



## Kuzeybatı Anadolu'daki Ofiyolit Tabanı Metamorfik Kayaçlarından Yeni Bulgular (Gediz-Kütahya)

*New Findings From Sub-Ophiolite Metamorphic Rocks  
in Northwestern Anatolia (Gediz-Kütahya)*

**Ali Kamil YÜKSEL<sup>1</sup>, Talip GÜNGÖR<sup>2</sup>, Ali Murat KILIÇ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Balıkesir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir  
(e-posta: akyuksel@balikesir.edu.tr)

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160, Buca-İzmir

### ÖZ

Gediz (Kütahya) güneydoğusundaki metapelit, metapsamit ve metaruditlerden oluşan Orta-Üst Triyas yaşlı İkibaşlı Formasyonu inceleme alanında stratigrafik olarak en alt bölümü oluşturmaktadır. Jura yaşlı dolomitik kireçtaşlarından oluşan Çiçeklikaya Formasyonu, İkibaşlı Formasyonu üzerinde uyumlu olarak gelmektedir. Mesozoyik yaşlı bu birimler Muratdağı Melanjı tarafından düşük açılı tektonik dokanak ile üzerlenir. Neotetis'e ait ofiyolitik kayaçları içeren Muratdağı Melanjı inceleme alanında ultramafik kayaçlar ve bir melanj (volkanik-sedimanter kayaçlar) ile temsil edilir. Alp-Himalaya kuşağı içerisinde kalan Batı Anadolu'daki bu ofiyolitik kayaçların ultramafitleri ve melanjları arasında tektonik olarak ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları yer alır. Kuzeybatı Anadolu'da, allokton ofiyolitik kayaçlar altında oluşan ve 100 metreyi geçmeyen kalınlıklara sahip bu ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları genellikle amfibolitler ile temsil edilir. Ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlar, okyanusal litosferin okyanus içi ortam koşullarında yitilmesi süreçlerinde oluşur. Bu kayaçlardan elde edilecek yaş verileri, okyanusal litosferin yitim zamanını, dolayısı ile Neotetis Okyanusu'nun kapanma yaşının elde edilmesini sağlar. Bu amaçla çalışma alanındaki metamorfik kayaçlardaki hornblendlerden yaptırılan <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar yaş analizi ile 100.7±1.3 my plato yaşı bulunmuştur. Bu veriye göre; Neotetis Okyanusu'nun bu bölgedeki kapanma dönemi Albiyen sonudur (Alt Kretase-Üst Kretase sınırı).

**Anahtar Kelimeler:** <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, Amfibolit, KB Anadolu, Neotetis.

### ABSTRACT

*The stratigraphically lowest part of the investigated area consists of metapelites, metapsammities and metarudites of Middle-Upper Triassic age, and is named as İkibaşlı Formation. Çiçeklikaya Formation which comprises of dolomitic limestones of Jura age conformably overlies İkibaşlı Formation. All*

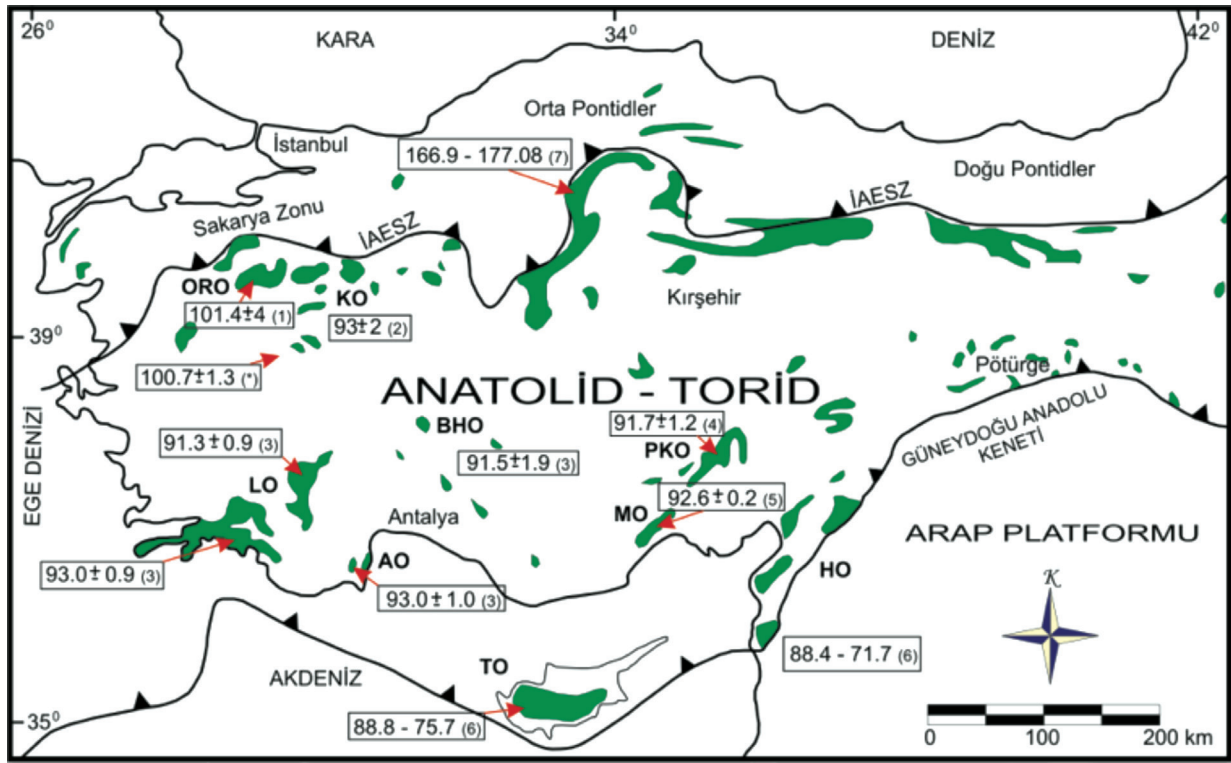
*these Mesozoic aged units are tectonically overthrust by the Muratdağı Melange with a low-angle. Muratdağı Melange composed of Neotethyan ophiolitic rocks is represented by ultramafic rocks and a melange (volcanic-sedimentary rocks) in the study area. Sub-ophiolite metamorphic rocks are tectonically located between the ultramafics and melange of ophiolites of Western Anatolia in Alp-Himalaya belt. Sub-ophiolite metamorphic rocks which form under the ophiolitic rocks and have a maximum 100 meter thicknes are represented by amphibolitic rocks in the Northwestern Anatolia. Sub-ophiolite metamorphic rocks form in the period of subduction of an oceanic litosphere in the subduction zone. The ages obtained from these rocks enable us to determine the age of a subduction of an oceanic litosphere and consequently to determine the closure age of Neotethyan Ocean. For this aim,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age analysis was performed on hornblendes of metamorphic rocks and the plateau age of  $100.7 \pm 1.3\text{ma}$  was determined.*

**Keywords:**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , Amphibolite, Neotethys, NW Anatolia. The closure of Neotethyan ocean is end of the Albian time (Lower Cretaceous-Upper Cretaceous border) in the region.

## GİRİŞ

İnceleme alanının içinde bulunduğu Batı Anadolu'da, İzmir-Ankara Kenedi'nden allokton olarak farklı bölgelere yerleşmiş değişik boyutlarda ve çok sayıda ofiyolit kütleleri mevcuttur. Alp-Himalaya kuşağı içerisinde kalan, Batı Anadolu'daki bu ofiyolitlerin ve diğer bölgelerdeki hemen hemen tüm ofiyolitlerin tabanında, ofiyolit in okyanus içi ortamda okyanusal litosferden sıyrılması esnasında oluşan, üstte peridotitler ve altta melanj arasında tektonik olarak yer alan metamorfik taban kayalar yer almaktadır. Neotetis okyanusu ile ilişkili bu ofiyolit tabanı metamorfik kayaların varlığı çeşitli araştırmacılar tarafından tanımlanmıştır (Şekil 1) (Çelik ve Delaloye, 2003; Çelik ve diğ., 2006; Çelik ve Delaloye, 2006; Çelik, 2007; Çelik, 2008; Dilek ve Whitney, 1997; Dilek ve

diğ., 1999; Okay ve diğ., 1998; Önen ve Hall, 1993; Önen ve Hall, 2000; Parlak ve Delaloye, 1999; Parlak ve diğ., 2006; Plunder ve diğ., 2013). Doğu Akdeniz'de yer alan Kretase yaşlı bu ofiyolitlerin ve ilişkili metamorfik kayaların ait oldukları okyanusal basenler hakkında farklı öneriler bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar tüm bu Kretase ofiyolitlerinin, Geç Kretase-Erken Tersiyer döneminde Toros karbonat platformunun kuzeyinde yer alan tek bir Tetis okyanusundan türediğini (Ricou ve diğ., 1975), farklı araştırmacılar ise Neotetis okyanusunu kuzey ve güney kollarına ayırarak, güney kolundan Antalya ofiyolitinin, kuzey kolundan ise Likya, Beyşehir, Pozantı-Karsantı, Divirigi, Mersin ve Alihoca ofiyolitlerinin türediğini belirtmişlerdir (Robertson ve Woodcock, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981, Görür ve diğ., 1984; Parlak ve diğ., 2005, 2006).



**Şekil 1.** Türkiye ve yakın çevresindeki Neotetis ofiyolitlerinin dağılımı ve ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlarına ait  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş verileri (Stampfli, 2000; Çelik ve diğ., 2011'den değiştirilerek) ((\*) Bu çalışma; (1) Harris ve diğ., 1994; (2) Önen ve Hall (1993); (3) Çelik ve diğ., 2006; (4) Dilek ve diğ., 1999; (5) Parlak ve Delaloye, 1999; (6) Chan ve diğ., 2007; (7) Çelik ve diğ., 2011) (ORO: Orhaneli Ofiyoliti; KO: Kınık Ofiyoliti; LO: Likya Ofiyoliti; AO: Antalya Ofiyoliti; PKO: Pozantı-Karsantı Ofiyoliti; MO: Mersin Ofiyoliti; HO: Hatay Ofiyoliti; TO: Troodos Ofiyoliti).

**Figure 1.** The distribution of Neo-Tethyan ophiolites in Turkey and its surroundings and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age datas of sub-ophiolitic metamorphic rocks (Modified after Stampfli, 2000; Çelik et al., 2011) ((\*) This study; (1) Harris et al., 1994; (2) Önen and Hall (1993); (3) Çelik et al., 2006; (4) Dilek et al., 1999; (5) Parlak and Delaloye, 1999; (6) Chan et al., 2007; (7) Çelik et al., 2011) (ORO: Orhaneli Ophiolites; KO: Kınık Ophiolites; LO: Likya Ophiolites; AO: Antalya Ophiolites; PKO: Pozantı-Karsantı Ophiolites; MO: Mersin Ophiolites; HO: Hatay Ophiolites; TO: Troodos Ophiolites).

Kuzeybatı Anadolu ve Toros kuşağında, allohton ofiyolit levhaları altında oluşan ve 500 metreyi geçmeyen kalınlıklara sahip olan bu ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları genellikle amfibolitik kayaçlar ile temsil edilmektedir (Spray, 1984). Bu amfibolitik kayaçlar, okyanusal bazaltik kayalar ve sedimanter kayaların granülit/amfibolit fasiyesinden yeşilüst fasiyesine kadar değişen metamorfizma şartlarında oluşmaktadır. Ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları ilk kez Williams ve Smyth (1973) tarafından

Kanada'daki ofiyolitlerde tanımlanmıştır. Ofiyolit tabanı amfibolitik metamorfik kayaçların Likya Naplarında üç farklı jeokimyasal ortamı da temsil ettikleri tanımlanmıştır (Çelik ve Delaloye, 2003). Bunlar a) Okyanus Ada Bazaltı (OIB); b) Okyanus Ortası Sırt Bazaltı (MORB) ve c) Ada Yayı Bazaltı (IAT) şeklindedir. Ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlar, okyanusal litosferin okyanus içi ortam koşullarında yitirilmesi süreçlerinde oluşmakta ve bu kayaçlardan elde edilecek yaş verileri okyanusal litosferin yitim zamanını, dolayısıyla

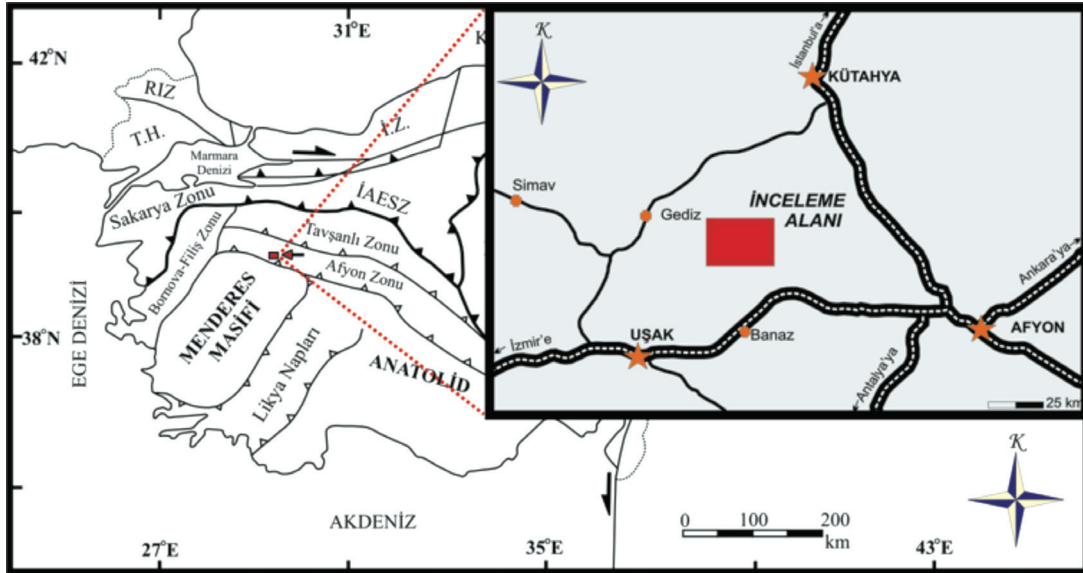
Neotetis Okyanusu'nun kapanma yaşını veya bu yitim sürecinde oluşan kayaçların (ofiyolit tabanı metamorfikleri) soğuma yaşlarının elde edilmesini sağlamaktadır (Dilek ve diğ., 1999; Parlak ve Delaloye, 1999; Çelik ve diğ., 2006; Çelik, 2008).

Bu çalışmada, Kütahya-Uşak arasında yer alan Murat Dağı ve civarındaki kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı kayaçlar incelenmiştir. Çalışma alanında geniş yüzlekler veren ve okyanus tabanı kalıntısı olan Muratdağı Melanjı'nın, bölgeye yerleşmesinden önce içinde yer aldığı Neotetis Okyanusu'nun kapanma yaşının belirlenmesi bu çalışmanın esas konusunu oluşturmaktadır. KB Anadolu'da tanımlanan tüm ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlar Tavşanlı Zonu içerisinde yer almaktadır. Bu çalışma, Afyon Zonundaki (KB Anadolu) ofiyolit ile ilişkili metamorfik kayaçlara ait ilk bulguları kapsamaktadır. Bu amaçla bölgede yapılan öncel çalışmalara ait jeolojik haritalardan yararlanılmış, jeolojik çatı ortaya konulmuş, petrografik inceleme amacıyla elli adet kaya numunesi derlenmiş, çalışma sahasındaki tüm

formasyonlardan düzlemsel ve çizgisel yapısal eleman verileri toplanmıştır.

## STRATİGRAFİ

Türkiye'nin batısı, İzmir-Ankara Sütur Zonu ile kuzeyde Pontid ve güneyde Anatolid-Torid Blok'larına ayrılmıştır (Ketin, 1966; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve diğ., 1996). Sakarya ve İstanbul Zonlarını kapsayan Pontid'ler, Lavrasya'ya ait stratigrafik benzerlikler göstermesine karşın Anatolid-Torid bloğu Gondwana'ya dahil edilmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve diğ., 1996; Okay ve Tüysüz, 1999). Anatolid-Torid bloğunun kuzey kenarı Alpin orojenezinde bölgesel YB/DS metamorfizmasından etkilenmiştir (Candan ve diğ., 2005). YB/DS özelliği gösteren Anatolidler genel olarak kuzeyden güneye doğru sırası ile Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Menderes Masifi ve Likya Napları'na ayrılmaktadır (Şekil 2) (Okay ve Tüysüz, 1999).



**Şekil 2:** İnceleme alanının yer bulduru haritası (İ.Z.: İstanbul Zonu; İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu; T.H.: Trakya Havzası; RIZ: Rodop Istranca Zonu) (Okay ve Tüysüz, 1999).

**Figure 2:** Site location map of the investigated area (İ.Z.: İstanbul Zone; İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone; T.H.: Thrace Basin; RIZ: Rhodope-Strandja Zone) (Okay and Tüysüz, 1999).

Çalışma alanının içinde bulunduğu Afyon Zonu, Mesozoyik öncesi bir temel ve onu uyumsuz olarak üzerleyen Mesozoyik örtü serilerinden oluşmaktadır. Okay (1984) tarafından tanımlanmış olan Afyon Zonu, Toridlere ait Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı şelf tipi bir istiftir. Afyon Zonu farklı araştırmacılar tarafından farklı isimlerle de adlandırılmaktadır (Afyon-Bolkardağ Zonu: Okay,1984; Afyon Zonu: Okay ve diğ., 1996, Tolluoğlu ve diğ., 1997; Kütahya-Bolkardağ Kuşağı: Özcan ve diğ., 1990, Göncüoğlu ve diğ., 1996). Üst Paleosen-Erken Eosen sedimanter kayaları tarafından uyumsuz olarak üzerlenen Afyon Zonu metamorfikleri, Paleosen döneminde, Anatolid-Torid bloğunun Sakarya Zonu altına dalması ile ilişkili bölgesel YB/DS metamorfizmasını işaret etmektedir (Candan ve diğ., 2005). Fe-Mg karfolit içeren mineral parajenizi, bu zonun yaklaşık 35 km derinliğe gömüldüğünü ve YB/DS mavişist metamorfizmasından etkilendiğini göstermektedir (Candan ve diğ., 2005). Ayrıca basınç-sıcaklık koşullarının 350°C ve 6-9 kbar arasında gerçekleştiği öncel çalışmalarda tanımlanmıştır (Candan ve diğ., 2005).

Anatolid'lerin en kuzeyinde yer alan Tavşanlı Zonu ise Afyon Zonu'na göre daha fazla derinliklere (yaklaşık 60 km) gömülmüş, Turoniyen-Koniasiyen (88.4±0.5 My) döneminde YB/DS mavişist metamorfizmasından etkilenmiştir (Okay ve diğ., 1996; 1998). Menderes Masifi ise bölgesel metamorfizmaya uğramış gnaysik granit, gnays, migmatit, mikaşist ve mermerlerden oluşan, KD-GB yönelimli metamorfik bir alandır. Masif, tartışmalı olarak Prekambriyen çekirdek ve Mesozoyik örtü toplulukları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Schuling, 1962; Dürr, 1975; Dora ve diğ., 1992; Erdoğan ve Güngör, 2004). Anatolid-Torid bloğunun batı Anadolu'daki bu tektonik birimlerine ait metamorfizmanın

kaynağı ise Likya naplarının Alpin orojenezi döneminde, İzmir-Ankara okyanusundan güneye doğru itilmesi-taşınması şeklinde olduğu öne sürülmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve diğ., 1984).

Çalışma alanının batısında, Afyon Zonu (Simav ve çevresi) düşük dereceli metakirintililer ve onlar içerisine sokulmuş Alt Devoniyen yaşlı granitik sokulumlardan yapılu Devoniyen öncesi bir temel ile başlamaktadır (Candan ve diğ., 2009). Fakat bu temel, çalışma sahasında yüzlek vermemektedir. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki temeli ise Orta-Üst Triyas yaşlı İkibaşlı Formasyonu oluşturmaktadır. İkibaşlı Formasyonu uyumlu bir dokanakla Geç Triyas-Erken Malm yaşlı Çiçeklikaya Formasyonu'na geçmektedir. Piroksenit, serpantin, radyolarit, kristalize kireçtaşı, çört ve kumtaşı içeren Muratdağı Melanjı bu birimler üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Neojen yaşlı birimler ise Mesozoyik yaşlı birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir (Şekil 3).

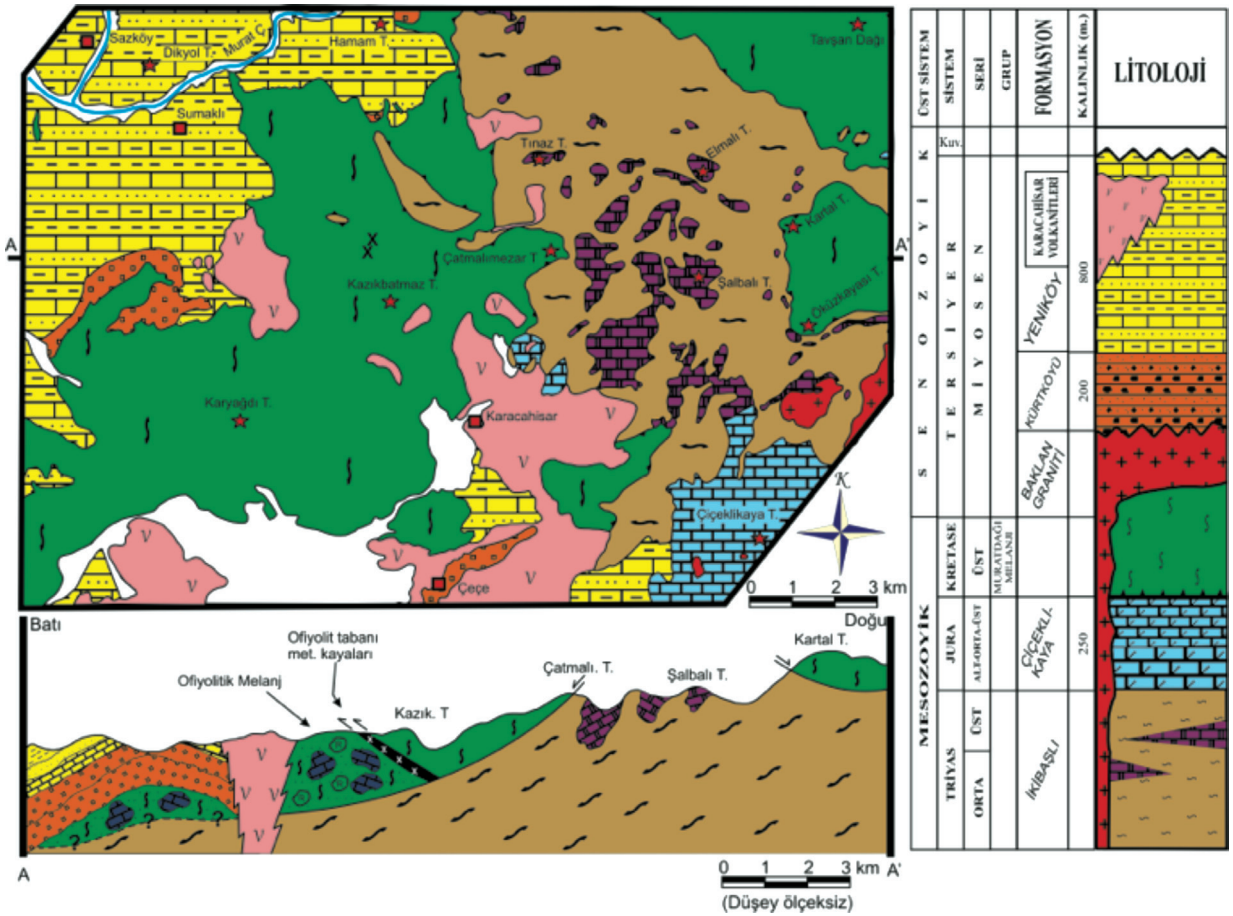
## Mesozoyik Yaşlı Birimler

### *İkibaşlı Formasyonu*

Formasyon ilk kez Kaya (1972) tarafından adlandırılmıştır. Kaya (1972) ve Kaya ve diğ., (1995) bölgedeki metakirintilileri diğer birimlerden ayırmış ve Menderes Masifi ile Tavşanlı Zonu arasında kalan "Ankimetamorfik Zon" olarak tanımlamıştır. İkibaşlı Formasyonu, yüzlekler verdiği Baybuyan Dere ve kuru dereler boyunca açık-koyu gri, açık-koyu kahverengi, yer yer yeşil renk tonlarına sahiptir. Formasyon en altta Triyas öncesine ait çoğunlukla mermer, daha az oranda beyaz-kırmızı renkli kuvarsit ve şist parçaları içeren konglomera ile başlar (Göncüoğlu, 2011). Işıklar Köyü çıkışı ile Saraycık yolu yol yarmalarında yüzlekler veren konglomeranın

çakılları elipsoidal biçimde deforme olmuştur ve yarı yuvarlak-yuvarlak görünümündedirler. Üste doğru formasyon, serizit–kuvars şist, klorit–serizit şist, biyotit–serizit–kuvars şist ve kloritoyit şiste geçiş yapar. Formasyona ait şistler içerisinde kuvarsit damarları, gri renkli mermer ara katkıları ve nadiren de olsa dolomitik seviyeler yer almaktadır. Formasyon mezoskopik ölçekte çok sık kıvrımlı olup iyi gelişmiş foliasyon sunmaktadır. Foliasyon düzlemleri arasında irili–ufaklı kuvars çakılları mevcuttur. Bu çakıllar basınç doğrultusunda uzamış görünümündedirler. Ayrıca formasyon birçok kuvars damarı tarafından da kesilmiştir. İkibaşlı Formasyonu

içerisinde çok iyi uzama lineasyonları gelişmiştir. Bu lineasyonlar genelde KD–GB yönlüdür (Yüksel, 2013). Metakarbonatlı kayaçlar, İkibaşlı Formasyonu'nun alt–orta kesimlerinde ara katkılı şeklinde, üst kesimlerinde ise boyutu artıp merccek olarak gözlenmektedir. İkibaşlı Formasyonu içinde belirlenen kloritoyit şistlerdeki matriks ile sarılmış ince, iğnemsî ve tabular kloritoyitlerin varlığı ve buna ek olarak karfolitin olmayışı metamorfizma sırasında basıncın 3 Kb'ı geçmediğini ve biyotit ve granatın olmayışı da sıcaklığın 350°C'nin altında olduğunu, dolayısı ile sünümlü bir şekilde metamorfizma olduğunu göstermektedir (Güngör, 2013).



Şekil 3: İnceleme alanının jeoloji haritası (Günay ve diğ., 1986'dan değiştirilerek).

**Figure 3:** Geological map of the investigated area (modified from Günay et al., 1986).

Akay ve diğ. (2011), Eğriğöz Köyü ve Küreci Köyleri arasında İkibaşlı Formasyonu içerisinde metariyolitik ve metabazaltik seviyeler tespit etmiştir, Akal ve diğ. (2008) ise Afyon Zonu içerisinde yer alan bu metariyolitik ve metabazaltik seviyelerdeki zirkonlardan  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  yaş analizi ile yaşını  $240,8 \pm 3,7$  My (Anisiyen–Orta Triyas) olarak bulmuştur. Güngör ve Erdoğan (2002), Menderes Masifi'nin güneyinde *Lamelliconus multispirus*, *Lamelliconus* sp. ve *Aulotortus* sp. içeren Geç Ladiniyen–Karniyen (Orta–Üst Triyas) yaşlı metamorfik kırıntılılar tanımlamış ve bunların mafik volkanik kayalar içerdiğini ve bu volkanitlerin levha içi gerilmeli jeokimyasal bir ortamı gösterdiklerini belirtmişlerdir.

#### *Çiçeklikaya Formasyonu*

Formasyon ilk defa Bingöl (1977) tarafından üye mertebesinde adlandırılmıştır. Formasyon adını en iyi gözleendiği Çiçeklikaya Tepe'den almıştır. İnceleme alanında en iyi yüzlekleri Çiçeklikaya Tepe ve Bereket Tepe'de gözlenmektedir. Formasyon, altta gri renkli, kalın tabakalı dolomitik kireçtaşları ile başlayıp üste doğru tabaka kalınlığı daha da artmaktadır. Birim içindeki kireçtaşlarının geneli dolomitiktir. En üst kesimlerinde çört ara seviyeleri ve rekristalize kireçtaşları bulunur. Akay ve diğ. (2011), Budağan Dağı ve çevresinde yaptıkları çalışmada, Çiçeklikaya Formasyonu'nun eşdeğeri olan Budağan Kireçtaşı ile İkibaşlı Formasyonu geçişini tanımlamışlar ve bu geçiş zonu boyunca kötü korunmuş Geç Triyas–Liyas mercanları ve Geç Triyas algleri elde etmişlerdir. Formasyonun üst kesimlerinde ise Erken Malm fosilleri tespit eden araştırmacılar Çiçeklikaya Formasyonu'nun yaşını Jura olarak kabul etmişlerdir.

#### *Muratdağı Melanjı*

Alloktan ultramafik kütleler ve ofiyolitik karmaşıktan oluşan Muratdağı Melanjı, ilk

kez Bingöl (1977) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında geniş yüzlekler veren birim, ultramafik kütleler ile radyolarit, çört, kireçtaşı, kumtaşı ve amfibolitik kayaçlardan oluşmaktadır. Ultramafitler genelde peridotitlerden oluşmuştur ve çoğu yerde serpantinleşmiş olarak gözlenmektedir. İlk kez Williams ve Smyth (1973) tarafından tanımlanmış olan ofiyolit tabanı metamorfik kayaları, çalışma alanında peridotitler ile melanj arasında tektonik olarak yer almaktadır. Kütahya ve çevresinde (Tavşanlı Zonu) tanımlanan ofiyolit ile melanj arasında yer alan ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları (Okay ve diğ., 1998; Önen ve Hall, 1993; Önen ve Hall, 2000), çalışma alanında (Afyon Zonu) Kazıkbatmaz Tepe kuzeybatısında iki lokasyonda belirlenmiştir (Koordinatlar: 4314554/722355 – 4315232/723210). Bu birimin kalınlığı 100 metreyi geçmemektedir. İnceleme sahasında haritalanamayacak boyutlarda küçük mostraya sahip bu metamorfik kayaçların Torid Kuşağı'ndaki benzerlerinde de maksimum 500 metrelik kalınlıklar tanımlanmıştır (Çelik ve diğ., 2006). Kartal Tepe ve Mermerüstü Tepe arasındaki peridotit kütleleri yaygın mağmatik bantlaşma sunmaktadır ve hafif serpantinize olmuşlardır. Melanjın diğer kaya türlerinden olan kumtaşları yeşil–kahverengi renkte ve düzensiz tabakalanmaya sahiptirler. Kumtaşları ile ardalanma gösteren şeyller ince yapraklanmalı ve yeşil renk tonlarındadır. Kireçtaşları ise kirli beyaz, gri renkli, yer yer silisifiye (Fikirsiz Tepe civarı), ince–orta–kalın tabakalı, çört ve radyolarit ara seviyelidir. Yeşil renkli tüfler, ileri derecede ayrılmış ve spilitler ile beraber bulunmaktadır (Günay ve diğ., 1986).

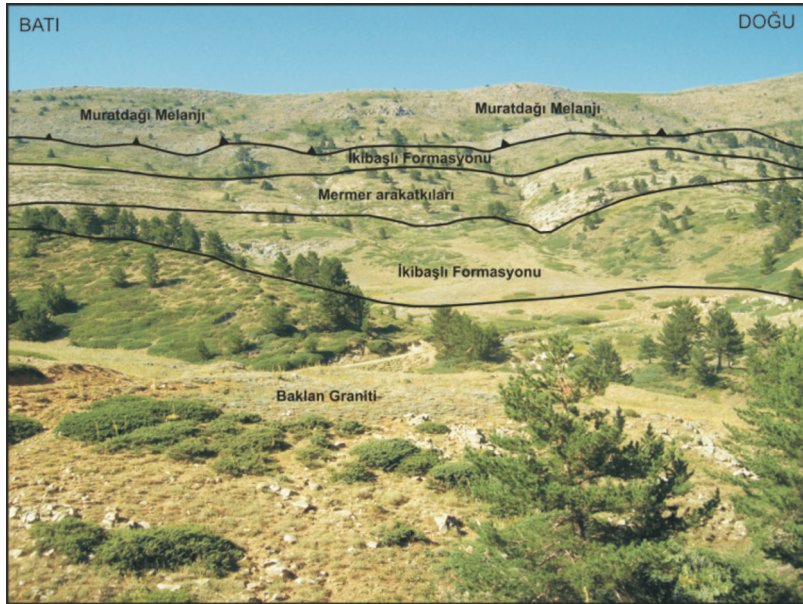
Afyon ve Kütahya arasında yapılan çalışmada, melanjin eşdeğeri olan Çöğürler Karışığı içinde Turoniyen–Kampaniyen yaşlı pelajik kireçtaşları tespit edilmiş ve birimin oluşumunun Orta Maestrihtiyen'e kadar sürdüğü tanımlanmıştır (Özcan ve diğ., 1989). Konak (1982), Bigadiç–Akhisar arasında aynı

birimi Dağardı Melanjı olarak tanımlamış ve bu melanjın Eosen çökelleri tarafından açılı uyumsuzlukla örtüldüğünü belirtmiştir. Afyon Zonu'nda yapılan çalışmalarda, Afyon Zonu metamorfizmasını ve ofiyolitlerini uyumsuz olarak üzerleyen ve paleontolojik veriler elde edilen Alt Paleosen yaşlı olistostrom ile Üst Paleosen yaşlı metamorfik olmayan denizel sedimanlar tanımlanmıştır (Candan ve diğ., 2005). Bu Paleosen yaşlı kayalar da, ofiyolit yerleşiminin, kıtasal malzemenin gömülmesinin, yüksek basınç (YB) metamorfizmasının ve metamorfizma sonrası yükselme yaşının Paleosen olduğunu göstermektedir (Candan ve diğ., 2005). Ayrıca, Mesozoyik yaşlı ofiyolit ve daha yaşlı kayaçların, Üst Paleosen–Eosen yaşlı metamorfik olmayan karasal–sığ denizel tortullar tarafından uyumsuz olarak örtüldüğü de tanımlanmıştır (Candan ve diğ., 2009). Tüm bu veriler ışığında, Muratdağı Melanjı'nın, Üst Kretase-Paleosen döneminde, İkibaşlı Formasyonu'ndaki lineasyon yönlemine paralel KD-GB yönünde tektonik olarak taşındığı

ve İkibaşlı Formasyonu'nu sünümlü olarak deformasyona uğrattığı belirlenmiştir (Şekil 4).

### Neojen Yaşlı Birimler

Melanj yerleşiminden sonra bölgede bir plütönizma gerçekleşmiş ve Miyosen yaşlı Baklan Graniti bölgeye sokulum yapmıştır (Aydoğan ve diğ., 2008). Granit yerleşiminden sonra kendinden daha yaşlı tüm birimlerden çakıl ve blok alan, kırmızı renkli akarsu çökelleri olan Kürtköyü Formasyonu tüm birimleri açılı uyumsuz dokanak ile örtmektedir. Kürtköyü Formasyonu üzerine ise uyumlu bir dokanak boyunca kirli sarı renkli, plaketli kilitaşı, marn, kumtaşı, kireçtaşı ve tüften oluşan Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu gelmektedir. Yeniköy Formasyonu ile eş yaşlı, riyolit, trakit, dasit ve piroklastik malzemelerden oluşan Karacahisar Volkanitleri tüm birimleri kesmektedir. Tutturulmamış çakıl, kum, kil ve siltlerden oluşan alüvyon ve yamaç molozları tüm birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır.



**Şekil 4.** Muratdağı Melanjı ile İkibaşlı Formasyonu'na ait arazi görüntüsü (Öküzkaşası Tepe doğusu; koordinatlar: 0737257/4310050; kuzeye bakış).

**Figure 4.** Field photo of Muratdağı Melange and İkibaşlı Formation (East of Öküzkaşası Hill; coordinates: 0737257/4310050; northwardly).



## PETROGRAFI

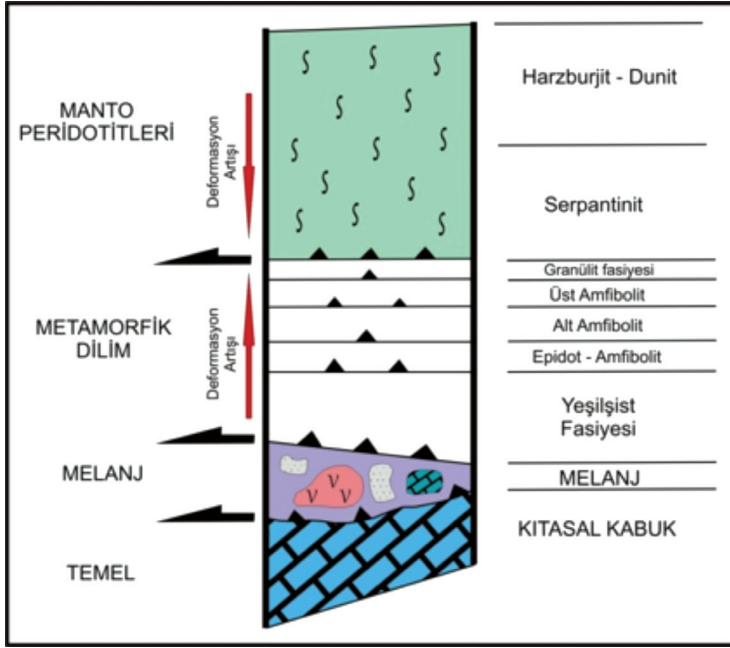
Çelik (2007), Likya Naplarında, IAT tipi amfibolitlerin ilksel kayaçlarının supra-subduction tip ofiyolitlerden türeyebileceğini, MORB amfibolitlerinin dahan N-MORB tipi okyanusal kabuktan ve OIB tipi amfibolitlerinin ise MORB kabuğu üzerinde gelişmiş deniz dağından olabileceğine değinmiştir. Önen ve Hall (2000), Kaynarca civarında (KB Anadolu), çalışma alanımızdaki ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlara benzer kaya türleri tanımlamış ve bu kayaçların mafik yapısı, dokusal ilişkileri ve mineral kimyasına dayanarak amfibolitlerin ilksel bileşiminin okyanus ada bazaltı olduğunu belirlemiştir.

Spray (1984), ofiyolit tabanı metamorfik kayaçların ters metamorfik zonlanma sunduğunu tanımlamıştır (Üstte amfibolit/granülit fasiyesi, altta yeşilist/başlangıç fasiyesleri) (Şekil 5). Ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlarda metamorfizmanın kaynağı, okyanus içi bindirme esnasında üzerleyen sıcak ofiyolit dilimin getirdiği ve alta doğru ilettiği ısı ve sürtünme ısıdır. Bu ısı üstten alta doğru aktarıldığı için ofiyolit tabanı metamorfik kayalarda ters derecelenme görülmektedir (Okay, 2011). Çalışma alanında yapılan gerek arazi gerekse mikroskobik incelemelerde metamorfik kayaçların üstte ultramatikler ile olan kantağında yüksek dereceli amfibolit fasiyesi, altta melanj ile

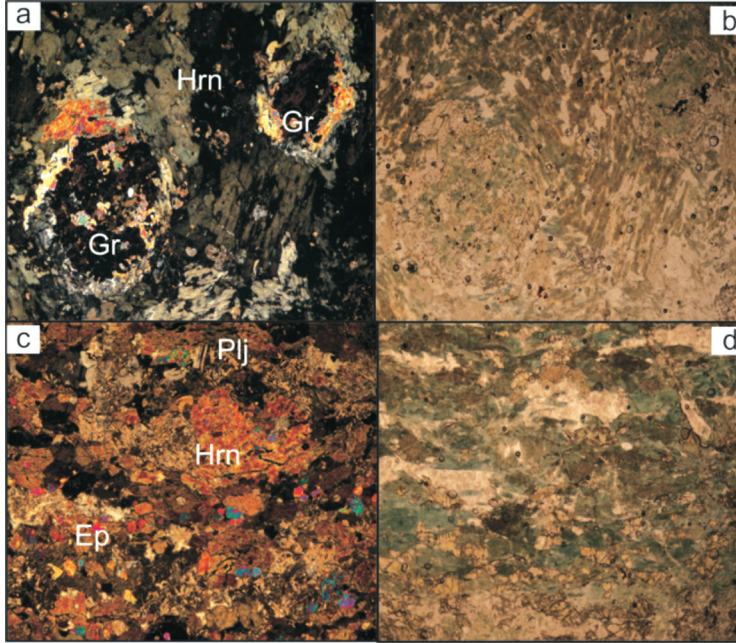
olan kantağında ise yeşilist fasiyesi özellikleri gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 6).

İnceleme sahasındaki ve diğer bölgelerdeki ofiyolitler ile ilişkili metamorfik kayaçlar, okyanus içi bindirmeye bağlı olarak oluşmuştur ve yüksek sıcaklık-düşük basınç (YS-DB) metamorfizması göstermektedirler. Fakat Kuzeybatı Anadolu'da, bu yüksek sıcaklık-düşük basınç metamorfizmasını kesen YB-DS mavişist fasiyesi de tanımlanmıştır (Önen ve Hall, 1993; Dilek ve Whitney, 1997; Okay ve diğ., 1998; Plunder ve diğ., 2013).

Çelik (2008), Türkiye'nin güneyindeki ofiyolit tabanı metamorfitlerinde K/Ar ile  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş analizlerinin tutarlılığını karşılaştırmış ve  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş verilerinin K/Ar yaş verilerine göre daha tutarlı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bundan dolayı bu çalışmada Kanada Actlabs'da, Kazıkbatmaz Tepe kuzeybatısında gözlenen ofiyolit tabanı metamorfik kayaçların hornblendlerinden  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş analizi yaptırılmış ve  $100.7 \pm 1.3$  my plato yaşı bulunmuştur (Çizelge 1, Şekil 7). Elde edilen bu yaş verisi ile de okyanusal litosferin yitim zamanının, dolayısı ile Neotetis Okyanusu'nun kapanma yaşının ve bu yitim sürecinde oluşan kayaçların (ofiyolit tabanı metamorfikleri) soğuma yaşının Albiyen dönemine denk düştüğü düşünülmektedir.



**Şekil 5.** Ofiyolit tabanı metamorfik kayaların basitleştirilmiş kolon kesiti (Spray, 1984).  
**Figure 5.** Simplified columnar section of sub-ophiolitic metamorphic rocks (Spray, 1984).

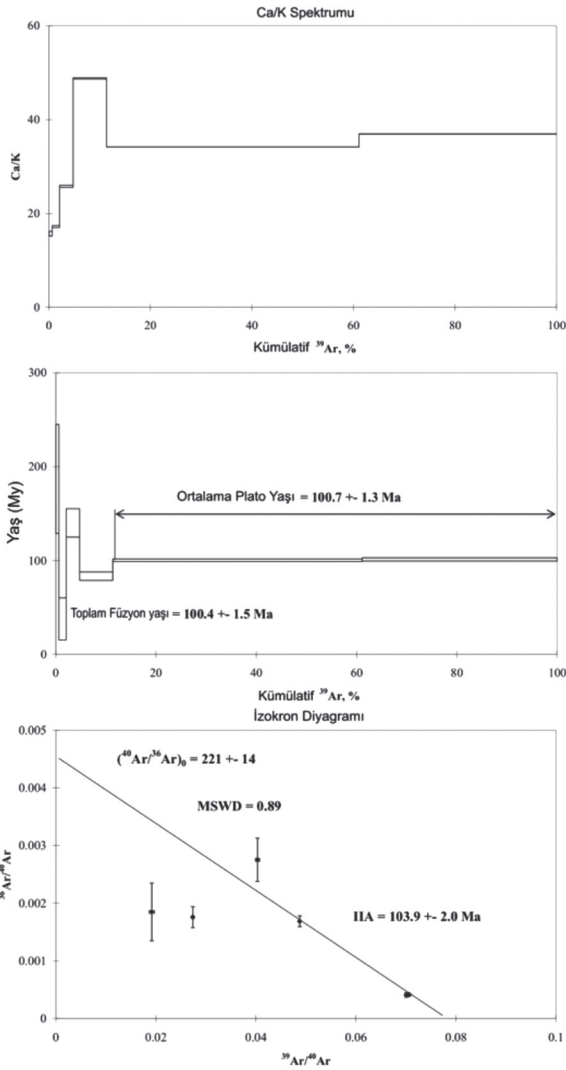


**Şekil 6.** Ofiyolit tabanı metamorfiklerin mikroskop görüntüleri: a) Granat hornblend şist (II.nikol 4x); b) Granat hornblend şist (I.nikol 4x); c) Plajiyoklas epidot hornblend şist (II.nikol 4x); d) Plajiyoklas epidot hornblend şist (I.nikol 4x) (Görüntü boyu 2mm; Gr: Granat, Hrn: Hornblend, Ep: Epidot, Plj: Plajiyoklas)  
**Figure 6.** Photomicrographes of sub-ophiolitic metamorphic rocks: a) Garnet hornblende schist (II.nicol 4x); b) Garnet hornblende schist (I.nicol 4x); c) Plagioclase epidote hornblende schist (II.nicol 4x); d) Plagioclase epidote hornblende schist (I.nicol 4x); Image size of wiew 2mm; Gr: Garnet, Hrn: Hornblende, Ep: Epidote, Plj: Plagioclase)

**Çizelge 1.**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş analizinin sonucu.

**Table 1.**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating result.

Örnek	Ters İzokron Yaşı $\pm 1\sigma$	Toplam Füzyon Yaşı $\pm 1\sigma$	Ortalama Plato Yaşı (My) $\pm 1\sigma$	Ca/K	Yorum
<b>YK-424 hornblend</b>	103.9 $\pm$ 2.0	100.4 $\pm$ 1.5	<b>100.7<math>\pm</math>1.3</b>	15.7-48.8	İki basamaklı yüksek sıcaklık ortalama plato



**Şekil 7.** Muratdağı Melanji metamorfik kayaçlarının yaş ve Ca/K spektrum ve izokron diyagramları.

**Figure 7.** Age and Ca/K spectrum and isochrone diagrams of Muratdağı Melange metamorphic rocks.

## TARTIŞMA

KB Anadolu ve Toros kuşağında yer alan tüm ofiyolitlerin tabanında ofiyolitler ile ilişkili metamorfik kayaçlar yer almaktadır. Bu metamorfik kayaçların içsel yapıları, ilişkili oldukları ofiyolitlerin metamorfizmasının ve deformasyon tarihçesinin yorumlanmasında kullanılmaktadır. Bundan dolayı pek çok araştırmacı okyanus içi bindirmeler ve ofiyolit yerleşimi ile ilgili yorumlama yapmak için bu kayaçlardan faydalanmaktadır.

Afyon Zonu'nda yapılan bu çalışmada, ofiyolit tabanı metamorfik kayaçların hornblendlerinden  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş analizi 100.7 $\pm$ 1.3 my'lık bir yaş elde edilmiştir. Afyon Zonu kuzeyinde yer alan Tavşanlı Zonu'nda ise 93 $\pm$ 2 my (Önen ve Hall, 1993) ve 101 $\pm$ 4 my (Harris ve diğ., 1994) gibi yakın  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş sonuçları yer almaktadır. Toros kuşağında ise 91.3 $\pm$ 0.9, 91.5 $\pm$ 1.9, 93 $\pm$ 0.9, 93 $\pm$ 1.0 (Çelik ve diğ., 2006), 91.7 $\pm$ 1.2 (Dilek ve diğ., 1999), 92.6 $\pm$ 0.2 (Parlak ve Delaloye, 1999) ve 88.4-75.7 (Chan ve diğ., 2006) my arasında değişen  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş verileri tanımlanmıştır. Anatolid-Torid bloğundaki amfibolitik metamorfik kayaçlardan belirlen bu yaşlar, metamorfik kayaçların Koniasiyen-Albiyen (Üst Kretase) dönemlerinde, Neotetis okyanusu içerisinde metamorfizmaya uğradıklarını göstermektedir.

Muratdağı Melanji, Üst Kretase-Paleosen döneminde, İkibaşlı Formasyonu'ndaki lineasyon

yönlemine paralel KD-GB yönünde tektonik olarak taşındığı ve İkibaşlı Formasyonu'nu sünümlü olarak deformasyona uğrattığı bu çalışmada belirlenmiştir. Melanjın yerleşim doğrultusunun bilinmesine karşın, hangi okyanusal basenden türediği ve ne tarafa doğru taşındığı hakkında farklı araştırmacıların farklı önerileri olmasına rağmen, Afyon Zonu'nda nap yerleşimi konusunda yeterli kinematik çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla İkibaşlı Formasyonu'nu deformasyona uğratan Muratdağı Melanjı'nın yerleşim yönünün belirlenmesi için kinematik veriler gerekmektedir.

## SONUÇLAR

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki temeli Orta–Üst Triyas yaşlı, kuvarsit ve gri renkli mermer ara seviyeleri ve mermer mercikleri içeren, serizit–kuvars şist, klorit–serizit şist, biyotit–serizit–kuvars şistten oluşan İkibaşlı Formasyonu oluşturmaktadır. İkibaşlı Formasyonu uyumlu bir dokanakla Geç Triyas–Erken Malm yaşlı, gri renkli, altta kalın ve üstte ince tabakalı dolomitik Çiçeklikaya Formasyonu'na geçmektedir. Muratdağı Melanjı, Üst Kretase-Paleosen döneminde, İkibaşlı Formasyonu'ndaki lineasyon yönlemine paralel KD-GB yönünde tektonik olarak taşınmış ve İkibaşlı Formasyonu'nu sünümlü olarak deformasyona uğratmıştır.

Piroksenit, serpantinit, radyolarit, kristalize kireçtaşı, şeyl ve çamurtaşı içeren Muratdağı Melanjı bu birimler üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Alp–Himalaya kuşağı içerisinde kalan Batı Anadolu'daki bu ofiyolitlerin ve diğer bölgelerdeki hemen hemen tüm ofiyolitlerin tabanında, ofiyolit in okyanus içi ortamda, okyanusal litosferden sıyrılması esnasında oluşan ve üstte peridotitler ve altta melanj arasında tektonik olarak yer alan ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları yer almaktadır.

Kuzeybatı Anadolu'da, allokton ofiyolit levhaları altında oluşan ve 100 metreyi geçmeyen kalınlıklara sahip olan bu ofiyolit tabanı metamorfik kayaçları genellikle amfibolitik kayaçlar ile temsil edilmektedir. Bu amfibolitik kayaçlar, okyanusal bazaltik kayalar ve sedimanter kayaların granülit/amfibolit fasiyesinden yeşilist fasiyesine kadar değişen metamorfizma şartlarında oluşmaktadır.

Çalışma alanında yapılan gerek arazi gerekse mikroskobik incelemelerde metamorfik kayaçların üstte ultramafitler ile olan kantağında yüksek derece amfibolit fasiyesi, altta melanj ile olan kantağında ise yeşilist fasiyesi özellikleri gösterdiği belirlenmiştir.

İnceleme sahasındaki ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlar, okyanus içi bindirmeye bağlı olarak oluşmuştur ve yüksek sıcaklık–düşük basınç (YS–DB) metamorfizması göstermektedirler. Önen ve Hall (2000), Kaynarca bölgesinde (KB Anadolu) çalışma alanımızdaki ofiyolitler ile ilişkili metamorfik kayaçlara benzer kaya türleri tanımlamış ve bu kayaçların mafik yapısı, dokusal ilişkileri ve mineral kimyasına dayanarak bu amfibolitlerin ilksel bileşiminin Okyanus Ada Bazaltı (OIB) olduğunu belirlemiştir.

Ofiyolit tabanı metamorfik kayaçlarının hornblendleri üzerinde, Kanada'da  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaş analizi yaptırılmış ve  $100.7 \pm 1.3$  my plato yaşı bulunmuştur. Elde edilen bu yaş verisi ile de okyanusal litosferin yitim zamanının, dolayısı ile Neotetis Okyanusu'nun kapanma yaşının ve bu yitim sürecinde oluşan kayaçların (ofiyolit tabanı metamorfikleri) soğuma yaşının Albiyen dönemine denk düştüğü düşünülmektedir.

Anatolid-Torid bloğundaki amfibolitik metamorfik kayaçlardan belirlenen birbirine yakın  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  yaşları, ofiyolitler ile ilişkili metamorfik kayaçların Koniasiyen-Albiyen (Üst Kretase) dönemlerinde, Neotetis okyanusu içerisinde metamorfizmaya uğradıklarını göstermektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2011/59 no'lu proje ile desteklenmiştir. Yapıcı eleştirileri ile bu çalışmaya katkı koyan Prof. Dr. Osman PARLAK (Ç.Ü.), Prof. Dr. Süha ÖZDEN (ÇOMÜ) ve Yrd. Doç. Dr. M. Selman AYDOĞAN'a (BAÜ) teşekkür ederiz.

## EXTENDED SUMMARY

*The Muratdağı Region, comprising metamorphics, carbonates, ophiolitic remnants and Neogen aged sedimentary, volcanic and plutonic units, is located in between Kütahya and Uşak in western Anatolia. The stratigraphically lowest part of the investigated area consists of metapelites, metapsammites and metarudites of Middle-Upper Triassic age, and is named as İkibaşlı Formation. İkibaşlı Formation, comprising conglomerate and thick metaclastic sequence, was first defined by Kaya (1972). The conglomerates at the bottom of the formation comprises pre-Triassic aged and ellipsoidal shaped mostly marble and less quartzite and schist pebbles. Metaclastics of İkibaşlı Formation are composed of sericite-quartz schist, chlorite-sericite schist, biotite-sericite schist and chloritoid schist and lenses of marbles and rare dolomitic carbonates and veins of quartzites. General trend of the stretching lineations in the İkibaşlı Formation is NE-SW. The İkibaşlı Formation contains metamorphosed rhyolitic and basaltic volcanic layers and rhyolitic subvolcanic stocks (Akay et al., 2011). Zircons from the metarhyolite define a  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  age of  $240.8 \pm 3.7$  Ma (Anisian-Middle Triassic) (Akal et al., 2008). Çiçeklikaya Formation which comprises of dolomitic limestones of Jura age conformably overlies İkibaşlı Formation. All these Mesozoic aged units are tectonically overthrust*

*by the Muratdağı Melange with a low-angle. Muratdağı Melange composed of Neotethyan ophiolitic rocks is represented by ultramafic rocks and a melange (volcanic-sedimentary rocks) in the study area. The ultramafic rocks contain serpentized harzburgite and gabbro. After the emplacement of the ophiolites, the Baklan Granite intruded into all these formations. Lower Miocene aged Kürköyü Formation consists of pebbles and gravels derived from the older formations and discordantly overlies the Muratdağı Melange in the North and West of the investigated area. The Kürköyü Formation is covered by the Yeniköy Formation which is composed mainly of plaquette claystone, marl, sandstone, limestone and tuff. Miocene aged sedimentation of Yeniköy Formation is accompanied by volcanism and named as Karacahisar Volcanics. Karacahisar Volcanics are composed of rhyolite, trachyte, dacite and pyroclastic materials.*

*Sub-ophiolite metamorphic rocks are tectonically located between the ultramafics and melange of ophiolites of Western Anatolia in Alp-Himalaya belt. Sub-ophiolite metamorphic rocks which form under the ophiolitic rocks and have a maximum 100 meter thickness are represented by amphibolitic rocks in the Northwestern Anatolia. Sub-ophiolite metamorphic rocks form in the period of subduction of an oceanic lithosphere in the subduction zone. The ages obtained from these rocks enable us to determine the age of a subduction of an oceanic lithosphere and consequently to determine the closure age of Neotethyan Ocean. In the investigated area, these sub-ophiolitic metamorphic rocks observed at the northwest of the Kazıkbatmaz Hill (Figure 4). The thickness of these rocks doesn't exceed 100 m. These metamorphic rocks occurred under high-temperature/low-pressure (HT-LP metamorphism) conditions. Sub-ophiolitic metamorphic rocks*

represent three different geochemical setting (Çelik, 2007). The chemistry of the similar sub-ophiolite metamorphic rocks from near Kütahya indicates an ocean island basalt origin, and Ar–Ar dating indicates a high temperature metamorphic event at  $93 \pm 2$  Ma (Önen and Hall, 2000). In this study, we performed  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age analysis on the sub-ophiolitic rock sample from the northwest of the Kazıkbatmaz Hill.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating analysis of the sample was performed by Actlabs Laboratories. The hornblende from the amphibolite sample yielded  $100.7 \pm 1.3$  Ma (Albian) (Table 1). This obtained  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age indicates the time of the closure of the oceanic lithosphere consequently closure of the Neotethyan Ocean.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akal, C., Candan, O., Koralay, O.E., Okay, A., Oberhansli, R. ve Chen, F., 2008. Afyon Zonunundaki Erken Devoniyen asidik mağmatizmaya ait jeolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik ön bulgular. 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri Kitabı, Ankara, s 204.
- Akay, E., Işintek, İ., Erdoğan, B. ve Hasözbeç, A., 2011. Stratigraphy of the Afyon Zone around Emet (Kütahya, NW Anatolia) and geochemical characteristics of the Triassic volcanism along the northern Menderes Massif. Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen Band, 188 Heft 3, p. 297-316.
- Aydoğan, M.S., Çoban, H., Bozcu, M. ve Akıncı, Ö., 2008. Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene–Miocene granites. Journal of Asian Earth Sciences, 33, 155–176.
- Bingöl, E., 1977. Muratdağı Jeolojisi ve ana kayaç birimlerinin petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, 2, 13-66.
- Candan, O., Çetinkaplan, M., Oberhansli, R., Rimmel, G. ve Akal, C., 2005. Alpine high-P/low-T metamorphism of the Afyon Zone and implications for the metamorphic evolution of Western Anatolia, Turkey. Lithos, 84, 102-124.
- Candan, O., Oberhansli, R., Akal, C., Koralay, E.O., Pourteau, A. ve Çetinkaplan, M., 2009. Afyon Zonu'nun stratigrafisi ve Alpin metamorfizması. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Sayfa:32-33.
- Chan, G.H.N., Malpas, J., Xenophontos, C. ve Lo, C.H., 2007. Timing of subduction zone metamorphism during the formation and emplacement of Troodos and Baër-Bassit ophiolites: insights from  $^{40}\text{Ar}$ – $^{39}\text{Ar}$  geochronology. Geological Magazine 144, 797–810.
- Çelik, Ö. F. ve Delaloye, M. F., 2003. Origin of metamorphic soles and their post-kinematic mafic dyke swarms in the Antalya and Lycian ophiolites, SW Turkey. Geological Journal 38, 235–56.
- Çelik, Ö.F., Delaloye, M.F. and Feraud, G., 2006. Precise  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages from the metamorphic sole rocks of the Tauride Belt Ophiolites, southern Turkey: implications for the rapid cooling history. Geological Magazine. 143, 213–227.
- Çelik, Ö.F. ve Delaloye, M.F., 2006. Characteristics of ophiolite-related metamorphic rocks in the Beyşehir ophiolitic melange (Central Taurides, Turkey), deduced from whole rock and mineral chemistry. Journal of Asian Earth Sciences, 26, 461–476.
- Çelik, Ö. F., Marzoli, A., Marschik, R., Chiaradia, M., Neubauer, F. ve Öz, İ., 2011. Early–Middle Jurassic intra-oceanic subduction in the İzmir-Ankara-Erzincan Ocean, Northern Turkey. Tectonophysics 509, 120–134.
- Çelik, Ö.F., 2007. Metamorphic sole rocks and their mafic dykes in the eastern Tauride belt ophiolites (southern Turkey): implications for OIB type magma generation following slab break-off. Geological Magazine, 144, 849-866.
- Çelik, Ö.F., 2008. K-Ar ve  $^{40}\text{Ar}$ – $^{39}\text{Ar}$  yaş tayini yöntemlerinin karşılaştırılması: Güney Türkiye ofiyolit tabanı metamorfiklerinden örnekler. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi, 29 (3), 101-110.
- Dilek, Y. ve Whitney, D.L., 1997. Counterclockwise P–T-t trajectory from the metamorphic sole of a Neo-Tethyan ophiolite (Turkey). Tectonophysics, 280, 295–310.
- Dilek, Y., Thy, P., Hacker, B. ve Grondvi, S., 1999. Structure and petrology of Tauride dike intrusions (Turkey): implications for the Neotethyan ocean. Geological Society of America Bulletin, 111, 1192–1216.
- Dora, O. Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1992. Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. In: Savaşın, M. Y. And 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.

- 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*, Vol. 13, pp. 15-36.
- Göncüoğlu, M.C., 2011. Kütahya-Bolkardağ Kuşağının Jeolojisi. *M.T.A. Dergisi*, 142, 227-282.
- Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş., Özcan, A. ve Işık, A., 1996. Orta Sakarya'da Nallihan-Sarıcakaya arasındaki yapısal birliklerin jeolojik özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor no: 10094, 173 p, Ankara (yayımlanmamış).
- Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, İ. ve Şengör, A. M. C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuz Gölü basin complex, central Turkey. In: Dixon, J. E. And Robertson, A. H. F. (eds), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, Geological Society, London, Special Publications, 17, 81-96.
- Günay, E., Akdeniz, N., Şaroğlu, F. ve Çağlayan, A., 1986. Murat Dağı-Gediz dolaylarının jeolojisi. *M.T.A. Raporu*, Rapor No: 8046, Ankara.
- Güngör, T., 2013. Kinematics of the Central Taurides during Neotethys closure and collision, the napped in the Sultan Mountains, Turkey. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)* 102: 1381-1402.
- Güngör, T. ve Erdoğan, B., 2002. Tectonic significance of mafic volcanics in a Mesozoic sequence of the Menderes Massif, West Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 91, 386-397.
- Harris, N.B., Kelley, S. ve Okay, A.I., 1994. Post-collision magmatism and tectonics in northwest Anatolia. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 117, 241-252.
- Kaya, O., 1972. Tavşanlı yöresi ofiyolit sorununun ana çizgileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, XV, 1, 26-108.
- Kaya, O., Sadeddin, W., Altın, D., Meriç, E., Tansel, İ. ve Vural, A., 1995. Tavşanlı (Kütahya) güneyindeki ankımetamorfik kayaların stratigrafisi ve yapısal konumu: İzmir-Ankara zonu ile bağlantısı. *M.T.A. Dergisi*, 117, 5-16.
- Ketin, L., 1966. Tectonic units of Anatolia (Asia Minor). *M.T.A. Bull*, v. 66, 23-34. Kovenko, V., 1944, Akdağ bölgesindeki eski madenler hakkında rapor. *M.T.A. Ens.*, Arşiv No: 1604, Ankara.
- Konak, N., 1982. Simav dolayının jeolojisi ve metamorf kayaçlarının evrimi. *İstanbul Yerbilimleri*, 3, 313-337.
- Okay, A.I. ve Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication 156, 475-515.
- Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S., 1996. Paleo- and Neo-Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. in *Tectonics of Asia* (ed. A. Yin & M. Harrison), Cambridge University Press, 420-441.
- Okay, A.I., Harris, N.B.W. ve Kelley, S.P., 1998. Exhumation of blueschists along a Tethyan suture in northwest Turkey. *Tectonophysics*, 285, 275-299.
- Okay, A.I., 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (ed. J.E. Dixon & A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication No. 17, 455-466.
- Okay, A.I., 2011. Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun dalma-batmaya uğramış kuzey ucu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 142, 195-226.
- Önen, P. ve Hall, R., 1993. Ophiolites and related metamorphic rocks from the Kütahya region, north-west Turkey. *Geological Journal*, 28, 399-412.
- Önen, A.P. ve Hall, R., 2000. Sub-ophiolite metamorphic rocks from NW Anatolia, Turkey. *Journal of Metamorphic Geology*, 18, 483-495.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1989. Kütahya-Çifteler-Bayat-İhsaniye Yöresinin Temel Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor no: 8974 (8188), 142 s., Ankara.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., Uysal, Ş. ve Şentürk, K., 1990b. Late Palaeozoic evolution of the Kütahya-Bolkardağ Belt. *Middle East Technical University Journal of Pure and Applied Sciences*, 21/1-3, 211-220.
- Parlak, O. ve Delaloye, M., 1999. Precise <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar ages from the metamorphic sole of the Mersin ophiolite (southern Turkey). *Tectonophysics*, 301, 145-158.
- Parlak, O., Yılmaz, H., Boztuğ, D. and Höck, V., 2005. Geochemistry and tectonic setting of the Divriği ophiolite in the east central Anatolia (Sivas, Turkey): evidence for melt generation within an asthenospheric window prior to ophiolite emplacement onto the Taurides. *International Symposium on the Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics of the Aegean Region*, Kadir Has University, İstanbul, p.224.
- Parlak, O., Yılmaz, H. ve Boztuğ, D., 2006. Origin and tectonic significance of the metamorphic sole and isolated dikes of the Divriği Ophiolite (Sivas, Turkey): evidence for slab break-off prior to ophiolite emplacement. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15, 25-45.
- Plunder, A., Agard, P., Chopin, C. ve Okay, A., 2013. Record of high-pressure overprint in metamorphic soles of the Tavşanlı

- Zone, Western Anatolia. Geophysical Research Abstracts, Vol. 25, EGU2013-8465-1.
- Ricou, L. E., Argriadis, I. ve Marcoux, J., 1975. L'axe calcaire du Taurus, une alignement de fenestres arabo-africaines sous des nappes radiolaritiques, ophiolitiques et metamorphiques. Bulletin de la Societe geologique de France, 17, 1024-43.
- Robertson, A. H. F. ve Woodcock, N. H., 1980. Mamonia Complex, southwest Cyprus: Evolution and emplacement of a Mesozoic continental margin. Geological Society of America Bulletin, 90, 651-65.
- Schuiling, R.D., 1962. Türkiye'nin güneybatısındaki Menderes migmatit kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında. M.T.A. Dergisi, 58, 71-84.
- Spray, J.G., 1984. Possible causes and consequences of upper mantle decoupling and ophiolite displacement. In: Gass, I.G., Lippard, S.J., and Shelton, A.W. (eds.), Ophiolites and oceanic lithosphere. Geological Society, London, Special Publication, 13, 255-268.
- Stampfli, G., 2000. Tethyan oceans. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper, J.D.A. (Eds.), Tectonics and magmatism in Turkey and surrounding area: Geological Society of London, Special Publication, 173, pp. 1-23.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181-241.
- 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.
- Tolluoğlu, A.Ü., Erkan, Y., Sümer, E.Ö., Boyacı, M.N. ve (Bektaş) Yavaş, F., 1997. Afyon metasedimanter grubunun Mesozoyik öncesi metamorfik evrimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 40, 1, 1-17.
- Williams, H. ve Smyth, W.R., 1973. Metamorphic aureoles beneath ophiolite suites and Alpine peridotites: tectonic implications with west Newfoundland examples. American Journal of Science, 273, 594-621.
- Yüksel, A. K., 2013. Muratdağı Melanjının jeodinamik özellikleri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Doktora Tezi, 110 s. (yayımlanmamış).

---

Makale Geliş Tarihi : 21 Ocak 2014

Kabul Tarihi : 25 Şubat 2014

*Received* : 21 January 2014

*Accepted* : 25 February 2014