

KÜÇÜK MENDERES GRABENİ DOĞU UCUNDAKİ ANDEZİTLERİN (BAŞOVA-KIRAZ/İZMİR) JEOLJİSİ, PETROGRAFİSİ VE JEOKİMYASI

Tahir EMRE* ve Hasan SÖZBİLİR*

ÖZ. - Küçük Menderes Grabeni'nin doğu ucunda yer alan çalışma alanında, temeli oluşturan Menderes Masifi kayalarını kesen ve Başova Andezitleri olarak adlandırılan volkanik kayalar; Kiraz (İzmir) ilçesinin kuzeydoğusu, doğusu ve güneydoğusunda, sırasıyla Başova, Karaburç ve Yenişehir yakınlarında yüzlek verir. Oldukça küçük alanlar kaplayan bu yüzlekler, KD-GB uzanımlı bir hat boyunca dizilir. Başova ve Karaburç'un pembe ve gri renkli andezitik kayaları, çoğunlukla hipokristalen porfirik, yer yer hyalopilitik dokudadır. Başlıca, andezin, hornblend, piroksen, biyotit, kuvars ve opak mineral içeren bu kayaların hamuru, cam ve mikrolitlerden oluşur. Yenişehir'deki, koyu gri, yeşilimsi gri renkli, ince taneli bazaltik andezitlerde, makroskobik olarak plajiyoklaz ve piroksen fenokristalleri seçilebilir. Hipokristalen porfirik dokudaki kayaların ana felsik minerali plajiyoklaz, ana mafik minerali piroksendir. Hamur mikrolitiktir Belirgin bir yönlenme göstermeyen mikrolitler, yer yer bazı fenokristallerin etrafını çevrelemiş olarak gözlenir. Yarı-alkali ve kalk-alkali karakterli bu volkanitler; dayk, lav, piroklastit ve volkanik breş şeklinde yüzeye ulaşmıştır. İz element değişim diyagramında, kayaçların tümünde, büyük iyon çaplı elementlerde zenginleşme, yüksek çekim alanlı elementlerde fakirleşme karakteristiktir. İncelenen volkanitlerin iz element ve ender toprak element değişim diyagramları, genel olarak, kalk-alkali yay volkanitlerinin ya da orojenik volkanitlerin desenine benzer. Yaş tayini ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) sonuçlarına göre, Başova'dan alınan örnekler $14,7\pm 0,1$ My, Yenişehir'den alınanlar ise $14,3\pm 0,1$ My yaşındadır. Yarı-alkali ve kalk-alkali karakterli bu volkanizma; dayk, lav, piroklastit ve volkanik breş şeklinde yüzeye ulaşmıştır. Birbirine çok yakın mesafelerde yüzlek veren ve aralarında çok az yaş farkı olan bu volkanitlerin iz element dağılımları, benzer kaynaktan türediklerine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Batı Anadolu, Küçük Menderes Grabeni, Volkanizma, Yarı-alkali, Kalk-alkali, Orta Miyosen.

GİRİŞ

Batı Anadolu'da Geç Eosen'den (Ercan ve diğerleri, 1995) yakın zamanlara kadar (Richardson-Bunbury, 1996) etkili olan ve geniş alanlar kaplayan volkanik ürünlerin jeokimyasal niteliği asidik ile bazik yelpaze arasında değişir (Ercan ve diğerleri, 1985; Yılmaz, 1990).

Batı Anadolu volkanizmasının, orojenik etkilere bağlı olarak, bölgede litosferik kalınlaşmanın bir ürünü olduğu kabul edilmektedir (Şengör, 1980; Şengör ve Dewey, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve diğerleri, 1984; Gülen, 1990; Aldanmaz ve diğerleri, 2000).

Ancak, bölgesel tektonik evrimin denetiminde gelişen Batı Anadolu Geç Senozoyik volkanizmasının jeokimyasal özelliklerinin zaman ve tektonik etkinliklerle ilişkisi tartışmalıdır.

Bazı araştırmacılara göre, Geç Oligosen- Orta Miyosende Batı Anadolu K-G yönlü sıkışmanın etkisi altındadır ve kalınlaşan üst kıtasal kabuğun derinlerde bölümsel ergimesiyle magmatizma başlar; sıkışmalı tektonik rejim, BKB-DGD doğrultulu genişleme rejimi ve KD-GB doğrultulu zayıflık zonlarının oluşmasıyla son bulur; bu zonlarda, genellikle kalkalkali nitelikli, kıtasal kabuk kökenli, yer yer melez (hibrid) kıta içi volkanitler kendine yer bulur. Orta-Geç Miyosen'de başlayan K-G yönlü genişlemeli rejime bağlı olarak litosferin kalınlığı azalır ve Geç Miyosen sonu Pliyosen'den günümüze, D-B uzanımlı graben yapılarıyla birlikte, manto kökenli alkali magmatizma kendini gösterir (Keller, 1969; Borsi ve diğerleri, 1972; Keller ve Villari, 1972; Özgenç, 1978; Dewey ve Şengör, 1979, Sunder, 1979; Ercan, 1981, 1982 ve 1987; Şengör ve Yılmaz, 1981; Ercan ve Öztunalı, 1982; Ercan ve diğer-

* Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova-İzmir
e-posta: tahir.emre@deu.edu.tr hasan.sozbilir@deu.edu.tr

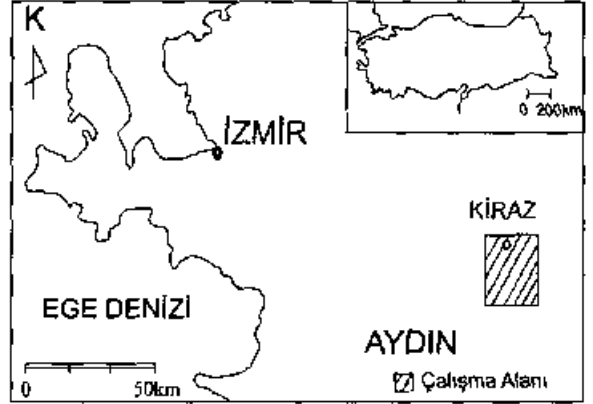
leri, 1984, 1985 ve 1996; Yılmaz, 1989, 1990, 1997 ve 2000; Savaşçın, 1990; Savaşçın ve Güleç, 1990; Güleç, 1991; Yılmaz ve diğerleri, 1994, 2000 ve 2001).

Ancak, Foça-Urta yöresinin Geç Miyosen yaşlı, alkali nitelikli olarak tanınan volkanik istifinde (Savaşçın, 1978; Savaşçın ve Güleç, 1990; Savaşçın ve Erler, 1994); alkali volkanitler küçük bir yer kaplamasına karşın, kalkalkali volkanitler baskındır ve bu bölgede Miyosen yaşlı volkanizma kalkalkaliden alkali karektere doğru önemli herhangi bir kesiklik ya da uyumsuzluk olmaksızın devam eder (Akay ve Erdoğan, 2004).

Bazı araştırmacılara göre ise, Batı Anadolu'da, K-G doğrultulu genleşme rejimi Geç Oligosenden bu yana etkindir ve buna bağlı olarak gelişen volkanizmanın bileşimindeki değişim astenosfer kaynaklı katkıya bağlıdır (Seyitoğlu ve Scott, 1991 ve 1992; Seyitoğlu, 1992; Seyitoğlu ve diğerleri 1992 ve 1997).

Kiraz volkanitlerinden yapılan K/Ar yaş tayinlerinin ilki $14,8 \pm 0,7$ ve $14,9 \pm 0,8$ My (United Nations, 1974); ikincisi Karaburç (Taşlı tepe) 'andezitik' kayalarından $15,6 \pm 0,3$ My, Yenişehir 'bazaltik' kayalarından $13,8 \pm 2,0$ ile $17,9 \pm 2,4$ My (Ercan ve diğerleri, 1996) olarak bulunmuştur.

Bu yayın, Kiraz çevresinin (Şekil 1) Neojen stratigrafisi ve tektoniği konulu çalışmada ayırtılan volkanitlerin (Şekil 2), petrografik, jeokimyasal ve jeokronolojik özelliklerini açıklar. Üç ayrı yüzlekten (Başova, Yenişehir ve Karaburç) alınan örneklerin (örnek yerleri için bkz: Şekil 3 ve 4) jeokimyasal analizleri ACME (Kanada) analiz laboratuvarında; Başova ve Yenişehir'den alınan Örneklerin radyometrik ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) yaş tayinleri Institute of Geology and Geophysics Chinese Academy of Sciences (Pekin) laboratuvarında yapıldı. Volkanitlerin petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla, Başova, Yenişehir ve Karaburç'tan alınan dokuz adet örnek polarizan mikroskopta incelendi.



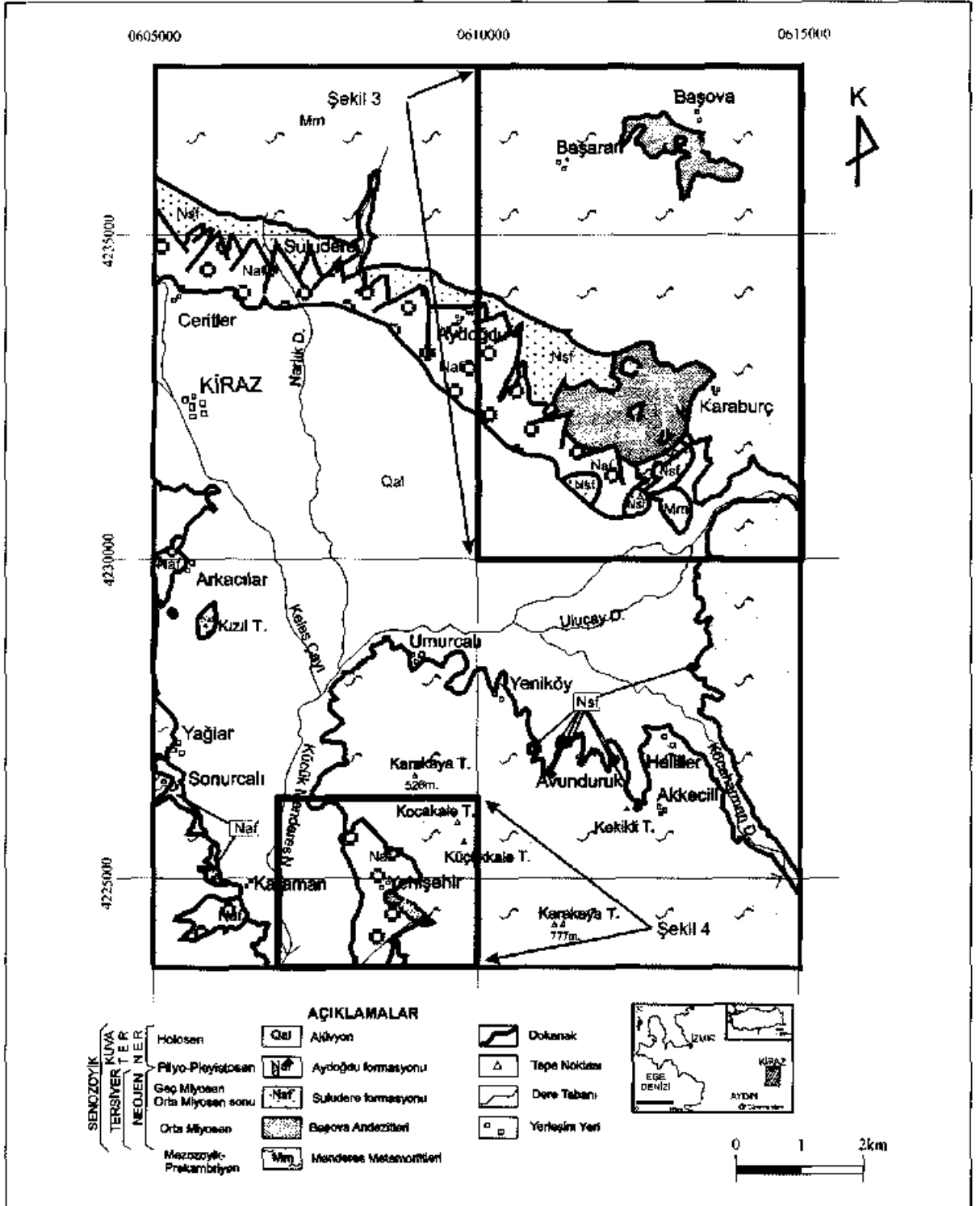
Şekil 1- Çalışma alanının yeri

GENEL JEOLJİ VE STRATİGRAFI

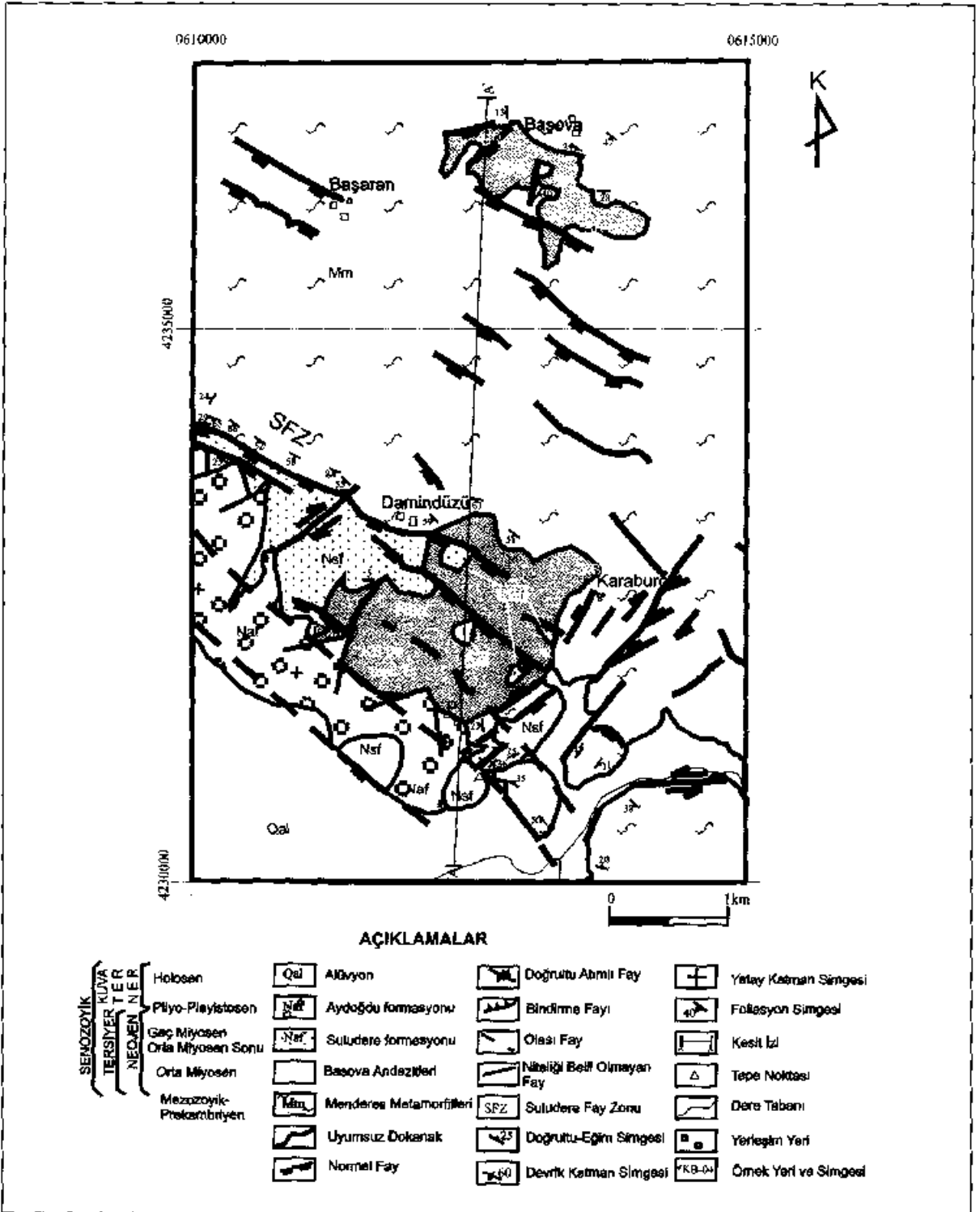
Çalışma alanında, Menderes Masifi'nin Ödemiş-Kiraz asmasifine ait, Prekambriyen-Mesozoyik yaşlı (Candan ve diğerleri, 2001) şist, mermer, ortognays, paragnays ve metagabrolar temeli oluşturur. Temeli kesen volkanitleri, Suludere formasyonu, Aydoğdu formasyonu ve alüvyonlar uyumsuz olarak üstler (Şekil 5 ve 6). Üç ayrı yerde yüzlek veren volkanik kayalar Başova andezitleri olarak adlandırıldı. Küçük alanlar kaplayan bu yüzleklerin ilki, Kiraz ilçesinin 8 km KD'sindeki Başova'nın güneyinde 2 km² lik bir alanda; diğeri, bunun 4 km güneyinde, Karaburç batısında 3 km² lik bir alanda; sonuncusu ise, ikincinin 8 km GB'sında, Yenişehir güneyinde çok küçük bir alanda (0,15 km²) kendini gösterir (Şekil 2, 3 ve 4).

PETROGRAFI

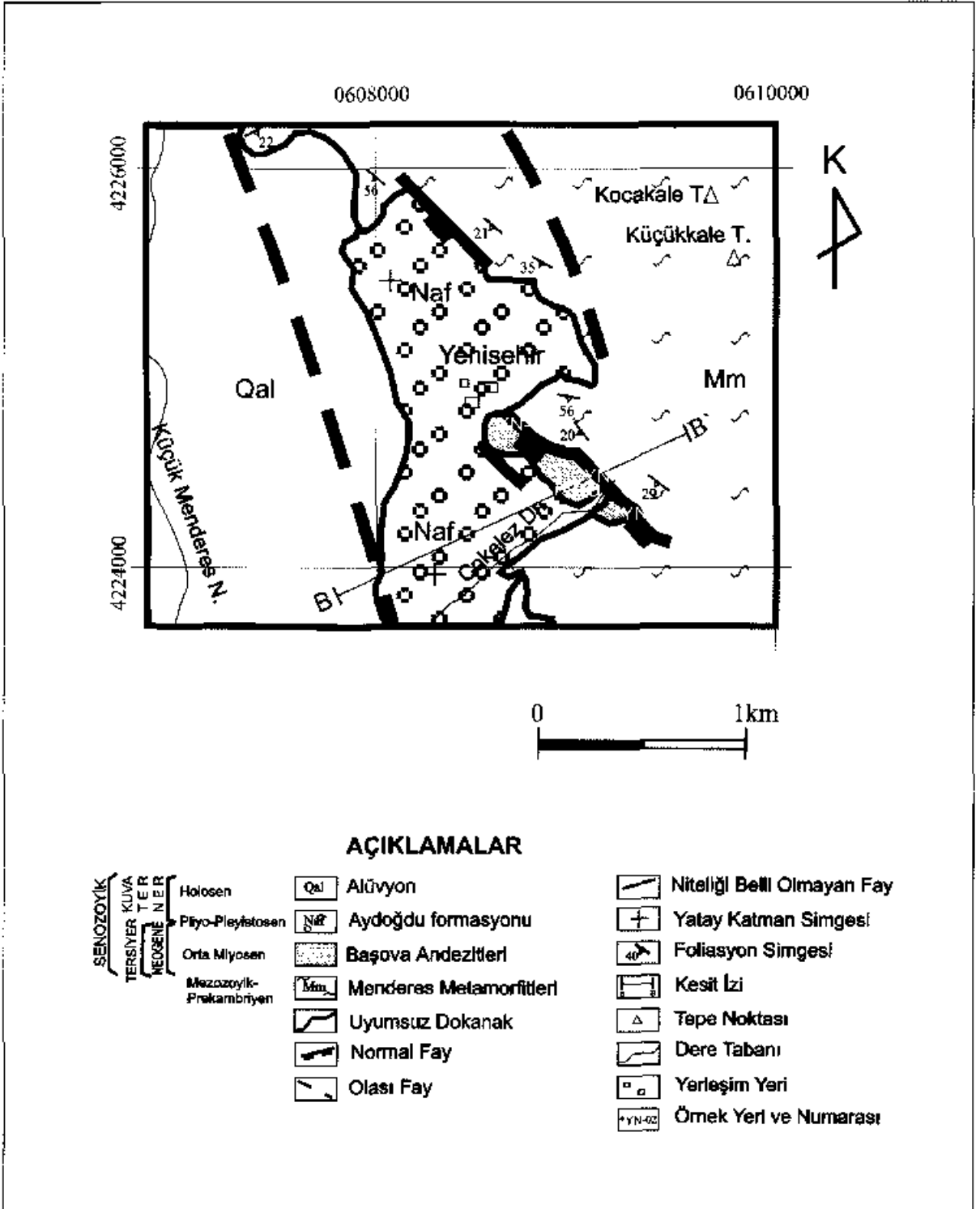
Dayk, lav, piroklastik ve volkanik breşlerden yapıları olan volkanitler, genel olarak pembe, gri ve yeşilimsi gri renklidir. Porfiritik dokulu olan kayalar plajiyoklaz, biyotit, amfibol ve piroksen fenokristalleri içerir. Gnays ve şistleri kestiği yerlerde (Şekil 7) değişik boyutta şist ve gnays ksenolitleri içeren andezitlerde limonitleşme ve kaolinleşme yaygındır. Ayrışmış kesimler sarımsı, turuncu, kırmızımsı renklidir.



Şekil 2- Kiraz yöresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası



Şekil 3- Başova - Karaburç yöresinin jeoloji haritası

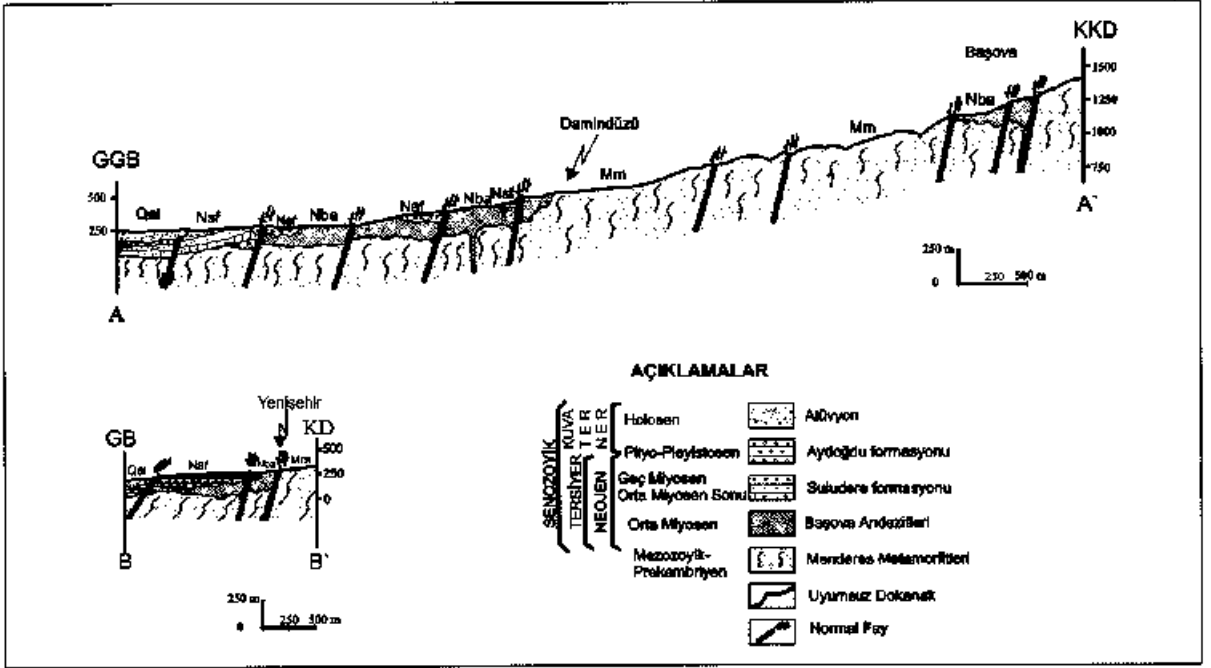


Şekil 4- Yenişehir yöresinin jeoloji haritası

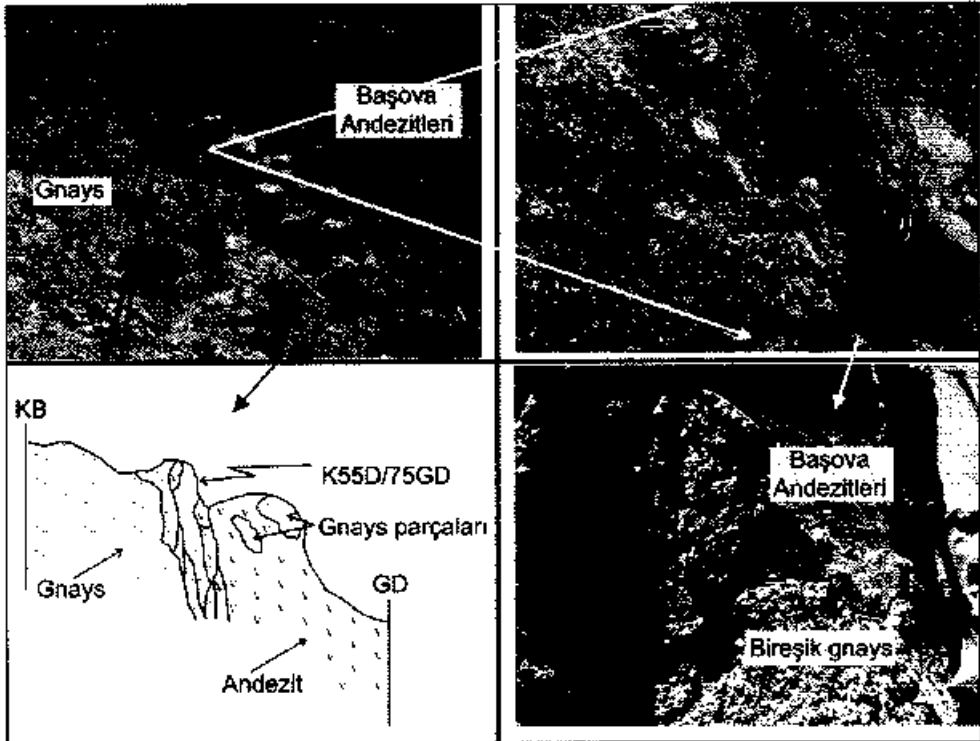
YAŞ		FORMASYON	KALINLIK (m)	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	
SENOZOYİK	KUVATERNER	HOLOSEN	ALÜVYON	80-120	Qal	Kil, silt, kum aramaddeli, çok az pekleşmiş, değişik boyutta çakıl içeren çakıltası, kumtaşı, kıltaşı.	
		UYUMSUZLUK					
	TERSİYER	PLİYO - PLEİSTOSEN	AYDOĞDU FORMASYONU	50-100	Naf	Kırmızımsı kahve-sütlü kahve renkli belirgin katmanlanma sunmayan, kötü-çok kötü boylanmalı, az pekleşmiş çakıltası, çakıllı kumtaşı, kumtaşı.	
			UYUMSUZLUK				
		NEOJEN	GEÇ MİYOSEN	SULUDERE FORMASYONU	150-200	Nsf	Sarımsı kirdi beyaz, bej, gri renkli, ardalanmalı ve yanal geçişli, belirgin katmanlanmalı çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, kıltaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı.
NEOJEN	ORTA MİYOSEN	BAŞOVA ANDEZİTLERİ		Ban	Çoğunlukla pembe, yer yer yeşil, gri renkli andezitik dayk, lav ve piroklastikler. Soğan kabuğu şeklinde ayrışma yaygın.		
	UYUMSUZLUK						
MEZOZOYİK PREKAMBRIYEN		MENDERES METAMORFİTLERİ		Mm	Ayrırtılmamış metamorfik kayalar.		

ÖLÇEKSİZ

Şekil 5- Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kolon kesiti

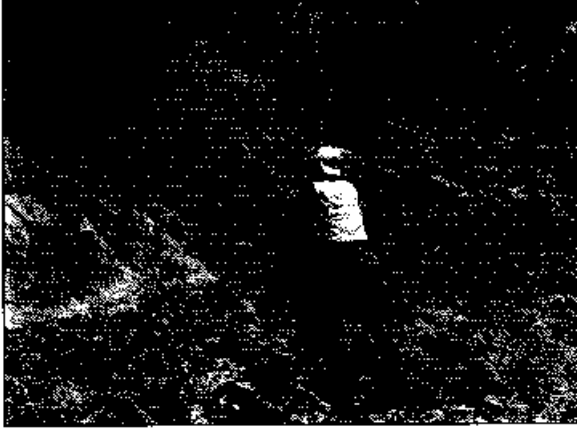


Şekil 6- Çalışma alanının jeolojik kesitleri (Kesit izleri için şekil 3 ve 4'e bakınız)



Şekil 7- Andezit - gnays arasındaki dokanak ilişkisi

Başova (Aykıran tepe) ve Karaburç (Taşlı tepe) çevresindeki andezitik kayalar, genellikle pembe yer yer gri renklidir ve yoğun olarak soğan kabuğu ayrışma gösterir (Şekil 8). Ayrışmış kesimler sarımsı kırmızımsı renktedir.



Şekil 8- Çukurova - Karaburç çevresindeki andezitlerde görülen soğan kabuğu ayrışması

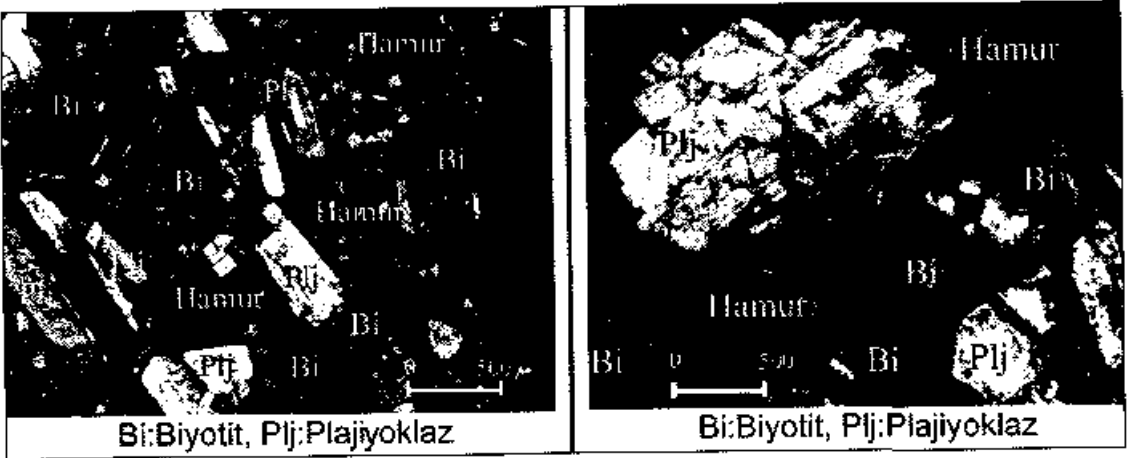
Mikroskobik olarak çoğunlukla hipokristalen porfirik, yer yer hyalopilitik dokuda olan kayalar, başlıca, andezin, hornblend, piroksen, biyotit, kuvars ve opak mineral içerir. Plajiyoklaz fenokristallerinde zonlanma ve polisentetik ikizlenme yanı sıra yaygın olarak serizitleşme ve kaolin-

leşme görülür. Hamur, cam ve mikrolitlerden oluşur. Çoğunluğu plajiyoklazlardan oluşan mikrolitlerde belirgin bir yönlenme gözlenmez (Şekil 9a ve b). Dörtgen ve çubuk şeklinde gelişmiş plajiyoklaz mikrolitleri, genellikle basit, bazen de ikizlidir.

Taşlı tepe çevresinden alınan örnekler (KB-02,03 ve 04 noktalarından üçer örnek), % 20-22 plajiyoklaz (An46 andezin), % 8-18 hornblend, % 7-16 klinopiroksen, % 7 biyotit, % 1-2 kuvars, % 2-4 opak mineral, %40-45 hamur içerir. Aykırı tepede çevresinden alınan örneklerde (BR-01,02 ve 03 noktalarından üçer örnek), andezin % 26-29, hornblend % 8-11, biyotit % 8-10, kuvars % 4-6, klinopiroksen % 2, opak mineral % 2-4, hamur %44-45 oranındadır.

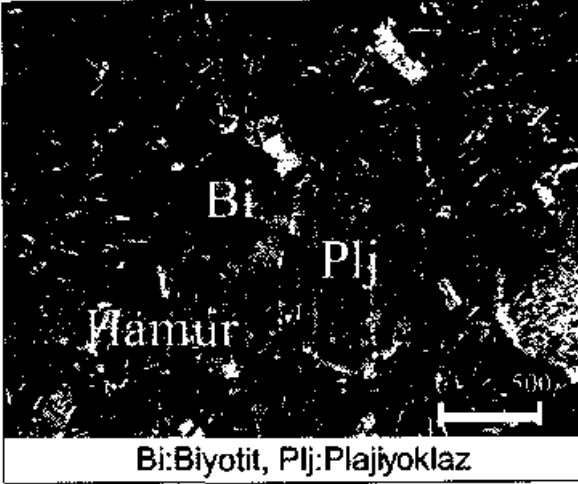
Yenişehir güneyindeki, çoğunlukla koyu gri-yeşilimsi gri, yer yer pembemsi renkli, bazaltik andezitler yer yer kaolinleşmiştir. İnce taneli olan bu kayalarda, makroskobik olarak plajiyoklaz ve piroksen fenokristalleri seçilebilir.

Mikroskobik olarak, hipokristalen porfirik dokuda gözlenen Yenişehir çevresindeki volkanitlerin; (YN-01,02 ve 03 noktalarından alınan üçer örnek) ana felsik minerali plajiyoklaz (%27-32), ana mafik minerali piroksen (%17-20; klinoprok-



Şekil 9- Andezitlerin mikroskobik görüntüsü (çift nikol) a) Başova yöresi (örnek no: BR 01/3) b) Karaburç yöresi (örnek no: KB 02/2)

senler ortoproksenlerden daha baskın)'dir. Opak mineral % 2-4, hornblend % 1-2, zeolit %1-5 oranındadır. Plajiyoklazlar mikrolit ve fenokristallerden oluşur. Plajiyoklaz fenokristalleri (An_{33} laborador) yaygın olarak zonlanma ve ikizlenme, bazıları kısmen kaolinleşme gösterir. Hamur (%42-44) cam, plajiyoklaz ve piroksen mikrolitleri ile ikincil ayrışmadan kaynaklanan kalsitlerden oluşur. Belirgin bir yönlenme göstermeyen mikrolitler, bazen, bazı fenokristallerin etrafını çevrelemiştir. Kayaçlarda, yer yer, piroksen ve bazı plajiyoklazların sosuritleşmesiyle kalsit ve epidot oluşumu gözlenir (Şekil 10).



Şekil 10- Yenişehir yöresindeki (örnek no:YN-02/1) bazaltik andezitin mikroskopik görüntüsü (çift nikol)

JEOKRONOLOJİ VE PETROKİMYA

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemiyle yapılan radyometrik yaş tayinine göre, Aykırın tepeden alınan örnekler $14,7 \pm 0,1$ My, Yenişehir'den alınan örnekler ise $14,3 \pm 0,1$ My yaşını verir (Şekil 11).

Çalışma alanındaki volkanitlerin tüm kayaç ana, iz ve ender toprak element içerikleri çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

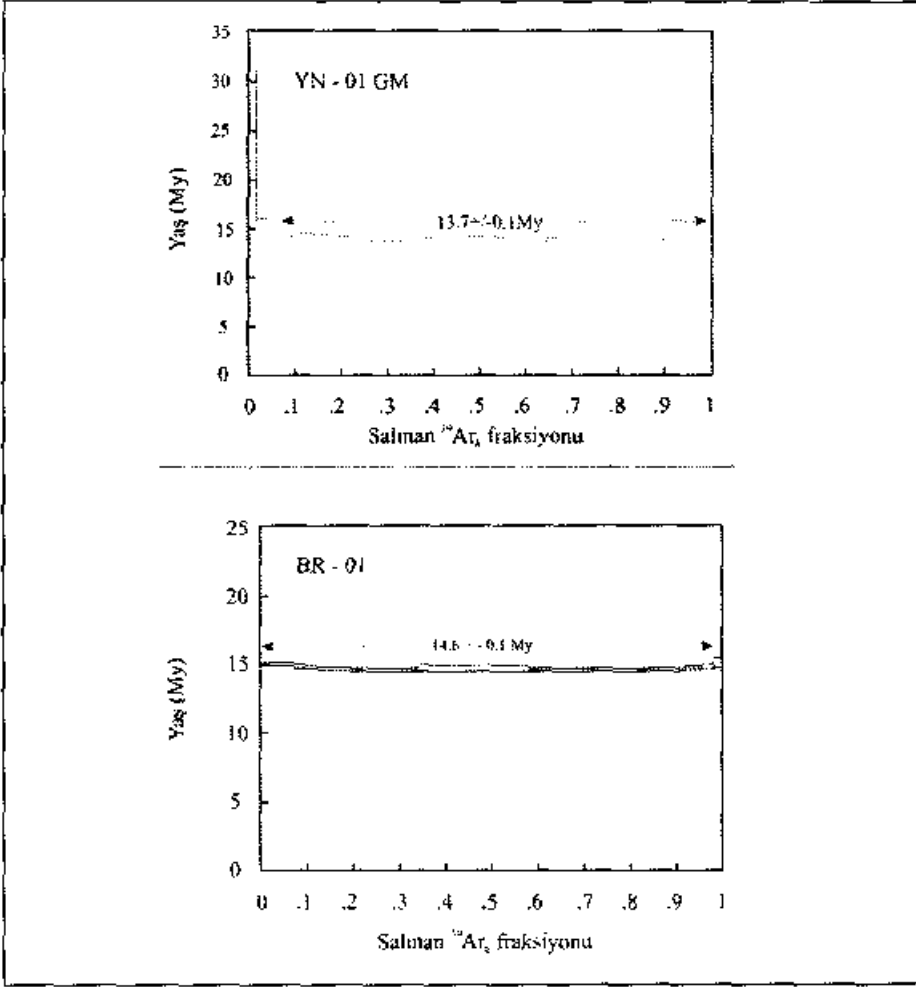
Peccerrillo ve Taylor (1976)' un önerdiği SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramında, SiO_2 içeriği % 56-64 arasında değişen volkanitlerin ortaç-K içerikli oldukları görülür (Şekil 12). Bu diyagram-

da Yenişehir'den alınan örnekler andezit alanı ile bazaltik andezit-andezit alanları sınırına; Karaburç örnekleri andezit alanına, Başova örnekleri ise dasit ve riyodasit alanı ile andezit - dasit ve riyodasit alanları sınırına düşmektedir.

SiO_2 'ye karşı toplam alkali (TAS) diyagramında (Le Bas ve diğerleri, 1986) Yenişehir'den alınan örnekler bazaltik andezit, Başova ve Karaburç örnekleri andezit alanlarına, Irvine ve Baragar, (1971) alkali ve yarı-alkali ayırım eğrisi gözüne alındığında tüm örnekler yarı-alkali alanına düşmektedir (Şekil 13a). Irvine ve Baragar (1971)'m önerdiği, AFM diyagramında ise çalışma alanındaki volkanitlerin, kalk-alkali karakterde olduğu görülür (Şekil 13b).

Winchester ve Floyd (1977) tarafından önerilen Nb/Y - Zr/TiO₂ ve Zr/TiO₂ - SiO₂ diyagramlarında, tüm örnekler andezit alanındadır, ancak Başova ve Karaburç örnekleri riyodasit/dasit sınırına, Yenişehir'den alınan örnekler ise bazalt sınırına yakın düşmektedir (Şekil 13 c ve d). Bu durum bazaltik andezit bileşiminde olan Yenişehir örneklerinin daha bazik bir ürün olmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma alanındaki volkanitlerin tümünde, N tipi okyanus ortası sırtı bazaltına (N-MORB) göre oranlanmış iz element değişim diyagramında (Şekil 14 a); Rb, Ba ve Th gibi büyük iyon yarı çaplı elementlerde zenginleşme (70-20QXN-MORB), Ta, Nb, Zr ve Hf gibi yüksek çekim alanlı elementlerde fakirleşme karakteristiktir. Bu iz element dağılımları volkanitlerin benzer kaynaktan türediğine işaret etmektedir. Özellikle negatif Ta-Nb anomalileri, yitim (Pearce, 1982, 1983; Peate ve diğerleri, 1997; Ferrari ve Rosas-Elguera, 1999; Ferrari ve diğerleri, 2000) ve/veya kabuk (Sheth ve diğerleri 2000) etkisini yansıtması bakımından önemlidir. Ancak, incelenen volkanitlerin tüm uyumsuz iz elementlerindeki zenginleşmenin kıtasal volkanitlere benzerlik göstermesi nedeniyle, negatif Ta-Nb anomalilerinin büyük olasılıkla kabuksal özümlemeye bağlı olduğu söylenebilir.



Şekil 11- Yenişehir (YN-01) ve Başova (Aykıran tepe BR-01) örneklerinin plato yaşları

Zr elementinde görülen negatif anomali, kaynak kayacında zirkonu bünyesinde tutan kalıntı bir fazın olduğunu ya da bu volkanik kayaları oluşturan magmadan zirkon ayırılması olduğunu gösterebilir.

İncelenen volkanik kayaların C1-kondrit (Anders ve Grevesse, 1989) oranlanmış ender (nadir) toprak element dağılımlarında ise (Şekil 14 b), diyagramın kaşık şekilli olduğu ve tüm kayaların hafif ender toprak elementleri bakımından oldukça, ağır ender toprak elementleri bakımından ise çok az (10-12XC1) zenginleştiği

(La_N/Lu_N : 10-16) görülür. Ender toprak elementleri dağılımlarında Yenişehir volkanit örnekleri diğer örneklerle göre daha az zenginleşmiş dağılım (La_N/Lu_N : 7-9) sunar.

Bazık örneklerden (Yenişehir) andezitik örneklerle (Başova ve Karaburç) doğru Eu anomalisi belirginleşmektedir. Örneklerde görülen belirgin negatif Eu anomalisi, bu grup kayaların gelişiminde plajiyoklaz ayırılmasının etkisini yansıtmaktadır. Nitekim kayalardaki plajiyoklaz fenokristallerinin varlığı bu özellikle uyumludur. Ender toprak elementleri dağılımlarında hafif

Çizelge 1- İncelenen volkanitlerin ana ve iz element analizleri

ELEMENT	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
ÖRNEKLER	%	%	%	%	%	%	%	%	%
KB-02	61.33	15.75	5.66	4.19	5.92	2.77	2.24	.70	.16
KB-03	60.86	16.03	5.47	3.46	6.19	2.81	2.14	.68	.16
KB-04	61.07	16.31	5.54	2.93	5.75	2.86	2.29	.70	.16
BR-01	60.47	16.38	4.67	2.33	5.58	2.76	2.30	.67	.12
BR-02	61.50	16.83	4.72	2.48	5.85	2.83	2.40	.75	.15
BR-03	62.62	17.26	4.46	2.10	5.45	3.00	2.27	.71	.12
YN-01	55.17	6.37	6.58	4.57	7.56	2.67	1.29	.80	.15
YN-02	54.66	6.54	6.83	4.38	8.66	2.62	1.30	.84	.12
YN-03	53.06	5.81	6.65	3.96	7.58	2.64	1.47	.82	.14

* Fe₂O₃ cinsinden toplam demir

Çizelge 1- devam

ELEMENT	MnO	LOI**	TOPLAM	Ba	Ni	Sc	Co	Cs	Ga
ÖRNEKLER	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
KB-02	.09	1.0	99.91	622	24	17	19.3	5.6	20.4
KB-03	.08	1.9	99.88	620	44	17	16.1	1.4	20.9
KB-04	.07	2.1	99.89	681	35	17	16.3	1.6	21.0
BR-01	.08	4.5	99.92	493	< 20	14	11.3	7.7	20.1
BR-02	.03	2.3	99.90	512	< 20	16	11.3	6.1	20.2
BR-03	.09	1.8	99.94	511	< 20	15	9.6	6.3	20.9
YN-01	.11	4.6	99.93	352	20	21	19.2	2.1	17.7
YN-02	.11	3.8	99.93	333	31	23	23.6	1.9	17.4
YN-03	.11	7.4	99.71	354	29	21	20.1	1.9	18.0

** Kızdırma kaybı

Çizelge 1- devam

ELEMENT	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V
ÖRNEKLER	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
KB-02	5.0	11.4	73.9	3	501.4	.8	16.0	4.4	97
KB-03	5.4	11.6	58.8	3	10.9	.8	15.0	3.8	97
KB-04	5.8	11.4	56.6	3	01.6	.9	16.3	4.0	81
BR-01	5.5	13.3	91.4	3	94.0	.8	12.3	3.8	63
BR-02	5.5	12.2	88.7	4	409.2	1.0	10.6	3.6	69
BR-03	5.5	11.7	91.4	3	411.4	.8	15.4	3.5	63
YN-01	4.5	9.5	52.2	< 1	394.6	.5	8.3	1.9	124
YN-02	4.3	9.1	47.0	2	427.0	.6	6.8	1.8	138
YN-03	3.9	9.6	47.7	< 1	90.3	.5	7.8	1.7	129

Çizelge 1- devam

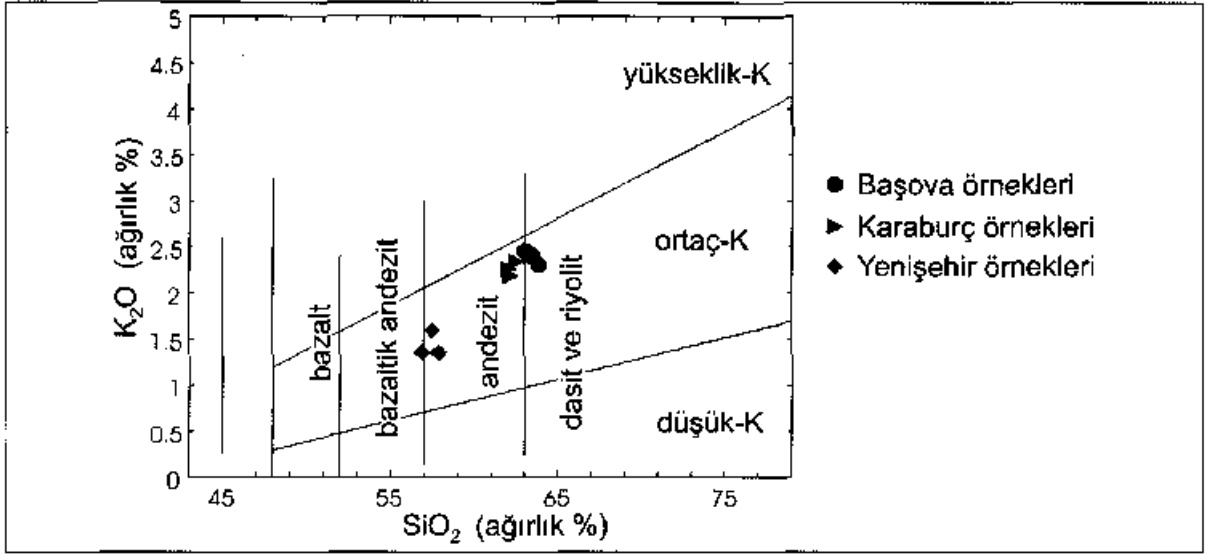
ELEMENT ÖRNEKLER	W ppm	Zr ppm	Y ppm	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	As ppm	Au ppb
KB-02	1.3	170.9	23.6	.4	10.2	3.6	12	17.1	1.3	9.1
KB-03	1.2	171.8	22.7	.3	8.8	5.6	31	21.7	2.1	1.3
KB-04	1.1	172.4	32.2	.4	14.5	4.5	32	26.6	.6	1.1
BR-01	1.9	173.4	25.0	.4	7.4	3.1	57	5.8	2.2	.6
BR-02	1.8	79.9	32.0	.2	5.9	3.5	48	3.8	< .5	.6
BR-03	1.4	180.1	28.1	.1	6.7	4.2	35	3.0	< .5	< .5
YN-01	.8	147.5	22.2	.2	16.7	2.4	30	16.4	< .5	< .5
YN-02	.7	146.2	23.8	.4	22.5	6.6	35	26.0	2.6	.7
YN-03	.8	143.6	23.0	.1	15.9	2.4	41	17.7	.5	.7

Çizelge 2- İncelenen volkanitlerin ender toprak element analizleri

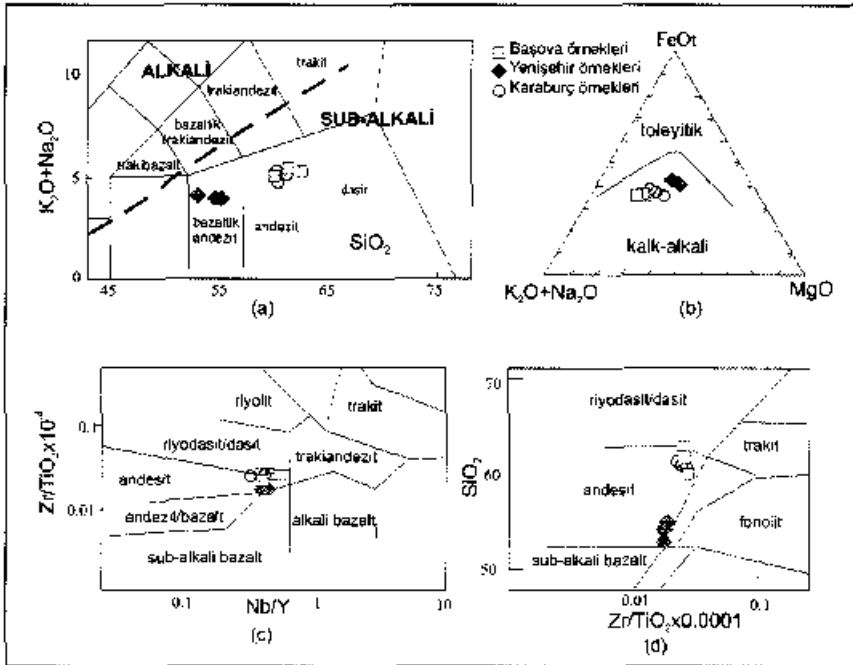
ELEMENT ÖRNEKLER	La ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm
KB-02	40.4	79.3	8.96	33.6	6.6	1.42	4.75
KB-03	38.8	76.5	8.60	32.8	6.2	1.48	4.55
KB-04	47.7	74.8	9.77	35.1	7.1	1.64	6.26
BR-01	33.4	67.5	7.52	27.5	5.4	1.45	4.68
BR-02	31.7	61.9	7.07	27.3	5.1	1.44	5.25
BR-03	36.7	72.3	7.89	29.9	6.0	1.43	5.07
YN-01	26.9	54.4	5.96	21.1	5.0	1.31	4.10
YN-02	23.8	49.4	5.55	22.5	4.4	1.31	4.54
YN-03	24.8	50.3	5.68	23.1	4.1	1.22	4.22

Çizelge 2- devam

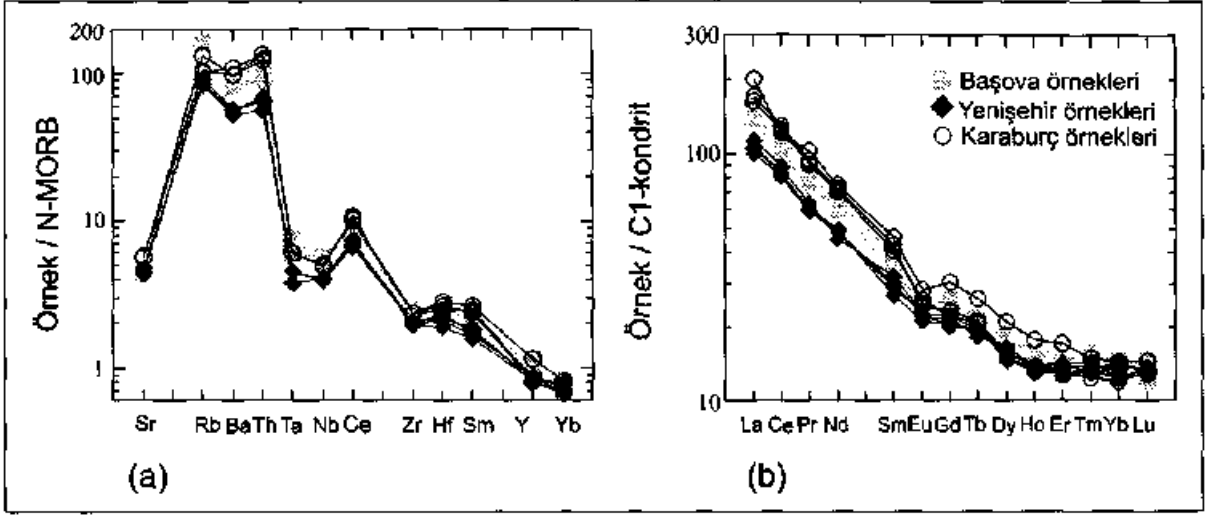
ELEMENT ÖRNEKLER	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm
KB-02	.79	3.87	.76	2.11	.34	2.12	.33
KB-03	.77	4.04	.78	2.16	.32	2.04	.34
KB-04	.97	5.33	1.01	2.83	.38	2.47	.37
BR-01	.76	3.96	.79	2.15	.35	2.17	.31
BR-02	.82	4.49	.88	2.42	.40	2.45	.35
BR-03	.81	4.76	.90	2.60	.39	2.33	.38
YN-01	.73	3.73	.77	2.12	.35	2.42	.33
YN-02	.73	4.02	.77	2.35	.37	2.10	.35
YN-03	.73	3.87	.73	2.32	.35	2.30	.35



Şekil 12- incelenen volkanitlerin SiO_2 'ye karşı K_2O diyagramı (Peccherillo ve Taylor, 1976)



Şekil 13-a) İncelenen volkanitlerin SiO_2 'ye karşı toplam alkali (TAS) diyagramı (t: Fe_2O_3 cinsinden toplam demir). (Le Bas ve diğerleri, 1986). Alkali-subalkali ayrımı eğrisi Irvine ve Baragar, (1971)'a göre, b) İncelenen volkanitlerin eFM Diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971). c) İncelenen volkanitlerin Zr/TiO_2 Nb/Y diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977) d) İncelenen volkanitlerin Zr/TiO_2 SiO_2 diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977)



Şekil 14-a) incelenen volkanitlerin N tipi Okyanus Ortası Sırtı Bazaltına (Sun ve McDonough, 1989) oranlanmış iz oran dağılımları, b) incelenen volkanitlerin C1-kondrite (Anders ve Grevesse, 1989) oranlanmış nadir toprak element dağılımları.

ender toprak elementlerinde görülen yataya yakın zenginleşme volkanitlerin ana magmasının oluşumunda granat fazının kalıntı faz olarak bulunabileceğini göstermektedir.

Çalışma alanındaki volkanitlerin iz element ve ender toprak element değişim diyagramları, genel olarak, kalkali yay volkanitlerinin ya da orojenik volkanitlerin desenine benzer.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

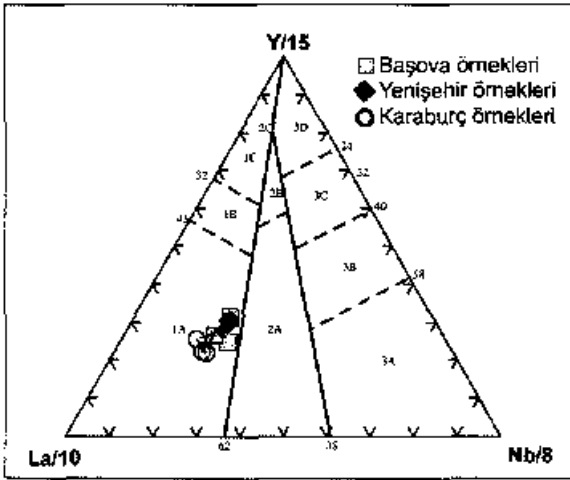
Batı Anadolu'da Oligo-Miyosen'den Kuvaterner dönemine kadar belirli aralıklarla devam eden magmatik etkinliğin kökeni ve nedeni konusunda dört farklı görüş vardır: (1) Batı Anadolu'daki volkanizma Afrika levhasının Ege hendeki boyunca yitmesiyle ilişkilidir (Fytikas ve diğerleri 1984; Pe-Piper ve Piper, 1989). (2) Magmatik etkinlik iki evrelidir. Geç Oligosen-Erken Miyosen sıkışma evresinde kalk-alkali, yüksek K ve şoşonitik kayalar; Geç Miyosen-Pliyosen K-G genişleme evresinde alkali magmatizma baskındır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1989; Savaşçın ve Güleç, 1990). (3) Magmatizma herhangi bir kesiklik olmaksızın Geç Oligosen'den beri K-G doğrultulu genişleme kuvvetleri etkisinde gelişmektedir (Seyitoğlu ve Scott, 1992).

(4) Son yıllarda Kazdağ magmatik kompleksi (Okay ve Satır, 2000) ve Bigadiç bor havzasında yapılan çalışmalar (Erkül ve diğerleri, 2005a, b, c) K-G doğrultulu genişlemenin 20 My önce başladığını göstermektedir. Araştırmacılara göre, bu durum, Ege yitim zonunun güneye doğru olan göçüyle oluşan yay gerisi yayılmayla eş yaşlı sıyrıma fayları, granitik sokulumlar ve volkanik yay varlığıyla karakteristiktir.

Çalışma alanındaki volkanitler % 56-64 oranında SiO_2 ve ortaç-K içeriklidir. Kalkalkali karakterli olan volkanitlerin iz element dağılımları benzer kaynaktan türediklerini işaret etmektedir. İncelenen volkanitlerin iz element ve ender toprak element değişim diyagramları, genel olarak, kalkalkali yay volkanitlerinin ya da orojenik volkanitlerin desenine benzer. Başova volkanitlerinin iz elementlerindeki zenginleşmenin kıtasal volkanitlere benzerlik göstermesi nedeniyle, negatif Ta-Nb anomalilerinin büyük olasılıkla kabuksal özümlemeye bağlı olduğu söylenebilir. Nitekim, Güleç, 1991; Seyitoğlu ve diğerleri, 1997; Aldanmaz ve diğerleri, 2000, Yılmaz ve diğerleri, 2001, Batı Anadolu'da bu tür kayaların evrimlerinde bölümsel kristalleşme (FC) ve kabuksal özümleme (A) işlevlerinin birlikte sürdürdüğü (AFC) belirtirler.

Innocenti ve diğerleri, (2005) ne göre; kalk-alkali volkanitlerde, özümlemenin (A) kristal bölümlenmesine (FC) oranının ($A/FC=r$) düşük değer vermesi magmanın evriminde özümlemenin fazla bir katkısının olmadığını gösterir ve dolayısıyla magmatik evrim, sadece özümlemeli bölümsel kristalleşme (AFC) işleviyle açıklanamaz. Agostini ve diğerleri, (2004) kalk-alkali magmanın köken kayası olarak yitim zonu tarafından metasomatize edilmiş manto kaması bölgesini önerirler. Araştırmacılara göre, Miyosen yaşlı kalk-alkali volkanitlerdeki jeokimyasal sapmalar, yitim zonundan farklı oranlarda malzeme alan manto kökenli magmatik bileşimin, kalk-alkali magmanın evrimine değişken boyutlarda katkısıyla açıklanmalıdır. Buna ek olarak özümlemeli kristal bölümlenmesinin de belirli bir rolü olduğunu düşünürler.

Cabanis ve Lecoll (1989) tarafından önerilen La/10-Y/15-Nb/8 tektonik ayırman üçgen diyagramında (Şekil 15) genel olarak 1A alanında top-



Şekil 15- İncelenen volkanitlerin La/10-Y/15-Nb/8 üçgen diyagramı (Cabanis ve Lecolle, 1989). 1 nolu alanlar volkanik yay, 2 nolu alanlar kıtasal ve 3 nolu alanlar okyanusal bazaltları temsil etmektedir. Alanlar, 1A: Kalkalkali bazaltlar, 1B: 1A ve 1C arasında çakışma alanı, 1C: Volkanik yay toleyitleri, 2A: Kıtasal Bazaltlar, 2B: Yay gerisi havza bazaltları, 3A: Kıta içi rift alkali bazaltlar, 3B: Zenginleşmiş E-tipi MORB, 3C: Az zenginleşmiş E-tipi MORB, 3D: N-tipi MORB.

lanan Başova volkanitleri, kalkalkali yay volkanitlerine benzerlik göstermektedir. Bu durum kaynak alanlarında yitim bileşenin olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma alanındaki örneklerin kıtasal volkanitlere doğru (Şekil 15; 2A alanı) yakınlık göstermesi kabuk katkısının olmasından kaynaklanabilir. Başova Andezitleri Menderes Masifi metamorfiteğini kat ederken aldığı malzemelerle nihai bileşimine ulaşmıştır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma TÜBİTAK'ın YDABAG - 102Y052 numaralı projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu makale Mehmet Arslan ve adını belirtmeyen hakemlerin katkıları ve olumlu eleştirileriyle son şeklini almıştır. Yazarlar hakemlere, ayrıca şekil ve grafiklerin çizimlerini gerçekleştiren Arş. Gör. Yalçın Ersoy ve Jeoloji Müh. Metin Tavlan'a teşekkürü bir borç bilir.

Yayına verildiği tarih, 6 Haziran 2005

DEĞİNİLEN BELGELER

- Agostini, S., Doglioni, C., Innocenti, F., Manetti, R., Savaşçın, M.Y. ve Tonarini, S., 2004. Neogene to Quaternary volcanism in Western Anatolia: Evolution and geodynamic implication. 1. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, 18-21 Kasım 2004, Bursa, 5s.
- Akay, E. ve Erdoğan, B. 2004. Evolution of Neogene calc-alkaline to alkaline volcanism in the Aliağa-Foça region (Western Anatolia, Turkey). Journal of Aslan Earth Sciences, 24, 367-387.
- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. ve Mitchell, J.G., 2000. Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 102, 67-95.
- Anders E. ve Grevesse N. 1989. Abundances of the elements: Meteoritic and solar. Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 197- 214.

- Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F. ve Mazzuoli, R. 1972. Geochronology and petrology of recent volcanics in the eastern Aegean Sea (west Anatolian and Lesvos Island). *Bulletin of Volcanology*, 36, 473-496.
- Cabanis, B. ve Lecolle, M., 1989. Le diagramme La/10-Y715-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale. *C. R. Acad. Scie. Paris*, 309, II, 2023-2029.
- Candan O., Dara O.Ö., Oberhansli R., Çetinkaplan M., Partzsch J.H., Warkus F.C. ve Dürr S. 2001. Pan-African high-pressure metamorphism in the Precambrian basement of the Menderes Massif, western Anatolia, Turkey. *Int J Earth Sci*, 89, 793-811.
- Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. 1979. Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84-92.
- Ercan, T. 1981. Batı Anadolu Tersiyer volkanitleri ve Bodrum Yarımadasındaki volkanizmanın durumu. *İstanbul Yerbilimleri Derg.*, 2/3-4, 263-281.
- _____, 1982. Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve volkanizması. *Türkiye Jeol. Kur. 36. Bilimsel Teknik Kurultayı Panel Yay.*, 5-14, Ankara.
- _____, 1987. Batı Anadolu'daki Senozoyik volkanitlerinin radyometrik yaş tayinleri. *Jeomorfoloji Bülteni*. 15, 83-90.
- _____ ve Öztunalı, Ö. 1982. Kula volkanizmasının özellikleri ve içerdiği "base surge" tabaka şekilleri. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 25/2, 117-125.
- _____, Günay, E. ve Türkecan, A, 1984. Bodrum yarımadasındaki magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, C. 27, 85-98.
- Ercan, T. Satır, M., Kreuzer H., Türkecan, A., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M. ve Can, B. 1985. Interpretation of the new geochemical, isotopic and radiometric data from the western Anatolian Cenozoic. *Bulletin of Geological Society of Turkey*, 28, 121-136.
- _____, Türkecan, A., Karabıyıköğlu, M., Şaroğlu F. ve Sevin, D. 1995. A review of Tertiary and quaternary volcanism in Western Anatolia. *International Earth Sci. Colloquium on the Aegean region (IESCA)*, İzmir-Güllük, Turkey, Program and Abstracts, 3.
- _____ Satır, M., Serin, D. ve Türkecan, A. 1996. Batı Anadolu'daki Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yeni yapılan radyometrik yaş Ölçümlerinin yorumu. *MTA Dergisi*, 119,103-112.
- Erkül, F., Helvacı, C. ve Sözbilir, H. 2005a, Evidence for two episodes of volcanism in the Bigadiç borate basin and tectonic implications for western Turkey. *Geological Journal*, 40, 545-570.
- _____, _____ ve _____ 2005b, Olivine basalt and trachandesite peperites formed at the sub-surface/surface interface of a semi-arid lake: an example from the Early Miocene Bigadiç basin, western Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (baskıda).
- _____, _____ ve _____ 2005c, Stratigraphy and geochronology of the Early Miocene volcanic units in the Bigadiç borate basin, western Turkey. *Turkish journal of Earth Sciences*, 14, 1-27.
- Ferrari L. ve Rosas-Elguera, J. 1999. Alkalic (OIB type) and calcalkalic volcanism in the Mexican Volcanic Belt: a case for plumerelated magmatism and propagating rifting at an active margin?. Comment to the article by Marquez, A., Oyarzun, R., Doblas, M., Verma, S. P., *Geology*, 27, 1055-1056.

- Ferrari L., Conticelli S., Vaggelli C., Petrone C. ve Manetti R. 2000. Late Miocene volcanism and intra-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Tectonophysics*, 318, 161-185.
- Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, R., Mazzuoli, R., Peccerillo A. ve Villan, L. 1984. Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean Region. Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (ed). *The Geological Evolution of the Mediterranean*, vol. 17'de. Geological Society Special Publications, London, 687-699.
- Güleç, N. 1991. Crustmantle interaction in western Turkey: implications from Sr and Nd isotope geochemistry of Tertiary and Quaternary volcanics. *Geological Magazine*, 23,417, bkz. 435.
- Gülen, L. 1990. Isotopic characterization of Aegean magmatism and geodynamic evolution of the Aegean subduction. Savaşçın, M.Y., Eronat, A.H. (ed), *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region (IESCA)*, İzmir, Turkey, Proceedings II'da, 143-166.
- Innocenti, F., Agostini, S., Vincenzo, G. Di., Doglioni, C., Manetti, R., Savaşçın, M.Y. ve Tonarini, S. 2005. Neogene and Quaternary volcanism in Western Anatolia: Magma sources and geodynamic evolution. *Marine Geology* (baskıda).
- Irvine, T.N.ve Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548.
- Keller, J., 1969. Ritrovamenti di tufi Alcali-Trachitici della Campania nelle Isole Eolie. *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*,7, 1, 113-119.
- _____, ve Villari, L. 1972. Rhyolitic ignimbrites in the region of Afyon (central Anatolia). *Bulletin Volcanologique*, 36, 342-358.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. ve Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkalis/calcia diagram. *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Okay, A. İ. ve Satır, M. 2000. Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. *Geological Magazine*, 137, 495-516.
- Özgenç, İ. 1978. Cumaovası (İzmir) asit volkanitlerinde saptanan iki ekstrüzyon aşaması arasındaki görelî yaş ilişkisi. *Türkiye Jeol. Kur. Bül't*, 21/1, 31-34.
- Pe-Piper, G.G. ve Piper, D.J.W. 1989. Spatial and temporal variations in Late Cenozoic back-arc volcanic rocks, Aegean Sea region. *Tectonophysics*, 196, 113-134.
- Pearce, J.A., 1982, Trace element characteristics of lava from destructive plate boundaries, in: Thorpe R.S. (Eds) *Andesites*, 525-548, Wiley: New York.
- _____, 1983, Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, in: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (ed.), *Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva Publishing. Nantwich, 230- 249,
- Peate, D.W., Pearce, J.A., Hawkesworth, C.J., Colley, H., Edwards, C.M.H. ve Hirose, K., 1997, Geochemical variations in Vanuatu arc lavas: the role of subducted material and a variable mantle wedge composition. *Journal of Petrology*, 38, 1331-1358.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976, Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58,63-91.

- Richardson-Bunbury, J.M. 1996. The Kula Volcanic Field, Western Turkey: the development of a Holocene alkali basalt province and the adjacent normal faulting graben. *Geological Magazine*, vol. 133, 275-283.
- Savaşçın, M.Y., 1978. Geochemistry and mineralogy of the Foça-Urta Neogene volcanics and their origin. *Doçentlik Tezi*, Ege Üniv., Yer bilimleri Fak. (yayımlanmamış).
- _____, 1990. Magmatic activities of Cenozoic compressional and extensional tectonic regime in western Anatolia. Savaşçın, M.Y. ve Eronat, A.H. (ed), *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region (IESCA) Proceedings II'da*, 420-434.
- _____, ve Güleç, N. 1990. Relationship between magmatic and tectonic activities in western Turkey. Savaşçın, M.Y. Eronat, A.H. (ed), *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region (IESCA), Proceedings II'da*, 300-313.
- _____, ve Erler, A. 1994. Neogene-Ouaternary magmatism and related ore deposits of western Anatolia, *International Volcanology Congress (IAVCEI, Ankara), Excursion Guide*.
- Seyitoğlu, G. 1992. Late Cenozoic crustal extension, basin formation and volcanism in West Turkey. Ph.D.Thesis, University of Leicester, UK.
- _____, ve Scott, B.C. 1991. Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geological Magazine*, 128, 155-166.
- _____, ve _____, 1992. The age of the Büyük Menderes graben (West Turkey) and its tectonic implications. *Geological Magazine*, 129, 239 - 242.
- _____, _____, ve Rundle, C.C., 1992, Timing of Cenozoic extensional tectonics in west Turkey, *Journal of the Geological Society, London*, 149, 533-538.
- Seyitoğlu, G. Anderson, D., Nowell, G. ve Scott, B. 1997. The evolution from the Miocene potassic to Ouaternary sodic magmatism in western Turkey: Implications for enrichment processes in the lithospheric mantle. *Journal of Volcanology and Geothermal Researches*, 76, 127-147.
- Sheth, H., Torres-Alvarado, I. ve Verma, S. P. 2000. Beyond subduction and plumes: A unified tectonic-petrogenetic model for the Mexican Volcanic Belt. *International Geology Review*, 42, 1116-1132.
- Sun, S, ve McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implications for mantle composition and processes. A.D.N. Saunders, M.J. (ed), *Magmatism in the Ocean Basins'de*. Geological Society of London Special Publication. Geological Society of London, 313-345.
- Sunder, M. 1979. Kırka (Eskişehir) ve çevresinin jeolojisi, petrolojisi ve Sarıkaya borat yataklarının jeokimyasal incelenmesi. *Doktora tezi*, İstanbul Üniv. Fen Fakültesi, İstanbul.
- Şengör, A.M.C. 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin esasları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Dizisi*, Ankara, 40.
- _____, ve Dewey, J.F. 1980. Post-Oligocene tectonic evolution of the Aegean and neighbouring regions: relations to the North Anatolian transform fault. İzdar, E., Nakoman, E. (ed), *Sixth Colloquium on Geology of the Aegean Region'da*, Piri Reis International Contribution Series, Publication, vol. 2, 639-646.
- _____, 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, 693-707.

- United Nations 1974. Mineral exploration in two areas. Technical report 4, DP / DN / TUR - 72 - 004/4, Turkey.
- Winchester, J.A. ve Floyd, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation product using immobile element. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Yılmaz, Y. 1989. An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. Şengör, A.M.C. (ed), *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 159-189.
- _____, 1990. Comparison of young volcanic associations of western and eastern Anatolia formed under a compressional regime: a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 69-87.
- _____, 1997. Geology of western Anatolia. Active tectonics of northwestern Anatolia, The Marmara Poly-Project, a Multidisciplinary Approach by Space- Geodesy, Geology, Hydrogeology, Geothermics and Seismology, 31-53.
- Yılmaz, Y. 2000. Active tectonics of the Aegean region. *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, Bildiriler*, 3-14.
- _____, Altunkaynak, Ş , Karacık, Z., Gündoğdu, N. ve Temel, A. 1994. Development of Neo-Tectonic Related Magmatic Activities in Western Anatolia, *International Volcanology Congress, Abstracts* 13. Ankara.
- _____, Genç, S.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. ve Elmas, A. 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper, J.A.D. (ed), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surroundin Area'da*, Geological Society of London. Special Publication, 173, 131-162.
- _____, Karacık, Z. ve Altunkaynak.Ş. 2001. Two contrasting magmatic as sociations of NW Anatolia and their tec tonic significance. *Journal of Geodynamics*, 31, 243-271.