

Ceyhan - Osmaniye Yöresindeki Kuvaterner Bazaltların Petrolojisi

Petrology of the Quaternary basalts of Ceyhan - Osmaniye area

A. Zafer BİLGİN Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara
Tuncay ERCAN Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

ÖZ : Ceyhan-Osmaniye-Yumurtalık ve Haruniye yörelerinde geniş bir alanda yüzlekler veren Kuvaterner yaşlı volkanitlerin petrolojik inceleme sonuçları verilerek plaka tektoniği açısından kökensel yorumlarına gidilmiştir. Petrografik araştırmalarla esas olarak plajiyoklas, olivin ve ojit fenokristallerinden ve eş bileşimde hamur maddesinden oluştuğu saptanan bu bazaltik lavların, petrokimyasal araştırmalarla da hafif alkalin bir özellik gösteren toleyitik nitelikli plato bazaltları olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma alanının, ülkemizin plaka tektoniği açısından son derece ilginç bir bölgesi olması ve son yıllarda volkanik kayaların plaka tektoniğine ilişkin bölgesel çalışmalara olan katkısı göz önüne alınarak, bazaltik lavlarda ayrıntılı petrokimyasal çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca bölgedeki salt Senozoyik yaşlı çökel kaya birilerine de kısaca değinilmiştir.

ABSTRACT : Quaternary volcanic rocks widespread in Ceyhan, Osmaniye, Yumurtalık and Haruniye regions are investigated petrologically to interpret the type of crust from which they originated. The rocks are composed mainly of plagioclase, augite and olivine phenocrysts and groundmass of similar bulk chemistry. They are plateau basalts of tholeiitic character with a weak alkaline affinity. The area lies in a critical region from the point of view of plate tectonics. Thus, detailed petrochemical work has been carried out; as a result of attachment of great importance of geochemistry of volcanic rocks to lead to plate tectonic interpretations. Sedimentary rocks of Cenozoic age are also briefly described.

GİRİŞ

Bu araştırma, M.T.A. Enstitüsü Jeoloji Dairesi projelerinden olan "Misis Projesi" yürütülürken, bölgede yer alan Kuvaterner yaşlı, bazaltik volkanizmanın daha ayrıntılı olarak araştırılmasının uygun görülmesi sonucu ayrı bir çalışma olarak yapılmıştır. Sahadaki Senozoyik yaşlı kaya birimlerine ilişkin veriler, yazarların çalışmalarının yanı sıra bölgede, jeoloji haritalarının yapımında, bulunan MTA Jeoloji dairesinden Emin Elibol, Z. Rıfka Bilgin ve Süleyman Beğenilmişin çalışmalarından da alınmıştır.

İnceleme alanı, Güneyde İskenderun körfezi ve Kuzeyde ise Ceyhan nehrinin dirsek yaptığı kısım arasında olup, aşağı yukarı KD - GB yönlü bir doğrultu boyunca bu alanda genç bir bazaltik volkanizma yüzlekler vermektedir. Çalışma alanındaki tüm kaya birimlerini örten bu plato bazaltları Kuvaterner yaşlıdır. Bölgedeki Senozoyik yaşlı kaya birimlerine kısaca değinecek olursak; en altta Üst Lütesiyen - Alt Miyosen (Akitanien) yaşlı, Andırın formasyonu olarak adlanan bir karmaşık yer almaktadır. Karmaşığın matriksi fliş olup, kumtaşı, marn-kumlu kireçtaşı aralanmalarından meydana gelen fliş, yer yer olistostromal nitelik göstermekte ve irili ufaklı olistolitler kapsamaktadır.

"Karmaşık" teriminin kullanılmasının nedeni, büyük ve çok büyük kireçtaşı bloklarının ofiyolitik malzeme ile birlikte bu fliş havzasına gelmesi ve bu karışığın oldukça geniş yayılımından dolayı esas havza ürünü flişin çok az gözlenmesidir. Oldukça duraysız dar bir havza ürünü olan bu formasyon güneybatıya doğru izlendiğinde, kendisinden daha genç olan Alt-Orta Miyosen yaşlı başka bir fliş içinde alloktan olarak görülmektedir. Çalışma alanında daha çok Misis dağları çevresinde izlenen Alt Miyosen (Burdigaliyen) . Orta Miyosen yaşlı ikinci fliş, kumtaşı - çamurtaşı, kumlu kireçtaşı - konglomera aralanmaları ve olistostromal düzeyler kapsar. Çeşitli yaş ve büyüklüklerde olistolitler ve daha yaşlı Andırın formasyonuna ait büyük alloktan kütleleri içeren bu formasyon Karataş formasyonu olarak adlanmıştır. Bu birimlerden ayrı olarak Kızıldere formasyonu olarak tanımlanan ve konglomera ve resifal kireçtaşları ile başlayıp kumtaşı-marn aralanmasından oluşan Üst Miyosen (Helvesiyen-Tortonien) yaşlı bir formasyon izlenmektedir. Karataş ve Kızıldere formasyonları arasında bazalt yüzlekleri boyunca devam eden büyük bir kırık hattı sahada izlenmektedir. Daha üstte Kadiri formasyonu olarak adlanan, gösel ortamda oluşmuş yatay çamurtaşı ve konglomera aralanmaları sunan Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı bir formasyon yer alır. En üstte Hamiş formasyonu olarak adlanan Pliyo-Kuvaterner yaşlı tutturulmamış konglomeralar izlenir. Bazaltik lavlar tüm bu Senozoyik yaşlı kaya birimlerini örtmektedir.

BAZALTLARIN DAĞILIMI

Çalışma alanındaki Kuvaterner yaşlı bazaltlar, yaklaşık KD - GB yönlü bir doğrultu boyunca lekeler şeklinde yüzeylenmektedir (Şekil 1). En geniş yüzeylemeyi Delihalil Tepe dolayında vermekte olup, Delihalil Tepe ana volkan bacası olmak üzere etrafında birkaç parazit koni yozlenmiştir. Delihalil bazaltı olarak adlanan bu bazaltlar, ayrıca üç tepede de tekçe bir volkan konisi oluşturmuş olup, diğer yüzleklerini koni kapsamayan akıntılar şeklinde sunarlar. Plato bazaltı şeklinde tüm diğer formasyonların üzerinde yer almaktadır. Delihalil tepe, bir koniler topluluğu halindedir. Esas baca ola-

bilecek 2-3 büyük bacayı yine birkaç parazit baca kesmiştir.

Volkan konilerini genelde bazaltik cürufur oluşturmaktadır. Bazaltik yüzleklerin en güney sınırı olan Arnavut tepe ve Hayıtlı tepe'de, lav akıntılarının altında yatay katmanlı tüfler yer alırlar. Pembe renkli, çok gevşek olan bu tüfler, bazaltik lavların öncüleridir. Üç tepe konisi de, Delihalil tepe gibi bazaltik cüruf ve piroklastiklerden oluşmuştur. Karataştepe ve Küçükger tepe dolaylarında, bazaltik lavlar, Pliyo - Kuvaterner yaşlı konglomeralar üzerinde akıntılar şeklinde izlenirler. Düdenbaşı tepe çevresinde de lavlar, geniş Haruniye ovası düzlüğünde akmış olup altlarında yine Pliyo-Kuvaterner konglomeralar bulunmaktadır.

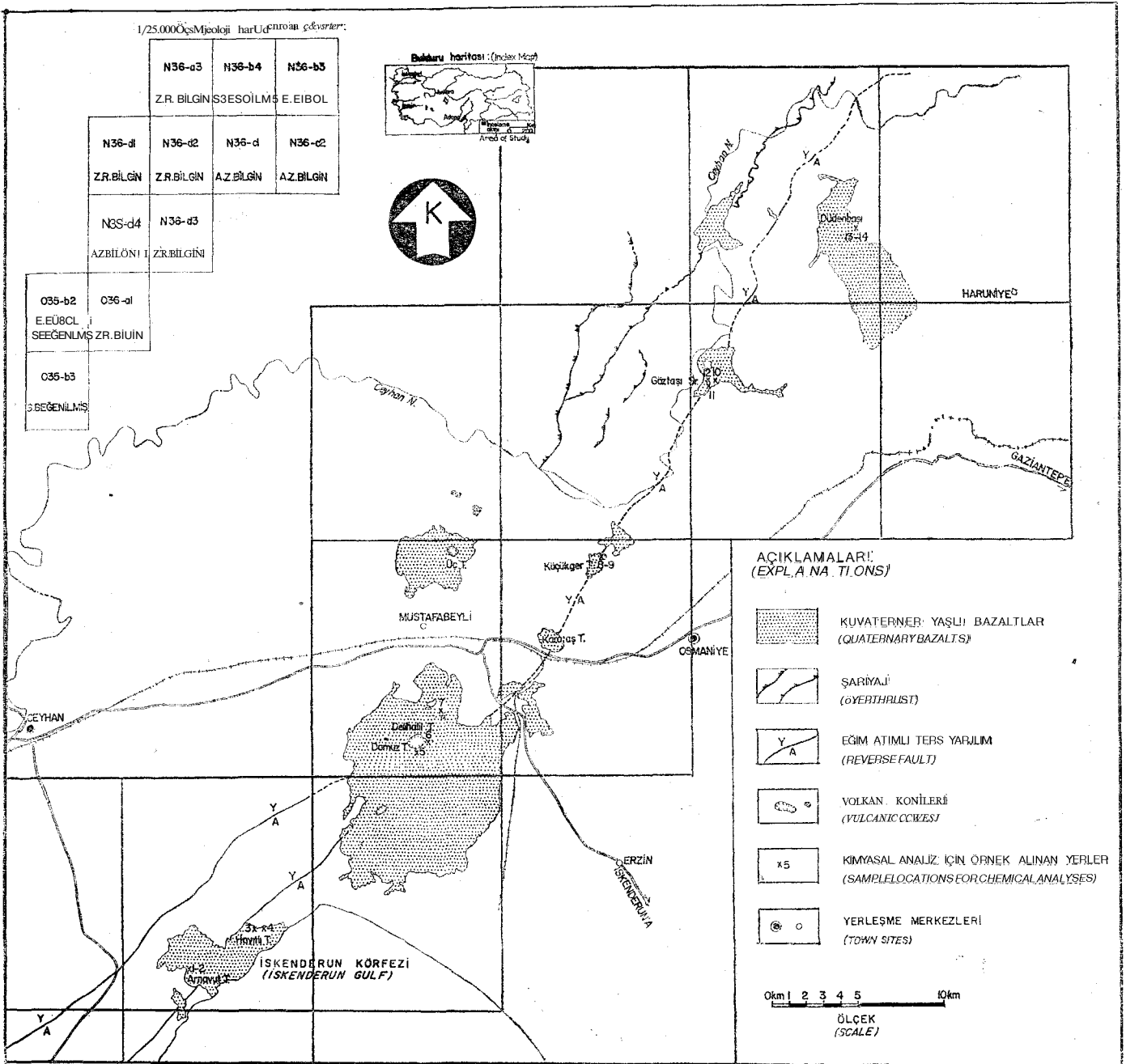
BAZALTLARIN PETROGRAFİSİ

Lavlardan alınan çok sayıda örneklerden yapılan ince kesitlerin incelenmeleri sonucu; genellikle intergranüler porfirik dokuda ve ofitik (engellemeli) dokuda olup, bol ölçüde soğuma gaz boşlukları içerdikleri göze çarpmaktadır. Fenokristaller, plajiyoklas, olivin ve titanlı ojittir. Plajiyoklas fenokristalleri çoğunlukla labrador, yer yer de andezin bileşiminde olup Anortit yüzdeleri genellikle %45-55 arasındadır. Plajiyoklaslardaki Anortit yüzdeleri ölçümleri kırılma indislerine ve sönme açılarına dayanılarak yapılmıştır. Olivin fenokristalleri genellikle iddingsitlemiş olup örneğe göre değişen (%10, %15, %20) miktardadırlar. Titanlı ojit ve ojit fenokristalleri ise daha az miktardadır. Hamur maddesi ise titanlı ojit, ojit ve az olivin mikrotaneleri ile plajiyoklas mikrolitlerinden oluşmuş olup, düzensiz boşluklar izlenmiştir. Plajiyoklas mikrolitleri de, fenokristallerde olduğu gibi genellikle labrador, yer yer Andezin türde olup Anortit %50 civarındadır. Hamurda ayrıca mikro oluşumlar halinde opak mineral ve çok az da kalsit gözlenmiştir. Opak mineraller yer yer demirlidir. Ender olarak da ojit ve olivin fenokristalleri içinde inklüzyonlar halinde biyotitler saptanmıştır. Petrografik incelemeler sonucu lavların bazalt oldukları belirlenmektedir.

BAZALTLARIN PETROKİMYASI

Lavların çeşitli yüzleklerinden alınan 14 örneğin majör element kimyasal analizleri, MTA Enstitüsü labratuvarlarında yapılmış ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Örnek alınan yerler Şekil 1'de, majör element kimyasal analiz sonuçları ve diyagramlarda kullanılacak çeşitli parametreleri ise Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede ayrıca, örneklerin Rittmann (1952) parametreleri (Al, Alk, FM, k, an, P)'de sunulmuş ve bu parametreler kullanılarak örneklerin Rittmann'a göre adlamaları yapılmıştır. Çizelge 1'de görülebileceği gibi, örnekler "Olivin Andezin Bazalt" "Olivin Bazalt" - "Andezin Bazalt" - "Nefelin Bazalt" olarak adlandırılmışlardır.

Örnekler %43.15 - % 49.30 arasında değişen ölçüde SiO₂ içerirler. Al₂O₃ miktarı %13.30 - 16.50 arasındadır. Fe₂O₃, %2.20 - %7.60; FeO ise %4.46 - 10.32 arasında değişkendir. MgO, %6.00 - % 12.00; CaO %7.85 - %9.90 arasında değişik değerler gösterirler. Na₂O miktarı %2.60 - %3.50; K₂O ise %0.45 - %1.65 arasında olup, potasyum içerikleri çok düşüktür. TiO₂, %1.66 - %2.98 arasında değerler verir. MnO değerleri ise %0.16 - %0.20 arasındadır. Lavların Na₂O + K₂O ve SiO₂ içeriklerine göre sınıflandırmaları yapıldığında 6-7-8-9 ve 10 numaralı beş örneğin alkalın, 1-2-3-4-5-11-12-13-14 numaralı diğer dokuz örneğin subalkalin oldukları Irvine ve Baragar



Şekil 1: Ceyhan-Osmaniye yöresindeki Kuvaterner bazaltların dağılımı

Figure I: Distribution of the Quarternary Basalts of Ceyhan-Osmaniye area

(1971) ayırım hattı göz önüne alındığında) belirlenmektedir (Şekil 2).

Diğer taraftan Rittmann (1962) diyagramında da aynı sonuçlar alınmakta olup, 6-7-8-9-10 numaralı örneklerin Rittmann indislerinin, 4 ten büyük oldukları (7,53; 129,00; 14,85; 26,01 ve 18,32) saptanmıştır ve bu örnekler alkalin kesime düşerler. Diğer dokuz örneğin Rittmann indisleri ise 4 ten küçüktür ve subalkalindirler.

Çizelge I'de de görülebileceği gibi, bu dokuz örneğin Rittmann indisleri 2,83; 2,08; 2,75; 2,57; 2,30; 2,38; 2,20; 2,59 ve 2,49 olarak hesaplanmıştır. Bilindiği gibi, 6 4 için lavların alkali 5 4 için ise subalkalin oldukları, Rittmann (1962) tara-

findan önerilmiştir. Ayrıca SiO_2 ve An değerlerine göre düzenlenen daha başka bir Fittmann diyagramında da yine 5 örneğin alkalin diğer 9 örneğin ise subalkalin oldukları belirlenmektedir (Şekil 3).

Öte yandan, SiO_2 ve LogO değerlerine göre düzenlenen Wright (1969) diyagramı (Şekil 4) ile de yine aynı 5 örneğin alkalin, diğer 9 örneğin ise subalkalin (kalkalkalin ve toleyitik) oldukları kanıtlanmaktadır.

Lavların, SiO_2 , Al_2O_3 ve $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ içerikleri göz önüne alınarak Kuno (1960) tarafından önerilen sınıflandırmaları yapılacak olursa (Şekil 5) genelde alkalin, yer yer de

ÖRNEK NO VE ALINDIĞI YER	AD 1 ADANA HARUNİYE DÜDENBAŞI MAH.	AD 2 ADANA HARUNİYE DÜDENBAŞI MAH.	AD 3 ADANA HARUNİYE KARAGEDİK MAH.	AD 4 ADANA HARUNİYE KARAGEDİK MAH.	AD 5 ADANA HARUNİYE KARAGEDİK MAH.	AD 6 ADANA OSMANİYE TOPRAKKALE	AD 7 ADANA OSMANİYE TOPRAKKALE	AD 8 ADANA OSMANİYE TOPRAKKALE	AD 9 ADANA OSMANİYE TOPRAKKALE	AD 10 ADANA CEYHAN TOPRAKKALE	AD 11 ADANA CEYHAN AKPINAR	AD 12 ADANA CEYHAN AKPINAR	AD 13 ADANA CEYHAN GÖLOVAŞI	AD 14 ADANA CEYHAN GÖLOVAŞI
SiO ₂	47.65	47.75	48.10	48.60	49.30	45.40	43.15	45.00	44.00	45.20	48.00	47.80	48.00	48.05
Al ₂ O ₃	15.30	15.75	16.50	16.40	15.47	13.30	14.60	14.50	14.80	16.25	16.35	15.50	16.25	15.10
Fe ₂ O ₃	5.84	5.74	4.19	4.46	5.55	3.22	5.09	4.32	2.20	3.48	7.60	6.78	3.94	3.32
FeO	6.22	5.69	7.49	7.34	6.16	9.22	8.35	7.96	10.32	7.32	4.46	5.47	7.99	8.14
MgO	8.00	8.00	7.00	6.00	6.00	11.00	12.00	9.00	9.00	8.00	7.00	8.00	8.00	8.00
CaO	9.32	9.27	9.90	9.80	9.39	8.20	8.50	8.36	8.55	7.85	9.15	9.00	9.25	9.00
Na ₂ O	2.95	2.60	3.05	3.10	3.06	3.60	3.00	3.80	3.60	4.90	3.00	2.80	2.95	2.90
K ₂ O	0.68	0.55	0.70	0.70	0.75	0.65	1.40	1.65	1.50	1.45	0.45	0.45	0.65	0.65
TiO ₂	2.04	1.95	2.13	2.32	2.35	2.38	2.38	2.98	2.58	2.45	1.66	1.65	1.77	1.77
P ₂ O ₅	0.35	0.37	0.38	0.44	0.35	0.97	0.80	0.78	0.86	0.72	0.28	0.31	0.44	0.39
MnO	0.19	0.17	0.17	0.17	0.17	0.19	0.18	0.19	0.20	0.20	0.16	0.17	0.19	0.17
CO ₂	0.17	0.47	0.23	0.23	0.20	0.20	0.27	0.08	0.20	0.23	0.42	0.32	0.27	0.20
λ	0.60	0.58	0.62	0.66	0.66	0.53	0.52	0.57	0.58	0.57	0.63	0.60	0.59	0.58
γ	20.72	20.06	20.13	19.70	19.40	22.04	23.69	20.96	21.29	18.72	20.13	20.75	20.55	19.96
φ	1.34	1.29	1.33	1.34	1.36	1.49	1.47	1.62	1.56	1.71	1.31	1.30	1.33	1.34
Log φ	0.13	0.11	0.12	0.12	0.13	0.17	0.17	0.21	0.19	0.23	0.12	0.11	0.12	0.13
δ	2.83	2.08	2.75	2.57	2.30	7.53	129.00	14.85	26.01	18.32	2.38	2.20	2.59	2.49
ζ	6.05	6.74	6.31	5.73	5.28	4.07	4.87	3.59	4.34	4.63	8.04	7.69	7.51	6.89
Log δ	0.45	0.32	0.44	0.41	0.36	0.87	2.11	1.17	1.41	1.26	0.37	0.34	0.41	0.39
Log ζ	0.78	0.83	0.80	0.76	0.72	0.61	0.68	0.55	0.63	0.66	0.90	0.88	0.87	0.84
K ₂ O/Na ₂ O	0.23	0.21	0.22	0.22	0.24	0.18	0.46	0.43	0.41	0.29	0.15	0.16	0.22	0.22
FeO*	11.47	10.85	11.26	11.35	11.15	12.12	12.93	11.85	12.31	10.45	11.30	11.57	11.53	11.13
FeO*/MgO	1.43	1.35	1.60	1.89	1.86	1.10	1.07	1.31	1.36	1.30	1.61	1.44	1.44	1.39
Al ₂ O ₃ /SiO ₂	0.32	0.33	0.34	0.33	0.31	0.29	0.33	0.32	0.33	0.35	0.34	0.32	0.33	0.31
(FeO+Fe ₂ O ₃)/SiO ₂	0.25	0.23	0.24	0.24	0.23	0.27	0.31	0.27	0.28	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23
FAM														
F	49.65	49.31	51.18	53.66	53.19	44.28	44.08	45.05	46.61	42.13	51.95	50.70	49.84	49.07
M	34.63	36.36	31.81	28.36	28.62	40.18	40.91	34.22	34.07	32.25	32.18	35.05	34.58	35.27
A	15.72	14.33	17.01	17.98	18.19	15.54	15.01	20.73	19.32	25.62	15.87	14.20	15.58	15.66
Al	13.77	14.17	14.85	14.76	13.42	11.97	13.14	13.05	13.32	14.62	14.71	13.95	14.62	13.59
Alk	5.10	4.45	5.27	5.35	5.34	6.05	5.90	7.35	6.90	8.90	4.95	4.65	5.07	5.00
FM	28.89	28.18	26.61	24.72	24.51	35.57	38.47	31.28	31.77	27.75	26.68	28.98	28.93	28.46
K	0.13	0.12	0.13	0.13	0.14	0.10	0.23	0.22	0.21	0.16	0.09	0.09	0.12	0.13
An	0.45	0.52	0.47	0.46	0.43	0.32	0.37	0.27	0.31	0.24	0.49	0.50	0.48	0.45
P	54.79	58.25	56.27	56.37	55.70	46.76	46.17	43.65	44.44	42.48	57.12	57.36	56.64	55.25
Örneğin: RITTMANN'a Göre Adlanması	OLİVİN ANDEZİN BAZALT	OLİVİN BAZALT	OLİVİN ANDEZİN BAZALT	ANDEZİN BAZALT	ANDEZİN BAZALT	OLİVİN ANDEZİN BAZALT	NEFELİN BAZANİT	NEFELİN BAZANİT	NEFELİN BAZANİT	NEFELİN BAZANİT	OLİVİN BAZALT	OLİVİN BAZALT	OLİVİN BAZALT	OLİVİN ANDEZİN BAZALT

$$\lambda = \frac{\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}}$$

$$\gamma = \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \frac{1}{2}(\text{MgO} + \text{CaO})$$

$$\phi = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})}$$

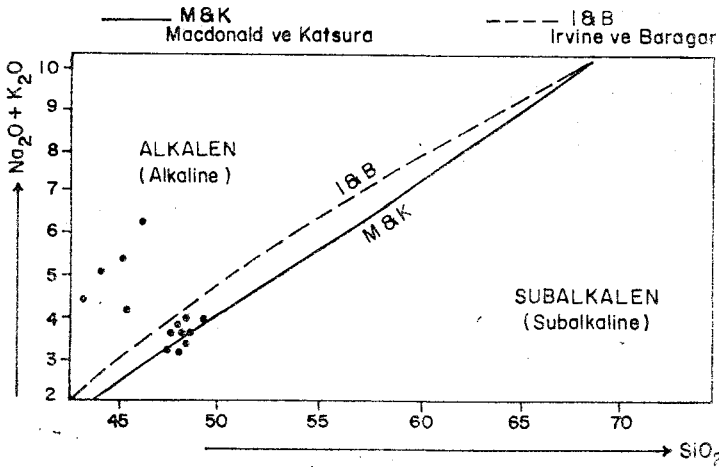
$$\delta = \frac{(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})^2}{\text{SiO}_2 - 43}$$

$$\zeta = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}}{\text{TiO}_2}$$

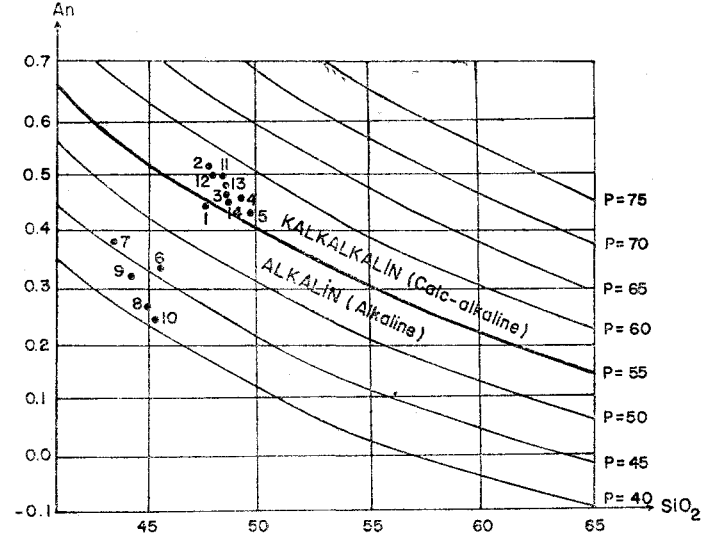
$$\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3$$

Çizelge 1: Ceyhan-Osmaniye yöresindeki bazaltların Kimyasal analizleri ve çeşitli parametreleri

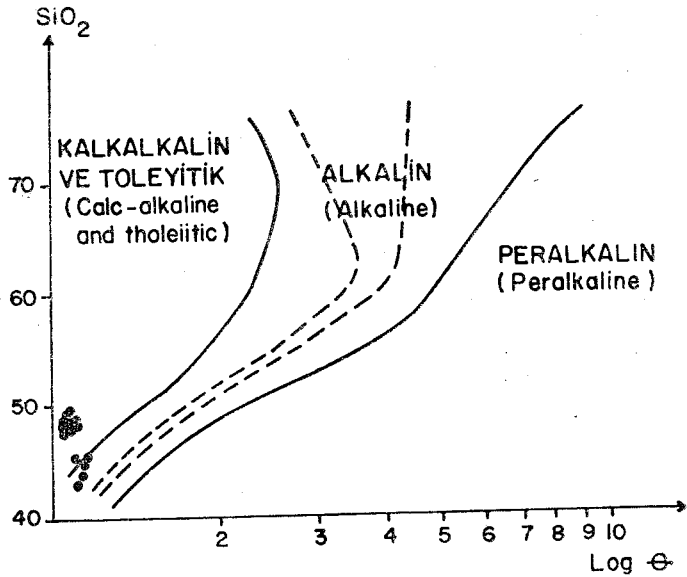
Table 1: Chemical analyses and various parameters of the basalts of Ceyhan-Osmaniye Area



Şekil 2 Volkanitlerin alkali-silika içeriğine göre sınıflandırılması
Figure 2: Classification of volcanics according to alkali-silica content



Şekil 4: Volkanitlerin SiO₂ ve Log O içeriklerine göre hazırlanmış Wright (1969) diyagramı
Figure 4: Wright (1969) diagram of the volcanics according to SiO₂ - Log O contents.

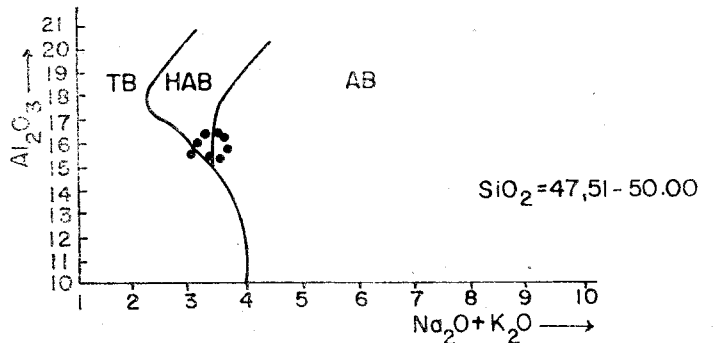
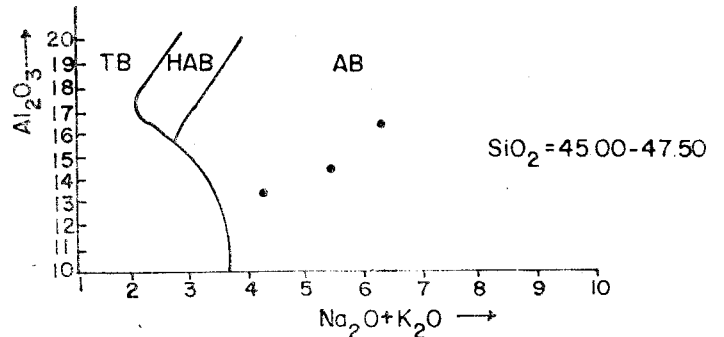


Şekil 3: Volkanitlerin An-SiO₂ içeriklerine göre hazırlanmış Rittmann (1953) diyagramı
Figure 3: Rittmann (1953) diagram of the volcanics according to An-SiO₂ Contents

yüksek alüminyum içerikli ve toleyitik bazalt olarak adlanabilecekleri izlenmektedir.

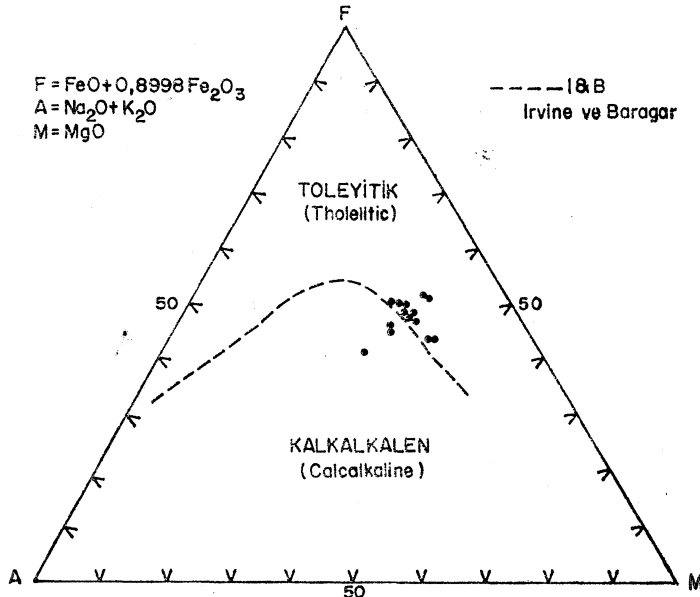
Bu sonuçlara göre bazaltların bir kısmının hafif bir alkalilik özelliği gösterdiğini ve genel olarak subalkalin nitelikli oldukları öne sürmek olasıdır. Bilindiği gibi subalkalin kökenli lavlar toleyitik ve kalkalkalin olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Örneklerin AFM üçgen diyagramı ile kökenini araştırarak olursak (Şekil 6) bunların çoğunun toleyitik bölgeye düştüklerini görürüz.

Lavların FeO*/MgO ve SiO₂ içeriklerine göre Miyashiro diyagramlarını yapacak olursak (Şekil 7.a ve 7-b) ve dünyadaki diğer toleyitik dizilerin trendleriyle karşılaştırmalarını yapacak olursak bunların Miyashiro (1975) ya göre toleyitik karakterde oldukları açığa çıkmaktadır.



TB: Toleyitik Bazalt (Tholeiitic Basalt)
AB: Alkali Bazalt (Alkali Basalt)
HAB: Yüksek Alüm. Bazalt (High Alumina Basalt)

Şekil 5: Volkanitlerin SiO₂, Al₂O₃ ve alkali içeriklerine göre sınıflandırılması (Kuno, 1960)
Figure 5: Classification of the volcanics according to SiO₂, Al₂O₃ and alkali contents (Kuno, 1960)



Şekil 6: Volkanitlerin AFM diyagramı

Figure 7A and 7B - Miyashiro diagrammes of the volcanics (Gottini,

Bu nedenle çalışma alanındaki bazaltların toplanan örneklerinin bir kısmının hafif alkalin özellik göstermesine karşın genel olarak toleyitik kökenli oldukları belirginleşmektedir. Çizelge 2'de çalışma alanındaki toleyitik kökenli bazaltların majör element kimyasal analizlerinin ortalama yüzdeleri ile dünyadaki önemli bazı toleyitik bazaltların kimyasal analizlerinin ortalama yüzdeleri karşılaştırılmış ve büyük bir uyumluluk sağladıkları görülmüştür. Özellikle düşük K_2O içerikleri ile benzeşme gösterirler.

Çizelge 2 de 1 numaralı sütunda yer alan çalışma alanındaki toleyitik bazaltların majör element kimyasal analizlerinin ortalaması en çok 13 numaralı sütunda yer alan "Kıtasa Olivin toleyitleri" ortalama sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

Ayrıca, lavların $FeO+Fe_2O_3$ ve MgO içeriklerine göre diyagramları yapıldığında ve dünyadaki diğer bazı lavların trendleriyle karşılaştırıldıklarında, genel olarak toleyitik lavların trendi ile uyumluluk sağladıkları da göze çarpmaktadır. Yine lavlar, $(FeO + Fe_2O_3) / SiO_2$ ve Al_2O_3 / SiO_2 içeriklerine göre Aramadaki (1963) diyagramında incelendiklerinde, daha çok toleyitik trend ile uyumluluk sağladıkları belirginleşir. Buna karşın, örneklerin $(FeO + Fe_2O_3) / (FeO + Fe_2O_3 + MgO)$ ve SiO_2 içeriklerine göre diyagramları yapıldığında toleyitik ve alkalin trend arasındaki alanda yer aldıkları izlenmektedir.

Jakes ve White (1972) ye göre toleyitik kayalar, genellikle yüksek Al_2O_3 (% 14,18) içerir, alkali miktarı $(Na_2O + K_2O) < 4$ tür. Özellikle K_2O içerikleri çok düşüktür. Ayrıca K_2O/Na_2O oranı da yine çok düşük olup genellikle 0,35 değerini geçmez. Lavların, K_2O/Na_2O içerikleri hesaplandığı zaman bunlarda hafif alkalin özellik gösteren 5 örneğin haricinde diğer örneklerde K_2O/Na_2O oranının 0,15-0,25 arasında olduğu ortaya çıkmış, ve toleyitik kökenli oldukları belirginleşmiştir. Ayrıca örneklerin $(Na_2O + K_2O)$ ve Al_2O_3 içerikleri de toleyitik köken sınırları içinde kalmaktadır.

Ayrıca, yerel magmanın kökenini araştırmak için Gottini (1988, 1969) nin geliştirdiği değişim grafikleri de çizilmiştir. (Şekil 8 ve 9). Bunlardan τ değerinin SiO_2 ye göre

değişim diyagramı (Şekil 8) çizildiğinde, τ değerlerinin iki grup oluşturdukları ve SiO_2 miktarı yükseldikçe bu değerlerin de yükseldiği belirlenmektedir. Ayrıca tüm τ değerleri 9 dan küçüktür. Gottini'nin araştırmalarına göre sialik kökenli volkanitlerde $\tau > 10$, simatik kökenli volkanitlerde $\tau < 9$ dur. Bu sonuçlar, çalışma alanımızdaki volkanitlere uygulanacak olursa simatik kökenli oldukları öne sürülebilir. Gottini ayrıca $\log \tau$ ile $\log \alpha$ arasında da bir ilişki kurmuş ve önerdiği diyagram, τ da sialik ve simatik köken sınırını çizmiştir. Çalışma alanımızdaki volkanitlerin $\log \tau$ ve $\log \alpha$ diyagramı çizilecek olursa (Şekil 9) bunların çoğunluğunun yine simatik köken alanına düştükleri görülmektedir.

Volkanitlerin, kimyasal bileşimleri göz önüne alınarak çeşitli yöntemlerle adlandırılmaları da yapılmıştır, örneklerin Cymrch sınıfamaları yapıldığında (Şekil 10) bunların bazalt olarak adlanacakları görülmektedir. Church (1075) sınıflandır-

masında lavların $8 = Fe_2O_3 + FeO + 1/2 (MgO + CaO); Al_2O_3 / SiO_2$ ve $Na_2O + K_2O$ parametreleri göz önüne alınmaktadır.

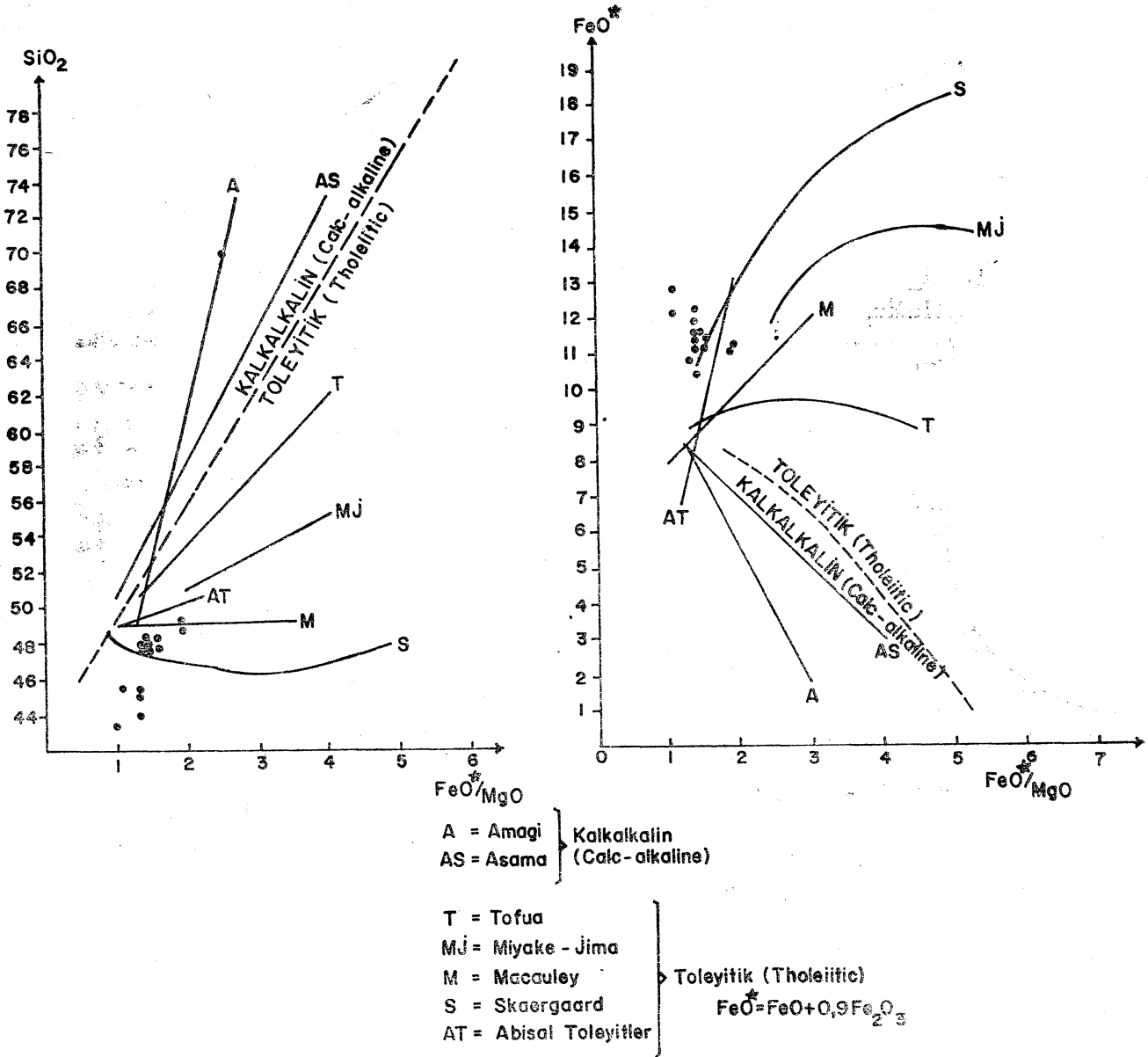
örneklerin Barberi ve diğerleri (1974)'e göre yapılan sınıflandırmalarında çoğunluğunun yüksek Alüminyum içerikli bazalt kesimine düştükleri görülmektedir. Ayrıca, Middlemost (1975) sınıflamalarında da alkalin ve subalkalin nitelikli bazalt oldukları ve bir kısmının da Bazanit ve Trakibazalt olarak adlanabileceği ortaya çıkmıştır.

Çalışma alanındaki lavların, $Na_2O + K_2O$ ve SiO_2 içeriklerine göre yapılan en ayrıntılı sınıflama olarak kabullenilen Cox ve diğerleri (1979) sınıflamaları yapıldığında (Şekil 11) bunların kimyasal bileşimleri yönünden bazalt olarak adlanacakları kesinleşir.

Bazaltlardan alınan örneklerde, oksitlerin SiO_2 ye göre değişimleri de incelenmiştir (Şekil 12). Oksitlerin değişimlerinin genellikle düzensiz oldukları ve SiO_2 miktarı arttıkça MnO , MgO , TiO_2 , K_2O ve toplam Fe oksitlerin yüzdelerinin azaldıkları, buna karşın CaO ve Al_2O_3 yüzdelerinin artmakta olduğu görülmektedir. Na_2O yüzdesi ise belli bir yönelim göstermemektedir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanındaki bazaltların, petrografik özellikleri incelendiğinde; esas olarak plajiyoklas, olivin ve titanlı ojit fenokristallerinin, yine aynı elemanlardan oluşmuş bir hamur maddesi içinde yer aldıklarının saptandığı, plajiyoklasların daha çok labrador bileşiminde oldukları, olivin fenokristallerinin % 10-20 arasında yer aldıkları daha önceki bölümde belirtilmişti. Çalışma alanındaki bazaltlardan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarının dünyadaki diğer toleyitik bazaltların bileşimleri ile uyumluluk sağlamalarının yanısıra, petrografik özellikleri de dünyadaki toleyitik bazaltların petrografik özelliklerine uymaktadır. Örneğin; toleyitik bazaltlarda ayrıntılı araştırmalar yapan Wilkinson (1967), bunlarda esas minerallerin ojit veya subkalsik ojit, plajiyoklas (Anortit yaklaşık %50 miktarda) ve demirli opak mineraller olduğunu, olivinin yer yer bulunduğunu saptamıştır. Ataman ve diğerleri (1974), toleyitik kayaların genelde %48-66 arası SiO_2 içeriklerini, olivinin az olduğunu, plajiyoklasların çok olup, Anortit miktarının %50 nin üzerinde olduğunu, sonuç olarak toleyitin,



Şekil 7A ve 7B Volkanitlerin Miyashiro diyagramları

Figure 7A and 7B - Miyashiro diagrams of the volcanics (Gottini, 1968, 1969)

ojit, plajiyoklas ve demir oksit minerallerinden oluştuğunu belirtirler. Araştırmacılara göre toleyitik lavların önemli özelliklerinden biri de olivin ile piroksen reaksiyonudur ve piroksenlerin olivinleri sardığı görülür (Bowen-Anderson reaksiyonu). Toleyitik bazaltlar, modal olarak %5 ten az olivin; toleyitik olivin bazaltlar ise daha çok (%20 yi geçmez) olivin içermektedirler (Mac Donald ve Katsura, 1964). Çalışma alanındaki lavların ince kesitlerinde yapılan araştırmalarda olivin fenokristallerinin genellikle %10-20 arasında oldukları saptandığından, çalışma alanındaki bazaltları "Toleyitik olivin Bazalt" olarak adlamak daha uygun olacaktır. Sonuçta, örneklerin petrografik özelliklerinin de, toleyitik lavlarda çeşitli araştırmacılarca saptanan özelliklere uydukları görülmektedir. Hafif alkali özellik gösteren 5 örnekte yapılan ince kesit araştırma-

larında salt, bunlarda piroksen ve olivin fenokristalleri içinde inklüzyonlar halinde yer aldığı saptanmıştır. Bu 5 örnekte daha fazla olan K_2O miktarları, bu biyotitlerle ilişkili olabilir. Toleyitik kökenli lavın, magmadan gelirken bir kirlenme (kontaminasyon) ie potasyum zenginleşmesi gösterdiği düşünülebilir. Esasen hafif alkalin özellik gösteren lavlar salt bir bölgede yüzlek vermektedirler.

Toleyit terimi ve Toleyitik lavların oluşumu halen tartışmalı olmakla birlikte, Green ve Ringwood (1967), toleyitik kayaların oluşumunu, manto malzemesinin diyapirik olarak yükselirken adyabatik koşullar altında bulunmasına bağlamışlardır. Adyabatik koşullar, yükselen magmanın ısı alışverişinin önlenmesine neden olur ve böylece yükselen magma üzerindeki basıncın azalması sonucu ilksel ana malzemede bir kısmı

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	48.14	49.58	49.16	49.36	49.89	50.25	51.52	50.99	50.64	47.07	49.94	51.50	48.28
Al ₂ O ₃	15.84	14.79	13.33	13.94	17.28	16.09	16.56	13.73	15.05	14.86	16.69	16.30	15.43
Fe ₂ O ₃	5.27	3.38	1.31	3.03	1.93	2.72	3.26	3.39	2.44	4.08	2.01	2.80	2.64
FeO	6.55	8.03	9.71	8.53	7.00	7.20	9.01	9.36	7.03	7.20	6.90	7.90	8.60
MgO	7.33	7.30	10.41	8.44	7.90	7.02	4.87	5.42	6.80	8.52	7.28	5.90	8.42
CaO	9.34	10.36	10.93	10.30	11.51	11.81	10.41	9.38	11.64	11.47	11.86	9.80	10.22
Na ₂ O	2.93	2.37	2.15	2.13	2.77	2.81	1.97	2.75	2.03	2.24	2.76	2.50	2.27
K ₂ O	0.62	0.43	0.51	0.38	0.16	0.20	0.37	0.80	0.80	0.20	0.16	0.86	0.64
TiO ₂	1.96	1.98	2.29	2.50	1.23	1.56	1.03	3.57	1.03	1.66	1.51	1.20	1.73
P ₂ O ₅	0.17	0.24	0.16	0.26	0.15	0.15	0.12	0.39	0.14	0.16	—	—	0.23

Çizelge 2: Çalışma alanındaki toleyitik bazalt lavların Majör element ortalama yüzdeleri ve dünyadaki diğer toleyitik bazalt ortalama yüzdeleriyle karşılaştırmaları.

- 1 — Çalışma alanındaki toleyitik bazaltların kimyasal analizlerinin ortalaması. 9 Örneğin kimyasal analizlerinin ortalaması alınmıştır.
- 2 — Tüm dünya toleyitik bazaltlarının kimyasal analizlerinin ortalaması (Le Maitre, 1976); 202 örneğin kimyasal analizlerinin ortalaması alınmıştır.
- 3 — Hawaii adaları olivinli toleyitik bazaltların kimyasal analizlerinin ortalaması (Yoder ve Tilley, 1962).
- 4 — Hawaii adaları toleyitik bazaltların kimyasal analizlerinin ortalaması (Mac Donald ve Katsural 1984); 181 örneğin kimyasal analizlerinin ortalaması alınmıştır.
- 5 — Atlantik sırtı toleyitleri kimyasal analizlerinin ortalaması (Engel ve Engel, 1964-a)
- 6 — Doğu Pasifik sırtı toleyitleri kimyasal analizlerinin ortalaması (Engel ve Engel, 1964-b).
- 7 — Japonya toleyitik bazaltları kimyasal analizlerinin ortalaması (Kuno, 1950) 73 örneğin kimyasal analizlerinin ortalaması alınmıştır.
- 8 — Kilauea (Hawaii) 1955 püskürmesi ile oluşan toleyitik bazaltların kimyasal analizlerinin ortalaması (Tilley, 1960); 81 örneğin kimyasal analizlerinin ortalaması alınmıştır.
- 9 — Kuzey İngitere toleyitleri kimyasal analizlerinin ortalaması (Holmes ve Herwood, 1929).
- 10 — Thingmuli (İzlanda) olivin toleyitleri (Carmichael 1964)
- 11 — Okyanusal toleyitlerin kimyasal analizlerinin ortalaması (Engel ve diğerleri, 1965).
- 12 — Kıtasal toleyitlerin kimyasal analizlerinin ortalaması (Manson, 1967)
- 13 — Kıtasal olivin toleyitlerin kimyasal analizlerinin ortalaması (Manson, 1967).

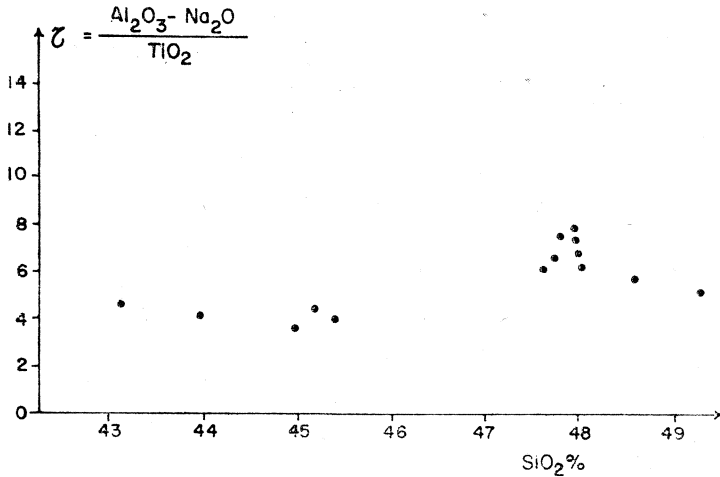
Table 2: Major element main percents of the tholeiitic basalt lavas of the investigated area and comparison with the other tholeiitic basalt main percents in the world.

- 1 — Mean of the chemical analysis of tholeiitic basalts existed the investigated area. Mean of the results of chemical analysis of 9 samples of.
- 2 — The mean of the chemical analysis of tholeiitic basalts of the whole world (Le Maitre, 1976). Mean of the results of chemical analysis of 202 samples of.
- 3 — The mean of the chemical analysis of olivine tholeiitic basalts of the Hawaii Islands (Yoder and Tilley, 1962).
- 4 — The mean of the chemical analysis of the Hawaii Islands Maō Donald and Katsura, (1961). Mean of the results of chemical analysis of 181 samples of.
- 5 — The mean of the chemical analysis of Atlantic Kidge tholeiites (Engel and Engel, 1964-a)
- 6 — The mean of the chemical analysis of East Pasific Bidge tholeiites (Engel and Engel, 1964 b)
- 7 — The mean of the chemical analysis of Japan tholeiitic basalts (Kuno, 1950). Mean of the results of chemical analysis of 73 samples of.
- 8 — The mean of the tholeiitic basalts that generated in Kilauea (Hawaii) 1955 eruption (Tilley, 1960). Mean of the results of chemical analyst of 81 samples of.
- 9 — The mean of the chemical analysis of North England tholeiites (Holmes and Herwood, 1929)
- 10 — Olivine tholeiites of Thingmuli (Iceland) (Carmichael, 1964)
- 11 — The mean of the chemical analysis of oceanic tholeiites, (Engel, Engel and Haweng, 1965).
- 12 — The mean of the chemical analysis of continental tholeiites (Manson, 1967)
- 13 — The mean of the chemical analysis of continental tholeiites (Manson, 1967).

ergime olur. Bu susuz manto peridotitlerinin kısmi ergimesi sonucu 70 km derinlikte önce Pikrit'ler, daha yüze doğru olivinli toleyitler, (70-35 km) daha da yüze Alüminyumlu toleyitler (35-15 km) ve nihayet normatif kuvars toleyitleri (15 km den az derinlikte) oluşurlar (Green ve Ringwood, 1967).

Çalışma alanı Türkiye'nin plaka tektoniği açısından son derece ilginç bir bölgesidir. Şekil 13'de de izlenebileceği gibi çalışma alanı; Arabistan plakası, Afrika plakası ve Ege-Anadolu plakalarının düğüm noktasıdır. Doğu Akdeniz ve Türkiye'ye ilişkin plaka tektoniği çalışmaları son yıllarda yoğunlaşmış ve pek çok araştırmacı çeşitli çelişkili fikirler ileri sürmüşlerdir. Ancak araştırmacıların çoğunluğunun birleştikleri konu bu bölgedeki plaka sınırlarıdır.

Anadolu'nun güneydoğu parçası, Arap plakasının bir devamı şeklindedir ve Afrika plakası ile Arap plakası kuzeye doğru hareket etmektedir. Doğu Anadolu ise bir sıkışma bölgesi şeklindedir. Ege-Anadolu plakası ise Kuzeyde "Kuzey Anadolu transform fayı" güneyde de Girit adasının güneyinden geçen ve Marmaris-Kıbrıs boyunca devam eden yitim zonu ile sınırlanmaktadır. Bu yitim zonu doğuya doğru gözlenecek olursa Kıbrıs güneyinden geçtiği ve KD'ye doğru dönerek çalışma alanımıza ulaştığı ve daha sonra bir transform fay şeklinde (Doğu Anadolu fayı) Ege-Anadolu plakasını, Van plakacığından ayırdığı belirlenmektedir. Ayrıca Arap ve Afrika plakalarını sınırlayan "Ölü Deniz transform fayı" da güneyden çalışma alanına kadar uzanmaktadır. Esasen, çalışma alanındaki Misis dağlarının, Kıbrıs adası ile yapısal devamlılık



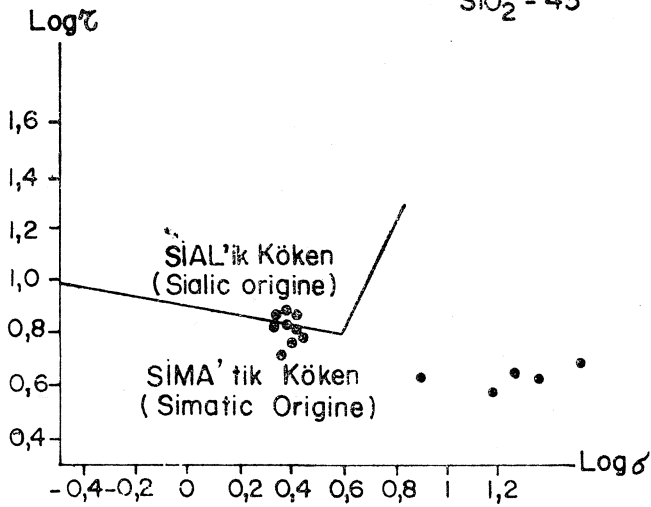
Şekil 8: Volkanitlerde $(Al_2O_3 - Na_2O) / TiO_2$ nin SiO_2 ye göre değişimi

Figure 8: Variation diagram of $(Al_2O_3 - Na_2O) / TiO_2$ with SiO_2 of the volcanics (Gottini, 1968, 1969)

gösteren bir deniz altı sırtının bir parçası olduğuna ilişkin bazı fikirleri de öne sürülmektedir (Stride ve diğerleri, 1977). Son yapılan çalışmalarla bölgede sıkışma tektoniğinin etkin olduğu Arabistan plakasının Orta Miyosende, Ege-Anadolu plakası ile çarpıştığı ve sıkışmanın ileriki aşamalarında doğu Anadolu fayı ve Kuzey Anadolu fayının gelişmesi ile batıya doğru itilen Anadolu plakasında D-B yönlü sıkışma kuvvetlerinin türediği belirlenmektedir (Gözübol ve Gürpınar, 1980). Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Erciyes, Nevşehir ve Konya-Karapınar kalkalkalin volkanitlerinin, Orta Miyosende Arap - Afrika plakaları ile Anadolu plakasının çarpışmasın-

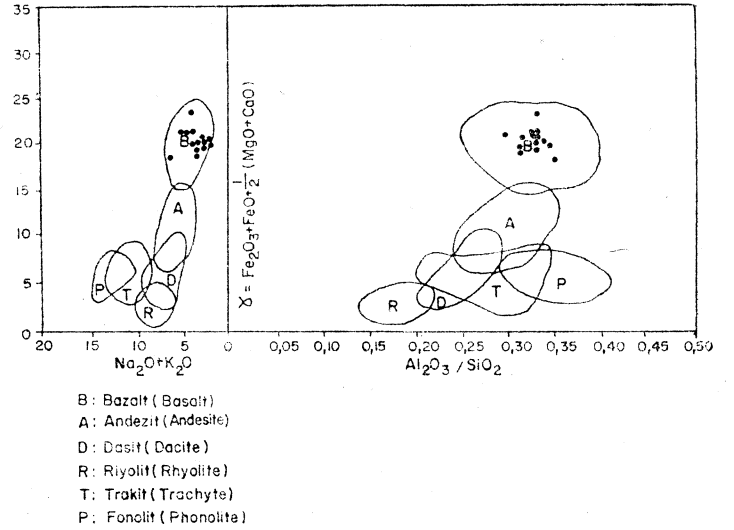
$$\tau = \frac{Al_2O_3 - Na_2O}{TiO_2}$$

$$\delta = \frac{(Na_2O + K_2O)^2}{SiO_2 - 43}$$



Şekil 9: Volkanitlerde $\log \tau$ nun $\log \delta$ ya göre değişimi Gottini, 1968, 1969)

Figure 9: Variation of the $\log \tau$ with $\log \delta$ in the volcanics (Gottini, 1968, 1969)



Şekil 10: Volkanitlerin Church sınıflaması

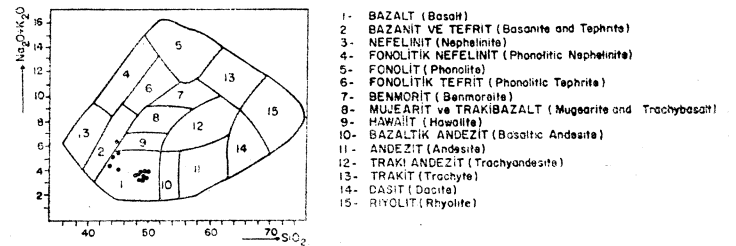
Figure 10: Church classification of the volcanics.

dan sonra (kıtı-kıtı çarpışması) tamamen kıtasal ortamda oluştuklarına ilişkin güçlü veriler elde edilmiştir (Batum, 1978). Sıkışma tektoniğinin halen etkin olduğu çalışma alanında KD-GB yönlü ikincil kırık hatlarının oluşturduğu zayıflık zonlarından, manto malzemesi toleyitik bazaltik lavlar yeryüzüne ulaşmışlar ve mantodan yükselerek yeryüzüne gelirken yer yer de kırılarak, potasyum içerikleri artmış ve hafif alkali nitelik kazanmışlardır. Bu tip kıtasal toleyitik plato bazaltlarına yeryüzünde pek çok yerde rastlanmaktadır.

Bölgede, plaka tektoniği açısından yapılan ve ileride yapılacak olan ayrıntılı çalışmalar konuya daha fazla açıklık getirecektir.

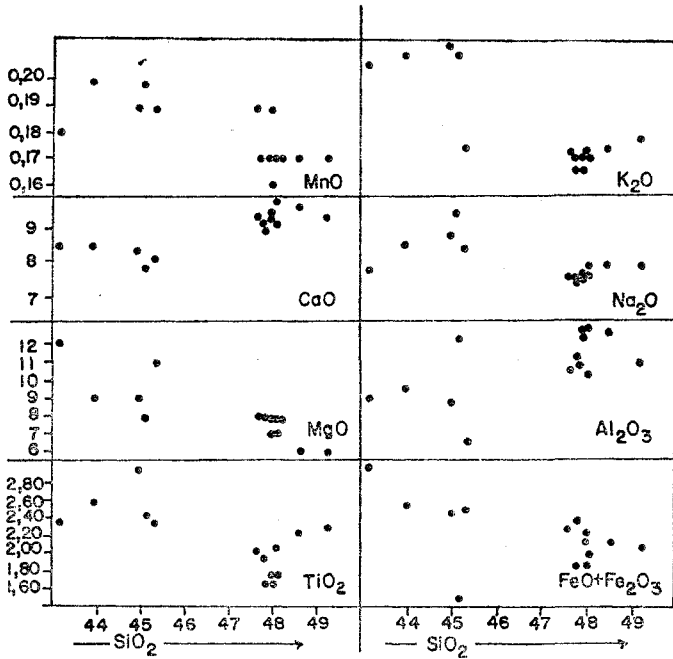
KATKI BELİRTME

Yazarlar, araştırmaları sırasında, alman örneklerin petrografik incelemelerinin özenle yapan MTA Jeoloji daire-sinden Talia Yaşar ve Havva Taner'e; yorumsal katkıda bulunan MTA Maden Etüd Dairesinden M. Fevzi Taner'e; örneklerin majör element kimyasal analizlerini yapan MTA Laboratuvarlar dairesinden T. Akyüz, M. Türkalp ve T. Saltoğlu'na; şekillerin çizimini yapan M. Yapıcıoğlu'na ve metni daktilo eden Fatma Taştan'a teşekkürü borç bilirlir.



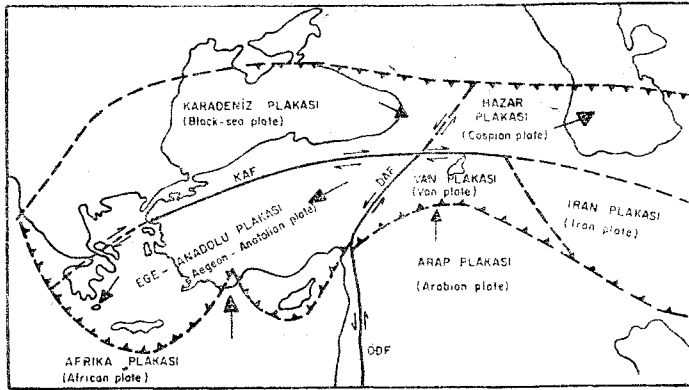
Şekil 11: Volkanitlerin alkali-silis içeriğine göre sınıflandırılmaları (Cox ve diğerleri 1979).

Figure 11: Nomenclature of the volcanics according to alkali-silica contents (Cox and others 1979)



Şekil 12: Volkanitlerde oksitlerin SiO_2 değerlerine göre değişimi

Figure 12: Variation of the oxides of the volcanics according to SiO_2 values



Şekil 13: Türkiye için plaka tektoniği modeli (Ketin, 1977'den)

KAF = Kuzey Anadolu Fayı
DAF = Doğu Anadolu Fayı
ÖDF = Ölü Deniz Fayı

Figure 13: Plate Tectonics model for Turkey (From Ketin, 1977)

KAF = North Anatolian Fault
DAF = East Anatolian Fault
ÖDF = Dead Sea Fault

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aramaki, S., 1963, Geology of Asama volcano: J. Fac. Sc. Üniv. Tokyo, 14, 233-439.
Ataman, G., Çapan, U.Z., Gökçen, S.L. ve Buket, E., 1974, Plaka tektoniği ilkeleri: Hacettepe Fen ve Müh. Bil. Derg., 4, 113-178.
Barberi, F., Innocenti, F., Marinelli, G. ve Mazzuoli, R., 1974, Vulcanismo e tettonica a placche: esempi nell'area Mediterranea, 67 th Congr. S. G. 1.

- Batum, İ., 1978, Nevşehir Güneybatısındaki Güllüdağ ve Acıgöl volkanitlerinin jeokimyası ve petrolojisi: Yerbilimleri, 4, 1-2, 70-88.
Carmichael, I.S.E., 1964, The petrology of thingmuli, a Tertiary Volcano in Eastern Iceland: Jour of Petrology, 6/3, 435-460.
Church, B.N., 1975, Quantitative classification and chemical comparison of common volcanic rocks: Geol. Soc. Amer. Bull, 86, 257-263.
Cox, K.G., Bell, 3.V. ve Pankhurst, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks; George Allen and Unwin Ltd, London, 460 s.
Engel, A.E.J., ve Engel, C.G., 1964a, Composition of basalts from the mid-Atlantic ridge: Science, 144, 1330-1333.
Engel, A.E.J. ve Engel, C.G., 1964 b, Igneous rocks of the East Pasifile Rise: Science, 146, 477-485.
Engel, A.E.J., Engel, C.G. ve Havens, R.G., 1965, Chemical characteristics of oceanic basalts and upper mantle: Bull. Geol. Soc Amer., 76, 719-734.
Gottini, V., 1968, The TiO_2 , Frequency in colcanic rocks: Geol. Rdsch., 57, 930-935.
Gottini, V., 1969, Serial sharacter of the volcanic rocks of Pantelleria: Bull. Volc, 3, 818-827.
Green, T.H. ve Ringwood, A.E., 1967, The genesis of the basaltic magma: Contr. Mineral, Petrol., 15, 103-190.
Holmes, A. ve Harwood, H.F., 1929, The tholeiite dykes of the north of England: Mineralog. Mag., 22, 1-52.
Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks; Can. Jour. Earth. Sci., 8, 523-548.
Jakes, P. ve White, A.J.R., 1972, Major and trace element abundances in volcanic rocks of orogenic areas: Geol. Soc. Amer. Bull., 83, 29-40.
Ketin, İ., 1877, Genel jeoloji, Cilt: 1, Yerbilimlerine giriş: İ.T.Ü. Yayını, 1036, 597 s.
Kuno, H., 1960, Petrology of Hakone volcano and the adjacent Areas, Japon: Bull. Geol. Soc. Amer., 61, 957-1020.
Le Maitre, R.W., 1976, The chemical variability of some Common igneous rocks: Jour, of Petrology, 17/4, 589-598.
MacDonald, G.A. ve Katsura, J., 1964, Chemical composition of Hawaiian lavas: Jour, of Petrology, 5, 82-133.
Manson, V., 1967, Geochemistry of basaltic rocks; Major elements: in: Hess, H.H. and Poldervaart, A (Eds): Basalts 1 p: 215-269.
Middlemost, E.A.K., 1975, A simpla classification of volcanic rocks: Bull. Volcan., 36/2, 382-397.
Miyashiro, A., 1975, Classification, characteristic and origin of Ophiolites: our. of Geology, 83, 249-281.
Rittmann, A., 1952, Nomenclature of volcanic Rocks: Bull. Volcan. seri 11, 12, 76-102.
Rittmann, A., 1953, Magmatic character and tectonic position of the Indonesian volcanoes: Bull. Volcan. seri 11, 14, 45-58.
Rittmann, A., 1962, Volcanoes and their activity; John Wiley and sons Newyork, London, 305 s.
Stride, A.V., Belderson, R.H., Kenyon, N.H., 1977, Evolving Miogeantclines of the East Mediterranean (Hellenic, Calabrian and yprus outer ridgls): Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., 284, 1316-1326.
Tilley, C.E., 1960, Differentiation of Hawaiian basalts and some variants in lava suites of dated Kilauean eruptions: jour, of Petrology, 1, 47-55.
Wilkinson, J.F., 1967, The Petrography of basaltic Rocks: In: Hess, a H. and Poldervaart, A (Eds): Basals 1.
Wright, J.B., 1969, A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis: Geol. Mag., 106/4, 370-384.
Yoder, H.S. ve Tilley, C.E. 1962, Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems: jour, of Petrology, 3, 342-532.