sözbilir, H., 2010. Tectono-stratigraphic evolution of the NE-SW- trending superimposed Selendi basin: Implications for late Cenozoic crustal extension in Western Anatolia, Turkey. Tectonophysics, 488, 210-232.
- Ersoy, Y.E., Helvacı, C. and Palmer, M.R., 2011. Stratigraphic, structural and geochemical features of the NE-SW trending Neogene volcano-sedimentary basins in western Anatolia: implications for associations of supradetachment and transtensional strike-slip basin formation in extensional tectonic setting. Journal of Asian Earth Sciences, 41, 159-183.
- Ersoy, Y., Helvacı, C. ve Palmer, M.R., 2012. Petrogenesis of the Neogene volcanic units in the NE-SW-trending basins in western Anatolia, Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology, 163, 379-401.
- Ersoy, Y.E., Çemen, İ., Helvacı, C. and Billor, Z., 2014. Tectono-stratigraphy of the Neogene basins in Western Turkey: Implications for tectonic evolution

- of the Aegean Extended Region. *Tectonophysics*, 635, 33-58.
- Gemici, Y., Akyol, E., Akgün, F. ve Seçmen, Ö., 1991. Soma kömür havzası fosil makro ve mikroflorası. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 112, 161-178.
- Gemici, Y., Akgün, F. and Yılmaz, Ç., 1992. Akçaşehir (Tire-İzmir) Neojen Havzası fosil makro ve mikroflorası. *Doğa Türk Botanik Dergisi*, 16/3, S. 383-393
- Ivanov, D., Utescher, T., Ashraf, A. R., Mosbrugger, V., Bozukov, V., Djorgova, N. and Slavomirova, E., 2012. Late Miocene Palaeoclimate and Ecosystem Dynamics in Southwestern Bulgaria – A Study Based on Pollen Data from the Gotse-Delchev Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 187-211.
- İnci, U., 1998. Miocene synvolcanic alluvial sedimentation in lignite-bearing Soma Basin, Western Turkey. *Journal of Earth Sciences*, 7(2), 63-78.
- İnci, U., 2002. Depositional evolution of Miocene coal successions in the Soma coalfield, western Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 51, 1-29.
- Jimenez-Moreno, G., Rodriguez-Tovar, F.J., Pardo-Iguzquiza, E., Fauquette, S., Suc, J.-P. and Muller, P., 2005. High-resolution palynological analysis in late early-middle Miocene core from the Pannonian Basin, Hungary: climatic changes, astronomical forcing and eustatic fluctuations in the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 216(1), 73-97.
- Karaoğlu, Ö., Helvacı, C. and Ersoy, E.Y., 2010. Petrogenesis and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Geochronology of the Volcanic Rocks of the Uşak and Güre basins, western Türkiye. *Lithos*, 119, 193-210.
- Karaoğlu, Ö., and Helvacı, C., 2012. Growth, destruction and volcanic facies architecture of three volcanic centers in the Miocene Uşak-Güre basin, western Turkey: subaqueous-subaerial volcanism in a lacustrine setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 245-246: 1-20.
- Karaoğlu Ö., and Helvacı C., 2014. Isotopic Evidences to the Transition from Subduction to Slab Tearing-related Volcanism: the case of Western Anatolia, Turkey. *Lithos*, 192-195: 226-239.
- Karayiğit, A.İ. and Whateley, M.K.G., 1997. Properties of a lacustrine subbituminous (k1) seam, with special reference to the contact metamorphism, Soma-Turkey. *International Journal Of Coal Geology*, 34,131-155.
- Kaya, O., Ünay, E., Göktaş, F. and 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.
- Kayseri-Özer, M. S., 2014. Spatial distribution of climatic conditions from the Middle Eocene to Late Miocene based on palynoflora in Central, Eastern and Western Anatolia. *Geodinamica Acta*, 28, 1-36.
- Kayseri, M. S. and Akgün, F., 2008. Palynostratigraphic, Palaeovegetational and Palaeoclimatic Investigations on the Miocene Deposits in Central Anatolia (Çorum Region and Sivas Basin). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 361-403.
- Mosbrugger, V. and Utescher, T., 1997. The coexistence approach-a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial paleoclimate data using plant fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134, 61-86.
- Nebert, K., 1978. Linyit içeren Soma Neojen Bölgesi, Batı Anadolu : Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, 90, 20-69.
- Seghedi, I., Helvacı, C. and Pécskay, Z., 2015. Composite volcanoes in the south-eastern part of İzmir– Balıkesir Transfer Zone, Western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 291, 72-85.
- Seyitoğlu, G., 1997. Late Cenozoic tectono-sedimentary development of the Selendi and Uşak- Güre basins: a contribution to the discussion on the development of east–west and north trending basins in western Turkey. *Geological Magazine*, 134(2), 163-175.

- Seyitoğlu, G., Benda, L. and Scott, B.C., 1994. Neogene Palynological and isotopic data from Gördes basin, West Turkey. *Newsletters on Stratigraphy* 31, 133–42.
- Seyitoğlu, G. and Scott, B.C., 1991. Late Cenozoic crustal extension basin formation in west Turkey. *Geological Magazine*, 128, 155-166.
- Seyitoğlu, G. and Scott, B.C., 1994. Late Cenozoic basin development in west Turkey, Gördes basin: tectonics and sedimentation. *Geological Magazine* 131, 631–7
- Seyitoğlu, G. and Scott, B.C., 1996. The age of Alaşehir graben (west Turkey) and its tectonic implications. *Geological Journal*, 31, 1-11.
- Suc, J.-P., 1984. Origin and Evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. *Nature*, 307, 429-432.
- Şengör, A.M.C., 1987. Cross-faults and differential stretching of hangingwalls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, *Geological Society, London*, 1987, pp. 575-589.
- Şengüler, İ ve Akkiraz, M. S., 2014. Eskişehir Havzasındaki Miyosen Yaşlı Çökellerin Palinolojisi ve Paleoekolojisi. *Türkiye TPJD Bülteni*, 26(1), 7-17.
- Takahashi, E. and Jux, U., 1991. Miocene palynomorphs from lignites of the Soma Basin. *Bull. Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University. Natural Science*, 31(1), 7-165.
- Utescher, T., Mosbrugger, V. and Ashraf, A.R., 2000. Terrestrial Climate Evolution in Northwest Germany over the Last 25 Million Years, *Palaios*. 15, 430-449.
- Utescher, T., Djordjevic-Milutinovic, D., Bruch, A. and Mosbrugger, V., 2007. Palaeoclimate and vegetation change in Serbia during the last 30 Ma. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 141-152.
- Yavuz-Işık, N., 2007. Pollen analysis of coalbearing Miocene sedimentary rocks from the Seyitömer Basin (Kütahya), Western Anatolia. *Geobios*, 40, 701-708
- Yavuz-Işık, N., Saraç, G., Ünay, E., and Bruijn H., 2011. Palynological Analysis of Neogene Mammal Sites of Turkey – Vegetational and Climatic Implications. *Yerbilimleri*, 32(2), 105- 20.
- 
- Makale Geliş Tarihi : 28 Mart 2015  
Kabul Tarihi : 13 Temmuz 2015
- Received* : 28 March 2015  
*Accepted* : 13 July 2015

## LEVHA 1

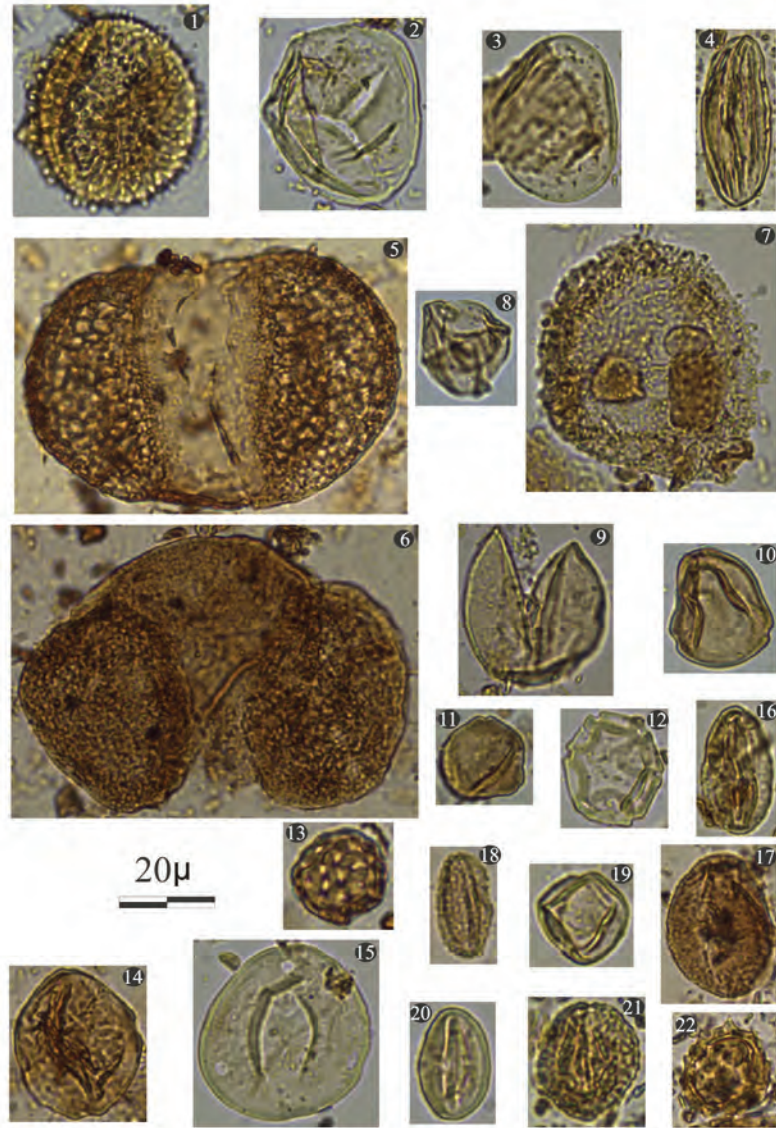
(Tüm örnekler Uşak-Güre Havzasına aittir. ler için ölçek 20µm)

1. *Osmunda*, 2. *Lygodium*, 3. Polypodiaceae/ Telipteridaceae, 4. *Ephedra*, 5. *Picea*, 6. *Pinus diploxylon* tip, 7. *Tsuga*, 8. Poaceae, 9. Cupressaceae, 10. *Corylus*, 11. *Myrica*, 12. *Alnus*, 13. Amaranthaceae, 14. *Zelkova*, 15. *Carya*, 16. *Quercus sp.*, 17. Evergreen *Quercus*, 18. *Salix*, 19. Cyrillaceae-Clethraceae, 20. *Castanea*, 21. Oleaceae, 22. Asteraceae

## PLATE 1

(All of the samples from the Uşak-Güre basin. Scale is 20µm for the s).

1. *Osmunda*, 2. *Lygodium*, 3. Polypodiaceae/ Telipteridaceae, 4. *Ephedra*, 5. *Picea*, 6. *Pinus diploxylon* tip, 7. *Tsuga*, 8. Poaceae, 9. Cupressaceae, 10. *Corylus*, 11. *Myrica*, 12. *Alnus*, 13. Amaranthaceae, 14. *Zelkova*, 15. *Carya*, 16. *Quercus sp.*, 17. Evergreen *Quercus*, 18. *Salix*, 19. Cyrillaceae-Clethraceae, 20. *Castanea*, 21. Oleaceae, 22. Asteraceae



## LEVHA 2

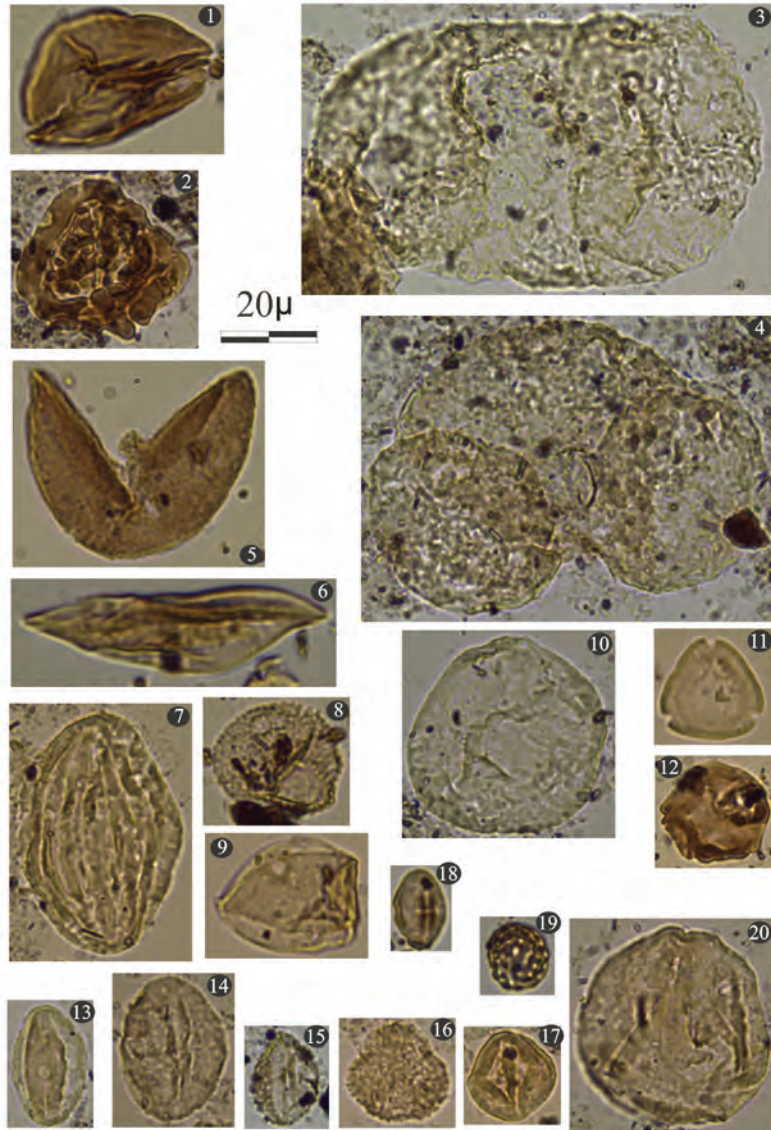
(Tüm örnekler Arabacıbozköy lokasyonuna aittir. ler için ölçek 20µm)

1. *Lygodium*, 2. *Polypodiaceoisporites* sp., 3. *Picea*, 4. *Pinus diploxylon* tip, 5. *Cupressaceae*, 6. *Cycas*, 7. *Ephedra*, 8. Sparganiaceae, 9. Poaceae, 10. *Carya*, 11. *Engelhardia*, 12. *Alnus*, 13. *Quercus* sp., 14. Evergreen *Quercus*, 15. *Salix*, 16. Oleaceae, 17. Cyrillaceae-Clethraceae, 18. *Castanea*, 19. Amaranthaceae, 20. *Fagus*

## PLATE 2

(All of the samples from Arabacıbozköy location. Scale is 20µm for the s ).

1. *Lygodium*, 2. *Polypodiaceoisporites* sp., 3. *Picea*, 4. *Pinus diploxylon* tip, 5. *Cupressaceae*, 6. *Cycas*, 7. *Ephedra*, 8. Sparganiaceae, 9. Poaceae, 10. *Carya*, 11. *Engelhardia*, 12. *Alnus*, 13. *Quercus* sp., 14. Evergreen *Quercus*, 15. *Salix*, 16. Oleaceae, 17. Cyrillaceae-Clethraceae, 18. *Castanea*, 19. Amaranthaceae, 20. *Fagus*







## Düzağaç (Kozan-Adana) Bölgesindeki Bitümlü Şeyllerin Hümk Asit Özellikleri

*Humic Acid Properties of Bituminous Shales in the Region of Düzağaç (Kozan-Adana)*

Faruk AY<sup>1</sup>, Ergün KASAKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Antropoloji Bölümü, 58140 Sivas

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

<sup>2</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 58140 SIVAS

### ÖZ

Ülkemizde bitümlü şeyller kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında rezerv bakımından kömürden sonra ikinci sırada yer almaktadır ve bu nedenle de ülkemiz ekonomisi için önemli bir değere sahiptir. Tüm dünyada da olduğu gibi Türkiye'nin de en önemli sorunlardan birisi enerji ihtiyacının karşılanmasıdır. Ülkemizde enerji potansiyeli olan en önemli fosil yakıt kaynaklarından linyit ve taşkömürüne günümüze kadar nispeten gerekli önem verilmiş olmasına karşın, bitümlü şeyl için bunu söylemek mümkün değildir. Son yıllarda yapılan birçok bilimsel araştırmaya göre bitümlü şeyllerin enerji kaynağı olarak kullanılması yanı sıra farklı alanlarda da kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu alanlardan biri de tarımsal verimliliğin artırılmasına yönelik çalışmalardır. Ülkemiz tarım topraklarının büyük çoğunluğunda, organik madde miktarının % 1'in altında olması nedeniyle verimli ve kaliteli ürün yetiştirebilmek için toprak için ilave besin, yani organik maddeye ihtiyacı vardır. Bu çalışmada şeyllerin enerji kaynağı olarak kullanımı dışında, toprakların verimini artırma potansiyeli değerlendirmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Düzağaç (Kozan-Adana) bitümlü şeyllerinin toprak güçlendirici (organik gübre-hümk Asit) olarak kullanım imkanları araştırılmıştır. Düzağaç bitümlerinin pH'ı 7.79 olarak belirlenmiş olup, bu değer asidik topraklarımızın pH'ının dengelenmesine yardımcı olacaktır. Ülkemizde var olan ancak enerji kaynağı olarak kullanımı ekonomik olmayan bitümlü şeyllerin organik gübre (Hümk Asit) olarak kullanılmasının ekonomik açıdan ve topraklarımızın ıslahı ve geleceği için büyük önem taşıdığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adana-Kozan, bitümlü şeyl, Düzağaç, hümk asit, organik gübre

### ABSTRACT

Bituminous shale in our country takes second place in terms of reserve, when compared the fossil energy resources such as coal, petroleum and natural gas and for this reason, it appears that they have an important



value for the country economy. One of the biggest problems in our country, like in all over the world, is to meet the energy demand. Although lignite and coal from the most important fossil fuels having energy potential in our country have been considered important until today, it is not possible to say this for the bituminous shale. According to many scientific studies carried out in recent years, bituminous shale can be used both energy resource and different areas. One of these areas is the efforts to increase agricultural productivity. In the vast majority in our country's agricultural lands, due to below 1 % of organic matter amount, there is a need for organic matter additives such as fertilizers to obtain efficient and high quality products. In this study, it has been tried to assess the potential of shale to increase the efficiency of soils, rather than as an energy source. In this context, possibility of use of Düzağaç (Kozan-Adana) bituminous shale as a soil conditioner (compost-humic acid) has been investigated. pH of Düzağaç bitumen was defined as 7.79 and this value will help our acidic soils to be balanced in terms of pH. In this study, it was concluded that the use of bituminous shale, which has not economic value as an energy source in our country, as compost (humic acid) is crucial to economical ways and our soil's reclamation and future.

**Key words:** Adana-Kozan, bituminous shale, compost, Düzağaç, humic acid

## GİRİŞ

Bitümlü şeyller; organik çözücülerde çözünmeyen ve “kerojen” olarak tanımlanan organik madde içeren, ince taneli ve genellikle laminalı yapıya sahip sedimanter kayaç olarak tanımlanmakta olup, aynı zamanda bileşiminde yüksek oranda mineral maddeler de içermektedir. Bitümlü şeylin inorganik ve organik olmak üzere iki ana bileşeni vardır. İnorganik bileşenler (mineraller) çökelme koşulları hakkında önemli bilgiler sunar ve genellikle kuvars, kil, karbonat, sülfid, sülfat, zeolit ve evaporit minerallerinden oluşmaktadır. (Şengüler, 2007; WEC, 2007). Organik bileşenler (maseraller) ise çökelme ortamı yanında bitümlü şeylin kalitesine yönelik önemli bilgiler sunar. Bitüm şeyllerin içerisinde bulunan bitüm oranı da kalitesi açısından önemlidir; örneğin ülkemizdeki bitümlü şeyl sahalarının genellikle bitüm oranları %5-6 arasında görülmekte iken en yüksek oran Himmetoğlu sahasında %43 civarındadır (Kök, 2006; Güleç ve Önen, 1993).

Dünyanın birçok alanında ticari ölçekte yıllardır şeyl petrolü üretiminden sonra üzerinde en çok araştırma yapılan kullanım alanı termik santrallerde katı yakıt olarak değerlendirilme potansiyelidir. Estonya'da tüketilen enerjinin yaklaşık %60'ı bitümlü

şeyllerden karşılanmaktadır. Kukersit tipi yüksek kaliteli bitümlü şeyllerden Estonya'da elektrik, gaz, sıvı hidrokarbon ve diğer kimyasal ürünlerin üretiminde yararlanılmakta olup, bu prosesler sonucunda açığa çıkan artık şeyl ürünü ise çimento hammaddesi olarak değerlendirilmektedir. Almanya'da Dotternhausen'de kurulmuş olan Rohrbach prosesinde bitümlü şeyl yakılarak elektrik enerjisi elde edilmekte ve artık şeyller ise çimento hammaddesi üretiminde kullanılmaktadır (Şengüler, 1985; Ballice, 1995; Probststein ve Hicks, 1982). Bu kullanım alanları dışında özellikle 1964 yılından bu yana asidik toprakların güçlendirilmesi amacı ile de bitümlü şeyllerden yararlanılmaktadır (Şengüler, 1994). Bitümlü şeyllerin bileşiminde bulunan inorganik maddeler, çökelim koşulları, iklim, çökelim ortamının kimyasal özellikleri ve alterasyon hakkında bilgiler vermesi yanı sıra, toprak için gerekli olan birçok elementi doğal olarak içermesi nedeniyle toprak güçlendirici olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

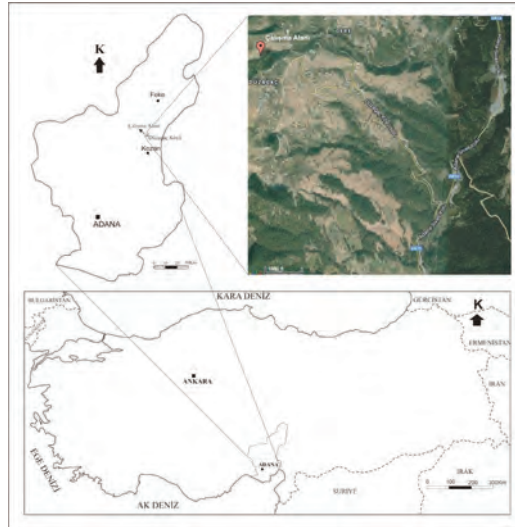
Normal şartlarda bir bitkinin gelişimi için toprakta her elementin yeterli miktarda bulunması gerekmektedir. Ülkemiz topraklarının organik madde içeriği yönünden çok fakir olması, bitki gelişimi için gerekli maddelerin iklimsel koşullar, yanlış tarım uygulamaları ve artan

bilinçsiz kimyasal gübre kullanımı beraberinde toprak tuzluluğu, toprağın strüktürünün bozulması, toprakta bazı elementlerin birikmesi ve bu birikimin diğer besin maddeleri aleyhine gelişmesinin yanında toprak ve su kaynakları üzerine önemli derecede kirletici etkilerinin olması gibi nedenlerden dolayı zamanla azalmıştır (Taban, 2012). sonucunda ülkemizde suni (kimyasal) gübre tüketimi FAO (2009) verilerine göre 2002 yılında 127.27 kg ha<sup>-1</sup> (hektar başına kilogram) iken 2007 yılında ise 183.28 kg ha<sup>-1</sup> seviyelerine kadar artmıştır. Yoğun kimyasal gübreleme ile toprak organik maddelerce fakirleşmekte, dolayısıyla biyolojik faaliyet azalması toprağın yapısının bozulmasını da beraberinde getirmektedir. Yoğun kimyasal gübreleme nedeniyle toprakta organik madde miktarı, dolayısıyla humus oranı ve biyolojik aktivite azalıp, verilen gübreler toprakta tutunamadığı için yıkanıp gidecektir. Bitki besin elementlerinin, bitkilerin alabileceği şekle dönüşümleri de durduğu için toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri tarım açısından olumsuz olarak etkilenecektir. Bu durum da topraklarımızda tuz konsantrasyonunun yükselmesine, mikroorganizma faaliyetlerinin azalmasına, yeraltı suyunun kirlenmesine, kimyasal olarak verilen

gübrelerin topraktan çabucak yıkanmasına, verim ve elde edilen ürünün kalitesinin düşmesine ve erozyonla toprak kaybına neden olacaktır (Kural, 1978). Organik gübre kullanılması halinde ise, bu durum tamamen tersine dönmeye başlayacak ve giderek topraklarımızın içerdiği organik madde miktarı artabilecektir. Ayrıca, üretilen organik gübre bitkinin ihtiyacı olan mineral maddeleri absorblayarak, bitkinin ihtiyaç duyduğu anda bitkiye verebilecek ve mineral maddelerin de taşınmasını engelleyebilecektir.

Ülkemizdeki tarım topraklarının % 21.47'sinde organik madde miktarı %1'in altında, % 43.78'inde % 1-2 arasında, % 22.62'sinde % 2-3, %7.57'sinde % 3-4 ve % 4.56'sında ise %4'den büyük olarak belirlenmiştir (Çolakoğlu, 1996; Eyüpoğlu, 1999; Depel, 2000). Ülkemiz topraklarının çoğunluğunda organik madde miktarının oldukça düşük olması nedeniyle bitümlü şeyllerin tarım sektöründe kullanılmasına yönelik araştırmalar da gündeme gelmiştir.

Bu çalışmada da Adana-Kozan (Düzağaç) civarında bulunan bitümlü şeyllerin tarımsal alanlardaki organik gübre kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of study area.

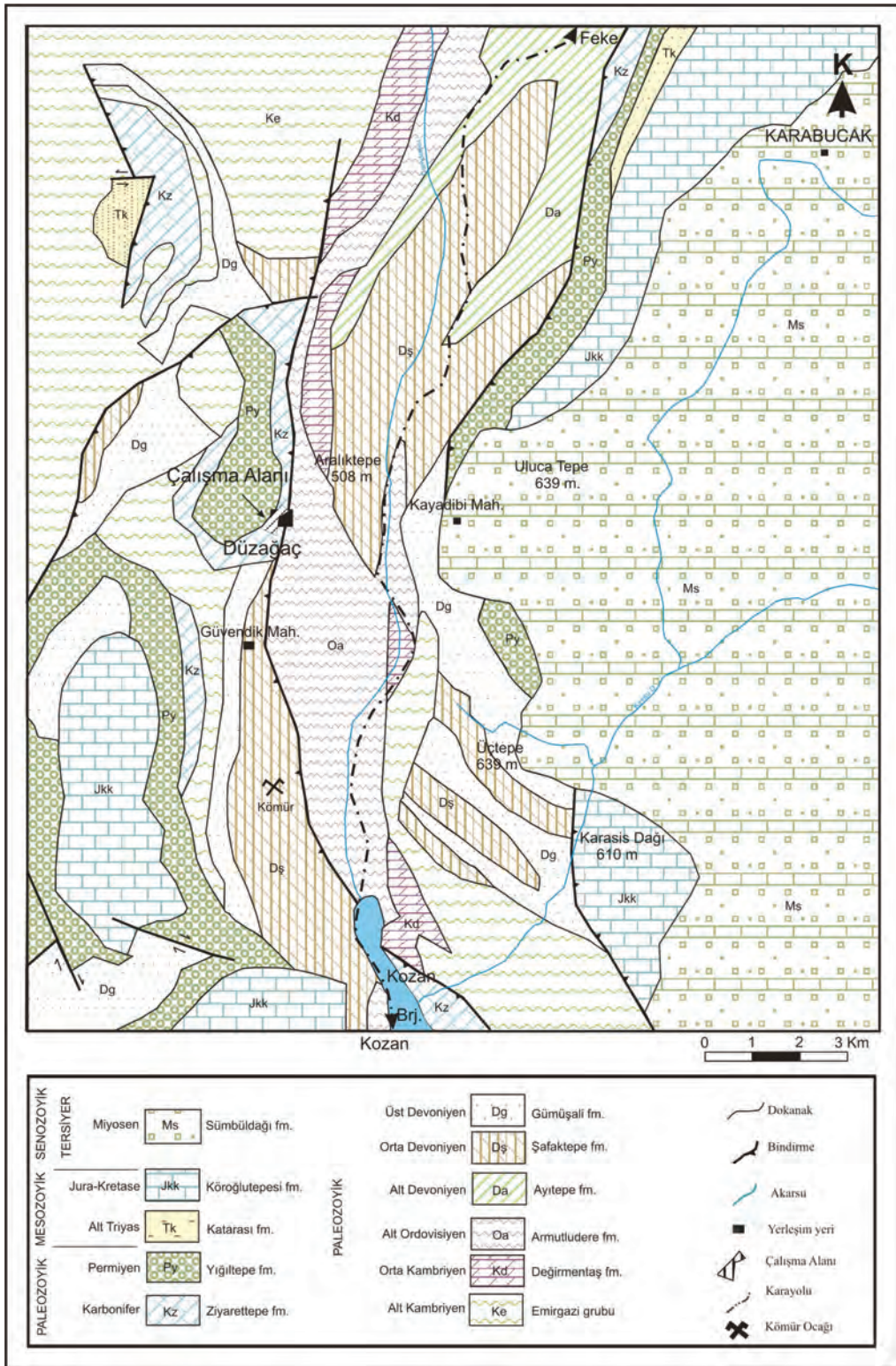
## Stratigrafi

İnceleme alanı, Toridler (Ketin, 1966) tektonik birliği içerisinde yer almaktadır. Toroslar, Alp Orojenik Kuşağının Anadolu'nun güney ve doğu kesimlerinden geçen önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bölgede, Geyik Dağı Birliği, Aladağ Birliği ve Bozkır Birliği olmak üzere başlıca üç tektono-stratigrafik birlik yer almaktadır (Özgül ve Kozlu, 2002; Özgül, 2006).

İnceleme alanı içerisinde bulunan birimler, ilk kez Özgül (1976) tarafından tanımlanmış ve Geyik Dağı Birliği'ne dahil edilmişlerdir (Özgül, 1971; 1976). Doğu Toroslar'da Adana kuzeyinde Kozan, Feke, Saimbeyli, Tufanbeyli, Develi ve Pınarbaşı ilçeleri arasında geniş alan kaplayan Geyik Dağı Birliği, bu yörede Kambriyen'den Tersiyer'e değin uzanan zaman aralığında çökelmiş, başlıca şelf tipi karbonat ve kırıntılı kayaları kapsamaktadır (Özgül vd., 1973; Metin vd., 1984). Birliğin taban seviyelerinde meta kırıntılılardan oluşan Alt Kambriyen yaşlı Emirgazi Grubu (Özgül vd., 1973) yer alır. Grup altta, volkanit ara katkılı, yer yer moloz akması çökelleri içeren Alt Kambriyen yaşlı Kozan Formasyonu ve başlıca kuvarsitlerden oluşan, Alt Kambriyen yaşlı Koçyazı Kuvarsiti tarafından uyumsuzlukla üzerleyen formasyonlardan oluşmaktadır. Değirmentaş Formasyonu (Dağlıoğlu, 1988; 1990) alttan üste doğru dolomit-dolomitik kireçtaşı, neritik kireçtaşı ve ince şeyl ara katkılı, yumrulu görünüşlü kireçtaşı düzeylerini kapsamakta olup, Orta Kambriyen yaşlıdır (Demirtaşlı, 1967). Başlıca kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan Alt Ordovisiyen yaşlı (Özgül vd., 1973) Armutludere Formasyonu (Demirtaşlı, 1967), Değirmentaş Kireçtaşı'nı uyumlu ve geçişli olarak üzerlemektedir. Alt Devoniyen yaşlı Ayı Tepesi Formasyonu ise

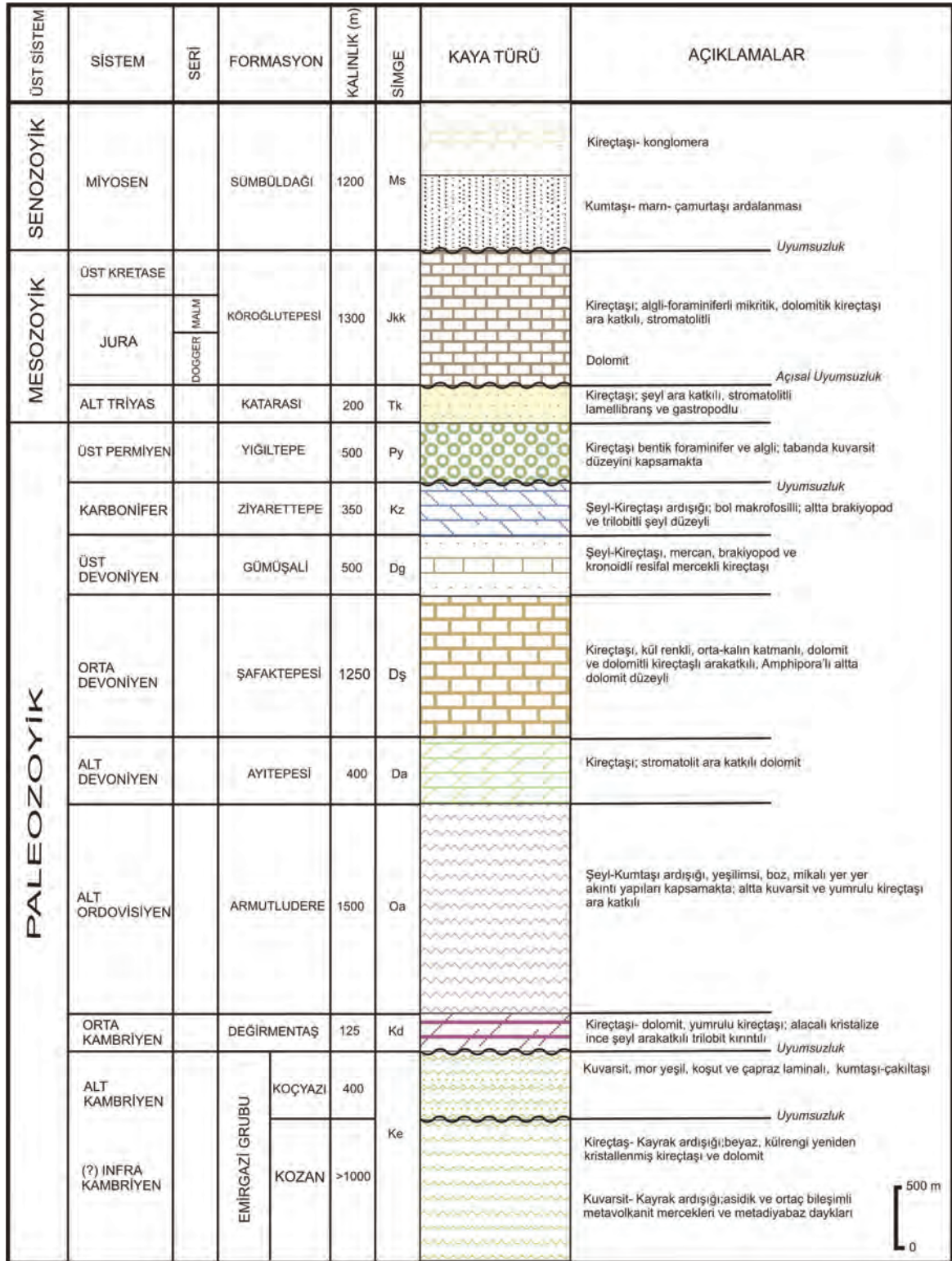
(Özgül vd. 1973), başlıca neritik karbonatlardan (dolomit, kireçtaşı) oluşmaktadır. Alt düzeylerinde stromatolit ara katkılı dolomitler, üst kesimleri mikritik kireçtaşından oluşan Şafaktepe Kireçtaşı (Demirtaşlı, 1967), Ayı Tepesi Formasyonu'nu uyumlu olarak üzerlemektedir. Özellikle alt düzeylerinde bol brachiopod ve mercan içeren birim Orta Devoniyen yaşlıdır (Özgül vd. 1973). Üst Devoniyen yaşlı Gümüşali Formasyonu (Demirtaşlı, 1967; Özgül vd. 1973) ise başlıca şeyl, kumtaşı, biyohermal ve biyostromal kireçtaşının düzensiz ardalanmasından oluşur.

İncelenen bitümlü şeyllerin de içinde bulunduğu Ziyarettepe Formasyonu (Demirtaşlı, 1967), kumlu kireçtaşı ve kireçli kumtaşı ara katmanlı, koyu renkli şeyl düzeyi ile başlar. Bol organik maddeli ve Turnesiyen'i temsil eden brachiopodlar içeren bu düzeyin üzerinde kuvarsarenit, daha üstte ise Viziyen'i temsil eden fosil topluluğu belirlenen kireçtaşı düzeyleri yer alır. Yığıltepe Formasyonu (Demirtaşlı, 1967), başlıca platform tipi neritik karbonatlardan oluşmaktadır. Şeyl ara katkıları içeren formasyon, en altta kalınlıkta kuvarsit düzeyi ile başlar ve kireçtaşı istifi Üst Permiyen'i temsil eden fosil topluluğu içerir. Alt Triyas yaşlı Katarası Formasyonu (Demirtaşlı, 1967), başlıca şeyl ara katkılı neritik kireçtaşı ve killi kireçtaşından oluşur. Jura-Kretase yaşlı Köroğlu Tepesi Kireçtaşı, altta dolomit düzeyi ile başlar; daha üstte bol algli ve bentonik foraminiferli, dolomit ve stromatolitli kireçtaşı ara düzeylerini kapsayan kireçtaşı istifi yer alır. Köroğlu Tepesi Kireçtaşı; Yığıltepe, ve Katarası Formasyonlarını, doğrudan açısız uyumsuzlukla üstler. Metin vd. (1982) tarafından isimlendirilen Miyosen yaşlı Sümbüldağı Formasyonu, kalın kumtaşı-marn-çamurtaşı istifi ile konglomera ve kireçtaşlarından oluşmuştur. (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. Çalışma alanının ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Ayhan, 1988; Yapıcı ve Anıl, 2007'den değiştirilerek).

Figure 2. Geological map of study area and its vicinity (modified from Ayhan, 1988; Yapıcı and Anıl, 2007).



Şekil 3. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Özgül ve Kozlu, 2002'den değiştirilerek).

Figure 3. A generalized Stratigraphic section of study area (modified from Özgül and Kozlu, 2002).

### **Bitümlü şeyl oluşum ve özellikleri**

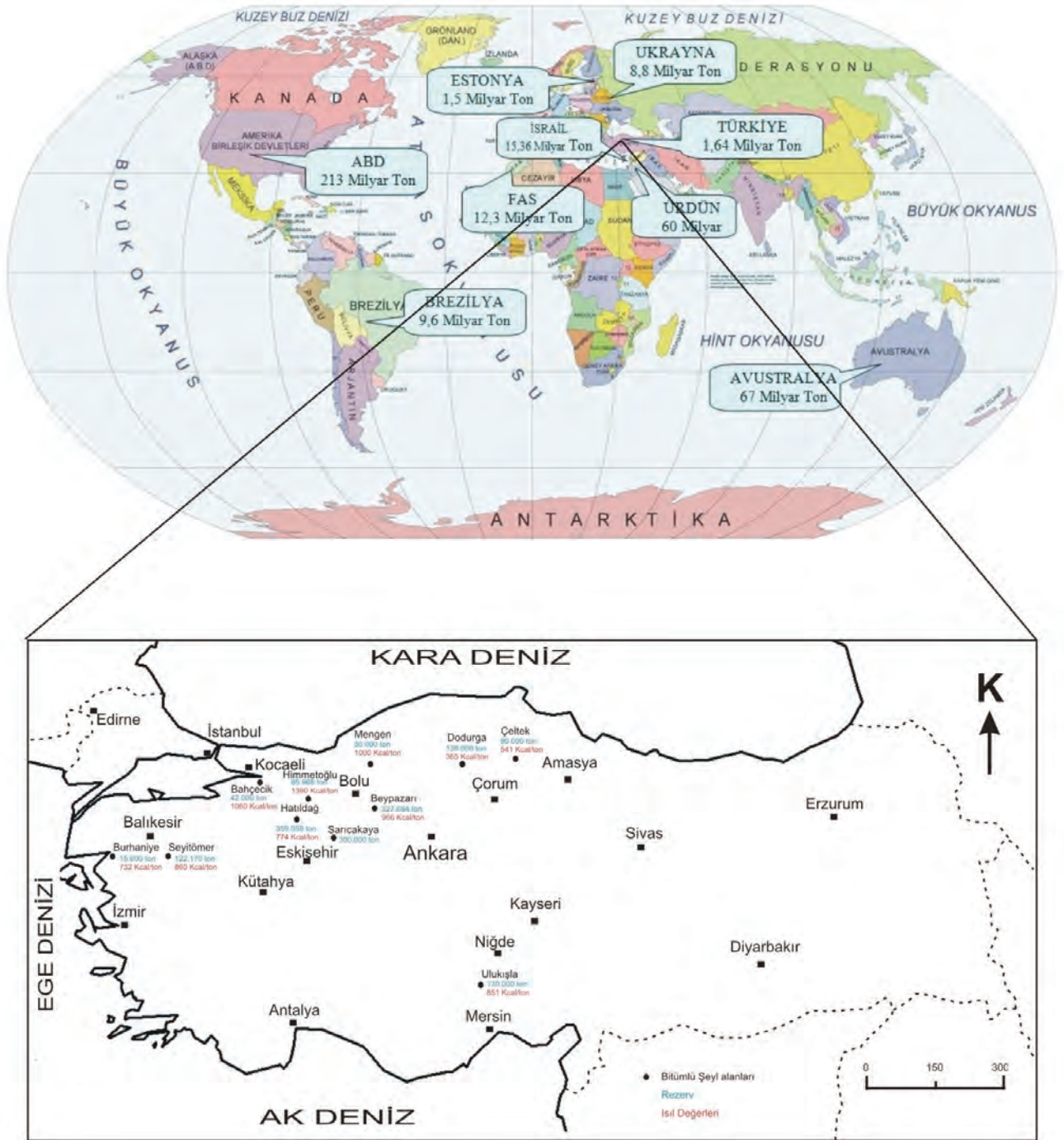
Bitki ve hayvansal organizmalara ait kalıntılarının deniz ve göllerde birikimi, farklı jeolojik devirler ve fiziko-kimyasal reaksiyonlar geçirmesi sonucu oluşan sedimanter organik maddelerin çok az bir kısmı organik çözücüler içerisinde çözünebilmektedir. Sedimanter kayalarda bulunan ve çözülebilen bu bileşim bitüm, çözülemeyen organik maddeler ise kerojen olarak adlandırılır (Tissot ve Welte, 1984). Bitümlü şeyl; kerojen zengin, ince taneli ve genellikle lamine (yapraksı) bir yapıya sahip ve jeolojik olaylar sonucu oluşmuş sedimanter bir kayadır. Kerojen içermesi nedeniyle bitümlü şeyller kömür benzeri bir tür enerji kaynağı olarak da tanımlanır (Ünal, 2003). Genellikle literatürde “petrollü şeyl” (oil shale) olan, ısıtıldığında petrol ve gaz üretilebilen bu organik kayalar, bitümlü şist (bituminous schist) veya bitümlü şeyl (bituminous shale) olarak da adlandırılmaktadır.

Sentetik “şeyl petrolü” ise bu kayalardan ancak ısısal ve kimyasal işlemler sonucu elde edilebilmektedir. Bitümlü şeyl oluşumunu sağlayacak başlangıç maddelerinin türü ve bu maddelerin geçirdiği evreler, meydana gelecek şeylin renk, şeyl petrolü verimi gibi özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Probstein ve Hicks, 1982). Organik yapıda büyük oranda liptinit maseralleri bulunmakta, bu durum ise bitümlü şeyl oluşumunu sağlayan karasal bitkiler, deniz ve göllerde yaşayan organizmaların lipit bakımından zengin olmalarından kaynaklanmaktadır. Kömürün yapısında bulunan vitrinit ve inertinit

grubu maseraller bitümlü şeyllerin türüne bağlı olarak farklı oranlarda görülebilmektedir (Ballice vd. 1995). Bitümlü şeyllerin çökelim ortamları; büyük göller, sığ denizler ve bataklıklar ile ilgili göl ve lagünlerdir (Toraman ve Uçurum, 2009).

Bitümlü şeyller, dünyanın çeşitli bölgelerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Dünyadaki bitümlü şeyl rezervi 300-550 milyar ton arasında değişmekte olup dünyadaki toplam bitümlü şeyl rezervinin %62-72’si (213 milyar ton) ise Amerika Birleşik Devletleri’ne aittir (Örneğin, ABD’nin doğusundaki Devonian-Mississipian’de bulunan bitümlü şeyller, 647.000 km<sup>2</sup>’lik bir alana yayılmıştır). Brezilya ve Rusya’da yer alan rezervler eklendiğinde ise bu oran %86’ya ulaşmaktadır (EASAC Report, 2007). Çizelge 1’de ülkelerin bitümlü şeyl rezervleri görülmektedir (Laherrere, 2005; USA Department of Energy, 2004).

Ülkemizde ise; Beypazarı (Ankara), Seyitömer (Kütahya), Hatıldağ (Bolu), Himmetoğlu (Göynük-Bolu), Mengen (Bolu), Ulukışla (Niğde), Bahçecik (Kocaeli), Burhaniye (Balıkesir), Beydili (Ankara), Dodurga (Çorum) ve Çeltek (Amasya) gibi sahalarda bulunmakta olup (Şekil 4) 1.64 milyar tonluk bir rezerv belirlenmiştir (Şekil 4). Ayrıca, Boyalı (Kastamonu), Demirci (Manisa), Ilıslık (Çankırı) ve Aspiras (Kastamonu) sahalarında da MTA tarafından prospeksiyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şengüler, 2007).



Şekil 4. Dünya'daki ve Türkiye'deki bitümlü şeyl alanları, rezerv ve ısıl değerleri (Şengüler, 1994; 2001; Laherrere, 2005).

Figure 4. Bituminous shale regions, reserves and calorific values in the World and Turkey (Şengüler, 1994; 2001; Laherrere, 2005).

Türkiye'deki bitümlü şeyllerin kalorifik değeri 1000 kcal/kg civarında veya bunun biraz daha altında olup, kül oranları ise yüksektir (Şekil 4). Üretim yöntemi olarak, toplam rezervin küçük bir bölümü açık işletme, geri kalanı ise derinlerde olduğu için yeraltı işletmeciliğine uygundur (DPT, 2001).

### **Bitümlü şeyllerin organik gübre (hümik asit) Potansiyeli**

Hümik asitler veya humus, kısmen veya tamamı çürümüş bitki veya hayvan artıklarının oluşturduğu siyah veya koyu kahverenkli maddelerdir. 1841'de Von Liebig tarafından "alkali ortamda kolayca çözünebilen, fakat suda çözünmeyen, alkalilerin veya asitlerin aksiyonu ile bitkilerin bozulması nedeniyle oluşan kahverenkli bir madde" olarak tanımlanmıştır (Kural, 1998). Khristeva, humusu "zamanla bozunmaya karşı maddenin ilk hayati durumundan daha dirençli kılan hayvansal ve bitkisel organizmalardan arta kalan transformasyon maddesidir" olarak tanımlanmıştır (Senn ve Kingman, 1973). Humus kelimesi bazı toprak bilimcileri tarafından "toprak organik maddesi" şeklinde de kullanılmıştır. Bu anlam topraktaki hümik asitleri içeren tüm organik maddeleri kapsamaktadır. Toprak organik madde kavramı genellikle bitki ve hayvan dokuları, toprak biyokütlesi, hümik maddeler ve canlı organizmalar tarafından sentezlenmiş tüm organik maddeleri içermektedir. Hümik asitler kolloidal maddelerdir ve kil gibi hareket etmektedirler. Hümik molekülünün katyon değişim siteleri hidrojen iyonu ile doldurulduğu zaman oluşan madde "hümik asit" olarak düşünülmektedir (Senn ve Kingman, 1973). Fakat bunun pH üzerinde fazla etkisi yoktur. Zira, bu asit suda çözünmemektedir. Katyon değişim siteleri hidrojen haricinde herhangi bir katyon ile doldurulursa bu madde "humat" olarak tarif edilmektedir (Hayes vd., 1989). Kimyasal olarak bulunduğu bölgeye göre çok farklı özellikler gösteren hümik asitlerin moleküler büyüklüğü

2000-300000 Dalton, karbon içeriği % 45-65, oksijen içeriği % 30-50, katyon değişim kapasitesi 500-1500 meq/100 g olarak belirlenmiştir (Kim, 2003; Vogel vd., 1999).

Hümik asit ile ilgili ilk çalışmalar 1919'da Oden tarafından başlatılmış ve o zamandan bu yana NaOH ile yapılan ekstraksiyon metodu geniş çapta kabul edilen, uygulanan bir metod olarak tanımlanmıştır. Günümüzde Oden'in orjinal ekstraksiyon prosedürü temel olarak aynıdır, fakat yeni modern standartlara uyum sağlaması için bazı değişiklikler yapılmıştır (Kural, 1978). NaOH, toprakta bulunan ve nicel olarak izole edilebilen hümik maddedeki en etkiliyici ayıraçtır. Saflaştırma prosesi sırasında da kolayca çıkartılması oldukça avantajdır. Günümüze kadar pek çok yerli ve yabancı araştırmacı değişik metodlarla hümik asit saflaştırma yöntemi kullanmıştır (Calemma ve Rausa, 1988; Dekker ve Cronje, 1991; Valdrighi vd., 1996; Detroit ve Lebo, 1997; Lehtonen vd., 2001; Francioso vd., 2003; Grabowska ve Gryglewicz, 2005; Lguriate vd., 2005; Skhonde vd., 2006). Bu çalışmada ise Lehtonen vd., (2001) tarafından hazırlanan metod kullanılmıştır.

## **ANALİZ YÖNTEMİ**

### **Hümik Asitlerin Ayrıştırılması**

Düzağaç bitümlü şeyllerinden alınan yüzey örnekleri C.Ü. Jeoloji Mühendisliği kırma öğütme laboratuvar'ında Fritisch Marka çeneli kırıcı ile kırılıp, yine aynı marka karbid çanaklı öğütücü de öğütülerek, 2 mm çapındaki (10 mesh) elekten geçirilip elenmiştir. GEC AVERY marka hassas terazi ile 10g numune tartılarak bir erlene alınıp ve tartılan örnek 50 mL 1M NaOH ile Clifton marka çalkalayıcı ve Nüve MK 218 marka karıştırıcı yardımı ile bir gece boyunca karıştırılarak ekstraksiyonu yapılmıştır. Daha sonra karışım 50 mL'lik 4 adet santrifüj tüpüne bölünerek karışım 30 dakika 10000 rpm'de SİGMA 6K15 marka santrifüjde santrifüjlenmiştir. Birinci süzöntüler



ve çökeltiler birbirlerinden ayrılıp, ilk süzüntüler koruyucu bir kap içerisinde birleştirilerek santrifüjlenen 4 ayrı tüpteki çökeltiler aynı erlende birleştirilmiştir. Daha sonra bu erlende toplanan çökelti için 2. ve 3. seferde de aynı işlemler tekrarlanmış ve ikinci ve üçüncü süzüntüler daha önceki süzüntülerin bulunduğu kaba alınarak işlem tamamlanmıştır. Bu analizler C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Petrol Jeoloji laboratuvar'ında ve C.Ü. Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji laboratuvar'ında yapılmıştır.

### Hümkik asidin yıkanması

İşlem süreci; toplanılan süzöntü 20 ml konsantre %37 lik HCl ile muamele edilerek 6 saat karıştırıcıda bırakıldı. Karışım 20 mL'lik santrifüj tüplerine yine 8 ayrı parçaya bölünerek 30 dakika 10000 rpm'de santrifüjlendi. Hümkik asit çöktürüldü. Süzöntüler (Fülvik Asit) ayrı bir beherde toplandı. Çökeltiler (Hümkik asit) yıkama yapılmak için santrifüjlemeden sonra çöken hümkik asitler 1M NaOH çözeltisinin 20 mL'si ile çözüldü ve saf su ile 200 mL'ye tamamlandı. 3 mL konsantre %37'lik HCl eklendi ve yarım saat daha karıştırıldı. 30 dakika 10000 rpm'de santrifüjlendi. Birinci süzöntü ve çökelti birbirlerinden ayrıldı.

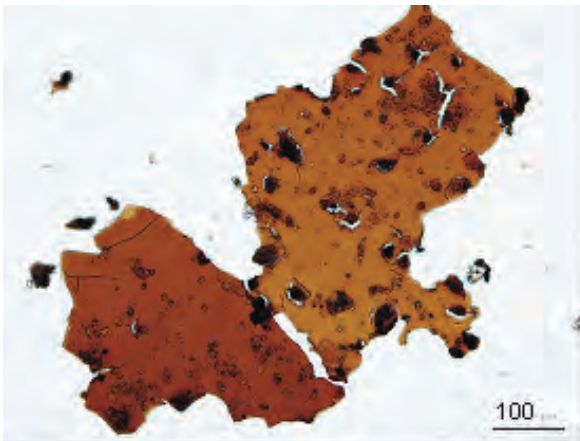
Çökelti bir erlene alınarak 10 mL 1 M NaOH çözeltisi ile çözülerek, saf su ile 200 mL ye tamamlandı. 1.5 mL konsantre % 37'lik HCl eklendi ve 30 dakika 10000 rpm'de santrifüjlendi. İkinci süzöntü ve çökelti birbirlerinden ayrıldı. Çökelti bir erlene alındı. 80 mL saf su ve 10 damla %37 lik konsantre HCl ilave edilmiş çözelti ile yıkandı. 30 dakika 10000 rpm'de santrifüjlendi. Üçüncü süzöntü ve çökelti birbirlerinden ayrıldı. Son yıkamadan sonra çöken madde (hümkik asit) Philip Haris Pastor fırınında kurutularak tartıldı (C.Ü. Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji laboratuvarı).

### Bitümlü şeylerde pH Ölçümü

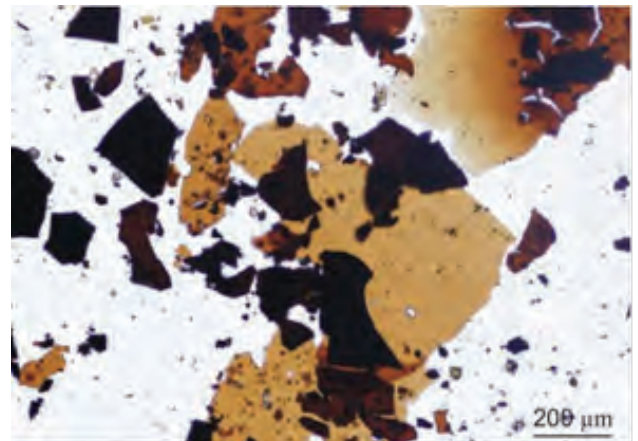
Öğütülmüş 10g numune 10 (2 mm) mesh elek ile elenerek bir beher içerisinde 30 mL saf su ile muamele edilip, 20 dakika karıştırıcıda karıştırıldı. 3-4 saat bekletildikten sonra pH ölçümü gerçekleştirildi.

### BULGULAR

Deneyisel çalışmalar sonucunda elde edilen hümkik asitin, Olympus Bx51 mikroskopundaki görünümü Şekil 5'te görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5. Hümkik asitin Olympus Bx51 mikroskop görüntüsü.

Figure 5. Microscopic image (Olympus Bx51) of humic acid.

Başlangıçta 10g bitümlü şeyl numunesi kullanılmış olup, analiz sonucunda 9.05g örnek kalmıştır (% 90.5 kalan bitümlü şeyl). Toplam hümik ve fülvik asitlerin miktarı için ise başlangıçta 10g bitümlü şeyl numunesi kullanılmıştır. 0.95g hümik ve fülvik asit miktarı belirlenmiş olup % 9.5 Hümik asit + Fülvik asit yüzdesi olduğu belirlenmiştir.

Hümik asit miktarı 0.487g olup, Fülvik asit miktarı ise 0.463 gramdır. Hümik asit yüzdesi % 4.87 ve Fülvik asit yüzdesi ise % 4.63' dir. Hümik Asit/ Fülvik Asit oranı ise 1.05 olarak hesaplanmıştır.

Humusta pH ölçümü sonucunda ise bitümlü şeylin pH'ı 7.79, saf suyun pH'ı ise 5.78 olarak bulunmuştur.

## SONUÇLAR

Bitki ve hayvansal organizmalara ait kalıntıların farklı jeolojik zamanlar ve kimyasal süreçler geçirmesi sonucu oluşan bitümlü şeyller, dünyanın çeşitli bölgelerinde olduğu gibi ülkemizde de yaygın olarak bulunmaktadır. Ülkemizdeki bitümlü şeyl yatakları çoğunlukla Batı ve Orta Anadolu'da yer almakta ve ortalama ısıl değeri 1000 kcal/kg dolayında veya bunun altında kalmaktadır. Bileşimlerinde kül oranları oldukça yüksektir. Bitümlü şeyllerden petrol üretimi teknik olarak uygulanabilir olmasına karşılık ekonomikliği tartışmalıdır. Zira bitümlü şeylin %10-15'lik kısmı ancak enerjiye dönüştürülebilir niteliktedir. Bu çalışmada bitümlü şeylerin organik gübre olarak kullanılması için hümik asit miktarı elde etmek amaçlanmıştır. 10 gramlık numuneden % 9.5 Hümik asit ve Fülvik asit elde edilmiş, bu oranın % 4.87 Hümik asit ve % 4.63 oranında ise Fülvik asit olduğu belirlenmiştir.

Bir diğer önemli konu ise toprak ve bitki etkileşiminin önemli bir parametresi olan toprak çözeltisinin pH'ıdır. Ülkemizin asidik özellikteki topraklarının pH'ını artırmak için bazik yönden zengin bitümlü şeylerin kullanılması uygun ve

ekonomik bulunmaktadır. Düzağaç bitümlerini pH'ı 7.79 olarak belirlenmiş olup, bu değer asidik topraklarımızın pH'ının dengelenmesine yardımcı olacaktır.

Ülkemizde var olan ancak enerji kaynağı olarak kullanımı ekonomik olmayan bitümlü şeyllerin organik gübre (Hümik Asit) olarak kullanılmasının ekonomik açıdan ve topraklarımızın ıslahı ve geleceği için büyük önem taşıdığı sonucuna varılmıştır.

## EXTENDED SUMMARY

*Bituminous shale in our country takes second place in terms of reserve, when compared the fossil energy resources such as coal, petroleum and natural gas and for this reason, it appears that they have an important value for the country economy. One of the biggest problems in our country, like in all over the world, is to meet the energy demand. Although lignite and coal from the most important fossil fuels having energy potential in our country have been considered important until today, it is not possible to say this for the bituminous shale. According to many scientific studies carried out in recent years, bituminous shale can be used both energy resource and different areas. One of these areas is the efforts to increase agricultural productivity. In the vast majority in our country's agricultural lands, due to below 1 % of organic matter amount, there is a need for organic matter additives such as fertilizers to obtain efficient and high quality products. In this study, it has been tried to assess the potential of shale to increase the efficiency of soils, rather than as an energy source. In this context, possibility of use of Düzağaç (Kozan-Adana) bituminous shale as a soil conditioner (compost-humic acid) has been investigated.*

*At the beginning of the investigation, in the result of the analysis of 10 g of bituminous shale, it has been determined that there is %9.5 humic acid + fulvic acid. Amount of humic acid is 0.487*

*g, while this value is 0.463 for fulvic acid. The percentages for humic and fulvic acid are % 4.87 and % 4.63, respectively. The ratio of humic acid to fulvic acid has found to be 1.05). pH of Düzağaç bitumen was defined as 7.79 and this value will help our acidic soils to be balanced in terms of pH. In this study, it was concluded that the use of bituminous shale, which has not economic value as an energy source in our country, as compost (humic acid) is crucial to economical ways and our soil's reclamation and future.*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Ayhan, A., 1988, 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Kozan- J21 paftası, MTA yayımları, Ankara.
- Ballice, L., Yüksel, M., Sağlam, M. ve Hanoğlu, C., 1995. Mevcut enerji ve kimyasal hammadde kaynakları arasında bitümlü şistlerin yeri ve önemi. Ekoloji Dergisi, 14; 9 - 13.
- Calemma, V. ve Rausa, R., 1988. Process for the production of regenerated humic acids from coal. US Patent 4.788.360.
- Çolakoğlu, H., 1996. Organo-mineral Gübre Üretimine Yeni Yaklaşımlar. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20, s: 25–28. Özel Sayı Tübitak.
- Dağlıoğlu, C., 1988. Kozan-Feke-Saimbeyli Tufanbeyli (Adana ilçeleri)-Sarız (Kayseri) ilçesi Dolayının Demir Cevherleşmeleri Prospeksiyonu Jeoloji Raporu; MTA Derleme No: 9215, 102 s. (yayınlanmamış).
- Dağlıoğlu, C., 1990. T.D.Ç.A Genel Müdürlüğü adına Adana-Feke-Mansurlu Çevresinde AR:1704, AR:1544, AR:1660, AR:1662 Ruhsat Alanlarında Yapılan Etüt ve Arama Çalışmaları Jeoloji Raporu; MTA Derleme No: 8910 (yayınlanmamış).
- Dekker, J. ve Cronje, I., 1991. Recovery of humic acids. US Patent 5.004.831.
- Demirtaşlı, E., 1967. Pınarbaşı-Sarız-Mağara civarının jeoloji raporu; MTA Enst. Raporu, Rap. No: 1935, 129 s. (yayınlanmamış).
- Depel, G., 2000. Düşük Değerli Linyitin Tarımda Kullanılma Olanığı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 54s.
- Detroit, W. ve Lebo, Jr. 1997, Production of acid soluble humates. US Patent 5.663.425.
- DPT, 2001. 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, ÖİK Raporu, 11-50.
- EASAC Report, 2007. A Study on the EU Oil Shale Industry-Viewed in the Light Oil the Estonian Experience, A Report by EASAC to the Committee on Industry, Research and Energy of the EU Parliament.
- Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 220, Ankara.
- FAO, 2009. Resource STAT-Fertilizer. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/site/575/Desktop>
- Francioso, O., Ciavatta, C., Montecchio, D., Tugnoli, V., Sanchez-Cortes, S. and Gessa, C., 2003. Quantitative estimation of peat, brown coal and lignite humic acids using chemical parameters, 1H-NMR and DTA analyses. Bioresource Technology, 88; 189-195.
- Grabowska, E. L. ve Gryglewicz, G., 2005. Adsorption of lignite-derived humic acids on coal-based mesoporous activated carbons. Journal of Colloid and Interface Science 284; 416-423.
- Hayes, M.H.B., MacCarthy, P., Malcolm, R.L. ve Swift, R.S. (Eds.), 1989. Humic Substances H: In Search of Structures, Wiley, New York.
- Ketin, A., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri; M.T.A Dergisi, 6, 20-34.
- Kim, H.T., 2003. Humic Matter in Soil and the Environment ; c. 7, p: 31.
- Kural, O., 1978. Türkiye Linyitlerinde Humik Asit Dağılımının İncelenmesi. İTÜ Maden Fakültesi. Doktora Tezi, 99 s, (Yayınlanmamış).
- Kural, O., 1998. Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve

- Çevre İlişkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 55; 117-127.
- Kök, M.V., 2006. Oil Shale Resources in Turkey, *Oil Shale*, 23 (3) 209–210.
- Güleç, K. ve Önen, A., 1993. Turkish oil shales: reserves, characterization and utilization, Proceedings of the 1992 Eastern Oil Shale Symposium, University of Kentucky, Institute for Mining and Minerals Research, Lexington, USA, pp. 12–24.
- Laherrere, J., 2005. Review of Oil Shale Data, www.hubberrere.com/laherrere/OilShaleReview.pdf.
- Lehtonen, K., Hanninen, K. and Ketola, M., 2001. Structurally bound lipids in peat humic acids. *Organic Geochemistry*, 32; 33-43.
- Lguriate, A., Ait Baddi, G., El Mousadik, A., Gilard, V., Revel, J.C. and Hafidi, M., 2005. Analysis of humic acids from aerated and non- aerated urban landfill composts. *International biodeterioration & biodegradation*, 56; 8-16.
- Metin, S., 1984. Doğu Toroslar'da Derebaşı (Develi), Armutalan ve Gedikli (Saimbeyli) Köyleri Arasının Jeolojisi; A.Ü. Müh. Mim. Fak. Yerbilimleri Dergisi., 4, 1-2, 45-66.
- Metin, S., Papak, I. ve Keskin, H., 1982. Tufanbeyli-Sarız ve Göksün Saimbeyli Arasının Jeolojisi, MTA Rap., Ankara, No: 7219 (yayımlanmamış).
- Özgül, N., 1971. Orta Toroslar'ın kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi; *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 14, 75-87.
- Özgül, N., Metin, S., Göger, E., Bingöl, A., Baydar, O. ve Erdoğan, B., 1973. Tufanbeyli dolayının (Doğu Toroslar, Adana) Kambriyen-Tersiyer kayaları; *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 16, 39-52.
- Özgül, N., 1976. Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri; *TJK Bülteni*, 19, 1, 65-78.
- Özgül, N. ve Kozlu, H., 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) Yöresinin Stratigrafisi ve Yapısal Konumu ile İlgili Bulgular; *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 14, 1, 1-36.
- Özgül, N., 2006. Toroslar'ın Paleozoyik Yaşta Bazı Kaya Stratigrafi Birimleri. *Stratigrafi Komitesi 6. Çalıştayı (Toros Kuşağı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Prekambriyen-Paleozoyik Kaya Birimlerinin Litostratigrafi Adlamaları)*; Bildiri Özleri, 1-8, Ankara.
- Probstein, R.F. ve Hicks, R.E., 1982, *Synthetic Fuels*, Mc Graw Hill Chemical Engineering Series, 322-373.
- Senn, T. L. And Kingman, A. R., 1973. "A review of Humus and Humic Acids." *Clemson University, Dept of Horticulture, Research Series No. 145.*
- Skhonde, M.P. Herod, A.A., Van der Walt, T.J., Tsatsi, W.L. ve Mokoena, K., 2006. The effect of thermal treatment on the compositional structure of humic acids extracted from South African bituminous coal. *International Journal of Mineral Processing*, 01950; 1-7.
- Şengüler, İ. 1985, Bitümlü şeylden yararlanma. *Yeryuvarı ve insan*, 10, 4, 59-63.
- Şengüler, İ., 1994. Bitümlü şeyl. *Türkiye Enerji Bülteni*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 1,1, 21-26.
- Şengüler, İ., 2001. Türkiye bitümlü şeyllerinin GAP bölgesinde toprak güçlendirici olarak kullanılma imkanlarının araştırılması ve geliştirilmesi. *MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Daire Başkanlığı*, 21 s., Ankara.
- Şengüler, İ., 2007. Asfaltit ve Bitümlü Şeylin Türkiye'deki Potansiyeli ve Enerji Değeri, *TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu-Küresel Enerji Politikaları*, Ankara.
- Taban, S. ve Turan, M.A., 2012. Tarımda Gübre Çevre İlişkileri. *TarımTürk*, 34: 10-14.
- Tissot, B.P., ve Welte, D.H., 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*: Springer-Verlag. Berlin.
- Toraman, Ö.Y. ve Uçurum, M., 2009. Alternatif Fosil Enerji Kaynağı: Bitümlü Şeyl, *TÜBAV Bilim Dergisi* 2(1), 37-46.
- USA Department of Energy, 2004. *Strategic*

- Significance of America's Oil Shale Resource, Vol.II, Section 2.1.
- Ünalın, G., 2003. Türkiye Enerji Kaynaklarının Genel Değerlendirmesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 27 (1).
- Valdrighi, M. M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinitti, S., Lunardi, D. and Vallini, G., 1996. Effect of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 58; 133-144.
- Vogel, E., Geßner, R., Hayes, M.H.B. ve Kiefer, W., 1999. Characterisation of humic acid by means of SERS, *Journal of Molecular Structure* vol. 482-483, p. 195-199.
- World Energy Council (WEC), *Survey of Energy Resources*, 21, ISBN 0946121265, Retrieved on 2007-11-13.
- Yapıcı, N. ve Anıl, M., 2007. Düzağaç Kuvarsit Yatağının (Kozan-Adana) Cam Sanayinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, Cilt 22, Sayı, 2 .309-323.
- 
- Makale Geliş Tarihi : 14 Ekim 2014  
Kabul Tarihi : 14 Nisan 2015
- Received* : 14 October 2014  
*Accepted* : 14 April 2015



## TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

### YAZIM KURALLARI

#### Yazıların hazırlanması

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe 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.

Yazılar, aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- (a) **Başlık** (Türkçe ve İngilizce)
- (b) **Yazar adları** (koyu ve tamamı 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 ve Öneriler"**
- (h) **"Extended summary"/"genişletilmiş özet"**
- (i) **Katkı Belirtme** (gerekliyorsa)
- (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 cm x 21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntuyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

**Başlıklar şu şekilde olmalıdır:**

**ÖZ**

**ABSTRACT**

**GİRİŞ**

**ANA BAŞLIK**

**Birinci Derece Alt Başlık**

**İkinci derece alt başlık**  
**Üçüncü derece alt başlık**  
**SONUÇLAR VE TARTIŞMA**  
**GENİŞLETİLMİŞ ÖZET**  
**KATKI BELİRTME**  
**KAYNAKLAR**

**Kapak Sayfası**

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- Yazının başlığı
- Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın faks ve telefon numaraları 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 harf olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kuralına göre verilmelidir.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneğe uygun olarak verilmelidir:

Ahmet Ahmetoğlu                      Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Tandoğan 06100 Ankara  
A. Hüsnu Hüsnuoğlu                      MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Dairesi, 06520 Ankara  
(e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

**ÖZ**

Öz, çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler, hem Türkçe hem, İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Öz'den sonra "Abstract" (italik) 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 gerektirdiğinde 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.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

(aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır)

**(a) Süreli yayınlar :**

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

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Makalenin başlığı. Süreli Yayının Adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa no.

**(b) Bildiriler:**

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

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler) varsa, Basımevi,

Cilt/Sayı No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yerin Adı, sayfa no.

**(c) Kitaplar:**

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 s.  
Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869, 520 s. Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük). Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.

**(d) Raporlar ve Tezler:**

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

Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).

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

**(e) Kişisel Görüşme:**

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of 9 Eylül University, İzmir, Turkey.

**(f) İnternette İndirilen Bilgiler:**

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005. Kurumun Adı , Tarih. Web adresi, Web adresine girildiği tarih.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

**Eşitlikler ve Formüller**

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

Burada; makaslama dayanımı, c kohezyon, normal gerilme ve içsel sürtünme açısıdır". Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin;  $I_d$ ,  $x_2$ ). Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin;  $c_{mass} = s0.5$ ). Çarpım işlemi göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "\*" işareti tercih edilmelidir (örneğin;  $y = 5 \cdot 10^{-3}$ ). 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 cm x 22.5 cm) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısmında 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 çizelgelerin altında verilmelidir (örneğin; c: tek eksenli sıkışma dayanımı; II: illit;...vd.).

### Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekiller orijinal çıktılar olup, ayrı sayfalara bastırılarak ve katlanmadan gönderilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya bastırılarak "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. Katlanmış şekiller ile renkli şekiller Dergi'ye kabul edilmez. Özellikle haritalar, araziyle 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 değerlendirilmeli ve parlak kağıda basılmış orijinal halde verilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

### MAKALELERİN EDİTÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra [www.jmo.org.tr](http://www.jmo.org.tr) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmeli yada doğrudan aşağıdaki e-posta adresine gönderilmelidir.

### TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDİTÖRÜ

Prof. Dr. Orhan TATAR

Tel : 0346-219 1010 / 1548

e-posta : [orhantatar@gmail.com](mailto:orhantatar@gmail.com)

### **YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU**

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

### **PROVA BASKILAR**

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

### **AYRI BASKILAR**

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

### **TELİF HAKLARI**

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



## GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

### INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

#### Preparation of Manuscripts

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English "Genişletilmiş Özet", for manuscripts submitted in Turkish "Extended Summary" should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts, and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Papers 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.

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, acknowledgments, 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**



**(b) Proceedings and Abstracts:**

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

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

**(c) Books:**

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York.

Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869.

Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher

**(d) Unpublished Reports and Thesis:**

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234. (yayınlanmamış). [Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Report No., Name of City (unpublished).]

Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).

Author, Date. Title of thesis. Type of Thesis (MSc or PhD), Name of University or Institution, City, Country (unpublished).

**(e) Personal Communications:**

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of 9 Eylül University, İzmir, Turkey.

**(f) Information Downloaded from the Internet**

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005. [Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.]

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

**Mathematical Expressions**

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations. "

Where  $\tau$  is the shear strength,  $c$  is cohesion,  $\sigma$  is normal stress and,  $\phi$  is internal friction angle." Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g.  $\text{Id}$ ,  $x^2$ ). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g.  $y = 5x^{0.5}$ ). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol "\*" can be preferred (e.g.  $y=5*10^{-3}$ ). Please use "/" for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  (not  $\text{Ca}^{++}$  and  $\text{CO}_3^{--}$ ). In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

**Tables**

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin "Table 1." etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used.

Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength; II: Illite; 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 presented separately from manuscripts, and not be folded. 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 printed on separate pages and given offer tables together 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. Foldout and colored illustrations are not accepted. 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 Figures 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 submitted as original glossy prints 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 [www.jmo.org.tr](http://www.jmo.org.tr) or directly sent as an e-mail attachment to the editor at below address.

#### **EDITOR**

Prof. Dr. Orhan TATAR

Phone : 0346-219 1010 / 1548

e-mail : [orhantatar@gmail.com](mailto:orhantatar@gmail.com)

be restricted to typesetting errors, change or corrections that constitute departures from the article are not accepted. Proofs should be returned to the Editor within 3 days of receipt. Please note that the authors are urged to check their proofs carefully before return, since the inclusion of late corrections cannot be guaranteed.

#### **REPRINTS**

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

#### **COPYRIGHT**

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







# TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Ağustos 2015 Cilt 58 Sayı 3  
August 2015 Volume 58 Number 3

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

**Dilber ERDEM, Zafer ASLAN**

**Kalk-alkalen Şapçı (Balıkesir) Volkanitlerin Petrografisi ve Petrolojisi: Biga Yarımadası'nda (Kuzeybatı Türkiye) Çarpışma ile İlişkili Volkanizma**

*Petrography and Petrology of the Calc-alkaline Şapçı (Balıkesir) Volcanics: Volcanism Related to Collision in the Biga Peninsula (NW Turkey)..... 1*

**Erdem GÜNDOĞDU, Süha ÖZDEN, Talip GÜNGÖR**

**Simav (Kütahya) ve Yakın Civarının Geç Senozoyik Yaşlı Jeodinamik Evrimi**

*Petrography and Late Cenozoic Geodynamic Evolution of Simav (Kütahya) and Surroundings..... 23*

**Mehmet Serkan AKKİRAZ, Funda AKGÜN, Torsten UTESCHER,**

**Volker WILDE, Angela BRUCH, Volker MOSBRUGGER, Sariye Duygu ÜÇBAŞ-DURAK**

**Erken-Orta Miyosen Yaşlı Kömürlü Tortulların Paleoekolojisi: Uşak-Güre ve Soma Havzalarından Örnekler**

*Palaeoecology of the Early-Middle Miocene Coal-Bearing Sediments: Examples From the Uşak-Güre and Soma Basins ..... 39*

**Faruk AY, Ergün KASAKA**

**Düzağaç (Kozan-Adana) Bölgesindeki Bitümlü Şeyllerin Hümik Asit Özellikleri**

*Cenozoic Humic Acid Properties of Bituminous Shales in the Region of Düzağaç (Kozan-Adana) .... 61*

### **Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:**

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM Veri Tabanlarında yer almaktadır.

### ***Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:***

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM Database*

#### **Makale Gönderim Adresi**

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

#### **Corresponding Address**

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