



**Karaburun Yarımadası'nın Geç Miyosen Stratigrafisi, Yeni Memeli Bulguları ve Bölgesel Korelasyon, Batı Anadolu**  
*Late Miocene Stratigraphy of Karaburun Peninsula, New Mammal Records and Regional Correlation, Western Anatolia*

**Fikret Göktaş<sup>1</sup>, Tümel Tanju Kaya<sup>2</sup>, Erhan Tarhan<sup>3</sup>, Serdar Mayda<sup>2,4</sup>**

<sup>1</sup>119/3 Sok., No.7/1, D.15, Evka 3, Bornova/İzmir

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Tabiat Tarihi Uygulama & Araştırma Merkezi, 35040, Bornova/İzmir

<sup>3</sup>Hitit Üniversitesi, Antropoloji Bölümü, Çorum

<sup>4</sup>Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 35040, Bornova/İzmir

• Geliş/Received: 08.06.2022

• Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 10.08.2022

• Kabul/Accepted: 12.08.2022

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 14.12.2022

• Baskı/Printed: 31.01.2023

*Araştırma Makalesi/Research Article*

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

**Öz:** Foça Çöküntüsü'nün batı kenarındaki Mordoğan alt havzasında tanımlanan Eşendere grubu, alüviyal Saip, palustrin Boyabağ ve gölsel Çukurcak kireçtaşı formasyonlarından oluşmaktadır. Eşendere grubu, Orta Miyosen yaşlı Hisarcık formasyonunun gölsel çökelleri üzerinde uyumsuzlukla yer alır. Alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşan Saip formasyonu, Geç Miyosen tortullaşmasının başlangıcını yansıtır. Palustrin çamur düzlüğü istifiyle temsil edilen ve ilk kez bu çalışmada tanımlanan Boyabağ formasyonu, Saip formasyonu ile gölsel Çukurcak kireçtaşı arasında yer alır. Gölse Çukurcak kireçtaşı, Eşendere grubunun son birimidir.

Boyabağ formasyonunun çamurtaşı egemen istifi içinde bulunan *Hipparion* aff. *giganteum* ve *Hippopotamodon major* kıyı Ege Bölgesi'nde MN10 biyozonuna işaret eden ilk bulgulardır. Bu büyük memeli bulgularına dayanılarak, Foça Çöküntüsü'ndeki Geç Miyosen tortullaşmasının ~10 milyon yıl önce başladığı ileri sürülebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, Memeli Paleontolojisi, Mordoğan Havzası.

**Abstract:** The Eşendere Group, identified in the Mordoğan sub-basin on the western edge of the Foça Depression, consists of the alluvial Saip, palustrine Boyabağ and lacustrine Çukurcak limestone formations. The Eşendere Group unconformably overlies the lacustrine deposits of the middle Miocene Hisarcık Formation. The Saip Formation consisting of alluvial fan deposits, reflects the beginning of late Miocene sedimentation. The Boyabağ Formation, which was described in this study for the first time, represents a palustrine mud flat succession and is located between the Saip Formation and the lacustrine Çukurcak Limestone. The Çukurcak Limestone is the last unit in the Eşendere Group.

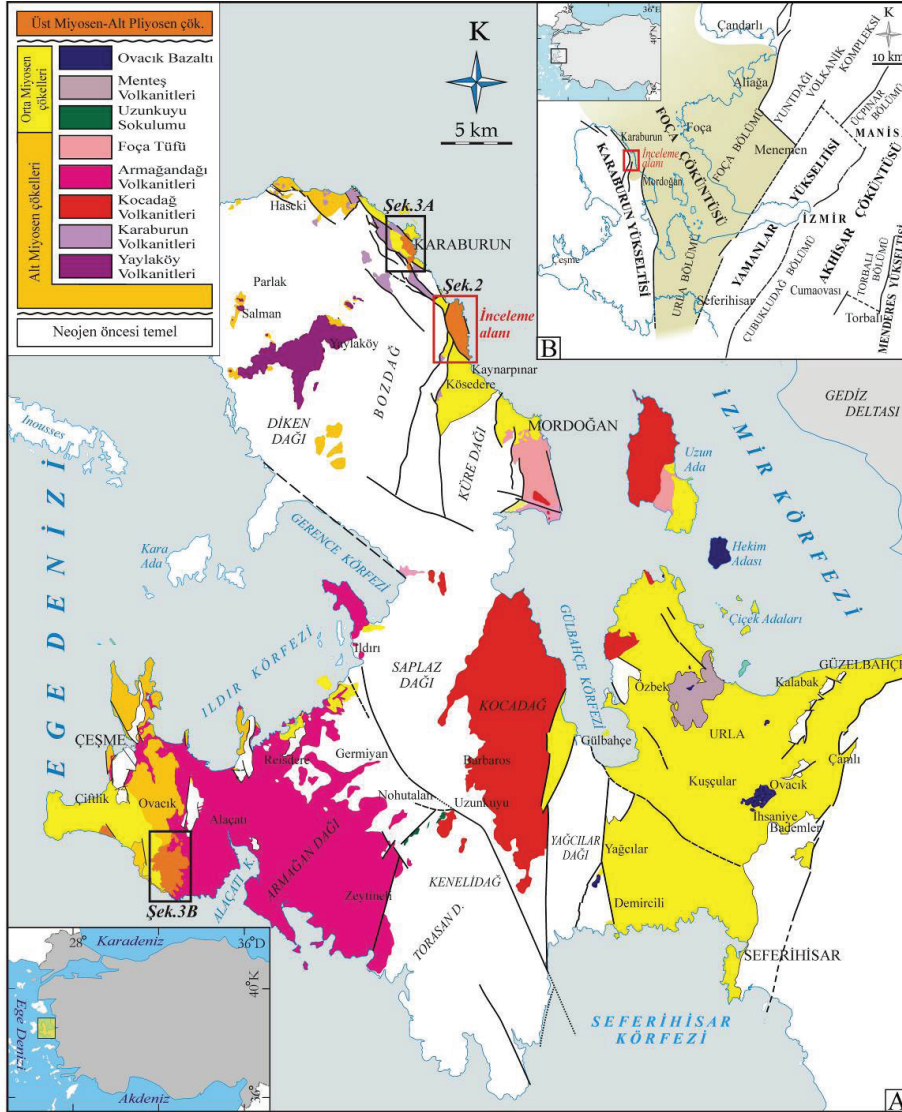
*Hipparion* aff. *giganteum* and *Hippopotamodon major*, that were found in the mudstone dominant succession of the Boyabağ Formation, are the first records from the MN10 biozone in the Western Aegean region. Based on these large mammal records, we assume that late Miocene sedimentation in the Foça Depression began ~10 million years ago.

**Keywords:** Mammalian Paleontology, Mordoğan Basin, Western Anatolia.

## GİRİŞ

Karaburun Yarımadası'nın doğusunda, Mordoğan alt havzasında yüzeyleyen ve kapsadığı büyük memeli faunasıyla biyostratigrafik konumu ilk kez (Kaya vd., 2005)'nde belirlenen karasal Üst Miyosen çökellerine yönelik olan bu çalışmada, 1) kaya birimlerinin haritalanması ve litostratigrafi

düzeninin ortaya konması, 1) yarımadaının diğer kesimleri ve Batı Ege bölgesindeki Neojen havzalarıyla stratigrafik korelasyon, 11) yeni tanımlanan büyük memeli fosil bulgularının biyocoğrafik ve biyokronolojik dağılımlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanı, Foça Çöküntüsü'nün (Kaya, 1979) batı kenarında yer almaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1. A)** Karaburun Yarımadası'ndaki Neojen kaya birimlerinin dağılımı. **B)** İnceleme alanının Foça Çöküntüsü içindeki konumu.

**Figure 1. A)** Distribution of Neogene rock units in the Karaburun Peninsula. **B)** The location of the study area within the Foça Depression.

Karaburun Yarımadası'nda yürütülen önceki jeolojik etütlerin başlıcaları Neojen öncesi kaya birimlerine yöneliktir (Çakmakoglu ve Bilgin, 2006 ve bu çalışmada değinilen referanslar). Neojen çalışmaları ise, magmatizma (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Borsi vd., 1972; Türkecan vd., 1998; Helvacı vd., 2009; Agostini vd., 2010) ve litostratigrafi düzeniyle (Kaya, 1979 ve 1981) ilgilidir. Yarımada'da Orta ve Geç Miyosen'in varlığını büyük memeli bulgularıyla gösteren ilk çalışmalar Kaya vd. (2003 ve 2005)'ne aittir. Göktaş (2014a ve b), Karaburun Yarımadası'nın kuzey bölümünde, Göktaş (2020) ise Çeşme Yarımadası'nda yüzeyleyen Neojen çökelleri ve volkanitlerinin stratigrafisini incelemiştir. Karaburun Yarımadası'nın genel jeolojisine yönelik 1:100.000 ölçekli son çalışmalar Göktaş ve Çakmakoglu (2018a, b ve c)'na aittir. Çalışmanın Sistematik Paleontoloji bölümünde tanımlana fosil memeli örnekleri 2010 yılı arazi çalışması sırasında in-situ olarak bulunmuş olup, sonrasında örnekler "Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Müzesi" envanterine aynı sene içerisinde alınmıştır.

## STRATİGRAFİ

### Neojen Öncesi Temel Kayaları

Karaburun Yarımadası'nda yüzeyleyen Neojen öncesi kaya birimleri, "Karaburun Kuşağı" (Erdoğan, 1990a ve b) kapsamında tanımlanan ve Silüriyen'den Kretase'ye kadar değişen yaşlardaki denizel çökellerden oluşur (Çakmakoglu ve Bilgin, 2006 ve bu çalışmada değinilen referanslar). Mordoğan çevresindeki inceleme alanında yüzeyleyen Neojen öncesi kaya birimleri ise, Ladiniyen döneminin neritik karbonat çökelimini yansıtan "Camiboğazı formasyonu" (Brinkmann vd., 1972) ve Üst Triyas yaşlı sığ denizel karbonatların simgelediği "Güvercinlik formasyonu"ndan (Erdoğan vd., 1990) oluşur.

### Alt-Orta Miyosen Kaya Birimleri

Karaburun Yarımadası'nın kuzey bölümünde yayılımı bulunan Alt-Orta Miyosen yaşlı kaya birimleri, Göktaş (2014a ve b) tarafından "Karaburun grubu" kapsamında incelenmiştir. Çeşme Yarımadası'ndaki "Çeşme grubu"nun (Göktaş, 2020) zaman-kayastratigrafik eşdeğeri olan Karaburun grubu, inceleme alanında *Karaburun volkanitleri* ve *Hisarcık formasyonu* ile temsil edilir. Geç Erken Miyosen yaşlı mafik volkanitlerin simgelediği Karaburun volkanitleri, inceleme alanındaki en yaşlı Neojen birimidir. Baskın olarak gösel çökellerden oluşan Orta Miyosen yaşlı Hisarcık formasyonu, Karaburun volkanitleri üzerinde uyumsuzlukla yer alır.

### Karaburun Volkanitleri

Yarımadanın KD'sunda yüzeyleyen Karaburun volkanitleri, geç Erken Miyosen kalkalkalen volkanizmasının ürünleri olan andezit-bazaltik andezit bileşim aralığındaki lavlar ve türdeş piroklastiklerden oluşur (Türkecan vd., 1998; Helvacı vd. 2009, Göktaş, 2014a ve b). Çalışma alanında ayırtılan lav yüzleği, Göktaş (2014b)'in genelleştirilmiş stratigrafisindeki ikinci evre Karaburun volkanitleriyle aynı stratigrafik pozisyonadadır. Karaburun volkanitlerinden önceki çalışmalarda alınan K/Ar yaşlarıyla volkanizmanın geç Erken Miyosen'de etkinleştiği gösterilmiştir (Türkecan vd., 1998:  $18,5 \pm 3,1$  -  $16,0 \pm 0,3$  My; Göktaş, 2014a:  $18,2 \pm 1,0$  My; Göktaş, 2014b:  $16,0 \pm 1,3$  My).

### Hisarcık Formasyonu

Hisarcık formasyonu (Göktaş, 2014b), Karaburun Yarımadası'nın K-KD kıyı bölgelerinde yüzlekleri bulunan Orta Miyosen yaşlı egemen gösel çökeli mi simgeler. Tortul istif, havza kenarı alüviyal çökelleriyle başlar. Yanal-düşey geçiş ilişkisiyle alüviyal çökeller üzerine gelen gösel istif, yeşil renkli kıltaşı egemen çökellerle başlar ve kireçtaşlarıyla sona erer. Hisarcık formasyonunu

karakterize eden gölssel istif, Çeşme Yarımadası'nda Göktaş (2020) tarafından tanımlanan Çiftlik formasyonuna eşdeğerdir. Foça Çöküntü havzası (Kaya, 1979) genelinde Orta Miyosen tortullaşmasını temsil eden Hisarcık formasyonu ve korelanları, Karaburun Yarımadası'nda Haseki formasyonu ve ikinci evre Karaburun volkanitleri üzerinde uyumsuzdur (Göktaş, 2014a ve b). Çalışma alanında, Neojen öncesi temel kayalarıyla Hisarcık formasyonu arasında günümüzde gözlenen dokanaklar, postsedimanter sınır fayları tarafından oluşturulmuştur. Üstleyen Eşendere grubu çökelleriyle ilişki Geç Miyosen uyumsuzluğuyla belirlenmiştir.

Hisarcık formasyonu tortullaşmasının başlangıcını yansıtan ve egemen olarak çakıltaşlarından oluşan alüvyon yelpazesi çökelleri ("Hacıhüseyintepe üyesi": Göktaş, 2014b), Karaburun volkanitlerine ait lavları uyumsuzlukla üzerler ya da sınır fayının belirlediği dokanaklarla Camiboğazı formasyonuna yaslanır. Gölssel istifin alt bölümünü oluşturan yeşil renkli kıltaşı egemen istif ("Karabağları üyesi": Göktaş, 2014b), Foça tufünü (Kaya, 1979) oluşturan ignimbritlerin Mordoğan bölgesine yerleşimini izleyerek gelişen Orta Miyosen gölssel transgresyonunun ürünüdür. Gölssel istifin üst bölümünü oluşturan kireçtaşları ("Değirmen-tepe kireçtaşı": Göktaş, 2014b) Orta Miyosen tortullaşmasının son döneminde çökelmiştir. Hisarcık formasyonunun üstleyen Eşendere grubuyla olan dokanak ilişkisi, reaktif normal fayların yarattığı gömülme nedeniyle çalışma alanında gözlenmemekle birlikte, Karaburun çevresinde ve Çeşme Yarımadası'nda yüzeyleyen korelan istiflere yönelik gözlemlere dayanılarak uyumsuz kabul edilmiştir.

### **Geç Miyosen Tortullaşması Eşendere Grubu**

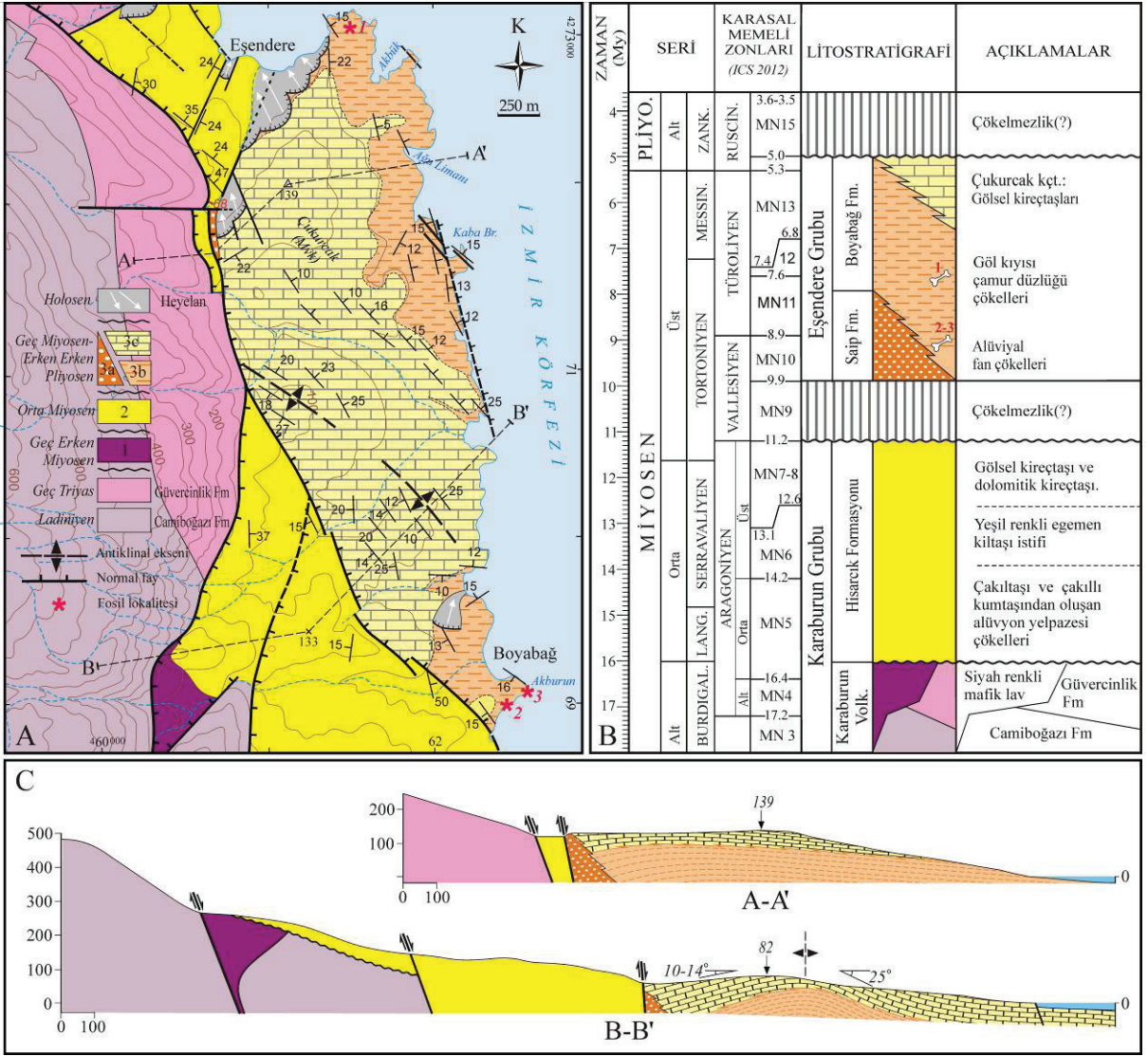
Karaburun ilçe merkezi çevresinde, alttan ve üstten bölgesel ölçekte uyumsuzluk düzlemleriyle sınırlandırıldığı gözetilerek ilk kez Göktaş (2014b) tarafından grup aşamasında değerlendirilen ve

Orta Miyosen yaşlı Hisarcık formasyonu üzerinde uyumsuzlukla yer aldığı gösterilen Eşendere tortul istifi, alüviyal *Saip formasyonu* ile başlar, palustrin çamur düzlüğü çökellerinden oluşan *Boyabağ formasyonu* ile devam eder ve gölssel *Çukurcak kireçtaşı* ile sona erer (Şekil 2).

Göktaş (2014b), Boyabağ formasyonu içinde Kaya vd. (2005) tarafından tanımlanan erken-orta Turoliyen (MN11-12) yaşlı büyük memeli faunasına dayanarak, Eşendere grubunun geniş anlamda (*sensu lato*) Geç Miyosen'de çökeldiğini öngörmüştür. Aynı birim içinde bulunan ve bu çalışmada tanıtılan geç Vallesiyen (MN10) yaşlı yeni memeli bulguları (*Hipparion aff. giganteum* ve *Hippopotamodon major*) bölgedeki Geç Miyosen tortullaşmasının ~10 My önce başladığını gösterir. Çalışma alanında Eşendere grubu tortullaşmasının üst yaş sınırına işaret edebilecek kronolojik veri yoktur. Buna karşılık, Akhisar Çöküntüsü'ndeki (Kaya, 1979) Halitpaşa ve Develi çevrelerinde yüzeyleyen eşlenik palustrin çökellerin kapsadığı MN14 memelilerine göre, Geç Miyosen tortullaşmasının erken Erken Pliyosen sonlarına (~5 My) kadar devam ettiği kabul edilmiştir (Kaya vd., 2004; Mayda vd., 2015).

### **Saip Formasyonu**

Çakıltaşı ve kumtaşından oluşan tortul istif, Saip formasyonu adıyla ilk kez Göktaş (2014b) tarafından Karaburun ilçe merkezi çevresinde tanımlanmıştır. Çalışma alanındaki Saip formasyonu çökelleri, Hisarcık formasyonu ile arasındaki postsedimanter dokanağı oluşturan sınır fayının tavan bloğunda kısıtlı yüzlek verir (Şekil 2A). Tortul istif, çakıltaşı-çakıllı kumtaşı topluluğundan oluşur. Küçük çakıl büyüklük sınırları arasındaki çakıllardan oluşan çakıltaşları, kaba kumdan oluşan ara geç desteklidir. Çakıllar yarı yuvarlaktır ve baskın olarak Camiboğazı formasyonu karbonatlarından türemiştir. Küçük çakıl ve çakılcık içerikleri kapsayan kaba taneli kumtaşları, masif, kötü boylanmış ve zayıf-orta derecede pekişmiştir.



**Şekil 2. A)** Çalışma alanının jeolojisi: 1. Karaburun volkanitleri (II. Evre), 2. Hisarcık fm., 3. Eşendere grubu (3a: Saip fm., 3b: Boyabağ fm., 3c: Çukurcak kireçtaşı). Memeli fosil lokaliteleri (Kırmızı yıldızlar): 1) Eşendere faunası, 2) *Hipparion aff. giganteum*, 3) *Hippopotamodon major*. **B)** Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafisi. **C)** Eşendere grubu çökellerinde postsedimanter deformasyonu yansıtan jeoloji enine kesitleri.

**Figure 2. A)** Geology of the study area: 1. Karaburun volcanics (II. Stage), 2. Hisarcık fm., 3. Eşendere group (3a: Saip fm., 3b: Boyabağ fm., 3c: Çukurcak limestone). Mammalian fossil localities (Red stars): 1) Eşendere fauna, 2) *Hipparion aff. giganteum*, 3) *Hippopotamodon major*. **B)** Generalized stratigraphy of the study area. **C)** Geological cross-sections reflecting post-sedimentary deformation in the Eşendere Group deposits.

Saip formasyonu ile genelleştirilmiş stratigrafide uyumsuzlukla üzerinde yer aldığı öngörülen Hisarcık formasyonu çökelleri arasındaki ilksel dokanak ilişkisi çalışma alanında gözlenmez. Hisarcık formasyonu ile dokanak,

tortullaşma sonrasında reaktive olan havza sınırları tarafından belirlenmiştir. Genel olarak örgütlü akarsu çökellerinden oluşan istif, Geç Miyosen havzasının kenarlarında gelişen alüvyon yelpazesi tortullaşmasını yansıtır.

### **Boyabağ Formasyonu**

Baskın olarak çamurtaşlarından oluşan ve biyojenik kireçtaşı arakatmanları kapsayan istif, Boyabağ formasyonu adıyla ilk kez bu çalışmada tanımlanmıştır. Birimin adı Boyabağ yerleşiminden alınmıştır. Boyabağ formasyonu, başlıca yayılım alanı olan Eşendere ile Boyabağ arasındaki kıyı falezlerinde tipik olarak izlenir (Şekil 3A). Genel olarak açık kırmızımsı kahve renkli olan istif, kalınlıkları 20-200 cm arasında değişen düzlemsel paralel katmanlı çamurtaşlarından oluşur. Masif çamurtaşları çoğunlukla kötü boylanmıştır; kaba-çok kaba taneli kum ve çakılcık saçınımları ile gastropod kavkı parçalarını yaygın olarak kapsar. Alt ve üst sınırları genellikle belirgin olmayan katmanlanma, karbonat çimento kapsamındaki değişim ya da kireçtaşı katmanlarının araya girmesiyle güncel falez profilinde belirginleşir (Şekil 3A). Katmanlar çoğunlukla yanal süreklidir ve yanal kalınlık değişimi azdır. Seyrek olarak düzlemsel paralel laminalanma izlenir. Çamurtaşlarında biyoturbasyon yaygındır. Bazı düzeylerde, içi boş dikey kanalların simgelediği bitki kökü izleri gözlenir. Tatlı su alg içerikleri olağandır. Birkaç santimetre boyutlarında, tane destekli paketlenmiş algal onkoidlerden (sferoidal stromatolitler) oluşan kanal dolguları en çok 40 cm kalınlığındadır ve istif içinde seyrek olarak bulunur (Şekil 3B). Masif çamurtaşları içinde, yeniden işlenerek parçalanmış (post-mortem reworking) dallı alglerin kümelenmediği 10-60 cm arası kalınlıklardaki yanal süreksiz ara düzeylere sıklıkla rastlanır (Şekil 3C). Düzlemsel paralel laminalı stromatolitlerin oluşturduğu biyojenik kireçtaşı aradüzeyleri santimetrik-desimetrik kalınlıklardadır. Çamurtaşı düzeyleri içinde, beyaz renkli, ince kavkılı ve düzensiz saçılmış gastropod kavkı parçaları yaygındır (Şekil 3D). İstif içinde az oranda gözlenen yeşil renkli masif kilttaşları, 30-400 cm arasında değişen kalınlıklarda yanal süreksiz ara düzeyler oluşturur. Bu düzeylerde, 1 cm'yi aşmayan büyüklüklerde, beyaz renkli, ince kavkılı ve genellikle iyi korunmuş tatlı su

gastropodlarının yığılım oluşturduğu cepler gözlenir. Boyabağ formasyonunda tekil ve seyrek olarak bulunan büyük memeli fosil kalıntılarında ikisi, bu çalışmada ilk kez tanımlanmıştır.

Çalışma alanında tortul istifin stratigrafik tabanı gözlenmez. Boyabağ formasyonu ile havza kenarı tortullaşmasını yansıtan Saip formasyonunun distal alüvyon yelpazesi çökelleri arasındaki ilişki Çukurcak kireçtaşının oluşturduğu transgresif örtü nedeniyle gözlenmemekle birlikte alttan üste yanal girik kabul edilmiştir. Çukurcak kireçtaşı, yanal-düşey geçişle Boyabağ formasyonu üzerine gelir. Alttan üste kırmızı -paleooksit- renkli istifi oluşturan kötü boylanmış kumlu çamurtaşlarının, yüksek ve düşük göl düzeyi aralığındaki çökeliyi yansıtan palustrin çamur düzlüğünde çökeldiği yorumlanmıştır. İstif içinde seyrek olarak gözlenen yeşil renkli ve masif kilttaş aradüzeyleri, paleoredüksiyona özgü renkleri ve görece iyi korunmuş gastropod içerikleriyle, yüksek göl düzeyi koşullarında süspansiyondan çökeliyi yansıtır. Hareketli (allokton) mikrobiyal sarılım ürünleri olan sferoidal-ovoidal stromatolitlerin, gel-git kanallarında(?) dolgulandıkları öngörülmüştür. Çamurtaşları içinde düzensiz saçınımlar olarak bulunan gastropod kavkı parçaları, çökeltme ortamında yaşamış küçük memelilerin beslenme atıkları olmalıdır.

### **Çukurcak Kireçtaşı**

Çukurcak kireçtaşı (Göktaş, 2014b), gölsel karbonat kayalarından oluşur. Birimin adı, en kalın ve yaygın yüzleklerinin bulunduğu Çukurcak Mevkisi'nden alınmıştır (Şekil 3A). Gölsel istif, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşur. Ayrışma yüzeyi beyazımsı açık gri, taze kaya açık bej renklidir. Genellikle mikritik dokulu ve çok serttir. Yaygın olarak kalın-çok kalın, yersel ince-orta katmanlı ve kıt gastropodludur. Sınır fayına yakın kesimlerdeki kireçtaşlarında, kum boyutlarında ekstraklastlar olağandır. Tabana yakın bölümlerde, pembemsi kahverenkli

masif çamurtaşı ve seyrek olarak, sepiyolit ya da paligorskit içeren kızıl-kahverenkli kilitli aradüzeyle gözlenir. Çukurcak kireçtaşı istifi, kurak-yarı kurak iklim koşullarında alkalinitesi giderek artan evaporitik sıg bir gölde çökelmiştir. Eşendere grubu tortullaşmasının son temsilcisi olan Çukurcak kireçtaşının üst dokanağı Kuvaterner aşınımla belirlenmiştir.

### SİSTEMATİK PALEONTOLOJİ

**Metod:** Çalışmada *Hipparion* dişleri Eisenmann vd. (1988)'ne göre ölçülmüştür. Materyal Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi envanterindedir.

#### 1. *Hipparion aff. giganteum*

**Takım:** Perissodactyla Owen, 1848

**Aile:** Equidae Gray, 1821

**Cins:** *Hipparion* Christol, 1832

**Tür:** *Hipparion aff. giganteum* Gromova, 1952

**Lokalite:** İzmir-Karaburun-Boyabağ (İKB)

**Yaş:** Geç Miyosen (Geç Vallesiyen, MN10)

**Materyal:** Maxilla sağ ve sol P2-M3 sağ I1-I2, sol I1-I2 *in situ* (PV-3200) (Şekil 4)



**Şekil 3.** A) Boyabağ istifinin genel görünümü, B) Tane destekli paketlenmiş algal onkoidlerden oluşan kanal dolguları, C) Çamurtaşı içinde, parçalanmış dallı algerin kümelendiği düzeylerden biri, D) Masif çamurtaşları, yaygın olarak parçalanmış gastropod kavkıları kapsar.

**Figure 3.** A) General view of Boyabağ succession, B) Channel fills consisting of grain-supported packed algal onkoids, C) One of the levels where fragmented branched algae are clustered in mudstone, D) Massive mudstones include widely fragmented gastropod shells.

### Tanımlamalar

Üst yanak dişleri az aşınmıştır ve dişlerin boyutları büyük bir formu yansıtır (Çizelge I). Premollerde protocone elips biçimli ve lingualde kısmen düz ve izoledir; molerlerde lingual tarafı yassıdır. P2 de protocone'un spuru belirgindir. Hypocone elips şeklindedir; distal hypoconal oluk derin ve dar; lingual hypoconal oluk sığdır. Pli caballın uzundur ve iki/üç plilidir. Pre ve post-fosetler kapalıdır; foset kenarlarındaki pliler derin, dallı ve bol sayıdadır. Pli sayısı premollerde 16-23, molerlerde 18-23 dür. Dişlerin seman tabakası ve mine oldukça incedir. dP1'in küçük bir bağlantı izi bulunur. Dişler alçak taçlıdır (yükseklik 25-35 mm arasındadır) (Şekil 4).

### Karşılaştırmalar

Boyabağ lokalitesinde bulunan *Hipparion* dişlerinin iri boyutlarının dışında morfolojik özellikleri arasında foset kenarlarında ince, derin ve zengin pli; derin ve bol plili pli caballın, ve lingualde kısmen düz iri protokon ve gelişmiş hipokonal oluk Vallesiyen hipparionlarında bilinen karakterlerdir.



**Şekil 4.** *Hipparion* aff. *giganteum*, üst sol P2-3 (PV-3200) örneği. Ölçek: 1cm.

**Figure 4.** *Hipparion* aff. *giganteum*, upper left P2-3 (PV-3200). Scale: 1 cm.

Doğu Akdeniz Vallesiyen'inde iri *Hipparion* formları birçok lokaliteden bilinmektedir. Yunanistan'ın kuzeyinde *H. cf. sebastopolitanum* ve *H. aff. giganteum* Pentalophos 1 (PNT), Ravin

de la Pluie (RPI) ve Nikiti 1 (NKT) lokalitelerinde kayıtlanmıştır (Vlachou, 2013; Koufos vd., 2016; Koufos vd., 2022). Anadolu'dan bilinen en zengin koleksiyon ise Sinap (MN9/10) (Ankara-Kahramankazan) lokalitesinden bilinmekte olup, koleksiyon içerisinde *H. sinapensis* Bernor vd., 2003, *H. uzunagizli* Bernor vd., 2003, *H. kecigibi* Bernor vd., 2003, *Hipparion* sp. 1 ve *Hipparion* sp. 2, tanımlanmıştır. Avrupa Vallesiyen'inde daha yaygın olan *H. primigenium* ise sadece Eşme-Akçaköy (Uşak-Eşme, MN9) (Bernor vd., 2003) ve Tekirdağ-Yulaflı (MN10: Geraads vd., 2005) lokalitelerinden bilinmektedir. Bu gruba ait en son çalışma İstanbul-Küçükçekmece (MN10) lokalitesi hipparionları üzerine olup, lokalitede *H. aff. sebastopolitanum* ve *H. aff. giganteum* kayıtlanmıştır. *H. giganteum* ilk kez Grebeniki (Ukrayna) faunasında Gromova (1952) tarafından tanımlanmış olup çok zengin ve derin plikasyon, iki ve daha çok sayıda pli caballın, lingualde kısmen düzleşmiş oval protokon ve hipokonal oluşun varlığı ile karakteristik çok iri boyutlu bir Vallesiyen atıdır. Son çalışmalar ışığında bu tür aynı zamanda Türkiye (Küçükçekmece) ve Yunanistan (Nikiti-1) lokalitelerinden de tanımlanmıştır.

Kemiklitepe-A ve B (Uşak) lokalitelerindeki iri boyutlu *Hipparion* örnekleri *H. sp.* olarak tanımlanmıştır (Koufos ve Kostopoulos, 1994). Bu örneklerin morfolojik ve biyometrik özellikleri *H. brachypus* formu ile uyum sağlar. Sivas-Hafik-Düzyayla faunasında tanımlanan iri boyutlu *Hipparion* örnekleri *Hipparion* sp. olarak tanımlanmıştır (Kaya ve Forsten, 1999). Diğer bir iri form Muğla-Şerefköy faunasında kayıtlanan *Hipparion* sp. (Kaya vd., 2012) olup tüm bu lokalitelere ait örnekler biyometrik olarak Boyabağ örneklerinden çok daha küçüktür.

Boyabağ örnekleri Ankara-Sinap (Bernor vd., 2003) Vallesiyen'inde tanımlanan tüm *Hipparion* türlerinden daha büyük boyutlu olması ile farklılaşır. Aynı şekilde Boyabağ örnekleri Karaburun-Esendere'de tanımlanmış *H. mediterraneum* örneklerinden de biyometrik



ve morfolojik olarak oldukça farklıdır (Kaya vd., 2005). Boyabağ *H. brachypus*'un M1 pli sayısı 23; Akkaşdağ örneklerinden (pli sayısı 17: Vlachou ve Koufos, 2009) ve Sisam örneklerinden (pli sayısı 8) çok daha fazladır (Koufos ve Vlachou, 2005). Boyabağ lokalitesindeki *Hipparion* dişlerinin biyometrik olarak geç Vallesiyen yaşlı Nikiti-1 (Koufos vd. 2016 ve 2022; Koufos ve Vlachou, 2016) ve Küçükçekmece (Koufos ve Şen, 2016) *H. giganteum* örnekleri ile uyumlu olduğu görülür. Boyabağ *H. brachypus* örneklerinin pli sayısı tipik Pikermi formlarından (pli sayısı 10-18) fazla (Koufos, 1987) olup Nikiti-1 ve Küçükçekmece örneklerine (pli sayısı 15-21) yakındır. Benzerlik aynı şekilde protokon yapısı ve ölçüleri ile de uyumludur.

Sonuç olarak Boyabağ *Hipparion* örneğinin tüm morfolojik ve metrik verileri *H. giganteum* ile benzerlik göstermesinden ötürü bu çalışmada *H. aff. giganteum* olarak adlandırılmıştır. Yunanistan (Nikiti-1, MN10), Ukrayna (Grebeniki, MN10/11) ve ülkemizdeki (Küçükçekmece, MN10) geç Vallesiyen lokalitelerinde tanımlanan *H. giganteum*'a olan benzerliği nedeniyle Boyabağ *Hipparion* örneği için de geç Vallesiyen (MN10) yaşı uygun görülebilir.

**Çizelge 1.** 1. Maksimum yükseklik, 2. Uzunluk, 3. Protocone uzunluk/genişlik, 4a. Genişlik, 4b. Maksimum genişlik, 5. Pli sayısı (Eisenmann vd., 1988) (değerler mm).

**Table 1.** 1. Maximum height, 2. Length, 3. Protocone length/width, 4a. Width, 4b. Maximum width, 5. Number of pli (Eisenmann et al., 1988) (metrics in mm).

	1 (Yük)	2 (Uz)	3 (Pr)	4 (Gen)	4b	5. Pli sa.
<b>P2</b>	32,25	34,86	7,47/5,31	24,90	25,12	4-6-7-3/2
<b>P3</b>	29,32	27,72	6,27/4,20	26,36	27,38	4-9-7-3/3
<b>P4</b>	35,29	25,61	6,63/4,45	25,45	27,09	3-6-5-2/2
<b>M1</b>	32,36	23,79	6,58/3,91	24,09	24,95	3-9-6-5/3
<b>M2</b>	34,30	23,83	6,25/4,41	23,25	24,35	3-7-6-2/2
<b>M3</b>	25,40	38,00	7,35/4,39	20,32	22,59	4-7-7-4/2

## 2. *Hippopotamodon major*

**Metod:** Bu çalışmada *Hippopotamodon* örneği Pickford (1988 ve 2015)'e göre ölçülmüştür. Materyal Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi envanterindedir.

**Takım:** Artiodactyla Owen, 1848

**Aile:** Suidae Gray, 1821

**Cins:** *Hippopotamodon* Lydekker, 1877

***Hippopotamodon major* (Gervais, 1850)**

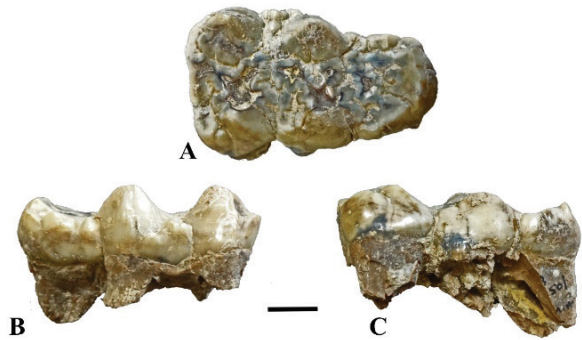
**Lokalite:** İzmir-Karaburun-Boyabağ (İKB)

**Yaş:** Geç Miyosen (geç Vallesiyen, MN10)

**Materyal:** Üst M3 (PV-3201) (Şekil 5)

### Tanımlamalar

Tek bir M3/ materyali (sol) ile temsil edilir. Kuvvetli talon yapısı, anterior loph'lara yakın sayılabilecek genişliğe sahip olsa da, onlardan dardır. Anterior cingulum mevcuttur. Gelişkin median aksesuar tüberkül dişin iriliğinde ön plana çıkmaktadır. Basal pillar belirgindir. Paracone, protocone, metacone ve hypocone birbirlerine yakın gelişkinlik göstermektedirler. Hypoconule ise median aksesuar tüberkül kadar güçlü görünmektedir (Şekil 5).



**Şekil 5.** *Hippopotamodon major*, sol M3/ (PV-3201). Ölçek: 1 cm.

**Figure 5.** *Hippopotamodon major* left M3/ (PV-3201) Scale: 1 cm.

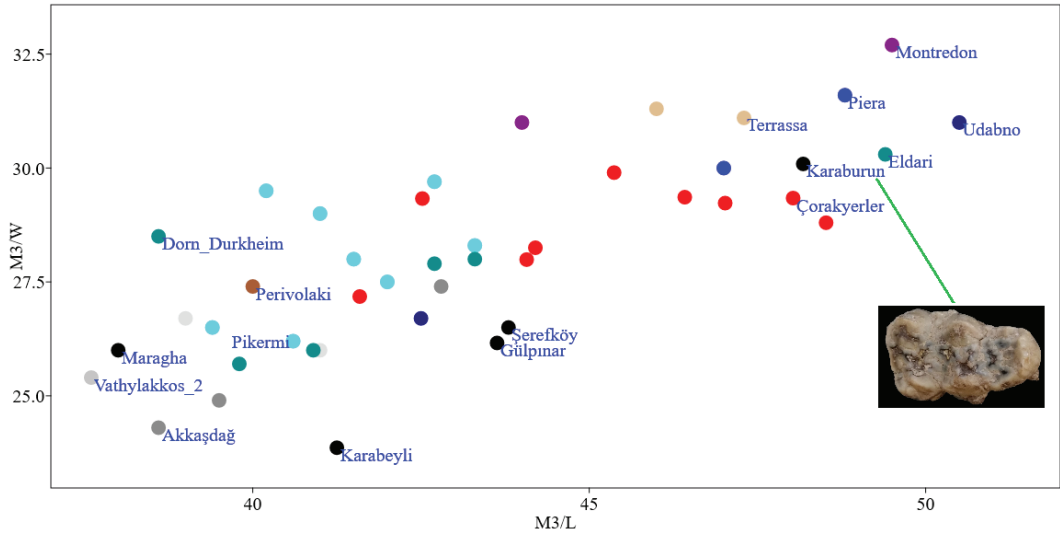
### Karşılaştırmalar

Boyabağ örneğinin metrik değerleri (Uzunluk: 48,3; Genişlik: 30,2) geç Vallesiyen-erken Turoliyen *H. major* türleri ile uyumlu olup GD Akdeniz ve Anadolu’da orta Turoliyen’de yaygın olan *H. erymanthus* üyelerinden çok daha yüksek değere sahiptir. İzole dışlarda *H. major* ve *H. erymanthus* türleri ile *H. antiquus* ve *H. major* türlerini morfolojik olarak ayırt etmek oldukça zor olsa da MN10/11 *H. major* örneklerinde son molarların daha uzun ve daha geniş olduğu bilinmektedir. Boyabağ örneği iri boyutu ile Avrasya Vallesiyen’inden bilinen *H. antiquus* üyeleri içerisinde görece daha ufak olan formlara yakındır.

Anadolu lokalitelerinde *H. antiquus*’un Vallesiyen’de (Geraads vd. 2005; Kostopoulos ve Şen, 2016; van der Made, 2003), *H. major*’un geç Vallesiyen-erken Turoliyen’de (MN10/11), *H. erymanthus*’un ise orta Turoliyen’de (MN12) yaygın olduğu görülmektedir (van der Made vd., 2013; Pickford, 2015 ve 2016; Tarhan, 2021). Bu noktada Boyabağ örneğinin boyut ve morfolojisi, Çorakyerler (Çankırı, MN10/11) gibi Vallesiyen-

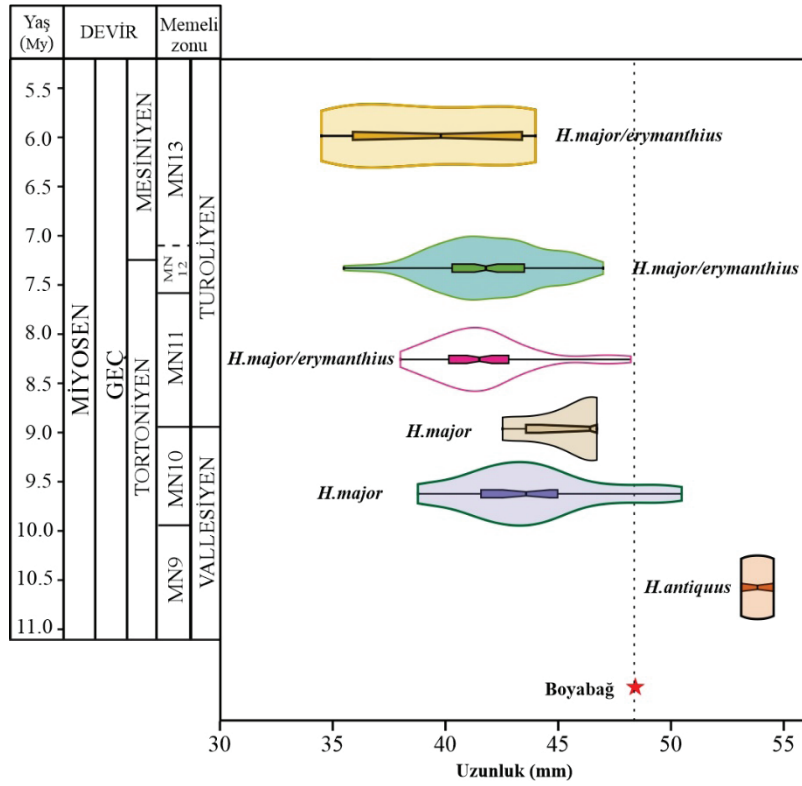
Turoliyen sınırına tarihlenmiş lokalitelerinden bilinen *Hippopotamodon* örneklerine büyük benzerlik göstermektedir (Kostopoulos vd., 2020 ve 2021; Tarhan, 2021) (Şekil 6). Boyabağ örneği Avrasya *Hippopotamodon* üyeleri içinde Terrassa (MN10: Pickford, 2015), Eldari (MN10: Pickford, 2015), Montredon (MN10: Pickford, 2015), Piera (MN11: Pickford, 2015), Udabno (MN11: Pickford, 2015) ve Çorakyerler (MN10/11) ile metrik ve morfolojik açıdan uyumludur (Tarhan, 2021). Şerefköy (MN12: Tarhan, 2021), Gülpınar (MN11: Tarhan, 2021), Karabeyli (MN12: Tarhan, 2021), Perivolaki (MN12: Sylvestrou ve Kostopoulos, 2006), Salonique (MN12: Sylvestrou ve Kostopoulos, 2009), Pikermi (MN12: Pickford, 2015), Akkaşdağ (MN12: Liu vd., 2005) ve Dorn Dürkheim (MN11: Pickford, 2015) *H. erymanthus* örneklerinden daha uzun ve geniş olması ile farklılaşır (Şekil 6 ve 7).

Sonuç olarak, Boyabağ *H. major* örneği gerek boyut gerek ise morfolojik karakterleri göz önüne alındığında, Avrasya erken *H. major* kayıtları içerisinde yer almaktadır. Bu açıdan lokalite için geç MN10 yaşı uygun görülebilir (Şekil 7).



Şekil 6. Geç Miyosen *Hippopotamodon* türlerinin üst M3 uzunluk/genişlik plot diagramı (Tarhan,2021’den derlenmiştir).

Figure 6. Upper M3 length/width plot diagram of Late Miocene *Hippopotamodon* taxa (Data from Tarhan,2021)



Şekil 7. *Hippopotamodon* taksonlarının üst M3 uzunluk değerlerinin kronolojik yayılımı. Boyabağ örneği (Kırmızı yıldız) (Tarhan,2021'den derlenmiştir).

Figure 7. Chronological distribution of upper M3 length values of *Hippopotamodon* taxa. Boyabağ sample (Red star) (Data from Tarhan,2021).

## GEÇ MİYOSEN TORTULLAŞMASININ BÖLGESEL KORELASYONU

### Eşendere Grubunun Litostratigrafik Korelasyonu

Eşendere grubunun Batı Anadolu Neojen havzalarında tanımlanmış litostratigrafik korelanları, Çanakkale havzasındaki denizel fasiyeler dışında bütünüyle karasaldir. Karasal tortullaşma düzeni birörnektir; stratigrafik olarak altta havza kenarı çökeliğini yansıtan alüvyon yelpazesi çökelleri ve yanal girik-düşey geçiş ilişkisiyle onların üzerinde yer alan gölsel çökellerden oluşur. Çubukludağ havzasında “Gaziemir grubu” (Göktaş, 2019) ve Manisa havzasında tanımlanan Geç Miyosen-erken Erken Pliyosen yaşlı “Develi ve Halitpaşa

formasyonları” (Kaya, vd., 2004) ile Yatağan havzasında “Yatağan formasyonu” (Atalay, 1980), Eşendere grubunun batı Ege Bölgesi'ndeki litostratigrafik eşdeğerleridir. Foça Çöküntüsü genelinde (Foça Yarımadası, Urla havzası ve İzmir Körfezi adaları) ve Söke-Kuşadası havzasında yürütülen önceki çalışmalarda, Eşendere grubunun litostratigrafik karşılığı olabilecek çökellerin varlığı bildirilmemiştir (Kaya, 1979 ve 1981; Ercan vd., 1986; Eşder vd., 1991; Göktaş, 1998; Ünay ve Göktaş, 1999; Gürer vd 2001; Göktaş, 2011; Sümer vd., 2013; Göktaş, 2016a; Uzelli vd., 2017).

Karaburun Yarımadası'nda, inceleme alanı dışında kalan ve litostratigrafik korelasyonla Eşendere grubuna eşdeğer kabul edilen başlıca

çökel toplulukları, Karaburun ilçe merkezi çevresinde (Şekil 8A) ve Çeşme Yarımadası'ndadır (Şekil 8B). Eşendere grubu, Göktaş (2014b) tarafından ilk tanımlandığı bölge olan Karaburun ilçe merkezi çevresinde altta alüvyon yelpazesi çökelleri (Saip formasyonu) ve üstte gölsel kireçtaşlarından (Çukurcak kireçtaşı) yapılıdır. Çeşme Yarımadası'nda Eşendere grubuna eşdeğer kabul edilen Kaştepe grubunun (Göktaş, 2020) tortullaşma düzeni de benzerdir; altta alüvyon yelpazesi çökelleri (Karagöz formasyonu) ve üstte gölsel çökeller (İnlince formasyonu) bulunur. Çalışma alanında ise, bu iki bölgedeki istiflerden farklı olarak, Saip formasyonu ile Çukurcak kireçtaşı arasında yer alan ve büyük memeli fosil kalıntıları kapsayan palustrin çamur düzlüğü çökelleri (Boyabağ formasyonu) ayırtlanmıştır (Şekil 8C).

Eşendere grubunun havza kenarı alüviyal çökelimini simgeleyen Saip formasyonu, GB Anadolu'nun Becker-Platen (1970) tarafından kurgulanan genelleştirilmiş Neojen stratigrafisindeki "Yatağan" ünitesinin ve Sisam Adası'nın Mytilini havzasında MN11-12 büyük memelileri kapsayan alüviyal Mytilini formasyonu (Kostoupoulos vd., 2009; Koufos vd., 2009; Konidaris ve Koufos, 2013) ile karşılaştırılabilir. Birim, Çeşme Yarımadası'ndaki Karagöz formasyonu, Çubukludağ havzasındaki Akçaköy formasyonu (Göktaş, 2019) ve Çanakkale Geç Miyosen havzasındaki alüviyal Gazhanedere formasyonunun (İlgar vd., 2012) litostratigrafik ve ortamsal korelasyonu olarak değerlendirilmiştir.

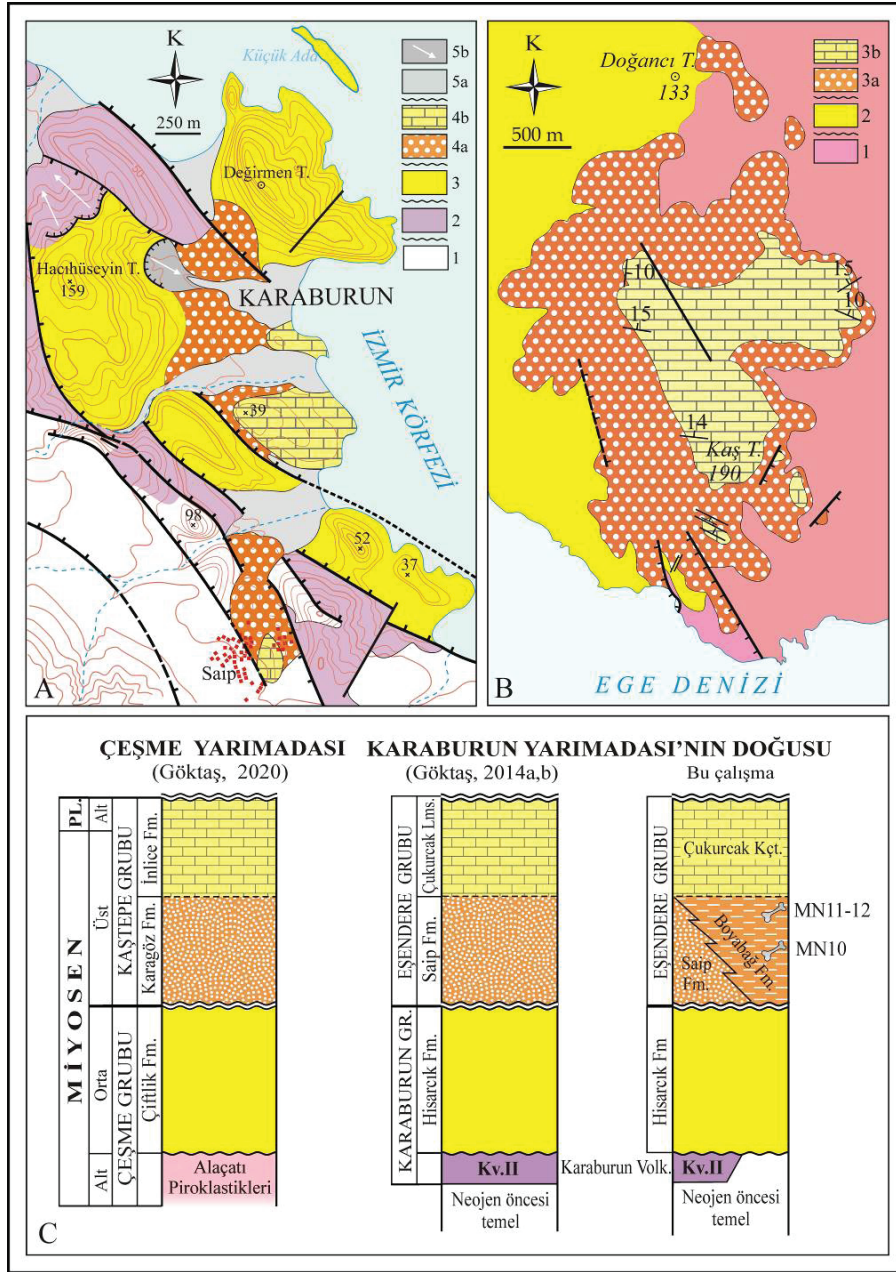
Eşendere grubunun son birimi olan Çukurcak kireçtaşı, Çeşme Yarımadası'nda İnlince formasyonu (Göktaş, 2020), Çubukludağ havzası kuzeyinde Buca formasyonu (Göktaş, 2019), Manisa-Halitpaşa çevresinde Halitpaşa formasyonu (Kaya vd., 2004), Sisam Adası'nın Mytilini havzasındaki Kokkarion formasyonu (Meissner, 1976; Weidmann vd., 1984) ile Milas

ve Yatağan havzalarındaki "Milet" ünitesinin (Becker-Platen, 1970) litostratigrafik eşdeğeri. Foça Çöküntüsü'nün diğer bölümlerinde (Urla havzası ve Foça Yarımadası) ile Söke-Kuşadası havzasında birimin litostratigrafik karşılıkları bulunmaz.

### **Eşendere Grubunun Biyostratigrafik Korelasyonu**

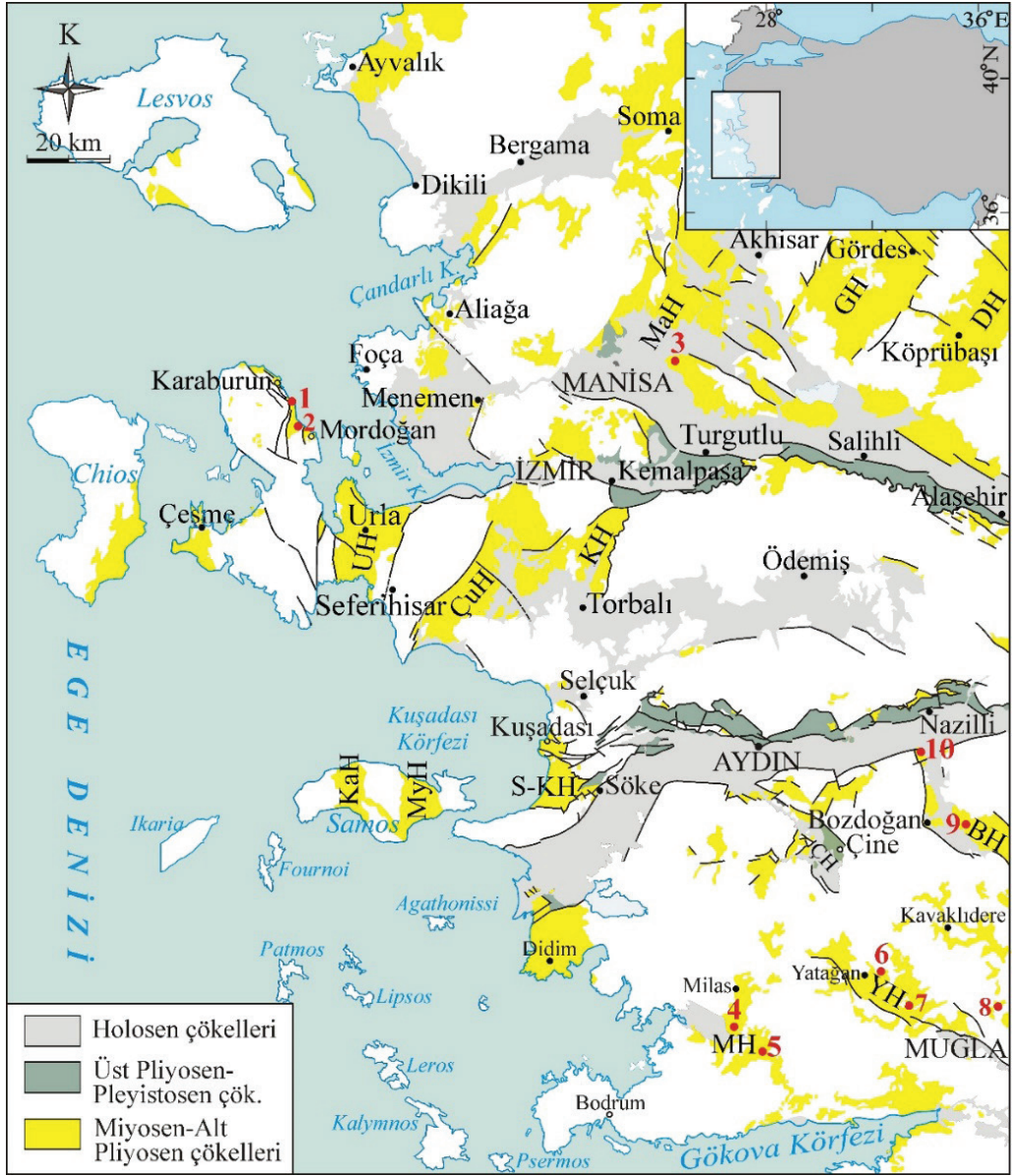
Ege Bölgesinde, Geç Miyosen havza açılımı ve dolgulanmasının başlangıcına işaret eden en yaşlı memeli faunaları Bozdoğan ve Çanakkale havzalarında tanımlanmıştır [Aydın-Bozdoğan-Direcik (MN9: Şen ve Sarıca, 2011); Çanakkale-Bayraktepe (MN9-10: Koufos vd., 2018 ve bu çalışmada değinilen referanslar), Çanakkale-Eceabat (MN10) ve Sığındere (MN10-11: Kaya, 1989)]. Bu yaşlı veriler dışında genel olarak MN11-14 biyozonları içinde dağılım gösteren fosil toplulukları, havza kenarlarından iç kesimlerine doğru gelişen alüvyon yelpazelerinin medyal ve distal bölümlerinde ya da distal kesimlerden havza ortalarındaki göllere yanal geçiş aralığını oluşturan çamur düzlüklerinde bulunmuştur.

Bu çalışmada tanımlanan MN10 memelileri dışındaki bulguların başlıcaları, İzmir-Mordoğan-Eşendere (MN11-12: Kaya, vd., 2005), Manisa-Develi ve Halitpaşa, (MN11-14: Kaya vd., 2004 ve bu çalışmada değinilen referanslar; Mayda vd., 2015), Aydın-Bozdoğan-Amasya (MN13: Sickenberg vd., 1975; Şen ve Sarıca, 2011), Muğla-Milas-Beyin (MN12-13: Sickenberg vd., 1975), Muğla-Milas-Ulaş (MN11-12: Sickenberg vd., 1975), Muğla-Salihpaşalar, Şerefköy, Elekçiköy (MN11-12: Sickenberg vd., 1975; Atalay, 1980; Kaya vd., 2012), Muğla-Yatağan-Bozarmut (MN14: Saraç, 2003) ve Muğla-Özlüce (MN10-11: Alpagut vd., 2014) lokalitelerinde tanımlanmıştır (Şekil 9).



**Şekil 8. A)** Eşendere grubu çökellerinin Karaburun ilçe merkezi çevresindeki dağılımı (Göktaş, 2014b): 1. Neojen öncesi temel, 2. Karaburun volkanitleri (2. Evre), 3. Hisarcık fm., 4. Eşendere grubu (4a: Saip fm, 4b: Çukurcak kireçtaşı), 5. Holocene çökelleri (5a: Alüvyon, 5b: Heyelan). **B)** Eşendere grubunun Çeşme Yarımadası'ndaki korelasyonu olan Kaştepe grubu çökellerinin tip lokalitesindeki dağılımı: 1. Alaçatı piroklastikleri, 2. Çiftlik fm., 3. Kaştepe grubu (3a: Karagöz fm., 3b: İnce fm) (Göktaş, 2020), **C)** Stratigrafik korelasyon.

**Figure 8. A)** Distribution of Eşendere Group sediments around Karaburun district center (Göktaş, 2014b): 1. Pre-Neogene basement, 2. Karaburun volcanics (2nd phase), 3. Hisarcık fm., 4. Eşendere group (4a: Saip fm, 4b: Çukurcak limestone), 5. Holocene deposits (5a: Alluvium, 5b: Landslide). **B)** The distribution of the Eşendere Group deposits correlated with Kaştepe Group deposits in the type locality on the Çeşme Peninsula, 1. Alaçatı pyroclastics, 2. Çiftlik fm., 3. Kaştepe Group (3a: Karagöz fm., 3b: İnce fm) (Göktaş, 2020), **C)** Stratigraphic correlation.



**Şekil 9.** Batı Ege bölgesindeki Geç Miyosen memeli lokalitelerinin dağılımı. 1. İzmir-Karaburun-Eşendere, 2. İzmir-Karaburun-Boyabağ (bu çalışma), 3. Manisa-Halitpaşa, 4. Muğla-Milas-Beçin, 5. Muğla-Milas-Ulaş; 6. Muğla-Yatağan-Şerefköy ve Elekçiköy, 7. Muğla-Salihpaşalar ve Bayır, 8. Muğla-Özluçe, 9. Aydın-Bozdoğan-Amasya, 10. Aydın-Bozdoğan Direcik. UH: Urla havzası, MaH: Manisa havzası, GH: Gördes havzası, DH: Demirci havzası, ÇuH: Çubukludağ havzası, KH: Kocaçay havzası, S-KH: Söke-Kuşadası havzası, KaH: Karlovassion havzası, MyH: Mytilini havzası, BH: Bozdoğan havzası, MH: Milas havzası, YH: Yatağan havzası.

**Figure 9.** Distribution of late Miocene mammal localities in the western Aegean region. 1. İzmir-Karaburun-Eşendere, 2. İzmir-Karaburun-Boyabağ (this study), 3. Manisa-Halitpaşa, 4. Muğla-Milas-Ulaş, 5. Muğla-Milas-Ulaş, 6. Muğla-Yatağan-Şerefköy and Elekçiköy, 7. Muğla-Salihpaşalar and Bayır, 8. Muğla-Özluçe, 9. Aydın-Bozdoğan-Amasya, 10. Aydın-Bozdoğan Direcik. UH: Urla basin, MaH: Manisa basin, GH: Gördes basin, DH: Demirci basin, ÇuH: Çubukludağ basin, KH: Kocaçay basin, S-KH: Söke-Kuşadası basin, KaH: Karlovassion basin, MyH: Mytilini basin, BH: Bozdoğan basin, MH: Milas basin, YH: Yatağan basin.

Batı Anadolu'nun K ve KD gidişli Neojen havzaları (Çeşme, Urla, Çubukludağ, Kocaçay, Gördes ve Demirci havzaları) ile Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinde yürütülen çalışmalarda ileri sürülen Geç Miyosen önerileri, biyokronolojik ya da jeokronolojik verilerle desteklenmemiştir. Bu yöndeki öngörüler, Batı Anadolu'nun egemen genişlemeli Miyosen döneminin jeodinamik evrimini açıklamaya yönelik olarak geliştirilen modelleri doğrulamak üzere, tortul istiflerin stratigrafik pozisyonuna ve/ya da litostratigrafik korelasyonlara dayandırılmıştır (Kaya, 1979 ve 1981; Akyürek ve Soysal, 1983; Emre, 1996; İnci, 1984, 1998a, b ve 2002; Genç ve Yılmaz, 2000; Yılmaz vd., 2000; Sözbilir, 2001; Genç vd., 2001; Erkül vd., 2005; Uzel ve Sözbilir, 2008; Çiftçi ve Bozkurt, 2009 ve 2010; Altunkaynak vd., 2010; Özkaymak vd., 2013; Uzel vd., 2012 ve 2013; Sözbilir vd., 2011 ve 2013; Çiftçi, 2013; Dönmez vd., 2014a ve b; Göktaş, 2014b ve 2020).

Eşendere grubunun GB Anadolu karasal Neojen havzalarındaki (Çal, Baklan, Acıgöl, Burdur, Çameli, Beyağaç havzaları) korelanlarında, genellikle MN11-12 memeli biyozonlarını gösteren memeli faunaları tanımlandığı gözetilerek, bu havzalardaki Geç Miyosen tortullaşmasının günümüzden ~9 My önce başladığı ve ~2 milyon yıl öncesine kadar devam ettiği ileri sürülmüştür (Alçıçek vd., 2019 ve bu çalışmada değinilen referanslar).

Bu çalışmada tanıtılan MN10 biyozonuna ait yeni memeli bulguları, Foça Çöküntüsü'ndeki Geç Miyosen tortullaşmasının ~10 milyon yıl önce başladığını göstermektedir. GB Anadolu Neojen havzalarında ve Sisam Adası'nda MN11-12 memelileri kapsayan Geç Miyosen çökeli ise ~9 My önce başlamıştır (Meissner, 1976; Weidmann vd., 1984; Alçıçek vd., 2019).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Foça Çöküntüsü'nün batı kenarındaki Mordoğan alt havzasında tanımlanan Eşendere

grubu, alüviyal *Saip*, palustrin *Boyabağ* ve gölsel Çukurcak kireçtaşı formasyonlarından oluşmaktadır. Eşendere grubu çökelleri, Orta Miyosen sonundaki sıkışma fazında (Yılmaz, 2000; Yılmaz vd., 2000) deforme olarak su üstüne çıkan Orta Miyosen yaşlı Hisarcık formasyonunun gölsel çökelleri üzerinde uyumsuzlukla yer alır (Göktaş, 2014b). Karaburun Yarımadası'nda Geç Miyosen tortullaşmasının başlangıcını yansıtan *Saip* formasyonu ile Çeşme Yarımadası'ndaki eşdeğer çökeller, havza kenarlarında gelişen alüvyon yelpazesi çökeliğini yansıtır. *Boyabağ* formasyonunun, *Saip* formasyonu ile gölsel Çukurcak kireçtaşı arasında yer alan palustrin çamur düzlüğü istifleriyle temsil edildiği değerlendirilmiştir. *Boyabağ* formasyonunun çamurtaşı egemen istifi içinde, MN10 biyozonuna işaret eden *Hipparion* aff. *giganteum* ve *Hippopotamodon major* tanımlanmış ve Foça Çöküntüsü'ndeki Geç Miyosen tortullaşmasının ~10 milyon yıl önce başladığı ileri sürülmüştür. Gölsel ortamda çökelen Çukurcak kireçtaşı, Eşendere grubunun son birimidir.

*Boyabağ* formasyonu, benzer çökme ortamı ve kayatürü bileşimi açısından Akhisar Çöküntüsü'ndeki *Develi* formasyonuna eşdeğer kabul edilmiştir. *Develi* ve *Halitpaşa* formasyonlarının MN12-14 biyozonları arasında dağılım gösteren Geç Miyosen-erken Erken Pliosen yaşlı memeli fosilleri kapsadığı bilinmektedir (Kaya vd., 2004; Mayda vd., 2015; NOW, 2022 ve bu çalışmalarda değinilen referanslar). Bu korelasyona dayanılarak, Eşendere grubu tortullaşmasının, günümüzden ~5 milyon yıl öncesine kadar kadar devam ettiği ileri sürülebilir. Akhisar Çöküntüsü'nde, Çukurcak kireçtaşına eşdeğer *Yaka* kireçtaşı üzerinde uyumsuzlukla yer alan *Gediz* grubu (Göktaş ve Hakyemez, 2015) tabanındaki flüviyal çökellerde *Mayda* vd. (2013) tarafından tanımlanan MN15 memeli faunası da önerilen 5 milyon yıllık sınırı doğrular. Yeni memeli bulguları ve korelatif biyokronoloji verilerine göre, Eşendere grubu

tortullaşmasının yaklaşık 10 My ile 5 My arasında geliştiği kabul edilmiştir.

Göktaş (2014b), Batı Anadolu'da birbirini izleyen iki evreli gerilme süreci arasındaki geç Erken Pliyosen sıkışma fazında (Koçyiğit vd., 1999; Yılmaz, 2000; Bozkurt, 2000; Bozkurt ve Sözbilir, 2004; Kaya vd., 2004), Çukurcak kireçtaşı platformunun su üstüne çıkarak aşınmaya başladığını ileri sürer. Çalışma alanında, Çukurcak kireçtaşının yayılım alanı içinde belirlenen düşük amplitüdümlü kıvrımınma deformasyonu, bu sıkışma fazında kazanılmış olabilir (Şekil 2A ve C).

### EXTENDED SUMMARY

*The Eşendere Group, identified in the Mordoğan sub-basin on the western edge of the Foça Depression, consists of the alluvial Saip, palustrine Boyabağ and lacustrine Çukurcak limestone formations. The Eşendere Group unconformably overlies the lacustrine deposits of the Middle Miocene Hisarcık Formation. The Hisarcık Formation consists of middle Miocene lacustrine deposits outcropping in the north of the Karaburun Peninsula. The sedimentary sequence starts with alluvial deposits at the basin margin. The lacustrine succession, which overlies alluvial deposits with a lateral-vertical transition, starts with green claystone dominant deposits and ends with limestones. The Eşendere Group, unconformably overlying the Hisarcık Formation, begins with the alluvial Saip Formation, continues with the palustrine mud-flat deposits of Boyabağ Formation and ends with the lacustrine Çukurcak Limestone. Reflecting the beginning of late Miocene sedimentation, the Saip Formation consists of a conglomerate-sandstone assemblage deposited in an alluvial fan environment. The Boyabağ Formation, which is located between the Saip Formation and the lacustrine Çukurcak Limestone, consists predominantly of mudstones and includes biogenic limestone interlayers. It is*

*accepted as equivalent to the Develi Formation in Akhisar depression (Kaya et al., 2004) in terms of similar depositional environment and rock type composition.*

*Hipparion aff. giganteum and Hippopotamodon major, which were found in the mudstones of the Boyabağ Formation, are the first fossil records that indicate the MN10 biozone in the coastal Aegean region. Boyabağ hipparion indicates late Vallesian (MN10) age due to its similarity to H. giganteum from the late Vallesian localities in Greece (Nikiti-1, MN10), Ukraine (Grebeniki, MN10/11) and Turkey (Küçükçekmece, MN10). Considering both its size and morphological character, the Hippopotamodon major specimen is equivalent to Eurasian early H. major records and in this respect, late MN10 age is now considered. Based on these large mammal records, it is accepted that the late Miocene sedimentation in the Foça depression started ~10 Ma ago and continued until ~5 Ma, according to regional biochronological data.*

### KATKI BELİRTME

2008-30-14-01.g kodlu MTA projesi kapsamında yürütülen bu çalışma, TÜBİTAK 111Y192 no.lu proje ile desteklenmiştir.

### ORCID

Fikret Göktaş  <https://orcid.org/0000-0002-0011-4361>

Tümel Tanju Kaya  <https://orcid.org/0000-0003-4363-4858>

Erhan Tarhan  <https://orcid.org/0000-0003-4793-6386>

Serdar Mayda  <https://orcid.org/0000-0001-5432-3559>

### KAYNAKLAR / REFERENCES

Agostini, S., Tokçaeer, M. & Savaşçın, M. Y. (2010). Volcanic rocks from Foça-Karaburun and Ayvalık-Lesvos Grabens (Western Anatolia) and their petrogenic-geodynamic significance. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 19, 157-184.



- Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1983). Biga Yarımadası Güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Ayvalık) Temel Jeolojik Özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 95/96, 1-13.
- Alçıçek, M. C., Mayda, S., Ten Veen, J. H., Boulton, S. J., Neubaer, T. A., Alçıçek, H., Tesakov, A., Saraç, G., Hakyemez, H. Y., Göktaş, F., Murray, A. M., Titov, V., Jimenez-Moreno, G., Büyükmeriç, Y., Wesselingh, F., Bouchal, J. M., Demirel, A., Kaya, T., Halaçlar, K., Bilgin, M., Hoek Ostende B. & L.W. van den (2019). Reconciling the stratigraphy and depositional history of the Lycian orogene top basins, SW Anatolia. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 99(4), 551-570.
- Alpagut, B., Mayda, S., Kaya, T., Göktaş, F., Halaçlar, K. & Kesici, S. D. (2014). Overview of recent research on Muğla-Özlüce mammalian fossil locality. 67. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, (s.732-733). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. [http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/72f251f4e9a785a\\_ek.pdf](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/72f251f4e9a785a_ek.pdf)
- Altunkaynak, Ş., Rogers, N. W. & Kelley, S. P. (2010). Causes and effects of geochemical variations in late Cenozoic volcanism of the Foça volcanic centre, NWAnatolia, Turkey. *International Geology Review*, 52, 579-607.
- Atalay, Z. (1980). Muğla-Yatağan ve yakın dolay karasal Neojen'inin stratigrafi araştırması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 23, 3-99. [https://jmo.org.tr/resimler/ekler/cc9499a0d98ef4a\\_ek.pdf](https://jmo.org.tr/resimler/ekler/cc9499a0d98ef4a_ek.pdf)
- Becker-Platen, J. D. (1970). Lithostratigraphische Untersuchungen im Kanozoikum Südwest-Anatoliens (Kanozoikum und Braunkohlen der Türkei 2). *Beihefte Geologischen Jahrbuch* 97, 244 p.
- Bernor, R. L., Scott, R. S., Fortelius, M., Kappelman, J. & Şen, Ş. (2003). Systematics and evolution of the late Miocene Hipparions from Sinap, Turkey. In Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş. & Bernor, R. L. (Eds.), *The geology and paleontology of the Miocene Sinap formation*. Columbia University Press, Turkey, New York
- Borsi, S., Ferrara, C., Innocenti, F. & Mazzuoli, R. (1972). Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean Sea. *Bulletin of Volcanology*, 36, 473-496.
- Bozkurt, E. (2000). Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey and its tectonic implications. In E. Bozkurt, J. A. Winchester, J. D. A. Piper (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area* (pp. 385-403). *Geological Society of London. Special Publication*, 173.
- Bozkurt, E. & Sözbilir, H. (2004). Tectonic evolution of the Gediz Graben: field evidence for an episodic, two stage extension in western Turkey. *Geological Magazine*, 141, 63-79.
- Brinkmann, R., Flügel, E., Jacopshagen, V., Lechnert, H., Rendel, B. & Trick, P. (1972). Trias, Jura und Unterkreide der Halbinsel Karaburun (West Anatolien). *Geology and Paleontology*, 6, 139-150
- Çakmakoğlu, A. ve Bilgin, Z. R. (2006). Karaburun Yarımadası'nın Neojen öncesi stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 132, 33-62.
- Çiftçi, N. B. & Bozkurt, E. (2009). Evolution of the Miocene sedimentary fill of the Gediz Graben, SW Turkey. *Sedimentary Geology*, 216, 49-79.
- Çiftçi, N. B. & Bozkurt, E. (2010). Structural evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: temporal and spatial variation of the graben basin. *Basin Research*, 22, 846-873
- Çiftçi, N. B. (2013). In-situ stress field and mechanics of fault reactivation in the Gediz Graben, Western Turkey. *Journal of Geodynamics*, 65, 136-147.
- Dönmez, M., Akçay, A. E. ve Türkecan, A. (2014a). 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, İzmir K-17 Paftası. MTA Yayınları, No: 212.
- Dönmez, M., Akçay, A. E. ve Türkecan, A. (2014b). 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, İzmir K-18 Paftası. MTA Yayınları, No: 213.
- Eisenmann, V., Alberdi, M. T., de Giuli, C. & Staesche, U. (1988). *Studying fossil horses. Volume 1. Methodology*. E.J. Brill, Leiden, New York & Copenhagen.

- Emre, T. (1996). Gediz grabeninin jeolojisi ve tektoniği. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5, 171-185.
- Ercan, T., Akat, U., Günay, E. ve Savaşın, Y. (1986). Söke-Selçuk-Kuşadası dolaylarının jeolojisi ve volkanik kayaların petrokimyasal özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 105/106, 15-38.
- Erdoğan, B. (1990a). İzmir-Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2, 1-20.
- Erdoğan, B. (1990b). İzmir-Ankara Zonu İle Karaburun Kuşağının tektonik ilişkisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, 1-16.
- Erdoğan, B., Altın, D., Güngör, T. ve Özer, S. (1990). Karaburun Yarımadası'nın jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 111, 1-24.
- Erkül, F., Helvacı, C. & Sözbilir, H. (2005). Stratigraphy and geochronology of the Early Miocene volcanic units in the Bigadiç Borate Basin, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14, 227-253.
- Eşder, T., Yakabağ, A., Sarıkaya, H. ve Çiçekli, K. (1991). *Aliğa (İzmir) yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları*. [Rapor No: 9467]. MTA (yayımlanmamış).
- Genç, Ş. C. Ve Yılmaz, Y. (2000). Aliğa dolaylarının jeolojisi ve genç tektoniği. *Batı Anadolunun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM)*, Bildiri Özleri Kitabı, (s.152-159).
- Genç, Ş. C., Altunkaynak, Ş., Karacık, Z., Yılmaz, Y. & Yazman, M. (2001). The Çubukludağ Graben, Karaburun peninsula: its tectonic significance in the Neogene geological evolution of the western Anatolia. *Geodinamica Acta*, 14, 45-55.
- Geraads, D., Kaya, T. & Mayda, S. (2005). Late Miocene large mammals from Yulaflı, Thrace region, Turkey, and their biogeographic implications. *Acta Palaeontologica Polonica*, 50, 523-544.
- Göktaş, F. (1998). *Söke havzasının Neojen ve Kuvaterner stratigrafisi* [Rapor No: 10222]. MTA (yayımlanmamış).
- Göktaş, F. (2011). *Urla (İzmir) çöküntüsündeki Neojen tortullaşması ve volkanizmasının jeolojik etüdü* [Rapor No: 11568]. MTA (yayımlanmamış).
- Göktaş, F. (2014a). Karaburun Yarımadası kuzey kıyı kesiminin Neojen stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 148, 43-61.
- Göktaş, F. (2014b). Karaburun (İzmir) çevresinin Neojen stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 149, 71-94.
- Göktaş, F. (2016a). İzmir -Dış- Körfezi'ndeki adaların Neojen stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 152, 1-24.
- Göktaş, F. ve Çakmaköğlü, A. (2018a). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Urla-K16 Paftası*. MTA Yayınları, No: 257.
- Göktaş, F. ve Çakmaköğlü, A. (2018b). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Urla-L16 Paftası*. MTA Yayınları, No: 258.
- Göktaş, F. ve Çakmaköğlü, A. (2018c). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Urla-L17 Paftası*. MTA Yayınları, No: 259.
- Göktaş, F. (2019). Çubukludağ havzasındaki Neojen tortullaşması ve volkanizmasının stratigrafisi, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 62(1), 63-98. <https://doi.org/10.25288/tjb.521497>
- Göktaş, F. (2020). Çeşme Yarımadası'nın Neojen stratigrafisi ve bölgesel korelasyonu, Batı Anadolu, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 162, 31-54.
- Gromova, V. (1952). Le genre Hipparion. *Bureau de Recherches géologiques et Minières CEDP* 12, 288 s.
- Gürer, Ö. F., Bozcu, M., Yılmaz, K. & Yılmaz, Y. (2001). Neogene basin development around Söke-Kuşadası (western Anatolia) and its bearing on tectonic development of the Aegean region. *Geodinamica Acta* 14, 57-69.
- Helvacı, C., Ersoy, E. Y., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö. & Uzel, B. (2009). Geochemistry and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Peninsula: Implications for amphibole-bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 185, 181-202.
- İlgar, A., Demirci, E. S. ve Demirci, Ö. (2012). Biga Yarımadası Tersiyer istifinin stratigrafisi ve

- sedimentolojisi. Yüzer, E. ve Tunay, G. (Editörler). *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi*. MTA Özel Yayın Serisi, No: 28, 75-121.
- Innocenti, F. & Mazzuoli, R. (1972). Petrology of İzmir-Karaburun volcanic area (West Turkey). *Bulletin of Volcanology*, 36, 83-104.
- İnci, U. (1984). Neogene oil shale deposits of Demirci and Burhaniye regions. *27th International Geological Congress*, Abs. VII, (p.13-16).
- İnci, U. (1998a). Lignite and carbonate deposition in Middle lignite succession of the Soma formation, Soma coalfield, western Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 37, 287-313.
- İnci, U. (1998b). Miocene synvolcanic alluvial sedimentation in lignite-bearing Soma Basin, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 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.
- Kaya, O. (1979). Orta Doğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22(1), 35-58.
- Kaya, O. (1981). Miocene reference section for the coastal parts of West Anatolia. *Newsletters on Stratigraphy*, 10, 164-191.
- Kaya, O., Ünay, E., Saraç, G., Eichhorn, S., Hassenrück, S., Knappe, A., Pekdeğer, A. & Mayda, S. (2004). Halitpaşa Transpressive Zone: Implications for an Early Pliocene compressional phase in Central Western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 1-13.
- Kaya, T. T. (1989). Alçıtepe (Gelibolu Yarımadası) Yöresi Memeli Faunaları: Perissodactyla Bulguları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 32, 79-89. [https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/77669af68dbccab\\_ek.pdf](https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/77669af68dbccab_ek.pdf)
- Kaya, T. T. (1992). Bayraktepe'de (Çanakale) Rhinocerotidae fosilleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 114, 145-154.
- Kaya, T. T. & Forsten, A. (1999). Late Miocene Ceratotherium and Hipparion (Mammalia, Perissodactyla) from Duzyayla (Hafik, Sivas), Turkey. *Geobios*, 32, 743-748.
- Kaya, T. T., Geraads, D. & Tuna, V. A. (2003). Mordoğan, a new Middle Miocene mammalian fauna from Western Turkey. *Paläontologische Zeitschrift*, 77(2), 293-302.
- Kaya, T. T., Geraads, D. & Tuna, V. A. (2005). New late Miocene mammalian fauna in the Karaburun Peninsula (Western Turkey). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 236(3), 321-349.
- Kaya, T. T., Mayda, S., Kostopoulos, D. S., Alcicek, M. C., Merceron, G., Tan, A., Karakutuk, S., Giesler, A. K. & Scott, R. S. (2012). Şerefköy-2, a new Late Miocene mammal locality from the Yatağan Formation, Muğla, SW Turkey. *Comptes Rendus Palevol.*, 11, 5-12.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. & Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 156, 605-616.
- Konidaris, G. & Koufos, G. D. (2013). Late Miocene Proboscidea (Mammalia) from Macedonia and Samos Island, Greece: Preliminary results. *Paläontologische Zeitschrift*, 87, 121-140.
- Kostopoulos, D. S., Koufos, G. D., Sylvestrou, I. A., Syrides, G. E., Ioanna, A., George, E. & Tsombachidou, E. (2009). The Late Miocene Mammal Faunas of the Mytilinii Basin, Samos Island, Greece: New Collection: 2. Lithostratigraphy and Fossiliferous Sites. *Beiträge zur Paläontologie*, 31, 13-26.
- Kostopoulos, D. S. & Şen, Ş. (2016). Suidae, Tragulidae, Giraffidae, and Bovidae. *Geodiversitas*, 38, 273-298.
- Kostopoulos, D. S., Sevim Erol, A., Mayda, S., Yavuz, Y. A., & Tarhan, E. (2020). Qurliqnoria (Bovidae, Mammalia) from the Upper Miocene of Çorakyerler (Central Anatolia, Turkey) and its biogeographic implications. *Palaeoworld*, 29, 629-635.
- Kostopoulos, D. S., Sevim Erol, A., Yavuz, A. Y. & Mayda, S. (2021). A new late Miocene bovid

- (Mammalia: Artiodactyla: Bovidae) from Çorakyerler (Turkey). *Fossil Record*, 24, 9-18.
- Koufos, G. D. (1987). Study of the Turolian hipparions of the lower Axios Valley (Macedonia, Greece). 1. Locality "Ravin des Zouaves-5" (RZO). *Geobios*, 20, 293-312
- Koufos, G. D. & Kostopoulos, D. S. (1994). The late Miocene mammal localities of Kemiklitepe (Turkey). 3. Equidae. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle Paris*, 4e Ser. Sect C, 16, 41-80.
- Koufos, G. D. & Vlachou, T. D. (2005). Equidae (Mammalia, Perissodactyla) from the Late Miocene of Akkasdagı, Turkey. *Geodiversitas*, 27, 633-705.
- Koufos, G. D., Kostopoulos, D. S. & Vlachou, T. (2009). The Late Miocene Mammal Faunas of the Mytilinii Basin, Samos Island, Greece: New Collection 16, Biochronology. *Beiträge zur Paläontologie*, 31, 397-408.
- Koufos, G. D. & Şen, Ş. (2016). Equidae. In Ş. Şen (Ed.), *Late Miocene mammal locality of Küçükçekmece, European Turkey*. *Geodiversitas*, 38(2), 225-243.
- Koufos, G. D., Vlachou, T. D. (2016). Equidae. In: G. D. Koufos, & D. S. Kostopoulos, (Eds.), *Palaeontology of the upper Miocene vertebrate localities of Nikiti (Chalkidiki peninsula, Macedonia, Greece)*. *Geobios*, 49, 85-118.
- Koufos, G. D., Kostopoulos, D. S. & Vlachou, T. D. (2016). Revision of the Nikiti 1 (NKT) fauna with description of new material. *Geobios*, 49, 11-22.
- Koufos, G. D., Mayda, S. & Kaya, T. (2018). New carnivoran remains from the Late Miocene of Turkey. *PALZ*, 92(1), 131-162.
- Koufos, G. D., Vlachou, T. D. & Gkeme, A. G. (2022). The Fossil Record of Equids (Mammalia: Perissodactyla: Equidae) in Greece. In: E. Vlachos (Ed.), *Fossil Vertebrates of Greece Vol. 2 Laurasiatherians, Artiodactyles, Perissodactyles, Carnivorans, and Island Endemics (pp:351-401)*. Springer Nature Switzerland.
- Liu, L. P., Kostopoulos, D. S. & Fortelius, M. (2005). Suidae (Mammalia, Artiodactyla) from the late Miocene of Akkaşdağı, Turkey. *Geodiversitas*, 27(4), 715-733.
- Mayda, S., Titov, V. V., Tesakov, A. S., Göktaş, F. & Alçiçek, M. C. (2013). Revision of Plio-Pleistocene mammalian faunas from Çobanisa area (Western Turkey). *VIII. All-Russian Conference on Quaternary Research, "Fundamental Problems of Quaternary, Results and Main Trends of Future Studies"*, Collection of papers, (pp. 396-397).
- Mayda, S., Sotnikova, M., Tesakov, A., Tan, A. & Kaya, T. T. (2015). Miocene Pliocene transitional mammalian fauna of Develi Turkey. *61th Annual Session of the Russian Paleontologica Society*, 182-183.
- Meissner, B. (1976). Das Neogene von Ost-Samos Sedimentationsgeschichte und Korrelation. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlung*, 152, 161-176.
- NOW, 2022. The NOW Community. New and old worlds database of fossil mammals (now). Licensed under CC BY 4.0, 2020. <http://www.helsinki.fi/science/now/>
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H. & Uzel, B. (2013). Neogene-Quaternary evolution of the Manisa Basin: Evidence for variation in the stress pattern of the İzmir-Balıkesir Transfer Zone, western Anatolia. *Journal of Geodynamics*, 65, 117-135.
- Pickford, M. (1988). Revision of the Miocene Suidae of the Indian Subcontinent. *Münchener Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe A, Geologie und Paläontologie*, 12, 1-91.
- Pickford, M. (2015). Late Miocene Suidae from Eurasia: the Hippopotamodon and Microstonyx problem revisited. *Münchener geowissenschaftliche Abhandlungen. Reihe A, Geologie und Paläontologie*, 42, 1-126.
- Pickford, M. (2016). Hippopotamodon erymanthius (Suidae, Mammalia) from Mahmutgazi, Denizli-Çal Basin, Turkey. *Fossil Imprint*, 72(3-4), 183-201.

- Saraç, G. (2003). *Türkiye Omurgalı Fosil Yatakları*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme Raporu. Jeoloji Kütüphanesi 637, 218s.
- Sickenberg, O., Becker-Platen, J. D., Benda, L., Berg, D., Engesser, B., Gaziry, W., Heissig, K., Hünermann, K. A., Sondaar, P. Y., Schmidt-Kittler, N., Staesche, K., Staesche, U., Steffens, P., Tobien, H. (1975). Die Gliederung des höheren Jungtertiärs und Altquartärs in der Türkei nach Vertebraten und ihre Bedeutung für die internationale Neogen-Gliederung. *Geologisches Jahrbuch B 15*, 167pp.
- Sözbilir, H. (2001). Extensional Tectonics and the Geometry of Related Macroscopic Structures: Field Evidence from the Gediz Detachment, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10, 51-67.
- Sözbilir, H., Sarı, B., Uzel, B., Sümer, Ö. & Akkiraz, S. (2011). Tectonic implications of zone: the Kocayaş Basin, western Anatolia, Turkey. *Basin Research*, 23(4), 423-448. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2117.2010.00496.x>
- Sözbilir, H., İnci, U., Erkül, F. & Sümer, Ö. (2013). *An active intermitten transform zone accommodating N-S extension in Western Anatolia and its relation to the North Anatolian Fault System International Workshop on the North Anatolian and Dead Sea Fault Systems*. Recent Progress in Tectonics and Paleoseismology, and Field Training Course in Paleoseismology, Ankara.
- Sümer, Ö., İnci, U. & Sözbilir, H. (2013). Tectonic evolution of the Söke basin: Extension-dominated transtensional basin formation in western part of the Büyük Menderes Graben Western Anatolia, Turkey. *Journal of Geodynamics*, 65, 148-175.
- Sylvestrou, I. & Kostopoulos, D. S. (2006). The late Miocene vertebrate locality of Perivolaki, Thessaly, Greece. 7. Suidae. *Palaeontographica, Abt. A*, 276, 121-133.
- Sylvestrou, I. A. & Kostopoulos, D. S. (2009). The Late Miocene Mammal Faunas of the Mytilinii Basin, Samos Island, Greece: New Collection. 12. Suidae. *Beiträge zur Paläontologie*, 31, 283-297.
- Şen Ş. & Sarıca, N. (2011). Middle-Late Miocene Spalacidae (Mammalia) From Western Anatolia, and the Phylogeny of the Family. *Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University*. 32(1), 21-50
- Tarhan, E. (2021). *Geç Miyosen Dönem Anadolu Suidlerinin Paleontolojik Analizi*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi] Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Türkecan, A., Ercan, T. ve Sevin, D. (1998). *Karaburun Yarımadası'nın Neojen volkanizması*. (Rapor No:10185). MTA (Yayımlanmamış).
- Uzel, B. & Sözbilir, H. (2008). A First Record of a Strike-slip Basin in Western Anatolia and Its Tectonic Implication: The Cumaovası Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 559-591.
- Uzel, B., Sözbilir, H. & Özkaymak, Ç. (2012). Neotectonic Evolution of an Actively Growing Superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 439-471.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N. & Langereis, C. G. (2013). Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir-Balıkesir transfer zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal of Geodynamics*, 65, 94-116.
- Uzelli, T., Baba, A., Gül Mungan, G., Dirik, R. K. & Sözbilir, H. (2017). Conceptual model of the Gülbahçe geothermal system, Western Anatolia, Turkey: Based on structural and hydrogeochemical data. *Geothermics*, 68, 67-85.
- Ünay, E. ve Göktaş, F. (1999). Söke Çevresi (Aydın) Geç-Erken Miyosen ve Kuvaterner yaşlı küçük memelileri: Ön sonuçlar. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 42, 99-113. [https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/1894d6f048493d2\\_ek.pdf](https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/1894d6f048493d2_ek.pdf)
- Van der Made, J. 2003. Fossil Suidae of the Miocene Sinap Formation, Turkey. In: M. Fortelius, J., Kappelman, S., Sen, & R.L. Bernor (Eds.), *Geology and Paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey* (pp. 308-327). University of Columbia Press, New York.

- Van der Made, J., Güleç, E. & Erkman, A. (2013). *Microstonyx* (Suidae, Artiodactyla) from the Upper Miocene of Hayranli-Haliminhani, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 37, 106-122.
- Vlachou, T. D. (2013) *Palaeontological, biostratigraphical and palaeoecological study of the Greek hipparions* [Doktora Tezi]. Aristotle University Thessaloniki. *Scientific Annals, School of Geology*, 154, 580 pp.
- Vlachou, T. D. & Koufos, G. D. (2009). The Late Miocene mammal faunas of the Mytilinii Basin, Samos Island, Greece: new collection. 11. Equidae. *Beitraege zur Palaeontologie*, 31, 207-281.
- Weidmann, M., Solounias, N., Drake, R. E. & Curtis, J. (1984). Neogene stratigraphy of the Mytilini Basin, Samos Island, Greece. *Geobios*, 17(4), 477-490.
- Yılmaz, Y. (2000). Ege bölgesinin aktif tektoniği. *Bati Anadolu'nun depremselliği Sempozyumu (BADSEM-2000)*, Bildiri Özleri Kitabı, (s.3-14).
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, Ö.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacik, Z., Altunkaynak, Ş. & Elmas, A. (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop?. In E. Bozkurt, J. A. Winchester, J. D. A. Piper (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area* (pp. 353-384). *Geological Society of London. Special Publication*, 173.