

# **KB ANADOLU'DA EOSEN-OLİGOSEN ÇARPIŞMA SONRASI MAGMATİZMA: BİGA YARIMADASI'NDAKİ ASARTEPE GRANİTİK VE SARIKAYA VOLKANİK KAYALARINDAN JEOKİMYASAL VE JEOKRONOLOJİK VERİLER**

## **EOCENE-OLIGOCENE POST COLLISIONAL MAGMATISM IN NW NATOLIA: GEOCHEMICAL AND GEOCHRONOLOGIC DATA FROM ASARTEPE GRANITIC AND SARIKAYA VOLCANIC ROCKS IN THE BIGA PENINSULA**

**Serdar AKGÜNDÜZ\* <sup>1</sup>, Olgun DURU <sup>2</sup>, Ali ELMAS <sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Genel Jeoloji Anabilim Dalı, 34320 Avcılar, İstanbul, Türkiye*

*<sup>2</sup> Kazım Karabekir Mahallesi, 1025. Sokak, No:26/3, Esenler, İstanbul, Türkiye*

### **ÖZ**

KB Anadolu'da İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu'nun kapanmasını takiben gelişen çarpışma sonrası magmatizma Orta Eosen (Lütesiyen)'de başlamıştır. Bu magmatik aktivitenin ürünleri, İzmir-Ankara-Erzincan suture zonunun kuzeyinde yaklaşık doğu-batı uzanımlı bir hat (Armutlu Yarımadası, Kapıdağ Yarımadası, Marmara Adası, Biga Yarımadası) boyunca dizilmektedirler. Eosen yaşlı magmatik seriye ait plütonlar (Fıstıklı, Kapıdağ, İlyasdağ, Karabiga, Asartepe) granitik, volkanikler (Balıklıçeşme) ise bazik-andezitik-asidik nitelikli kayalardan oluşurlar. Çarpışma sonrası magmatizma ikinci evre ürünlerini ise Oligosen ve Oligo-Miyosen döneminde vermiştir. İkinci evre magmatik seri, Eosen yaşlı birinci evre magmatik serinin daha güneyinde yer almakta ve yine yaklaşık doğu-batı uzanımlı bir hat boyunca dizilmektedir. Oligosen-Miyosen yaşlı magmatik seriye ait plütonlar (Çataldağ, İlica, Kozak, Eybek, Evciler, Kestanbol) granitik, volkanikler (Sarıkaya/Çan) ise genellikle andezitik-asidik karakterde kayalardan oluşmaktadır. KB Anadolu'daki Eosen (1.evre) ve Oligosen (2.evre) yaşlı magmatik kayalar benzer jeokimyasal özellikler göstermektedirler. Asartepe granitleri (47 My) ve Sarıkaya volkanitleri (31 My) üzerinde yapılan jeokimyasal çalışmalar, her iki magmatik evrenin ürünlerinin de kalkalkalen, metalüminö karakterli olduklarını işaret etmektedir. Ayrıca ortak olarak LILE ve LREE'ce zenginleşme, HFSE'ce tüketilme gösterirler. Tektonik ayırım diyagramlarında ise hem Eosen hem de Oligosen yaşlı magmatik kayalara ait örnekler benzer şekilde çarpışma sonrası alana düşmektedirler. Eosen ve Oligosen yaşlı magmatik kayalarda gözlenen bu jeokimyasal karakterler; dalma-batma ile ilişkili bir kaynağa bağlı olarak gelişmiş, kabuksal kirlenme ve fraksiyonel kristallenme tarafından etkilenmiş bir magmadan türemiş çarpışma sonrası magmatizmayı işaret etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** KB Anadolu; Eosen-Oligosen çarpışma sonrası magmatizma; Asartepe graniti; Sarıkaya volkanikleri

### **ABSTRACT**

Following the closure of the İzmir-Ankara-Erzincan Ocean, post collisional magmatism commenced in Mid-Eocene (Lutetian) in NW Anatolia. Products of this magmatic activity were arranged along an east-west trending line (Armutlu Peninsula, Kapıdağ Peninsula, Marmara Island, Biga Peninsula) to the north of the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone. The Eocene plutons (Fıstıklı, Kapıdağ, İlyasdağ, Karabiga, Asartepe) are composed of granitic rocks

whereas the Eocene volcanics (Balıklıçeşme) are made up of basic-andesitic-acidic rocks. The second stage in the post collisional magmatism was formed during the Oligocene and Oligo-Miocene period. This second stage magmatic series crop out further south of the Eocene first stage magmatic series and are aligned approximately in east-west direction. The plutons of the Oligocene-Miocene magmatic series (Çataldağ, Ilıca, Kozak, Eybek, Evciler, Kestanbol) consist of granitic rocks while volcanics (Sarıkaya/Çan) are dominantly classified as andesitic-acidic rocks. The Eocene (stage 1) and the Oligocene (stage 2) magmatic rocks in NW Anatolia display similar geochemical features. Geochemical analysis of the Asartepe granitic (47 My) and the Sarıkaya volcanic (31 My) rocks indicate that the magmatic products of both phases are of calc-alkaline and metaluminous in composition. Furthermore they both show enrichment in LIL and LRE elements and depletion in HFS elements. Samples belonging to the Eocene - Oligocene magmatic rocks fall into the post-collisional field on several tectonic discrimination diagrams. The geochemical characteristics observed in the Eocene and Oligocene magmatic rocks point to derivation of melts from a subduction-influenced source area and subsequent differentiation by crustal assimilation and fractional crystallisation at post-collisional setting.

**Keywords:** NW Anatolia; Eocene-Oligocene post collisional magmatism; Asartepe granite; Sarıkaya volcanics.

## GİRİŞ

Alpin çarpışma kuşağının doğusu boyunca konumlanmış olan KB Anadolu için Geç Kretase zamanı tektonik açıdan kritik bir dönemdir. Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunu oluşturan İzmir Ankara Erzincan Okyanusu Geç Kretase'de kuzeyde yer alan Sakarya Kıtası altında yiterek tüketilmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu yitimi takiben Orta Eosen öncesi (Harris vd., 1994; Okay ve Tüysüz, 1999) İzmir Ankara Erzincan Sütür Zonu boyunca Anatolid-Torid Platformu, kuzeyindeki Sakarya Kıtası ile çarpışmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bölgedeki bu kıtasal çarpışma KB Anadolu'da yaygın magmatizmaya sebep olmuştur (Yılmaz, 1989, 1990; Güleç, 1991; Şengör vd., 1993; Harris vd., 1994; Seyitoğlu ve Scott, 1996). Bu çarpışma sonrası magmatizma ilk ürünlerini Orta Eosen'de granitik plütonlar ve andezitik volkanikler olarak vermiştir (Harris vd., 1994; Genç ve Yılmaz, 1997; Delaloye ve Bingöl, 2000; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak ve Dilek, 2006; Okay ve Satır, 2006; Altunkaynak, 2007; Altunkaynak vd., 2012a). KB Anadolu'daki Eosen magmatizmasının plütonları; Asartepe, Karabiga (Delaloye ve Bingöl, 2000), Kapıdağ (Delaloye ve Bingöl, 2000; Gülmez vd., 2013), Fıstıklı (Ercan vd., 1995; Genç ve Yılmaz, 1997; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Aldanmaz vd., 2006), İlyasdağ (Ustaömer vd., 2009) plütonları; volkanikleri ise Balıklıçeşme volkanitleri (Ercan vd., 1995) ile temsil edilir (Şekil 1b). Çarpışma sonrası magmatizmanın ikinci evre ürünleri ise Oligo-Miyosen döneminde plütonik ve volkanik birimler olarak gelişmiştir (Yılmaz, 1989; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998, 1999; Genç, 1998; Yılmaz vd., 2001; Özgenç ve İlbeyli, 2008; Akay, 2009; Altunkaynak vd., 2012b). Bölgedeki Oligosen/Oli-

go-Miyosen plütonları Kestanbol, Evciler, Eybek, Kozak, Ilıca ve Çataldağ plütonları; volkanitler ise Sarıkaya/Çan (Ercan vd., 1995) volkanitleri ile temsil edilir (Şekil 1b).

Son yıllarda KB Anadolu'daki Senozoyik magmatizmasına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Pecerillo ve Taylor 1976; Yılmaz vd., 1981; Harris vd., 1994; Ercan vd., 1995; Genç ve Yılmaz, 1997; Aldanmaz vd., 2000; Delaloye ve Bingöl, 2000; Köprübaşı vd., 2000; Pe-Piper, G. ve Piper, D.J.W., 2001; Yılmaz vd., 2001; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Aldanmaz vd., 2006; Okay ve Satır, 2006; Altunkaynak, 2007; Altunkaynak ve Genç, 2008; Karacık vd., 2008; Keskin vd., 2008; Ustaömer vd., 2009; Van Hinsbergen., 2010; Altunkaynak vd. 2012a-b; Altunkaynak ve Dilek, 2013; Gülmez vd., 2013). KB Anadolu'daki Orta Eosen magmatizmasının tektonik ortamı ve kökeni hakkında iki farklı görüş vardır. İlk görüşe göre; Eosen magmatik kayalar magmatik bir yay ortamında oluşmuştur (Pecerillo ve Taylor 1976; Yılmaz vd., 1981; Ercan vd., 1995; Köprübaşı vd., 2000; Okay ve Satır, 2006; Ustaömer vd., 2009). İkinci görüşe göre ise; bu magmatik kayalar Sakarya Kıtası ve Anatolid-Torid Platformu'nun çarpışmasını takiben gelişen, çarpışma sonrası ortamın ürünleridir (Aldanmaz vd., 2000; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak 2007; Keskin vd., 2008; Yılmaz vd., 2001; Van Hinsbergen., 2010; Altunkaynak ve Dilek, 2013; Gülmez vd., 2013). Son yıllarda kabul gören ve bu çalışmada da desteklenen görüş KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen magmatizmasının çarpışma sonrası olduğu yönündedir.

Bu makalede; yapılan çalışmalara ek olarak varlığı ilk kez bu çalışmada tespit edilen, Biga Yarımadası'nda Biga Kasabası'nın güney-güney-

batısında yüzeylenen (Şekil 2a) ve U-Pb analizi ile 47 My yaş elde edilen Asartepe Graniti de KB Anadolu'daki Eosen yaşlı plütonik seriye dahil edilmiştir. Ayrıca Biga İlçesi ve yakın dolaylarında yüzeylenen (Şekil 2a) ve daha önce Ercan ve diğerleri (1995) tarafından Çan Volkanitleri olarak adlandırılan Oligosen yaşlı volkanik seriyi temsil eden Sarıkaya volkanitlerinden de U-Pb yöntemiyle 31 My yaş elde edilmiştir. Bu çalışmada; elde edilen yeni yaş ve jeokimya verileri daha önce KB Anadolu'da yapılmış çalışmalarla biraraya getirilerek; KB Anadolu'daki Senozoyik çarpışması sonrası magmatizmasının magma kaynağı, magmatik işlemleri, yerleşme yaşı ve tektono-magmatik evrimi değerlendirilmiştir.

### ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Türkiye'de çeşitli okyanuslar tarafından ayrılmış altı adet ana tektonik birlik ayırt edilmektedir (Şekil 1a). Bunlar; Istranca, İstanbul ve Sakarya Zonları, Anatolid-Torid Bloğu, Kırşehir Masifi ve Arap Platformu'dur (Şengör ve Yılmaz 1981, Şengör vd., 1982, Okay vd., 1994, Okay ve Tüysüz 1999). Türkiye'nin kuzey kesimlerinde yer almakta olan Istranca, İstanbul ve Sakarya Zonları topluca Pontidler olarak adlandırılmış olup Lavrasya kökenlidir (Şengör ve Yılmaz 1981) ve İzmir-Ankara-Erzincan Süturu ile güneydeki Kırşehir Masifi ve Anatolid-Torid Bloğu'ndan ayrılmaktadır.

İnceleme alanının yer aldığı Sakarya Kıtası'nın Biga Yarımadası dolayında Senozoyik öncesi temel birimleri; Kazdağ Metamorfikleri, Karakaya Karmaşığı-Ezine Grubu, Çamlıca ve Kemer metamorfikleri, Üst Kretase öncesi ofiyolitik kayalar (Denizgören Ofiyolitleri), Apsiyen-Senomaniyen yaşlı Çetmi Kompleksi oluşturmaktadır (Okay vd., 1991; Elmas, 2012). Biga Yarımadası'nın batı kuzeybatı kesimlerinde gözlenmiş olan Paleozoyik yaşlı Kazdağ Metamorfikleri bölgenin en yaşlı kayaç topluluğunu oluşturur (Bingöl, 1968). Bu temel üzerinde ise Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı (Karakaya Formasyonu; Bingöl vd., 1973) bulunmaktadır. Sakarya Zonu üzerindeki Permo-Triyas kenar havzalarının kapanmasını temsil eden (Şengör ve Yılmaz 1981) Karakaya Karmaşığı birimleri; şiddetlice deforme olmuş, kısmen metamorfizma geçirmiş Permiyen ve Triyas yaşta klastik serilerden oluşmaktadır (Akyürek ve Soysal 1983; Akyürek vd., 1984; Koçyiğit, 1987; Kaya vd., 1989; Okay vd., 1991; Altın ve Koçyiğit 1993; Pickett ve Robertson 1996; Yılmaz vd., 1997; Göncüoğlu vd.,

2000; Okay ve Göncüoğlu, 2004). KB Anadolu'da Biga Yarımadası'nın batı kesimlerinde yer alan, ağırlıklı olarak yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş karbonat kayalarından oluşan (Beccaletto ve Jenny, 2004) Ezine Grubuna ait birimlerin de, muhtemelen Karakaya Karmaşığı'nın eşdeğeri oldukları belirtilmektedir (Beccaletto 2006).

Bölgedeki ofiyolitik birimler üzerine farklı görüşler vardır. Şengör ve Yılmaz (1981)'a göre Gelibolu Yarımadası'ndaki ofiyolitik birimler, Sakarya ve Istranca zonları arasında yer alan Intra-Pontid Okyanusu'nun yerini işaret eder. Halbuki Okay vd., (2010)'ne göre Gelibolu Yarımadası'ndaki ofiyolitik kayalar günümüzdeki yerlerine tektonik olarak taşınmışlardır ve Intra-Pontid Süturu Biga Yarımadası'nın orta kesimi boyunca uzamaktadır. Elmas (2012)'a göre ise Trakya Havzasının GD kesimindeki temel birimlerinden olan bu Üst Kretase öncesi ofiyolitik kayalar, Sakarya ve Rodop Kıtaları arasındaki Dogger-Erken Kretase'ye ait KD uzanımlı okyanusal havzaya (KD Vardar Okyanusu) aittir.

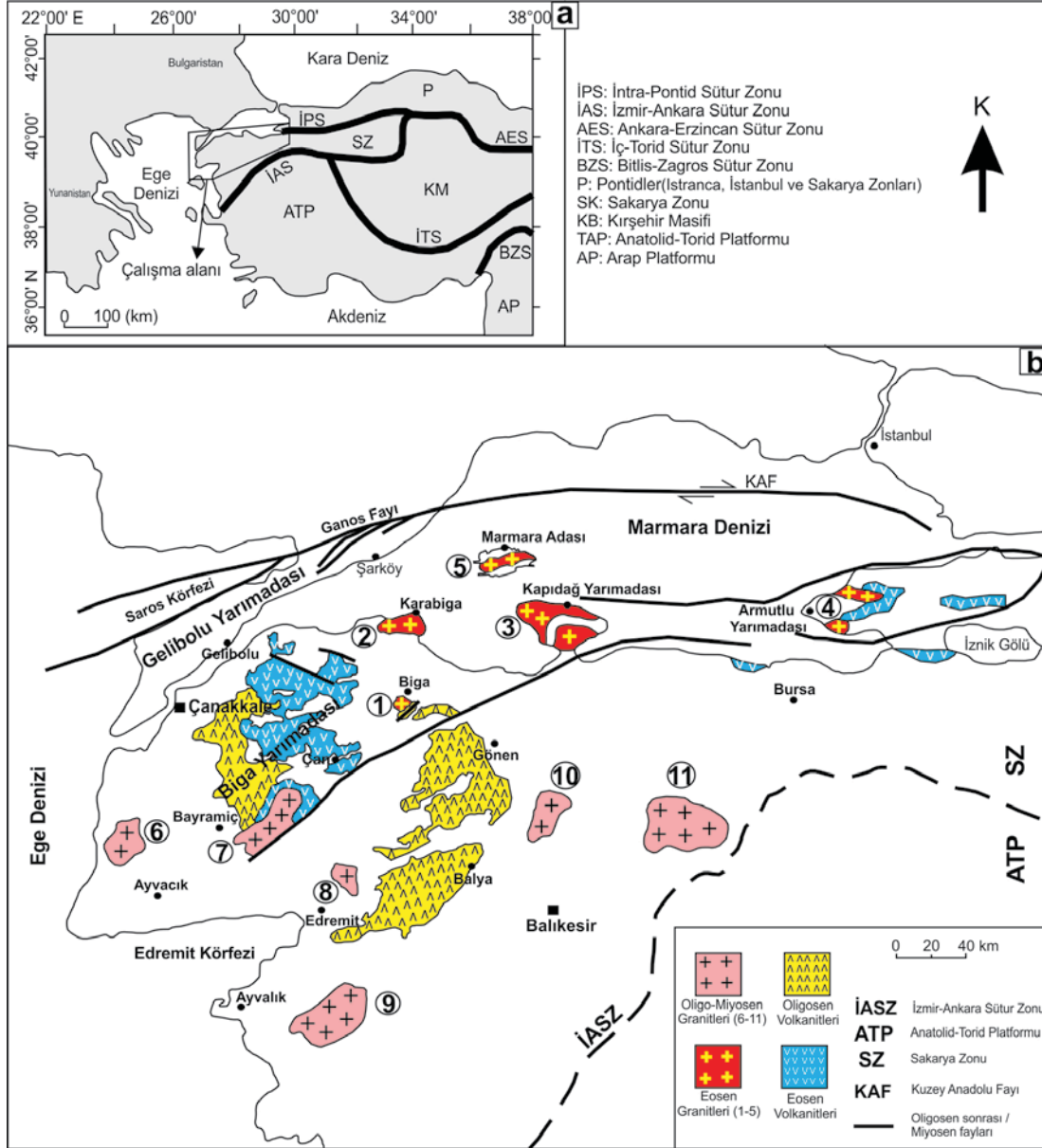
Bölgedeki bir başka temel birimi ise, kuvars, mikaşist, kuvars şist, kalkışist, mermer ve metabaziklerden oluşan, Biga Yarımadası'nın batı kesimlerinde yer alan KD uzanımlı metamorfik kuşaktır. Bu kuşak güneyde Çamlıca metamorfikleri (Okay ve Satır, 2000), kuzeyde ise Kemer metamorfikleri (Beccaletto vd., 2007) olarak adlandırılmıştır. Bu metamorfik kayalar; batıdan Ezine Grubu ve Denizgören ofiyolitleri ile doğudan Karakaya Kompleksi ve Çetmi Kompleksi ile sınırlanmaktadır (Elmas, 2012).

Albian-Senomaniyen yaşlı Çetmi Kompleksi (Beccaletto vd., 2005), hem sedimanter hem de tektonik kökenli kaotik bir birim olarak yorumlanmıştır (Elmas, 2012). Metamorfik olmayan Çetmi Kompleksi; günümüzdeki konumuna ilişkili bulunduğu Kemer metamorfiklerinin metamorfizma yaşı olan En Geç Maastrichtiyen-En Erken Paleosen (Beccaletto vd., 2007) 'den sonra ve kendisini kesen Karabiga Plütonunun intrüzyon yaşı olan Erken Eosen (Beccaletto vd., 2007) öncesinde ulaşmıştır (Elmas, 2012).

Sakarya Kıtası'nın temelinde yer alan bu birimlerin üzerinde Erken Jura'dan itibaren transgresif bir istifin gelişmeye başladığı bilinmektedir. Liyas yaşlı genel olarak akarsu ortamını karakterize eden kırıntılılar (Bayırköy Kumtaşı; Altınlı 1973) ile başlayan karasal sedimantasyon (Saner 1980), ortamın derinleşmesi ile sırasıyla Orta-Üst Jura yaşlı (Saner 1980, Yılmaz vd., 1981, Yılmaz 1981) neritik, sığ

denizel kireçtaşları (Bilecik Kireçtaşı; Granit ve Tintant 1960), Alt Kretase yaşlı çörtlü kireçtaşları (Soğukçam Kireçtaşı; Altınlı 1973, Saner 1980) ve

Senomaniyen-Türoniyen yaşlı pelajik kireçtaşları (Vezirhan Kireçtaşı) ile devam eder (Altınlı 1973, Saner 1977, Yılmaz vd., 1995).



**Şekil 1a.** Türkiye ve yakın dolayının başlıca tektonik birlikleri ve suture zonları (Altunkaynak ve Genç, 2007; Genç, 2004; Elmas, 2012; Karacık ve Yılmaz, 2008; Yılmaz vd., 2001). **Şekil 1b.** KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaların dağılımı. Eosen yaşlı plütonik seri: 1 Asartepe Plütönu, 2 Karabiga Plütönu, 3 Kapıdağ Plütönu, 4 Fıstıklı (Armutlu) Plütönu, 5 İlyasdağ Plütönu; Oligosen / Oligo-Miyosen yaşlı plütonik seri: 6 Kestanbol Plütönu, 7 Evciler Plütönu, 8 Eybek Plütönu, 9 Kozak Plütönu, 10 Ilıca Plütönu, 11 Çataldağ Plütönu. Eosen yaşlı volkanik seri: Balıklıçeşme volkanikleri; Oligosen yaşlı volkanik seri: Sarıkaya / Çan volkanikleri.

**Figure 1a.** Major tectonic units and suture zones of Turkey and its vicinity (Altunkaynak and Genç, 2007; Genç, 2004; Elmas, 2012; Karacık and Yılmaz, 2008; Yılmaz et al., 2001). **Şekil 1b.** Distribution of Eocene-Oligocene plutonic and volcanic rocks in NW Anatolia. Eocene plutonic series: 1 Asartepe Pluton, 2 Karabiga Pluton, 3 Kapıdağ Pluton, 4 Fıstıklı (Armutlu) Pluton, 5 İlyasdağ Pluton; Oligocene / Oligo-Miocene yaşlı plutonic series: 6 Kestanbol Pluton, 7 Evciler Pluton, 8 Eybek Pluton, 9 Kozak Pluton, 10 Ilıca Pluton, 11 Çataldağ Pluton. Eocene volcanic series: Balıklıçeşme volcanics; Oligocene volcanic series: Sarıkaya / Çan volcanics.

KB Anadolu'da Biga kasabasının güneyi, güneybatısı ve batısında ise Üst Kretase-Orta Eosen yaşlı pelajik bir birim olan Balıkkaya Formasyonu yüzeylenmektedir (Şekil 2a). Balıkkaya Formasyonu; ağırlıklı olarak değişken boyutlarda Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşı blokları, daha az miktarda da Karakaya karmaşığında ait bloklar içeren ve bordo renkli çamurtaşı, silttaşı ve pelajik kireçtaşı matrisli birimlerden oluşur. Bu birim daha önce Yıkılmaz ve diğerleri (2002) tarafından, Balıkkaya formasyonu olarak adlandırılmış ve blokların matrisli konumundaki pelajik kireçtaşlarının Paleosen (Tanesiyen) yaşlı olduğu belirtilmiştir. Yıkılmaz ve diğerleri (2002)'ne göre Paleosen yaşlı bu pelajik istif uyumsuzlukla Eosen kireçtaşı, kumtaşı ve şeyli ile örtülmektedir.

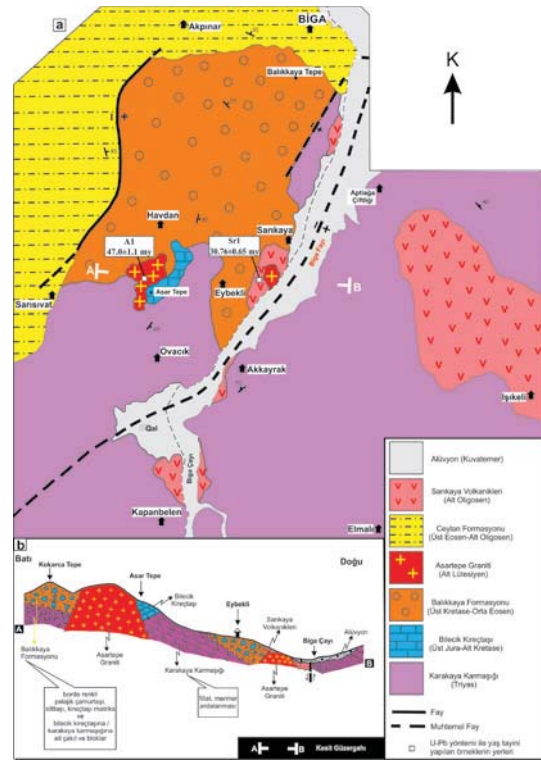
Senozoyik döneminde gelişen plütonik faaliyet bölgede yükselmeye sebebiyet vermiş ve bu yükselmeye bölgede sığ şelf ortamı hakim olmuştur. Üst Eosen-Alt Oligosen döneminde, sığ şelf ortamını karakterize eden, kumtaşı, silttaşı, kilttaşlarından oluşan Ceylan Formasyonu çökelmiştir. Bölgede daha sonraki magmatik faaliyet ise Oligosen / Oligo-Miyosen döneminde gelişmiştir.

Çalışma alanında Biga Kasabası'nın güney-güneydoğusunda yer alan (Şekil 2a) ve Eosen dönemindeki plütonik faaliyetin ürünlerinden olan Asartepe Graniti; Karakaya Karmaşığı, Bilecik Kireçtaşı ve Balıkkaya Formasyonu'nu kesmektedir (Şekil 2b). Asar Tepe graniti; ince taneli, açık grimsi - yer yer de açık pembemsi renkli olup, kuvars, alkali feldspat, plajiyoklas, biyotit, amfibol ve aktinolit fazına dönüşen kloritlerden oluşan, bol renkli mineralli bir granittir. Oligosen yaşlı ikinci evre riyoitik kayalardan oluşmakta (Sarıkkaya Volkanitleri) ve Biga Kasabası güneyinde (Şekil 2a) Karakaya Karmaşığı ve Balıkkaya Formasyonu'nu uyumsuzlukla örtmektedir (Şekil 2b). Sarıkkaya volkanitleri, arazide açık renkli (beyaz, açık gri) olarak gözlenmektedir. Petrografik olarak ise; mikrolitik hamurun akışkan bir doku gösterdiği, kuvars ve alkali feldspat içeren riyoitik bileşimli asidik kayalardan oluşur.

## JEOKRONOLOJİ

KB Anadolu'da; Biga ilçesinin güney-güneybatısında yüzeylenen Asartepe granitinden ve yine Biga ve yakın dolayında yayılım gösteren Sarıkkaya volkaniklerinden U-Pb yöntemiyle yaşlar elde edilmiştir (Şekil 2a). U-Pb analizi için ayrılan ve epoksi içinde hazır hale getirilen zirkonların

analizleri, New Wave UP-193FX 193 nm Lazer ablation ünitesi bağlanmış olan Perkin-Elmer ELAN DRC-e ICP-MS kütle spektrometresi (LA-ICP-MS) kullanılarak Bulgaristan'ın Sofya kentinde bulunan Bulgar Bilimler Akademisi'nin Jeoloji Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Analizlerde oluşturulan krater boyutları genellikle 35 mikrometre ve nadiren 50 mikrometre seçilmiştir. Analizler esnasında standart olarak iyi karakterize edilmiş zirkon standardı (GEMOC GJ-1; uyumluluğu yakın Pb ile 608 Ma) kullanılmıştır. Ölçüm protokolü  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{204}\text{Pb}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{201}\text{Hg}$  izotoplarını içermiştir.



**Şekil 2 a.** Biga İlçesi ve yakın dolayının jeoloji haritası. Haritada Biga güney-güneybatısında yüzeylenen ve Eosen yaşlı plütonik seriye dahil edilen Asartepe Graniti ve Oligosen yaşlı Sarıkkaya volkaniklerinin dağılımı görülmektedir. **b.** Asartepe Graniti ve Sarıkkaya Volkaniklerinin stratigrafik ilişkilerini gösteren A-B güzergahı (Şekil 2a) boyunca alınmış jeolojik enine kesit.

**Figure 2 a.** The geologic map of the Biga town and its surrounding area, showing the distribution of the Asartepe Granite, which is included in the Eocene plutonic series during this study, and the Oligocene Sarıkkaya Volcanics. **b.** Geologic cross section along the A-B line (Figure 2a), showing the stratigraphic relationships of the Asartepe Granite and the Sarıkkaya Volcanics.

## U-Pb LA-ICP-MS ZİRKON YAŞLARI

### A1 Numaralı Örneğin (Asartepe graniti) Zirkon Değerlendirmesi

Asartepe granitine ait A1 örneğinden (Şekil 2a) mineral ayırma işlemleri ile ortalama 30-35 adet zirkon ayrılmıştır. Ayrılan zirkonlar ağırlıklı olarak özşekilli, soluk pembe ve bal renklidir (Şekil 3). Katodoluminesans görüntülerinde tipik magmatik büyüme zonları belirgindir. Bazı zirkonların içerisinde kalık çekirdek zirkonlara da rastlanmıştır. Tablo 1'deki A1 nolu örneğe ait 1 numaralı zirkondan çekirdek ve zonlu kenardan iki analiz yapılmıştır. Hem çekirdek hem de kenardan yapılan analizlerde birbirine yakın yaşlar alınmıştır (Tablo 1'de A1 nolu örneğe ait 1r ve 1rc nolu analizler). 2 numaralı zirkon tanesinde de çekirdek ve kenar zonundan yaş analizi yapılmıştır. Ancak çekirdek olarak analiz edilen noktanın da zonlu zirkon tanesinin bir bölümü olduğu görülmektedir. İki analiz de benzer yaşları vermektedir (Tablo 1'de A1 nolu örneğe ait 2r ve 2rc nolu analizler). A1 nolu örneğe ait Tablo 1'deki 3 numaralı zirkon tanesinde ise 3 farklı noktada yaş analizi yapılmıştır ve çekirdek analizinin kenar ve çekirdek-kenar arasındaki noktalara göre yaklaşık 5 My daha yaşlı olduğu belirlenmiştir. A1 nolu örneğe ait 4 numaralı (Tablo 1) zirkon tanesinde de 3 farklı noktada analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda 4 numaralı zirkon tanesinde de çekirdek analizinin kenar ve kenar-çekirdek arasındaki analize oranla daha yaşlı olduğu görülmektedir. A1 nolu örneğe ait 5 numaralı (Tablo 1) zirkon tanesinde belirgin iki farklı zon ayrılmaktadır. Bunlardan çekirdek zirkonu çevreleyen zonlu zirkona oranla morfolojik olarak farklı görünümündedir ve yaş olarak da 86.22 My (Kretase) yaşlı bir zirkonun kalıntısı olarak görülmektedir. Çevresindeki zon ise diğer zonlu zirkonlar ile uyumlu bir yaş vermektedir.

Analizler sonucu A1 numaralı örneğin alındığı Asartepe granitinin konkordiya yaşının 47 My (Lütesiyen) (Şekil 4) yaşlı olduğu belirlenmiştir. Zirkon analizlerinin ortalama yaşları ise  $47.58 \pm 0.98$  My (Şekil 4) olarak bulunmuştur.

### Sr1 Numaralı Örneğin (Sarıkaya volkanikleri) Zirkon Değerlendirmesi

Sarıkaya volkaniklerine ait Sr1 örneğinde (Şekil 2a) genellikle uzun prizmatik magmatik zirkonlar gözlenmektedir (Şekil 3). Bu zirkonlar ağırlıklı olarak beyaz ve yer yer de açık sarı, sarımsı kahve renklidirler.

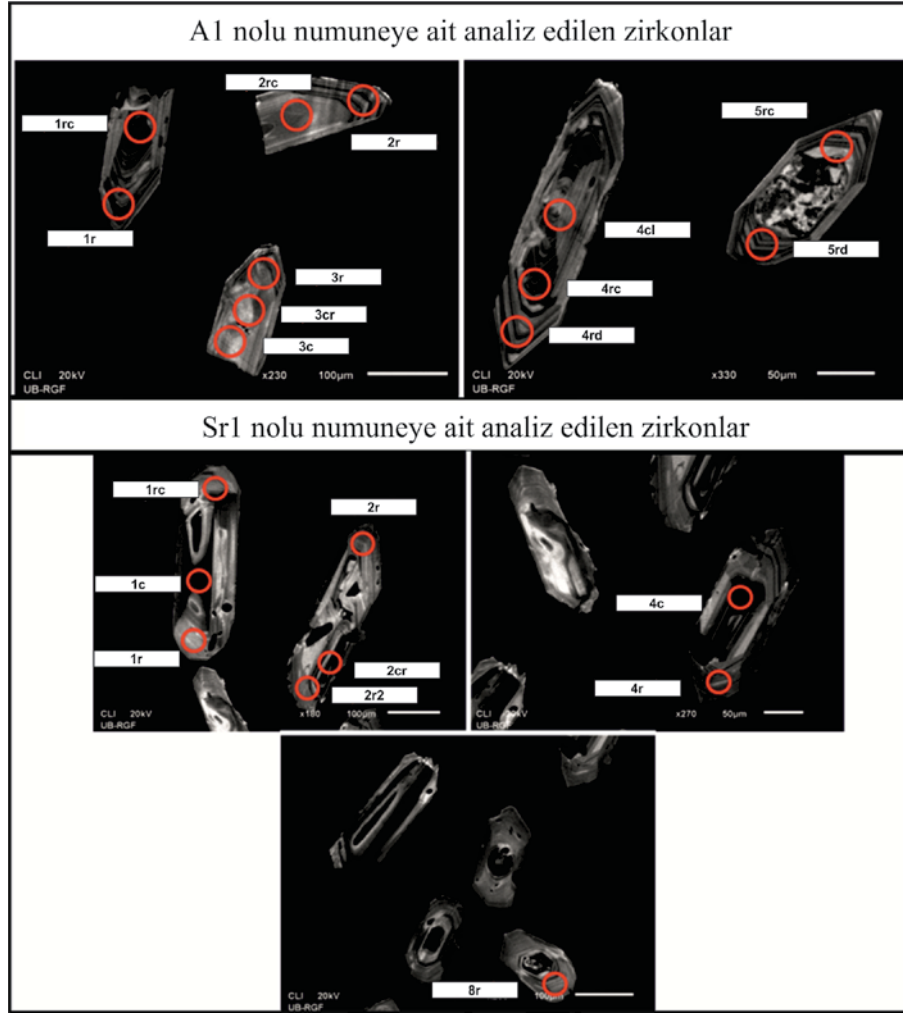
Katodoluminesans görüntülerinde metamikt zirkon ve zonlu magmatik zirkon formları egemendir. Yapılan yaş tayinlerinde en yaşlı zirkon 22 numaralı zirkon olup yaşları 34.98 my ve en genç zirkon 1 numaralı zirkon olup yaşları 27.09 my'dir (Tablo 1). Analizler sonucu SR1 numaralı örneğin alındığı Sarıkaya volkaniklerinin konkordiya yaşının  $30.76 \pm 0.65$  My yani Rupelian (Şekil 5) yaşlı olduğu belirlenmiştir. Zirkon analizlerinin ortalama yaşları ise  $31.22 \pm 0.89$  My (Şekil 5) olarak bulunmuştur.

Biga Yarımadası'nda, Biga kasabasının güney-güneybatısındaki Asartepe granitinden ve Biga kasabası dolaylarında yüzeylenen Sarıkaya volkaniklerinden elde edilen U-Pb yaş verileri; daha önceki çalışmalarda KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen magmatizmasına ilişkin elde edilmiş diğer yaş verileriyle karşılaştırılmış ve bir arada değerlendirilmiştir (Tablo 2). Sonuç olarak Asartepe Graniti'nin KB Anadolu'daki Eosen yaşlı granitik kayalarla, Sarıkaya Volkaniklerinin ise Oligosen yaşlı volkanik kayalarla benzer yaş konağına düşükleri görülmektedir.

## JEOKİMYA

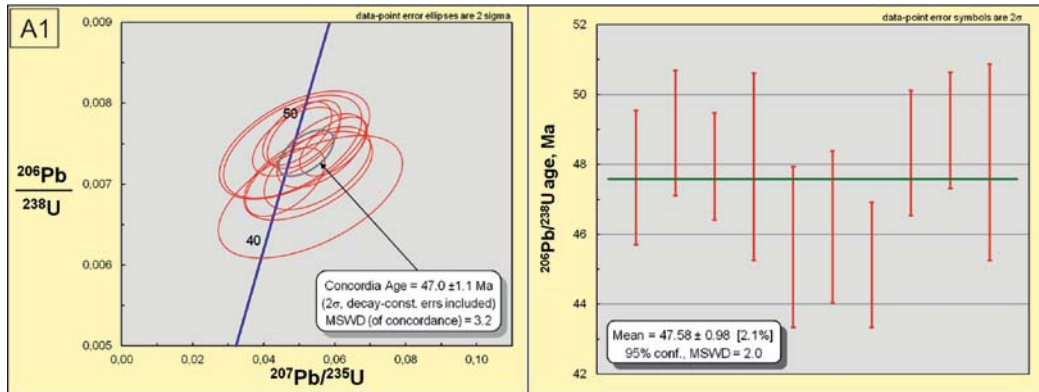
Jeokimyasal analizler, Biga Yarımadası'nda Biga İlçesi dolayında yüzeylenen granitik (Asartepe graniti) ve volkanik (Sarıkaya volkanitleri) kayalardan derlenen seçilmiş örnekler üzerinde yapılmıştır. Erken Lütesiyen (47 my) yaşlı Asartepe granitlerinden 2, Erken Oligosen (31 my) yaşlı Sarıkaya volkanitlerinden ise 6 olmak üzere toplam 8 adet örneğin major ve iz element kimyasal analizleri, Kanada'da ACME Analitik Laboratuvarında yapılmıştır. Jeokimyasal analizlere ait sonuçlar Tablo 3 de verilmiştir. Kayaların LOI değerleri 2,5-8.9 arasında değişmektedir (Tablo 3). Bu yüksek değerler olasılıkla alterasyondan kaynaklanmaktadır. Ana elementler ICP-ES (Jarrel Ash Atomcomp Model 975) ile iz ve nadir toprak elementleri ise ICP-MS (Perkin Elmer Elan 6100 ICP-Mass Spectrometer) ile yapılmıştır.

Asartepe graniti ve Sarıkaya volkanitlerine ait bu analizler, daha önceki çalışmalarda analizleri yapılmış olan KB Anadolu'daki Eosen-Oligosen yaşlı magmatik kayalarla korele edilmiş ve KB Anadolu'daki Eosen-Oligosen magmatikleri toplu olarak bir arada jeokimyasal olarak incelenmiştir. Bu çalışmadaki amaç, KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen yaşlı magmatik kayaların jeokimyasal özelliklerini, tektonik ortamlarını incelemek ve tanımlamaktır.



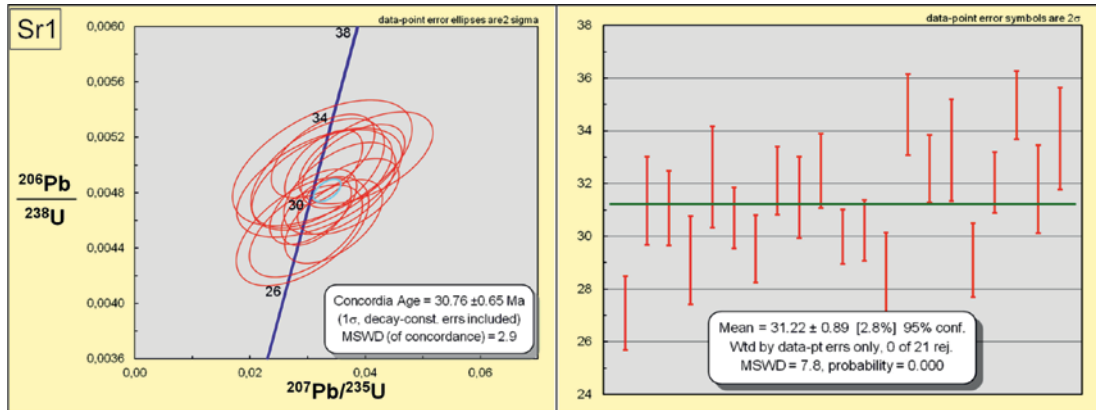
Şekil 3. Asar Tepe dolayından (Şekil 2a) alınan A1 nolu Asar Tepe granitine ait numuneden ve Sarıkaya Köyü güneyinden (Şekil 2a) alınan Sr1 nolu Sarıkaya volkanitlerine ait riyolit numunesinden yapılan yaş analizlerinde kullanılan zirkonların katodoluminesans görüntüleri.

**Figure 3.** Cathodoluminescence images of zircons from the Asartepe granite (sample A1, collected from the Asartepe region; Fig. 2a) and the Sarıkaya volcanics (rhyolite sample Sr1, collected from S of Sarıkaya village).



Şekil 4. A1 nolu Asartepe granitine ait concordia ve ortalama yaş grafikleri.

**Figure 4.** U-Pb concordia and weighted average age diagram of the Asartepe Granite (sample no. A1)



Şekil 5. Sr1 nolu Sarıkaya volkaniklerine ait concordia ve ortalama yaş grafikleri.

Figure 5. U-Pb concordia and weighted average age diagrams of the Sarıkaya Volcanics (sample no. Sr1)

Tablo 1. A1 nolu Asartepe granitine ve Sr1 nolu Sarıkaya volkaniklerine ait jeokronolojik analiz sonuçları.

Table 1. U-Pb isotope data of zircon grains separated from the Asartepe Granite (sample no. A1) and Sarıkaya Volcanics (sample no. Sr1), obtained by LA-ICP-MS analyses.

A1	Zirkon							Rho	Yaş, My			
		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1SE	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1SE	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1SE		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2S	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2S
1	1r	0,00741	0,00015	0,0563	0,0041	0,0550	0,0041	0,55	47,62	1,92	55,58	7,90
2	1rc	0,00761	0,00014	0,0514	0,0034	0,0490	0,0033	0,56	48,90	1,79	50,91	6,59
3	2r	0,00747	0,00012	0,0597	0,0032	0,0580	0,0032	0,56	47,95	1,54	58,86	6,03
4	2rc	0,00746	0,00021	0,0481	0,0064	0,0467	0,0064	0,54	47,93	2,69	47,68	12,42
5	3r	0,00710	0,00018	0,0525	0,0060	0,0536	0,0063	0,55	45,64	2,30	51,97	11,52
6	3c	0,00684	0,00025	0,0531	0,0086	0,0563	0,0093	0,55	43,97	3,20	52,58	16,45
7	3cr	0,00748	0,00022	0,0487	0,0070	0,0472	0,0069	0,54	48,06	2,82	48,24	13,49
8	4rd	0,00720	0,00017	0,0551	0,0050	0,0555	0,0051	0,55	46,22	2,18	54,44	9,50
9	4rc	0,00702	0,00014	0,0460	0,0037	0,0475	0,0039	0,55	45,13	1,79	45,70	7,13
10	4cl	0,00752	0,00014	0,0491	0,0041	0,0473	0,0040	0,55	48,33	1,79	48,69	7,86
11	5rd	0,00763	0,00013	0,0494	0,0032	0,0470	0,0031	0,55	48,97	1,66	48,99	6,22
12	5rc	0,01234	0,00019	0,0886	0,0047	0,0521	0,0029	0,56	79,09	2,42	86,22	8,82
Sr1	Zirkon							Rho	Yaş, My			
		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1SE	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1SE	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1SE		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2S	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2S
1	1c	0,00421	0,00011	0,0272	0,0033	0,0469	0,0058	0,54	27,09	1,41	27,30	6,49
2	1r	0,00487	0,00013	0,0320	0,0047	0,0477	0,0071	0,54	31,34	1,67	32,03	9,29
3	1rc	0,00506	0,00010	0,0327	0,0030	0,0468	0,0043	0,54	32,56	1,28	32,63	5,81
4	2r	0,00483	0,00011	0,0356	0,0032	0,0534	0,0049	0,55	31,07	1,41	35,50	6,27
5	2cr	0,00452	0,00013	0,0291	0,0038	0,0467	0,0063	0,54	29,09	1,67	29,14	7,50
6	2r2	0,00501	0,00015	0,0325	0,0052	0,0470	0,0076	0,54	32,24	1,92	32,50	10,12
7	4r	0,00477	0,00009	0,0371	0,0029	0,0594	0,0046	0,55	30,70	1,15	38,91	5,68
8	4c	0,00459	0,00010	0,0345	0,0028	0,0545	0,0046	0,55	29,53	1,28	34,47	5,49
9	8r	0,00499	0,00010	0,0379	0,0030	0,0550	0,0044	0,55	32,11	1,28	37,76	5,78

## SINIFLANDIRMA

Eosen ve Oligosen yaşlı magmatik serilerden derlenmiş plütonik ve volkanik kaya örneklerinin sınıflandırılması için Le Bas vd. (1986)  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  diyagramı, Middlemost (1985)  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  diyagramı, Peccerillo ve Taylor (1976)  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  diyagramı, Shand (1947)  $\text{A}/\text{NK} - \text{A}/\text{CNK}$  diyagramı ve Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen AFM diyagramı kullanılmıştır.

Şekil 6 ve 7' deki sınıflama diyagramlarında görüleceği gibi, Eosen yaşlı magmatik seri ile Oligosen yaşlı magmatik seriye ait kayalar pek çok ortak özellikler göstermektedir. Volkanik kaya örnekleri kimyasal bileşimlerine göre  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (alkali) ve  $\text{SiO}_2$  içerikleri kullanılarak Le Bas vd. (1986) tarafından önerilen diyagrama yerleştirildiklerinde; daha önceki çalışmalardan derlenmiş Eosen yaşlı volkanik kayaların bazalt, bazaltik andezit, bazaltik traki andezit, andezit, traki andezit, traki dasit ve



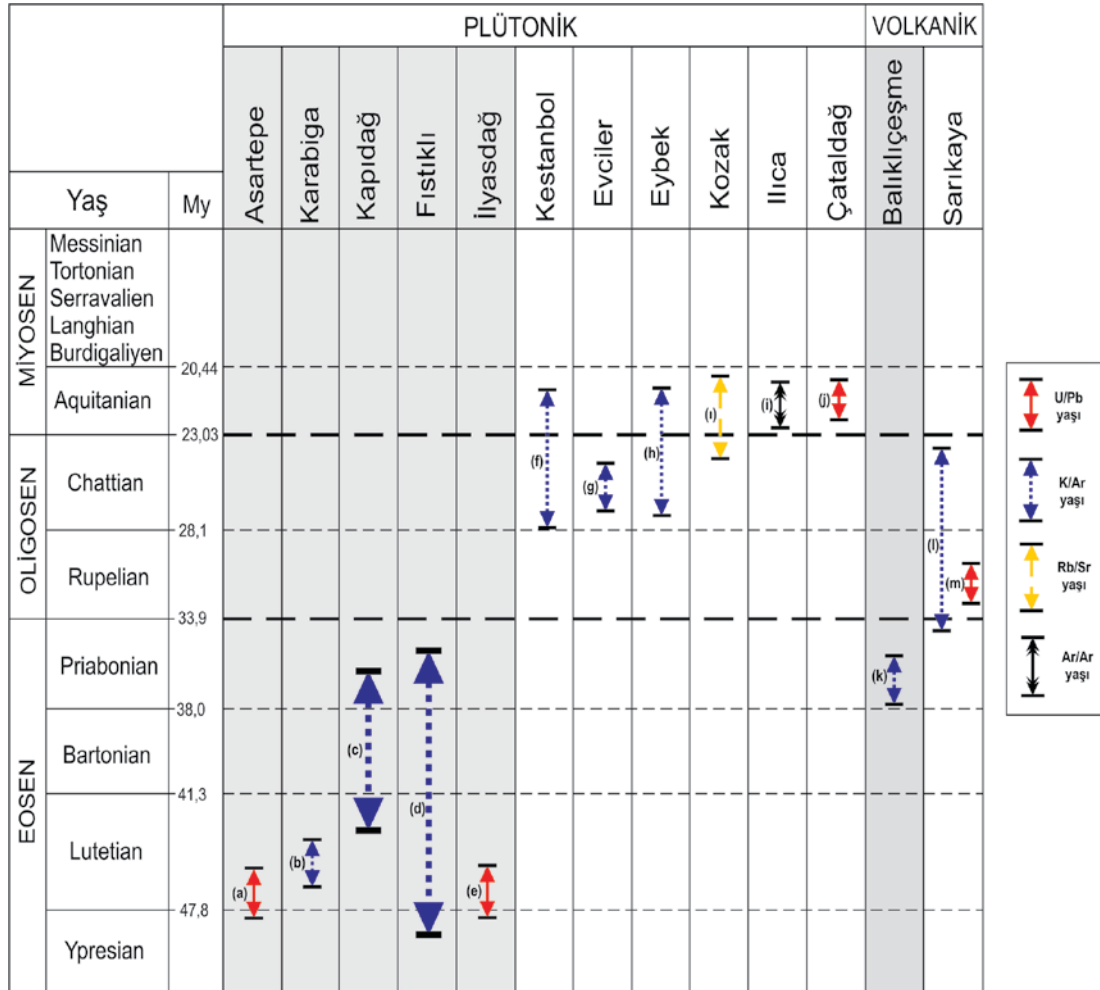
dasit alanlarına, Oligosen yaşlı volkaniklerin ise ağırlıklı olarak andezit daha ender olarak ise dasit alanına düştükleri görülmektedir (Şekil 6a). Bu çalışmadaki Sarıkaya Volkaniklerine ait tüm örnekler ise önceki çalışmalardaki Oligosen volkaniklerinden farklı olarak riolyit alanında dağılım göstermektedir.

Önceki çalışmalardan derlenmiş Eosen yaşlı plütonik kayalara ait örnekler Middlemost (1985) diyagramına göre; ağırlıklı olarak granit-granodiyorit alanında yoğunlaşmakta, daha ender olarak

da diorit-gabroik diorit sınırlarında yer almaktadır (Şekil 6b). Bu çalışmadaki Asartepe Granitine ait örnekler de granit ve granodiyorit alanına düşmektedir (Şekil 6b). Önceki çalışmalardan derlenmiş Oligosen yaşlı plütonik kayalara ait örnekler ise, çoğunlukla granit-granodiyorit-kuvars monzonit alanlarında yoğunlaşmış, daha ender olarak ise diyorit ve siyenit alanlarında dağılım göstermektedir (Şekil 6b).

**Tablo 2.** KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen / Oligo-Miyosen yaşlı plütonik ve volkanik kayalara ait yaş verileri. (a: bu çalışma, b-c-d: Delaloye ve Bingöl, 2000; e: Ustaömer vd., 2009; f: Fytikas vd., 1984; Birkle ve Satır, 1995; g: Birkle, 1992; h: Krushensky, 1976; Ayan, 1979; Delaloye ve Bingöl, 2000; Altunkaynak vd., 2012b; ı: Ataman, 1974; Bingöl vd., 1982; i-j: Altunkaynak vd., 2012b; k-l: Ercan vd., 1995; m: bu çalışma).

**Table 2.** Age data belonging to Eocene and Oligocene/Oligo-Miocene plutonic and volcanic rocks in NW Anatolia. (a: this study, b-c-d: Delaloye and Bingöl, 2000; e: Ustaömer et al., 2009; f: Fytikas et al., 1984; Birkle and Satır, 1995; g: Birkle, 1992; h: Krushensky, 1976; Ayan, 1979; Delaloye and Bingöl, 2000; Altunkaynak et al., 2012b; ı: Ataman, 1974; Bingöl et al., 1982; i-j: Altunkaynak et al., 2012b; k-l: Ercan et al., 1995; m: this study).



**Tablo 3.** Asartepe graniti (A1, A2) ve Sarıkaya volkaniklerine (Sr1, Sr2, Sr3, Sr4, Sr5) ait jeokimyasal analiz sonuçları. ( $\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{TOT}}$ : Toplam demiroksit, LOI: Ateşte su kızdırma kaybı, Sum: Toplam).

**Table 3..** Results of geochemical analyses of the Asartepe Granite (A1, A2) and Sarıkaya Volcanics (Sr1, Sr2, Sr3, Sr4, Sr5). ( $\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{TOT}}$ : Total iron oxide, LOI: Loss on Ignition, Sum: Total).

	A1	A2	Sr1	Sr2	Sr3	Sr4	Sr5
SiO <sub>2</sub>	75,21	57,12	70,19	76,77	70,87	72,19	70,23
TiO <sub>2</sub>	0,25	0,25	0,26	0,14	0,31	0,29	0,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,77	17,95	13,05	12,89	13,88	13,07	14,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sub>TOT</sub>	1,85	1,59	2,04	0,55	1,86	2,12	1,95
MnO	0,01	0,2	0,01	<0.01	0,01	0,01	0,02
MgO	0,34	0,57	0,63	0,17	0,52	0,34	0,52
CaO	1,23	7,61	1,38	0,28	1,34	1,69	1,34
Na <sub>2</sub> O	1,95	2,53	2,44	2,16	2,69	3,05	2,61
K <sub>2</sub> O	2,39	3,14	4,19	4,41	4,28	3,72	4,31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,04	0,07	0,02	0,07	0,07	0,07
LOI	6,8	8,9	5,6	2,5	4	3,3	4,5
Sum	99,86	99,89	99,86	99,91	99,84	99,82	99,84
Nb	7,20	5,70	9,90	21,70	11,50	9,90	11,70
Ba	938,00	550,00	805,00	616,00	951,00	1110,00	924,00
Cs	1,40	2,80	1,40	7,80	3,30	2,90	3,60
La	37,30	11,80	31,70	38,10	33,60	33,40	34,30
Ce	50,30	20,40	52,70	60,40	58,50	51,90	56,90
Pr	6,64	2,51	5,31	6,47	5,94	5,66	5,84
Nd	21,10	8,00	18,50	21,30	18,10	21,30	19,60
Sm	3,84	1,99	3,00	3,91	3,32	3,52	3,16
Eu	0,87	0,63	0,53	0,56	0,59	0,69	0,57
Gd	3,30	2,19	2,67	3,23	3,05	3,01	2,95
Tb	0,46	0,36	0,39	0,46	0,46	0,43	0,43
Dy	3,07	2,20	2,38	2,68	2,87	2,55	2,63
Sc	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00
V	22,00	18,00	26,00	<8	29,00	31,00	27,00
Co	2,90	1,50	2,50	0,40	3,60	2,80	2,80
Ni	3,50	4,00	2,50	1,20	2,40	19,30	2,20
Cu	5,80	1,70	2,50	0,50	4,90	3,20	3,90
Zn	21,00	21,00	15,00	6,00	20,00	21,00	19,00
Ga	8,90	19,00	11,90	12,80	13,60	13,00	13,70
Rb	45,40	155,40	123,00	167,70	134,90	95,50	131,40
Sr	178,30	260,30	166,50	59,60	204,10	224,10	212,50
Y	16,20	14,70	13,90	17,30	15,60	15,90	15,40
Zr	122,20	82,20	141,90	101,20	172,70	157,80	168,20
Ho	0,60	0,46	0,47	0,56	0,50	0,47	0,48
Er	1,71	1,44	1,35	1,79	1,59	1,31	1,61
Tm	0,33	0,22	0,22	0,28	0,27	0,25	0,26
Yb	2,49	1,54	1,42	2,08	2,07	1,37	1,82
Lu	0,37	0,25	0,26	0,27	0,33	0,27	0,32
Hf	2,90	2,60	4,00	3,10	4,70	4,00	4,70
Ta	0,30	0,40	0,90	1,60	0,90	0,70	0,90
Pb	6,00	3,70	3,40	6,80	1,70	4,80	1,50
Th	11,40	3,60	20,30	42,20	22,10	17,10	21,60
U	2,80	0,90	3,00	9,00	5,10	2,40	3,70

Peccerillo ve Taylor (1976) tarafından  $K_2O$  ve  $SiO_2$  içerikleri kullanılarak hazırlanan diyagramda (Şekil 7a), Eosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaların büyük çoğunluğu yüksek potasyumlu kalkalkalen olmak üzere; orta ve yüksek potasyumlu kalkalkalen alanda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7a). Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaların da Eosen yaşlı magmatiklere benzer şekilde yüksek potasyumlu kalkalkalen alanda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7a).

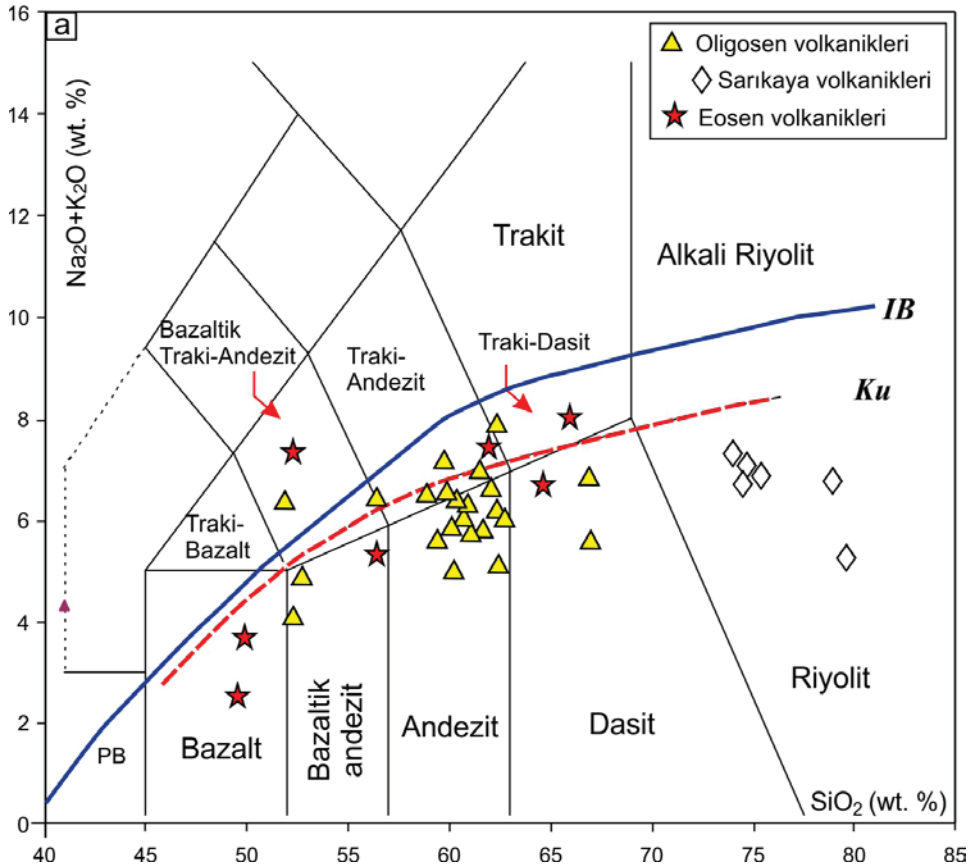
Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen  $FeO - Na_2O + K_2O - MgO$  (AFM) üçgen diyagramında da benzer olarak, Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaların 3 örnek hariç tamamının kalkalkalen özellik taşıdıkları gözlenmektedir (Şekil 7b).

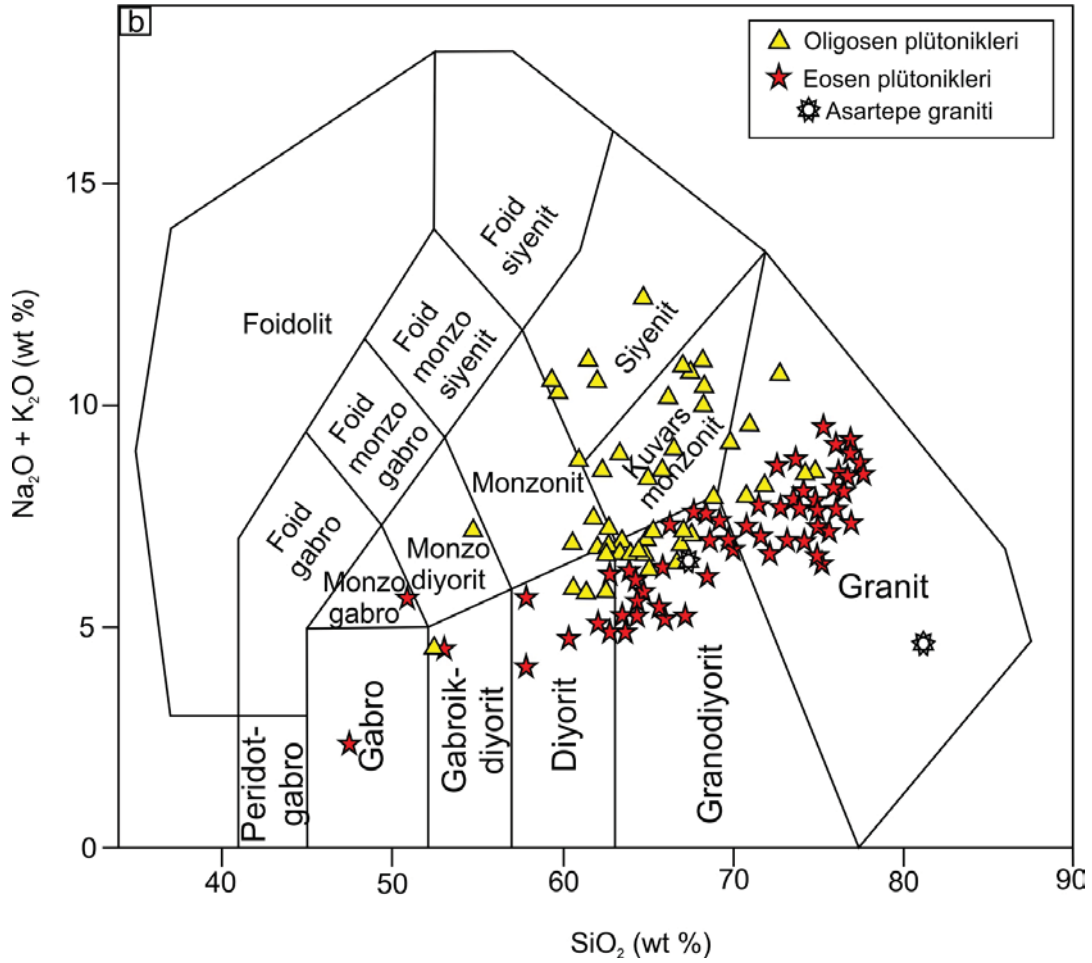
Shand (1947)'nin A/NK ( $Al_2O_3 / Na_2O + K_2O$ ) karşı A/CNK ( $Al_2O_3 / CaO + Na_2O + K_2O$ ) indeksinde, Eosen yaşlı magmatik serinin bir kısmının peralümino, bir kısmının metalümino alana düştüğü, Oligosen yaşlı magmatik serinin ise ağırlıklı olarak metalümino alanda yer aldığı görülmektedir (Şekil 7c).

## ANA VE İZ ELEMENT ÖZELLİKLERİ

KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen yaşlı magmatik serilere ait tüm plütonik ve volkanik kayaların ana oksit değerlerinin  $SiO_2$ 'ye karşı değişimleri harker diyagramlarında incelendiğinde;  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  ve  $TiO_2$  miktarları  $SiO_2$  miktarının artmasıyla azalma göstermektedir (Şekil 8).  $K_2O$  içeriği ise  $SiO_2$  artışıyla birlikte artmaktadır (Şekil 8). Bu değişimler fraksiyonel kristallenme veya kimyasal olarak farklı bileşimdeki iki magmanın karışımı (magma mixing) ya da her ikisi ile birlikte açıklanabilir.

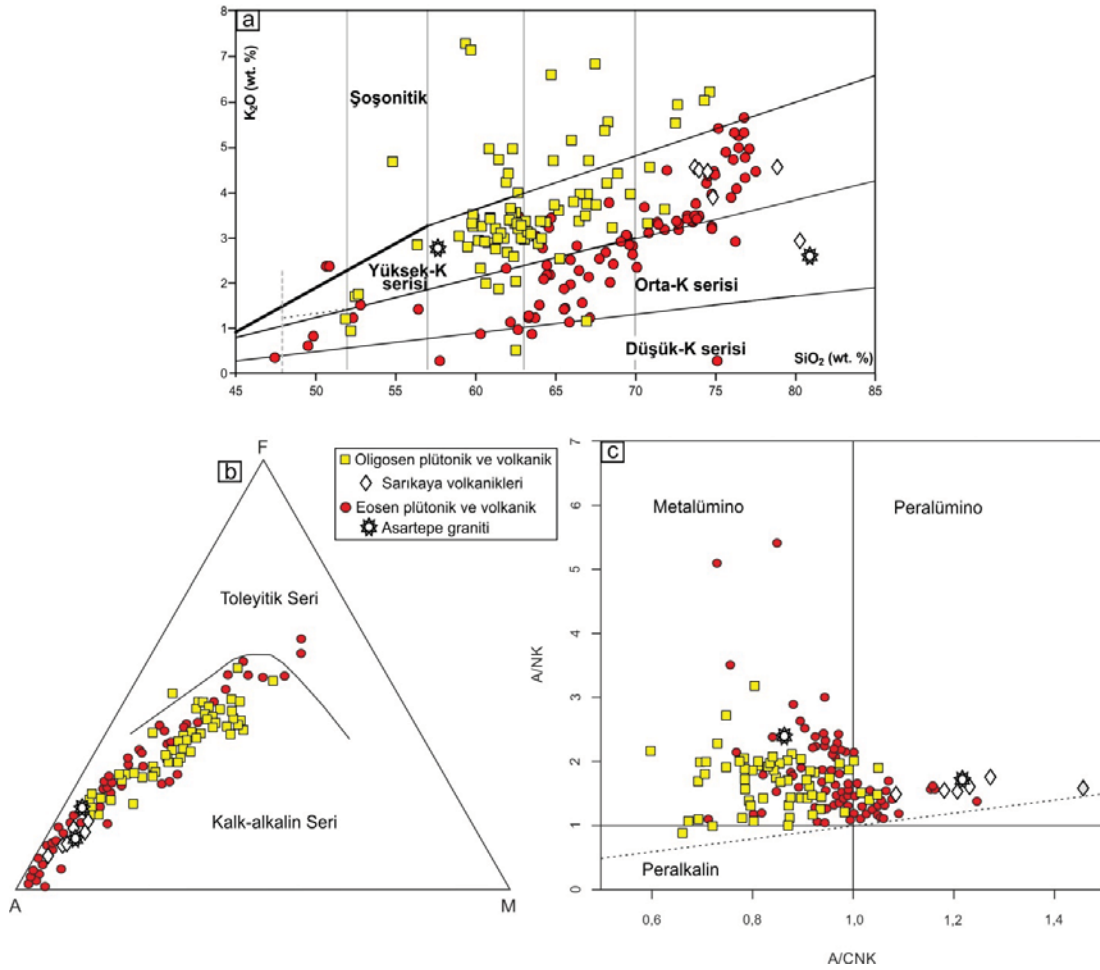
Harker diyagramlarında iz elementlerin (Y, Nb, Ba, Sr, Zr, Rb) silisyuma ( $SiO_2$ ) karşı değişimlerine bakıldığında, Rb hariç diğer elementlerin miktarları  $SiO_2$  artışıyla birlikte azalma göstermektedir (Şekil 9).  $SiO_2$  artışına karşın Y düşüşü hornblend kristallenmesi ile, Sr düşüşü k-feldspat ve plajiolklas kristallenmesi ile, Ba düşüşü ise plajiolklas, biyotit ve k-feldspat kristallenmesi ile açıklanabilir.  $SiO_2$  artışıyla birlikte artış gösteren Rb oranı ise fraksiyonel kristallenme veya magma mixing olaylarını gösterebilir.





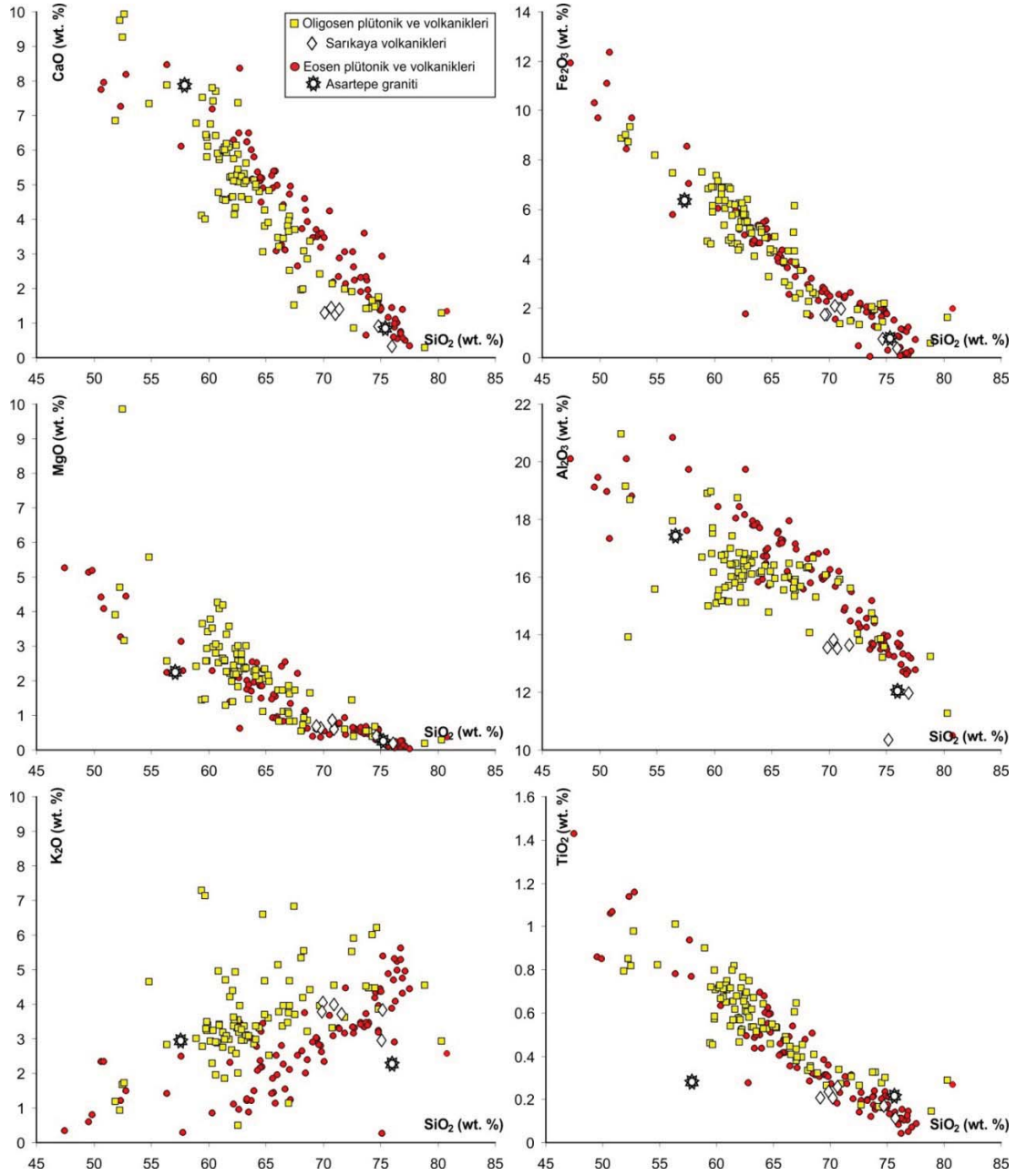
**Şekil 6. a.** Le Bas 1986 tarafından önerilen  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$  diyagramında Eosen ve Oligosen yaşlı volkanik kayaların dağılımı. Şekildeki sarı üçgenler Çan volkanikleri (Ercan vd., 1995), kırmızı daireler Balıklıçeşme volkaniklerini (Ercan vd., 1995; Altunkaynak ve Dilek 2006) temsil etmektedir. Bu çalışmadaki sarıkaya volkanikleri ise farklı sembole gösterilmiştir. **b.** Middlemost 1985 tarafından önerilen  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$  diyagramında Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik kayaların dağılımı. Şekildeki sarı üçgenler Kestanbol (Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak vd., 2012b), Evciler (Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak vd., 2012b), Eybek (Genç ve Altunkaynak 2007, Altunkaynak vd., 2012b), Kozak (Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak vd., 2012b), Ilıca (Altunkaynak vd., 2012b) ve Çataldağ (Sapancı vd., 2012) plütonlarını, kırmızı yıldızlar Karabiga (Güçtekin vd., 2004; Altunkaynak vd., 2012a), Kapıdağ (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak vd., 2012a), Fıstıklı (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak vd., 2012a) ve İlyasdağ (Ustaömer vd., 2009) plütonlarını temsil etmektedir. Bu çalışmadaki Asartepe Graniti ise farklı sembole gösterilmiştir. **IB:** Irvine ve Baragar (1971)'e göre alalin-subalkalin ayırımı. **Ku:** Kuno (1966)'ya göre alalin-subalkalin ayırımı. **PB:** Pikrobazalt.

**Figure 6. a.** Distribution of Eocene and Oligocene volcanic rocks in the  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  versus  $\text{SiO}_2$  diagram (Le Bas 1986). Yellow triangles: Çan volcanics (Ercan et al., 1995), red circles: Balıklıçeşme volcanics (Ercan et al., 1995; Altunkaynak and Dilek 2006). Sarıkaya volcanics are shown with different symbols. **b.** Distribution of Eocene and Oligocene plutonic rocks in  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$  diagram (Middlemost 1985). Yellow triangles: Kestanbol (Yılmaz et al., 2001; Altunkaynak et al., 2012b), Evciler (Yılmaz et al., 2001; Altunkaynak et al., 2012b), Eybek (Genç and Altunkaynak 2007, Altunkaynak et al., 2012b), Kozak (Yılmaz et al., 2001; Altunkaynak et al., 2012b), Ilıca (Altunkaynak et al., 2012b) and Çataldağ (Sapancı et al., 2012) plutons, red stars: Karabiga (Güçtekin et al., 2004; Altunkaynak et al., 2012a), Kapıdağ (Köprübaşı and Aldanmaz, 2004; Altunkaynak et al., 2012a), Fıstıklı (Köprübaşı and Aldanmaz, 2004; Altunkaynak et al., 2012a) and İlyasdağ (Ustaömer et al., 2009) plutons. Asartepe Granite shown different symbols in this study. **IB:** According to Irvine and Baragar (1971), alkaline-subalkaline separation. **Ku:** According to Kuno (1966), alkaline-subalkaline separation. **PB:** Picro basalt.



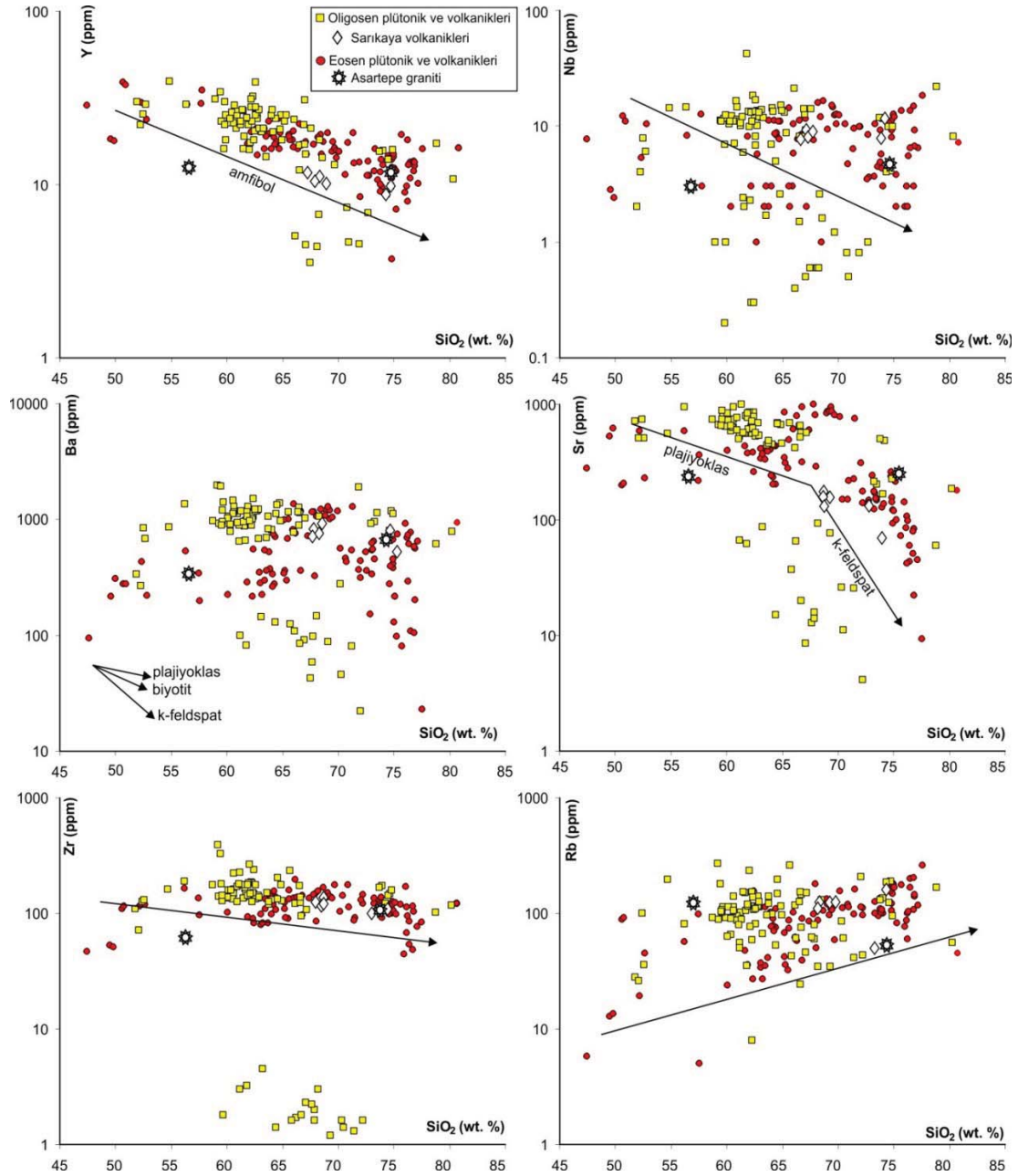
**Şekil 7.** a. Peccerillo ve Taylor (1976) tarafından önerilen  $K_2O / SiO_2$  diyagramında Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaların dağılımı. b. Irvine ve Baragar (1971) tarafından önerilen  $FeO - Na_2O+K_2O - MgO$  (AFM) diyagramında Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaların dağılımı. c. Shand (1947)'nin  $A/NK$  ( $Al_2O_3/Na_2O+K_2O$ ) karşı  $A/CNK$  ( $Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$ ) indeksinde Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaların dağılımı. Şekillerdeki sarı kareler: Kestanel - Evciler - Kozak (Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak vd., 2012b), Eybek (Genç ve Altunkaynak 2007; Altunkaynak vd., 2012b), Ilıca (Altunkaynak vd., 2012b), Çataldağ (Sapancı vd., 2012) plütonlarını ve Çan volkaniklerini (Ercan vd., 1995); kırmızı daireler: Karabiga (Güçtekin vd., 2004, Altunkaynak vd., 2012a), Kapıdağ - Fıstıklı (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak vd., 2012a), İlyasdağ plütonlarını (Ustaömer vd., 2009) ve Balıklıçeşme volkaniklerini (Ercan vd., 1995; Altunkaynak ve Dilek 2006) temsil etmektedir. Bu çalışmadaki Asartepe Graniti ve Sarıkaya Volkanikleri ise farklı sembollerle gösterilmiştir.

**Figure 7.** a. Distribution of Eocene-Oligocene plutonic and volcanic rocks in  $K_2O$  versus  $SiO_2$  diagram (Peccerillo and Taylor, 1976). b. Distribution of Eocene-Oligocene plutonic and volcanic rocks in  $FeO$  versus  $Na_2O+K_2O$  versus  $MgO$  (AFM) diagram (Irvine ve Baragar, 1971). c. Distribution of Eocene-Oligocene plutonic and volcanic rocks in  $A/NK$  ( $Al_2O_3/Na_2O+K_2O$ ) versus  $A/CNK$  ( $Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$ ) index (Shand, 1947). Yellow squares: Kestanel - Evciler - Kozak (Yılmaz et al., 2001; Altunkaynak et al., 2012b), Eybek (Genç and Altunkaynak 2007; Altunkaynak et al., 2012b), Ilıca (Altunkaynak et al., 2012b), Çataldağ (Sapancı et al., 2012) plutons and Çan volcanics (Ercan et al., 1995); red circles: Karabiga (Güçtekin et al., 2004, Altunkaynak et al., 2012a), Kapıdağ - Fıstıklı (Köprübaşı and Aldanmaz, 2004; Altunkaynak et al., 2012a), İlyasdağ plutons (Ustaömer et al., 2009) and Balıklıçeşme volcanics (Ercan et al., 1995; Altunkaynak and Dilek 2006). Note that the Asartepe Granite and Sarıkaya Volcanics are shown with different symbols (see inset for the key).



**Şekil 8.** Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayalar için  $\text{SiO}_2$  (%)'ye karşı ana oksit (%) değişim diyagramları. Şekildeki sembol açıklamaları için bakınız şekil 7.

**Figure 8.** Harker variation diagrams for Eocene-Oligocene plutonic and volcanic rocks. See Fig. 7 for the key and data sources.



**Şekil 9.** Eosen ve Oligosen yaşlı plütönik ve volkanik kayaların  $\text{SiO}_2$  (%)'ye karşı iz element (ppm) değişim diyagramları. Şekildeki sembol açıklamaları için bakınız şekil 7.

**Figure 9.**  $\text{SiO}_2$  (%) versus trace element variation diagrams of Eocene-Oligocene plutonic and volcanic rocks. See Fig. 7 for the key and data sources.

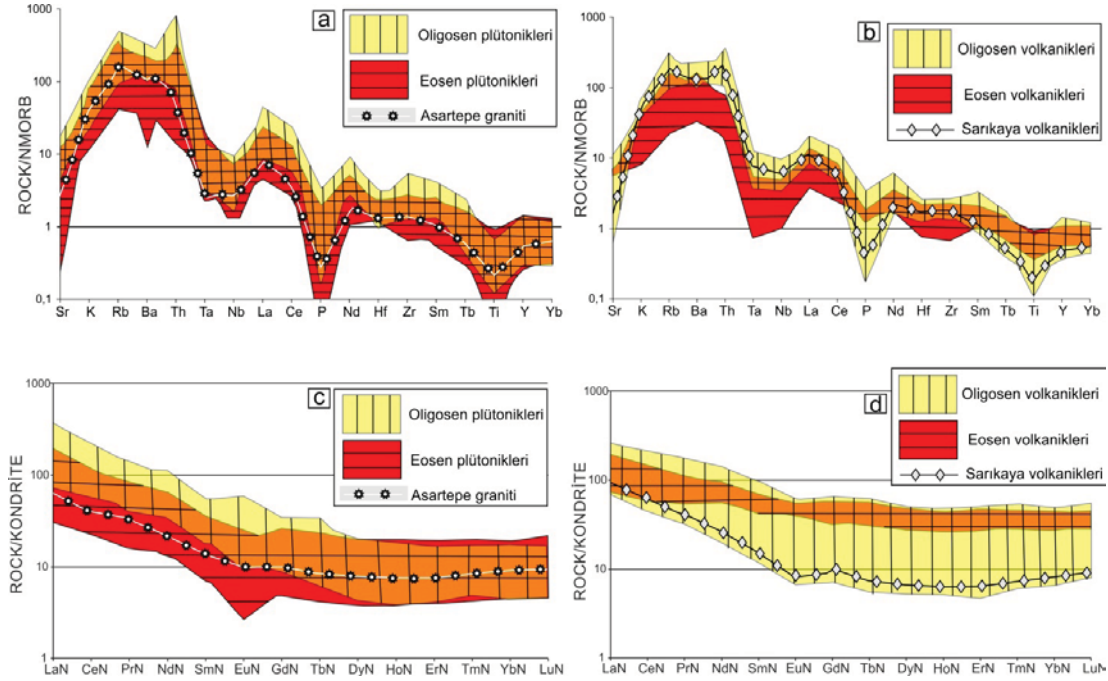
### REE DİZİLİMİ

Eosen ve Oligosen yaşlı magmatik kayaları oluşturan magmanın türediği kaynağın özelliklerini araştırmak amacıyla K, Rb, Sr, Ba gibi geniş iyonlu litofiller (LIL), La, Ce, Nd, gibi hafif nadir toprak elementler (LREE) ve Ti, Zr, Nb, Y gibi

kalicılığı yüksek olan (HFS) uyumsuz elementler, N-MORB'a normalize ve Kondrit'e normalize REE örümcek diyagramlarına düşürülmüştür (Şekil 10). Hem Eosen hem de Oligosen yaşlı magmatik kayalara ait örümcek diyagramlarında (Şekil 10a-b) K, Rb, Ba, Th gibi elementlerde (LILE- large ion

lithophile elements - nadir toprak elementleri) ve Ce gibi (LREE – light rare Earth elements – hafif nadir toprak elementleri) elementlerde zenginleşme,

Ta, Nb, P, Ti gibi elementlerde (HFSE – high field strength elements – kalıcılığı yüksek katyonlar) ise göreceli bir tüketilme belirgindir.



**Şekil 10. a-b.** N-tipi MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramı. **c-d.** Kondrite göre normalize edilmiş REE diyagramı. Şekildeki Oligosen plütonikleri: Kestanbol – Evciler - Kozak (Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak vd., 2012b), Eybek (Genç ve Altunkaynak 2007; Altunkaynak vd., 2012b), Ilıca (Altunkaynak vd., 2012b), Çataldağ (Sapancı vd., 2012) plütonlarını; Oligosen volkanikleri: Çan volkaniklerini (Ercan vd., 1995) temsil etmektedir. Eosen plütonikleri: Karabiğa (Güçtekin vd., 2004, Altunkaynak vd., 2012a), Kapıdağ - Fıstıklı (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak vd., 2012a), İlyasdağ plütonlarını (Ustaömer vd., 2009); Eosen volkanikleri: Balıklıçeşme volkaniklerini (Ercan vd., 1995; Altunkaynak ve Dilek 2006) temsil etmektedir. Bu çalışmadaki Asartepe Graniti ve Sarıkaya Volkanikleri ise farklı sembollerle gösterilmiştir.

**Şekil 10. a-b.** N-MORB normalised spidergram, **c-d.** Chondrite-normalised REE diagram. Oligocene plutonics: Kestanbol – Evciler - Kozak (Yılmaz et al., 2001; Altunkaynak et al., 2012b), Eybek (Genç and Altunkaynak 2007; Altunkaynak et al., 2012b), Ilıca (Altunkaynak et al., 2012b), Çataldağ (Sapancı et al., 2012) plutons; Oligocene volcanics: Çan volcanics (Ercan et al., 1995). Eosen plutonics: Karabiğa (Güçtekin et al., 2004, Altunkaynak et al., 2012a), Kapıdağ - Fıstıklı (Köprübaşı and Aldanmaz, 2004; Altunkaynak et al., 2012a), İlyasdağ plutons (Ustaömer et al., 2009); Eosen volcanics: Balıklıçeşme volcanics (Ercan et al., 1995; Altunkaynak and Dilek 2006). Asartepe Granite and Sarıkaya Volcanics shown different symbols in this study.

LILE ve LREE elementlerde HFSE elementlere bağlı olarak zenginleşme, yitim bileşeni ile zenginleşmiş manto kaynağının işaretçisidir. Şekil 10' daki örümcek diyagramlarında görüldüğü gibi negatif Nb ve Ti anomalileri kayaçların ana magmasının gelişiminde yitim bileşeninin varlığına veya kıta kabuğu kirlenmesine işaret edebilir (Pearce, 1983). Ancak hem Eosen hem de Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaçlar yüksek La, Th ve Ce içeriğine sahiptir (Şekil 10a-b). Ayrıca Eosen ve Oligosen yaşlı volkanik birimlerin SiO<sub>2</sub> oranı %55'in altında

olan daha bazik ürünlerinin N-MORB'a normalize desenlerine bakıldığında Oligosen yaşlı volkaniklerin yüksek LILE ve LREE'lere sahip oldukları görülmekte olup, bunun Oligosen yaşlı volkaniklerde kabuk katkısının sonucu olduğu düşünülmektedir. Spider diyagramlarında gözlenen (Şekil 10a-b) negatif P anomalileri ise apatit ve/veya hornblend kristallenmesini gösterebilir.

Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaçlara ait örneklerin nadir toprak elementlerinin kondrite göre normalize edilmesiyle hazırlanan kond-

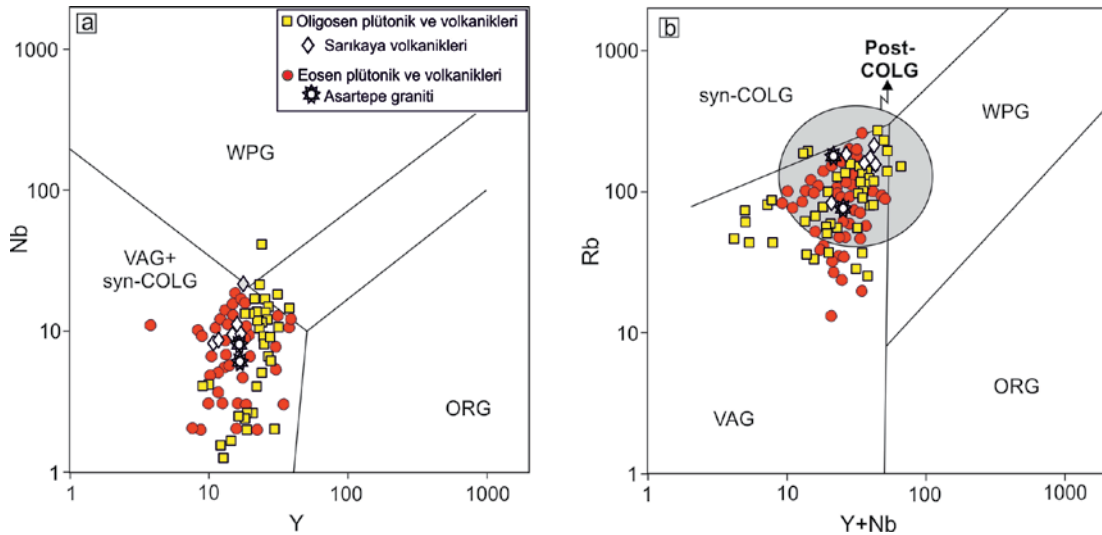


rit diyagramlarında (Şekil 10c-d), LREE zenginleşmesi (hafif nadir toprak elementlerde zenginleşme) ve düz HREE görünümü ile (Gd'dan Lu'ya) Eosen ve Oligosen yaşlı magmatikler farklı REE paternleri göstermektedirler (Şekil 10c-d). Bu diyagramlarda gözlenen Eu negatif anomalileri, plajiyoklasın fraksiyonel kristallenmesi veya alternatif olarak plajiyoklas fraksiyonasyonu geçirmiş ve önemli ölçüde Eu tüketimine uğramış kıta kabuğu malzemesinden kirlenmeye bağlı olabilir. Kondrit diyagramlarında (Şekil 10c-d), Oligosen birimlerinde, kendi içinde  $\text{SiO}_2$  değerleri sistematik olarak artar iken MREE (orta nadir toprak elementler) ve HREE'lerde tüketilme olduğu gözlenmektedir. Eosen ve Oligosen birimlerindeki REE paternlerinin farklı davranışı, fraksiyonel kristallenmenin bir fonksiyonu olarak yansımıştır. Diğer yandan MREE ve HREE lerdeki tüketilmenin nedeni amfibol ve granat minerallerinin kristallenmesi olarak da yorumlanmaktadır.

## TEKTONİK AYIRIM

Pearce vd. (1984) tarafından önerilen tektonik ortam ayırım diyagramlarından Nb a karşı Y diyagramında (Şekil 11a), Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayaç örnekleri, bu diyagramda tek bir alan olarak gösterilen çarpışma esnası (syn-COLG) ve volkanik yay alanına düşmektedirler (Şekil 11a). Birbirinden ayrılmamış bu iki alanı ayırt etmek için kullanılan Rb'a karşı Y+Nb diyagramında (Şekil 11b) ise örneklerin hemen hemen tamamı volkanik yay alanında bulunmakta fakat farklı ortamların kesiştiği alana yakın olarak düşmektedirler (Şekil 11b).

Pearce ve diğerleri (1984) tarafından Rb'a karşı Y+Nb diyagramında farklı ortamların kesiştiği nokta civarına düşen örnekler çarpışma sonrası (post-collisional) tektonik ortamı karakterize edecek biçimde değerlendirilmektedir.



Şekil 11. Eosen ve Oligosen yaşlı plütonik ve volkanik kayalar için; a. Nb/Y, b. Rb'a karşı Y+Nb tektonik ayırım diyagramları (Pearce vd., 1984). Şekildeki sembol açıklamaları için bakınız şekil 7.

Figure 11. a. Nb versus Y, b. Rb/Y versus Y+Nb tectonic discrimination diagrams (Pearce vd., 1984) of Eocene-Oligocene plutonic and volcanic rocks. See Fig. 7 for the key and data sources.

## AFC İŞLEMİNİN PETROLOJİK MODELLENMESİ

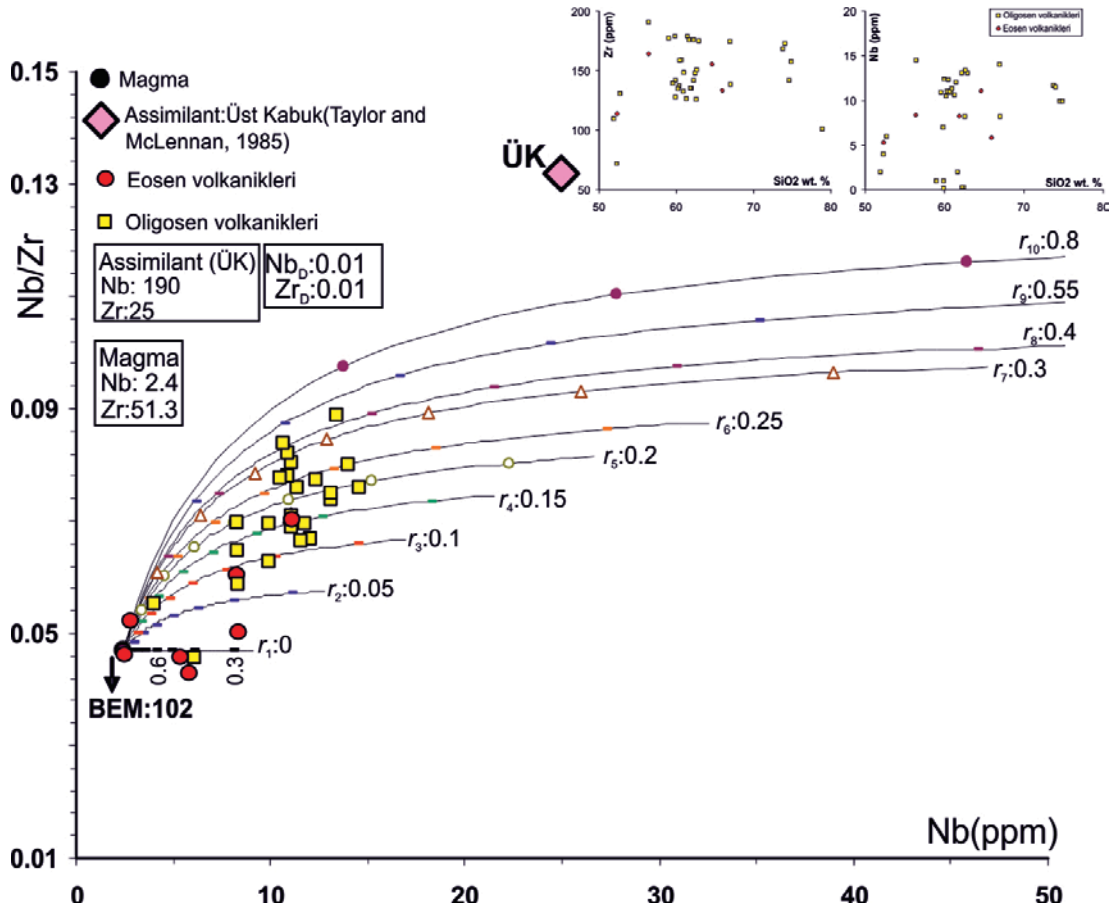
### De Paolo'nun (1981) eşitliklerine göre AFC modellemesi

Bu bölümde magma-kabuk etkileşimi ve bu işlemin lavların jeokimyası üzerindeki olası etkisi üzerinde durulacaktır. Bu amaçla, De Paolo'nun (1981) eşitlikleri kullanarak  $r$  (asimilasyon derecesinin ayrımsal kristallenme derecesine oranı) değerinin ne aralıkta değiştiğine yaklaşım yapmak için

konvansiyonel AFC modeli kurulmuştur. Ancak, De Paolo'nun (1981) formülasyonu ile hesaplanan  $r$  değerleri, magmanın orijinal kitlesine hangi miktarda kabuk materyalinin eklenmiş olabileceğini göstermemektedir. DePaolo (1981)'in sistematığı ile ilgili daha ayrıntılı bilgi ve bu sistematığa göre üretilmiş bir yazılım, Keskin (2012)'de sunulmaktadır. AFC modellemesi Keskin (2012) tarafından yazılımı yapılmış olan AFC Modeller programı ile gerçekleştirilmiştir.

Kalk-alkali lavlar için AFC (AFC: asimilasyon ile birlikte görülen ayrımsal kristallenme- asimilasyon combined with fractional crystallization) işleminin modellenmesi Şek. 12 de gerçekleştirilmiştir. Bu diyagramda Nb elementi ayrışma indisi olarak seçilmiş ve yatay eksene iz düşürülmüştür, zira bu element sadece immobil ve alterasyona karşı dayanıklı olmakla kalmayıp ayrıca bazik-ortaç magma bileşiminde oldukça uyumsuzdur (i.e.  $D_{Nb}=0.01$ ).

Nb/Zr oranı, asimilasyon indeksi olarak seçilmiştir, çünkü magmanın kristallenmesi işlemleri, bu oranı önemli oranda etkilemez (hem Zr hem de Nb için D değerleri 1'in çok altında kalmaktadır). Diğer taraftan, kabuktaki Nb/Zr oranı Eosen ve Oligosen primitif lavlarındaki oranından fazla olduğu için, kabuğun önemli miktarlardaki asimilasyonu Nb/Zr oranını artırır. Bu nedenle, teorik olarak, Nb/Zr oranındaki artış kabuksal asimilasyona bağlanabilir.



Şekil 12. De Paolo'nun (1981) formülasyonları ile yazılımı yapılmış AFC Modeller (Keskin, 2012) programı ile gerçekleştirilmiş olan AFC modellemeler. Şekildeki sarı kareler Sarıkaya (bu çalışma) ve Çan volkaniklerini (Ercan vd., 1995); kırmızı daireler: Balıklıçeşme volkaniklerini (Ercan vd., 1995; Altunkaynak ve Dilek 2006) temsil etmektedir.

**Figure 12.** AFC Modelling realized with the AFC Modeller software (Keskin, 2012), which is based on De Paolo (1981) formulations. Yellow squares: Sarıkaya (this study) and Çan volcanics (Ercan et al., 1995); red circles: Balıklıçeşme volcanics (Ercan et al., 1995; Altunkaynak and Dilek 2006)

Modelleme, De Paolo'nun (1981) formülleri, Şekil 12'de verilen dağılım katsayısı (D) değerleri, en primitif magma bileşimi (BEM: Basaltic end member) olan Balıklıçeşme formasyonunda 102 numaralı Altunkaynak ve Dilek (2006) tarafından analiz edilmiş örnek ve Taylor ve McLennan'ın (1985) kıtasal kabuk (UC: Upper Crust) bileşimi

kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan ayrımlanma katsayısı değerleri ( $K_d$ ) Rollinson'dan (1993; ve oradaki referanslar) alınmıştır. Hesaplamalarda kullanılan toplam dağılım katsayısı ( $D_s$ ) değerlerinin, 0.01 gibi küçük bir değer civarında olduğu tahmin edilmektedir, çünkü bu kayaların içerdikleri sulu ve susuz olsun tüm

mineral toplulukları için  $D$  değerlerinin birin çok altında kaldığı hesaplanmıştır.  $D < 1$  kaldığı müddetçe, model parametrelerdeki değişimlere duyarlı olmamaktadır. 102 örneğinin bazik uç üye olarak seçmemizin nedeni, bu örneğin bazaltik uç üye bileşimine yakın olmasından dolayıdır. %0'dan %80'e (0'dan 0.80'e; Şek. 12) kadar farklı  $r$  değerleri için on teorik AFC eğrisi hesaplanmış ve ardından lav örnekleri ile birlikte iz düşülmüştür.  $F$  değerleri (evrimleşmiş magma kitlesinin ilk magma kitlesine oranı), her bir eğri üzerine soldan sağa doğru azalacak şekilde ayrı ayrı işaretlenmiştir.

Şekil 12'de ki AFC diyagramına bakıldığında Eosen volkanitlerinin  $r$  değerleri için 0 ile 0.15 arasındaki aralıkta dağıldıkları görülmektedir. Ancak Oligosen volkanitlerinin ise 0 ile 0.4 değerleri arasında dağıldıkları ve bu örneklerin 0.2 ile 0.4 değerleri arasında yoğunlaştıkları görülmektedir. Ercan ve diğerleri (1995), Aldanmaz ve diğerleri (2000), Altunkaynak ve Genç (2008)'in çalışmalarında elde ettikleri  $^{87/86}\text{Sr}$  ve  $^{143/144}\text{Nd}$  izotop değerlerinin zaman içerisindeki değişimleri (Altunkaynak ve Genç, 2008) ile elde ettikleri sonuçlarla, bu çalışmada AFC modellemesi ile elde edilen sonuçlar paralellik göstermektedir. Volkanizmanın zaman içerisinde Eosen'den Oligosen'e doğru daha fazla kabuksal kirlenmeye maruz kaldığı düşünülmektedir.

## TARTIŞMA ve SONUÇLAR

KB Anadolu'da çarpışma sonrası magmatizma Geç Paleosen-Erken Eosen zamanında İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun kapanmasını takiben Anatolid-Torid Platformu ile Sakarya Kıtası'nın çarpışması ile ilişkili olarak Orta Eosen'de başlamıştır (Harris vd., 1994; Okay ve Tüysüz, 1999).

Çarpışma sonrası sıkışmalı tektonik rejimde gelişen magmatizmanın (Ercan vd., 1984; Savaşın ve Güleç, 1990; Harris vd., 1994; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998, 1999; Genç, 1998; Karacik and Yılmaz, 1998; Yılmaz vd., 2001; Köprübasi and Aldanmaz, 2004) birinci evre ürünleri olan Eosen magmatikleri; İzmir-Ankara-Erzincan sutureunun kuzeyinde, İtra-Pontid sutureunun güneyinde yer alır ve bu suture zonlarına paralel olarak yaklaşık doğu-batı uzanımlı bir hat boyunca dizilirler. Çarpışma sonrası magmatizma ikinci evre ürünlerini ise Oligosen ve Oligo-Miyosen döneminde vermiştir. İkinci evre magmatik seri, birinci evre Eosen magmatiklerinin daha güneyinde yer almakta ve yine yaklaşık doğu-batı uzanımlı olarak görülmektedirler.

Bu çalışmada; Biga Yarımadası'nda Biga ilçesinin güney-güneybatısında yüzeylenen Asartepe granitinden U-Pb yöntemiyle 47my yaş elde edilmiş ve Asartepe graniti Eosen yaşlı magmatik seriye dahil edilmiştir. Yine Biga ilçesi dolayında yayılım gösteren Sarıkaya volkaniklerinden de U-Pb yöntemiyle 31my yaş elde edilmiş ve Sarıkaya volkanikleri de Oligosen yaşlı magmatik seriye dahil edilmiştir. Ayrıca Asartepe graniti ve Sarıkaya volkaniklerinden jeokimyasal analizler yapılmıştır.

Elde edilen yeni yaş ve jeokimya verileri ile KB Anadolu'daki diğer Eosen ve Oligosen yaşlı magmatik kayalara ait yapılmış çalışmalar bir arada değerlendirildiğinde; bunların benzer jeokimyasal ve tektono-magmatik özellikler sergilediği görülmektedir (Tablo 4). Jeokimyasal verilere göre hem Eosen hem de Oligosen yaşlı magmatik seriler, yüksek ve orta potasyumlu kalkalkalen, metalümino-orta peralümino, LILE ve LREE'ce zengin, HFSE'ce fakir karakterler göstermektedirler. LIL ve LRE elementlerde HFS elementlere bağlı olarak zenginleşme, yitim bileşeni ile zenginleşmiş manto kaynağının işaretçisidir. Eosen ve Oligosen magmatiklerinde ortak olarak görülen negatif Nb ve Ti anomalileri de yitim bileşeni varlığına veya kıta kabuğu kirlenmesine işaret edebilir (Pearce, 1983). Kondrite normalize edilmiş spider diyagramlarında görülen Eu negatif anomalileri de plajoklas fraksiyonel kristallenmesine veya kıta kabuğu malzemesinden kirlenmeye bağlı olabilir. Eosen ve Oligosen yaşlı magmatikler; tektonik ortam ayırımı diyagramlarında da benzer olarak çarpışma sonrası alana düşmektedirler. Ayrıca De Paolo'nun (1981) formülasyonları ile yazılımı yapılmış AFC Modeller (Keskin, 2012) programı ile gerçekleştirilmiş olan AFC modellemeleri Eosen'den Oligosen'e giderek artacak şekilde magmatik kayaların kabuksal kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen ve derlenen jeokimyasal veriler; daha önce Altunkaynak 2007; Altunkaynak ve Genç, 2008; Keskin vd., 2008; Altunkaynak ve Dilek, 2013, Gülmez vd., 2013'nin Kuzey ve Kuzeybatı Anadolu'daki Eosen ve Oligosen magmatik kayaları ile yaptıkları çalışmalardan vardıkları ortak sonuç olan; Orta Eosen çarpışma sonrası magmatizmasında, slab-breakoff mekanizması ile astenosferin sublitosferik mantoyu eritmesi sonucu yitimden miras kalmış bileşimin etkisini gösteren magmatik ürünlerin ortaya çıkması ve zaman içerisinde gittikçe kabuksal katkının artması görüşünü desteklemektedir.

**Tablo 4.** KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen magmatik kayaların jeokronolojik, jeokimyasal ve tektono-magmatik özellikleri.**Figure 4.** Geochronological, geochemical and tectono-magmatic features of the Eocene and Oligocene magmatic rocks in NW Anatolia

**a:** (Güçtekin vd., 2004; Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak ve Genç, 2007; Altunkaynak vd., 2012(a); Dilek ve Altunkaynak, 2007; Karacık vd., 2008). **b:** (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak vd., 2012(a); Dilek ve Altunkaynak, 2007; Karacık vd., 2007). **c:** (Köprübaşı ve Aldanmaz, 2004; Altunkaynak vd., 2012(a); Dilek ve Altunkaynak, 2007). **d:** (Ustaömer vd., 2009). **e:** (Altunkaynak vd., 2012(a)). **f:** (Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak vd., 2012(b); Dilek ve Altunkaynak, 2007; Karacık ve Yılmaz, 1998). **g:** (Yılmaz vd., 2001; Altunkaynak vd., 2012(b); Dilek ve Altunkaynak, 2007). **h:** (Yılmaz vd., 2001; Genç ve Altunkaynak, 2007; Altunkaynak vd., 2012(b); Dilek ve Altunkaynak, 2007). **i:** (Yılmaz vd., 2000; Altunkaynak vd., 2012(b); Dilek ve Altunkaynak, 2007; Altunkaynak ve Yılmaz, 1998). **j:** (Altunkaynak vd., 2012(b); Dilek ve Altunkaynak, 2007). **k:** (Ercan vd., 1995; Altunkaynak ve Genç; Dilek ve Altunkaynak, 2007). **l:** (Ercan vd., 1995; Altunkaynak ve Genç, 2007; Dilek ve Altunkaynak, 2007).

Plüton	Yaş (seri)	Yaş (U/Pb) (My)	Yaş (K/Ar–Ar/Ar– Rb/Sr) (My)	Jeokimyasal karakter	Tektonik Ortam
Kestanbol	OLİGOSEN		28 ± 0.88 – 21 ± 1.6 (K/Ar) (Fytikas vd., 1984; Birkle ve Satır, 1995)	Yüksek ve Orta K, Kalkalkalen – Orta Peralümin / Metalümin LILE ve LREE'ce zengin - HFSE'ce fakir Negatif Nb, Ti, P, Eu anomalileri Yüksek La, Th ve Ce içeriği	Çarpışma sonrası (f)
Evciler			25 ± 0.3 (K/Ar) (Birkle, 1992)		Çarpışma sonrası (g)
Eybek		23.94 ± 0.31 (Altunkaynak vd., 2012b)	26.6 ± 0.8 - 21.1 ± 0.4 (K/Ar) (Genç ve Altunkaynak, 2007)		Çarpışma sonrası (h)
Kozak			24.2 ± 1.1 – 20.3 ± 0.9 (Rb/Sr) (Ataman, 1974; Bingöl vd., 1982)		Çarpışma sonrası (i)
Ilıca			22.3 ± 0.1 - 21.9 ± 0.1 (Ar/Ar) (Altunkaynak, 2012)		Çarpışma sonrası (i)
Çataldağ		21.91 ± 0.33 (Altunkaynak vd., 2012b)	20.6±0.1 - 20.4±0.1 (Ar/Ar) (Altunkaynak, 2012)		Çarpışma sonrası (j)
Asartepe	EOSEN	<b>47.0 ± 1.1</b> (bu çalışma)			<b>Çarpışma sonrası</b> (bu çalışma)
Karabiga			45 ± 0.9 (K/Ar) (Delaloye ve Bingöl, 2000)		Çarpışma sonrası (a)
Kapıdağ			42.2 ± 0.1 – 36.1 ± 0.8 (K/Ar) (Delaloye ve Bingöl, 2000)		Çarpışma sonrası (b)
Fıstıklı			48.2 ± 1.0 – 34.3 ± 0.9 (K/Ar) (Delaloye ve Bingöl, 2000)		Çarpışma sonrası (c)
İlyasdağ		47.6 ± 2 (Ustaömer vd., 2009)			Volkanik yay (d) Çarpışma sonrası (e)
<b>Volkanik</b>	<b>Yaş (seri)</b>	<b>Yaş (U/Pb) (My)</b>	<b>Yaş (K/Ar–Ar/Ar– Rb/Sr) (My)</b>		
Balıklıçeşme	EOSEN		37.3 ± 0.9 (K/Ar) (Ercan vd., 1995)		Çarpışma sonrası (k)
Sarıkaya	OLİGOSEN	<b>30.76 ± 0.65</b> (bu çalışma)	34.3 ± 1.2 - 23.6 ± 0.6 (K/Ar) (Ercan vd., 1995)		<b>Çarpışma sonrası</b> (bu çalışma, l)

Sonuç olarak; KB Anadolu'daki Eosen ve Oligosen yaşlı magmatik kayalarda gözlenen jeokimyasal karakterler; dalma-batma ile ilişkili bir kaynağa bağlı olarak gelişmiş ve kabuksal kirlenmeden etkilenmiş bir magmadan türemiş çarpışma sonrası magmatizmayı işaret etmektedir.

## SUMMARY

Northward subduction of the northern branch of the Neotethyan Ocean (İzmir-Ankara-Erzincan Ocean) led eventually to the collision of the Sakarya Continent with the Anatolide-Toride Platform in the pre-Middle Eocene. This continental collision caused widespread magmatism in NW Anatolia. Numerous studies have been made on the Cenozoic magmatism in NW Anatolia in the recent years. In this study, we report new U-Pb zircon age and geochemical data on the Asartepe granite and Sarıkaya volcanics, both cropping out to the S of Biga town. The Asartepe granite, first mapped out during this study, yielded U-Pb zircon age of 47 My (Lutetian) and the Sarıkaya Volcanics gave U-Pb age of 31 My (Lower Oligocene). New age and geochemical data obtained from the Asartepe Granite and Sarıkaya Volcanics were evaluated together with the published data from other studies on the Eocene and Oligocene magmatism in NW Anatolia. As a result, the geochemical characters observed in the Eocene and Oligocene magmatic rocks indicate that post collisional magmatism was derived from a subduction influenced source area. The magmas formed were differentiated by crustal contamination and fractional crystallization processed during ascent to the upper crust.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar makale hakkında değerli görüşlerinden dolayı Prof. Dr. Timur USTAÖMER, Prof. Dr. Ö. Feyzi GÜRER ve Prof. Dr. Ş. Can GENÇ'e teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

**Akay, E., 2009.** Geology and petrology of the Simav Magmatic Complex (NW Anatolia) and its comparison with the Oligo-Miocene granitoids in NW Anatolia: implications on Tertiary tectonic evolution of the region. *International Journal of Earth Sciences (GeolRundsch)* 98, 1655–1675. doi:10.1007/s00531-008-0325-0.

**Akyurek, B., Soysal, Y., 1983.** Biga yarımadası güneyinin (Savastepe–Kırkagac–Bergama–Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. *Bulletin of Mineral Research and Exploration Institute of Turkey* 95, 1–12.

**Akyürek, B., Bilginer, E. ve Akbaş, B., 1984.** Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 20, 31-46.

**Aldanmaz, E., Pearce, J., Thirlwall, M.F., Mitchell, J., 2000.** Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 102, 67–95.

**Aldanmaz, E., Köprübaşı, N., Gürer, Ö.F., Kaymakçı, N., Gourgaud, A., 2006.** Geochemical constraints on the Cenozoic, OIB-type alkaline volcanic rocks of NW Turkey: Implications for mantle sources and melting processes. *Lithos* 86, 50-76. doi:10.1016/j.lithos.2005.04.003.

**Altuner, D. & Koçyiğit, A. 1993.** Third remark on the geology of Karakaya basin. An Anisian megablock in northern central Anatolia: micropaleontologic, stratigraphic and tectonic implications for the rifting stage of Karakaya basin, Turkey. *Revue de Paleobiologie* 12, 1-17.

**Altınlı, I.E., 1973,** Bilecik Jurasığı: M.T.A., Ankara. Cumhuriyetin 50 .yıl yerbilimleri kongresi, tebliğler. 112-113.

**Altunkaynak, Ş., 2007.** Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Geology* 115, 63–82.

**Altunkaynak, Ş., Dilek, Y., 2006.** Timing and nature of post collisional volcanism in Western Anatolia and geodynamic implications. In: Dilek, Y., Pavlides, S. (Eds.), *Post-collisional Tectonics and Magmatism of the Eastern Mediterranean Region: Geological Society of America Special Paper*, 409, pp. 321–351.

**Altunkaynak, Ş. ve Dilek, Y., 2013.** Eocene mafic volcanism in northern Anatolia: its causes and mantle sources in the absence of active subduction. *International Geology Review*, vol. 55, no. 13, 1641-1659, doi: 10.1080/00206814.2013.792497

**Altunkaynak, Ş., Genç, Ş.C., 2008.** Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia (Turkey). *Lithos* 102, 316–340.

- Altunkaynak, Ş., Yılmaz, Y., 1998.** The Kozak magmatic complex; western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85/1-4, 211-231.
- Altunkaynak, Ş., Yılmaz, Y., 1999.** The Kozak Pluton and its emplacement. *Geological Journal* 34, 257-274.
- Altunkaynak vd., 2012a.** Eocene Granitic Magmatism in NW Anatolia (Turkey) revisited: New implications from comparative zircon SHRIMP U-Pb and 40Ar-39Ar geochronology and isotope geochemistry on magma genesis and emplacement. *Lithos* 155, 289-309.
- Altunkaynak vd., 2012b.** Spatial, temporal and geochemical evolution of Oligo-Miocene granitoid magmatism in western Anatolia, Turkey. *Gondwana Research* 21. 961-986.
- Ataman, G., 1974,** Revue geochronologique des massifs plutoniques et metamorphiques de l'Anatolie: Hacettepe Bulletin of Natural Sciences and Engineering , v. 3, p. 518-523.
- Ayan, M., 1979,** Geochronological and petrological studies of the Eybek granodioritec pluton (Edremit). *Commun. Fac. Sc. Univ. Ankara*, 22, 19-31.
- Beccaletto, I., 2006.** Geology, correlations and geodynamic evolution of the Biga Peninsula (NW Turkey). *Faculte des Sciences de l'Universite de Lausanne, These de doctorat.*
- Beccaletto, I. ve Jenny, C. 2004.** Geology and correlations of the Ezine Zone: a Rhodope fragment in NW Turkey? *Turkish Journal of Earth Sciences* 13, 145-176.
- Beccaletto, L., Bonev, N., Bosch, D. ve Bruguiet, O. 2007.** Record of a Paleogene syn-collisional extension in the North Aegean region: evidence from the Kemer micaschists (NW Turkey). *Geological Magazine* 144, 393-400.
- Beccaletto, I., Bartolini, A.C., Martini, R., Hochuli, P.A. ve Kozur, H. 2005.** Biostratigraphic data from the Çetmi Melange, northwest Turkey: paleogeographic and tectonic implications. *Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology* 221, 215-244.
- Bingöl, E. 1968.** Contribution a l' etude geologique de laportie centrale et sud. Est du Masif de Kazdağ (Turquie). *These Fac. Sci. Univ.*, 189 p., Nancy (Fransa).
- Bingöl, E., Akyürek, B., and Korkmazer, B., 1973,** Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kong. Tebliğleri*, MTA Enstitüsü (Cong. Earth Sc. for the 50th Ann. Republic Turkey), , 70-77.
- Bingöl, E., Delaloye, M., and Ataman, G., 1982,** Granitic intrusions in Western Anatolia: A contribution of the geodynamic study of this area: *Eclogae Geologicae Helvetica*, v. 75, p. 437-446.
- Birkle, P., 1992,** Petrologie, geochemie und Geochronologie des miozänen magmatismus auf der Biga-Halbinsel (Ezine, NW-Türkei). *Diplom-Arbeit, Tübingen*, 118 pp.
- Birkle, P. ve Satır, M. 1995.** Dating, geochemistry and geodynamic significance of the Tertiary magmatism of the Biga-Peninsula (Ezine, KB Turkey). In: *Geology of the Black Sea region* (Ed S. Örçen), General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara: 171-180.
- Delaloye, M., Bingöl, E., 2000.** Granitoids from western and northwestern Anatolia: geochemistry and modeling of geodynamic evolution. *International Geology Review* 42, 241-268.
- Depalo, D., 1981.** Trace element and isotopic effects of combined wall rock assimilation and fractional crystallization. *Earth Planet Science Letters*, 53,189-202.
- Dilek, Y., Altunkaynak, Ş., 2007,** Cenozoic Crustal Evolution and Mantle Dynamics of Post-Collisional Magmatism in Western Anatolia. *International Geology Review*, 49. 431-453.
- Elmas, A., 2012,** Basement types of the Thrace Basin and new approach to the pre-Eocene tectonic evolution of the northeastern Aegean and Northwestern Anatolia: a review of data and concepts. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*. 101, 1895-1911.
- Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioglu, E., Adis, C., Walter, H.-J., Yildirim, T., 1995.** Biga yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. *MTA Dergisi* 117, 55-86 (in Turkish).
- Ercan, T., Türkecan, A., Akyürek, B., Günay, E., Çevikbas, A., Ates, M., Can, B., Erkan, M., and Ozkırışçi, M., 1984,** Dikili-Bergama-Çandarlı (Bati Anadolu) yöresinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi: *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, v. 20, p. 47-60.

- Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A., Villari, L., 1984.** Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: Special Publication*, Geological Society, London, vol. 17, pp. 687–700.
- Genç, Ş.C., 1998.** Evolution of the Bayramiç magmatic complex. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85 (1–4), 233–249.
- Genç, Ş.C., 2004.** A Triassic large igneous province in the Pontides, northern Turkey: geochemical data for its tectonic settings. *Journal of Asian Earth Sciences* 22 (5), 503–516.
- Genç, Ş.C., Yılmaz, Y., 1997.** An example of post-collisional magmatism in Northwestern Anatolia: the Kizderbent Volcanics (Armutlu Peninsula, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences* 6, 33–42.
- Granit, Y. ve Tintant, H., 1960.** Observations préliminaires sur le Jurassique de la région de Bilecik (Turquie). *C.R. Accad. Sci.*, 251, 1801–1803.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A. ve Uysal, Ş., 2000.** A geotraverse across NW Turkey: tectonic units of the central Sakarya region and their tectonic evolution. In: Bozkurt, E., Winchester, J. ve Piper, J.A., *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society, London, Special Publications 173, 139–161.
- Güçtekin, A., Köprübaşı, N., Aldanmaz E., 2004.** Karabiga (Çanakkale) granitoidinin jeokimyası. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 29, 29–38.
- Güleç, N., 1991.** Crust–mantle interaction in western Turkey: implications from Sr and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics. *Geological Magazine* 23, 417–435.
- Gülmez, F, Genç, Ş.C., Keskin, M., and Tüysüz, O., 2013.** A postcollision slab-breakoff model for the origin of the Middle Eocene magmatic rocks of the Armutlu–Almacık belt, NW Turkey and its regional implications, *in* Robertson, A.H.F., Parlak, O., and Ünlügenç, U.C., eds., *Geological development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean region: Geological Society, London, Special Publications*, 372. First published online November 1, 2012, <http://dx.doi.org/10.1144/SP372.12>.
- Harris, N.B.W., Kelley, S., Okay, A.I., 1994.** Post-collisional magmatism and tectonics in north-west Anatolia. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 117, 241–252.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971.** A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *J. Earth Sci.* 8, 523–548.
- Karacik, Z., and Yılmaz, Y., 1998.** Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, northwestern Anatolia: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 85, p. 251–264.
- Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J.A., Ece, O.I., 2008.** Petrochemistry of the south Marmara granitoids, northwest Anatolia, Turkey. *International Journal of Earth Sciences* 97, 1181–1200. doi:10.1007/s00531-007-0222-y.
- Kaya, O., Özkoçak, O. & Lisenbee, A. 1989.** Stratigraphy of the pre-Jurassic blocky sedimentary rocks to the south of Bursa, NW Turkey. *Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA) Bulletin* 109, 15–24.
- Keskin, M., 2012.** AFC-Modeler: a Microsoft® Excel© Workbook Program for Modeling Assimilation Combined with Fractional Crystallization (AFC) Processin Magmatic Systems by Using Equations of DePaolo (1981), *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol. 21, 2012, pp. 1–. Copyright©TÜBİTAK doi:10.3906/yer-1110-3.
- Keskin, M., Genç, Ş.C. ve Tüysüz, O., 2008.** Petrology and geochemistry of post-collisional Middle Eocene volcanic units in north-central Turkey: Evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean: *Lithos*, v. 104, p. 267–305.
- Koçyiğit, A., 1987.** Hasanoğlan (Ankara) yöresinin tektonostratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi. *H.Ü. Yerbilimleri*, 14, 269–293.
- Köprübaşı, N., Aldanmaz, E., 2004.** Geochemical constraints on the petrogenesis of Cenozoic I-type granitoids in Northwest Anatolia, Turkey: evidence for magma generation by lithospheric delamination in a post-collisional setting. *International Geology Review* 46, 705–729.
- Köprübaşı, N., Şen, C. ve Köprübaşı, N. 2000.** Geochemistry of Fıstıklı (Armutlu–Yalova) granitoid. *Bulletin of Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University*, 22, 33–42.

- Krushensky, R.D., 1976.** Volcanic rocks of Turkey. Bulletin of Geological Survey, Japan 26–393.
- Kuno, H., 1966,** Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs: Bull. Volcanol., v. 29, p. 195-222.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986.** A chemical classification of volcanic rocks based on total Alkali–Silica content. Journal of Petrology 27, 745–750.
- Middlemost, E.A.K., 1985,** Magmas and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology: London. Longman, UK
- Okay, A.I. & Göncüoğlu, M.C., 2004,** Karakaya Complex: a review of data and concepts. Turkish Journal of Earth Sciences, 13, 77-95.
- Okay, A.I., Satır, M., 2000,** Upper Cretaceous Eclogite-Facies Metamorphic Rocks from the Biga Peninsula, Northwest Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 9, 47-56.
- Okay, A.I., Satır, M., 2006.** Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northwest Turkey: evidence for a possible magmatic arc. Geodinamica Acta 19 (5), 251–266.
- Okay, A. İ., Siyako, M. ve Bürkan, K. A., (1991).** Geology ve Tectonic Evolution of the Biga Peninsula, Northwestern Turkey, İTÜ Bülteni, 44, 191-256.
- Okay; A.I., Özcan, E., Cavazza, W., Okay; N. & Less, G. 2010.** Basement types, Lower Eocene series, Upper Eocene olistostromes and the initiation of the southern Thrace Basin, NW Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 19, 1-25.
- Okay, A.I., Sengor, A.M.C., Görür, N., 1994.** Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. Geology 22, 267–270
- Okay, A.I., Tüysüz, O., 1999.** Tethyan sutures of Northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horthváth, F., Séranne, M. (Eds.), The Mediterranean Basin: Tertiary Extension within the Alpine Orogen: Geological Society, London, Special Publication 156, vol. 156, pp. 475–515.
- Özgenç, İ., İlbeyli, N., 2008.** Petrogenesis of the Late Cenozoic Eğrigöz Pluton in Western Anatolia, Turkey: implications for magma genesis and crustal processes. International Geology Review 50, 375–391.
- Pearce J.A., 1983.** Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In : C.J. Hawkesworth, and M.J. Norry (eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva, Nantwich, 230-249.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W., and Tindle, A. G., 1984,** Trace element discrimination diagrams for tectonic interpretation of granitic rocks: Jour. Petrog., v. 25, p. 456-481.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976.** Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology 58, 63–81.
- Pe-Piper, G., and Piper, D.J.W., 2001,** Late Cenozoic, postcollisional Aegean igneous rocks: Nd, Pb, and Sr isotopic constraints on petrogenetic and tectonic models: Geological Magazine, v. 138, p. 653–668.
- Pickett, E. & Robertson, A.H.F. 1996.** Formation of the Late Palaeozoic–Early Mesozoic Karakaya Complex and related ophiolites in NW Turkey by paleotethyan subduction-accretion. Journal of the Geological Society, London 153, 995-1009.
- Rollinson, H., 1993.** Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. *Longman Scientific & Technical*, Newyork, 352s.
- Saner, S., 1977,** Geyve-Osmaneli-Gölpazarı-Taraklı alanının jeolojisi, eski çökeltme ortamları ve çökeltmenin evrimi, İ.Ü. Fen Fak. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, Doktora tezi, 312 s.
- Saner, S., 1980,** Mudurnu-Göynük havzasının Jura ve sonrası çökeltim nitelikleriyle paleocoğrafya yorumlaması: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23, 39-52.
- Sapancı, Ö.; Çelebi, D. Ve Köprübaşı N., 2012.** Çataldağ (Balıkesir) Granitoidinin Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Uygulamalı Yerbilimleri, sayı: 1-2, syf 10-29.
- Savaşçın, Y., and Güleç, N., 1990,** Relationship between magmatic and tectonic activities in western Turkey, in Savaşçın, M. Y., and Eronat, A. H., eds., International Earth Science Colloquium on the Aegean Region (IESCA), Proceedings, II, p. 300–313.
- Seyitoğlu, G., Scott, B., 1996.** The cause of N–S extensional tectonics in western Turkey: tectonic escape vs. backarc spreading vs. orogenic collapse. Journal of Geodynamics 22, 145–153.
- Shand, S. J., 1947.** Eruptive rocks: Their genesis, composition, classification, and their relation



- to ore-deposits, with a chapter on meteorites. Wiley, New York.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75, 181–241.
- Şengör, A.M.C., 1982.** Ege'nin neotektonik evrimini yöneten etkenler. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Batı Anadolu'nun Geç Tektoniği ve Volkanizması Paneli, Ankara, 59-71.
- Şengör, A.M.C., Natalin, B.A., Burtman, V.S., 1993.** Evolution of the Altiid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia. *Nature* 364, 299–307.
- Şengün, F., Yiğitbaş, E., Tunç, i.O., 2011.** Geology and tectonic emplacement of eclogite and blueschist, Biga Peninsula, north-west Turkey. *Turkish J Earth Sci* 20:273–285.
- Taylor, S.R., MC Lennan, S.M., 1985.** The continental crust: its composition and evolution. Blackwell, Oxford Press, 312 s.
- Ustaömer, A.P., Ustaömer, T., Collins, A.S., Reichpeitsch, J., 2009.** Lutetian arc-type magmatism along the southern Eurasian margin: new U–Pb LA-ICPMS and whole-rock geochemical data from Marmara Island, NW Turkey. *Mineralogy and Petrology* 96, 177–196.
- Van Hinsbergen, D. J. J., Kaymakci, N., Spakman, W. and Torsvik, T. H. 2010.** Reconciling the geological history of western Turkey with plate circuits and mantle tomography. *Earth and Planetary Science Letters*, 297, 674–686.
- Yıkılmaz, M.B., Okay, A.I. ve Özkar, I., 2002,** Biga Yarımadasında pelajik bir Paleosen istifi. *MTA Dergisi.*, 123-124. 21-26.
- Yılmaz, Y., 1989.** An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. In: Şengör, A.M.C. (Ed.), *Tectonic Evolution of the Tethyan Region: The Hague*. Kluwer Academic, pp. 159–189.
- Yılmaz, Y., 1990.** Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia under compressional regime; a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44, 69–87.
- Yılmaz, Y., Genç, S.C., Karacik, Z., Altunkaynak, Ş., 2001.** Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. *Journal of Geodynamics* 31, 243–271.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Yiğitbaş, E., Bozcu, M. and Yılmaz, K., 1995.** Geological evolution of the late Mesozoic continental margin of North-western Anatolia; *Tectonophysics*, (SCI), v.243, p.155-171.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Gözübol, A.M. ve Yiğitbaş, E., 1981,** Abant (Bolu)-Dokurcan (Sakarya) arasındaki Ku-zey Anadolu Fay Zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi: *İst. Yerbilimleri*, 1, 23, 9-261.
- Yılmaz, Y., Serdar, H.S., Genç, C., Yiğitbaş, E., Gürer, Ö.F., Elmas, A., Yıldırım, M., Bozcu, M. ve Gürpınar, O., 1997.** The geology and evolution of the Tokat Massif, south-central Pontides, Turkey. *International Geology Review* 39, 365-382.