

BIGAYARIMADASI İLE GÖKÇEADA, BOZCAADA VE TAVŞAN ADALARINDAKİ (KB ANADOLU) TERSİYER VOLKANİZMASININ ÖZELLİKLERİ

Tuncay ERCAN¹, Muharrem SATIR²; Gideon STEINITZ³; Aysin DORA⁴; Ender SARIFAKIOĞLU⁵; Christoph ADIS⁶; Hans-Jürgen WALTER⁷ ve Talat YILDIRIM⁸*

ÖZ-inceleme alanında Eosenden başlayarak Üst Miyosen sonlarına kadar çeşitli evrelerde oluşan volkanik kayalarda saha ve laboratuvar çalışmaları yapılarak 6 ana gruba ayrılmışlardır. Eosen yaşlı "Balıkeşme volkanitleri", Oligosen yaşlı "Çan volkanitleri", Üst Oligosen yaşlı "Kırazlı volkanitleri", Alt-Orta Miyosen yaşlı "Behram volkanitleri" Orta Miyosen yaşlı "Hüseyinfaki volkanitleri" ve Üst Miyosen yaşlı "Ezine Bazaltı" olarak adlandırılan ve haritalanan volkanik kayalarda petrografik ve jeokimyasal çalışmaların yanı sıra, K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş ölçümleri ile stronsiyum ve neodmiyum izotop oran ölçümleri de (87 Sr / 86 St ve 143 Nd / 144 Nd) yapılmıştır. Eosen-Orta Miyosen arasında oluşan tüm Volkanitler kalkalkalen, sadece Üst Miyosen yaşlı Volkanitler alkalen niteliktedirler. Jeokimyasal ve izotopsal çalışmalar, kalkalkalen volkanizmayı oluşturan magmanın yüksek derecede kabuksal kirlenmeye uğrayıp melez bir nitelik kazandığını, alkali volkanizmayı oluşturan kaynağın ise farklı olup heterojen bir manto malzemesinin kısmi ergimesi ile meydana geldiğini gösterirler. Volkanitler bölgedeki tektonik rejim ile ilişkili olup kalkalkalen Volkanitler, sıkışma rejiminin egemen olduğu bir ortamda alkali Volkanitler ise bunun tam tersine, gerilme rejiminin etkisiyle meydana gelmişlerdir.

GİRİŞ

inceleme alanı, Anadolu'da Marmara Bölgesi'nin güneybatısında yer alan Biga yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarıdır (Şek. 1). Biga yarımadası, yaklaşık 9.500 km²'lik bir alan kaplamakta olup, büyük bir kısmı Çanakkale, doğudaki küçük bir kesimi ise Balıkesir ü sınırları içindedir. Doğu sınırını. KD-GB yönde uzanan Gönen çayı vadisi oluşturur. Anadolu'nun en batı ucu, yarımada'nın GB'sındaki Baba burnudur. Yarımada, vadilerle yarılmış tepelik bir görünüşte olup, çukur ovalar az yer tutar. En yüksek yeri 1774 m. ile Kazdağ'dır. Yaklaşık 500.000 kişilik bir nüfusa sahiptir.

Gökçeada, Biga yarımadasının KB'sında yaklaşık 20 km. mesafede olup, 289 km²'lik yüzölçümü ile en büyük adamızdır. Nüfusu 8.000 dolayındadır. En yüksek yeri 672 m. ile Doruktepe'dir. Uzunluğu 30 km., eni ise 13 km. kadardır.

Bozcaada, Türkiye'nin Gökçeada ve Marmara adasından sonra üçüncü büyük adası olup, yaklaşık 39 km²'lik bir yüzölçümüne sahiptir. Biga yarımadasının batı kıyılarından 6 km. açığa olup

üçgen şeklindedir. En yüksek yeri olan Göztepe 191 m.dir. Nüfusu 2.000 dolayındadır.

Tavşan adaları, Bozcaada'nın kuzeyinde, Biga yarımadasından yaklaşık 6 km. uzaklıkta yer alan 4 küçük adacık olup, toplam 1 km²'lik bir alan kaplar. En büyüğü, en kuzeydeki Tavşan adası olup, daha küçük olan diğer üç adacık ise, Presa, Orak ve Yılan adalarıdır. Üzerlerinde insan yaşamayan bu adalar düzlükler şeklindedir ve en yüksek yer Tavşan adasındaki 42 m.'lik tepedir (Şek. 2).

inceleme alanında yaygın yüzlekler veren Tersiyer volkanizması, Alt Eosenden itibaren etkin olmaya başlamış ve bu etkinlik çeşitli evrelerle Üst Miyosen sonlarına değin sürmüştür. Bölgede çok sayıda genel jeolojik inceleme yapılmasına karşın, salt Tersiyer volkanizmasını konu alan ve volkanik kayaların evreleri bölgesel yayılımları, petrokimyasal özellikleri ve kökensel yorumlarına açıklık getiren araştırmalar yeterli değildir.

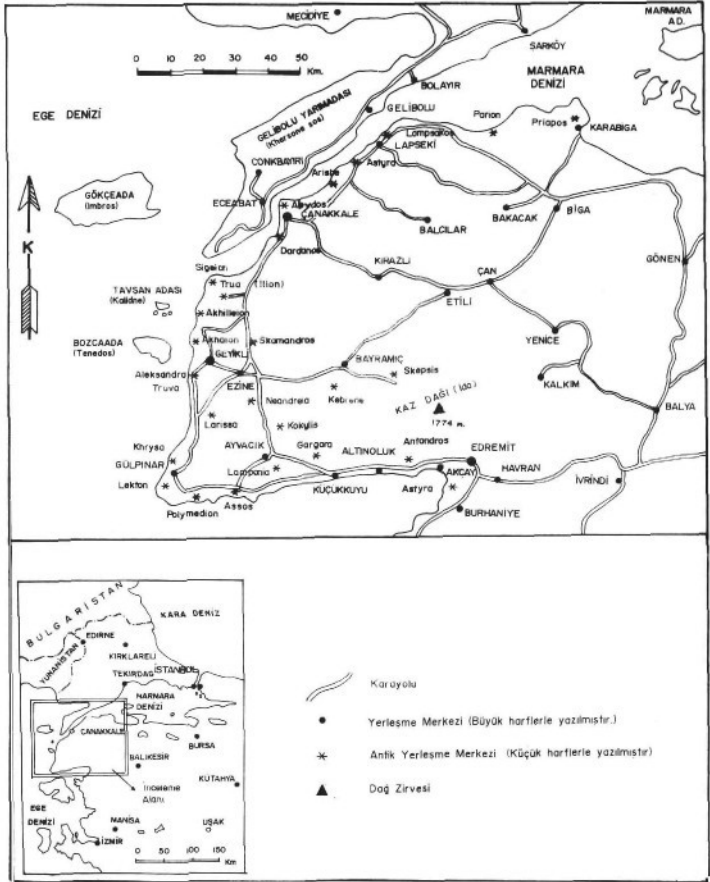
Bu çalışma ile, Biga yarımadası ve yakın çevresinde yer alan Tersiyer yaşlı volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenme-

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Redaksiyon Kurulu Başkanlığı, Ankara
² Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie, Universität Tübingen, Almanya

³ Geological Survey of Israel Jerusalem/Israel

⁴ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Batı Anadolu Bölge Müdürlüğü, izmir

⁵ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüd ve Araştırma Dairesi, Ankara.



Şek 1 - Biga yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarının yer buldu haritası.

sonra çalışan Okay ve diğerleri (1995) ise. Karakaya kompleksinin, benzer yaşta, fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamları yansıtan dört farklı tektonostratigrafik birimden meydana geldiğini belirtmektedirler.

Bölgede daha sonra, ilk kez Okay ve diğerleri (1990) tarafından belirlenen ve temel kayaçları Permo-Triyasta üzerlediği öne sürülen ofiyolitik kayaçlar görülmektedir. Biga yarımadasında, Jura devri, kumtaşları ve bunların üzerinde yer alan kumlu kireçtaşları ile oolitik ve sileks yumrulu kireçtaşları ile temsil olunmaktadır. Bunların üzerinde de Üst Kretase yaşlı ofiyolitli melanj birimleri yer almaktadır. Biga yarımadasında Üst Kretase-Alt Eosen dönemi Fıçtepe formasyonu olarak adlandırılan, delta düzlüğü ve flüviyal çökellerle (ince kömür arakatlı konglomera kumtaşı, şeyl) temsil edilir (Sfondrini, 1961; Siyako ve diğerleri, 1989). Yer yer de bu birimlerle arakatlı olarak andezitik lavlar ve tüflerden oluşan volkanik birimler eşlik ederler. Daha sonra Orta Eosen yaşlı ve Soğucak kireçtaşı olarak adlandırılan (Holmes, 1966) kireçtaşları kirdordan olarak yer alırlar. Bu birimlerden sonra Üst Eosen yaşlı, genellikle türbiditlerden oluşan Ceylan formasyonuna (Ünal, 1967) ilişkin kumtaşı, şeyl ve marn ardalanmaları izlenir. Bu istif içinde Kılavuz seviye olarak ayrılabilen yeşil-mavi renkli, 10-30 m. kalınlıkta iki dasitik tuf seviyesi yer alır. Yer yer de andezit ve dasitik lavlar bulunmakta olup, tüm Eosen yaşlı Volkanitler bu çalışma ile "Balıklıçeşme volkanitleri" olarak adlandırılmışlardır. Daha sonra bölge tamamen kara haline geçmiş, yükselmiş ve yaygın alanlar kaplayan, andezit, dasit ve riyodasit türde lav, tuf ve aglomerallardan oluşan karasal volkanizma egemen olmuştur. Bu çalışma ile "Çan volkanitleri" olarak adlandırılan bu volkanitlerin Orta-Üst Oligosen yaşlı oldukları saptanmıştır. Daha sonra bu volkanitleri keserek bazaltik ve trakiandezitik türde küçük yüzlekler veren Üst Oligosen yaşlı "Kırazlı volkanitleri" meydana gelmişlerdir (Şek. 3). Biga yarımadasında Alt-Orta Miyosen boyunca da yoğun bir volkanizma etkin olmuş ve andezit, dasit, riyodasit, latit türde lav, tuf, aglomeraller ve ignimbritler oluşmuşlardır. Bu çalışma ile "Behram volkanitleri" olarak adlandırılan volkanik kayaçlarla birlikte yer yer karasal çökeller de eşyaşlı olarak meydana gelmişlerdir. Biga yarımadasında volkanizmaya bağlı olarak genellikle granodiyorit bileşimli sıg sokulumlar da bulunmaktadır. Bunlar Kestanbol, Eybek. Ilıca-Şamlı, Nevruz-Çakıroba,

Karabiga, Kuşçayırı, Evciler vb. granodiyoritler olup çeşitli araştırmacılarca yapılan radyometrik yaş tayinlerine göre hepsinin yaşı Üst Oligosen-Alt Miyosen sınırında bulunmaktadır. Ancak Altınoluk graniti gibi Üst Kretase-Paleosen yaşlı ve daha eski plütonların varlığı da bilinmektedir (Ercan ve Türkecan, 1984).

Bölgede Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanik kayaçlarla birlikte yer yer karasal çökeller de eşyaşlı olarak meydana gelmişlerdir. Bunlar, bitümlü şeyl, silttaşı, kumtaşı, tuf ve kömürlerden oluşurlar. Bu karasal çökeller faylarla sınırlanmış ve birbirlerinden ayrı ufak görsel havza çökellerini temsil ederler. Yer yer de yamaç molozu şeklinde zayıf tutturulmuş konglomeraller ve iri taneli kumtaşları şeklindedirler.

inceleme alanında, yaygın olarak izlenen Alt-Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitlerinin son evrelerinde bunlar keserek dayklar ve lav akıntılar şeklinde küçük yüzlekler veren yeni bir evre ile oluşan bazalt ve trakiandezit türde olan Volkanitler de saptanmış olup "Hüseyinfaçı volkanitleri" olarak adlandırılmışlardır ve Orta Miyosen yaşlı oldukları radyometrik yaş belirlemeleri ile saptanmıştır.

Bölgede daha sonra Üst Miyosen yaşlı çökeller yer alırlar. Altta flüviyal ortam ürünü olan alacalı konglomera, kumtaşı şeyl ve ince kireçtaşı düzeylerinden oluşan Gazhanedere formasyonu (Kopp, 1964; Saltık, 1974) bulunmakta olup, düşey ve yanal olarak, kumtaşlarından oluşan Kırazlı formasyonuna (Saltık, 1974) geçer. Kırazlı formasyonunu meydana getiren kumtaşları sahili yakını ortamlarda çökelmiş olup sarımsı boz renkli, yumuşak ve seyrekleşmiş arakatlıdır (Siyako ve diğerleri, 1989). Gazhanedere ve Kırazlı formasyonları ile yanal ve düşey geçişli sıg denizel Alçitepe formasyonu ile (Önem, 1974) bölgede Üst Miyosen devri sona erer. Bu formasyon, kumtaşı, çalkıttaşı, şeyl, marn ve oolitlik kireçtaşlarından oluşmuştur,

Üst Miyosen sonlarına doğru bölgede yeni bir volkanik evrede egemen olmuş ve alkali nitelikli bazaltik lavlar genç fay zonları boyunca meydana gelmiş olup "Ezine bazaltı" olarak adlandırılmış ve bu çalışma ile yaş sorunu da aydınlatılmıştır.

Biga yarımadasında Pliyo-Kuvaterner döneminde ise çalkıttaşı, kumtaşı ve şeyllerden oluşan flüviyal çökeller ile görsel karbonatlı çökelmiştir. Siyako ve diğerleri (1989) tarafından "Bayramiç formasyonu" olarak adlandırılan bu birimlerin yaygın yüzlekler verirler.

Gökçeada, tamamen Senozoyik yaşlı kaya birimlerinden meydana gelmiştir. Temeli fliş niteliğinde ve kumtaşı, marn, kilitaşı, kireçtaşı ardalardan meydana gelen bir birim oluşturur. Bu birim Biga yarımadasında Siyako ve diğerleri (1989) tarafından Fiçtepe formasyonu" olarak adlandırılan Alt Eosen yaşlı birimlere karşılık gelebilir. Daha üstte ise kireçtaşı mercek ve düzeyleri yer almakta olup, Biga yarımadasındaki Orta Eosen yaşlı "Soğucak kireçtaşına karşılık gelebilir. Kireçtaşlarının üzerinde sarımsak kahve renkli fliş niteliğinde kumtaşı, marn, kilitaşı ardalanelmaları izlenir. Bunlar üst düzeylere doğru kömürleşmiş bitki kalıntıları da içermekte olup, yine Siyako ve diğerleri (1989) tarafından Gelibolu yarımadasında ayrıntılı olarak çalışılan. Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı "Mezardere formasyonu" ve bunun üzerinde yer alan "Osmançık formasyonu" ile denestirilebilirler. Gökçeada'da çalışan Akartuna (1950) ve Okut (1975) gibi bazı araştırmacılar, Gökçeada'da Eosen ve Oligosen yaşta olmak üzere farklı iki yaşta fliş çökelleri bulunduğunu öne sürerler. Bu birimleri andezit ve dasit türde lav, tüf ve aglomeraların bulunduğu volkanik kayalar üstler. Bu çalışma ile Orta-Üst Oligosen yaşlı Çan volkanitleri grubuna ait oldukları radyometrik yaş ölçümleri ile saptanmıştır. Daha üstte ise Miyosen yaşlı gri-sarı renkli kumtaşları yer almakta olup, yer yer marnlı ve killi düzeylerle arakatlıdır. Bu birimler de Biga yarımadasındaki Üst Miyosen yaşlı "Gazhanedere formasyonu" ile denestirilebilirler Kuvaterner yaşlı yamaç molozları ve alüvyonlarla Gökçeada da istif tamamlanmaktadır

Bozcaada'da temelde, metaşeyl ve kalkıştillerle başlayıp üste doğru rekristalize kireçtaşı-metaşeyl ardalanelmasıyla devam eden ve üstte gri-siyah renkli kalın tabakalı masif kireçtaşlarına geçen birimler bulunurlar. Yaklaşık 1600 m. kalınlık gösteren rekristalize kireçtaşları içinde Üst Permian yaşlı fosiller bulunmuştur (Kalafatçıoğlu, 1963). Bunların üzerinde tektonik dokanakra, çoğunlukla serpantinleşmiş peridotitlerden oluşan ofiyolitik birimler yer alırlar. Daha üstte ise kızıl renkli konglomeralarla başlayan Eosen birimleri gelir. Üste doğru gri renkli konglomeralar ve gri-beyaz renkli, bol Orta Eosen yaşlı fosiller içeren kireçtaşları yer alır. Bunların üzerinde de Eosenin fliş yapıllı konglomera, kumtaşı, marn, kilitaşı ve kireçtaşı düzeyleri bulunur. Bu birimleri andezit ve dasit türde lavlar keserler ve bu çalışma ile yapılan radyometrik yaş ölçümü ile Alt Miyosen yaşta oldukları saptanmıştır.

Bunların üzerinde de Orta-Üst Miyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, kilitaşı, marn, kireçtaşı ardalanelmaları sunan gösel çökeller yer almakta, en üstte de Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bulunmaktadır.

Tavşan adaları, alta gösel ortamda oluşmuş kumtaşı, silttaşı, kilitaşı, kireçtaşı türde, sarı-boz renkli çökel kayaçlar ile bunların üzerinde yer alan koyu kahve-siyah renkli alkali bazaltik türde volkanik lav akıntılarında oluşmuşlardır. Hepsisi de Üst Miyosen yaşlı olan çökellerden, özellikle kireçtaşları Mactra fosilleri içerirler. Alkali bazaltlarda bu çalışma ile yapılan radyometrik yaş belirlemeleri sonucu Üst Miyosen yaşlı "Ezine bazaltı" grubuna ait oldukları saptanmıştır. Başlangıçta Biga yarımadasının doğal bir uzantısı olarak Bozcaada ile birlikte oluşan Tavşan adaları, çok sonra, Kuvaternerde Ege denizinin yükselmesi ile Biga yarımadasından ayrılmış ve ada halini almışlardır.

TERSİYER VOLKANİZMASININ ÖZELLİKLERİ

inceleme alanında Alt Eosenden itibaren etkin olmaya başlayan ve çeşitli evrelerle Üst Miyosen sonlarına kadar süren Tersiyer volkanizması 6 ana gruba ayrılmıştır;

1- Balıklıçesme volkanitleri

Bölgede Tersiyer volkanizması ilk olarak Eosende, Biga yarımadasının kuzey kısmında Lapeşki-Biga ilçe merkezleri arasında ve daha batıdaki Gelibolu yarımadasında yüzlekler vermeye başlamıştır. Eosen volkanizmasının öncülere olan andezitik lavlar ve tüfler ise, Fiçtepe formasyonu olarak adlandırılan (Siyako ve diğerleri, 1989) ve delta düzlüğü-flüviyal çökeller olarak tanımlanan ince kömür arakatlı konglomera, kumtaşı ve sevilere arakatlı olarak ortaya çıkmışlardır. Bu birimler tipik olarak Lapeşki ilçe merkezi dolaylarında yer almakta ve bazen de ofiyolitik melanj birimleri ile yaşlı fosillerle saptanmış Orta Eosen yaşlı Soğucak kireçtaşı arasında bulunmaktadır. Kesin bir yaş bulgusu olmamakla birlikte, bu birimlerin Alt Eosende oluştuğu bu çalışmada varsayılmıştır. Ancak volkanizmanın Paleosende de başlamış olabileceğine ilişkin görüşler de bulunmaktadır (Siyako ve diğerleri, 1989; Ertürk ve diğerleri, 1990). Orta Eosende bölgede önemli bir transgresyon başlamış ve sığ denizel kireçtaşları (Soğucak kireçtaşı) çökelmiştir. Bu sırada Eosen volkanizması da etkinliğini sürdürmüş ve andezitik türde lavlar ve tüfler oluşmuştur. Daha sonra Üst Eosene doğru Biga ve Gelibolu yarımada-

dalarını kapsayan havzanın güney şelfi giderek derinleşmiş ve genellikle türbiditlerden oluşan Ceylan formasyonu (Ünal, 1967; Siyako ve diğerleri, 1989) çökelmeye başlamıştır. Biga yarımadasında türbiditik kumtaşı, şeyl ve marnlardan oluşan ve yaklaşık 500 m. kalınlık sunan Ceylan formasyonu içinde kalavuz seviye olarak nitelendirilebilecek yeşil-mavi renkli iki dasitik tuf seviyesi, 10-30 m. kalınlıkta olarak izlenmekte ve Eosen volkanizmasının Üst Eosende de devam ettiğini kanıtlamaktadır. Biga yarımadasında Alt Eosenden başlayarak tüm Eosen boyunca. Üst Eosen sonlarına değin etkinliğini sürdüren, andezitik ve dasitik lav ve tüflerden oluşan Eosen volkanizması, KB'a doğru Gelibolu yarımadasında da benzer özelliklerde yüzleklere vermektedir. Örneğin, Gelibolu ilçe merkezi çevresinde yeşil ve vişne renkli andezitik ve dasitik tüfler, Orta-Üst Eosen yaşlı çökel kayalarla arakatlı olarak, lavlar ise yer yer küçük siler şeklinde izlenirler. Bölgede çalışan Kopp (1964), Gelibolu volkanitlerini alttan üste doğru "Kömürtepe andezit ve tüfleri", "Kavaklık andeziti", "Uçaktepe tüftü" ve "Kocakuş tüftü" olmak üzere ayrıntılı olarak ayırtlamıştır. Önal ve Yılmaz (1983), volkanitlerin Üst Eosen yaşlı olduklarını belirterek, tanımlamış oldukları fliš nitelikli "Burgaz formasyonu'nun "Karaağaç üyesi" içinde diğer çökel birimleriyle ardalınamalı olarak tuf düzeylerinin yer aldığını saptamışlardır. Önal (1986) "Gelibolu volkanitleri" olarak adlandırdığı Üst Eosen yaşlı volkanik kayaların andezit ve dasit türde olduklarını belirtmiştir. Sümenen ve diğerleri (1987), "Burgaz formasyonu" olarak adladıkları kalınlığı 600 m.'ye ulaşan ve şeyllerden oluşan birimler içinde de tuf düzeyleri saptamış ve bunların Orta Eosen yaşta olduklarını belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar daha üstte yer alan ve "Gaziköy formasyonu" olarak adladıkları şeyller ve kumtaşlarından oluşan formasyon içinde tuf düzeyleri de gözlemiş ve ince tabakalı, açık renkli, silisli tuf biriminin Orta-Üst Eosen yaşlı olduklarını saptamışlardır.

inceleme alanında Alt Eosenden başlayarak tüm Eosen devri boyunca yüzleklere veren ve andezitik ve dasitik türde lav ve tüflerden (yer yer aglomera) oluşan Eosen volkanizması, tipik olarak gözlemlenir. Balıklıçesme yerleşme merkezi (Biga KB'sı) göz önüne alınarak, "Balıklıçesme volkanitleri" olarak adlandırılmış ve ayırtlanmıştır (Şek. 3). Ancak daha sonra etkin olan Oligosen ve Miyosen yaşlı volkanitlerle benzeşme göstermekte ve kimi yerlerde ayırtlanabilmeleri mümkün olmamaktadır.

inceleme alanında Eosen volkanitlerinden alınan örneklerde yapılan petrografik incelemeler sonucunda; andezitik lavların, porfirik dokulu, kloritleşmiş ve killeşmiş plajiyoklaz mikrolitleri, piroksen ve opak mineral bulunduran hamur içindeki plajiyoklaz fenokristalleri, biyotitleşmiş ve opak minerale dönüşmüş hornblend kırıntıları ve diyopsitik ojit kristalleri ile belirgin oldukları, dasitik lavların ek olarak kuvars kristalleri içerdikleri saptanmıştır. Plajiyoklazlar egemen durumda olup, dilinirlerinden itibaren değişime, bozuşmaya başlamışlardır. Zonal yapı sunanlarda kaolenleşme bu yapıya uyumludur ve andezin ve oligoklaz türdedirler. Hornblendler iri, özşekilli, parçalanmış, içleri kısmen bozalmış görünümündedirler. Hafif biyotitleşme ve kloritleşme sergileyenlerle, kenarlarında turuncu renkli opaklaşma içerenler bulunmaktadır. Kuvars kristalleri özşekilsiz ve yuvarlağımsıdır. Yer yer de ufak özşekilli apatit kristalleri bulunmaktadır. Tüfler genellikle litik tuf özellikleri taşırlar. Üst Eosen yaşlı Ceylan formasyonu içinde bulunan ve "Ceylan tüfleri" olarak adlandırılan tuf birimlerinde inceleme yapan Ertürk ve Uygur (1994), bunların çoğunlukla vitrik, nadiren kristalen tuf olduklarını belirterek denizel ortamda oluşan iki farklı lithofasiyes ürünü ayırtlamışlardır. Bunlar, iyi yataklanmış laminasyon gösteren yeşil renkli tüfler ile karbonatlaşma yer yer silisli beyaz renkli tüflerdir.

inceleme alanındaki Eosen volkanizmasına ilişkin son evrelerde oluşmuş dasitik bir lavdan Balıklıçesme yadınının alınan bir örnekte K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlenmesi yapılmış ve 37.3 ± 0.9 milyon yıllık (Üst Eosen sonu) bir yaş ekte edilmiştir.

2- Çan volkanitleri

inceleme alanı Alt Oligosenden itibaren tamamen kara haline geçerek yükselmiş ve özellikle Çan-Etili çevresinde, Edremit dolaylarında, Çanakale doğusunda ve Gökçeada'da yaygın alanlar kaplayan andezit, dasit, riyodasit türde lav, tuf ve aglomeralardan meydana gelen karasal bir volkanik evre etkin olmuştur. Tuf ve lavların büyük bir kısmı alterasyona uğramış, pek çoğu da silisleşmiştir. Bunlar arazide beyaz, sarı, kırmızı, kahve, yeşil ve mavi renklerde çök, sarı konumalarda bulunurlar. Silisleşen tüfler sert ve midye kabuğu kırılmalıdır. Yırtılmamış olan lavlar çoğunlukla koyu renklerde olup, kayada çubuklar şeklinde kahverengi plajiyoklaz kristalleri, gri-siyah biyotit ve koyu gri piroksen

fenokristalleri izlenir. Hamur da genellikle bozuşmuş ve çoğunlukla siyah renklidir. Lavların büyük bir kısmı silisleşmiş, arjilitleşmiş, yer yer de piritleşmiştir. Tüfler içinde yer yer de hidrotermal kuvarş damarları bulunmaktadır. Bölgedeki tüm metalik maden yatakları genellikle bu Oligosen volkanizması ile ilişkilidirler. Ayrıca tüflerin ayrışmasıyla da, zengin kaolen yatakları oluşmuştur. Kuzeybatı Anadolu'da Oligosen volkanizması ilk kez Edremit doğusunda Krushensky (1976) tarafından gözlenmiş, "Hallaçlar formasyonu" olarak adlandırılmış ve radyometrik yaş tayini yapılarak 23.6 ± 0.6 milyon yıllık bir yaş bulunmuştur. Daha sonra Dayal (1984), Yenice dolaylarındaki andezitik lavlarda radyometrik yaş tayinleri yaparak 28.2 ± 1.4 ve 28.0 ± 0.9 milyon yıllık yaşlar saptamış ve Üst Oligosen volkanizmasının vanği ortaya çıkmıştır. Ercan ve diğerleri (1985) Ayalık bölgesinde, Ercan ve diğerleri (1986) Bigadiç yöresinde, Ercan ve Günay (1984) ile Ercan ve Gedik (1986), Gelibolu yarımadasında ve Trakya'da, Ercan ve diğerleri (1990) ise Balıkesir'de Oligosen yaşlı volkanizmanın varlığına değinmişlerdir. Bu çalışma ile Oligosen volkanizması, tipik olarak Çan çevresinde görüldüğünden "Çan volkanitleri" olarak adlandırılmış ve Gökçeada'daki yüzleklerinden alınan iki örnekte K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş ölçümü sonucunda 34.3 ± 1.2 ile 30.4 ± 0.7 milyon yıllık iki yaş saptanarak volkanizmanın Alt Oligosen sonlarından itibaren etkin olduğu saptanmıştır. Önceki araştırmalar tarafından ölçülen 28.2 ± 1.4 ; $28.010.9$ ve 23.6 ± 0.6 milyon yıllık yaşlar ise volkanizmanın Üst Oligosen sonlarına değin devam ettiğini göstermektedir. Ancak kimi araştırmacılar bölgedeki Oligosen volkanizması ile daha sonra etkin olan Miyosen volkanizması birbirinden ayırmayı bütünüyle Miyosen yaşlı olarak düşünmektedir. Örneğin Siyaku ve diğerleri (1989) Çan volkanitleriyle ait yüzlekleri "Doyran volkanitleri" olarak adlandırmış ve Alt Miyosen yaşta olduklarını kabul etmişlerdir. Oligosen volkanizması KB'ya doğru yayılarak Trakya ve Yunanistan ile Bulgaristan'da da devam etmektedir. Örneğin, Keşan yöresinde Ternek (1949) ile Kopp ve diğerleri (1969) gibi araştırmacılar volkanizmanın tüm Oligosen boyunca etkin olduğunu, ilk volkanik evre ile Alt Oligosende andezit ve dasit türde lavlarla tüflerin meydana geldiğini, daha sonra Üst Oligosene doğru, yoğun andezitik ve dasitik, yer yer de trakit türde lavların oluştuğunu belirtmişlerdir. Oligosen volkanizması, Enez civarında da çoğun andezitik ve dasitik türde lav ve tüflerden oluşmuştur. Saner (1985) tarafından "Hi-

sarıdağ volkaniti" olarak adlandırılan bu Volkanitler 800 m. kalınlığa erişirler. Aynı adlama Sümenge ve diğerleri (1987) tarafından da bu yöredeki Volkanitler için de kullanılmış ve andezitik bir lav örneğinden yapılan bir radyometrik yaş ölçümü ile 35.0 ± 0.9 milyon yıllık (Alt Oligosen) bir yaş saptanmıştır. Trakya'da geniş alanlarda Oligo-Miyosen yaşlı çökeller içinde birkaç evrede oluşan ve değişik kalınlıklar sunan tüflü düzeyleri bulunmakta olup, bunlar Oligosen yaşlı volkanik kayaların taşınmış ürünleridir (Lebküchner. 1974). Genellikle bozuşmuş kaolenleşmiş andezitik ve dasitik cam tüfleri olup çökeltilerden ayırtılmaları çok güçtür (Ercan, 1979). Bu birimlerin yanı sıra Trakya'da geniş alanlar kaplayan Oligo-Miyosen yaşlı çökel kayalar altında da yer yer bunlarla örtülü Oligosen yaşlı volkanik kayaların da bulunduğu saptanmıştır. Örneğin Ercan ve Gedik (1986) tarafından Keşan kuzeyinde ve Malkara doğusunda petrol şirketleri tarafından 1850-1860 m. ile 1488-1492 m. derinliklerden alınan karotlar incelenmiş ve Oligosen volkanitlerinin varlığı saptanmıştır. Trakya'daki Oligosen Volkanizması, Yunanistan ve Bulgaristan'da da geniş alanlarda yüzlekle vermektedirler. Çan volkanitleri. Kuzeybatı Anadolu'da zengin metalik maden yatakları içermeleri açısından büyük önem taşırlar. Hidrotermal alterasyon son derece yoğun olup, alterasyon geliştiği yörelerde silisleşmiş zonlar içinde Au, Ağ, Pb, Cu, As, Mo ve Hg yataklanmaları oluşmuş ve binlerce yıldan beri işletilmektedir. Özellikle Edremit dolaylarında ve Çanakkale-Bayramiç arasındaki altın yatakları önemlidir. Edremit dolaylarında çalışan Koç ve diğerleri (1994), volkanitlerin, alterasyon derecesine göre, hafif altere Volkanitler, arjilit zon, silisifiye zon ve sülfütlük zon olmak üzere 4 farklı üniteye ayırtılabileceklerini belirtmişlerdir. Epitermal metalik maden yatakları daha çok silisifiye zonlarda bulunmaktadır.

inceleme alanında Oligosen yaşlı Çan volkanitlerinden alınan örneklerde yapılan petrografik incelemeler sonucunda; örneklerin çoğun andezitik, ender olarak da dasitik türde oldukları, porfirik ve mikrolitik-porfirik dokulu olup, Plajiyoklazların mikrolitler ve fenokristaller şeklinde genellikle zorlu yapı gösterdikleri, çoğunlukla andezin, yer yer oligoklaz türde oldukları ve kaolenteleşme gösterdikleri saptanmıştır. Plajiyoklazlar yer yer de silisleşme ve kloritleşme gösterirler. Amfiboller, hornblend türde olup, irili-ufaklı kristalleri yanı özşekilli veya özşekilsizdir ve opaklaşma şeklinde altere olmuştur. Yeşil-san

tonda pleokrizma sunarlar. Klinopiroksenler (ojit) irili, ufaklı olup, özşekilsiz, yarı özşekilli ve bazı kristalleri çatlaklıdır. Bazen de küçük özşekilli ojit kristalleri bir araya gelerek kümelenme yapmışlardır. Biyotitler, daha az olarak bulunurlar ve kenarlarından ve dilinimlerinden itibaren opaklaşma izlenir. Bir kısmı da kloritleşmiştir. Talıf mineral olarak da ufak kristaller şeklinde apatitler ve opak mineraller bulunmaktadır. Gaz boşluklarında yer yer ikincil kuvars dolgusu görülmektedir. Ender olarak dasitik türde olan lavlarda özşekilsiz ve yuvarlağımsı kuvars kristalleri yer almaktadır. Hamur, kristalen ve çok ince mikrolitlerden oluşmuş, silisleşmiş ve karbonatlaşmıştır.

3-Kirazlı volkanitleri

Çan volkanitlerinin yaygın yüzlemler meydana getiren andezitik ve yer yer de dasitik nitelikli lav, tüf ve aglomeralarının oluşumlarının son evrelerinde volkanizma nitelik değiştirmiş ve genellikle dayklar, yer yer de lav akıntılar şeklinde, trakiandezit ve bazaltik türde siyah renkli küçük yüzlemler meydana gelmişlerdir. Biga yarımadasının orta kesiminde KB-GD yönde kırık hatları boyunca gözlenen bu küçük yüzlemler en iyi izlendikleri Kirazlı yerleşme merkezi göz önüne alınarak "Kirazlı volkanitleri" olarak adlandırılmışlardır (Şek. 3). Kirazlı volkanitleri bazen bazaltik bazen de trakiandezitik bileşimdedirler. Ancak çoğunluğu oluşturan trakiandezit türde olanları da arazide, içerdikleri mafik minerallerin bolluğu, siyah ve çok koyu yeşil renkte olmaları, dayklar şeklinde izlenmeleri ve altığın sütünsal soğuma biçimleri gibi özellikleriyle bazaltik lavları andırmakta; ayrıntılı petrografik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda trakiandezit, bazaltik andezit, ender olarak da hyaloandezit ve latit olarak adlanabilecekleri belirlenmektedir. Yer yer de ignimbrit türde yapılar sunmaktadırlar.

inceleme alanı güneyinde Ayvalık civarında ve KB Anadolu'da daha pek çok yerde bu tür bazalt görünümü trakiandezit türde volkanitlerin varlığı bilinmektedir. Ercan ve diğerleri (1987) Ayvalık dolaylarında "Alibey volkanitleri" olarak ayırdıkları trakiandezitik lavları, "Yalancı bazalt" ya da "Pseudobazalt" olarak adlanmış ve oluşumları için manto kabuk karışımı bir melez magma türü düşünülmüştür. Ercan ve diğerleri (1985), Ayvalık yakınında Alibey adasından aldıkları bazalt görünümü trakiandezitik lavda K/Ar yöntemi ile yaptıkları radyometrik

yaş belirlemesi sonucunda 31.4 ± 0.4 milyon yıllık bir yaş (Üst Oligosen) elde etmişlerdir. Bu araştırma ile alınan iki örnekte radyometrik ya; ölçümleri sonucu trakiandezit türde lavda $31,1 \pm 0.7$ milyon yıl; bazaltik türde lavda ise 27.6 ± 0.6 milyon yıllık yaşlar saptanmıştır.

Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitlerinde yapılan petrografik incelemeler sonucunda, trakiandezit türde olan bazalt görünümü lavların mikrolitik porfirik ve hyalo mikrolitik porfirik dokuda oldukları, camsı mikrokristalin bir hamur içinde plajiyoklaz (labrador ve andezin), ojit, daha az olarak da biyotit, hornblend, olivin, apatit ve zirkon kristalleri içerdikleri saptanmıştır. Plajiyoklazlar fenokristaller ve mikrolitler şeklinde olup, yer yer bozmuş ve zeolit ve serisit gibi minerallere dönüşmüştür. Bazı kristaller zonlu yapıdadır. Ojit kristalleri irili ufaklı, yarı özşekilli veya özşekilli kristaller halinde gözlenmiştir. Yer yer küçük kristalleri bir araya gelerek kümelenmeler yapmaktadır. Biyotit kristalleri kenarları ve dilinimleri boyunca kısmen opak minerallere dönüşmüştür. Hornblend kristallerinin kenarları ve dilinimleri boyunca çizgisel opaklaşma gelişmiştir. Bazı kristaller hemen hemen tamamen opaklaşmış olup, sarımsı-yeşil tonda pleokrizma sunarlar. Olivin kristalleri çatlaklı olup tamamen altere olmuştur. Alttere olivinler kirli sarımsı kahverengi görünümü olup relikt olarak serpantinleşme de izlenmiştir. Bazaltik türde olan lavlar ise, intergranüler ve mikrolitik porfirik dokuda olup, küçük plajiyoklaz ve mafik mineral mikrolitleri ve küçük opak mineral taneciklerinden oluşan bir hamur içinde plajiyoklaz (labrador ve andezin), ojit, olivin ve ender olarak da apatit ve opak mineraller gözlenmiştir. Yer yer de alterasyon ürünü epidot kristalleri bulunmaktadır. Plajiyoklazlar, fenokristaller ve mikrolitler/latalar şeklinde bazı kristaller zonlu olarak yer alırlar. Bazı kristaller kısmen altere olmuştur. Ojit kristalleri, plajiyoklaz kristalleri arasında küçük, yarı özşekilli veya özşekilsiz kristaller halinde olup, ender olarak fenokristaller de bulunmaktadır. Serpantinleşme ve karbonatlaşma şeklinde alterasyon gösterirler. Olivin kristalleri irili ufaklı, yarı özşekilli veya özşekilsiz kristaller halinde olup tamamen serpantin mineraline dönüşmüşlerdir.

4- Behram volkanitleri

Biga yarımadasında Alt-Orta Miyosen boyunca çeşitli evrelerle yoğun bir volkanizma egemen

olmuş ve andezit, dasit, riyodasit, latit türde lav, tüf ve aglomeralar ile geniş alanlar kaplayan ignimbritler meydana gelmiştir. Kuzeybatı Anadolu'da iyi tanınan ve geniş alanlar kaplayan Alt-Orta Miyosen volkanizması, ilk kez Akyürek ve Soysal (1983) tarafından Bergama güneyinde "Yuntdağı volkanitleri" olarak adlandırılmış, daha sonra Dikili dolaylarında Ercan ve diğerleri (1984a) tarafından, Edremit Korucu dolaylarında Ercan diğerleri (1984b) tarafından, Bigadiç dolaylarında Ercan ve diğerleri (1984e) tarafından ve Ayvacık çevresinde Gevrek ve diğerleri (1986) tarafından çalışılmış ve tanımlanmıştır. Biga yarımadasında Alt-Orta Miyosen volkanizması Siyako ve diğerleri (1989) tarafından "Ezine volkanitleri" olarak adlandırılmış, ancak yaşlarının Orta-Üst Miyosen olduğu öne sürülmüştür. Buna karşın, yapılan tüm radyometrik yaş belirlemeleri 21.5 ile 16.8 milyon yıl arasında (Borsi ve diğerleri, 1972) Alt-Orta Miyosen yaşını vermektedir. Bu çalışma ile "Behram volkanitleri" olarak adlandırılan Alt-Orta Miyosen volkanizmasının lavları andezit, dasit, riyodasit, latit türde olup gri, siyah, sarı, pembe ve bordo renklerde izlenir. Yer yer çok sert, bol çatlaklı olan lavlarda tipik akma yapıları gözlenir. Bazende domsal yapı ve volkan çivileri (neck) yapıları tipiktir. Tüfler, gri, sarı ve beyaz renklerde olup yer yer kaolenleşmiştir. Behram volkanitlerinde ayrıntılı volkanolojik incelemeler yapan Öngür (1973), volkanik etkinliğin Ayvacık-Babakale-Behram (Assos) olmak üzere üç volkanik merkezde toplandığını (Şek. 3). Ayvacık volkanının latit ve kuvarsit türde "Ayvacık lavı" ve ondan türemiş laharik breşlerden, Babakale volkanının çok sayıda lav ve volkanik breş aralanmasından kurulu olduğunu ve bunun günümüzde denizaltında kalmış bir volkan konisinin yamacından arta kalan tipik bir strato-volkan olduğunu, Behram volkanının ise patlama indisi en yüksek volkanik merkez olup, ilk dönem etkinliklerinin kuvarsit, latit, dasit ve riyodasit türde lav püskürmeleri olduğunu, ikinci etkinlik döneminde ise çok sayıda ignimbrit püskürmeleri meydana geldiğini ve bu püskürmelerin çok geniş bir alana yayıldığını belirtmektedir. Behram (Assos) volkanik merkezinden çıkan ve olasılı 11 farklı evrede oluşan ignimbritler, kuzey ve kuzeybatıya doğru Biga yarımadasında, güneydoğuya doğru Ayvalık çevresinde ve daha güneye doğru Midilli adasında kalın bir ignimbrit örtüsü oluşturmuştur. Borsi ve diğerleri (1972) tarafından Ayvacık civarındaki ignimbritlerde yapılan radyometrik yaş ölçümünde bu-

lanun 17.1 milyon yıllık, Midilli adası ignimbritlerinde yapılan 16.9 milyon yıllık yaşlar, ignimbritlerin Alt-Orta Miyosen, volkanizmasının son evrelerinde meydana geldiklerini kanıtlar. Bu denli büyük ignimbrit püskürmesi Behram kalderasının oluşmasına sebep olmuştur (Öngür, 1978). Yaklaşık 4x6 km.lik bir büyüklüğe sahip olan kaldera günümüzde, Edremit körfezi çöküntüsünü nedeniyle deniz altında kalmıştır. Ayvacık-Gülpınar arasında her üç volkanik merkezden çıkan volkanik ürünler de yer alırlar ve bazı yerlerde bunları birbirlerinden ayırtlamak çok güçtür, inceleme alanında Behram volkanitleri ayrıca Bayramiç kuzeyinde, Edremit doğusunda ve Bozcaada'da yüzlemler verirler. Bu çalışma ile K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş ölçümü ile Bozcaada lavlarında 19.6±0.4, Edremit doğusunda ise 21.9±0.6 milyon yıllık değerler saptanmıştır. Lavlarda yapılan petrografik çalışmalar sonucunda, andezitik lavların porfirik, hyaloporfirik ve mikrolitik dokulu, bazen kloritleşmiş, killeşmiş ve yer yer de karbonatlaşma ve plajiyoklaz mikrolitleri, piroksen ve opak minerallerden oluşan bir hamur içinde, plajiyoklaz fenokristalleri (andezin ve oligoklaz), biyotit ve az hornblend ve ojit gözlenmiştir. Latit türde olan lavlar ayrıca sanidin fenokristalleri, distik ve riyodasitik lavlar da kuvars ve yer yer de orbit (allanit) fenokristalleri içerirler. Plajiyoklazlar genellikle iri ve çok irileşmiş olup tümüyle altere olarak karbonata dönüşmüşlerdir. Parçalanmış, çatlaklı ve kırıklıdır. Aşırı serisitlenme ve karbonatlaşma plajiyoklaz kristallerini kaplamış olup çok az kalan kalmatlarıyla ayıklanabilirler. Çok irileşmiş olanların içinde gene karbonatlaşma kapanımlar görülmektedir. Mafik mineraller, çoğunlukla opaklaşmış, bazen tümden kloritleşmiş durumda olup güçlkle tanınmaktadırlar. Lavlarda ayrıca iri apatit ve zirkon kristalleri bulunmaktadır.

5- Hüseyinfakı volkanitleri

Biga yarımadasının güney kısmında Behram (Assos) dolaylarında, Alt-Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitlerini meydana getiren volkanizmanın son evrelerinde bunları keserek dayklar ve lav akıntıları şeklinde küçük yüzlemler veren bazalt ve trakiandezit türde lavlar da saptanmış ve "Hüseyinfakı volkanitleri" olarak adlandırılmışlardır. Gerek arazi gözlemleri, gerekse petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitleri ile büyük ölçekte benzeşme göstermekte olup, ayrırtlanmaları çok güçtür. Hüseyinfakı volkanitleri

de Kirazlı volkanitleri gibi bazalt ve trakiandezit türde olup, trakiandezitik lavlar çoğunluğu oluşturmakta ve arazide bazalt görünümünde yüzlekler vermekte, ancak yapılan ayrıntılı çalışmalarla trakiandezit, bazaltik andezit, ender olarak da hiyalozandezit ve latit türde oldukları belirlenmektedir. Bu tür bazalt görünümüne Orta Miyosen yaşlı trakiandezitik Volkanitler de Kuzeybatı Anadolu'da başka yerlerde gözlenmiş ve ayıklanmışlardır. Örneğin Ercan ve diğerleri (1984e) Bigadiç yöresinde bu birimleri "Çandag" volkanitleri", Ercan ve diğerleri (1984a ve b) Dikili-Bergama ve Edremit yöresinde "Dededağ volkanitleri" olarak adlandırmışlardır. Bergama yakınında bu tür bir lavdan alınan örnekte Ejima ve diğerleri (1987) tarafından 14.6 ± 1.6 milyon yıllık radyometrik yaş ölçülmüştür. Bu çalışma ile Gülpınar-Koyunevi köyü yakınından alınan örnekte yapılan radyometrik yaş ölçümü ile 18.5 ± 0.4 milyon yıl, tipik olarak gözlemlenen Hüseynifakı köyü yakınından alınan örnekte ise 15.3 ± 0.3 milyon yıllık değerler elde edilmiş ve Hüseynifakı volkanitlerinin Orta Miyosen yaşta oldukları belirlenmiştir.

Hüseynifakı volkanitlerinde yapılan petrografik çalışmalar sonucunda, trakiandezit türde olan bazalt görünümüne lavların mikrolitik-porfirik ve hiyalozamikrolitik-porfirik dokuda olup, ince mikrolitler, mafik mineraller, volkanik cam ve küçük opak minerallerden oluşan bir hamur maddesi içinde plajiyoklaz (labrador ve anortit), daha az olarak da ojit, olivin ve opak mineral kristalleri gözlenmiştir. Plajiyoklazlar, mikrolitler ve fenokristaller şeklindedir. Bazıları çok irileşmiştir. Bazen zonal yapı gösterirler ve çatlaklı-kırıklı olarak da izlenirler. Bir kısmı altere olmuş ve kil mineralleri, karbonatlaşma ve klorit gözlenmiştir, iri olanları ojit ve olivin kapanımları içerirler. Ojit kristalleri, iri fenokristaller genelde parçalanıp dağıldığı için boşluk içinde ufak kalıntılar halinde dirler. Ayrıca çevresi uraltılmış, orta kısımları serpantinleşmiş olanları görülmektedir. Bazen de çatlaklı, kırıklı ve boşlukludurlar ve plajiyoklaz mikrolitleri arasında küçük yarı özşekilli ve özşekilsiz kristaller halinde, ender olarak da fenokristal şeklinde bulunmaktadırlar. Olivin kristalleri, hamur içindeki mikrolitler arasında küçük yarı özşekilli ve özşekilsiz kristaller halindedir. Genellikle altere olarak iddingsitleşme ve serpantinleşme gösterirler, ince kesitlerde yer yer gaz boşlukları bulunmakta olup, bunlar ikincil silis ve karbonat tarafından doldurulmuştur. Hamurda küçük iddingsitler de yer almaktadır.

6- Ezine bazaltı

inceleme alanında Üst Miyosen sonlarına doğru meydana gelen Tersiyer volkanizmasının son evresi ile alkali olivin bazaltik lavlar oluşmuştur. Bunlar genç açılma çatlakları boyunca yeryüzüne çıkarak yayılmış ve küçük yüzlekler oluşturmuşlardır. Bazen de ender olarak dayk ve domsal yapı da göstermektedirler, inceleme alanının GB'sında Ayvacık-Ezine arasında ve Tavşan adalarında yüzlekler verirler. Ezine yakınlarındaki bir örnekte Borsi ve diğerleri (1972) tarafından yapılan radyometrik yaş belirlenmesiyle 9.7 milyon yıllık bir değer (Üst Miyosen) elde edilmiştir. Buna karşın bölgede çalışan Bingöl ve diğerleri (1973), bu bazaltların Kuvaterner yaşta olduklarını öne sürmüşler, ayrıca Siyako ve diğerleri (1989) ile Ertürk ve diğerleri (1990) gibi bazı araştırmacılar, bu birimleri "Taştepe bazaltı" olarak adlandırmış ve Pliyo-Kuvaterner yaşta meydana gelmiş olabileceklerini belirtmişlerdir. Bu çalışma ile değişik yüzlülüklerden alınan 5 farklı örnekte K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş ölçümleri yapılarak 11.0 ± 0.4 ; 10.1 ± 0.2 ; 9.9 ± 0.6 ; 9.5 ± 0.3 ve 8.4 ± 0.3 milyon yıllık sonuçlar elde edilerek inceleme alanında "Ezine bazaltı" olarak adlandırılan bu alkali bazaltların salt Üst Miyosen sonlarına doğru yüzlekler verdikleri saptanmıştır. Ezine bazaltı yüzleklerinde daha kuzeybatıda Trakya yarımadasında da rastlanmaktadır. Örneğin Mahmutköy yakınlarında yüzlek veren bir bazalt örneğinde Sümengen ve diğerleri (1987) tarafından yapılan radyometrik yaş tayini ile 67107 milyon yıllık bir değer ölçülmüştür. Ancak, Umut ve diğerleri (1984), Umut (1988) ve Ercan (1992) gibi bazı araştırmacılar Trakya'daki bu alkali bazaltik volkanizmanın Pliyo-Kuvaternerde de etkin olabileceğini belirtmişlerdir.

Ezine bazaltına ilişkin yüzlekler Biga yarımadasında, arazide, siyah renkleri, çok taze görünümüne ve içerdikleri iri olivin fenokristalleriyle, kendilerinden daha yaşlı olan Hüseynifakı ve Kirazlı volkanitlerinden ayrılanabilmektedirler. Lavlar amigdaloidal yapıda olup boşluklar ikincil zeolit, kuvars ve kalsite dolguludur. Lavlarda yapılan petrografik çalışmalar sonucunda, bunların intergranüler ve mikrolitik porfirik dokuda olup, hamur maddesinin irili ufaklı plajiyoklaz çubukları, ufak piroksenler, özşekilli ufak opak taneler, iddingsitlerden ve volkanik camdan oluştuğu, yer yer karbonat dolgusu bulunduğu ve plajiyoklaz, olivin, ojit fenokristalleri içerdikleri saptanmıştır. Plajiyoklazlar genellikle

labrador türde ve küçük mikrolitler şeklinde bulunurlar. Olivin fenokristalleri bol miktarda olup, orta-iri boyutlarda ve çepelerinden itibaren başlayan bir iddingsit zarfı ile çevrilidirler. Bazıları da tümüyle iddingsitleşmiş, bir kısmının da içinde serpantinleşme başlamıştır. Çoğunlukla diğer minerallerden daha iri olup yarı özsekilli veya özsekillidir. Klinopiroksenler genellikle titanojit türde ve tek nikelde ley-lak rengi ile belirgindir. Titanojik kristalleri, plâjyoklaz lataları arasında dikdörtgenimsi çubuksu kristaller veya yarı özsekilli kristaller halinde bulunurlar, yer yer de iri ojit kristallerine rastlanmıştır, iri gaz boşlukları içinde opal. kalsedon birikimleri, zeolit ve kalsit dolgular, ender olarak da ikincil kuvars fenokristalleri bulunmaktadır.

TERSİYER VOLKANİTLERİNİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

inceleme alanında yüzlekler veren Eosen yaşlı Balıklıçeşme volkanitlerinden 11, Oligosen yaşlı Çan volkanitlerinden 11, Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitlerinden 16, Alt-Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitlerinden 4, Orta Miyosen yaşlı Hüseyinfakı volkanitlerinden 12 ve Üst Miyosen yaşlı Ezine bazaltından 11 örnek olmak üzere toplam 55 temsilci örnek alınarak majör ve iz element kimyasal analizleri (Çizelge 1A-B-C-D-E) yapılmış; bunların arasından seçilen 16 örnekte stronsiyum izotop ($87\text{ Sr}/86\text{ Sr}$) ile bunların 15'inde neodmyum izotop ($143\text{ Nd}/144\text{ Nd}$) oran ölçümleri (Çizelge 2), 14 örnekte ise K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yapılarak (Çizelge 3) kökensel yorumlama ve yaş problemlerine açıklık getirilmiştir. Örneklerden 30 tanesinin kimyasal analizleri Almanya'da Tübingen Üniversitesi Mineraloji, Petrografi ve Jeokimya laboratuvarlarında, 25'inin kimyasal analizi ise MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi Jeokimya laboratuvarlarında yapılmış, Tübingen Üniversitesinde yapılan analizler Çizelge 1A-B-C-D-E'de yıldız işaretiyle belirtilmiştir. Stronsiyum ve neodmyum izotop ölçümleri ile radyometrik yaş belirlemelerinin tümü Tübingen Üniversitesi Jeokimya ve Jeokronoloji laboratuvarlarında yapılmıştır. Ayrıca çeşitli evrelere ilişkin volkanitlerden alınan bu 55 örnekten 10 tanesi seçilerek, Tübingen Üniversitesi laboratuvarlarında nadir toprak element (REE) kimyasal analizleri de yapılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 1 o- Behram volkanitlerinin majör ve iz element kimyasal analizleri

Örnek No. Alındığı Yer	11* Bozcaada	12* Bozcaada	50 Tuzla	52* Edremit Bağburun
SiO ₂	58.90	58.92	67.00	57.58
TiO ₂	0.47	0.46	0.80	0.60
Al ₂ O ₃	16.31	16.41	17.00	15.19
Fe ₂ O ₃	3.65	3.97	4.50	6.07
MnO	0.11	0.08	0.08	0.30
MgO	1.30	1.03	1.40	2.04
CaO	5.12	4.27	1.00	6.54
Na ₂ O	3.24	4.03	1.30	4.62
K ₂ O	4.82	5.11	9.00	0.42
P ₂ O ₅	0.22	0.22	0.40	0.17
AK (LOI)	5.50	4.65	1.10	5.97
Toplam	99.04	99.15	103.58	99.50
Rb	196	193	543	16
Ba	981	1233	3000	283
Sr	585	591	580	481
Nb	9.3	5	29.	6.5
Zr	342	332	292	120
Y	31	31	54	26
Cr	17	15	100	130
Ni	7	16	<20	36
V	89	86	70	107
YAŞ (m.y.)	-	19.6	-	21.9
KAYAÇ GRUPLARI	BEHRAM VOLKANİTLERİ			
SIMGESİ	◆			

Örneklerin, majör element kimyasal analizlerinden alkali (Na₂O+K₂O) ve SiO₂ kapsamı gözönüne alınarak diyagramları hazırlandığında (Şek. 4) ve Irvine ve Baragar (1971) ayrım trendi kullanıldığı zaman, Üst Miyosen yaşlı Ezine bazaltına ait tüm örneklerin alkali, diğer volkanitlerin büyük bir kısmının da subalkaten özellikler taşıdıkları belirlenmektedir. Sadece Orta Miyosen yaşlı Hüseyinfakı volkanitlerine ait bir-iki örnek ile Alt-Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitlerinin bir kısmının hafif alkalen özellikler taşıdıkları görülmüştür.

Çizelge 1B- Kırazlı volkanitlerinin majör ve iz element kimyasal analizleri

Örnek No.	Alındığı Yer	28	29	30	31*	32	33	34*	35*	36	37	38*	40	53	54*	56	57
		Çan Elit Baklar	Çan Elit Baklar	Çan Elit Şarbofil	Etli Şarbofil	Kırzalı Şarbofil	Kırzalı Şarbofil	Kırzalı Şarbofil	Otaoca Şarbofil	Otaoca Şarbofil	Sığıntı	Çan Karadag	Çan Karadag	Çan Karadag	Ç.Kale Konuköy	Ç.Kale Konuköy	Lapeseli Konuköy
SiO ₂	58.00	60.00	60.00	58.47	62.10	62.00	49.88	51.79	60.50	48.60	50.11	60.00	60.00	60.00	58.58	64.00	61.70
TiO ₂	0.60	0.80	0.80	0.78	0.70	0.80	0.76	0.84	0.80	1.00	0.93	0.80	0.80	0.70	0.76	0.60	0.80
Al ₂ O ₃	16.50	16.00	16.00	16.43	17.70	16.10	20.12	18.98	16.00	16.00	17.77	16.40	16.00	16.00	15.66	15.00	17.50
Fe ₂ O ₃	7.00	6.90	5.60	6.73	6.60	4.90	8.51	8.94	7.80	10.80	8.88	7.60	7.00	7.00	6.51	5.70	6.60
MnO	0.20	0.20	0.10	0.15	0.10	0.10	0.25	0.19	0.10	0.20	0.17	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10
MgO	2.10	3.00	2.00	2.50	3.20	2.40	3.74	4.66	3.30	7.90	2.99	0.60	4.20	4.20	2.47	3.20	1.20
CaO	6.80	5.40	4.50	6.29	5.80	4.00	6.59	9.6 ^F	6.30	10.20	9.44	6.50	5.80	5.80	5.72	5.40	6.00
Na ₂ O	2.60	3.00	2.60	3.05	3.30	2.40	4.90	3.06	3.30	2.30	2.94	2.20	2.30	2.30	2.67	2.30	2.90
K ₂ O	2.00	3.00	4.20	3.22	3.10	2.90	1.13	0.92	1.90	1.10	1.64	3.20	3.10	3.10	2.83	3.50	3.10
P ₂ O ₅	0.20	0.30	0.20	0.23	0.20	0.30	0.30	0.17	0.20	0.20	0.29	0.20	0.20	0.20	0.17	0.20	0.30
AK (LOI)	1.30	0.95	0.90	1.45	1.15	2.60	3.32	0.33	0.65	1.20	3.98	2.90	0.75	3.53	0.95	0.70	0.70
Toplam	97.30	99.55	96.90	99.30	103.95	98.50	99.50	99.53	100.85	99.50	99.14	100.50	100.15	99.01	100.95	100.90	100.90
Rb	74	75	156	103	102	172	28	26	35	22	36	102	97	97	79	90	70
Ba	1000	1000	1500	889	300	400	337	267	300	200	678	700	400	651	1000	1500	1500
Sr	608	701	643	655	550	738	709	510	495	510	509	429	454	498	364	530	530
Nb	18	38	26	7	18	26	2	4	6	23	6	22	17	12	22	16	16
Zr	228	333	342	179	260	347	110	72	166	140	131	224	231	179	179	219	219
Y	21	33	43	30	21	38	30	22	18	19	29	30	29	27	22	26	26
Cr	70	40	30	20	40	<20	39	20	20	40	33	20	30	70	<20	<20	<20
Ni	<20	<20	<20	<20	<20	<20	10	<20	<20	<20	21	<20	<20	<20	<20	<20	<20
V	150	150	200	150	150	70	158	100	150	300	224	150	100	150	150	150	300
YAŞ(m.y.)	-	-	-	-	-	-	27.6	-	-	-	-	-	-	-	31.1	-	-

KIRAZLI VOLKANİTLERİ

Kayaç Grupları

SİMGE

Çizelge 1D- Hüseyinfağı volkanitlerinin majör ve iz element kimyasal analizleri

Örnek No.	1*	2*	6	7	8	9*	10	13*	15	42	43*	51
Alındığı Yer	Ayvacak Demirci	Ayvacak Demirci	Ayvacak Aktın	Ayvacak Ahmetpaşa	Behram	Behram	Behram	Gülbinar Koyunevi	Ayvacak Çaltı	Ayvacak Hüseyinfağı	Ayvacak Hüseyinfağı	Ayvacak Çaltı
SiO ₂	56.14	55.27	54.20	59.30	56.00	56.49	58.10	57.88	56.50	55.20	56.14	56.40
TiO ₂	1.11	1.06	0.90	0.90	1.10	1.07	1.10	0.81	1.10	0.90	0.89	1.10
Al ₂ O ₃	20.02	18.92	15.50	15.00	16.00	17.26	17.10	19.30	18.00	14.80	16.82	17.80
Fe ₂ O ₃	5.12	6.12	7.40	7.20	7.70	7.96	7.90	4.40	5.70	6.80	6.11	6.60
MnO	0.05	0.08	0.10	0.10	0.10	0.20	0.10	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09
MgO	1.83	2.46	7.50	3.50	3.00	2.20	1.80	1.29	3.80	4.70	3.58	4.00
CaO	6.56	6.57	7.00	5.60	6.60	6.34	6.00	6.38	6.50	7.10	7.19	6.00
Na ₂ O	3.82	3.81	2.80	2.30	2.80	3.43	3.00	3.97	3.20	2.30	3.37	3.30
K ₂ O	3.39	3.22	2.80	4.40	3.30	3.32	3.40	3.36	3.60	3.60	2.71	3.80
P ₂ O ₅	0.38	0.38	0.30	0.30	0.30	0.33	0.40	0.36	0.40	0.30	0.34	0.40
AK (LOI)	1.03	0.93	0.80	1.55	1.10	1.37	1.30	0.96	0.95	1.70	2.13	0.85
Toplam	99.45	98.82	99.30	100.15	98.00	98.37	100.20	98.79	99.84	97.50	99.36	100.34
Rb	97	110	100	226	159	159	127	118	133	165	108	148
Ba	1445	1361	2000	1000	1500	1664	2000	1538	1500	700	1540	1500
Sr	1034	987	1101	1049	914	821	1147	1103	1091	1133	1086	1001
Nb	5.5	8	23	12	17	8	17	3	19	8	4	24
Zr	321	310	339	316	433	321	371	253	429	323	289	358
Y	28	27	29	34	35	32	29	24	28	25	23	31
Cr	11	37	300	300	150	133	70	30	30	300	200	30
Ni	39	24	150	70	20	68	<20	<20	<20	70	30	<20
V	163	162	300	150	100	164	150	150	150	100	100	100
YAS(m.y.)	-	-	-	-	-	-	-	18.5	-	-	-	-
Kayaç Grupları	HÜSEYİNFAĞI VOLKANİTLERİ											
SİMGE	●											

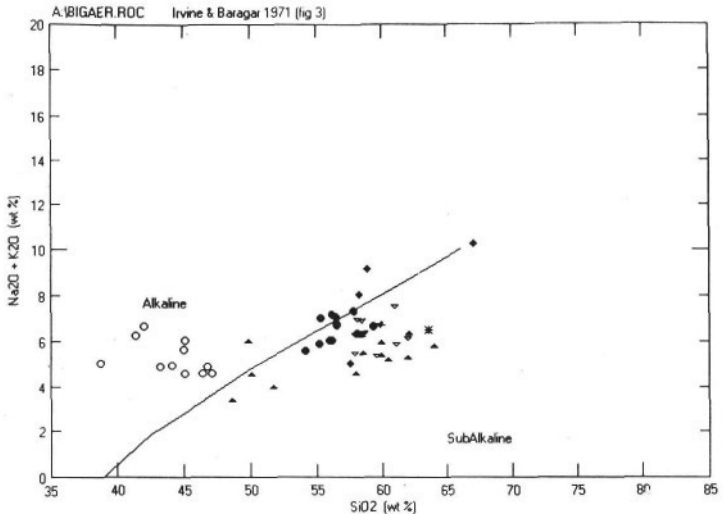
KB ANADOLU TERSİYER VOLKANİZMASININ ÖZELLİKLERİ

Çizelge 2- Volkanitlerin stronsiyum ve neodimiyum izotop oranları.

Örnek	Alındığı Yer	Sm mg/g	Nd mg/g	147Sm/ 144Nd	143Nd/ 144Nd	εNd	Pb mg/g	Sr mg/g	87Rb/ 86Sr	87Sr/86Sr
B-04	Biga	6.87	30.63	0.1348	0.512927±15	5.6	26	846	0.0889	0.703345±14
B-05	*	14.42	77.58	0.1124	0.512988±15	6.8	30	1382	0.0628	0.702986±14
B-13	*	7.93	50.68	0.0945	0.512312±15	-6.4	118	1103	0.3095	0.708412±14
B-14	*	12.01	61.41	0.1182	0.512970±15	6.5	31	1060	0.0846	0.703136±13
B-22	Gökçeada	4.81	26.90	0.1082	0.512691±15	1.0	120	835	0.4157	0.705087±14
B-23	*	5.14	28.28	0.1098	0.512693±15	1.1	102	886	0.3330	0.704938±14
B-27	*	5.13	28.14	0.1103	0.512694±15	1.1	108	739	0.4227	0.704923±13
B-31	Biga	6.11	31.99	0.1155	0.512589±15	-1.0	103	655	0.4549	0.705767±13
B-35	*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	26	510	0.1475	0.704869±14
B-41	*	8.02	36.48	0.1329	0.512963±15	6.3	19	823	0.0668	0.703103±13
B-43	*	8.20	51.03	0.0971	0.512323±15	-6.1	108	1086	0.2878	0.708806±12
B-46	Taşaşan Adaları	9.13	44.13	0.1250	0.512937±15	5.8	26	856	0.0878	0.703221±14
B-48	*	8.93	43.12	0.1252	0.512926±15	5.6	19	853	0.0644	0.703296±13
B-49	*	9.45	45.89	0.1245	0.512932±15	5.7	16	856	0.0541	0.703208±14
B-54	Biga	5.05	24.90	0.1226	0.512550±15	-1.7	79	498	0.4589	0.705883±13
B-55	*	4.39	22.63	0.1172	0.512596±15	-0.8	70	434	0.4666	0.705940±12

Çizelge 3- Volkanitlerde K/Ar yöntemi ile ölçülen radyometrik yaş değerleri

Örnek	%K	%Rad	Yaş (Milyon Yıl)	40Ar rad cc *E-6	40K/36Ar	40Ar/36Ar
B4	1.146	16.6	11.0±0.4	0.049	91766.4	354.6
B12	4.27	50.4	19.6±0.4	0.327	262266.7	595.5
B13	2.205	63.5	18.5±0.4	0.159	475977.6	810.1
B14	1.245	14.5	9.9±0.6	0.046	86689.4	345.8
B19	2.305	9.9	34.3±1.2	0.311	16150.5	328.1
B22(Hb)	1.041	62.9	30.4±0.7	0.124	280799.3	796.1
B34	0.93	50	27.6±0.6	0.1	183254.1	691.5
B41	1.175	41.9	8.4±0.3	0.039	432711.6	508.4
B43	2.14	41.1	15.3±0.3	0.128	230229.5	501.7
B46	1.37	33.1	10.1±0.2	0.054	247946.3	441.7
B48	1.245	46.3	9.5±0.3	0.046	444404.5	540.7
B52	0.35	21.3	21.9±0.6	0.03	62489.7	375.5
B54	2.23	65.7	31.1±0.7	0.272	310698.8	862.5
B55(Hb)	0.608	57.8	37.3±0.9	0.089	184646.2	700.2



Şek. 4- Tersiyer volkanitlerinin alkali-silika diyagramı.

KB ANADOLU TERSİYER VOLKANİZMASININ ÖZELLİKLERİ

Çizelge 4- Volkanitlerin nadir toprak element (REE) kimyasal analizleri

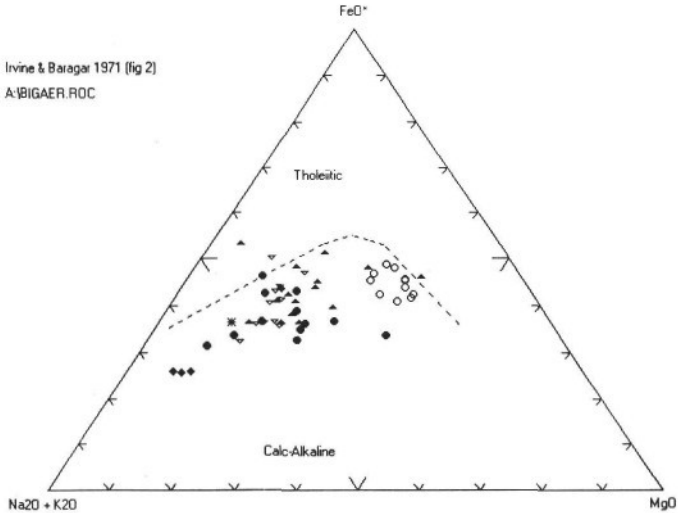
Örnek No.	4°	14°	41°	48°	12°	13°	43°	19°	22°	55°		
											Ezine Dürmeç	Ayvacak Karayırı
Li	11.3	14.3	11.0	10.9	11.8	11.8	32.9	9.5	21.1	20.1		
Cs	2.67	0.75	0.73	0.39	8.15	3.91	9.20	2.51	2.80	0.46		
Tl	0.07	0.03	0.04	0.03	1.73	0.50	1.34	0.56	0.89	0.42		
Pb	3.18	4.55	3.03	3.61	73.54	43.11	53.00	21.57	29.76	10.41		
Th	3.9	8.53	4.66	6.36	91.8	27.1	34.81	16.28	21.51	9.04		
U	1.09	2.65	1.29	1.82	16.66	5.22	6.61	4.86	5.61	1.62		
La	29.9	68.2	36.6	44.5	105.7	71.5	70.6	36.7	37.6	27.6		
Ce	63	138	74	90	186	138	136	70	71	52		
Nd	31.0	61.4	36.9	42.8	60.0	49.8	52.6	34.4	28.6	22.4		
Pr	7.4	15.5	8.9	10.6	18.2	14.3	14.8	8.7	7.7	6.0		
HF	4.98	7.93	6.08	6.13	4.26	6.38	7.48	3.91	2.22	2.00		
Sm	6.9	12.2	8.3	8.9	9.7	8.1	8.3	7.0	5.1	4.4		
Eu	2.24	3.70	2.71	2.89	2.08	1.77	1.85	1.78	1.31	1.20		
Gd	6.23	10.02	7.43	7.40	6.30	5.09	5.90	6.02	3.88	8.10		
Tb	0.86	1.37	0.99	1.01	0.82	0.68	0.79	0.86	0.51	0.59		
Dy	4.77	7.23	5.47	5.44	4.35	3.66	4.14	5.36	2.92	3.83		
Er	2.13	3.04	2.44	2.25	2.20	1.99	2.28	3.35	1.61	2.32		
Ho	0.83	1.25	0.96	0.93	0.78	0.73	0.80	1.06	0.60	0.79		
Yb	1.51	2.21	1.68	1.50	2.06	1.63	1.87	3.05	1.50	2.37		
Tm	0.26	0.38	0.31	0.28	0.31	0.27	0.31	0.47	0.25	0.34		
Lu	0.22	0.28	0.28	0.23	0.33	0.24	0.30	0.42	0.26	0.37		
Ta	3.09	6.53	3.96	4.57	1.20	0.81	0.88	0.48	0.44	0.70		
KAYAÇ	EZINE				BEHRAM				ÇAN			
GRUPLARI	BAZALTI				VOLKANİTLERİ				VOLKANİTLERİ			
					HÜSEYİNİFAKI				VOLKANİTLERİ			
					VOLKANİTLERİ				VOLKANİTLERİ			

Volkanik kayaların $FeO-(Na_2O+K_2O)-MgO$ üçgen diyagramları da yapılmış ve subalkalen alanda yer alanların tümünün kalkalkalen özellikler taşıdıkları, toleyitik nitelikli olmadıkları belirlenmiştir (Şek. 5).

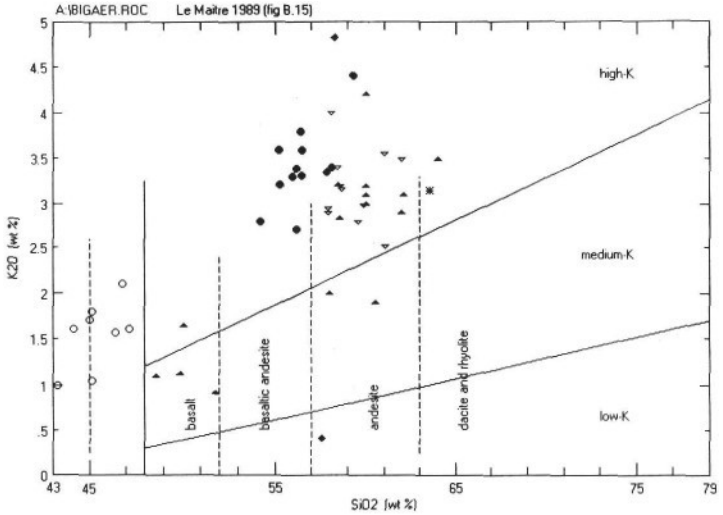
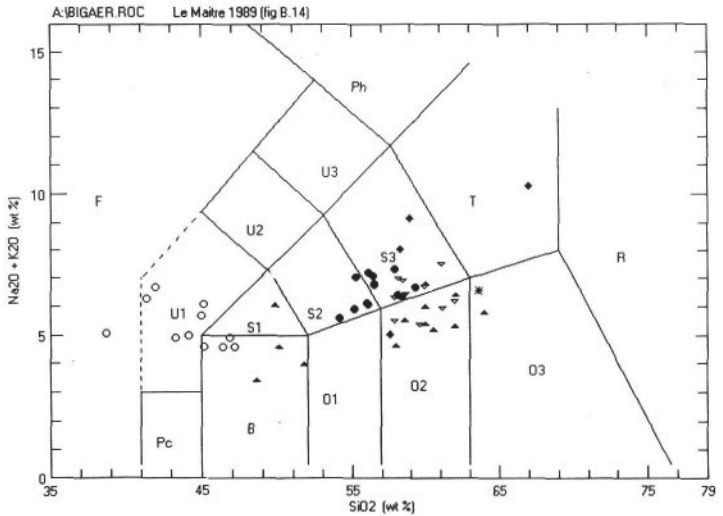
Tersiyer volkanitlerinin K_2O ve SiO_2 içerikleri kullanılarak Peccerillo ve Taylor (1976) tarafından hazırlanan ve Le Maitre ve diğerleri (1989) tarafından değiştirilen diyagramlarda, alkalen nitelikli olan Ezine bazaltına ilişkin örneklerin dışında tüm örneklerin genellikle yüksek potasyumlu kalkalkalen nitelikte oldukları belirlenmiştir. Sadece Üst Oligosen yaşlı volkanitlerin bir kısmının orta derecede kalkalkalen nitelikli oldukları ortaya çıkmıştır (Şek. 6). inceleme alanı volkanitleri içinde K_2O kapsamı en yüksek olan grup "Behram volkanitleri"dir. Bu araştırmada Behram volkanitlerine ağırlık verilmemiştir. Daha önce çalışan araştırmacılar Behram volkanitleri içinde "şoşonit" olarak adlandırılabilir yüksek po-

tasyumlu lavlar saptamışlardır. Örneğin, Gevrek ve diğerleri (1986) Tuzla dolaylarında, Birkle (1992) Ezine çevresinde, Pe-Piper (1980) ise komşu Midilli adasında şoşonitik nitelikli lavlarda ayrıntılı olarak çalışmışlardır. Ayrıca Hüseyinfakı volkanitleri de kısmen şoşonitik özellikler taşımaktadırlar.

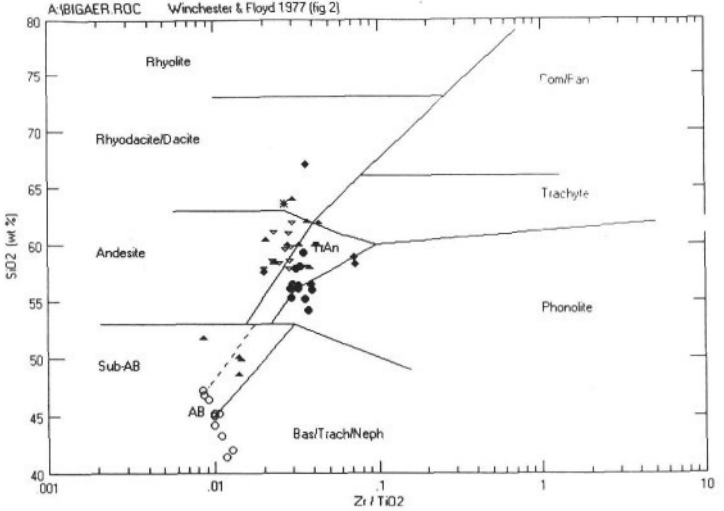
Örnekler kimyasal bileşimlerine göre alkali (Na_2O+K_2O) ve SiO_2 içerikleri kullanılarak Le Maitre ve diğerleri (1989) tarafından hazırlanan diyagrama yerleştirildiklerinde, Eosen yaşlı Balıklıçeşme volkanitlerinin dasit, Oligosen yaşlı Çan volkanitlerinin andezit ve trakiandezit, Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitlerinin bazalt, trakibazalt, trakiandezit, andezit ve dasit, Alt-Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitlerinin andezit, trakiandezit ve trakit, Orta Miyosen yaşlı Hüseyinfakı volkanitlerinin trakiandezit ve bazaltik trakiandezit, Üst Miyosen yaşlı Ezine bazaltına ilişkin örneklerin ise bazalt, bazanit ve tefrit olarak adlanabilecekleri belirlenmiştir (Sek. 7).



Şek. 5- Volkanitlerin FAM üçgen diyagramı.

Şek. 6- Tersiyer volkanitlerinin K₂O-SiO₂ diyagramı.

Şek. 7- Tersiyer volkanitlerinin Le Maître ve diğerleri (1989) tarafından hazırlanan diyagramda adlandırılmaları.



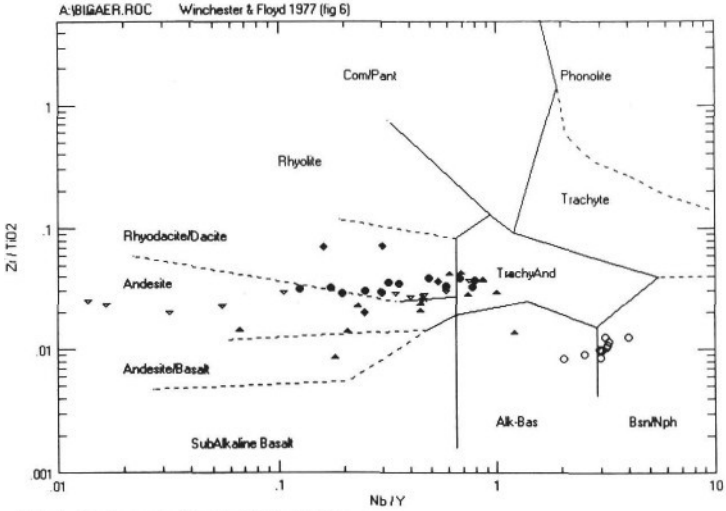
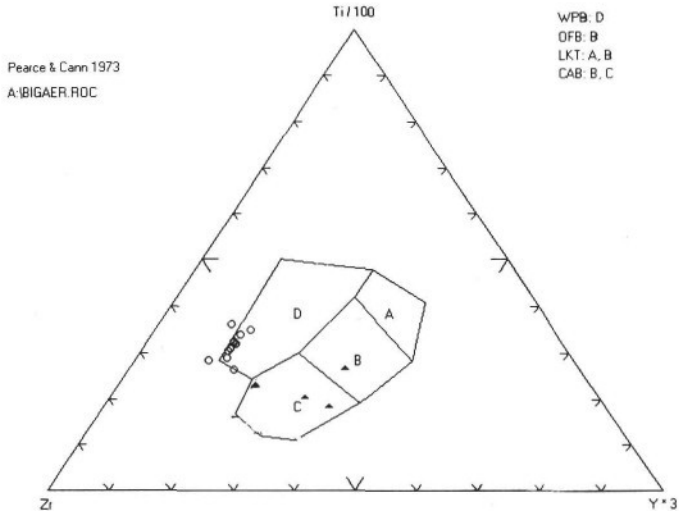
Şek. 8- Tersiyer volkanitlerinin SiO_2 -Zr/TiO₂ diyagramı.

Tersiyer volkanitlerinin SiO_2 ve Zr/TiO₂ kapsamaları gözönüne alınarak Winchester ve Floyd (1977) tarafından Önerilen diyagrama yerleştirildikleri zaman petrografik adlamalarla kimyasal bileşime göre yapılan adamların uyumlu oldukları ortaya çıkar (Şek. 8). Aynı durum Zr/TiO₂ ve Nb/Y diyagramlarında da görülmektedir (Şek. 9).

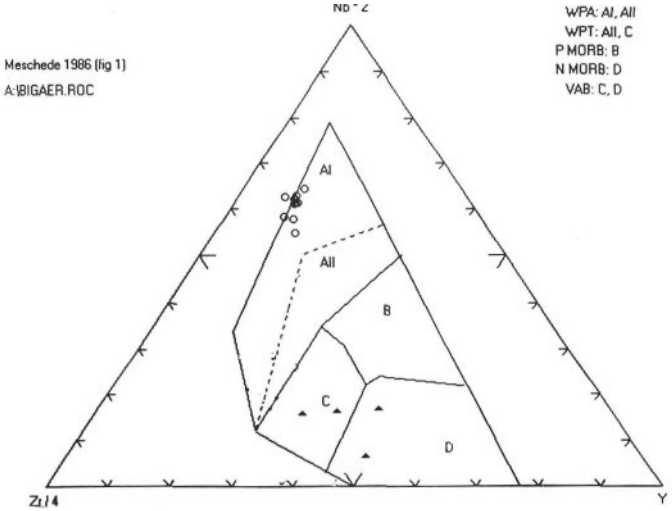
Ezine bazaltına ilişkin lavların ve Kirazlı volkanitlerinin bazaltik türde olan 4 tanesinin kimyasal analizlerini kullanarak Pearce ve Cann (1973) tarafından önerilen Ti/100-Zr-Yx3 üçgen diyagramları yapıldığı zaman (Şek. 10), Ezine bazaltına ait tüm örnekler plaka içi alkali bazaltlar alanına, Kirazlı volkanitlerine ilişkin örnekler ise kalkalkalen bazaltlar alanına düşerler. Daha önce yapılan alkali-silika diyagramlarında da (Şek. 4) benzer sonuç alındığı gözden uzak tutulmamalıdır. Aynı şekilde bu örnekler Meshede (1986) tarafından önerilen Nb_x2-Zr/4-Y üçgen diyagramına yerleştirildikleri zaman da aynı sonuç elde edilmektedir (Şek. 11). öte yandan bazaltik örnekler Pearce ve Norry (1979) tarafından bulunan Zr/Y-Zr diyagramına yerleştirildikleri zaman, farklı bölgelerde yer almalarına karşın. Ezine bazalt-

na ilişkin alkali örneklerle Kirazlı volkanitlerine ilişkin kalkalkalen bazaltların tümü plaka içi bazalt alanında yer almaktadırlar (Şek. 12). Ayrıca Shervais (1982) ile Hodder (1985) tarafından, dünyadaki bazaltik lavların vanadyum ve titan kapsamlarına göre sınıflandırılan diyagram gözönüne alındığında (Şek. 13). Ezine bazaltına ait örneklerin alkali nitelikli kıtasal plato bazaltları olup, levha içi üst manto yükselimi ile meydana geldikleri, Kirazlı volkanitlerine ilişkin bazaltların ise kalkalkalen nitelik taşıdıkları ve tüketilmiş üst manto ve bunun içinde ergiyen kabuk materyalinin karışımından türeyen melez kökenli bir volkanizma ürünü oldukları belirlenmektedir.

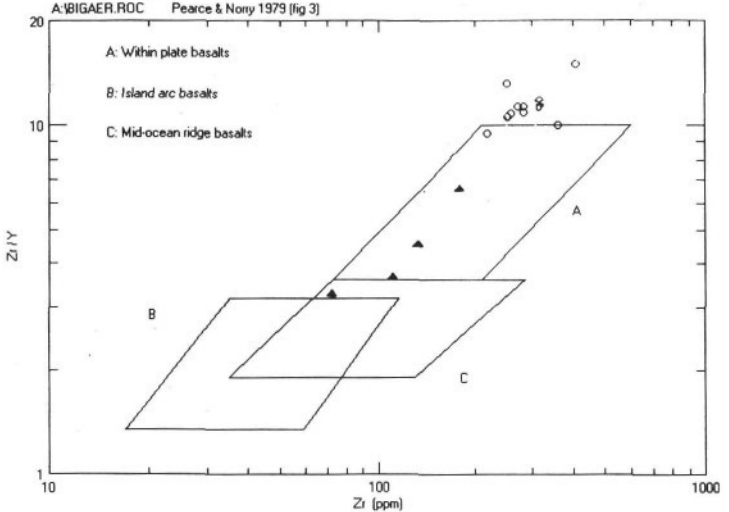
inceleme alanındaki Tersiyer volkanitlerinde izotopsal çalışmalar da yapılmıştır. Balıkcılaşma volkanitlerine ilişkin 1 örnek. Çan volkanitlerine ilişkin 3, Kirazlı volkanitlerden 3, Hüseyinfakı volkanitlerinden 2 ve Ezine bazaltından 7 olmak üzere toplam 16 örneğin stronsiyum izotop (87 Sr/86 Sr) ile 15 tanesinde neodimiyum (143 Nd/144 Nd) izotop oranları ölçülmüştür (Çizelge 2). Bu örneklerden 10 tanesinin K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş ölçümleri de yapılmıştır (Çizelge 3). Örneklerin izotop ölçüm değerlerinin karşılaştırılması Şekil 14'te sunulmuştur.

Şek. 9- Tersiyer volkanitlerinin Zr/TiO₂-Nb/Y diyagramı.

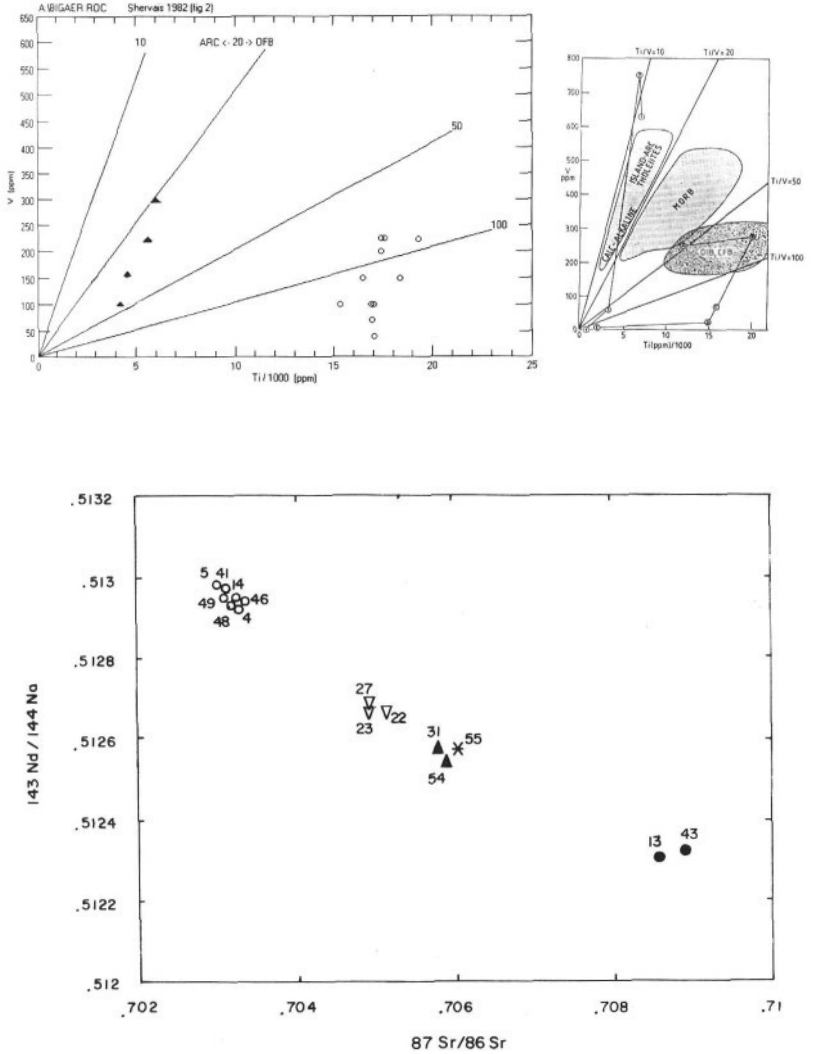
Şek. 10 Ezine bazaltına ilişkin tüm örneklerle Kirazlı volkanitlerine ilişkin 4 bazaltik örneğin Ti 100-Zr-Yx3 üçgen diyagramı.



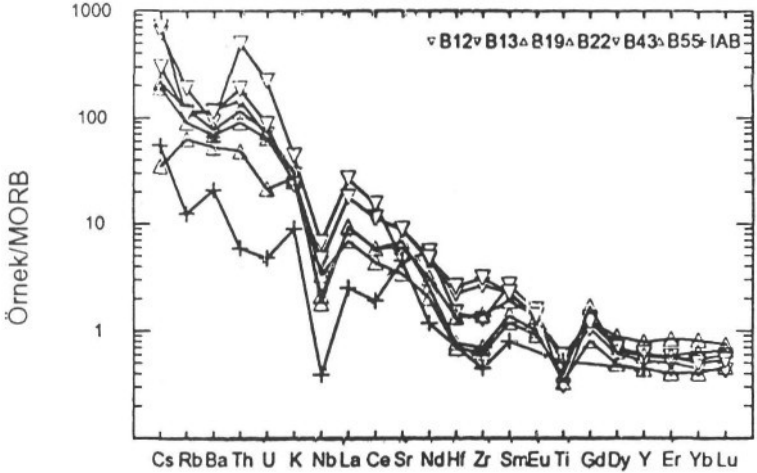
Şek 11 - Ezine bazaltına ilişkin tüm örneklerle Kirazlı volkanitlerle ilişkin 4 bazaltik örneğin Nb₂-Zr/4-Y üçgen diyagramı.



Şek. 12- Ezine bazaltına ilişkin tüm örneklerle. Kirazlı volkanitlerine ilişkin 4 bazaltik örneğin Zr/Y-Y diyagramı.



Şek. 14- Tersiyer volkanitlerinin $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ile $143\text{Nd}/144\text{Nd}$ izotop oranlarının karşılaştırılması.



Şek. 15- Volkanitlerin nadir toprak element kapsamlarının okyanus ortası sırtı bazaltları ile karşılaştırılması.

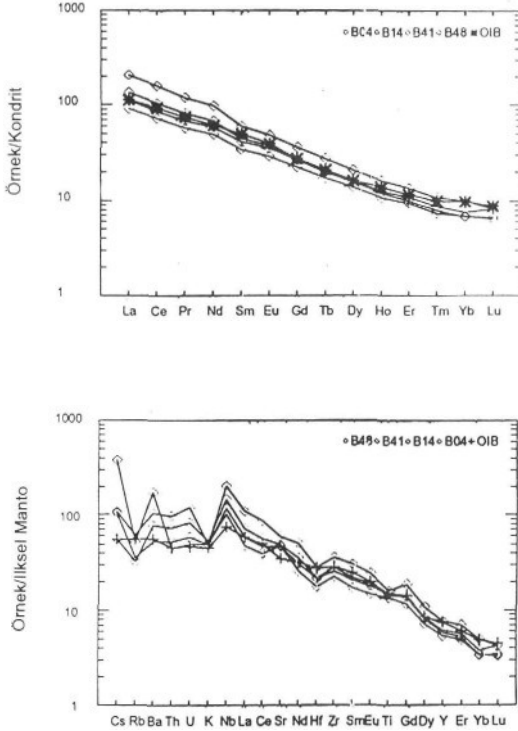
Eosen-Orta Miyosen yaşları arasındaki tüm kalkalkalen volkanitlerin stronsiyum izotop oranları $87 \text{ Sr}/86 \text{ Sr} = 0.7048\text{-}0.7088$ arasında. Üst Miyosen yaşlı alkali bazaltlarında ise $87 \text{ Sr}/86 \text{ Sr} = 0.7030\text{-}0.7033$ arasında değişmektedir. Öte yandan, Eosen-Orta Miyosen yaşlı tüm kalkalkalen lavlarda neodimiyum izotop oranları $143 \text{ Nd}/144 \text{ Nd} = 0.51231\text{-}0.51269$ arasında, Üst Miyosen yaşlı alkali bazaltlarında ise $143 \text{ Nd}/144 \text{ Nd} = 0.51293\text{-}0.51299$ arasında değişmektedir. Bu sonuçlar bize kalkalkalen volkanizmayı oluşturan magmanın yüksek derecede kabuksal kirlenmeye uğradığını, alkali bazaltik magmatikleri oluşturan kaynağın ise kalkalkalen volkanitleri oluşturan kaynaktan tamamen farklı olup heterojen manto malzemesinin kısmi ergimesi ile meydana geldiğini göstermektedir. Esasen örneklerin Çizelge 4'te belirtilen nadir toprak element kapsamları gözönüne alındığında da bu durum belirginleşmektedir. Şekil 15'te kalkalkalen 6 örneğin nadir toprak element kapsamlarının, okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB) ile karşılaştırmaları sunulmuştur. Örneklerin K, Rb, Ba, La, Ce gibi oynak büyük iyonlu litofil element (LILE) kapsamlarında zenginleşme; Nb, Hf, Zr, Ti gibi elementlerde ise azalma görülmekte-

dir. Diyagrama ayrıca ada yayı bazaltlarının (IAB) ortalama kapsamları da karşılaştırmak üzere konmuştur. Kalkalkalen örnekler hibrid köken özellikleri taşımaktadırlar. Şekil 16'da ise alkali bazaltik 4 örneğin nadir toprak element kapsamlarının kondritlere ve ilksel mantoya göre karşılaştırmaları sunulmuştur. Diyagramlara ayrıca okyanus adası bazaltlarının (OIB) nadir toprak element kapsamları da yerleştirilmiş ve Biga yarımadasındaki Ezine bazaltı ile uyumlu oldukları görülmüştür. Alkali bazaltik örnekler, tüm nadir toprak element kapsamları bakımından kondritlerden ve ilksel mantodan daha zenginleşmiş olup manto kökenlidirler. Diyagramlarda Sun ve Mc Donough'un (1989) önerdikleri ortalama değerler gözönüne alınmışlardır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kuzeybatı Anadolu Tersiyer volkanizmasının jeokimyasal özellikleri, volkanolojik evrimi ve kökeni konusunda yapılan çalışmalar ve tartışmalar uzun zamandan beri devam etmektedir, inceleme alanının bulunduğu bölgenin geçmişte "Sakarya kıtası" olarak adlandırılan kesimi ile daha güneyde yer

KB ANADOLU TERSİYER VOLKANİZMASININ ÖZELLİKLERİ

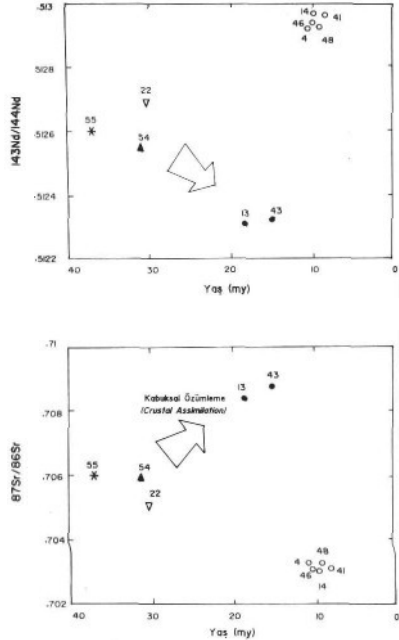


Şek. 16- Volkanitlerin nadir toprak element kapsamlarının kondritler ve içsel manto ile karşılaştırılması.

alan Toros kıtası arasında bulunan okyanusun kapanması ve kıta-kıta çarpışmasının. Üst Kretasede başlayıp Alt Tersiyerde sona erdiği (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz ve diğerleri, 1994) öne sürülmemekte ancak kıtaların okyanusal gerecin bütünüyle yok olmasının ardından birbirlerine kuzey-güney yönlü yaklaşmalarının Eosende de devam ettiği belirtilmektedir (Yılmaz, 1995). Bu yaklaşma kıta kabuğu ve litosferde kısalıp kalınlaşma ile karşılanmış ve sıkışma sistemi olasılıkla Orta Miyosene

kadar sürmüştür (Yılmaz, 1989). Ayrıca, Okay (1984), Okay ve Kelley (1994) ile Harris ve diğerleri (1994) gibi araştırmacılar da benzer fikirler öne sürmekte ve Kuzeybatı Anadolu'da yüzlekler veren mavişist topluluklarına değinerek bu kayaların, Jura-Alt Kretase döneminde güneydeki Toros kıtasının (Taurid-Apulia plakası), kuzeydeki Pontid kıta kenarını temsil eden Sakarya zonu altına dalmakta olduğunu gösterdiklerini, bu iki plaka arasındaki çarpışmanın Orta Eosenden daha önce olasılıkla

Üst Kretasede meydana geldiğini belirtmektedirler. Orta Miyosende ise kuzey-güney yönlü sıkışma, yerini, kuzey-güney gerilme sistemine bırakmış, bu yeni tektonik rejim sonucu olarak da bölgede graben sistemi gelişmiştir (Yılmaz, 1995). Bu yeni tektonik rejimin sebebi ise, Doğu Anadolu'da Arap plakası ile Anadolu plakası arasında meydana gelen Eosen sonrası çarpışması, Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu transform faylarının gelişimi, böylece Anadolu plakasının batya doğru olan hareketi ile bu plakanın batya olan hareketini frenleyecek Yunan makaslama zonunun bulunmasıdır (Şengör, 1979; Şengör ve Kidd, 1979). Böylece Ege bölgesinde doğu-batı yönde bir sıkışma, bunun sonucu olarak kuzey-güney yönde de bir gerilme rejimi etkin olmuştur. Bu dönemde etkin bir magmatik faaliyet de başlamıştır, inceleme alanındaki Eosen volkanitleri, jeolojik ve jeokimyasal özellikleri gözönüne alınarak, yukarıda belirtilen paleotektonik görüşler çerçevesinde değerlendirildiğinde, bir ada yayı volkanizma sisteminin yitimle ilişkili son ürünleri olarak meydana gelmiş olabilecekleri ortaya çıkar. Hatta bunların bölgede çarpışma sonrası volkanizmasının (Post-Collisional Volcanism) ilk ürünleri olarak meydana gelebilecekleri de gözden uzak tutulmamalıdır. Nitekim inceleme alanındaki Eosen volkanizmasının daha doğuda Armutlu yarımadasında bulunan yüzlelerinde çalışan Genç ve Yılmaz (1994), bölgede yitimle ilişkili yay magmatizmasının etkinliğinin Alt Tersiyerde sona erdiğini ve Orta Eosende yeni bir magmatik rejimin etkin olduğunu, bunun çarpışma sonrası magmatizması olarak nitelendirilebileceğini öne sürmektedirler. Bölgede dalma-batma olayından sonra etkin olan plaka çarpışması sonucunda kabuk kalınlaşması meydana gelmiş ve Eosenden Miyosene kadar süren dönemde, üst manto kökenli magma sıkışmaya bağlı olarak kısalıp kalınlaşarak kıta kabuğundan etkilenerek ve jeokimyasal olarak kirlenmeye uğrayarak yeryüzüne ulaşmıştır. Oligosen ve Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanik kayaların jeokimyasal özellikleri ile stronsiyum ve neodmiyum izotopsal değerleri, bunların tümünün melez (hibrid) nitelikli olduklarını işaret etmektedir. Orta Miyosenden sonra bölgede yeni bir tektonik rejim etkin olması ve kuzey-güney yönlü gerilme sisteminin gelişmesi sonucunda kabuk incelmesi meydana gelmiş ve önceleri kıta kabuğundan kirlenmeye uğrayarak hibrid volkanitleri meydana getiren magma, gerilme sistemi içinde kıta kabuğu normal kalınlığına dönerken, bu özelliğini kaybederek ince kabuk içinde daha temiz olarak



Şek. 17- Tersiyer volkanitlerinin 87 Sr/86 Sr ile 143 Nd/144 Nd izotop oranlarının zamana göre değişimi.

yeryüzüne ulaşmış ve Üst Miyosen yaşlı alkali nitelikli bazaltik lavları meydana getirmiştir. Şekil 14'te sunulan stronsiyum ve neodmiyum izotop oranı değerleri değerlendirildiğinde, bu görüş belirginleşmektedir. Stronsiyum izotop oranları arttıkça, neodmiyum izotop oranları azalmakta, Üst Miyosen öncesi tüm Volkanitler melez volkanitlerin izotop değerlerini taşımaktadırlar. Şekil 17'de ise izotopsal değerlerin, örneklerin yaşları ile olan ilişkileri ortaya konmuş ve bölge magmatizmasının 40 milyon yıldan bu yana izotopsal evrimi belirginleşmiştir. Örneğin, neodmiyum izotop oranı ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) Eosende 0.51259 iken 15 milyon yıl öncesine doğru bu oransallık değeri giderek düşmüş ve kıtasal kabuğun etkileri artmıştır. Ancak 10 milyon yıl önce birdenbire bu oransallık artmış ve 0.51299'a çıkmış manto kökenine yaklaşmıştır. Stronsiyum izotop oran-

landa (87 Sr/86 Sr) aynı sonucu vermektedir. 40 milyon yıl önce bu oranlar 0.7059 civarında iken 15 milyon yıl öncesine doğru kabuksal özümlemenin artmasıyla birlikte giderek artarak 0.7088'e ulaşmış. 10 milyon yıl öncesinde yeni tektonik rejimle meydana gelen lavlarda ise birdenbire 0.7030'a düşerek manto kökene yaklaşmış, kıtasal kabuğun etkileri azalmıştır.

inceleme alanı kuzeyinde Trakya yarımadası Senozoyik volkanizmasında yapılan izotopik ölçümler de Biga yarımadasındakilere tamamen uyum sağlamaktadır (Ercan, 1992). inceleme alanı güneyinde, geniş bir alanda yaygın yüzlekler veren eş yaşlı volkanitlerle yapılan izotopsal ölçümler de aynı sonuçları vermekte, Kuvaterner yaşlı Kula alkali bazaltlarının manto kökene en yakın jeokimyasal özellikler taşıdıkları gözlenmektedir (Ercan ve diğerleri, 1985; Gülen ve diğerleri, 1986; Güleç, 1991; Ercan, 1993). Buna karşın, Biga yarımadasındaki Alt-Orta Miyosen volkanizmasının daha güneye doğru devamı niteliğinde olan Midilli adasındaki volkanitlerde izotopsal çalışmalar yapan Pe-Piper [1994] gibi araştırmacılar, özellikle kurşun izotop oran ölçüm değerlerinin bu volkanitleri oluşturan magmanın manto ve üst kabuk karışımı kökenli olduğunu gösterdiğini belirtmekte, ancak bu volkanitlerin sıkışma tektonik rejimi içinde değil, gerilme tektonik rejimi içinde meydana geldiğini öne sürmektedirler. Böylece Batı Anadolu magmatizmasının en önemli sorunlarının tektonik rejimin kuzey-güney yönlü sıkışmadan aynı yönlü gerilmeye geçerken meydana gelmiş olan değişimi, geçişin tam zamanı ve magmatizma ile tektonik rejim değişikliği arasındaki kesin ilişki olduğu görülmekte ve özellikle geniş alanlarda yaygın yüzlekleri olan Miyosen volkanizmasının Biga yarımadasından daha başka yerlerde olan yüzleklerinde de daha ayrıntılı çalışmalar yapılmasının gereği ortaya çıkmaktadır, öte yandan, Biga yarımadasındaki volkanik kayalarda son yıllarda yapılan Paleomanyetik çalışmalar az sayıda olmakla birlikte bazı veriler elde edilmiştir. Örneğin İşseven ve diğerleri (1995). Biga yarımadasında elde ettikleri Paleomanyetik verileri değerlendirerek; Üst Oligosen yaşlı volkanizmanın bulunduğu alanlarda saatın ters yönünde 20-30 derece arasında bir dönme olduğu, Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanizmanın bulunduğu alanlarda, Edremit körfezinin kuzeyi için saatın ters yönünde 25 derecelik dönme, güneyi için ise yine saatın ters yönünde 15-40 derece arasında dönmelerin bulunduğunu, Üst Miyosen

yaşlı alanların ise saatın ters yönünde 16 derecelik bir dönmeyle sahip bulunduğunu saptamışlar, bu verilerin ışığı altında Kuzeybatı Anadolu'nun Neojenden bu yana Saatın tersi yönünde bir dönme hareketi yaptığını ve Edremit körfezinin kuzey ve güney kesimindeki levhaların birbirlerine göre farklı hızda hareket etmesi sonucu Edremit körfezinin açıldığını belirtmişlerdir. Bölgede ileride yapılacak Paleomanyetik, jeoelektrik, gravite, sismik, manyetik ve ısı akışı vb. jeofiziksel çalışmalar da jeokimyasal, tektonik ve volkanolojik vb. jeolojik çalışmalarla birlikte değerlendirildikleri zaman, konuya daha fazla açıklık gelecektir.

Yayına verildiği tarih, 28 Haziran 1995

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akartuna, M., 1950, imroz adasında bazı jeolojik müsaahedeler: Türkiye Jeol. Kur. Bül. 2/2, 8-18.
- Akyürek, B. ve Soysal, Y., 1983, Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeolojik özellikleri: MTA Derg., 95/96, 1-12.
- Bingöl, E., 1968, Contribution a L'etude geologique de la Partie Centrale et sud-est du Massif de Kazdağ (Turquie): Doktora tezi, Nancy Univ., 190 s. (yayımlanmamış), Fransa.
- , 1978, Explanatory notes to the metamorphic map of Turkey: in: Zwan, H.J. (ed): Metamorphic map of Europe Explanatory text, 148-154, Leiden.
- ; Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1973, Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı Özellikleri: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliği kitabı. 70-76.
- ; Delaloye, M. ve Genç, Ş., 1994, Magmatism of Northwestern Anatolia: IAVCEI Uluslararası Volkanoloji Kongresi, Gezi kitabı, 56 s., Ankara.
- Bükle, P., 1992, Petrologie, geochemie und geochronologie des Miozänen magmatismus auf der Biga-Harbinsel (Ezine, NW-Turkei): Doktora tezi, Tübingen Üniv., 280 s. (yayımlanmamış), Almanya,
- Borsi, S.; Ferrara, C.; Innocenti, F. ve Mazzuoli, R., 1972, Geochronology and etrology of recent volcanicics of Eastern Aegean Sea: Bull. Voic., 36, 473-496.
- Dayal, A., 1984, Yenice (Çanakkale) granitinin petrografisi ve buna bağlı çevreleşmeler: Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniv., Fen Bilimleri Enst., (yayımlanmamış), İzmir.

- Ejima, Y.; Fujina, T.; Takagi, H.; Shimada, K.; Iwanaga, T.; Yoneda, Y. ve Murakomi, Y., 1987, The pre-feasibility study on the Dikili-Bergama geothermal development project in the Republic of Turkey-Progress Report II (yayımlanmamış).
- Ercan, T., 1979, Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarında Senozoyik volkanizması: *Jeol. Müh. Derg.*, 9, 23-46.
- , 1992, Trakya'daki Senozoyik volkanizması ve bölgesel yayılımı: *Jeoloji Müh. Derg.*, 41, 37-50.
- , 1993, Interpretation of Geochemical radiometric and isotopic data on Kula volcanics (Manisa-Western Anatolia): *Türkiye Jeol. Bül.*, 36/1, 113-130.
- ve Türkecan, A., 1984, Batı Anadolu, Ege adaları, Yunanistan ve Bulgaristan'daki plütonların gözden geçirilişi: *TJK Ketin Sempozyumu kitabı*, 189-208.
- ve Günay, E., 1984, Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligo-Miyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilişi: *Türkiye Jeoloji Kurultayı 1984 bildiri kitabı*, 119-139.
- , Günay, E. ve Türkecan, A., 1984a; Edremit-Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi, magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu: *TJK Bül.*, 27 (1), 21-30.
- , Türkecan, A.; Akyürek, B.; Günay, E.; Çevikbaş, A.; Ateş, M.; Can, B.; Erkan, M. ve Özkirişçi, C., 1964b; Dikili-Bergama-Çandarlı (Batı Anadolu) yöresinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi: *Jeol. Müh. Derg.*, 20, 47-60.
- , Çevikbaş, A.; Ateş, M.; Can, B.; Küçükayman, A. ve Erkan, M., 1984e, Bigadiç çevresinin (Balıkesir) jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi: *Türkiye Jeoloji Kurultayı 1984 bildiriler kitabı*, 75-85.
- , Satir, M.; Kreuzer, H.; Türkecan, A.; Günay, E.; Çevikbaş, A.; Ateş, M. ve Can, B., 1985, Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal izotopik ve radyometrik verilerin yorumu: *Türkiye Jeol. Kur. Bül.*, 28, 121-136.
- ve Gedik, A., 1986, Karadeniz ve Trakya'da yapılan derin sondajlardan alınan karotlardaki volkanik kayaların petrolojisi V9 volkanizmanın bölgesel yayılımı: *Jeomorfoloji Derg.*, 14, 39-48.
- Ercan, T.; Satir, M.; Türkecan, A.; Akyürek, B.; Çevikbaş, A.; Günay, E.; Ateş, M. ve Can, B., 1986, Ayrıcalık çevresinin jeolojisi ve volkanik Kayaların petrolojisi: *Jeoloji Müh. Derg.*, 27, 19-30.
- , Türkecan, A.; Can, B.; Günay, E.; Çevikbaş, A. ve Ateş, M., 1987, Batı Anadolu'da Manisa-Balıkesir arasındaki Tersiyer yaşlı yalancı bazaltların özellikleri: *Jeol. Müh. Derg.*, 30/31, 31,42.
- , Ergül, E.; Akçören, F.; Çetin, A.; Granit, S. ve Asutay, J., 1990, Balıkesir-Bandırma Arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı: *MTA Derg.*, 110, 113-130.
- Ertürk, O.; Dinçöz, E. ve Alaygut, D., 1990, Petrology of the Cenozoic volcanics in the Biga Peninsula, NW Turkey: *International Earth Sciences Congress on Aegean Region Proceedings*, II, 368-384.
- ve Uygur, E., 1994, Petrographical, sedimentological and diagenetic characteristics of the Ceylan tuffs and their reservoir potential, Thrace basin, Turkey: *IAVCEI International volcanology Congress, Abstracts*, Ankara.
- Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y., 1994, Post collisional magmatism in Armutlu Peninsula, NW Anatolia: *IAVCEI International Volcanology Congress, Abstracts*, Ankara.
- Gevrek, A.I.; Şener, M. ve Ercan, T., 1966, Çanakkale-Tuzla jeotermal alanının hidrotermal alterasyon etüdü ve volkanik kayaların petrolojisi: *MTA Derg.*, 103/104, 55-81.
- Gözler, Z., 1966, Kazdağ batısı Mihli Dere vadisinin jeolojik ve petrografik incelemesi: *Türkiye Jeol. Kur. Bül.*, 29/1, 133-142.
- Gülen, L.; Han, S. ve Ercan, T., 1986, Metasomatized mantle below Western Turkey; A Sr-Nd-Pb isotopic study of alkaline magmas and mantle xenoliths: *Terra Cognita*, 6/2, 241,
- Güleç, N., 1991, Crust-mantle interaction in Western Turkey: implications from Sr and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics: *Geol. Mag.* 128/5, 417-435.
- Harris, N.B.; Kelley, S. ve Okay, A.I., 1994, Post-Collision magmatism and tectonics in Northwest Anatolia: *Contrib. Mineral. Petrol.*, 117, 241-252.
- Hodder, A.P., 1985, Depth of origin of basalts inferred from Ti/V ratios and a comparison with the K₂O-depth relationship for island-arc volcanics: *Chemical Geol.*, 46, 3-16.

- Holmes, A.W., 1966, 1. Bölge Trakya'nın jeolojik etüdü ve stratigrafisi: TPAO Arama Grubu Rap. no. 368 (yayımlanmamış).
- Irvine, T.N. ve Barager, W.R.A., 1971, A guide to the Chemical classification of the common Volcanic rocks: Can. Jour. Earth. Sci., 8, 523-548.
- Işseven, T.; Tapırdamaz, M.C.; Özçep, F.; Hisarlı, M.; Orbay, N. ve Sanver, M., 1995, Kuzeybatı Anadolu'nun tektoniği ve Paleomagnetik sonuçlar; Jeofizik, 9, 201-212.
- Kalafatoğlu, A., 1963, Ezine civarının ve Bozcaada'nın jeolojisi, kalker ve serpantinlerin yaşı: MTA Derg., 60, 60-69.
- Koç, Ş.; Kadioğlu, Y.K. ve Erdoğan, S., 1994, Hydrothermal alterations of Köylüce and Hallaçlar volcanics (Havran-Balıkesir): IAVCEI Uluslararası Volkanoloji Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, Ankara.
- Kopp, K.O. 1964, Geologie Thrakiens II; Die inseln und der chersones: N. Jb. Geol. Pae. Abh., 119, 172-214.
- ; Pavoni, N. ve Schindler, C., 1969, Das Ergene Becken; Beihefte Geol. Jahrbuch, 76, 136 s.
- Krushensky, R.D., 1976, Neogene Calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia: Bult. Volcan, 40, 336-360.
- Le Mailre, R.W.; Bateman, P.; Dudek, A.; Keller, J.; Lameyre, J.; Le Bas, M.J.; Sabine, P.A.; Schmid, R.; Sorenson, H.; Streckeissen, A.; Woolley, A.R. ve Zanettin, B., 1989, A classification of igneous rocks and glossary of terms: Bfackwell Scientific Publications, 208 p., Oxford.
- Lebküchner, R.F., 1974, Orta Trakya Oligoseninin jeolojisi hakkında: MTA Derg., 83, 1-30.
- Meschede, M., 1986, A method of discriminating between diterrant types of mid ocean ridge basalts and Continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram: Chem. Geol., 56, 207-218.
- Okay, A.I., 1984, Distribution and characteristics of the northwest Turkish Blueschists: Geol. Soc. London. Spec. Publ., 17, 455-466.
- ; Siyako, M. ve Burkan, K.A., 1990, Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi: TPJD Bült., 2/1, 83-121.
- ve Kelley, S.P., 1994, Tectonic setting, Petrology and geochronology of jadette + glaucophane and ch/oritoid + glaucophane schists from north-west Turkey: Jour. Metamorphic Geol., 12, 455-466.
- ; Satır, M.; MaJuski, H.; Siyako, M.; Metzger, R. ve Akyüz, S., 1995, Paleo and Neo-Tethyan events in Northwest Turkey; Geological and geochronological Constraints: Tectonics of Asia, Cambridge University Press (baskıda).
- Okut, M., 1975, Çanakkale ili Gökçeada ilçesi hammadde Prospeksiyonu Raporu: MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Md.lüğü Rap. no. 297 (yayımlanmamış).
- Önal, M., 1986, Gelibolu yarımadasındaki iki ana kayanın organik jeokimyası ve kil mineralleri ile incelenmesi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 29/1, 97-104.
- ve Yılmaz, H., 1983, Gelibolu yarımadasında iki ana farklı yaşta fliş fasiyesindeki kil mineralleri ve gömülme derinliğine ait bazı ipuçları: Jeoloji Müh. Derg., 18, 23-30.
- Önem, S., 1974, Gelibolu yarımadası ve Çanakkale dolaylarının jeolojisi: TPAO Arama Grubu Rap. no. 877 (yayımlanmamış).
- Öngür, T., 1973, Çanakkale-Tuzla yöresinin volkanolojisi ve jeotermal enerji olanakları: MTA Rap. no. (yayımlanmamış).
- , 1978, Behram kalderası, KB Anadolu: TJK 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 42.
- Pearce, J.A. ve Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic Volcanic rocks, determined using trace element analyses: Earth. Planet. Scien. Lett., 19, 290-300.
- ve Norry, M.J., 1979, Petrogenetic implications of Ti, Zr. Y and Nb variations in Volcanic rocks: Contrib. Mineral. Petrol., 69, 33-47.
- Pe-Piper, G., 1980, Geochemistry of Miocene shoshonites, lesbos, Greece: Contrib. Mineral. Petrol., 72, 387-396.
- , 1994, Lead isotopic compositions of Neogene volcanic rocks from the Aegean extensional area; Chem. Geol., 118, 27-41.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976, Geochemistry of Eocene calcalkaline Volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey: Contrib. Mineral. Petrol., 58, 63-81.

- Saltık, O., 1974, Şarköy-Mürefte sahaları jeolojisi ve petrol olanakları: TPAO Arama Grubu Rap. no. 879 (yayımlanmamış).
- Saner, S., 1985, Saros körfezi dolayının çökeltme istifleri ve tektonik yerleşimi Ege Denizi, Türkiye: Türkiye Jeol. Kur. Bül., 28, 1-10.
- Sfondrini, G., 1961, Surface geological report on Ar/TPAO/1/538 and 537: TPAO Arama Grubu Rap. no. 1429 (yayımlanmamış).
- Siyako, M.; Burkan, K.A. ve Okay, A.I. 1989, Biga ve Gelibolu yarımadalının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları: TPJD Bül., 1/3, 183-199.
- Sümengen, M.; Terlemez, I.; Şentürk, K. v« Karaköse, C., 1987, Gelibolu yarımadası ve güneybatı Trakya havzasının stratigrafisi, sedimentolojisi ve tektoniği: MTA Rap. no. 8128 (yayımlanmamış).
- Şengör, A.M.C., 1979, The North Anatolian Transform Fault; its age, offset and tectonic significance: Jour. Geol. Soc. London, 136, 269-282.
- ve Kidd, W.S.F., 1979, Post-collisional tectonics of the Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet: Tectonophysics, 55, 361-376.
- ve Yılmaz, Y. 1981: Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: Tectonophysics, 75, 181 - 241.
- Ternek, Z., 1949, Geological study of the region Keşan-Korudağ: Doktora tezi, İstanbul Üniv. Fen Fak.. 78 s. (yayımlanmamış), İstanbul.
- Umut, M., 1968, Kırklareli C-4 paftası izahnamesi: MTA Genel Müdürlüğü 1/100.000 ölçekli açınama nitelikli Türkiye haritaları serisi, Ankara.
- ; İmik, M.; Kurt, Z.; Özcan, I.; Ateş, M.; Karabıykoğlu, M. ve Saraç, G., 1984, Edirne ili-Kırklareli Nilüleburgaz (Kırklareli ili)-Uzunköprü (Edirne ili) civarının jeolojisi: MTA Rap. No. 7604 (yayımlanmamış).
- Ünal, O., 1967, Trakya jeolojisi ve petrol imkanları: TPAO Arama Grubu Rap. no. 391 (yayımlanmamış).
- Winchester, A.J. ve Floyd, P.A., 1977, Geochemical discrimination of different magma Series and their differentiation products using immobile elements: Chem. Geol., 20, 325-343.
- Yılmaz, Y., 1989, An approach to the origin of young volcanic rocks of Western Turkey: in: A.M.C. Şengör (ed.), Tectonic Evolution of the Tethyan Region, Kluwer, The Hague, 159-189.
- , 1995, Ege bölgesinde genç magmatizmanın oluşumu ile litosferin evrimi arasındaki ilişki üzerine düşünceler: Jeofizik, 9, 107-110.
- ; Altunkaynak, Ş.; Karacık, Z.; Gündoğdu, N. ve Temel, A., 1994, Development of neo-tectonic related magmatic activities in Western Anatolian: IAVCEI Uluslararası Volkanoloji Kongresi, Abstracts, Ankara.