

SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR) KUZEYBATISINDAKİ DAĞKÜPLÜ OFİYOLİTİNİ KESEN ALKALEN VOLKANİTLERİN PETROJENEZİNE VE YAŞINA YENİ BİR YAKLAŞIM

Ender SARİFAKIOĞLU*, Hayrettin ÖZEN**, A.Olcay ÇOLAKOĞLU** ve Hüseyin SAYAK**

ÖZ.- Kuzeybatı Anadolu'da, Sakarya Kıtası ile Anatolid-Torid Platformunun çarpışması sonucu oluşan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAEKZ) boyunca izlenen dağ kuşaklarında her iki kıtaya ait kaya bileşenleri, Neotetis Okyanusunun kuzey koluna ait ofiyolit napıları, granotoidler ve volkanik kayalar bulunur. Sivrihisar İlçesinin (Eskişehir) kuzeybatısında, alkale karakterli fonolit-trakitler, ofiyolit napını keser. Ultramafik-mafik kayalardan oluşan Üst Kretase yaşlı ofiyolit napı, Anatolid-Torid Platformunun üzerine bindirme ile yerleşmiştir. Alkale volkanitler, domlar şeklinde bindirme hattına yakın ve paralel konumlu olarak dizilmiştir. Fonolitler üzerinde yapılan ³⁹Ar/⁴⁰Ar yaş tayini verilerine göre bu kayaların 23-25 Ma (Geç Oligosen-Erken Miyosen) zaman aralığında oluştuğu tespit edilmiştir. Alkale volkanitler, MORB'a göre büyük iyon yarı çaplı elementler/LILE'den Ba, Sr, Rb, Th bakımından ve yüksek değerlikli kanyonlar/HFSE'den Nb, Ta, Hf, Zr bakımından zenginleşme sunar. Ayrıca, hafif nadir toprak elementler (LREE), ağır nadir toprak elementlere (HREE) göre yüksek değerlere sahiptir. Bununla beraber, Pb içeriklerinin çok yüksek oluşu dikkat çekicidir. Jeokimyasal verilere göre fonolit-trakitlerin daha önce dalan okyanusal litosferden kaynaklanan sulu ergiyikler tarafından zenginleştirilmiş astenosferik manto kaynağından oluşan alkale magmanın bölgede etkili olan K-G gerilme sisteminin yarattığı derine inen doğrultu atımlı fayları kullanılarak yüzeye çıkması ile oluştuğu ve kıtasal kirlenmeye maruz kaldığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Sivrihisar, Ofiyolit, Alkale Volkanitler, Petrojenez

GİRİŞ

Anadolu'da, Neotetis okyanusunun kuzey ve güney kolları tarafından ayrılan mikro kıtalar, bu okyanusların kapanması ile çarpışır. Kabaca bu olay, Türkiye'nin Neotektoniğini başlatarak batıdan doğuya doğru ilerleyen Tersiyer volkanizmasına neden olmuştur (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz 1990).

Doğu Anadolu'da, Arap Plakası ile Anadolu Plakasının Geç Eosen'de başlayan çarpışması sonucu etkin olan sıkışma tektoniğinin ileri aşamasında kalınlaşan Anadolu Plakası, sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fayı (DAF) boyunca batıya doğru hareket etmiştir. Marmara Bölgesinde, KAF'ın GB-KD doğrultulu Yunan makaslama zonuna dönmesi sonucu, Batı Anadolu Bölgesinde D-B sıkışma rejimi etkili olmuştur. Sı-

kışma rejimi, yerini K-G yönlü gerilmeli sisteme bırakınca D-B yönlü graben sistemi gelişmiştir (Dewey ve Şengör, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Pearce ve diğerleri, 1990).

Ercan ve diğerleri (1985; 1995), Batı Anadolu'daki asit-nötrden bazik karakter arasında değişen ve gerilme rejimi ile ilişkili volkanik aktivitenin Geç Eosen'de başladığını ifade ederken; Seyitoğlu ve Scott (1991), K-G yönlü gerilme rejiminin Geç Oligosen-Erken Miyosen'de başladığını sıkışma rejimi ile ilgili kalk-alkali magmatizmanın yerini gerilme rejimi ile ilgili alkalin aktivitenin aldığı ifade etmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinde ise Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanitlerdeki bazalttan riyolite kadar değişen farklılaşmayı, kalınlaşan kıtasal kabuk altındaki astenosferik mantonun genişleyerek önceki dalan dilimden türeme materyalin azalmasının neden olduğunu ileri sürülmüştür (Keskin, 2003).

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara

** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, Ankara

Türkiye'nin kuzeybatısında, kuzeydeki Sakarya Kıtası ile güneydeki Anatolid-Torid Platformunun arasındaki İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusunun (Neotetis Okyanusunun kuzey kolu) iki kıtanın birbirine yakınlaşması ile Üst Kretase-Erken Eosen'de kapanmıştır (Okay ve diğerleri, 2001; Harris ve diğerleri, 1994). Bunu litosferdeki K-G yönlü kısalma-kalınlaşma takip etmiştir. Kıtasal kalınlaşma, K-G yönlü gerilme sisteminin yarattığı D-B yönlü doğrultu atımlı faylarla karşılanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Monod ve diğerleri, 1991; Harris ve diğerleri, 1994; Okay ve Tüysüz, 1999).

Temel (2001), Oğlakçı Bölgesinde (Sivrihisar, Eskişehir) çarpışma sonrası Miyosen volkanizma ürünü alkali bazaltik ve trakit grubu kayaçların OIB-benzeri manto kaynağından türemiş levha içi volkanitleri olduğunu vurgulamaktadır. Ankara ve çevresindeki Tersiyer alkali-kalkalkali volkanizmasının Eosen'de başlayan ve Miyosen'de etkili olan kıta-içi volkanitleri türettiği belirtilmiştir (Türkecan ve diğerleri, 2001).

Bu makale, Sivrihisar'ın (Eskişehir, KB Türkiye) kuzeyinde, İAEKZ'da yer alan Orta Sakarya Ofiyolitlerine ait Dağköplü Ofiyolitinin Karaburhan Köyü dolayındaki uzantısını kesen fonolit-trakitlerin volkan konileri ile ilgili saha gözlemlerini ve petrokimyasal çalışmaları içermektedir. Çalışmanın amacı, alkali volkanitlerin oluşum yaşı ($^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$) ile jeokimyasal özelliklerini saptayarak volkanik kayaçların petrojenezini ortaya koymak ve bu kayaçların bölgenin jeodinamik evrimindeki rolünü anlamaktır.

BÖLGESEL JEOLJİ

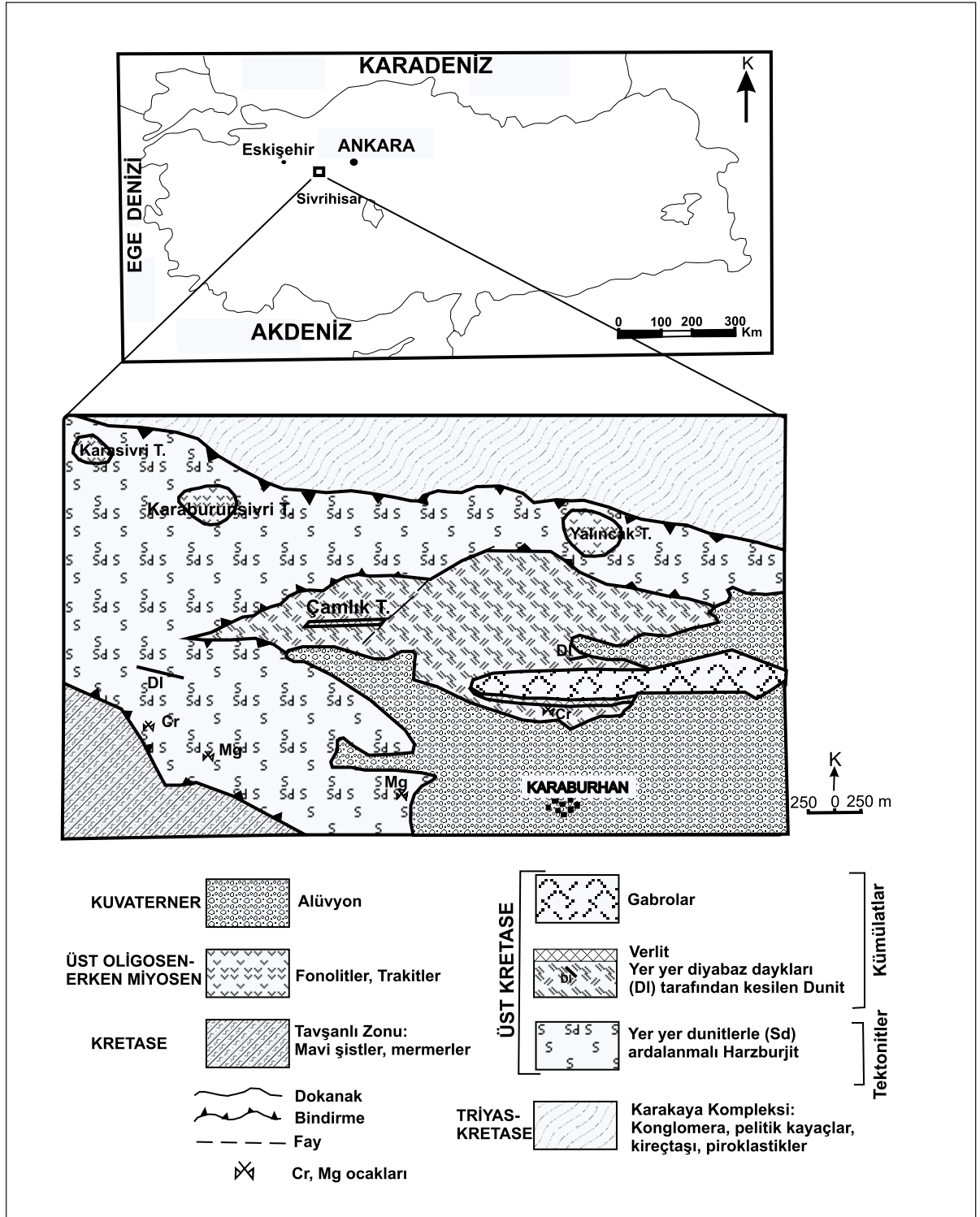
Sivrihisar'ın (Eskişehir) yaklaşık 20 km. kuzeybatısında, Karaburhan dolayında bulunan Neotetis Okyanus Kuşağına ait ofiyolit napı, kuzeydeki Sakarya Kıtasının (Pontidler) Karakaya Kompleksine ait birimler ile Anatolid-Torid Platformunun Tavşanlı Zonuna ait birimleri arasında bulunur (Şekil 1).

Karasivri Tepe'deki ve Karaburunsivri Tepe'deki fonolit domları ile Yalıncağ Tepe'deki trakit domu, İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusunun kalıntısı olan ofiyolit napını kesmiş, ofiyolit napının bindirme hattına paralel olarak dizilmiştir (Şekil 1).

Ofiyolit napının kuzeyinde bulunan Karakaya Kompleksine (Bingöl ve diğerleri, 1973; Bingöl, 1976; Okay ve diğerleri, 1990) ait konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, spilitik yastık lavlar, piroklastikler ve Permiyen-Karbonifer fosilleri içeren kireçtaşı blokları ile bu zona ait Orta Jura yaşlı kireçtaşları (Zey Kireçtaşları) bulunur. Bu birimler, kısmen metamorfizma geçirmiştir. Karakaya Kompleksinin klastik sedimentler ve piroklastik kayaçlarında, Tersiyer alkali volkanizması ile ilişkili hidrotermal damarlar şeklinde, Th ve REE (La, Ce, Y) içeren fluorit-barit-bastnezit-brookit cevherleşmesi gözlenmiştir (Kaplan, 1977; Kırıkoğlu, 1983; Uncuğil, 1984; Gözler ve diğerleri 1996; Gültekin ve Örgün, 2000). Cevherleşmenin derinlerde bulunması muhtemel olan karbonatit kütleleri ile yakın ilişkili olabileceği de vurgulanmıştır (Hatzle, 1992; Özgenç, 1993).

Ofiyolit napının güneyinde ise Tavşanlı Zonuna ait mavisitler ile mermerler bulunmaktadır (Okay, 1984; Okay ve Tüysüz, 1999; Göncüoğlu ve diğerleri, 2000). Monod ve diğerleri (1991), mavisitlerdeki ve mermerlerdeki minerallerin Basınç-Sıcaklık koşullarına bağlı olarak sundukları deformasyona göre ofiyolit bindirmesinin kuzeyden güneye doğru olduğunu belirtmişlerdir.

Ultramafik-mafik kayaçlardan oluşan ofiyolit napı, bölgeye Üst Kretase'de yerleşmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve diğerleri, 2001). İnceleme alanındaki ofiyolit dilimi, çalışma alanının kuzeybatısında bulunan Dağköplü Ofiyolitinin devamı olarak yorumlanmıştır (Sarıkfakioğlu ve Özen, 2006). Eksikli bir ofiyolit dizisi sunan ofiyolit diliminde, ultramafik tektonitler olarak çoğunlukla harzburjitler bulunmaktadır. Harzburjitlerle yer yer ardalanma yapan dunitler de izlenmiştir. Ultramafik-mafik kümülatları ise dunit, verlit, pirok-



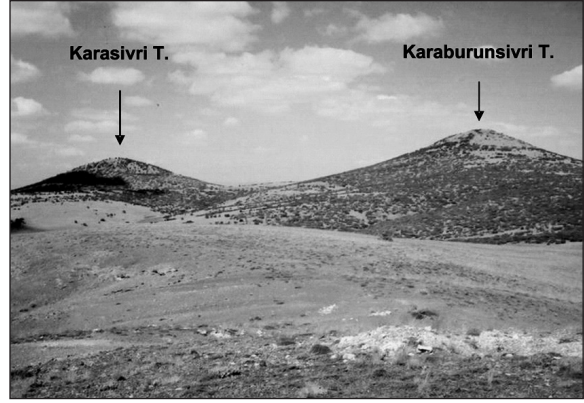
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Özen ve diğerleri, 2001).

senit ve masif-katmanlı gabrolar oluşturur. Ultramafik-mafik kayalar, bazen izole diyabaz dayakları tarafından kesilir. Ofiyolitlere ait jeokimyasal verilere göre, bu kayaların suprasubduksiyon zonda (Suprasubduction Zone/SSZ - setting) olduğu öne sürülmüştür (Özen ve diğerleri, 2002; Özen ve Sarıfakioğlu, 2002; Sarıfakioğlu, 2004).

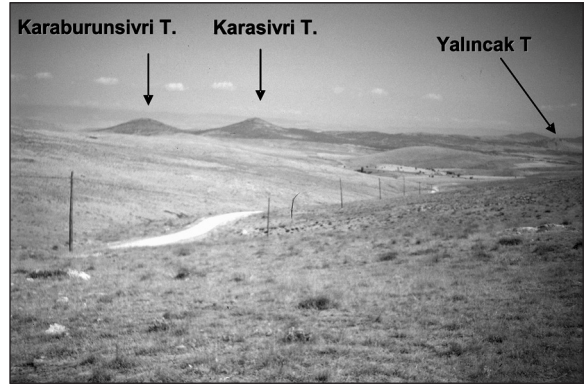
Kuzeybatı Anadolu'da, Neotetis Okyanusunun kuzey kolunun (İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu) kuzeydeki Sakarya kıtası ile güneydeki Anatolid Torid Platformu arasında daralarak kaybolması sonucu, Üst Kretase-Erken Eosen zaman aralığında kıta-kıta çarpışması meydana gelmiştir. Bu çarpışmadan sonra gelişen K-G yönlü sıkışma rejimi, litosferde 50 km'li bulan bir kalınlığa neden olmuştur (McKenzie, 1978; Le Pichon ve Angelier, 1979; Şengör ve diğerleri, 1984). Bu sıkışma rejiminin Orta Eosen'den sonra gelişen gerilme sistemi ile karşılaşması, Ege graben sisteminde olduğu gibi D-B yönlü faylara neden olmuştur. Batı Anadolu'da, Orta Eosen'de gözlenen çarpışma sonrası volkanizmanın (Genç ve Yılmaz, 1997) yanı sıra Karaburhan (Sivrihisar, Eskişehir) dolayındaki Üst Kretase ofiyolit dilimini kesen Geç Oligosen - Erken Miyosen fonolit-trakit domları da çarpışma sonrası volkanizmanın ürünüdür (Özen ve Sarıfakioğlu, 2003). Bu olay, gerilme sisteminin bindirme hattını yersel doğrultu atımlı faylar şeklinde tekrar harekete geçirerek alkalin volkanizmanın çıkışını sağladığına işaret eder.

PETROGRAFI

Karasivri Tepe ve Karaburunsivri Tepe'deki fonolit konileri, uzaktan ofiyolit dilimini kesen ikiz tepeler şeklinde dikkati çeker (Şekil 2; 3). Pembemsi açık gri renkli fonolitler, ince-orta taneli olup feldispat kristallerinin akma dokusu makroskopik olarak gözlenebilmektedir. Yalıncağ Tepe'de gözlenen trakitler ise açık krem renkli olup çoğunlukla hissedilebilir yönlenme sunan ince taneli feldispat kristalleri içerir.

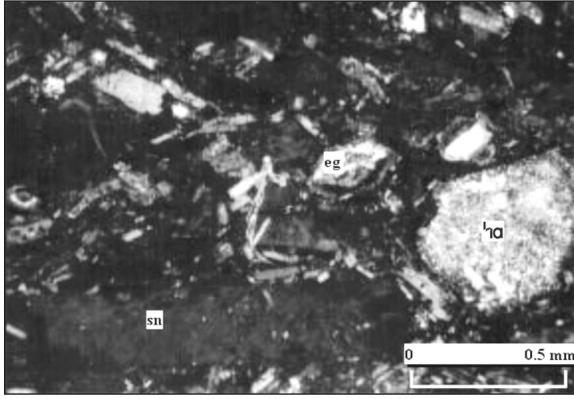


Şekil 2- Karasivri Tepe ile Karaburunsivri Tepe'deki Fonolit domları.



Şekil 3- Yalıncağ Tepe'deki Trakit domu.

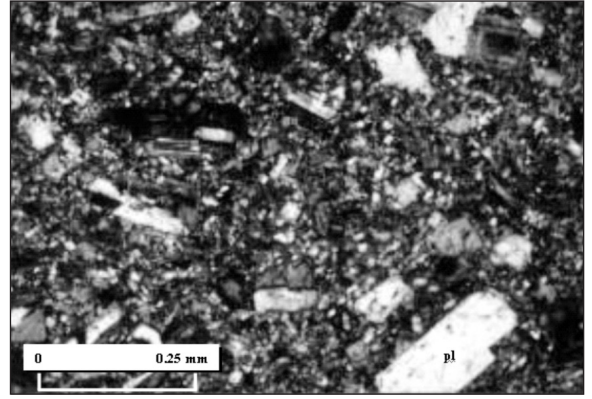
Fonolitlere ait ince-kesitler üzerinde yapılan mik-rooskopik çalışmalarda, irili-ufaklı kristallerin lav akıntı doğrultusunda dizilmeleriyle akıntı dokusu ve porfirik doku sundukları gözlenmiştir (Şekil 4). Kayacın hamur malzemesi, mikrokristalin sanidin, klinopiroksen (egirin, egirinojit), feldispatoid (nefelin), sodalit grubu minerali (haüyn), intersitial analsim ve volkanik camdan oluşur. Kayaçta bol miktarda bulunan sanidin fenokristallerinin boyutları bazen 4 mm'e ulaşır. Bazı sanidin fenokristalleri kısmen killeşme (serisit) şeklinde altere olmuştur. Sodyumca zengin plijyoklaz (albit) kristalleri çok az miktarda bulunmaktadır. İrili-ufaklı kristaller halinde gözlenen poligonal şekilli sodalit grubu mineralleri (haüyn),



Şekil 4- Polarizan mikroskopta fonolitlerin mikroskobik görüntüsü (Çift Nikol. sn: sanidin; ha: haüyn; eg: egirinojit).

%25 civarındadır. Çoğunlukla kalsit ve zeolit minerallerine altere olmuştur. Kayaçta yaklaşık %15 oranında bulunan yeşil renkli klinopiroksenler (egirin, egirinojit), ince prizmatik ya da iğnemi kristaller halindedir. Genellikle klinopiroksen kristallerinin merkez (egirinojit) ve kenar (egirin) kısımları arasında zonlu yapı gözlenir. Egirin kristalleri koyu yeşil tonlarda pleokrizma sunarken egirinojit kristalleri açık yeşil-sarımsı yeşil tonlarda pleokrizma özelliğine sahiptir. Tali mineral olarak, küçük apatit kristalleri ve opak mineraller bulunmaktadır.

Trakitlere ait ince-kesitlerin, incelenmesinde, kayacın çoğunlukla feldispat kristalleri içerdiği gözlenmiştir (Şekil 5). Hamur malzemesi, genellikle alkali feldispat mikrokristallerinden ve çok az miktarda küçük kuvars ve klinoproksen kristallerinden oluşmaktadır. Plajiyoklaz fenokrisalleri (albit, oligoklaz), alkali feldispat fenokristallerine nazaran daha fazladır. Feldispat fenokristallerinin hafif paralel dizilimi ile oluşan trakitik doku gözlenmektedir. Feldispat kristalleri kısmen serisit, kil ve karbonat minerallerine dönüşüm sunar. Kayaçta, %10 civarında bulunan klinopiroksen (ojit) kristalleri yarı öz şekilli veya öz şekillidir. Ojit kristalleri, kısmen kalsit, klorit ve demiroksit minerallerine altere olmuştur. Tali mineral olarak küçük sfen ve apatit mineralleri gözlenmiştir.



Şekil 5- Polarizan mikroskopta trakitlerin mikroskobik görüntüsü (Çift Nikol. pl: plajiyoklaz).

Alkalin volkanitlerindeki fenokristallerin ve hamur malzemesinin kısmen altere olması (serisitlenme, killeşme, kloritleşme, karbonatlaşma), hidrotermal çözeltilerin işlevlerini işaret eder. Bununla beraber, inceleme alanının hemen kuzeyinde bulunan Kızılcıören Köyü civarındaki toryum ve nadir toprak elementli fluorit-barit-bastnezit yataklarının oluşumuna alkalin volkanizma ile ilişkili hidrotermal akışkanların neden oldukları ileri sürülmektedir. (Kaplan, 1977; Baybörü ve diğerleri, 1983; Kırkoğlu, 1983; Gültekin ve Örgün, 2000).

JEOKRONOLOJİ

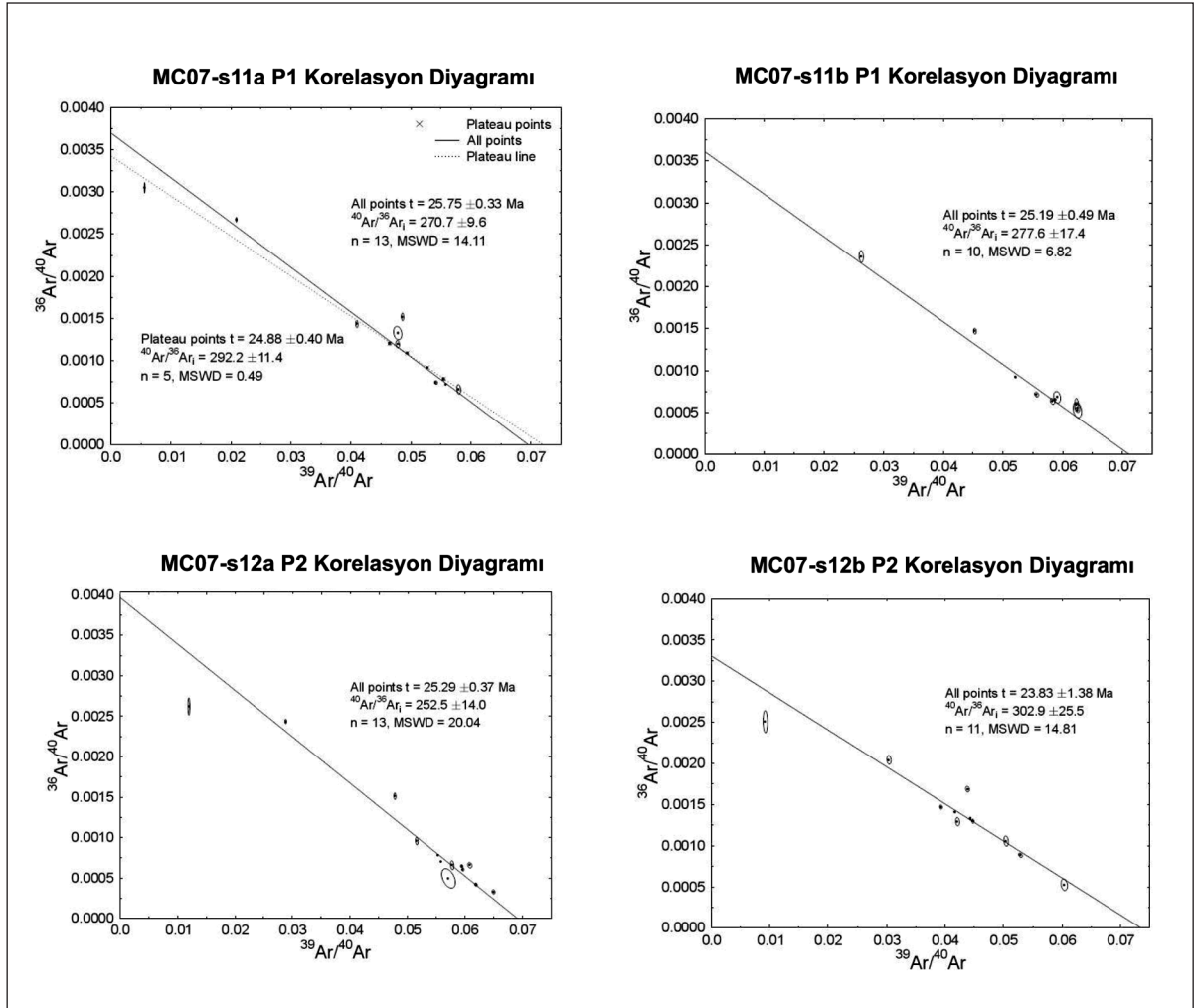
Fonolitlere ait P1 ve P2 no'lu iki örnek, MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analiz ve Teknoloji Dairesinin Teknoloji Koordinatörlüğü laboratuvarında kırma ve öğütme makinelerinde işleme tabii tutulmuştur. Öğütülen P1 ve P2 örnekleri, sırası ile 2 mm, 1 mm ve 0.5 mm ölçekli eleklerden geçirilmiştir. Bu eleklerin hem üstünde hem de altında kalan öğütülmüş örneklerde çeyreklenme yapılmıştır. Çeyreklenen örnekler, binoküler mikroskopta incelenmiş ve sanidin kristalleri ayıklanmıştır. Ayıklanan sanidin kristalleri, örnek ve elek numaraları yazılarak yaş tayinlerinin yapılması için Michigan Üniversitesi (ABD), Yer bilimleri Bölümüne gönderilmiştir. Dr. Chris Hall tarafından yapılan yaş tayini çalışmasında, asal-gaz kütle

spektrometresi kullanarak dört sanidin kristali üzerinde laser $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ analizi yapılmadan önce, kristaller üzerindeki alterasyonlar ultrasonik olarak temizlenmiş ve asit ile muamele edilmiştir. Sanidin kristallerinden elde edilen laser-spot yaşlar; 23.83 ± 1.38 Ma ile 25.75 ± 0.33 Ma arasındadır (Şekil 6). Aradaki 2 Ma yaş farkı ve izokronun bir miktar kayması, sanidin kristallerinin kısmen killeşmesi nedeni ile kristal yüzeyinin çok temiz olmamasından ya da analiz esnasında Ar gazının kaybindan kaynaklanmış olabilir. Bu durumlar göz önüne alındığında, fonolitlerin olu-

şum yaşı 25 Ma olduğu söylenebilir. İnceleme alanının kuzeyinde, Kızılcaören dolayında, bast-nezit-fluorit-barit cevherleşmesini konu alan çalışmada, K /Ar yöntemi ile alkalin kayalarda 23.3 ± 3.2 Ma ile 26.2 ± 2.9 Ma arası yaşlar bulunmuştur (Özgenç, 1993). Bu yaş tayini verilerine göre, bölgedeki fonolit-trakit domları Geç Oligosen-Erken Miyosen'de oluşmuştur.

JEOKİMYA

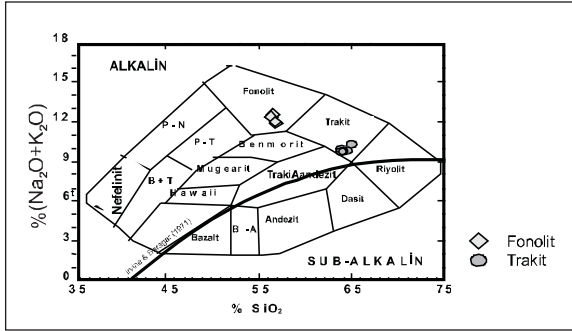
Çalışma alanındaki fonolit-trakitlere ait toplam 10 örnek üzerinde; majör, iz ve nadir toprak ele-



Şekil 6- Alkalin fonolitlere ait Ar-Ar yaş tayinleri.

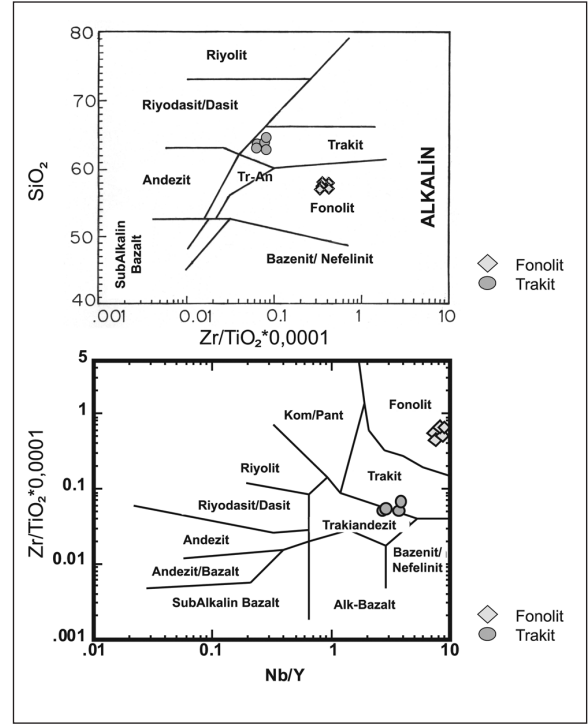
ment analizleri Kanada'nın ACME Analiz Laboratuvarlarında yapılmıştır. Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı alkale volkanik kayaların jeokimyasal analiz sonuçları çizelge 1'de verilmiştir.

Toplam alkali - SiO₂ (TAS) diyagramında, Irvine ve Baragar (1971) eğrisine göre alkale karakterli volkanitler, 'Fonolit' ve 'Trakit' alanına düşmüştür (Şekil 7) (Cox ve diğerleri 1979). Winchester ve Floyd (1977)'in volkanik kayaları sınıflama diyagramlarında inceleme alanındaki volkanitlerin fonolit-trakit oldukları görülmektedir (Şekil 8).

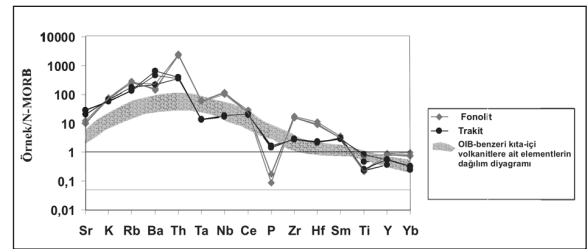


Şekil 7- Cox ve diğerleri (1979) tarafından hazırlanan TAS diyagramını kullanarak arazideki volkanitlerin sınıflandırılması.

Fonolit-trakit örneklerine ait kimyasal element analiz sonuçlarında görüldüğü gibi alkale kayalar, LILE (Sr, K, Rb, Ba, Th) ve bazı HFSE (Nb, Ta, Zr, Hf, Sm) bakımından zenginleşme sunar (Şekil 9). Fonolitlerde Ba: 859-1446 ppm, Rb: 139-159 ppm, Sr: 882.5-1125.3 ppm, Th: 263.6-308.3 ppm değerleri bulunurken trakitlerde Ba: 1349-3984 ppm, Rb: 76-98 ppm, Sr: 1858.5-2571.2 ppm, Th: 43-46.1 ppm değerleri tespit edilmiştir. Fonolit ve trakitler, N-MORB'a göre yüksek Nb ve Ta değerleri içerir. Nb değerleri fonolitlerde 224-272 ppm arasında değişirken trakitlerde 39-45 ppm'dir. Bununla beraber, OIB'e göre normalize edilmiş diyagramda gözlemlendiği gibi bazı elementler yüksek anomali verir (Şekil 10). Bu durum, zenginleşmiş manto/astenosfer kaynağını işaret eder. Özellikle fonolitlerdeki P'in negatif anomali vermesi apatitin kristalleşmesi ile ilgili olabilir.



Şekil 8- Winchester ve Floyd, (1977) diyagramına göre alkale volkanitlerin sınıflandırılması.

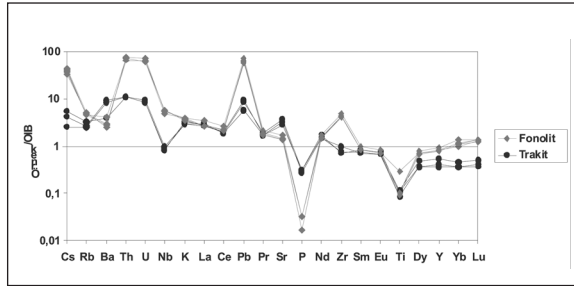


Şekil 9- Fonolit ve trakitlerin N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek Diyagramı (inceleme alanı için normalize değerler Sun ve McDonough, 1989'den alınmıştır; Pearce, 1983'e ait OIB benzeri kıta içi volkanitlerle mukayese edilmiştir).

Kıta içi alkale volkanitlerin tipik özellikleri olarak Zr/Nb<6 ve Nb/Y>1.5 oranları verilmiştir (Edwards ve diğerleri, 1991). İnceleme alanındaki fonolitlerde Zr/Nb oranı, 4.34-5.09 arasında değişirken trakitlerde 4.58-5.88'dir. Ayrıca alkale volkanitlerdeki Nb/Y oranı, 3 ile 10 arasında

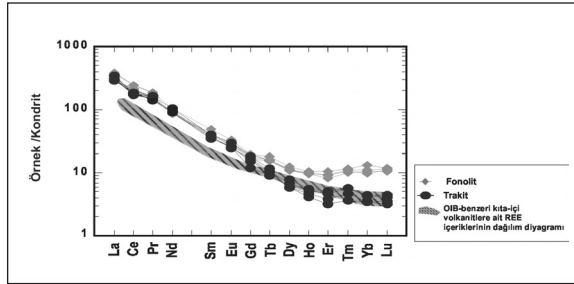
Çizelge 1- Fonolit ve trakitlere ait kimyasal analiz sonuçları

FONOLİTLER						TRAKİTLER				
	SP-1	SP-2	SP-3	SP-4	SP-5	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5
SiO ₂	56.14	56.24	56.03	56.51	56.41	64.82	63.77	64.39	63.96	63.74
Al ₂ O ₃	18.57	18.84	18.76	19.15	19.21	16.29	16.39	16.35	16.32	16.09
Fe ₂ O ₃	2.88	2.65	2.58	2.67	2.68	2.23	2.4	2.3	2.27	2.27
MgO	0.65	0.32	0.77	0.42	0.41	0.58	0.55	0.54	0.54	0.66
CaO	2.15	2.09	2.08	2.07	2.07	1.4	2.02	2.02	2.15	2.25
Na₂O	6.94	7	7.08	6.83	6.86	5.43	5.66	5.53	5.54	5.52
K₂O	5.44	5.55	5.28	5.09	5.14	4.84	4.22	4.29	4.16	4.18
TiO ₂	0.22	0.2	0.2	0.2	0.21	0.42	0.4	0.4	0.39	0.39
P ₂ O ₅	0.02	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.19	0.17	0.19	0.17	0.17
MnO	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14	0.05	0.06	0.05	0.03	0.05
Cr ₂ O ₃	0.002	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.003	0.005	0.005	0.003	0.003
LOI	6.1	6.3	5.9	5.8	5.8	3.2	3.2	2.8	3.4	3.4
SUM	99.36	99.46	100.2	99.06	99.11	99.61	99.22	99.2	99.18	99.18
Ba	859	948	1028	1402	1446	1349	3242	2856	3984	3984
Ni	<20	<20	42	<20	<20	66	116	79	70	70
Sc	11	10	1	1	1	3	3	3	3	3
Co	84.6	30.4	12.5	11.7	17.7	47.1	23.8	15.8	18.8	18.8
Cs	16.6	15.1	12.8	15.6	14.3	2.1	1.6	1	0.9	0.9
Ga	48.8	45.5	40.4	38.3	38.3	36.1	31.8	28.9	29.3	29.3
Hf	22.7	19.5	18.3	19.9	19.1	4.9	5.6	4.4	4.5	4.5
Nb	262.4	224.1	269.8	271.9	277.9	38.7	45.2	42.7	43.6	43.6
Rb	159.4	141.1	146.1	142	138.8	97.8	81	75.5	76.8	76.8
Sn	4	5	3	3	3	2	1	<1	1	1
Sr	1125.3	898.9	882.5	938.8	960.3	1858.5	2122.8	2436.9	2571.2	2571.2
Ta	8.4	7.7	7.9	7.8	8.1	1.8	1.9	1.7	1.8	1.8
Th	308.3	274.6	263.6	284.7	276.5	43.3	43	43.2	46.1	46.1
U	74	59.8	66.8	63	60.3	8.5	9.6	8.7	8.9	8.9
V	39	36	35	35	35	34	42	29	34	34
W	487.4	183.4	100.8	82.9	136.9	260.5	128.1	114.2	136.9	136.9
Zr	1317.6	1140.7	1189.3	1181.4	1205.3	212.1	265.6	196.5	206.7	206.7
Y	26.4	22.4	22.8	23.3	24	10.3	11.7	15.5	15.1	15.1
La	125.4	97.3	97.1	98.9	99.1	100.7	95.9	112.3	99.4	99.4
Ce	210.8	168.1	176.5	179	180.7	148.2	158.8	152.6	151.6	151.6
Pr	20.95	16.73	17.08	17.73	17.64	16.47	16	18.22	16.65	16.65
Nd	66.7	54	55.1	57.2	58.7	57.5	56.7	66	60.4	60.4
Sm	9.8	8	8.2	8.4	8.4	7.4	7	8.2	7.5	7.5
Eu	2.54	2.07	2.03	2.11	2.23	2	1.97	2.28	1.9	1.9
Gd	5.45	4.62	5.36	4.89	5.34	3.33	4.24	4.95	4.69	4.69
Tb	0.86	0.72	0.75	0.75	0.73	0.43	0.48	0.54	0.5	0.5
Dy	4.33	3.66	3.79	3.9	3.84	2.06	2.02	2.66	2.32	2.32
Ho	0.73	0.66	0.68	0.69	0.7	0.29	0.33	0.39	0.37	0.37
Er	2.35	1.85	1.96	2.04	2.1	0.72	0.87	1.17	1.06	1.06
Tm	0.35	0.3	0.36	0.32	0.33	0.11	0.14	0.17	0.17	0.17
Yb	2.88	2.33	2.32	2.16	2.46	0.76	0.78	0.98	0.94	0.94
Lu	0.41	0.36	0.39	0.38	0.39	0.11	0.12	0.15	0.14	0.14
Pb	220.7	192.6	175.3	199.8	190	17.7	30.5	27	30.5	32.7



Şekil 10-Fonolit ve trakitlerin OIB'e göre normalize edilmiş örümcek diyagramı (normalize değerleri Sun ve McDonough, 1989'den alınmıştır).

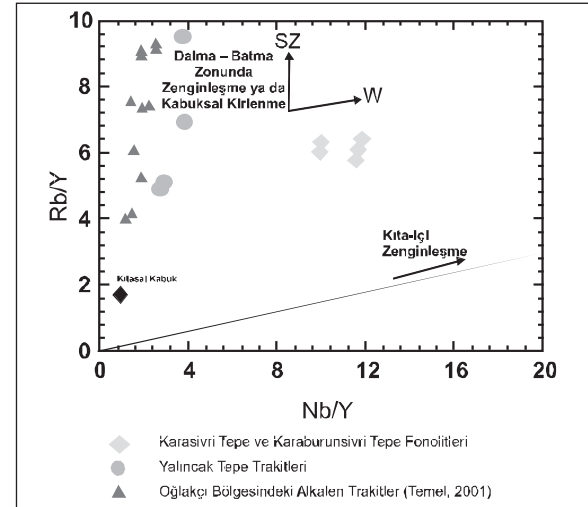
değişir. İncelenen alkale volkanitlere ait nadir toprak elementlerin (REE) kondrite göre normalize edilmiş diyagramda, LREE (La, Ce, Nd) içeriklerinin HREE'e göre nispeten yüksek zenginleşme sunması, OIB-benzeri kıta içi magma karakterini yansıtır (Şekil 11).



Şekil 11-Fonolit ve trakitlerin Kondrit'e göre normalize edilmiş diyagramları (inceleme alanı için normalize değerler Nakamura, 1974'den alınmıştır; Pearce, 1982'e ait OIB benzeri kıta içi volkanitlerle mukayese edilmiştir).

Düşük Rb/Nb ve K/Nb oranları astenosferik bir kaynağı temsil ederken, bu elementlerin yüksek oranları litosferik manto kaynağının etkisini göstermektedir (Jung ve Masberg, 1998). Ayrıca Ba/Nb>28 değeri dalma-batma zonu ile ilgili zenginleşmeyi işaret etmektedir (Fitton ve diğerleri, 1998). İnceleme alanındaki fonolit-trakitlere ait iz element ve REE içeriklerine göre yapılan diyagramlarda, birbirine yakın değerler gözlenmekle beraber, bir miktar farklılıklar da bulunmaktadır. Özellikle fonolitlerde Rb/Nb oranı dü-

şük (0.49-0.60) iken trakitlerde yüksektir (1.76-2.52). Ba/Nb oranı ise fonolitlerde 3.27-5.20 arasında değişirken trakitlerde 34.85-91.37 değerindedir. Bu durum özellikle trakitleri oluşturan OIB-benzeri magmanın önceki dalan okyanusal litosferden kaynaklanan ergiyikler tarafından zenginleştirildiğini gösterir. Ayrıca, incelenen alkale volkanitlerle, çalışma alanının 30 km doğusunda bulunan Oğlakçı Bölgesindeki Miyosen yaşlı volkanitler (Temel, 2001), Rb/Y-Nb/Y diyagramında incelendiğinde, her iki sahadaki trakitler, dalma-batma zonu zenginleşmesi ya da kıtasal kirlenme hattına, kabaca paralellik sergilerken; fonolitlerin ise kıta-içi zenginleşme ile ilişkili olduğu görülür (Şekil 12). Temel (2001) tarafından Oğlakçı volkanitlerin (trakit, bazalt) çarpışma sonrası gerilme rejimi ile ilgili, OIB-benzeri zenginleşmiş manto kaynağından türediği belirtilmiştir.



Şekil 12- Arazide ofiyolit dilimini kesen alkale volkanitler ile Oğlakçı dolayında bulunan volkanitlerin Rb/Y vs. Nb/Y diyagramındaki yeri (Kabuksal kabuk bileşimi Taylor and Mc Lennan, 1985'den alınmıştır).

Fonolitlerde zengin Pb içeriğine (175.3-220.7 ppm) karşın, Ce/Pb oranı düşüktür (~1). Trakitler ise fonolitlere nazaran daha düşük Pb içeriğine (17.7-32.7 ppm) sahiptir ve Ce/Pb oranı 4.63-8.37 arasındadır. Kabuksal kirlenmeye maruz ka-

lan bir magmanın Ce/Pb oranının düşük (<2.5) olduğu bilinmektedir (Norman ve Garcia, 1999). Bu durum, fonolit-trakitleri oluşturan OIB-benzeri zenginleştirilmiş astenosferik magmanın kırık hatları boyunca yükselirken kıtasal kirlenmeye maruz kaldığını işaret eder.

Çalışma alanında olduğu gibi Kula (Manisa) volkanitlerine ait alkalin fono-tefritlerde, Oğlakçı (Sivrihisar-Eskişehir) dolayındaki alkalin trakitlerde ve Kamerun'daki Tchabal Nganha alkalin fonolit-trakitlerde bazı LIL elementlerince (Ba, Rb, Sr) zenginleşme gözlenir (Alıcı ve diğerleri, 2002; Temel, 2001; Nono ve diğerleri, 1994). İnceleme alanındaki fonolit-trakitlerde LILE ve LREE içeriğinin daha yüksek olması, çalışma alanının yaklaşık 5 km kuzeyindeki Kızılcaören Köyü dolayında muhtemelen alkalin volkanitlere bağlı olarak gelişmiş Th ve REE (Ce,La,Y) içeren fluorit-barit-bastnezit cevherleşmesine neden olan hidrotermal eriyiklerle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kuzeybatı Anadolu'da, kuzeydeki Sakarya Kıtası (Pontidler) ile güneydeki Anatolid-Torid Platformu arasındaki kıta-kıta çarpışması, Geç Kretase-Erken Eosen periyodunda meydana gelmiş ve litosferde kısıp kalınlaşma ile karşılaşmıştır. Geç Oligosen-Erken Miyosen'de, kabuk 50 km'e varan bir kalınlığa ulaşmıştır. (McKenzie, 1978; Le Pichon ve Angelier, 1979; Şengör ve diğerleri, 1984). Orta Miyosen'de, bu sıkışma rejimi yerini K-G gerilme sistemine bırakmış ve bu yeni tektonik rejimin (neotektonik) sonucu olarak da B-KB Anadolu'da graben sistemi gelişmiştir. (Yılmaz,1981; Yılmaz, 1990, Okay ve diğerleri, 1990; Harris ve diğerleri, 1994). Bununla beraber, K-G yönlü gerilme rejiminin Geç Oligosen-Erken Miyosen'de başladığı ve bölgedeki erken volkanizmanın gerilmeli tektonik sistem içerisinde gelişebileceği belirtilmiştir (Seyitoğlu ? ve Scott,1991; 1992).

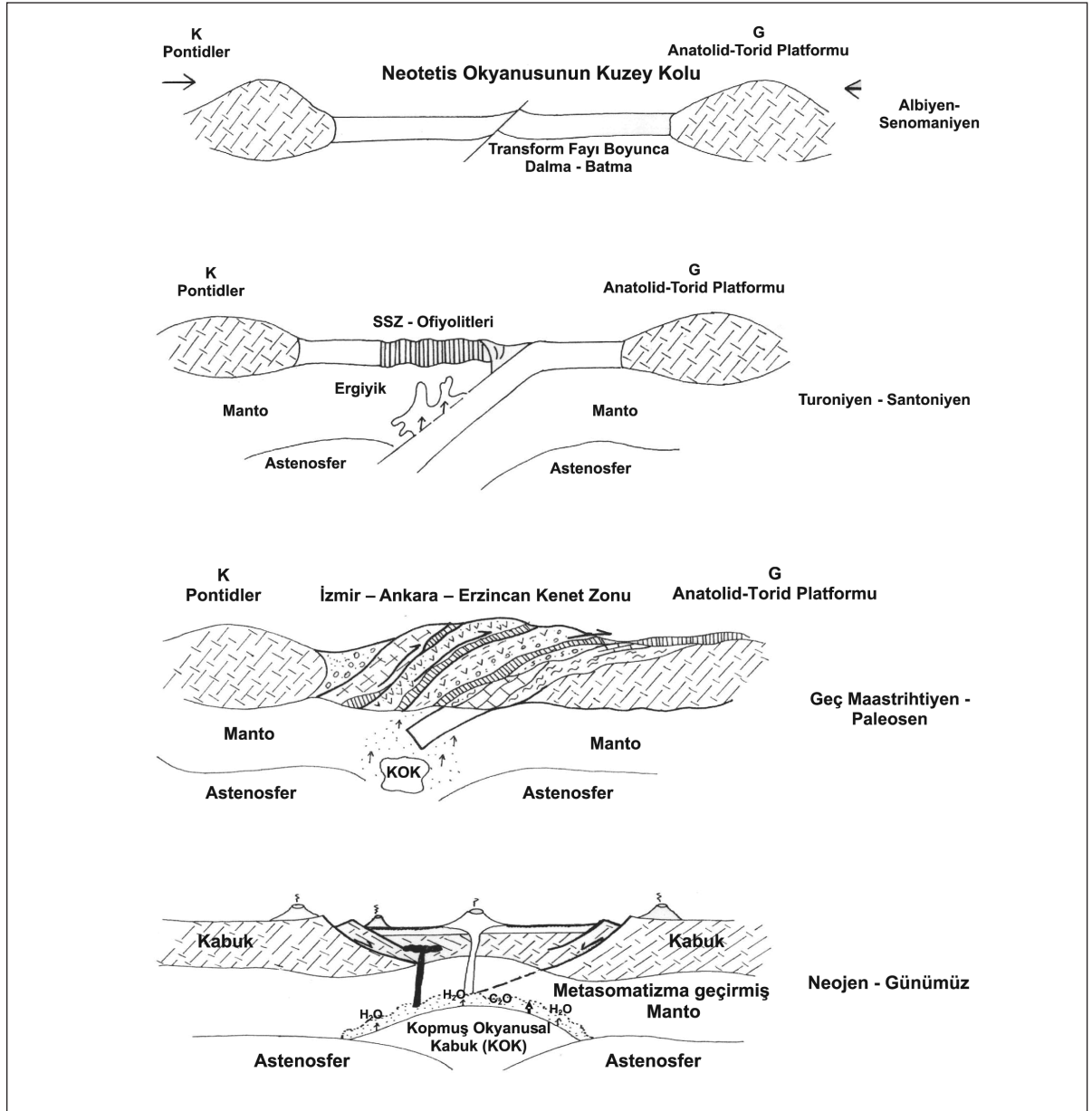
Kuzeybatı Anadolu'da, Sivrihisar'ın (Eskişehir) 20 km kuzeybatısında bulunan inceleme ala-

nında, Dağküllü Ofiyolitinin uzantısı olan ofiyolitik seriye ait peridotitleri, bindirme hattına yakın ve tektonik dokanağa paralel konumda, kesen fonolit-trakit domları bulunur. Bu çalışmada, ilk defa, fonolitlere ait sanidin kristallerinden ³⁹Ar/⁴⁰Ar izotop yaş tayini yapılmış ve 25 Ma civarında yaş tespit edilmiştir.

Üst Kretase'de, kuzeydeki Sakarya Kıtası (Pontidler) ile güneydeki Anatolid - Torid Platformu arasında yer alan Neotetis Okyanusunun kuzeye dalan yitim zonu (suprasubduction zone-type ophiolite) üzerinde ofiyolitler oluşmuştur (Göncüoğlu ve diğerleri, 2000; Okay ve diğerleri, 2001; Özen ve diğerleri, 2002). K-G yönlü sıkışmanın devam etmesi ve kıtaların çarpışması sonucunda aradaki dalan okyanusal litosfer, üzerinde kalınlaşarak ağırlaşan kabuk altında daha fazla dayanamayarak kopmuştur. LILE'ce zenginleşmiş astenosferik manto, kırılan okyanusal litosfer diliminin yarattığı boşluğa doğru yükselir. Böylece, alkalin magmatik oluşumlar, Geç Oligosen-Erken Miyosen aralığında lavlar olarak D-B yönlü fayları kullanarak yüzeye çıkmıştır. Bölgeye Üst Kretase'de bindirme ile yerleşmiş ofiyolitik seriye ait harzburjitleri kesmiştir. Bu durum, bölgede Geç Oligosen-Erken Miyosen'de başladığı belirtilen gerilme rejiminin doğrultu atımlı faylarla bindirme hattını tekrar harekete geçirecek lokal çek-ayır basenler yarattığını gösterir (Şekil13).

Alkalin volkanitlerde LILE, bazı HFSE (Nb, Ta, Hf, Zr) ve LREE'ce zenginleşme vardır. Bu jeokimyasal veriler, incelenen fonolit-trakitlerin önceki Neotetis okyanusal litosferin dalma-batmasından kaynaklanan sulu eriyikler tarafından uyumsuz elementlerce zenginleştirilmiş astenosferik mantodan türetildiğini işaret eder. Pb içeriklerinin çok yüksek oluşu, alkalin lavların kalınlaşmış kıtasal litosferden yükselirken kabuksal materyal tarafından kirlenmesi ile ilişkilidir.

Neotetis Okyanusunun kuzey kolunun Sakarya Kıtasının altına dalarak tüketilmesi iki kıtanın Geç Kretase'de çarpışmasına neden ol-



Şekil 13-Çalışma alanının olası jeodinamik evrimi (Şengör ve Yılmaz, 1981; Göncüoğlu ve diğerleri, 2000; Okay ve diğerleri, 2001; Robertson, 2002'den faydalanılarak yapılmıştır).

muştur. İAEKZ'u boyunca meydana gelen çarpışma ile bunu takip eden volkanizma arasındaki zaman aralığının 30-40 Ma olduğu belirtilmiştir (Harris ve diğerleri, 1994; Genç ve? Yılmaz, 1997). İnceleme alanında, bölgeye bindirme ile yerleşmiş Üst Kretase ofiyolitleri ile bunları kesen

Geç Oligosen-Erken Miyosen alkale volkanitler arasında da en fazla 40 Ma zaman aralığı vardır.

İAEKZ'un batıdaki devamı olan Vardar Zonu boyunca meydana gelen Rodop Orojenezinde Geç Eosen-Oligosen'de gerilme rejimi etkili olur-

ken (Burg ve diğerleri, 1990; Pe-Piper ve Piper, 2001), B-KB Anadolu'da İAEKZ boyunca orojenik kuşakta ise Geç Oligosen-Erken Miyosen'de gerilme rejimi başlamıştır (Seyitoğlu ve Scott, 1992). Doğu Anadolu'da ise gerilme rejimine bağlı ilk volkanik faaliyet Geç Miyosen'de tespit edilmiştir (Keskin, 2003). Sivrihisar (Eskişehir) dolayında incelenen alkalin fonolit-trakitler, oluşum yaşı bakımından batıdan doğuya doğru gençleşen volkanit zincirinin Genç Oligosen-Erken Miyosen zaman aralığını temsil etmektedir.

Fonolit-trakitlere ait jeokimyasal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda, bu alkalin kayaların özellikle LILE (Sr, Rb, Ba, Th) ve LREE (La, Ce, Pr, Nd)'ce zenginleştiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, çalışma alanının hemen kuzeyinde, Kızılcaören Köyü dolayında, Sakarya kıtasının Karakaya kompleksine ait metaklastik-piroklastik kayalar içerisinde hidrotermal kökenli Th ve REE (Ce, La, Y)'li fluorit (CaF₂)-barit (BaSO₄)-bastnezit (La, Ce, Nd, Pr, Sr, Th CO₃F)-brockit (Ca, Sr, Ba, Th, La, Ce, PO₄) cevherleşmesi bulunmaktadır. Cevherleşmenin konumu ve jeokimyasal verilere göre Th ve REE içeren florit-barit yatağının fonolit-trakitlerle kökensel ilişkili olduğu söylenebilir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, MTA Genel Müdürlüğü'nün 2001-16 AE no.lu "Ofiyolitlere Bağlı Cevherleşmelerin Araştırılması" projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Fonolitlere ait kayaç örneklerinde ³⁹Ar/⁴⁰Ar yaş tayini yapan Dr. Chris Hall (Michigan Üniversitesi, ABD) ile makalenin geliştirilmesinde yapıcı eleştirilerinden dolayı Prof.Dr. Abidin Temel'e ve Doç.Dr. Yusuf Kaan Kadioğlu'na teşekkür ederiz.

Yayına verildiği tarih, 1 Mart 2006

DEĞİNİLEN BELGELER

Alicı, P., Temel, A. ve Gourgaud, A. 2002. Pb-Nd-Sr isotope and trace element geochemistry of Quaternary extension-related alkaline volka-

nism: a case study of Kula region (western Anotolia, Turkey). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 115, 487-510.

Baybörü, R., Kayabalı, İ., Bakkaloğlu, A., İrkeç, T. ve Ender, İ. 1983. Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören köyü Fluoritli Baritli Kompleks Cevher Sahasına ait Ara Rapor. MTA Rapor No : 7507 (yayımlanmamış).

Bingöl, E. 1976. Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi. MTA Dergisi, 86, 4-34.

_____, Akyürek, B. ve Korkmazer, B. 1973. Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri: Cumhuriyetin 50.Yılı Yer bilimleri Kongresi Tebliğleri Kitabı. 70-76.

Burg, J. P., Ivanov, Z., Ricou, L.E., Dimor, D ve Klain, L. 1990. Implications of shear-sense criteria for the tectonic evolution of the Central Rhodope massif, southern Bulgaria. Geology, 18, 451-474.

Cox, K.G., Bell, J.D. ve Pankhurst, R.J. 1979. The interpretation of igneous rocks. Allen and Unwin, London, 450s.

Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. 1979. Aegean and surroundings regions: complex multiplate and continent tectonics in a convergent zone. Geological Society America Bulletin I., 90, 84-92.

Edwards, C., Menzies, M. ve Thirlwall, M. 1991. Evidence from Muriah, Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in genesis of potassic alkaline magmas. Journal of Petrology, 32(3). 555-592.

Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Günay, E., Çevikbaşı, A., Ateş, M. ve Can, B. 1985. Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu. MTA Dergisi, 28, 121-136.

_____, Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioğlu, E., Adis, C., Walter, H.J. ve Yıldırım, T. 1995. Biga

- Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer volkanizmasının özellikleri. MTA Dergisi, 117, 55-86.
- Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S. ve Leeman, W.P. 1998. The role of lithospheric mantle in the generation of Late Cenozoic Basic Magmas in the western United States. *Journal of Petrology. Special Litosphere Issue*, 331-349.
- Genç, Ş.C ve Yılmaz, Y. 1997. Post collisional magmatism in Armutlu Peninsula, NW Anatolia: IAVCEI International Volcanology Congress, Abstracts, Ankara.
- _____ ve _____, 1997. An example of the post-collisional magmatism in Northwestern Anatolia: Kızderbent volcanics (Armutlu peninsula, Turkey). *Turkish Journal of Earth Science (TUBITAK)*, 6, 33-42.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk K., Özcan, A., Uysal, Ş. ve Yalınız, K. 2000. A geotraverse across northwestern Turkey: tectonic units of the Central Sakarya region and their tectonic evolution. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A and Piper, J.D.A. (ed). *Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area Geological Society, London, Special Publications*, 173, 137-161.
- Gözler, M.Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H.J. 1996. Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi. MTA Rapor No: 9973 (yayımlanmamış).
- _____, Cevher, F., Küçükayman, A., Taşanyürek, M., Asutay, H.J. ve Acar, Ş. 1984. Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) Kompleks (Fluorit, Barit, Toryum ve Nadir Toprak Elementleri) Cevher yatağı ile Yunusemre nikel cevherleşmesinin jeolojisi. MTA Rapor No: 7718 (yayımlanmamış).
- Gültekin, A.H. ve Örgün, Y. 2000. Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) Yöresi Tersiyer Volkanitleri ile ilişkili Nadir Toprak Elementli Fluorit-Barit Yatakları. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknik Dergisi*, 1, 85-94.
- Harris, N.B.W., Kelley, S. ve Okay, A.I. 1994. Post-collision magmatism and tectonics in northwest Anatolia. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 241-252.
- Hatzle, T. 1992. Die Genese Der Karbonatit-und Alkalivulkanit - Assoziierten Fluorit - Baryt - Bastnasit-Vererzung Bei Kızılcaören (Turkei). *Münchner Geol. Hefte. Technischen Universität München*. 271s.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Journal Earth Science Canada*, 8, 523-548.
- Jung, S. ve Masberg, P. 1998. Major-and trace-element systematic and isotope geochemistry of Cenozoic mafic volcanic rocks from the Vogelsberg (Central Germany): constraints on the origin of continental alkaline and tholeiitic basalts and their mantle sources. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 86, 151-177.
- Kaplan, H. 1977. Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören köyü yakın güneyi nadir toprak elementleri ve toryum kompleks cevher yatağı. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 2, 29-34.
- Keskin, M. 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters*, 30, doi: 10.1029 / 2003 GL 018019.
- Kırıkoğlu, M.S. 1983. Fluorit-Baryt-Th-REE-Lagerstätten im gebiet von Kızılcaören, Provinz Eskişehir, West-Turkei: Dissertation an der Montan Universitaet, Leoben, Austria. 276s.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J. 1979. The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic

evolution ou eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.

McKenzie, D. 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean sea and surrounding regions. *Geophys. J. R. Astron. Soc.* 55, 217-254.

Monod, O., Andrieux, J., Gautier, Y. ve Kienast, J.R. 1991. Pontides-Taurides Relationships in the region of Eskişehir (NW Turkey) *Bull. Tech. Univ. İstanbul*, 44, 257-278.

Nakamura, N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38, 757-775.

Nono, A., Deruelle, B., Demaiffe, D. ve Kambou, R. 1994. Tchabal Nganha volcano in Adamawa (Cameroon): petrology of a continental alkaline lava series. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 60, 147-178

Norman, M.D. ve Garcia, M.O. 1999. Primitive magmas and source characteristics of the Hawaiian plume: petrology and geochemistry of shield picrites. *Earth Planet Sci. Lett.*, 168, 27-44.

Okay, A.I. 1984. Distribution and characteristics of the northwest Turkish Blueschists: *Geological Society, London, Special Publications*, 17, 455-466.

_____, Siyako, M. ve Bürkan, K.A. 1990. Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. *TPJD Bülteni*, 1(3), 83-121.

_____, ve Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F. Serrane, M (ed). *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogene*. Geological Society, London, Special Publications, 156, 475-515.

_____, Tansel, İ. ve Tüysüz, O. 2001. Obduction, subduction and collision as reflected in the

Upper Cretaceous-Lower Eocene sedimentary record of western Turkey. *Geological Magazine*, 138, 117-42.

Özen, H., Koç, İ., Gültaşlı, Ö.F., Sayak, H., Çolakoğlu, A. ve Sarıfakioğlu, E. 2001. Sivrihisar (Eskişehir) Kuzeyi Ofiyolitlerin jeolojisi ve ofiyolitlere bağlı cevherleşmeler. MTA Rapor No: hazırlanmakta.

_____, ve Sarıfakioğlu, E. 2002. Dağküllü Ofiyoliti ile Sivrihisar (Eskişehir) dolayındaki ofiyolitlerin petrografisi ve jeokimyası. *Jeoloji Mühendisleri Dergisi*, 26, 33-40.

_____, Sarıfakioğlu, E., Koç, İ., Gültaşlı, Ö.F., Sayak, H., Çolakoğlu, A., Mineraci, F. ve Erdal, H. 2002. Sivrihisar (Eskişehir) dolayındaki ofiyolit naplarının jeolojisi ve cevherleşmedeki rolü. 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara. Özler, 220-222.

_____, ve Sarıfakioğlu, E. 2003. Sivrihisar (Eskişehir) Dolayındaki Volkanitlerin Petrografik-Petrolojik Özellikleri. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara. Özler, 20-21.

Özgenç, İ. 1993. Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) Karbotermal Bastneazit-Fluorit-Barit Yatağının Jeolojisi ve Nadir Toprak Element Jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 36, 1-11.

Pearce, J.A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S. (ed). *Andesite*. Wiley. Chichester, 525-548.

_____, 1983. The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In: Hawkesworth, C.J. and Norry M.J. (ed). *Continental basalts and mantle xenolith*. Nantwich: Shiva, 49-230.

_____, Bender, J.F., DeLong, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J. Güner, Y., Şaraoğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. ve Mitchell, J.G. 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 44, 189-229.

- Pe-Piper, G. ve Piper D.J.W. 2001. Late cenozoic, post-collisional Aegean igneous rocks: Nd, Pb and Sr isotopic constraints on petrogenetic and tectonic models. *Geological Magazine*, 138, 653-668.
- Robertson, A.H.F. 2002. Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan Region. *Lithos*, 65. 1-67.
- Sarıfakıoğlu, E. 2004. The petrographic and geochemical features of the ophiolite nappes along Izmir-Ankara Suture Zone from Eskişehir-Kutahya (Turkey) Surroundings. 32nd International Geological Congress, Florence-İtaly. Abstracts (Part 1), p.373.
- _____, ve Özen, H. 2006. The Geology and Petrogenesis of the Ophiolites around Orhaneli (Bursa)- Tavsanlı (Kutahya)- Dagkumlu (Eskişehir) in the Western of Izmir-Ankara-Erzincan Suture Zone, Turkey. The 6th International Conference on the Geology of the Middle East, Al-Ain (United Arab Emirates). Abstracts. 313s.
- Savaşçın, M.Y. 1990. Magmatic activities of Cenozoic compressional and extensional tectonic regimes in western Anatolia. *International Earth Science Congress of Aegean Regions*, İzmir. Proceedings, 420-434.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. 1991. Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geological Magazine*, 128, 155-166.
- _____, ve _____, 1992. Late Cenozoic volcanic evolution of the NE Aegean region. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 54, 157-176.
- Sun, S.S. ve McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D. and Norry, M.J. (ed). *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publication, 42, 313-345.
- Şen-Alıcı, P., Temel, A. ve Gourgaud, A. 2004. Petrogenetic modelling of Quaternary post-collision volcanism: a case study of central and eastern Anatolia. *Geological Magazine*, 141, 81-98.
- Şengör, A.M.C. 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. Türkiye Jeoloji Kurumu yayınları. 40s. Ankara
- _____, ve Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach: *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- _____, Satır, M. ve Akkök, R. 1984. Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: Implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 603-707.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M. 1985. *The continental crust: Its composition and evolution*: Oxford, UK, Blackwell Scientific Publications, 312 p.
- Temel, A. 2001. Post-Collision Miocene Alkaline Volcanism in the Oglakçı Region, Turkey: Petrology and Geochemistry. *International Geology Review*, 43, 640-660.
- Türkecan, A., Yıldırım, T., Satır, M., Açıkgöz, S. ve Sevin, D., 2001, Ankara ve yakın çevresinin Tersiyer volkanizması. 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler No: 54-37.
- Uncuğil, G. 1984. Türkiye'nin Uranyum ve Toryum Potansiyeli, Uygulanan Arama Yöntemleri ve Uranyum-Toryum Yataklarımız. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 5, 169-176.
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. London: Unwin Hyman, 465s.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Geochemical Geology*, 20, 325-343.

Yılmaz, Y. 1981. Sakarya Kıtası güney kenarının tektonik evrimi. İstanbul Yer bilimleri. İst. Üniv. 1-2, 33-52.

Yılmaz, Y. 1990. Comparisons of young volcanic association of western and eastern Anotolia formed under a compressional regime: a review. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 44, 69-87.
