

# Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu

«Interpretation of new chemical, Isotopic and radiometric data on Cenozoic volcanics of western Anatolia».

TUNCAY ERCAN, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Dairesi, Ankara.

MUHARREM SATIR, Lehrstuhl Für Angewandte Mineralogie und Geochemie Technische Universität München, Lichtenhergstrasse 4, D-8046 Garching, Batı Almanya

HANS KREUZER, Bundesanstalt Für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Batı Almanya.

AHMET TÜRKECAN, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Dairesi, Ankara.

ERDOĞDU GÜNAY, MTA Doğu Anadolu Bölge Müdürlüğü, Van.

ALİ ÇEVİKBAŞ, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Dairesi, Ankara.

MÜSLİM ATEŞ, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Dairesi, Ankara.

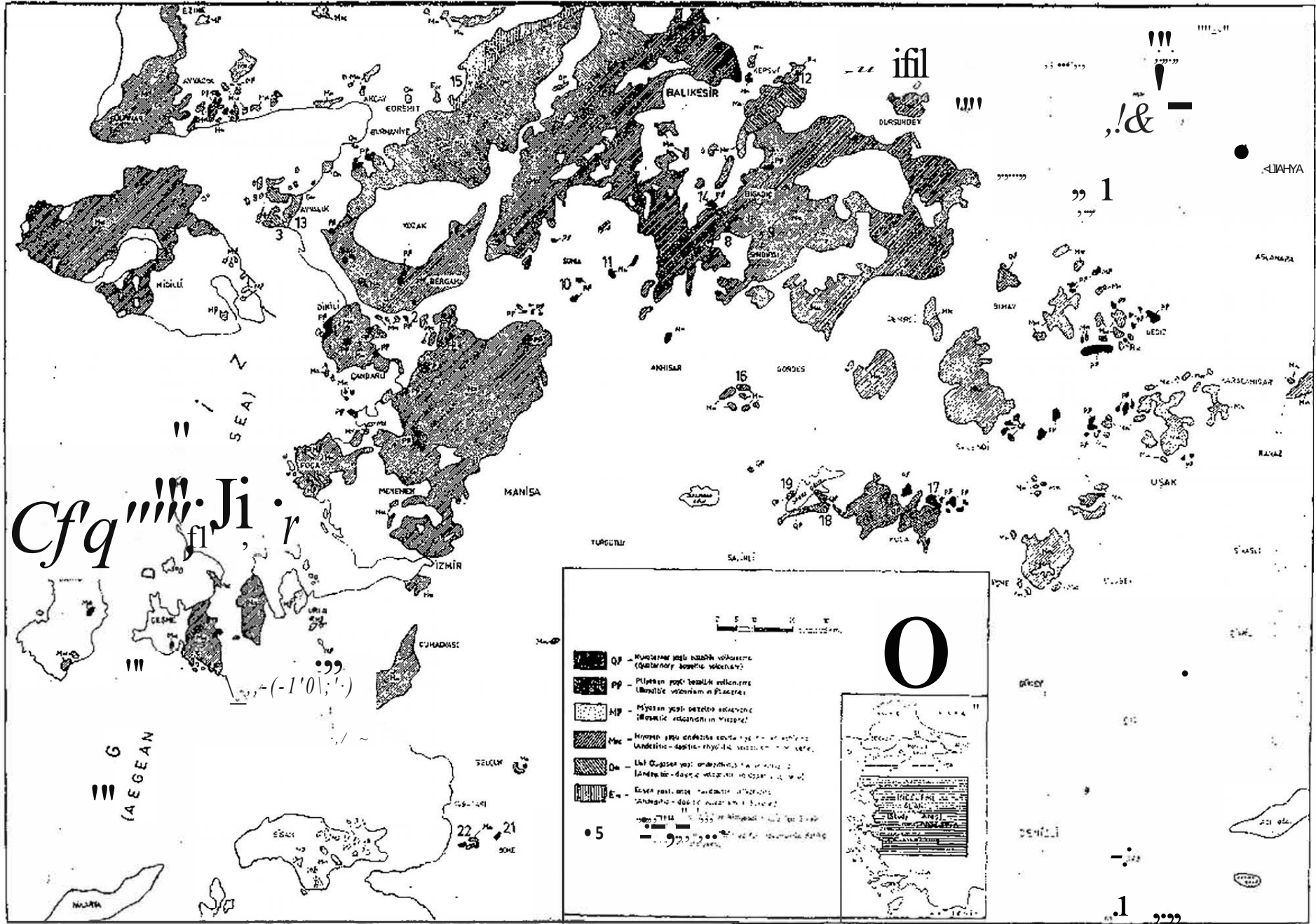
BÜLENT CAN, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Dairesi, Ankara.

ÖZ: Batı Anadolu'da Ayvalık, Edremit, Dikili, Bergama, Soma, Bigadiç, Kepsut, Sındırgı, Gördes, Demirci, Kula, Denizli ve Söke bölgelerinde Eosen'den tarihsel zamanlara değin pek çok evrede etkin olan ve 16 değişik formasyona ait volkanik kayalardan 22 adet temsilci örnek alınarak majör, iz ve nadir toprak element (REE) içerikleri, Stronsiyum izotop oranları ve K/Ar yöntemiyle radyometrik yaşları saptanmıştır. Bazaltik, andezitik, dasitik ve riyolitik türde olan örneklerin çeşitli element içerikleri kullanılarak yapılan diyagramlarda, bunların kalkalkalen nitelikli olup, salt bazaltik örneklerin alkalin özellikler taşıdıkları saptanmıştır. Örnekler levha içi volkanitleri grubuna aittir ve Ba, La, Pb, Mo, As, Rb, Sn, Sr, Th ve U gibi element kapsamlarının bolluğu bunların çoğunlukla değişik bileşimlerdeki çeşitli kabuk malzemesinin, anatektik ergimeyle oluştuğunu belirler; iz ve nadir toprak element içerikleri, ilksel kondritik değerlere karşı normalize edilerek diyagramlar yapıldığında; manto kökene en yakın olarak en genç Kula bazaltları görülmekte, diğer bazik, ortaç ve asidik volkanitlerde ise kıtasal kabuktan bölümsel ergime ile malzeme eklenmesi izleri görülmektedir. Volkanitlerde ölçülen  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  değerleri, 0,7030-0,7096 arasında değişmekte ve kabuk-manto ilişkisinin varlığı belirginleşmektedir. K/Ar yöntemiyle yapılan radyometrik yaş belirlemeleriyle en yaşlı volkanizmanın  $31,4\pm 0,4$  milyon yıl He Alibey volkanitleri; en gencin ise  $25000\pm 6000$  yıllık yaşı ile Kula bazaltlarının son evresi olduğu saptanmıştır.

**ABSTRACT:** 22 representative samples of volcanic rocks taken from 16 formations (Eocene-Recent) from Ayvalık, Edremit, Dikili, Bergama, Soma, Bigadiç, Kepsut, Sındırgı, Gördes, Demirci, Kula, Denizli and Söke districts of Western Anatolia were analysed for major, trace and rare earth elements for Sr isotopic ratios and radiometrically dated by (K/Ar) method. Rocks of rhyolitic to basaltic composition yielded calc alkaline affinities with the exception of some alkaline basaltic rocks through application to various diagrams.

The samples are rich in Ba, La, Pb, Mo, As, Rb, Sn, Sr, Th and U; implying an intraplate origin and anatectic melting of the continental crust. It seems that the youngest phase of Kula basalts are possibly the only rocks originated from the mantle according to evaluation of normalized trace and rare earth element contents. Other samples suggest partial melting of the Continental crust with indications of contaminations supported by Sr isotopic ratios of 0,7030-0,7096. Alibey Volcanics ( $31,4\pm 0,4$  m.y) and the youngest phase of Kula basalts ( $25000 \pm 6000$  y) respectively correspond to the oldest and youngest Tertiary events.

(\*) Türkiye Jeoloji Kurultayı - 1985'te sözlü bildiri olarak sunulmuştur.



Şekil 1. Batı Anadolu'daki 8enozoylk yaşlı volkanik ka-  
yaçlar ve örnek utmun yerler.

Figure 1. Cenozoic volcanic rocks in Western AnatoUa  
and the Locations of samples

YAŞ (Age)	FORMASYON (Formation)	LİTOLOJİ (Lithology)	ÖRNEK NO (Sample No)	KAYNAKÇA (Reference)
KUVATERNER (Quaternary)	DİVLİTEPE VOLKANİTLERİ (Divlittepe Volcanics)	Alkali olivin bazalt-Trakibazalt-Hawaiiit-Tefrit türde 3. ve en yeni evre olup tüflerinde ilkel insan ayak izleri bulunmuştur. (Alkali olivine basaltic-Trachybasaltic-Hawaiitic-Tephritic lavas which belong to youngest stage. Primitive human footprints are found in the tuffs.)	19	Ercan (1982) Ercan ve Öztunalı (1982) Ercan v.d. (1983-b)
	ELEKÇİTEPE VOLKANİTLERİ (Elekçitepe Volcanics)	Alkali olivin bazalt-Trakibazalt-Hawaiiit-Tefrit türde olup 2. evreyi oluştururlar. (Alkali olivine basaltic-Trachybasaltic-Hawaiitic-Tephritic lavas which had been formed in the 2nd stage.)	18	Ercan (1982) Ercan ve Öztunalı (1982) Ercan v.d. (1983-b)
	BURGAZ VOLKANİTLERİ (Burgaz Volcanics)	Alkali olivin bazalt-Trakibazalt-Hawaiiit-Tefrit türde lavlar olup ilk evre ürünleridir. (Alkali olivine basaltic-Trachybasaltic-Hawaiitic-Tephritic lavas. They are the products of the first stage.)	17	Ercan (1982) Ercan ve Öztunalı (1982) Ercan v.d. (1983-b)
P L İ Y O S E N (Pliocene)	DASTEPE BAZALTI (Dastepe Basalt)	Bazaltik lavlar. (Basaltic lavas)	14	Ercan v.d. (1984-d) 1985-a,b)
	SÖKE VOLKANİTLERİ (Söke Volcanics)	Dasit-Trakibazalt-Trakiandezit-Latit türde lav akıntıları. (Dacitic-Trachybasaltic-Trachyandesitic-Latitic lava flows.)	21 22	Yüksel (1971) Ercan ve Günay (1981) Ercan v.d. (1985-c)
	DENİZLİ VOLKANİTLERİ (Denizli Volcanics)	Bazalt-Trakit-Latit türde lav akıntıları ve yer yer dayklar. (Basaltic-Trachytic-Latitic lava flows, locally dykes)	6	Kastelli (1971) Ercan v.d. (1983-a)
	ADILKÖY BAZALTI (Adilköy Basalt)	Bazaltik ve Trakibazaltik lavlar. (Basaltic and Trachybasaltic lavas.)	10	Ercan v.d. (1984-d) 1985-a,b)
	DEDEDAĞ VOLKANİTLERİ (Dededağ Volcanics)	Latit-Latit Bazalt-Trakiandezit türde lavlar ve dayklar. (Latitic-Latite Basaltic-Trachyandesitic lavas and dykes.)	11 2 1	Akyürek ve Soysal (1982) Ercan v.d. (1984-e) 1985-b)
	ÇANDAĞ VOLKANİTLERİ (Çandağ Volcanics)	Andezit-Trakibazalt-Latit Andezit türde lavlar ve aglomeratlar olup domsal yapı gösterirler. (Andesitic-Trachybasaltic-Latite Andesitic lavas and agglomerates, which show dome structure.)	5 12	Ercan v.d. (1984-d) 1985-a,b)
	AYVALIK İGNİMBRİTİ YUNDAĞ VOLKANİTLERİ (Ayvalık Ignimbrite) Yundağ Volcanics)	Riyolitik bileşimde ve 30-40 cm. iriliğe erişen fiimmeler içeren asidik volkanizma ürünleri. (Acidic volcanism products, of rhyolitic composition containing fiammes up to 30-40 cm. size.)	4	Ercan (1981) Ercan ve Günay (1984)
	SIMAV-(KARABOLDERE) VOLKANİTLERİ (Simav-(Karaboldere) Volcanics)	Andezit-Dasit-Riyodasit-Riyolit türde lav, tuf ve aglomeratlar. (Andesitic-Dacitic-Rhyodacitic-Rhyolitic lavas, tuffs and agglomerates.)	20	Ercan v.d. (1979) 1984-b)
	GÖRDES VOLKANİTLERİ (Gördes Volcanics)	Dasit-Riyodasit-Riyolit türde lav, tuf ve yer yer volkan çivileri. (Dacitic-Rhyodacitic-Rhyolitic lavas, tuffs and locally volcanic necks)	16	Yılmaz (1977) Ercan (1979) 1983-a)
	DEDETEPE FORMASYONU (Dedetepe Formation)	Dasit-Riyodasit-Riyolit türde lav, tuf ve yer yer volkan çivileri. (Dacitic-Rhyodacitic-Rhyolitic lavas, tuffs and locally volcanic necks)	7 8 9	Krushensky (1976) Ercan v.d. (1984-a)
ÜST OLİGOSEN (Upper Oligocene)	HALLAÇLAR FORMASYONU (Hallaçlar Formation)	Andezit-Dasit-Trakiandezit-Riyodasit türde lav ve tuf. (Andesitic-Dacitic-Trachyandesitic-Rhyodacitic lavas and tuffs.)	13	Krushensky (1976) Ercan v.d. (1984-a)
	ALİBEY VOLKANİTLERİ (Alibey Volcanics)	Trakiandezit-Trakilatit-Latit Bazalt türde lavlar olup genellikle dayklar şeklindedirler. (Trachyandesitic-Trachylatitic-Latite Basaltic lavas, generally as dykes)	3	Dora ve Savasın (1982) Ercan v.d. (1984-c) 1985-b)
EOSEN (Eocene)	BAĞBURUN FORMASYONU (Bağburun Formation)	Andezit-Dasit türde lav, tuf ve aglomeratlar. (Andesitic-Dacitic lavas, tuffs and agglomerates.)	15	Krushensky (1976) Ercan v.d. (1984-a)

Çizelge 1. İnceleme alanındaki volkanik kayaların litolojik özellikleri, formasyon adlamaları ve yaşları.

Table 1. Lithological features, ages and formation nomenclatures of the volcanic rocks in the investigated area



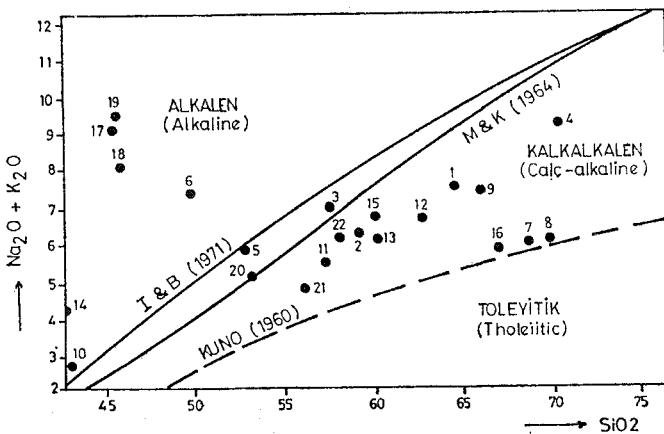
Çizelge 3 teki olağan kondritlerin, üst ve alt kıtasal kabuğun majör element ortalama bileşimleri Taylor ve Mc Lennan (1981) den; ultramafik kayalarınki Middlemost (1975) ten; tüm dünya toleyitik bazaltlarının ve andezitlerin ortalama bileşimleri Le Maitre (1976) dan; Abisal okyanusal toleyitlerin ortalama bileşimleri Engel ve diğerleri (1964) ten; alkali olivin bazaltlarının ise Abbott (1969) dan alınmıştır. Tüm bu oluşukların iz ve nadir toprak element ortalama içerikleri Wedepohl (1975) den, salt alt kıta kabuğunun iz ve nadir toprak ortalama içerikleri ise Taylor ve Mc Lennan (1981) den alınarak sunulmuştur. Wedepohl (1975), bu değerleri, pek çok sayıda araştırmacının çalışmalarından derleyerek almıştır ve bu araştırmacıların isimleri burada yinelenmemiştir.

Çalışma alanındaki volkanik kayaların kimyasal analiz sonuçlarına göz atıldığında, ilk bakışta bunların hem kıtasal kabuk, hem de manto kökenli olabilecekleri belirlenmekte, kabuk-manto ilişkisinin derecesi ve bunların birbirine baskınlığı problemi ortaya çıkmaktadır.

### Volkanik Kayaların Kimyasal Sınıflaması

Örneklerin, majör elementlerinden  $\text{SiO}_2$  ile  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  içerikleri kullanılarak alkali-silika diyagramları yapıldığında (Şekil 2) ve Macdonald ve Katsura (1964), Kuno (1960) ve Irvine ve Baragar (1971) in önerdikleri ayırtman hatları göz önüne alındığında, bunların bir kısmının alkali, bir kısmının da kalkalkalen nitelikte oldukları belirlenmiş, ancak toleyitik nitelikte hiçbir örneğe rastlanmamıştır. Kula bazaltları (Divlittepe volkanitleri-Elekçitepe volkanitleri-Burgaz volkanitleri), Denizli volkanitleri, Adilköy bazaltı, Dastepe bazaltı gibi tüm bazaltik volkanitler alkali nitelikli; diğer ortaç ve asidik volkanitler ise kalkalkalen niteliklidirler.

Bu durum, örneklerin Nb, Y ve Zr değerleri kullanılarak yapılan ve Whitehead ve Goodfellow (1978) tarafından önerilen Nb-Y-Zr üçgen diyagramında da (Şekil 3) ortaya çıkmakta ve toleyitik örnek bulunmadığı, bazaltik örneklerin alkali nitelikli; diğer asidik ve ortaç volkanitlerin de kalkalkalen nitelikli oldukları belirlenmektedir. Ancak, 1 numaralı örnek sapma yaparak, alkali alana dü-



Şekil 2. Volkanitlerin alkali ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) ve  $\text{SiO}_2$  içeriklerine göre sınıflandırılmaları.

Figure 2. Classification of the volcanics according to their alkali ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) and  $\text{SiO}_2$  contents

	Kondrit (Chondrite)	Ultramafik kayalar (Ultramafic rocks)	Üst kıta kabuğu (Upper continental crust)	Toleyitik bazalt (Tholeiitic basalt)	Abisal okyanusal toleyit (Abyssal oceanic tholeiite)	Andezit (Andesite)	Alkali olivin bazalt (Alkaline olivine basalt)	Alt kıta kabuğu (Lower continental crust)
Si O <sub>2</sub>	33.30	44.43	66.00	49.58	49.20	57.94	47.51	54.00
Ti O <sub>2</sub>	0.11	0.28	0.60	1.98	1.46	0.87	2.82	0.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.43	3.31	16.00	14.79	18.04	17.02	16.85	19.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T)	35.00	9.76	4.50	12.21	8.42	7.61	12.63	9.00
MnO	0.34	0.14	0.10	0.18	0.13	0.14	0.15	
MgO	23.40	38.96	2.30	7.30	7.85	3.33	5.62	4.10
CaO	1.94	2.74	3.50	10.36	11.51	6.79	9.28	9.50
Na <sub>2</sub> O	1.05	0.39	3.80	2.37	2.92	3.48	3.47	3.43
K <sub>2</sub> O	0.11	0.08	3.30	0.43	0.08	1.62	1.08	0.60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.08	0.10	0.24	0.12	0.21	0.93	
Ba	6.9	20	730	246	14.5	270	528	175
Ce	0.84	1.93	75	32.9	12.4	24	105	25
Co	680	110	12	48	37	24	43	33
Cr	3620	3090	70	168	298	68	202	65
Lg	0.31	0.92	44	15	3.8	11.9	54	14
Sc	8	15	14	30	52	30	20	40
V	65	50	95	251	303	148	213	230
As	2	1	1.7	1.5		2.1		
Bi	0.0012	0.006	0.06	0.03	0.006	0.12	0.03	
Cu	93	47	24	90	66	55	85	78
Mo	1.5	0.2	1	1		1.1		
Nb	<0.3	1.3	20	13	5	4.3	69	4
Ni	14300	1480	44	134	119	20	145	35
Pb	0.45	0.2	15	3.7	0.8	5.8	4.3	7.5
Rb	2.6	1.2	120	22	2	37	32	8
Sr	0.49	0.52	3	1.5	0.9	1.2		
Sr	10.4	22	290	328	121	385	702	425
Ta	0.022	<0.6	3.4	0.5				
Th	0.04	0.07	11	1.8	0.2	2.2	3	1.95
U	0.013	0.025	3.5	0.5	0.1	0.69	0.7	0.63
W	0.13	0.3	1.3	0.7				
Y	2.1	2.88	34	28	35	21	33	22
Zn	55	56	57	100	84	72.5	108	
Zr	8.3	5	160	137	98	106	189	30

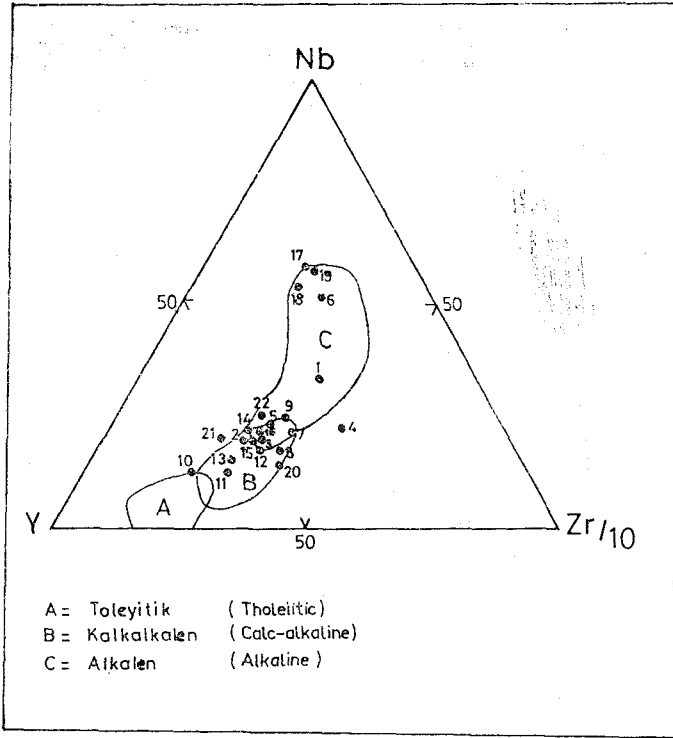
Çizelge 3. Yeryüzündeki bazı volkanik kayaların ortalama majör, iz ve bazı nadir toprak element kapsamaları.

Table 3. Mean major, trace and some rare earth element contents of some volcanic rocks of the world

şer. Ayrıca 10 numaralı Adilköy bazaltı ise alkali alana düşmez, bu da Adilköy bazaltının alkalinitesinin diğer bazaltik volkanitlerden (Divlittepe, Elekçitepe, Burgaz, Denizli, Dastepe) farklı olduğunu ve daha zayıf alkalin nitelik taşıdığını gösterir. Bu durum, bazaltların Nb/Y ve Zr/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içerikleri kullanılarak, Floyd ve Winchester (1975)' e göre yapılan diyagramda da belirginleşmekte ve Divlittepe, Elekçitepe, Burgaz ve Denizli Volkanitlerinin bu diyagramda alkali bazalt alanına düşmelerine karşın Adilköy bazaltı, Dastepe bazaltı ile birlikte farklı alanda yer almaktadır (Şekil 4).

Esasen, inceleme alanındaki bazaltik volkanitlerin, Pearce ve Cann (1973) tarafından önerilen Y/Nb oranı içeriklerine de göz atıldığında, bunların Y/Nb oranlarının Denizli Volkanitlerode ve Kula bazaltlarında yaklaşık 0,4 değerinde, Dastepe bazaltında 2,3; Adilköy bazaltlarında ise 5,5 değerinde oldukları görülür. Pearce ve Cann (1973)'e göre Y/Nb oranı 1 ve daha küçük olan bazaltlar alkali özellikler taşırlar. Bu durumda Adilköy ve Dastepe bazaltının diğerlerinden daha zayıf alkali özellikte oldukları bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca, Pearce ve Cann (1973) tarafından önerilen ve bazaltik volkanitlerin Ti-Zr-Y gibi iz ve nadir toprak element içerikleri kullanılarak yapılan üçgen diyagramda, salt Kula bazaltları (Divlittepe, Elekçitepe ve Burgaz volkanitleri), plaka ortası bazaltlar alanına düşmekte, Adilköy - Denizli-Dastepe bazaltları ise daha zayıf alkalin özellikte



Şekil 3. Örneklerin Whitehead ve Goodfellow (1978) üçgen diyagramı.

Figure 3. Whitehead and Goodfellow (1978) triangular diagram for the samples

oldukları için kalkalkalen bazaltlar alanında yer almaktadırlar (Şekil 5). Böylece Batı Anadolu'da bazaltik volkanitlerin, gençleştikçe daha kuvvetli alkalın özellikler gösterdikleri belirlenmektedir.

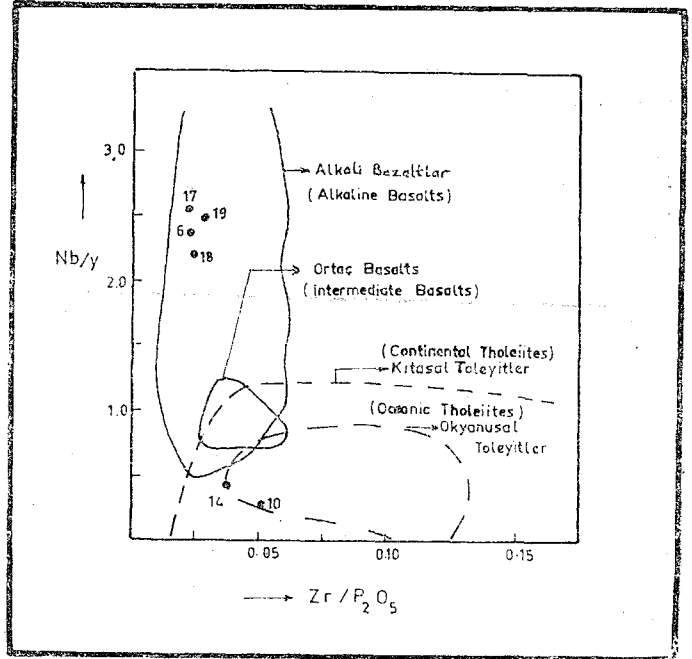
Kula Bazaltları ve Denizli Bazaltı, tüm iz ve nadir toprak element içerikleri göz önüne alındığında (Ni, Co, Cr, Rb, Sr, Ba, Zr, La, Ce, Yb, Y, Nb v.s.), Gerasimovskiy (1978) tarafından önerilen dünyadaki tüm diğer tipik alkali bazaltların iz ve nadir toprak element kapsamı ile uyum sağladığı görülür. Ayrıca bu bazaltlar, yine iz ve nadir toprak element içerikleri açısından, Zakariadze ve diğerleri (1978) tarafından önerilen kıtasal rift bölgelerindeki alkali bazaltlar (örneğin Batı Afrika rift bazaltları) ile de uyum sağlarlar.

Örneklerin kimyasal yoldan adlandırılmaları da yapılmış ve bu amaçla önce, IUGS Komisyonu tarafından benimsenen ve Zanettin (1984) tarafından önerilen, alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) ve  $\text{SiO}_2$  içeriklerine göre düzenlenen diyagram hazırlanmıştır (Şekil 6). Bu diyagramda, Bağburun formasyonu andezit; Alibey Volkanitleri trakiandezit; Halaçlar formasyonu andezit; Dedetepe formasyonu dasit; Simav volkanitleri trakiandezit; Gördes volkanitleri dasit; Ayvalık ignimbriti riyyolit; Çandağ volkanitleri trakiandezit; Dededağ volkanitleri andezit ve dasit; Adilköy bazaltı pikrobazalt; Denizli volkanitleri fonotefrit; Söke volkanitleri bazaltik andezit ve trakiandezit; Dastepe bazaltı bazanit; Kula bazaltları ise tefrit ve fonotefrit alanına düşmektedirler.

### Örneklerin İz ve Nadir Toprak Element İçeriklerinin Yeryuvarının bileşimi ile karşılaştırması

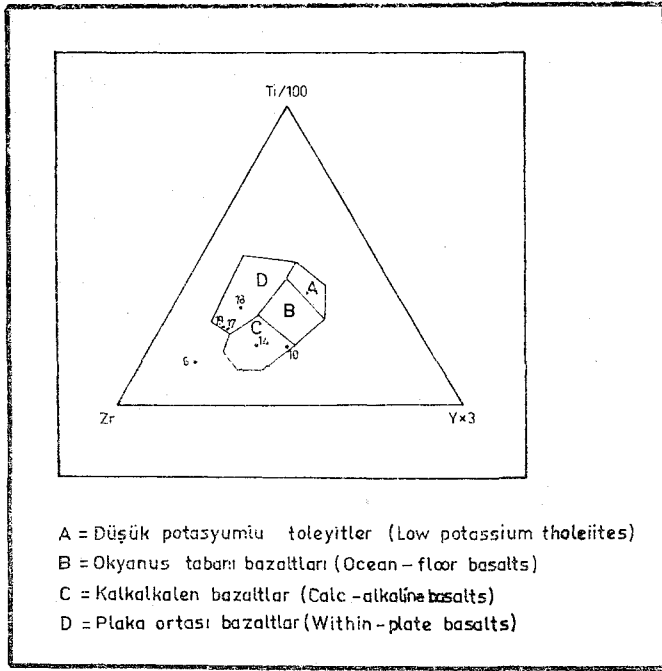
Yeryüzünde kıtasal bölgeler üzerinde yapılan sismik çalışmalar, kabuğun, yüzlek tortullar dışında kendi içinde iki ayrı zona ayrıldığını gösterir. Üst kabuk, granit ve granodiyorit bileşimde, alt kabuk ise daha bazik bir bileşimdedir ve iki bölüm arasında «Conrad Süreksizliği» sınırı vardır. Okyanus kabuğu ise, kıtasal kabuğun aksine, üzerindeki çok ince çökel kayalar dikkate alınmadığında, tamamen bazaltik yapıdadır. Üst Kıtasal kabukta pek çok çeşitte kayalar yer alırlar. Yakın mesafelerde bile granitten gabroya, peridotitlere kadar değişebilen kimyasal bileşimde kayalar bulunurlar. Üst kıtasal kabuğun ortalama bileşimini saptamak çok zordur. Çeşitli araştırmacılarca çalışmalar yapılmış ve farklı ortalama bileşimler teklif edilmiştir (Tokel, 1984). Çizelge 3 te bu araştırmacıardan Taylor ve Mc. Lennan (1981) tarafından önerilen üst kıta kabuğunun majör element kapsamının % olarak bileşimi sunulmuştur.

Alt kıta kabuğu ise yeryüzünde P dalgalarının ani değişimi ile belirlenmekle birlikte, üst kıta kabuğu ile olan sınırı kesin değildir. Kıta kabuğunda, majör element bileşimi pek fazla değişken değildir. Ancak alt kıta kabuğunun daha ortaç bileşimde (% 55-60  $\text{SiO}_2$ ) olmasına karşın, üst kıta kabuğu biraz daha asitik niteliklidir ve % 60-66  $\text{SiO}_2$  içermektedir. Ayrıca Th, U, K gibi uyumsuz (incompatible) elementler üst kabuğa taşınırlar ve burada daha fazladırlar. Sonuç olarak alt kıta kabuğu ortaç bileşimdedir ve olasılıkla granülit'ten oluştuğu varsayıl-



Şekil 4. Bazaltik lavların Nb/Y ve  $\text{Zr}/\text{P}_2\text{O}_5$  içeriklerine göre düzenlenmiş Floyd ve Winchester (1975) diyagramı.

Figure 4. Floyd and Winchester (1975) diagram according to Nb/Y and  $\text{Zr}/\text{P}_2\text{O}_5$  contents of basaltic lavas



Şekil 5. Örneklerin Ti-Zr-Y içeriklerine göre düzenlenen Pearce ve Cann (1973) diyagramı.

Figure 5. Pearce and Cann (1973) diagram for the rock samples according to their Ti-Zr-Y contents

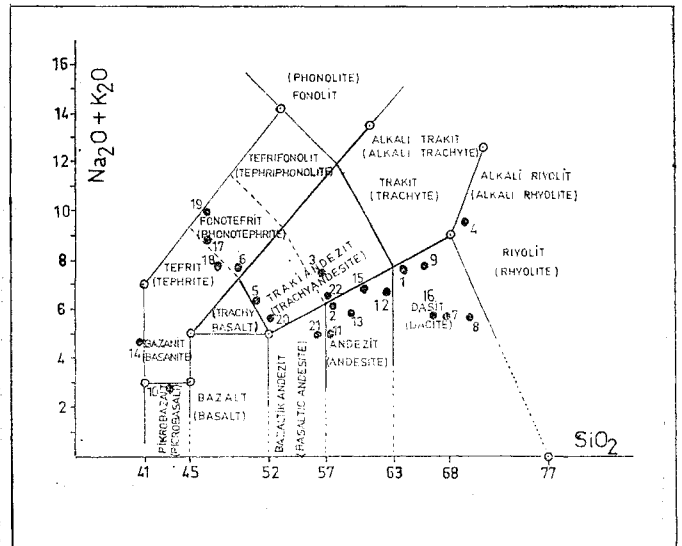
maktadır (Tokel, 1984). Öte yandan, okyanus kabuğunun büyük bir bölümünün okyanus toleyitleri (abisal toleyitler)den oluştuğu araştırmacılarca kabullenilmiştir. Okyanus kabuğunda toleyitik bazaltlardan başka dolerit, gabro gibi sokulum kayaları ile riyolit ve trondjemit gibi felsik kayaların az da olsa bulunduğu anlaşılmıştır. Okyanus toleyiti, çok düşük  $K_2O$  ve  $TiO_2$  içerir. Ayrıca toplam  $FeO$  ve  $P_2O_5$  içerikleri ile Ba, Rb, Sr, Pb, Th, U, Zr gibi uyumsuz (incompatible) elementler de çok düşüktür. 87 Sr/86 Sr oranı ise 0,7016-0,7035 arasında olup çok düşüktür ve üst manto değerine yakındır. Nadir toprak element kapsamı da kondritik meteoritlere çok yakındır.

Üst Manto ise genelde peridotitik bileşimdedir. Bir üst manto parçası, bölümsel olarak ergidiğinde, oluşuğa ilk olarak K, Rb, Sr, Pb, Th, U, Ba, Zr ve nadir toprak elementler (uyumsuz elementler) geçerler ve böylece oluşan bazalt, uyumsuz elementlerce zengin bir kapsamda yer yüzüne ulaşır. Geriye kalan peridotitler sığda (yaklaşık 25 km.) tüketilmiş mantoyu oluşturur. Böylece, uyumsuz elementlerce zengin olan alkali olivin bazaltlar derin manto kökenli, fakir olan toleyitler ise tüketilmiş sığ manto kökenli olarak meydana gelirler (Tokel, 1984). Mantodan, bölümsel ergimeyle oluşan tüm kayalarda, ilksel Stronsiyum oranı (87 Sr/86 Sr) aynıdır ve manto değerine yakındır. Bu oran daha yüksek olursa, bu kayaca sialik malzemenin (kıta kabuğundan) bölümsel ergimesi ile gereç eklenmiş demektir.

İnceleme alanındaki volkanik kayaların iz element ve bazı nadir toprak element içeriklerine göz atıldığında (Çizelge 2) ve olağan kondrit, ultramafik kaya, üst ve alt kıtasal kabuk gibi dünyadaki genel oluşukların çeşitli araştırmacılarca saptanmış iz ve nadir toprak element ortala-

ma kapsamı ile (Çizelge 3) karşılaştırıldığında; örneklerin La, Ba, Pb, Mo, As, Rb, Sn, Sr, Th, U içeriklerinin bir hayli yüksek oldukları görülür. Özellikle Rb ve Sr içerikleri çok yüksektir. Bununla birlikte, Kistler ve diğerleri (1971) tarafından volkanik kayaların Rb ve Sr içerikleri kullanılarak hazırlanan diyagramda (Şekil 7), çalışma alanındaki bazaltik volkanitler, alkali bazalt; diğer kalkalkalen volkanitler ise andezit ve dasit alanları içinde ya da yakın olarak yer alırlar. Özellikle inceleme alanındaki kalkalkalen kayalarda gözlenen K, Ba, Sr, Rb, Th, U gibi elementlerin bolluğu, değişik bileşimlerdeki çeşitli üst kabuk malzemesinin anatektik ergimelerini belirtir. Volkanik kayalardan kalkalkalen olanlar, kıta kabuğunun, alkali bazaltik olanlar ise mantonun iz ve nadir toprak element kapsamına daha uygun görünmektedirler. Okyanus kabuğunun etkileri pek yoktur.

Çalışma alanındaki tüm volkanik kayaların iz ve bazı nadir toprak element kapsamı Wedepohl (1975) tarafından verilen bir dizi kondritik değerlere karşı normalize edilerek diyagramları yapıldığında (Şekil 8) bu durum daha da belirginleşir. Örneğin, dünyadaki sığ tüketilmiş mantodan türemiş bazaltlarda bütün nadir toprak elementlerinin kondritik (yaklaşık 10 x kondrit) olmalarına karşın, derin manto kökenli alkali olivin bazaltlarda ve kabuk kökenli kalkalkalen andezitik ve dasitik volkanitlerde ise nadir topraklardan özellikle La ile Ce kapsamının farklılaşmış, artmış olduğu (andezitler 50 x kondritik; alkali olivin bazalt 200 x kondritik) göz önüne alındığında (Frey ve diğerleri, 1968; Kay ve diğerleri, 1970), inceleme alanındaki bazaltik volkanitlerin kabaca derin manto kökenli; andezitik ve dasitik volkanitlerin ise kıtasal kökenli oldukları ortaya çıkar. Zira inceleme alanındaki volkanitler La içeriği bakımından yaklaşık 120-600 X; Ce içeriği bakımından ise 30-300 X kondritiktirler. Ancak burada tüm sorun, saf manto ya da saf alt ve üst kıtasal kabuk kö-



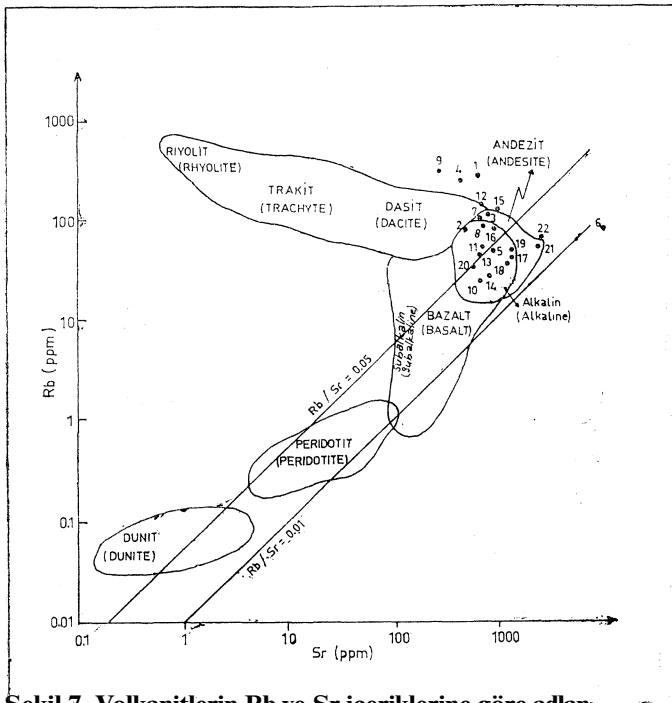
Şekil 6. Volkanitlerin alkali-silika içeriklerine göre düzenlenen Zanettin (1984) diyagramında adlandırılmaları.

Figure 6. Nomenclature of the volcanics in Zanettin (1984) diagram according to alkali-silica contents

keni tam ayırtılabileme olanağının bulunamamasıdır. Zira her iki grupta da kabuksal özümlenme (contamination) belirtileri görülmektedir. Ölçülen tüm iz ve nadir toprak elementlerin kondritlere göre oransallıklarını Şekil 8 de ayrıntılı olarak gözlemek mümkündür. Volkanitler, Rb içeriği bakımından yaklaşık 20-80 X kondritiktirler. Salt Adilköy bazaltı düşük olup 8 X kondritiktir. Örnekler, Sr içerikleri bakımından yaklaşık 40-100 X kondritik olup, Dedetepe formasyonu 18 X kondritik, Söke volkanitleri 150 X, Denizli volkanitleri ise 220 X kondritik olup sapma gösterirler. Y içerikleri yaklaşık 10-20 X kondritiktir. Zr içerikleri 15-45 X kondritik olup, salt Adilköy bazaltı 5 X kondritik olmasıyla sapma gösterir. Ta içerikleri 150-400 X, Th içerikleri 300-1500 X; U içerikleri ise 300-800 X kondritik olup zenginlik gösterirler. Sc içerikleri yaklaşık 1-10 X, Ti içerikleri ise 5-20 X kondritiktir. Cr-Co-Ni kapsamları ise kondritik kayalardan daha azdır.

Volkanik kayaların iz element içeriklerinin yorumu:

Örneklerin Baryum (Ba) içerikleri, bazaltik volkaniklerden, Kula bazaltlarında 758-900 ppm, Denizli bazaltında 1466 ppm, Daztepe bazaltında 1094 ppm, Adilköy bazaltında ise 483 ppm olarak saptanmıştır. Wedepohl ve diğerleri (1974) tarafından belirlenen değerler ise, dünyadaki alkali bazaltların Ba içeriğinin ortalama 613 ppm olduğunu, daha alkali nitelikli tefrit ve bazanitlerin ise 1976 ppm'e kadar çıkabileceğini gösterir. Bu durumda, inceleme alanındaki bazaltların Ba içerikleri, dünya ortalamaları ile uyumlu, salt Adilköy bazaltının düşüktür. İnceleme alanındaki asidik ve ortaç volkanitlerin Ba kapsamları ise 656-1631 ppm arasında değişmekte olup, özellikle Çandağ, Dededağ,



Şekil 7. Volkanitlerin Rb ve Sr içeriklerine göre adlandırılmaları (Kistler ve diğerleri, 1971).

Figure 7. Nomenclature of the volcanics according to Rb and Sr contents (Kistler et al, 1971)

Bağburun, Simav ve Söke volkanitlerinin kapsamları, dünya standart ortalamalarından biraz yüksektir. Zira Wedepohl ve diğerleri (1974), Dünyadaki andezitlerin 703 ppm, latit andezitlerin 841 ppm, dasitlerin 629 ppm, riyodasit ve riyolitlerin ise 1127-1210 ppm ortalama Baryum içerikli olduklarını belirtmişlerdir.

Örneklerin seryum (Ce) içeriklerine göz atıldığında, bazaltik volkanitlerin, genelde Ce içeriklerinin 96-282 ppm arasında olduğu izlenir. Bu da bazaltik volkanitlerin manto kökenli olduğunu belirler. Zira, Wedepohl ve diğerleri (1974), dünyadaki üst kıta kabuğu kökenli bazaltik volkanitlerin Ce içeriklerinin ortalama 16 ppm olduğunu, manto kökenli alkali olivin bazaltların ise 42-210 ppm arasında değiştiğini belirtirler. Sadece Adilköy bazaltının Ce içeriği, diğerlerinden daha düşük olup 42 ppm dir. İnceleme alanındaki diğer ortaç ve asidik volkanitlerin Ce içerikleri ise 22-147 ppm arasında değişmekte olup, üst kıta kabuğu kökenli volkanitlerin kapsamları ile uyum sağlar. Zira, Üst Kıta kabuğu kökenli ortaç volkanitlerde Ce içeriği ortalama 60 ppm, asidik volkanitlerde ise 104 ppm düzeyindedir. Ancak inceleme alanındaki bu volkanitlerin Ce içerikleri ortalama değerlerden biraz daha yüksek olup, yer yer oluşumlarında mantonun da etkin olduğu belirlenir.

Volkaniklerin krom (Cr) içeriklerine göz atıldığında inceleme alanındaki bazı ortaç ve asidik volkanik kayaların Cr içeriklerinin yüksek olduğu ve oluşumlarında yine manto bulaşması görülür. Kula bazaltlarının Cr kapsamları ise normal değerlerden daha düşüktür.

Volkaniklerin Lantan (La) kapsamları ele alınırsa, bazaltik lavların, manto kökenli alkali bazaltlar ile uyum sağladığı görülür. Ortaç ve asidik volkanitlerin bir kısmı ise (Dededağ volkanitleri, Gördes volkanitleri), dünyadaki üst kıtasal kabuk kökenli volkanitlerden daha yüksek Lantan içeriklerine sahiptir. Wedepohl ve diğerleri (1974), üst kıta kabuk kökenli ortaç volkanitler için 60 ppm, asidik volkanitler için ise 104 ppm ortalama La değerleri verirler. Dededağ volkanitlerinin La kapsamı 203 ppm, Gördes volkanitlerinin ise 134 ppm'e erişmektedir.

Volkaniklerin skandiyum (Sc) içerikleri ise, normal olup dünyadaki ortalama değerlerle uyum sağlar, sadece Dededağ volkanitlerinden 11 numaralı örnekte Sc içeriği çok yüksek olup 130 ppm. düzeyindedir.

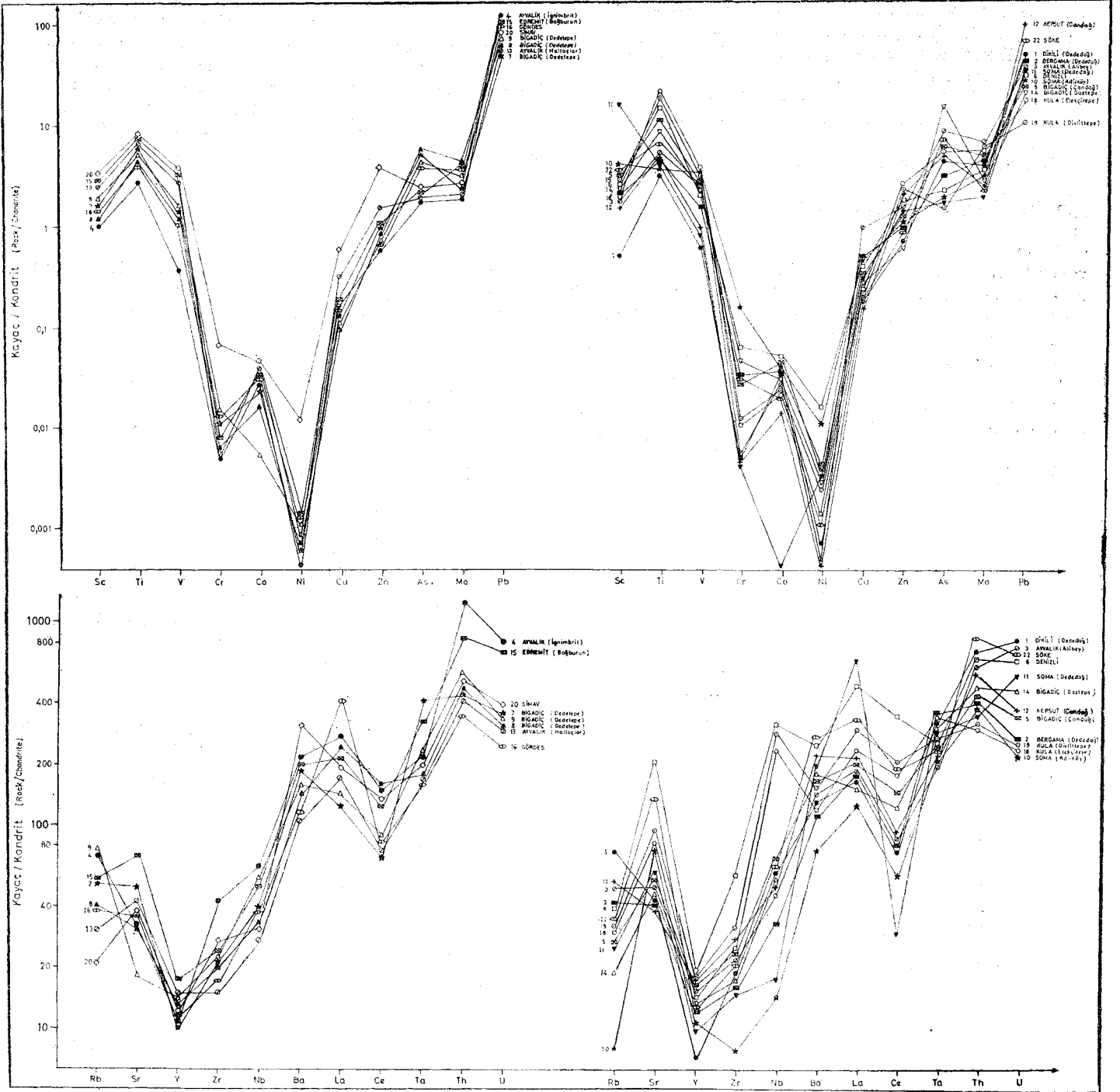
İnceleme alanındaki volkanik kayalardan bazaltik lavların, vanadyum (V) kapsamları, 130-190 ppm arasında olup, dünyadaki alkali bazaltların ortalama 236 ppm değerinden (Wedepohl ve diğerleri, 1974) biraz daha düşüktür. Ortaç ve asidik volkanitlerin V kapsamları ise kabuk kökenli olan dünyadaki diğer volkanitlerle uyumludur.

Volkanik kayaların arsenik (As) içeriklerine göz atıldığında, Söke ve Alibey volkanitlerinin As kapsamlarının 17-19-20 ppm düzeyinde olup, normal değerlerden yüksek olduğu görülür. Daztepe bazaltının da 32 ppm düzeyinde As kapsamı vardır, ve çok yüksektir. Zira Wedepohl ve diğerleri (1974), bazaltlar için ortalama 0,1-6,5 ppm, andezitik-dasitik lavlar için 0,54,5 ppm, riyolitler için ise 0,7-7,5 ppm. ortalama As kapsamı gözlemiştirler.

Örneklerin bakır (Cu) ve kurşun (Pb) kapsamları normaldir ve belirgin bir özellik göstermez.

İnceleme alanındaki volkanik kayaların tümünün rubidyum (Rb) içerikleri yüksektir. Wedepohl ve diğerleri (1974), dünyadaki kıtasal andezitler için 46 ppm, dasitik lavlar için ise 55 ppm ortalama Rb değeri belirlemişler,





Şekil 8. Volkanitlerin kondritlere göre normalize edilmiş iz ve nadir toprak element içerikleri.

Figure 8. Chondrite-normalized trace elements and REE patterns of the volcanics

ancak potasyumca zengin volkanitlerde bu değer 381 ppm'e kadar çıkabileceğini saptamışlardır. İnceleme alanındaki, volkanik kayalar potasyumca zengindirler. Bu yüksek rubidyum kapsamı, üst kıtasal kabuğun etkilerini göstermektedir.

İnceleme alanındaki bazaltik volkanitlerin stronsiyum kapsamları, Denizli bazaltında çok yüksek 2169 ppm, Adilköy bazaltında 828 ppm, Daztepe bazaltında 461 ppm, Kula

bazaltlarında ise 868-961 ppm olup, manto kökenli olduklarını gösterir. Diğer ortaç ve asidik volkanitlerde Sr kapsamı normal olup, genelde kabuk kökenli olduklarının kanıtıdır, ancak Söke volkanitlerinde bu kapsam 1306-1431 ppm düzeyinde yüksek olup, yine mantının etkilerini gösterir.

Çalışma alanındaki volkanik kayaların toryum (Th) kapsamı, ortaç ve asidik volkanitlerde 13-45 ppm olup.

dünyadaki benzerlerinin ortalama 8-56 ppm (Wedepohl ve diğerleri, 1974) Th kapsamları ile tam uyum sağlarlar. Bazaltik volkanitlerde ise 10-29 ppm arasında olup, dünyadaki alkali bazaltların 3,9-5,4 ppm lik ortalama değerlerinden biraz yüksektir. Bu da bazaltik volkanitlerin oluşumlarında kısmen üst kabuk etkisi olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Volkanik kayaların Uranyum (U) kapsamları ele alındığında; yine ortaç ve asidik volkanitlerde gözlenen 3-11 ppm lik Uranyum içeriğinin, dünyadaki benzerlerinin ortalama 1-10 ppm lik ortalama kapsamları (Wedepohl ve diğerleri, 1974) ile tam uyum sağladıkları görülür. Bazaltik volkanitlerin U kapsamları ise 3-9 ppm olup, dünyadaki bazalt ortalaması olan 0,1-1 ppm değerlerinden yüksek düzeyde olduğundan, yine bazaltik volkanitlerinin oluşumlarında yer yer de üst kabuk etkisini göstermektedir.

İnceleme alanındaki tüm volkanik kayaların, çinko (Zn), tungsten (W) ve yitrium (Y) kapsamları ise normal olup, dünyadaki ortalama değerlere uyum sağlarlar. Volkanik kayaların zirkon (Zr) kapsamları da normal olup, salt Denizli bazaltik lavlarında 466 ppm lik yüksek bir değer saptanmıştır.

ÖRNEK NO SAMPLE NO	Rb (ppm)	Sr (ppm)	<sup>87</sup> Rb	<sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	( <sup>87</sup> Sr / <sup>86</sup> Sr) <sub>i</sub>
1	205	482	58	46,6	1,244	0,70715
2	106	423	30	40,9	0,7335	0,70852
3	125	551	35,3	53,3	0,6623	0,70554
4	196	335	55,4	32,4	1,7099	0,70882
5	64	550	18,1	53,2	0,3402	0,70642
6	105	2169	29,7	209,8	0,1416	0,70356
7	120	490	33,9	47,4	0,7152	0,70886
8	107	320	30,2	31	0,9742	0,70387
9	208	180	58,8	17,4	3,3793	0,70904
10	21	828	5,9	80,1	0,0737	0,70671
11	60	582	17	56,3	0,3020	0,70715
12	126	419	35,6	40,5	0,8790	0,70750
13	76	474	21,5	45,8	0,4694	0,70564
14	47	461	13,3	44,6	0,2982	0,70676
15	123	699	34,8	67,6	0,5148	0,70658
16	100	380	28,3	36,8	0,7690	0,70957
17	79	946	22,3	91,5	0,2437	0,70342
18	78	858	22	84	0,2619	0,70299
19	80	961	22,6	92,9	0,2433	0,70315
20	54	457	15,3	44,2	0,3462	0,70868
21	70	1306	19,8	126	0,1571	0,70480
22	85	1431	24	138	0,1739	0,70509

Çizelge 4. İnceleme alanındaki volkanik kayaların <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr kapsamları.

Table 4. The <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr contents of the volcanic rocks in the investigated area

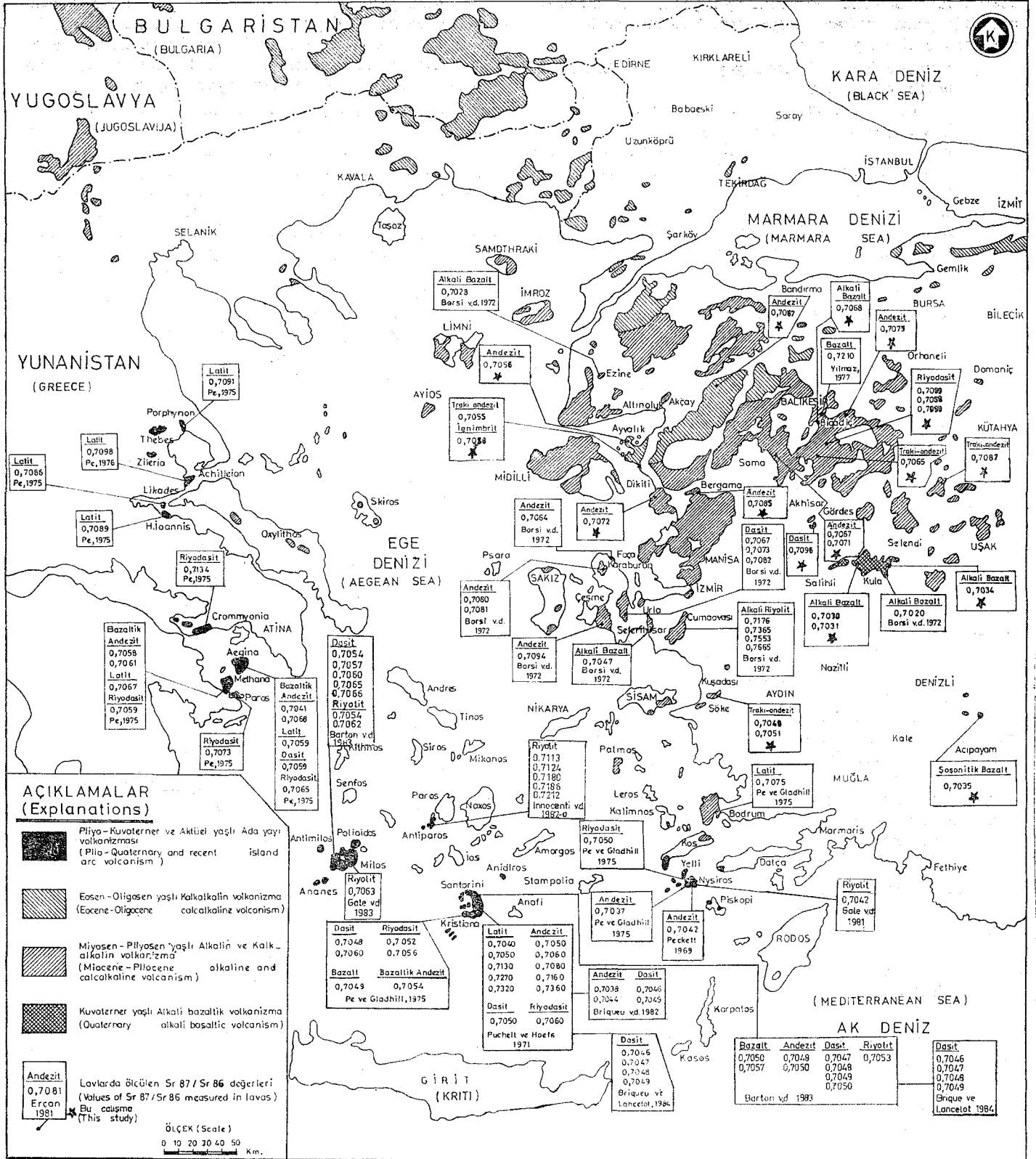
Böylece, tüm bu iz ve nadir toprak element kapsamlarının yorumlanmaları ile; inceleme alanındaki bazaltik volkanik kayalardan Kula bazaltları ve Denizli bazaltlarının manto kökenli oldukları, Adilköy ve Daztepe bazaltlarının ise esas olarak manto, kısmen de kabuk kökenli melez nitelikte oldukları, diğer tüm ortaç ve asidik volkanitlerin ise esas olarak kabuk, kısmen de manto kökenli ve bir kısmının melez nitelikte oldukları ortaya çıkmaktadır.

#### VOLKANİK KAYAÇLARIN İLKSEL STRONSIYUM İZOTOP ORANLARI (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)

İnceleme alanındaki volkanik kayalardan alınan 22 örnekte bugünkü Stronsiyum izotop oranları kütle spektrometresi ile ölçülmüş ve zaman faktörü göz önüne alınarak oluşumları esnasındaki ilksel stronsiyum izotop oranları <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr bulunmuştur. Çizelge 4'te sunulan tüm bu değerlere göz atıldığında, yine bazaltik volkanitlerin manto, diğer kalkalkalen ortaç ve asidik volkanitlerin ise bölümsel kafouksal özümleme içerdikleri veya kabuk ürünü olabilecekleri söylenebilir. Magmatik kayalarda köken sorununa en iyi yaklaşım, stronsiyum elementinin <sup>87</sup>Sr izotopu yoluyla sağlanmakta ve bu izotop, <sup>87</sup>Rb elementinin radyoaktif parçalanmasıyla oluşmaktadır. Papanastasiou ve Wasserburg (1969) tarafından dünyanın oluşumu esnasındaki <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr oranına tekabül eden ilksel bazaltik kondritlerde yapılan ölçümlerle bu değer  $0,69898 \pm 0,00003$  olarak bulunmuştur. Bu miktar, <sup>87</sup>Rb'nin radyoaktif parçalanmasıyla giderek günümüze doğru daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Manto'dan diferansiyasyon yoluyla ayrılmış olan kıtasal kabuk, daha yüksek <sup>87</sup>Sr içeriğine sahiptir. Günümüzde, ilksel manto kökenli, okyanus kabuğu kökenli ve kıtasal kabuk kökenli kayaların, yaşlarına göre <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr oranlarının sınırları yaklaşık olarak ortaya konmuştur (Cox ve diğerleri, 1979; Moorbath, 1978; Faure ve Powell, 1972).

Çalışma alanındaki bazaltik volkanitlerden Kula bazaltlarında, yapılan <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotop ölçümleri sonucu, Burgaz volkanitlerinde 0,70342; Elekçitepe volkanitlerinde 0,70299; Divlittepe volkanitlerinde ise 0,70315 değerleri bulunmuştur ve tamamen manto kökenli oldukları belirlenmiştir. Denizli volkanitlerinde 0,70356 değeri bulunmuştur ve yine manto kökeni gösterir. Adilköy bazaltında 0,70671 ve Daztepe bazaltında 0,70676 olarak bulunan Sr izotop oranları değerleri ise, bu bazaltların, Kula ve Denizli bazaltları gibi tam manto kökenli olmadıkları ve kıtasal kabuktan malzeme karıştığını göstermektedir. Söke volkanitlerinde 0,70480 ve 0,70509 sonuçları elde edilmiştir ve yine manto-kabuk ilişkisinin varlığını gösterirler. Esasen Söke volkanitleri, petrografik özellikleri ile de melez nitelik gösterirler ve Batı Anadolu'daki bazalt görünümü trakiandezit ve andezitik volkanitler (yalancı bazaltlar) grubuna girerler (Ercan ve diğerleri 1985 b ve c). Diğer tüm kalkalkalen nitelikli andezit, trakiandezit, dasit ve riyodasit türde volkanitlerde ise 0,70554-0,70957 arasında stronsiyum izotop oram değerleri ölçülmüştür ve kıtasal kabuk kökenli oldukları sonucuna varılmıştır.

İnceleme alanındaki volkanitlerde yapılan bu <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ölçümleri, Batı Anadolu ve yakın çevresinde daha önceki araştırmacılarca yapılan ölçümlerle de uyum sağlamaktadır. Tüm Batı Anadolu ve çevresinde yapılan Sr izotop oram ölçümleri Şekil 9da sunulmuştur. Batı Anadolu, Ege



Şekil 9. Batı Anadolu, Ege Adaları ve Yunanistan'daki Senozoyik volkanitlerinde yapılan 87 Sr/86 Sr ölçümleri.

Figure 9. 87 Sr/86 Sr measurements in Cenozoic volcanics of Western Anatolia, Aegean Islands and Greece.

adaları ve Yunanistan'daki Senozoyik yaşlı volkanizmaya göz atıldığında volkanik kayaların 4 farklı yaşta grup oluşturabilecekleri görülür:

- Kuzeyde Eosen-Oligosen yaşlı ve kalkalkalen nitelikli volkanizma
- Daha güneye doğru bölgenin orta kesimlerinde çoğunlukla Miyosen, yer yer de Pliyosen yaşlı kalkalkalen nitelikli volkanizma, (Miyosen yaşlı olanlar çoğunlukla bu araştırmaya ilişkin inceleme alanında yüzlekler verirler ve kimyasal nitelikleri araştırılmıştır).
- Kula çevresindeki Kuvaterner yaşlı ve alkali bazaltik nitelikli volkanizma (Bu araştırmada ele alınmıştır).
- Bölgenin güneyinde yer alan ve Pliyo-Kuvaternerden aktüele değin etkinliğini sürdüren ada yayı volkanizması.

a) Bölgede, Eosen yaşlı volkanizmaya ilişkin salt bir tek ilksel Stronsiyum izotop oranı ölçülmüş olup (Edremit doğusu, 15 numaralı örnek) bu araştırmada 0,70668 değeri bulunmuştur. Oligosen yaşlı volkanizmaya ilişkin yine bir tek Sr izotop oranı ölçümü vardır (Ayvalık, 3 numaralı örnek) ve 0,70554 değeri bulunmuştur. Bu değerler, yöre volkanitlerinin bölümsel kabuksal özümlemeyi veya kabuk ürünü olabileceklerini göstermektedir.

b) Miyosen yaşlı volkanik kayalarda ise, pek çok ölçüm yapılmıştır. Bu araştırmada yapılan 14 ölçümün yanısıra İzmir güneyinde yer alan alkali riyolitlerde 0,7176-0,7365-0,7553-0,7665 (ortalama ilksel Sr izotop oranı 0,7121) gibi değerler (Borsi ve diğerleri, 1972) elde edilmiş ve bu değerlerin üst kabuk kökenli materyal anateksisi için tipik olduğu belirtilmiştir. Üst kabuğun bu kısmi ergimesi ise bazik bir magma kaynağının varlığı ile gerçekleşmiş ve bu volkanizma, bazik magma yükselimi sonucu gelişen anatektik olaylarla üst kabuğun kısmi ergimesi ile oluşmuştur (Innocenti ve Mazzuoli, 1972). Daha batıda Urla çevresinde alkali bazaltik lavlarda 0,7047 değeri elde edilmiş ve volkanizmanın, mantonun kabuk içine yavaş yerleşmesi ve bu yerleşme sırasında ortaç kimyadaki depolanmanın farklılaşması sonucu oluştuğu belirtilmiş ve ana kaynağın manto olduğu varsayılmıştır (Borsi ve diğerleri, 1972; Innocenti ve diğerleri, 1977; Savaşçın, 1982).

Urla batısında Çeşme ve Kocadağ çevresinde, 0,7067-0,7073 - 0,7082 - 7094 (Borsi ve diğerleri, 1972) Sr izotop değerleri ölçülmüş ve volkanitlerin kabuk-üst mantonun bölümsel ergimesi ile oluşabileceği belirtilmiştir. Karaburun yarımadasındaki volkanitlerde de 0,7064-0, 7080-0, 7081 Sr izotop oranları ölçülmüş ve eş kökenli oldukları varsayılmıştır (Borsi ve diğerleri, 1972).

Bodrum yarımadasında yer alan kalkalkalen volkanitlerde Sr izotop oranı 0,7075 olarak ölçülmüş ve kabuksal kökenli oldukları belirtilmiştir (Pe ve Gledhill, 1975).

Biga yarımadasında Ezine yakınlarında Miyosen yaşlı alkali bazaltik lavlarda yapılan Sr izotop oram ölçümü ile 0,7023 değeri bulunmuş ve birincil manto kökenli oldukları sonucuna varılmıştır (Borsi ve diğerleri, 1972; Innocenti ve diğerleri, 1977).

Balıkesir yöresindeki Miyosen yaşlı bazaltik volkanitlerde yapılan Sr izotop oram ölçümü ile 0,7210 gibi çok yüksek bir değer bulunmuştur (Yılmaz, 1977).

c) Kula çevresindeki Kuvaterner yaşlı alkali bazaltlarda ise, Borsi ve diğerleri (1972) tarafından yapılan Sr izotop oranı da 0,7020 olarak bulunmuş ve ilksel manto kökenli bir volkanizmanın varlığına değinilmiş olup, bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla uyum sağlar.

d) Bölgenin güneyinde Pliyosen başlayıp, günümüze değin etkinliğini sürdüren ve Girit adasının güneyinde Afrika plakasının, Ege-Anadolu plakası altına dalmasıyla oluşan yitim zonundan türeyen tipik ada yayı volkanizmasında (Ercan ve diğerleri, 1979; Ercan, 1979; Ercan, 1980; Ercan, 1983-b), pek çok araştırmacı tarafından 87 Sr/86 Sr ölçümleri yapılmıştır ve 0,7037-0, 7360 arasında çok farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ege ada yayı volkanitlerinde yapılan ölçümlerin, dünyada bilinen diğer ada yayı volkanitlerindeki Sr izotop oranlarından son derece yüksek oldukları ve yersel olarak volkanik merkezlerde değişiklikler gösterdikleri saptanmıştır. Şekil 9 daki haritaya işlenen Sr izotop ölçümleri Pe (1975); Barton ve diğerleri (1983); Gale (1981); Innocenti ve diğerleri (1982-a); Pe ve Gledhill (1975); Puchelt ve Hoefs (1971); Peckett (1969); Briquieu ve diğerleri (1982); Briquieu ve Lancelot (1984) tarafından yapılmıştır. Ege ada yayındaki volkanik kayalarda yapılan Sr izotop oranlarının 0,7037-0, 7360 arasında olmasına karşın, dünyadaki diğer ada yaylarında bu değerler daha düşük olup, örneğin Mariana ada yayında bu değerler 0,7031-0, 7047 (Pushkar, 1968); Güney Sandwich adalarında 0,7034-0, 7044 (Gledhill ve Baker, 1973) arasındadır. Ege ada yaylarındaki Sr izotop ölçümleri çok yüksek olan sonuçlar göz önüne alınmazsa, genel olarak 0,7037-0, 7090 arasındadır ve Şili yayları (0,7035-0, 7077 Mc Nutt ve diğerleri, 1975) ile Yeni Zelanda'daki yaydaki değerlere (0,7042-0, 7068 Evart ve Stipp, 1968) daha yakındır. Bu tür yaylardaki yüksek Sr izotop değerlerinin, kıtasal kabuk üzerinde oluşmuş yayları karakterize ettiği, düşük Sr izotop değerlerinin ise bilinen bir kıtasal temeli bulunmayan okyanusal alanlardaki ada yaylarını karakterize ettiği (Pichler ve Zeil, 1972) bilindiğinden, Ege ada yaylarının kıtasal bir kabuk üzerinde oluşmuş yaylardan oldukları ve bu yaydaki volkanik kayaları farklı özelliklere sahip magmaların oluşturdukları ortaya çıkmaktadır.

#### VOLKANİK KAYAÇLARDA K-Ar YÖNTEMİ İLE YAPILAN RADYOMETRİK YAŞ BELİRLEMELERİ

Batı Anadolu volkanik kayalarından alınan 22 örneğin 7 tanesinde K-Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yapılmış ve çizelge 5 te sunulmuştur. Örneklerin ikisi Çandağ volkanitlerinden, üçü Kula bazaltlarından, birer tanesi de Alibey ve Söke volkanitlerinden alınmıştır.

İnceleme alanındaki Tersiyer yaşlı en eski volkanik birim olan Bağburun formasyonu, olasılıkla Eosen yaşlıdır. Ancak, radyometrik bir yaş belirlemesi yapılmamıştır.

Saptanan en eski yaş ise 31,4±0,40 milyon yıl (Üst Oligosen) olup Ayvalık yakınındaki Alibey volkanitlerine aittir. Bu bölgede daha önce çalışan Ercan ve diğerleri (1984-c), Alibey volkanitlerinin yaşım Miyosen olarak düşünmüşler, ancak bu çalışma ile formasyonun Üst Oligosen yaşlı olduğu belirlenmiştir. Alibey volkanitlerinin çevresinde yer alan Hallaçlar formasyonunun Edremit doğusundaki lavlarında Krushensky (1976), radyometrik yaş belirlemesi yaparak 23,6 ±0,6 milyon yıl; Dedetepe formas-

ÖRNEK NO. (Sample No)	FORMASYON ADI (Formation Name)	K (wt %)	rad. Ar (nl / g)	atm. Ar (nl / g)	K-Ar Yaşı (M.Yıl) [K-Ar Date (Ma)]	
3	ALİBEY VOLKANİTLERİ (Alibey volcanics)	3.102 ± 0.033	3.818 ± 0.034	1.869 ± 0.020	31.4 ± 0.40	
5	ÇANDAĞ VOLKANİTLERİ (Çandağ volcanics)	1.931 ± 0.021	1.478 ± 0.011	0.540 ± 0.005	19.59 ± 0.26	
12	ÇANDAĞ VOLKANİTLERİ (Çandağ volcanics)	2.737 ± 0.029	2.323 ± 0.018	1.236 ± 0.010	21.71 ± 0.29	
17	KULA BAZALT LARI (KULA BASALTS)	BURGAZ VOLKANİTLERİ (Burgaz volcanics)	2.495 ± 0.027	0.734 ± 0.007	0.304 ± 0.006	7.55 ± 0.11
18		ELEKÇİTEPE VOLKANİTLERİ (Elekçitepe volcanics)	3.005 ± 0.032	0.0035 ± 0.0006	0.1932 ± 0.0024	0.030 ± 0.005
19		DİVLİTTEPE VOLKANİTLERİ (Divlittepe volcanics)	3.020 ± 0.032	0.0029 ± 0.0007	0.1982 ± 0.0025	0.025 ± 0.006
22	SÖKE VOLKANİTLERİ (Söke volcanics)	2.605 ± 0.027	0.709 ± 0.021	12.06 ± 0.9	6.99 ± 0.22	

Çizelge 5. İnceleme alanındaki bazı volkanik kayaların K-Ar yöntemi ile bulunan yaşları.

Table 5. Ages which were determined by K-Ar method for some volcanic rocks in the investigated area

yonunda ise  $20,8 \pm 0,7$  ve  $20,3 \pm 0,6$  milyon yıllık sonuçlar elde etmiştir.

Çandağ volkanitlerinden iki örneğin radyometrik yaş belirlemesi (5 ve 12 numaralı örnekler) yapılmış olup, Bigadiç yakınından alınan örneğin  $19,59 \pm 0,26$  milyon yıl, Kepsut yakınından alınan örneğin ise  $21,71 \pm 0,29$  milyon yıl (Alt Miyosen) yaşlı olduğu saptanmıştır. Çandağ volkanitlerinin yaşı, bu bölgede daha önce inceleme yapan Ercan ve diğerleri (1984-d) tarafından Üst Miyosen olarak kabullenilmiş, ancak bu çalışma ile gerçek sonuca ulaşılmıştır.

Söke volkanitlerinden alınan örnekte yapılan radyometrik yaş belirlemesi ile  $6,99 \pm 0,22$  milyon yıllık (Üst Miyosen) bir değer bulunmuş ve bu yörede daha önce çalışan Ercan ve Günay (1981)'m düşündükleri gibi Üst Miyosen-Pliyosen değil, salt Üst Miyosen yaşlı oldukları saptanmıştır.

Kula bazaltlarından 3 örnekte radyometrik yaş belirlemesi yapılmış, en eski evre lavlarının (Burgaz volkanitleri)  $7,55 \pm 0,11$  milyon yıl (Üst Miyosen) yaşlı oldukları bulunmuştur. Ancak, daha önceki araştırmacılar (Borsi ve diğerleri, 1972) en eski evrenin 1,1 milyon yıl yaşlı olduklarını öne sürmüşlerdir. Çelişki gösteren bu veriler, Kula volkanitlerinde pek çok evrenin var olabileceğini, ayrıntılı arazi gözlemleri sonucu yeniden daha fazla radyometrik yaş tayininin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Borsi ve diğerleri (1972) nin saptadığı 1,1 milyon yıllık yaş olasılıkla en eski değil, ikinci evreye ait olmalıdır. Kula bazaltlarında saptanan  $25000 \pm 6000$  yıllık en genç yaş (Divlittepe volkanitleri) ise, insanlık tarihi için son derece önemli bir buluntu olan ve Dünyada salt 4 yerde gözlenen (Ozansoy, 1972; Ercan, 1985) ilkel insan ayak izlerinin yaşını meydana-

na çıkarmıştır. Zira Kula bazaltlarının son evresi olan Divlittepe volkanitlerinin tüflerinde, volkanizmanın aktif olduğu esnada o bölgede yaşayan ilkel insanlar çıplak ayakla yürümüşler ve bu izlerin üzerine gelen bazaltik lav ve cürüfler, onların zamanımıza değin korunmalarını sağlamışlardır. Ancak daha önce, Ozansoy (1972), bu izlerin yaklaşık 250.000 yıllık olduğunu öne sürmüştü.

Böylece, inceleme alanındaki volkanik kayaların bazılarında gerçekleştirilen radyometrik yaş belirlemeleri sonuçları ile, yaşları tam bilinmeyen bazı volkanitlerin yaş problemlerine açıklık getirilmiş, daha önceki araştırmacılarca düşünülen çeşitli hatalar da kısmen düzeltilmiş olmaktadır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İnceleme alanındaki tüm jeokimyasal çalışmalar göz önüne alındığında, Kula bazaltlarının (Divlittepe-Elekçitepe ve Burgaz volkanitleri) ve Denizli volkanitlerinin manto kökenli, diğer volkanitlerin ise kıtasal kabuk veya kabuksal özümleme içeren manto ürünleri olabilecekleri anlaşılmaktadır. Denizli volkanitleri Üst Miyosen, Kula volkanitleri Pliyosen-Kuvaterner, diğer volkanik kayalar (Eosen yaşlı Bağburun volkanitleri haricinde) Üst Oligosen-Pliyosen (çoğunlukla Miyosen) yaşta olduklarına göre. Batı Anadolu'da Eosenden bu yana üst kıtasal kabuğun kalınlaştığını, alttan itibaren bölümsel ergimelerle volkanik kayalar oluşturmaya başladığını, zaman geçtikçe üst mantodan alkali olivin bazaltik malzemenin geldiğini, yer yer bu iki farklı malzemenin karışık melez ürünler veren bir volkanizma oluşturduğunu ve son evrelere doğru giderek kıtasal kabuk etkilerinin azalarak manto kökenli bazaltik vol-

kanitlerin meydana geldiğini öne sürmek mümkündür. Batı Anadolu'daki kıtasal kabuk kalınlaşması, olasılıkla bu bölgede Üst Kretase'de Pontidlerle Anatolitler arasında meydana gelen ve kuzeye doğru olan dalma-batmayı (Şengör ve diğerleri, 1984) izleyen Eosen'deki çarpışma sonucu (Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Fytikas ve diğerleri, 1984) oluşmuştur. Ayrıca, Bingöl ve diğerleri, (1982) gibi bazı araştırmacılar ise, kabuğun sıkışarak kendi altında aşağı doğru dalması sonucu ortaya çıkan ve kuzeye doğru eğimli olan ters fayların da bu kabuğu kalınlaştırabileceğini öne sürerler. Daha sonra ise, Doğu Anadolu'da Arap-Anadolu plakalarının da çarpışmaları sonucu etkin olan sıkışma tektoniğinin ilerki aşamalarında, olasılıkla Anadolu plakasının Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu transform fayları boyunca batıya doğru hareketi Miyosen'den itibaren başlamıştır. Marmara bölgesinde, Saros körfezi batısında, Kuzey Anadolu transform fayının GB-KD doğrultulu Yunan makaslama zonuna dönüşmesi (Şengör, 1980), Anadolu plakasının batıya hareketine engel olduğundan tüm Ege ve Batı Anadolu'da bu kez, öncekinin aksine D-B yönlü bir sıkışma tektoniği etkin olmuş ve bu D-B yönlü sıkışmanın, K-G yönlü bir gerilme ile karşılanması sonucu Ege graben sistemi meydana gelmiştir. İnceleme alanında Pliyosen'den itibaren oluşan manto kökenli alkali bazaltik volkanitler ise, Miyosen'den bu yana Batı Anadolu'da gelişmeye başlayan grabenleşmeden (Dewey ve Şengör, 1979) yararlanarak yeryüzüne ulaşmışlardır. Sonuç olarak, Batı Anadolu, kuzeyde Üst Kretasede meydana gelip, Eosen sonunda kapanmış bir yitim zonu ile, daha güneyde yer alan, Girit adası yakınındaki günümüz etkin yitim zonu arasında bir kıtasallaşma sürecinde riftleşmeler ve blok faylanmalarla birlikte, kalınlaşan kıtasal kabuğun altta ergimesi ve manto diyapirizminin etkin rolü ile oluşan volkanik kayaçlarla kaplanmıştır. İnceleme alanındaki Eosen yaşlı Bağburun formasyonu volkanitleri ise kuzeydeki eski yitim zonunun ürünü ve fosil bir yay sisteminin kanıtıdır. (Ercan ve diğerleri, 1984-a).

İnceleme alanında ve yakın çevresinde yersel çalışmalar yapan diğer araştırmacılar da bu araştırma ile elde edilen benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Örneğin Innocenti ve diğerleri (1977), Ayvalık-Bergama çevresinde ve komşu Midilli adasındaki volkanitlerde jeokimyasal çalışmalar yaparak, bu çalışmada saptanan nadir toprak elementlerinin (REE) yanısıra Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu gibi diğer nadir toprak elementlerin kapsamalarını da araştırmış ve bölgedeki kalkalkalen volkanitlerin, nadir toprak element içeriklerine göre And tipi kıta kenarı volkanitleri ile özdeş tutulabileceğini, örneklerin önemli derecede negatif Eu anomalisi gösterdiklerini, SiO<sub>2</sub> kapsamaları arttıkça La/Yb oranlarının da arttığını, volkanitlerin kabuksal kökenli olduklarını, alkali bazaltik volkanitlerin ise çeşitli evrelerde ilksel manto kökenli bir magmadan türediklerini belirtmişlerdir. Innocenti ve diğerleri (1982-b), Dikili-Bergama çevresindeki kalkalkalen nitelikli volkanik kayaçların, orojenik toplulukların tipik ayırdedici (kıtasal volkanitler) karakteristiklerine sahip olduklarını, yer yer de şoşonitik özellikler taşıdıklarını belirtmişlerdir. Pe-Piper (1980), Dikili-Ayvalık volkanitleriyle eş kökenli Midilli adasında, yüksek potasyumlu kalkalkalen lavlarla birlikte yer yer de şoşonitik nitelikte lavların da bulunduğunu, bunların iki evrede oluştuğunu belirterek oluşumlarını manto diyapirlerine ve derindeki magma odalarındaki fraksiyonel krista-

lizasyona bağlamaktadır. Fytikas ve diğerleri (1980 ve 1984) bölgedeki volkanizmayı, Eosen-Oligosen'de genel anlamda Afrika-Avrupa kıtalarının çarpışmasına bağlamakta ve gözlenen şoşonitik nitelikteki volkanitlerin, kalkalkalen nitelikteki birimlerle yersel ve zamansal geçişli olmalarına karşın, esas olarak kıtasal çarpışmayı izleyen ve giderek zayıflayan kalkalkalen volkanizmanın son aşamalarında oluştuğunu öne sürmektedirler.

Böylece, tektonizma bakımından son derece karmaşık bir bölge olan Ege bölgesinde oluşan volkanik kayaçlarda, daha da ayrıntılı jeokimyasal çalışmaların, Sr izotop oranı ve radyometrik yaş belirlemeleri yapılmasının gereği ortaya çıkmaktadır.

#### KATKI BELİRTME

Yazarlar, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdları Dairesi, İzmir 9 Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne ortak olarak yürütülen bu araştırmanın değişik aşamalarında çeşitli yardımlarını gördükleri, Dr. Necdet Özgül, Prof. Dr. Önder Öztunalı, Doç. Dr. Yılmaz Savaşçın, Doç. Dr. Yücel Yılmaz, Özer Ölçer ve Ali Dinçel'e; şekillerin çizimini yapan MTA Ege Bölge Müdürlüğü ressamlarından M. Rıfat Gümüşel'e ve metni daktilo eden Bedriye Türkbileği'ne teşekkür ederler.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Abbott, M.S., 1969, Petrology of the Nandewar volcano, New South Wales, Australia: Contrib. Mineral. Petr., 20, 115-134.
- Akyürek, B., ve Soysal, Y., 1982, Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe - Kırkağaç - Bergama - Ayvalık) temel jeoloji özellikleri: MTA Derg., 95/96, 1-12.
- Barton, M., Salters, V.J.M., ve Huijsmans, J.P.P., 1983, Sr isotope and trace element evidence for the role of Continental crust in calc-alkaline volcanism on Santorini Milos, Aegean Sea, Greece: Earth. Planet. Sci. Lett., 63, 273-291.
- Bingöl, E., Delaloye, M., ve Ataman, G., 1982, Granitic intrusion in Western Anatolia; a contribution to the geodynamic study of this area: Ecol. Geol. Helv., 75/2, 437446.
- Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F. ve Mazzuoli, R., 1972, Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean sea: Bull. Volcan., 36/1, 473496.
- Briqueu, L., Lancelot, J.R., Tatsumoto, M., Coffran, D. ve Vilminot, J.C., 1982, Sr, Nd and Hf isotopic constraints on magma genesis in the Aegean island arc; The Geological evolution of the Eastern Mediterranean Congress, Abstract Book, 18.
- Briqueu, L., ve Lancelot, J.R., 1984, A geochemical study of Nea-Kameni hyalodacites (Santorini volcano, Aegean island arc); inferences concerning the origin and effects of solfataras and magmatic evaluation: Jour. of Volcan. Geoth. Res., 20, 41-54.
- Cox, K.G., Bell, J.D., ve Pankhurst, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks: George Allen and Unwin Ltd., Londra, 450 s.
- Dewey, J.F., ve Şengör, A.M.C., 1979, Aegean and surrounding regions; complex multi-plate and continuum

- tectonics in a convergent zone: Geol. Soc. Amer. Bull., 90, 84-92.
- Dora, Ö., ve Savaşçın, Y., 1982, Alibey-Maden adaları (Ayvalık) bölgesi magmatizması: Tübitak 7. Bilim Kongresi Yerbilimleri Sektörüne Tebliğler Kitabı, 11-83.
- Engel, A.E.J., Engel, C.G., ve Havens, R.G., 1964, Chemical characteristics of oceanic basalts and the upper mantle: Bull. Geol. Soc. Amer., 76, 719-733.
- Ercan, T., 1979, Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması: Jeoloji Mühendisliği Derg., 9, 2346.
- Ercan, T., Dinçel, A., ve Günay, E., 1979, Uşak volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından Ege bölgesindeki yeri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 22/2, 185-198.
- Ercan, T., 1980, Akdeniz ve Ege denizindeki Pliyo-Kuvaterner ada yayı volkanizması: Jeomorfoloji Derg., 9, 37-59.
- Ercan, T., 1981, Batı Anadolu Tersiyer volkanitleri ve Bodrum yarımadasındaki volkanizmanın durumu: İstanbul Yerbilimleri Derg., 2/34, 263-281.
- Ercan, T., ve Günay, E., 1981, Söke yöresindeki Tersiyer volkanizması ve bölgesel yayılımı: Jeomorfoloji Derg., 10, 117-137.
- Ercan, T., 1982, Kula yöresinin jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi: İstanbul Yerbilimleri Derg., 3, 77-124.
- Ercan, T., ve Öztunah, Ö., 1982, Kula volkanizmasının özellikleri ve içerdiği «Base surge» tabakalanma şekilleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 25/2, 117-126.
- Ercan, T., 1983-a, Gördes volkanitlerinin (Manisa) petrolojisi ve kökensel yorumu: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26/1, 4148.
- Ercan, T., 1983-b, Volkanlar, oluşumları ve Ege denizinde günümüzdeki etkinlikleri: Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, 183, 27-31.
- Ercan, T., Günay, E., ve Baş, H., 1983-a, Denizli volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından bölgesel yorumu: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 26/2, 153-160.
- Ercan, T., Türkecan, A., Dinçel, A., ve Günay, E., 1983-b, Kula-Selendi (Manisa) dolaylarının jeolojisi: Jeoloji Mühendisliği Derg. 17, 3-28.
- Ercan, T., ve Günay, E., 1984, Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligo-Miyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilmesi: Türkiye Jeoloji Kurultayı, 1984 Bülteni (Baskıda)
- Ercan, T., Günay, E., ve Türkecan, A., 1984-a, Edremit-Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi, magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 27/1, 21-30.
- Ercan, T., Günay, E., Savaşçın, Y., 1984-b, Simav ve çevresindeki Senozoyik yaşlı volkanizmanın bölgesel yorumlanması: MTA Derg., 97/98, 86-101.
- Ercan, T., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M., Türkecan, A., Can, B., ve Erkan, M., 1984-c, Dikili-Çandarlı-Bergama (İzmir) ve Ayvalık-Edremit Korucu (Balıkesir) yörelerinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi: MTA Rapor No: 7601 (Yayınlanmamış)
- Ercan, T., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M., Küçükayman, A., Can, B., ve Erkan, M., 1984-d, Bigadiç çevresinin (Balıkesir) jeolojisi magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu: MTA Rapor No: 7600 (Yayınlanmamış).
- Ercan, T., Günay, E., Akyürek, B., Günay, E., Çevikbaş, A., Ateş, M., Can, B., Erkan, M., ve Özkirişçi, C., 1984-e, Dikili-Bergama-Çandarlı (Batı Anadolu) yöresinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi: Jeoloji Mühendisliği Derg., 20, 47-60.
- Ercan, T., 1985, İlk insanın Anadolu'daki ayak izleri: Tübitak Bilim ve Teknik Derg., 207, 1-2
- Ercan, T., Çevikbaş, A., Günay, E., Ateş, M., Can, B., ve Küçükayman, A., 1985-a, Bigadiç çevresindeki (Balıkesir) magmatik kayaların petrolojisi ve evrimi: Jeomorfoloji Derg., 13, 57-69.
- Ercan, T., Türkecan, A., Can, B., Günay, E., Çevikbaş, A., ve Ateş, M., 1985-b, Batı Anadolu'da Manisa - Balıkesir arasındaki Tersiyer yaşlı yalancı bazaltların özellikleri: Jeoloji Mühendisliği Derg. (Baskıda)
- Ercan, T., Akat, U., Günay, E., ve Savaşçın, Y., 1985-c, Söke-Selçuk-Kuşadası çevresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrokimyasal özellikleri: MTA Derg. (Baskıda)
- Evart, A., ve Stipp, J.J., 1968, Petrogenesis of the volcanic rocks of the central islands, New Zealand: Geochim. Cosmochim. Acta, 32, 699-735.
- Faure, G. ve Powell, J.L., 1972, Strontium isotope geology: Berlin, Springer Verlag, 188 s.
- Floyd, P.A., ve Winchester, J.A., 1975, Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements: Earth. Planet. Sci. Lett., 27, 211-218.
- Frey, F.A., Haskin, M.A., Poetz, J.A., ve Haskin, L.A., 1968, Rare earth abundances in some basic rocks: Jour. Geophys. Res., 73, 6085-6097.
- Fytikas, M., Innocenti F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. ve Villari, L., 1984, Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegean region: «The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean» da: Dixon, J.E., ed., 687-699.
- Fytikas, M., Giuliani, O., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A., ve Villari, L., 1980, Neogene volcanism of the Northern and central Aegean region: Ann. Geol. Pays. Hellen., 30, 106-129.
- Gale, N.H., 1981, Mediterranean obsidian source characterisation by strontium isotope analyses: Archeometry, 23, 41-51.
- Gerasimovskiy, V., I., 1978, Geochemistry of alkali basalts: Geochemistry international, 15/2, 19-27.
- Gledhill, A., ve Baker, P.A., 1973, Strontium isotope ratios in volcanic rocks from the south Sandwich islands: Earth Planet. Sci. Lett., 19, 369-372.
- Irvine, T.N., ve Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Can. Jour. Earth. Scien., 8, 523-548.
- Innocenti, F., ve Mazzuoli, R., 1972, Petrology of İzmir-Karaburun volcanic area (West Turkey): Bull. Volcan., 36, 1-22
- Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A., ve Poli, G., 1977, REE distribution in Tertiary and Quaternary volcanic rocks from central and Western Anatolia: 6. Ege ülkeleri Kollokyümü Tebliğler Kitabı, İzmir (Baskıda)

- Innocenti, F., Kolios, N., Manetti, P., Rita, F., ve Villari, L., 1982-a, Acid and basic late Neogene volcanism in central Aegean sea; its nature and geotectonic significance: *Bull. Volcan.*, 45/2, 87-97.
- Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Pasquare, G., ve Villari, L., 1982-b, Neogene and Quaternary volcanism in Anatolia and NW Iran: «Orogenic Andesites», de; John Wiley, Newyork, 327-349.
- Kastelli, M., 1971, Denizli vilayeti güneyinin jeoloji incelemesi ve jeotermal enerji olanakları: MTA Rapor No: 5199 (yayınlanmamış).
- Kay, R., Hubbard., N.J., ve Gast, P.W., 1970, Chemical characteristics and origin of oceanic ridge volcanic rocks: *Jour. Geophys. Res.*, 75,1585-1611.
- Kistler, R.W., Evernden, J.F., ve Shaw, R.H., 1971, Sierra Nevada Plutonics cycle: Part I., Origin of composite granitic batholits: *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 82, 853-868.
- Krushensky, R.D., 1976, Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey: *Bulletin Volcanologique*, 40, 336-360.
- Kuno, H., 1960, High-alumina basalts; *Journal of Petrology*, 17/4, 589-637.
- Le Maitre, R.W., 1976, The chemical variability of some common igneous rocks: *Journal of Petrology*, 17/4, 589-637.
- Macdonald, G.A., ve Katsura, J., 1964, Chemical composition of Hawaiian Lavas: *Journal of Petrology*, 5, 82-133
- Mc. Nutt, R.H., Crockett, J.H., Clark, A.H., Caelles, J.C., Farrar, E., Haynes, S.J., ve Zentili, M., 1975, initial 87 Sr/86 Sr ratios of plutonic and volcanic rocks of the central Andes between latitudes 26° and 29°S: *Earth. Planet. Sci. Lett.* 21, 223-249.
- Middlemost, E.A.K., 1975, The basalts clan: *Earth Sci. Rev.*, 11, 337-364
- Moorbath, S., 1978, Age and isotope evidence for the evolution of continental crust: *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A 288, 401-413.
- Ozansoy, F., 1972, Türkiye Pleystosen fosil insan ayak izleri: *MTA Derg.*, 72, 204-208.
- Papanastassiou, D.A., ve Wasserburg, G.Z., 1969, The determination of small time differences in the formation of planetary objects: *Earth. Planet. Sci. Lett.* 5, 361-376.
- Pe, G.G., 1975, Strontium isotope ratios in volcanic rocks from the North-Western part of the Hellenic arc: *Chemical Geology*, 11, 345-367.
- Pe, G.G., ve Gledhill, 1975, Strontium isotope ratios in volcanic rocks from the south-eastern part of the Hellenic arc: *Lithos*, 8, 209-214.
- Pe-Piper, G., 1980, Geochemistry of Miocene shoshonites Lesbos, Greece: *Contrib. Mineral. Petrol.*, 72, 387-396.
- Pearce, J.A., Cann, J.R., 1973, Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses: *Earth. Planet. Sci. Lett.* 19, 290-300.
- Peckett, A., 1969, The Dodecanese (A chemical study): Ph. D. thesis, Cambridge Univ., England. (Yayınlanmamış)
- Pichler, H., ve Zeil, W., 1972, The Cenozoic rhyolite-andesite association of the Chilean Andes: *Bull. Volcan.*, 35, 424-452.
- Puchelt, H., ve Hoefs, J., 1971, Preliminary geochemical and Strontium isotope investigations of Santorini rocks: *Acta inter. Scien. Congress on the volcano of Thera Proceeding Book.*, 318-327, Atina.
- Pushkar, P., 1968, Strontium isotope ratios in volcanic rocks of three island arc areas: *Jour. Geophys. Res.*, 73, 2701-2714.
- Savaşçın, Y., 1982, Batı Anadolu Neojen magmatizmasının yapısal ve petrografik öğeleri: «Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması»nda: *Türkiye Jeol. Kur. Yayını*, 22-38.
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: *Türkiye Jeol. Kur. Yayını.*, 40 s, Ankara.
- Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey; a plate tectonic approach: *Tectonophysics* 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Satır, M., ve Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes massif. Western Turkey; implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey: *Tectonics*, 3/7, 693-707.
- Taylor, S.R., ve McLennan, S.M., 1981, The composition and evolution of the continental crust; rare earth element evidence from sedimentary rocks: *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A* 301,381-399.
- Tokel, S., 1984, Yeryuvarının yapısı ve bileşimi: «Jeokimya-Temel Kavramlar ve İlkeler»de: *Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Eğitim Dizisi*, 207-238.
- Wedepohl, K.H., Correns, C.W., Shaw, D.M., Turekian, K. K., Zemann, J., 1974, *Handbook of Geochemistry*: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Wedepohl, K.H., 1975, The contribution of chemical data to assumptions about the origin of magmas from the mantle: *Fortschr. Miner.*, 52/2, 141-172.
- Whitehead, R.E.S. ve Goodfellow, W.D., 1978, *Geochemistry of volcanic rocks from the Tetagouche group, Bathurst, New Brunswick, Canada*: *Can. Jour. Earth. Sci.* 15, 207-219.
- Yılmaz, İ., 1977, Bigadiç bölgesi bazaltik volkanizmasının mutlak yaşı: *Tübitak Doğa Bilim Dergisi*, 1/6, 210-212
- Yılmaz, H., 1977, Beğenler, Geçtin köylerinin kuzeybatı yöresi (Gördes) stratigrafik, tektonik ve petrografik incelenmesi. *Ege Üniv. Fen Fakültesi Derg.*, A, 1-2, 143-169.
- Yüksel, V., 1971, Söke-Germencik bölgesinin jeolojisi ve jeotermik enerji olanakları: MTA Rap. No: 4677 (yayınlanmamış).
- Zakariadze, G.S., Lordkipanidze, M.B., ve Popolitov, E.I., 1978, Geochemical evolution of volcanism in the Black sea-Adahar-Trialet Paleorift: *Geochem int.*, 15/3,111-120.
- Zanettin, B., 1984, Proposed new chemical classification of volcanic rocks: *Episodes*, 7/4, 19-20

Yazının Geliş Tarihi : 11.5.1985

Düzeltilmiş Yazının Geliş Tarihi : 17.10.1985

Yayına Verildiği Tarih : 1.11.1985