

TRAKYA'DAKİ SENOZOYİK VOLKANİZMASI VE BÖLGESEL YAYILIMI

Cenozoic volcanism in Thrace and its regional distribution

Tuncay ERCAN MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, ANKARA.

ÖZ: Trakya yarımadasında yüzlekler veren ve Üst Eosen'den başlayarak çeşitli evrelerle Pliyosen sonuna değin devam eden Senozoyik volkanitlerinde jeokimyasal çalışmalar yapılmış ve volkanizmanın bölgesel yayılımı araştırılmıştır. Bölgede Üst Eosen-Üst Oligosen arasında yüzlekler veren volkanitler kalkalkalen ve Yüksek Potasyumlu Kalkalkalen nitelikte olup çoğunlukla kabuksal köken ağırlıklıdır ve bir çarpışma zonunda meydana gelmişlerdir. Üst Miyosen'de kabuk ve manto karışımı, şoşonitik nitelikli melez bir volkanizma oluşmuştur. Pliyosen'de ise manto köken ağırlıklı ve alkali nitelikli bazaltik volkanitler meydana gelecek Trakya'daki volkanik evrim tamamlanmıştır.

ABSTRACT: This paper discusses the regional distribution and geochemical characteristics of the Cenozoic volcanism of Thrace that commenced in Upper Eocene continuing intermittently until the end of Pliocene. The volcanic rocks of the region that Upper Eocene-Upper Oligocene aged originated along a collision zone, are of calcalkaline to high potassic calcalkaline affinities. The volcanism of the period of Upper Miocene is originated from, the mantle, with considerable crustal contamination, and they are shoshonitic affinity. A basaltic volcanism originated from the mantle, of alkaline affinity occurred during the Pliocene constituting the final stages of Cenozoic activity in Thrace.

GİRİŞ

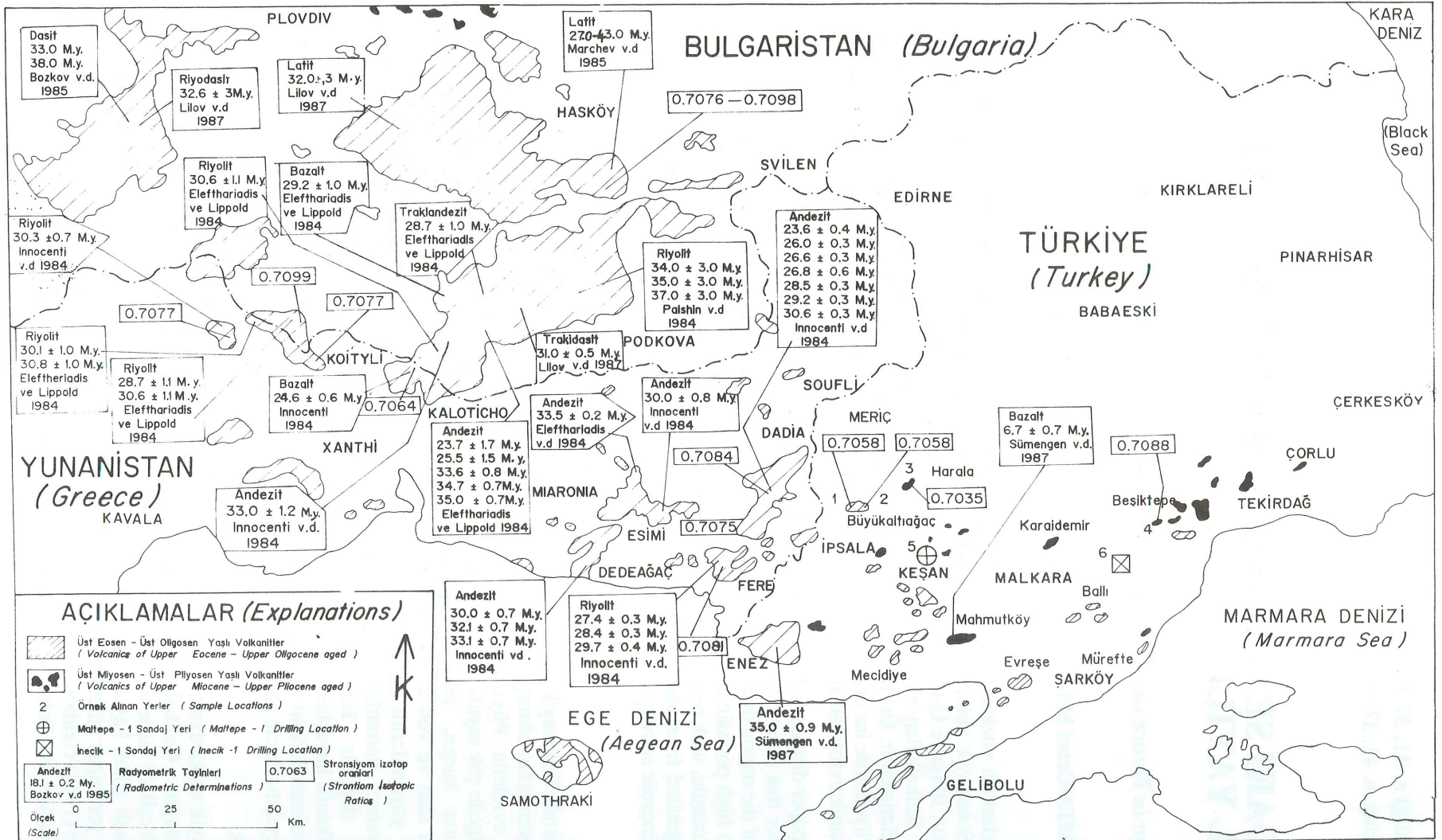
Trakya yarımadasında Senozoyik volkanizması, Orta Eosen'den itibaren etkin olmaya başlamış ve bu etkinlik çeşitli evrelerle Pliyosen sonlarına değin sürmüştür. Bölgede çok sayıda genel jeolojik araştırma yapılmasına karşın, salt Senozoyik volkanizmasını konu alan ve volkanik kayaların evrelerini, bölgesel yayılımlarını, petrokimyasal özelliklerini ve kökensel yorumlarını açıklayan araştırmalar yeterli değildir. Bu çalışma ile Trakya'daki bazı volkanik kayaların petrokimyasal özelliklerinin belirlenmelerinin yanısıra volkanizmanın bölgesel yayılımı da ele alınmaktadır.

GENEL BİLGİLER

Trakya'da Senozoyik volkanizması, ilk kez Orta Eosen sonlarına doğru Gelibolu çevresinde yüzlekler vermiştir. Yeşil ve vişne renkli andezitik ve dasitik tüfler eşyaşı çökel kayalarla arakatlı olarak, lavlar ise yer yer küçük siller şeklinde izlenirler (Şekil 1). Kopp (1964) Gelibolu volkanitlerinin Üst Eosen yaşlı olduklarını belirtmiş ve onları

alttan üste doğru "Kömürtepe andezit ve tüfleri", "Kavaklık andeziti", "Uçaktepe tüffiti", ve "Kocakuş tüffiti" olmak üzere ayırtlamıştır. Önal ve Yılmaz (1983), volkanitlerin Üst Eosen yaşlı olduklarını belirterek, tanımlamış oldukları fliš nitelikli Burgaz formasyonu'nun "Karaağaç üyesi" içinde diğer çökel birimleriyle ardalanmalı olarak tuf düzeylerinin yer aldığını saptamışlardır. Önal (1986), "Gelibolu volkanitleri" olarak adlandırdığı Üst Eosen yaşlı volkanik kayaların andezit ve dasit türde olduklarını belirtmiştir. Gelibolu yarımadasının kuzeyinde Mürefte yakınlarında Üst Eosen-Alt Oligosen (Priaboniyen-Stampiyen) yaşlı fliš çökelleriyle arakatlı olarak andezitik tüfler ve lavlar yer almaktadır (Ternek, 1985). Saroz körfezindeki küçük adalarda ve Evreşe çevresinde yine Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı fliši kesen andezitik lavlar saptanmıştır ve volkanizmanın yaşının Üst Eosen sonu-Alt Oligosen başı olduğu belirlenmiştir (Ternek, 1985).

Gelibolu yarımadasında ayrıntılı stratigrafik ve sedimantolojik incelemeler yapan Sümengen ve



Şekil 1 Trakya'daki Senozoyik yaşlı volkanik kayaların bölgesel yayılımları.

Figure 1 Distribution and areal extent of Cenozoic volcanic rocks of Thrace.

diğerleri (1987), "Burgaz formasyonu" olarak adladıkları, kalınlığı 600 m.'ye ulaşan ve masif şeyllerden oluşan birimler içinde tüf düzeyleri saptamış ve bunların Orta Eosen yaşta olduklarını belirlemişlerdir. Formasyon içindeki volkanik fasiyesin, ince tabakalı tüf ve masif tabakalı tüfit olmak üzere 2 şekilde bulunduğunu, yer yer de aglomeraların gözlendiğini belirten Sümengen ve diğerleri (1987), formasyonun derin deniz havza düzlüğü ortamında çökeldiğini öne sürmüşlerdir. Aynı araştırmacılar daha üstte yer alan ve "Gaziköy formasyonu" olarak adladıkları, şeyller ve kumtaşlarından oluşan formasyon içinde de tüf katkıları gözlemiş ve ince tabakalı açık renkli bol silisli tüf düzeylerinin, bu formasyonun üst bölümlerinde türbiditik fasiyeslerle ardalanmalı olarak bulduklarını ve Orta-Üst Eosen yaşta olduklarını belirtmişlerdir.

Keşan yöresinde Senozoyik volkanizması birkaç evrede etkin olmuştur ve yaygın yüzlekler vermektedir. Ternek (1949) ile Kopp ve diğerleri (1969) gibi araştırmacılar volkanizmanın tüm Oligosen boyunca etkin olduğunu, ilk volkanik evre ile Alt Oligosen'de andezit ve dasit türde lavlarla tüflerin meydana geldiğini, daha sonra Üst Oligosen'e doğru yoğun andezitik ve dasitik, yer yer de trakitik türde lavların oluştuklarını belirtmişlerdir. Buna karşın, Sümengen ve diğerleri (1987), volkanitlerin bu yöredeki Keşan formasyonu çökel kayaçları ile eşyaşı (Üst Eosen-Alt Oligosen) olduklarını, bu formasyon içinde çeşitli seviyelerde farklı kalınlıklar sunan andezit, riyolit ve bunların piroklastiklerinden oluşan volkanik kayaçların yer aldıklarını gözlemiştir.

Senozoyik volkanizması Enez civarında da çoğun andezitik ve dasitik türde lav ve tüflerden oluşmuştur. Saner (1985) tarafından "Hisarlıdağ volkaniti" olarak adlandırılan bu volkanit'ler 800 m. kalınlığa erişirler. Aynı adlama, Sümengen ve diğerleri (1987), tarafından da bu yöredeki volkanitler için kullanılmıştır. En alta riyodasitik tüfler, andezit, altere andezitik tüfler ve kırmızımsı yeşil renkli lahar akması ile oluşmuş tüflerle volkanizme başlamaktadır. Üste doğru beyaz renkli riyolitik tüf, riyodasit, andezit, bazalt ve bazaltik aglomeralar, ignimbritler ve ortaç aglomeralardan oluşmuştur. Volkanitler Orta-Üst Oligosen yaşlıdır. Andezitik bir lav örneğinde, Sümengen ve diğerleri tarafından K/Ar yöntemi ile yaptırılan bir radyometrik yaş tayini ile $35,0 \pm 0,9$ milyon yıllık bir yaş saptanmıştır. Örnek, Hisarlıdağ volkanitlerinin üst düzeylerinden alınmıştır.

İpsala kuzeyinde ve Malkara güneydoğusunda da eşyaşı andezitik-dasitik lavlar ve tüfler yüzlekler vermektedir. Ayrıca Orta Trakya'da geniş alanlarda Oligo-Miyosen yaşlı çökeller içinde birkaç evrede oluşan ve değişik kalınlıklar sunan tüf horizonları bulunmakta olup, bunlar Oligosen yaşlı volkanik kayaçların taşınmış ürünleridirler (Lebküchner, 1974). Genellikle bozuşmuş, kaolenleşmiş andezitik ve dasitik cam tüfleri olup çökellerden ayırtlanmaları çok güçtür. (Ercan, 1979). Bu birimlerin yanı sıra Trakya'da geniş alanlar kaplayan Oligo-Miyosen yaşlı çökel kayaların altında da yer yer bunlarla örtülü Oligosen yaşlı volkanik kayaçların da buldukları saptanmıştır. Örneğin, Ercan ve Gedik (1986) tarafından Keşan kuzeyinde ($41^{\circ} 01' 17''$ Enlem ve $26^{\circ} 42' 39''$ Boylam) Deilmann-Shell petrol şirketi tarafından yapılan sondajda (Maltepe-1) 1850-1860 m. derinliklerden alınan karotlar incelenmiş ve Oligosen volkanitlerinden olup dasit, riyodasit ve riyolitik türde lavlarla temsil edildiği saptanmıştır. Aynı araştırmacılar Malkara doğusunda ($40^{\circ} 55' 44''$ Enlem ve $27^{\circ} 17' 16''$ Boylam) Gulf-Oil petrol şirketi tarafında yapılan sondajdaki (İncik-1) 1488-1492 m. derinliklerden alınan karotları da incelemiş ve bunların da Oligosen yaşlı dasitik lavlar olduklarını belirtmişlerdir (Şekil 1).

Trakya'daki Oligosen volkanizması, Yunanistan ve Bulgaristan'da da geniş alanlarda yüzlekler vermektedir. Yunanistan'da, özellikle Türkiye sınırına yakın Dedeoğaç-Dadia arasında yaygın lav akıntıları, domlar, tüf ve aglomeralar görülmektedir (Fytikas ve diğerleri, 1980; Innocenti ve diğerleri, 1984). Bu volkanitler bazaltik andezit, andezit, dasit, riyodasit ve riyolit türde lavlarla tüflerden meydana gelmişlerdir. Ayrıca asitik volkanizma ürünleri olan ignimbritler ve perlit yatakları da bulunmaktadır (Chatzidimitriadiis, 1973; Vgenopoulos, 1977). Yer yer de küçük riyolitik dayklar izlenmektedir (Eleftheriadiis ve Christofides, 1980). Batı-Trakya'daki bu volkanitlerde Innocenti ve diğerleri (1984) ile Fytikas ve diğerleri (1984) radyometrik yaş belirlemeleri yaparak 23,6 milyon yıl-33,1 milyon yıl arasında çeşitli değerler elde etmiş ve volkanizmanın Üst Oligosen yaşta olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, yine Yunanistan'da daha Batıya doğru olan volkanik yüzleklerde Eleftheriadiis ve Lippold (1984), Eleftheriadiis ve diğerleri (1984) 23,7 milyon yıl - 34,7 milyon yıl arasında K/Ar yöntemi ile benzer radyometrik yaş belirlemeleri yapmışlardır. Samothraki adasında da (Şekil 1) Üst Eosen-Alt Oligosen yaşlı volkanizma, trakiandezit ve dasitik türde lav ve tüflerle yüzlekler vermektedir (Marchev ve Shanov, 1991).

Aynı tür volkanizma Bulgaristan'da da yüzlekler vermektedir.

Rodop masifinde yaklaşık 2000 m. kalınlığa erişen Oligosen yaşlı konglomera-kumtaşı-kireçtaşı-tüf-ignimbrit ardalanmaları sunan birimler geniş alanlar kaplarlar (Boncev, 1978). Volkanizma olasılıkla 3 ana evrede oluşmuştur (Petrov, 1979). Çoğu zaman ortaç ve asitik lavlar ardalanmalı olarak izlenirler ve genellikle kabuk ergimesiyle oluşan asitik bir magma ürünleri olarak nitelendirilirler (Yanev ve diğerleri, 1983). Bazı bölgelerde ise Oligosen yaşlı çökellerle ardalanmalı olarak dasit, trakidasit ve riyodasit türde lavlar yer alırlar (Harkovska, 1983). Güneybatı Bulgaristanda yer alan Kraiste çevresindeki volkanitlerde K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yapan Bozkov ve diğerleri (1985) 33,0 milyon yıl ve 38,0 milyon yıl sonuçlarını elde etmişler ve volkanizmanın Üst Oligosen yaşta olduğunu saptamışlardır. Güneydoğu Bulgaristanda ise, Yunanistan sınırına yakın olan alanlarda şoşonit, trakit, latit, kuvars latit, kuvars trakit ve riyolit türde volkanitler yer alır. Bu volkanitlerde Marchev ve diğerleri (1985) K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yaparak 43 milyon yıl-27 milyon yıl (En Üst Eosen-Üst Oligosen) arasında yaşlar saptamışlardır. Aynı bölgedeki volkanitlerde Eleftheriadis ve Lippold (1984) radyometrik yaş belirlemeleri yapmış ve 28,7 milyon yıl -30,6 milyon yıl arasında yaşlar elde etmişlerdir (Şekil 1). Lilov ve diğerleri (1987) ise 37 milyon-30 milyon yıl arasında ölçümler yapmışlardır.

Trakya'daki Oligosen volkanizması yer yer Alt Miyosen'de de zayıflıyarak devam etmiştir (Ercan ve Günay, 1985). Ancak, Orta Miyosen, volkanizma bakımından sakin bir dönemdir. Üst Miyosen sonlarında ve Pliyosen'de Trakya'da volkanizma yeniden şiddetlenmiş ve nitelik değiştirerek daha çok, bazik lav ve tüfler meydana gelmiştir. Bazaltik lavlar, çökeller içinde dağınık küçük volkan konileri şeklindedir. Bu bacaların, derinlerde bulunan eski kırık hatları üzerinde yer almaları olasıdır. Keşan ve Tekirdağ çevresinde yaygın olarak izlenirler. Farklı volkan konilerinde incelemeler yapıldığında, evreler arasında yapı, bozuşma ve jeokimyasal özelliklerin farklı olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, yer yer de bazaltik görünümü olup, ancak ayrıntılı incelemelerle şoşonitik nitelikte ve trakiandezit türde olan melez volkanitlere de rastlanmaktadır. Ancak bu tür lavlar gerçek bazaltik lavlardan daha yaşlı görünümü olup, birkaç evrede meydana gelen bazaltik lavlardan daha önce meydana gelmişlerdir.

Trakya'da jeolojik incelemeler yapan Umut ve diğerleri (1984), bazaltik volkanitleri "Karatepe bazaltları" olarak adlandırmış ve farklı iki grup ayırtılarak Üst Miyosen-Pliyosen yaşta ve koyu bej, kahve renkli olanlarının örtü bazaltları şeklinde, fazla yükselti oluşturmayıp geniş yayılım gösterdiklerini; Pliyosen-Kuvaterner yaşta, koyu gri, siyah ve daha genç olanların ise tepeler oluşturan volkan bacaları şeklinde izlendiklerini belirtmişlerdir. Tekirdağ çevresinde ve Mahmutköy yakınlarında yer alan (Şekil 1) bazik volkanitler Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı ilk gruba; Keşan, Karaidemir ve Harala'da yüzlekler veren bazik volkanitler ise daha genç olan ikinci gruba örnek olarak gösterilebilirler. Sümengen ve diğerleri (1987) de aynı birimlerde çalışmış, bunların siyah, kimi yerlerde limonitize renkli, yer yer masif, yer yer bol eklemlili ve gaz boşluklu olup, kimi mevkiilerde ise kalsit kapsamlı aglomeralar şeklinde

ÖRNEK NO VE ALINDIĞI YER (Sample No And Location)	1 F 16 c ₃ Büyükaltağaç	2 F 16 c ₃ Büyükaltağaç	3 F 17 d ₄ Harala	4 F 18 c ₄ Beşiktepe
SiO ₂	61.70	59.00	47.80	52.40
Al ₂ O ₃	15.60	16.00	13.70	15.60
TiO ₂	0.70	0.90	2.60	1.10
Fe ₂ O ₃	3.95	4.95	3.77	3.14
FeO	0.86	0.86	5.53	4.02
MnO	0.13	0.15	0.14	0.17
MgO	2.10	2.20	7.10	5.90
CaO	2.50	2.90	10.00	6.50
Na ₂ O	1.80	1.70	2.00	3.20
K ₂ O	3.90	3.00	2.00	4.40
P ₂ O ₅	0.21	0.22	0.68	0.92
H ₂ O ⁻	2.96	1.34	0.64	0.36
Co ₂	0.43	0.25	0.60	0.43
KAYAÇ ADI (Rock name)	ANDEZİT (Andesite)	ANDEZİT (Andesite)	BAZALT (Basalt)	TRAKIANDEZİT (Trachyande. site)
87 Sr/86 Sr	0,705814	0,705853	0,703593	0,708839
Rb (ppm)	125.40	157.50	32.90	188.20
Sr (ppm)	356.40	341.80	805.10	1135.00
87Rb / 86 Sr	1.017	1.333	0.118	0.480

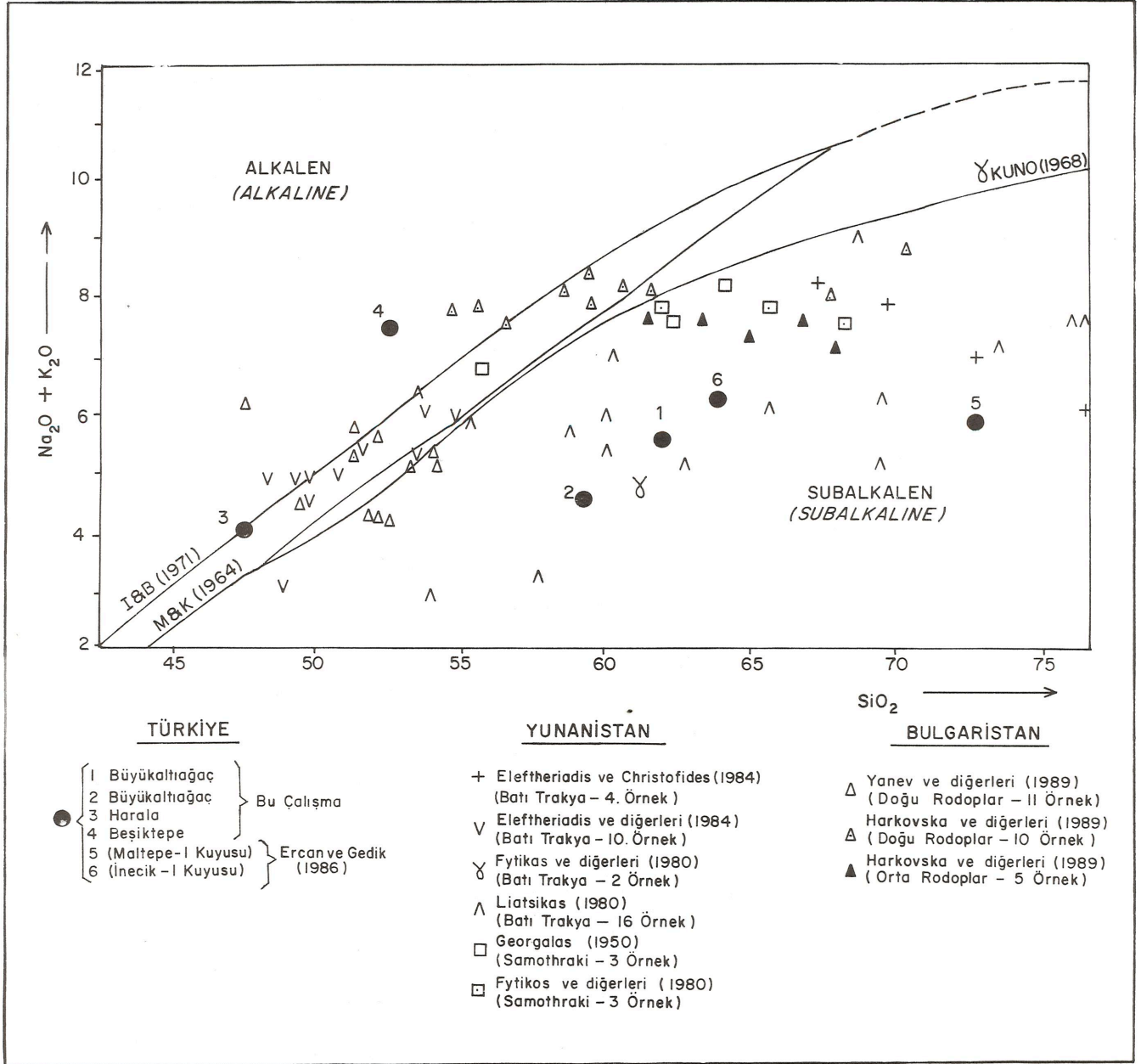
Tablo I Volkanitlerin major element kimyasal analizleri ve stronsiyum izotop oranları.

Table I Major element chemical analyses and strontium isotope ratios of the volcanics.

olduklarını belirtmişler, Keşan güneyinde Mahmutköy yakınındaki bazalt yüzleğinden alınan bir örnekte K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemesi yaptırarak $6,7 \pm 0,7$ milyon yıllık (Üst Miyosen) bir değer elde etmişlerdir. Umut ve diğerleri (1984) ile Umut (1988) gibi araştırmacıların bazaltların yaşının Kuvaterner'e kadar çıktığını öne sürmelerine karşın, yazar bu bölgede bazaltların en son evresinin Pliyosen sonlarında etkin olabileceği kuşkusunu taşımaktadır. Ancak, radyometrik yaş belirlemelerinin yapılması gerekmektedir.

VOLKANİK KAYAÇLARIN PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Trakya'da yüzlekler veren Senozoyik volkanitlerinin petrokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla Oligosen yaşlı andezitik lavlardan 2, Üst Miyosen yaşlı trakiandezitik lavlardan 1 ve Pliyosen yaşlı bazaltik volkanitlerden 1 örnek olmak üzere 4 örnek alınarak jeokimyasal çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca Ercan ve Gedik (1986) tarafından Trakya'da petrol şirketleri



Şekil 2 Lavların alkali-silika içeriklerine göre sınıflandırılması.

Figure 2 Classification of the lavas according to their alkali-silica contents.

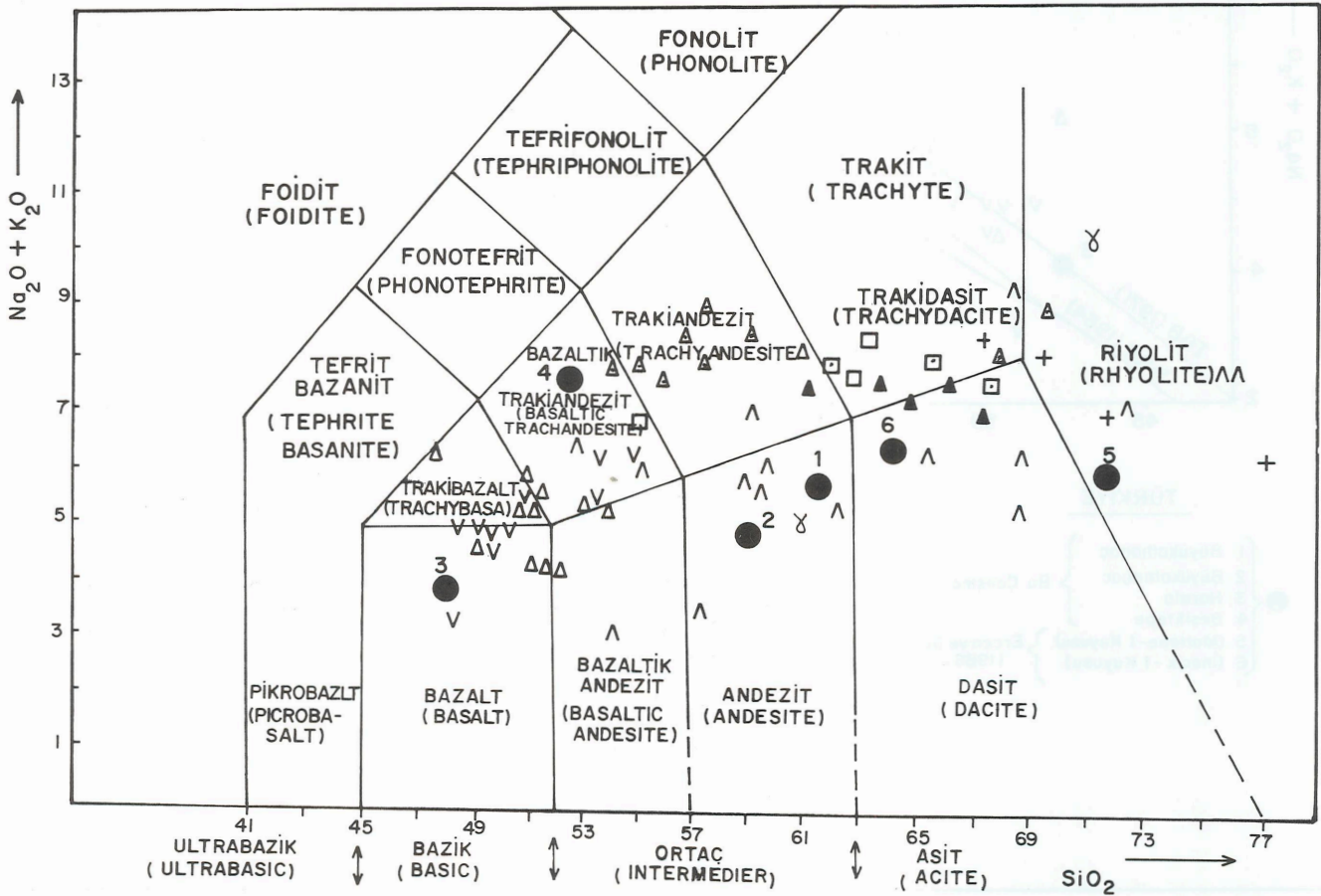
tarafından yapılan ve Maltepe-1 ve İncecik-1 adları verilen petrol sondajlarından elde edilen riyolitik ve dasitik birer karot örneğinin kimyasal analizleri de değerlendirilmiştir (Tablo 1). Türkiye'ye ait bu örneklerin yanısıra Senozoyik volkanizmasının Oligosen yaşlı çeşitli evrelerinin Bulgaristan ve Yunanistan'daki yüzleklerinde çeşitli araştırmacılarca yapılan kimyasal analizler de değerlendirilerek diyagramlara taşınmış ve jeokimyasal veriler elde edilmiştir. Türkiye'ye ilişkin örneklerin major element kimyasal analizleri MTA Genel Müdürlüğü Laboratuvarlar Dairesinde; Stronsiyum izotop oranları ise İngiltere'de Cambridge Üniversitesi Kimya Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Büyükaltağ köyü yakınlarında Oligosen yaşlı volkanitlerden alınan iki örnekte yapılan petrografik inceleme sonucunda, bu volkanitlerin andezitik türde oldukları, hipokristalin porfirik ve intersertal yapıda olup çoğun plajiyoklas mikrolitleri ve volkanik camdan oluşan bir hamur maddesi içinde yer alan biyotit, ojit, hornblend ve plajiyoklas fenokristallerinden meydana geldikleri saptanmıştır. Kayaçlarda yer yer bozuşma vardır.

Beşiktepe köyü yakınından alınan Üst Miyosen yaşlı lav, trakiandezit türde olup, camsı bir hamur içinde yer alan çoğun plajiyoklas ve piroksen, yer yer de biyotit ve olivin fenokristallerinden oluşmuştur. Genellikle hemikristalin porfirik, yer yer hyalopilitik dokuda olup camsı hamur yer yer de plajiyoklas mikrolitleri içermektedir. Piroksenler bol miktarda olup, ojit ve hipersten olmak üzere iki türdedirler. Plajiyoklaslar yer yer bozuşmuş ve zeolit, serisit gibi ikincil mineraller oluşmuştur. Ojitler de kısmen bozularak uralitleşmiş ve kloritleşmişlerdir. Olivinler de yer yer bozularak serpantin, klorit ve iddingsite dönüşmüşlerdir. Lavlar koyu renkli olup, arazide bazalt görünümlüdürler.

Harala köyü yakınından alınan Pliyosen yaşlı en genç lav ise bazaltik türde olup mikrolitik ve porfirik dokulu ve genellikle plajiyoklas mikrolitleri içeren camsı bir hamur içinde yer alan çoğun olivin, ojit ve plajiyoklas fenokristallerinden oluşmuştur. Yer yer karbonatlaşma ve kloritleşme göstermektedir.

Volkanitlerin kimyasal analizleri göz önüne



Şekil 3 Volkanitlerin Le Bass ve diğerleri (1986)'ne göre adlandırılmaları.

Figure 3 Nomenclature of the volcanics according to Le Bass et al (1986).

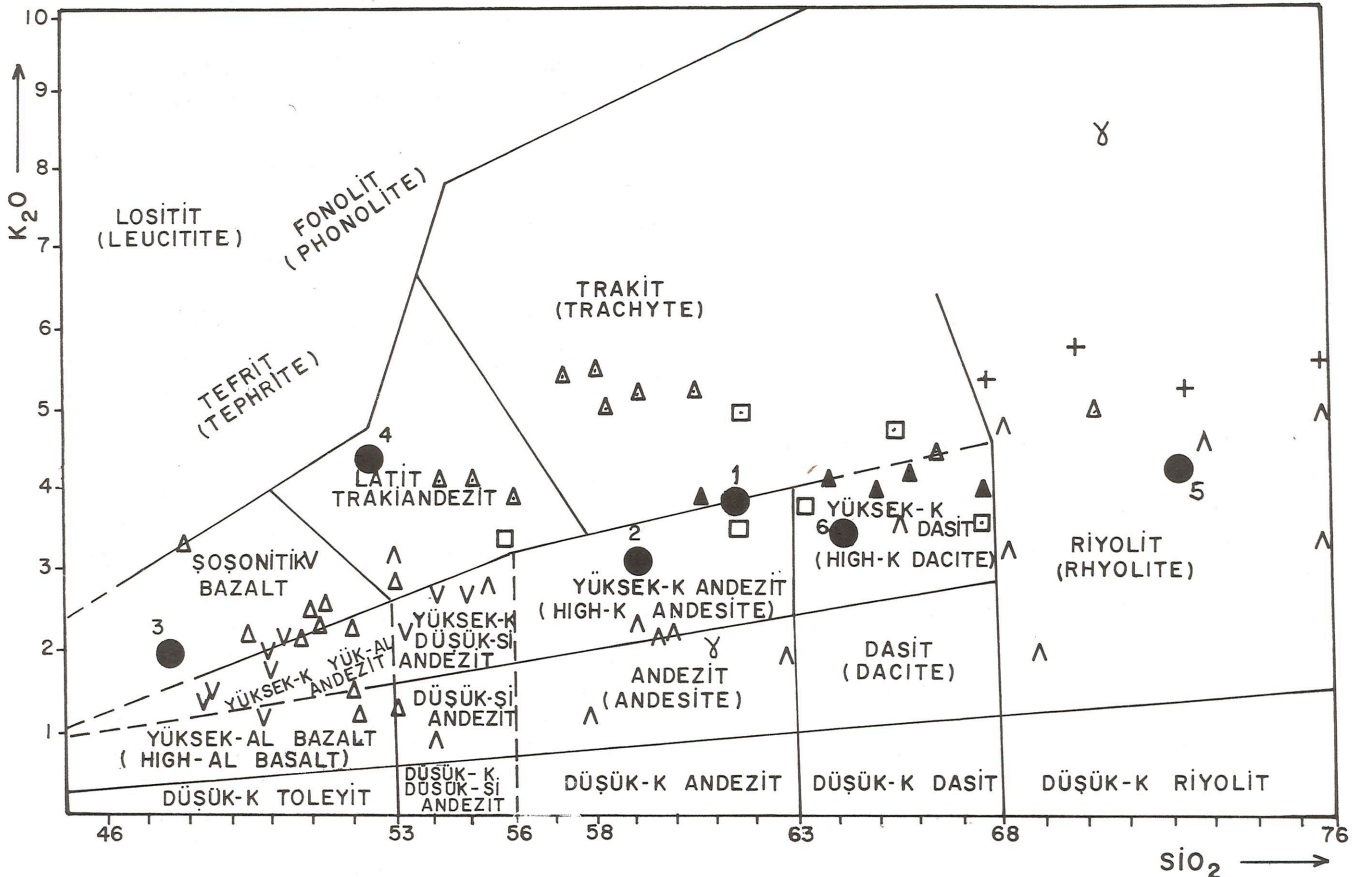
alınarak (Tablo 1) sınıflandırma ve adlandırmaları da yapılmıştır. Lavların alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) ve SiO_2 içeriklerine göre sınıflandırmaları yapıldığında (Şekil 2), Irvine ve Baragar (1971)-Macdonald ve Katsura (1964) ve Kuno (1960) ayırım hatları göz önüne alındığında, Oligosen yaşlı andezitik volkanitlerin subalkalen, Üst Miyosen yaşlı trakiandezitik lavın alkalen-subalkalen sınırında yer aldığı ortaya çıkmaktadır. Diyagrama Yunanistan ve Bulgaristandaki Oligosen yaşlı volkanizmanın çeşitli evrelerinden ve değişik bölgelerden temsilci örneklerin kimyasal analizleri de taşınmış ve bunların, çoğunlukla subalkalen, Doğu Rodoplar ve Batı Trakya'dan alınan bazı örneklerin de ender olarak alkalen-subalkalen sınırında ve hafif alkalen özellikler taşıdıkları belirlenmiştir.

Lavların yine alkali ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) ve SiO_2 içeriklerine göre Le Bass ve diğerleri(1986) ne göre adlandırılmaları yapılacak olunursa (Şekil 3), Oligosen yaşlı olanların andezit, Üst Miyosen yaşlı olanın Bazaltik Trakiandezit, Pliyosen yaşlı olanın ise bazalt alanında yer aldıkları görülmektedir. Bulgaristan ve Yunanistan'daki Oligosen yaşlı

volkanitlerin ise genellikle kalkalkalen nitelikli ve bazalt-andezit-dasit ve riyolit alanlarında yer aldıkları ortaya çıkmaktadır.

Volkanitlerin, Peccerillo ve Taylor (1976), Barberi ve diğerleri (1974) ve Di Giralomo(1984) dan modifiye edilerek hazırlanan $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diyagramında (Şekil 4) Oligosen yaşlı olanların Yüksek Potasyumlu andezit türde olup, Yüksek Potasyumlu Kalkalkalen nitelikte; Üst Miyosen yaşlı olanın trakiandezit(latit) türde ve Şoşonitik nitelikte; Pliyosen yaşlı olanın ise bazalt alanında ve şoşonitik-alkali nitelikte olduğu belirlenmektedir. Bulgaristan ve Yunanistandaki Oligosen yaşlı volkanitlerin de çoğunlukla Yüksek Potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikte oldukları, toleyitik nitelikli hiçbir örneğin bulunmadığı ortaya çıkmıştır.

Böylece Trakya'daki Senozoyik yaşlı volkanizmanın Oligosen yaşlı evrelerinin yüksek potasyumlu kalkalkalen, Üst Miyosen yaşlı olanın Şoşonitik nitelikte olduğu belirlenmiştir. Pliyosen yaşlı olan bazaltik örnek ise alkalen-kalkalkalen sınırında yer alıp, daha çok alkalen eğilim göster-



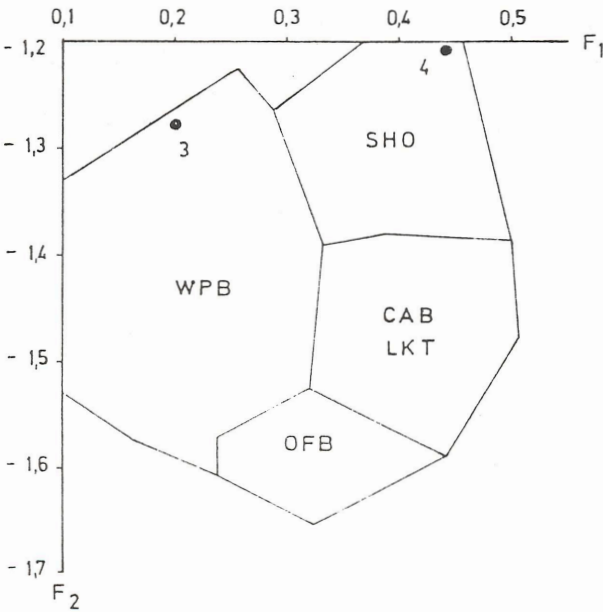
Şekil 4 Volkanitlerin $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ diyagramı.

Figure 4 $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ diagram of the volcanics

mektedir. Esasen Üst Miyosen yaşlı bazaltik trakiandezit türde lav ile Pliyosen yaşlı bazaltik lavın kimyasal analizleri göz önüne alınarak F1 ve F2 parametreleri hesaplanıp Pearce (1976) diyagramına yerleştirildikleri zaman (Şekil 5), Üst Miyosen yaşlı ve şoşonitik nitelikte olanın şoşonitik alanına, Pliyosen yaşlı olanın da Plaka İçi Bazaltlar alanına düştüğü görülür. Şoşonitik lavlar alkali-SiO₂ diyagramlarında alkalen bölgede yer aldıklarından (Morrison, 1980) Üst Miyosen yaşlı örnek, Şekil 2 deki diyagramda alkalen alan içinde yer almıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Trakya'daki Senozoyik volkanizması Orta-Üst Eosen'de etkin olmaya başlamış ve bu etkinlik olasılıkla Pliyosen sonlarına kadar sürmüştür. Bu geniş zaman aralığında 3 ana grup volkanizma saptanmıştır. Başlangıçta Üst Eosen-Alt Miyosen



Şekil 5 Bazik volkanitlerin Pearce (1976) diyagramı

- WPB : Levha içi bazaltları
- OFB : Okyanus tabanı bazaltları
- LKT : Düşük potasyumlu toleyitler
- CAB : Kalkalen bazaltlar
- SHO : Şoşonitler

Figure 5 Pearce (1976) diagram of the basic volcanics.

- WPB : Within plate basalts
- OFB : Ocean-floor basalts
- LKT : Low potassium tholeiites
- CAB : Calc-alkali basalts
- SHO : Shoshonites

arasında kalkalkalen ve yüksek potasyumlu kalkalkalen (salt Bulgaristan'da yer yer de şoşonitik nitelikte) ve genel olarak andezit, dasit, riyodasit ve riyolit türde (Keşan çevresinde Üst Oligosen'de trakitik türde) volkanik kayalar meydana gelmişlerdir. Bunlar genellikle kabuk kökenli olup, şoşonitlerin varlığı yer yer mantonun etkilerini de gösterir. Volkanizma, bölgede Eosen sonuna doğru Afrika ve Avrasya kıtalarının çarpışması sonucunda kabuk ergimesiyle ve manto malzemesinin bulaşmasıyla meydana gelmiştir. (Fytikas ve diğerleri, 1980 ve 1984; Ercan ve Günay, 1985; Ercan ve Gedik, 1986). Tüm Oligosen devri boyunca en yoğun şekilde etkin olan bu volkanitlerin Yunanistan'daki yüzlelerinde Innocenti ve diğerleri (1984) jeokimyasal ve petrografik incelemeler yaparak, bunların bir orojenik volkanit topluluk olduklarını ve aktif bir kıta kenarında oluştuklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bölgede Eosen öncesinde Afrika plakasının Avrasya plakasının güney kenarı altına kuzeye doğru dalmasıyla oluşan bir yitim zonunun bulunduğunu, Avrasya plakasının güney kenarının bir aktif kıta kenarı özellikleri gösterdiğini ve Eosen sonuna doğru iki kıtanın çarpıştıklarını belirterek, Üst Eosen-Oligosen volkanitlerinin Okyanusal kabuk kökenli olup, bir aktif kıta kenarı üzerinde oluştuklarını öne sürmüşlerdir. Aktif kıta kenarı olan Trakya bölgesinde kıtasal kabuk kalınlığı Neojende etkin olan tansiyon fazına karşın 40 km. yi aşmaktadır (Makris, 1977; Le Pichon ve Angelier, 1981). Bu volkanitlerin kalın bir kabuk içinde oluştukları, bazaltik üyelerin olmayıp, ortaç ve asitik üyelerin varlığıyla da ortaya çıkmaktadır. Kalın kıtasal kabuk, ağır bazaltik magmaların yukarı çıkmasını engellemiş ve bağıl olarak düşük yoğunlukta olduğundan belki de bir yoğunluk filtresi gibi davranarak bazaltik magmaların kendisinin içinde yerleşmesine sebep olmuştur.

Marchev ve Shanov (1991) e göre, Bulgaristan ve Yunanistan'daki Üst Eosen-Oligosen yaşlı volkanik kuşak iki zona ayırtılabilir ve bu iki zonun kıtasal kabuk kalınlıkları farklıdır: 1) Doğu Rodop volkanik zonunda kıtasal kabuk 28-35 km. kalınlıkta olup volkanik kayalar ortaç-asitik bileşimdedir ve çok az bazik lav bulunmaktadır. 2) Orta Rodop Volkanik zonunda kıtasal kabuk daha kalın olup 35-52 km. arasındadır. Volkanik kayalar çoğun asitik lav ve ignimbitlerle ortaç, tekçe dayklardan oluşur. Her iki zon da yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik nitelikli volkanitleri içerir. Bölgedeki bu volkanizma Çarpışma Zonu volkanitleri (Collision Volcanism)

olarak adlandırılırlar. Ortaç ve asitik nitelikli volkanitlerin dağılımları yöresel kabuk kalınlığı ile kontrol edilmektedir. Doğu ve Orta Rodoplarda lavların potasyum içerikleri, güneyden kuzeye doğru artmaktadır (Dabovski ve diğerleri 1991; Yanev ve diğerleri, 1989; Harkovska ve diğerleri, 1989). Oligosen volkanizmasına Bulgaristan ve Yunanistanda eş yaşlı ve genelde granitik bir magmatizma da eşlik etmiştir. Volkanitlerle eşyaşlı olan plütonlarda yapılan radyometrik yaş tayinleri de bu görüşü kanıtlamaktadır (Soldatos ve Christofides, 1986; Del Moro ve diğerleri, 1988).

Trakya'da Senozoyik volkanizması, Avrasya ve Afrika plakalarının bağlı hareketleri ile ilişkili olup bunlar çarpışma ile ilişkili orojenik volkanitler grubundandır. Üst Eosen-Üst Oligosen yaşlı olan yaygın alanlarda görülen volkanitler, çarpışma (Collision) volkanizması; Üst Miyosen-Üst Pliyosen yaşlı olan ve ender alanlarda küçük yüzlekler şeklinde görülen volkanitler ise Çarpışma Sonrası (Post-Collision) volkanizması olarak nitelendirilmelidirler. Afrika plakasının, Avrasya plakası altına kuzeye doğru gelişen yitim olayı, her iki plaka arasındaki çarpışmadan sonra durmuş olmalıdır. Ancak bazı araştırmacılar (Dewey ve Burke, 1973; Aubouin, 1973; Mattauer, 1983) çarpışma işlemi boyunca, dalan plakanın alt kabuğunun (bazaltik tabaka) ayrılarak koptuğunu, yitim zonu boyunca hareketin devam ettiğini ve bu sırada plakanın üst tabakasında (granitik tabaka) çarpışma yönünde büyük napların oluştuğunu öne sürmektedirler. Bu tür alanlarda geniş yer kaplayan metamorfik kuşaklar yer almaktadır. Sonuçta, kabuk ta kalınlaşmakta ve 40-45 km. kalınlığa erişmektedir (Yosifov ve diğerleri, 1980). Ege Bölgesinde bu yitim, çarpışma ve volkanizma ilişkisini betimleyen ve Yanev ve diğerleri (1989) dan alınan Şekil 6 da bu durum ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

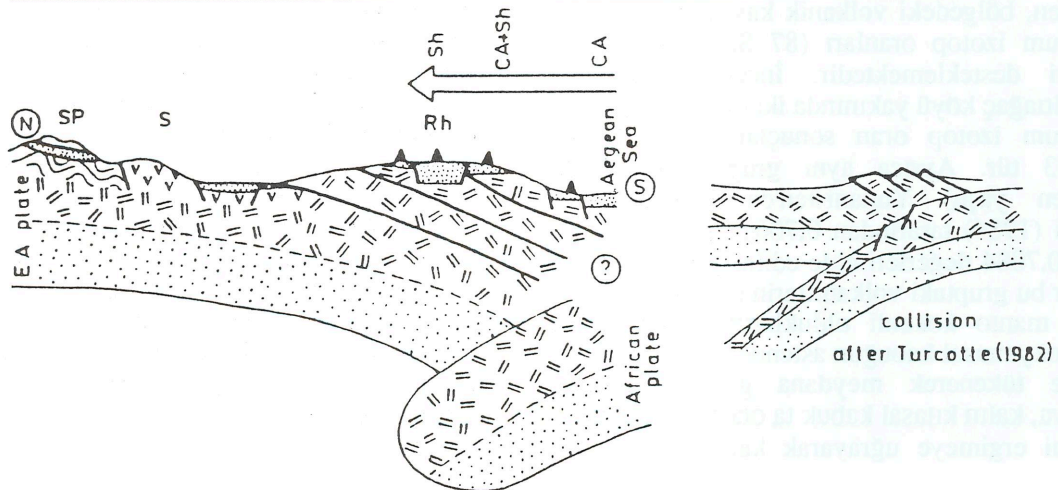
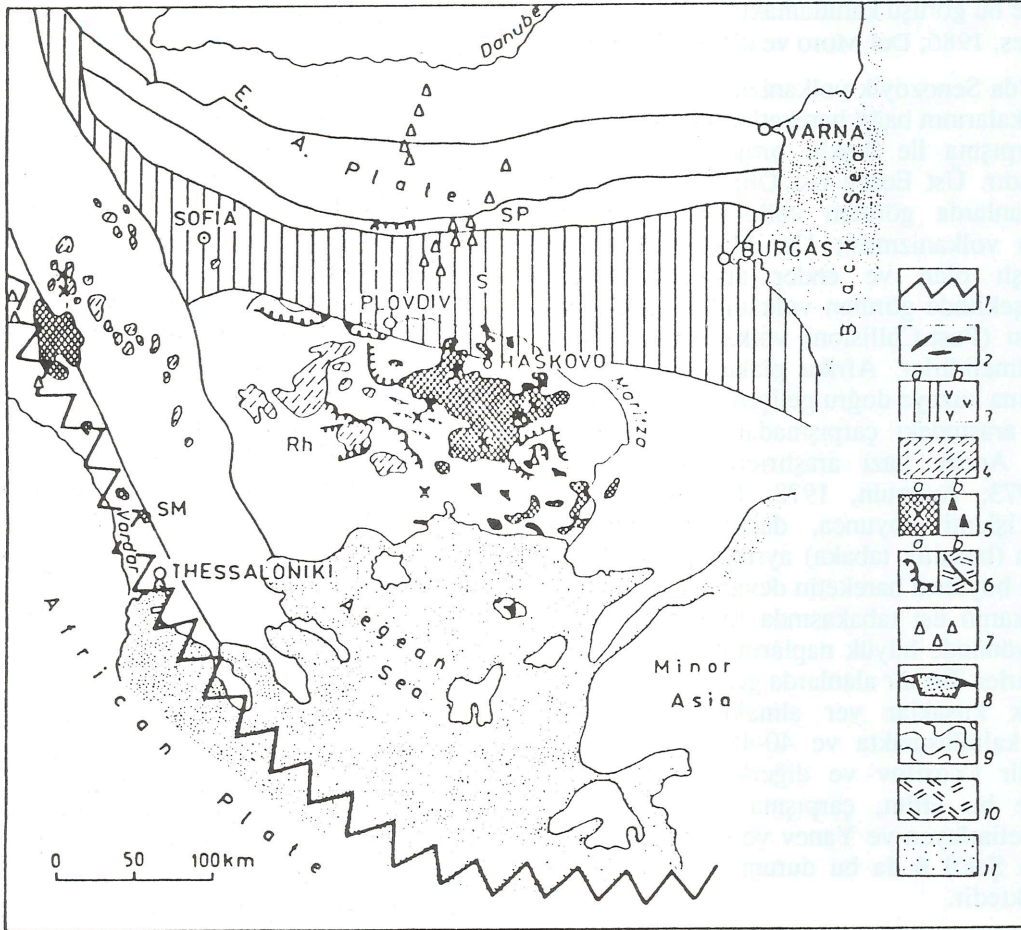
Esasen, bölgedeki volkanik kayalarda ölçülen stronsiyum izotop oranları ($87\text{ Sr}/86\text{ Sr}$) de bu görüşleri desteklemektedir. İnceleme alanında Büyükaltağ köyü yakınında iki örnekte saptanan stronsiyum izotop oran sonuçları 0,705814 ve 0,705853 tür. Ayrıca aynı grup volkanitlerde (Oligosen yaşlı) Yunanistan'da Innocenti ve diğerleri (1984) tarafından 0,7064-0,7075-0,7077-0,7081-0,7084 değerleri elde edilmiş olup, tüm bu sonuçlar bu gruptaki volkanitlerin öncelikle kabuk, kısmen manto kökenli olduklarının kanıtıdır. Ancak, okyanusal kabuğun astenosfer içinde ergiyerek ve tükenerek meydana getirmiş olduğu magmaya, kalın kıtasal kabuk ta olasılıkla derinlerde kısmi ergimeye uğrayarak karışmıştır ve bu

magma volkanik kayaları meydana getirmiştir. Ayrıca, güneydoğu Bulgaristan'da, Yunanistan sınırına yakın olan yerlerde En Üst Oligosen yaşlı ve şošonitik nitelikte volkanitler de saptanmıştır. Marchev ve diğerleri (1985), bu volkanik kayalarda petrokimyasal çalışmalar yaparak volkanitlerin % 54,5 - 76,5 oranında SiO_2 kapsamlı ve şošonit, latit, trakit, kuvarslatit, kuvarstrakit ve riyolit türde lavlar olduklarını saptamışlar ve oluşumları için manto ve kabuk karışımının gerekliliğini savunmuşlardır. Bu durumda, geniş anlamda, tüm Trakya'daki Üst Eosen-Üst Oligosen yaşlı (çoğun Oligosen) volkanitlerin genellikle kabuksal, kısmen manto kökenli, yer yer ise (güney Bulgaristan'da olduğu gibi) kabuk ve manto karışımı kökenli oldukları ortaya çıkmaktadır. Marchev ve diğerleri (1985) lavlarda yaptıkları stronsiyum izotop oranı ölçüm çalışmalarının ($87\text{ Sr}/86\text{ Sr}$) şošonitik ve latitik lavlarda 0,7076 dan başlayıp, riyolitlerde 0,7099'a değin arttığını belirtmekte ve bu sonuçlarla birlikte oksijen izotop ölçümü sonuçlarının da bu volkanitleri oluşturan magmanın, melez bir magma olup, manto ile kabuksal materyal karışımı sonucunda oluştuğunu öne sürmektedirler. Güneydoğu Bulgaristandakilerin yanısıra, Trakya yarımada-sının güneyinde Ayvalık çevresinde de şošonitik nitelikte, latit türde ve Oligosen yaşlı volkanitlerin varlığı da saptanmış (Ercan ve diğerleri, 1985 ve 1986) ve lavlarda yapılan radyometrik yaş belirlemesi ile $31,4 \pm 0,4$ milyon yıllık (Üst Oligosen) bir sonuç elde edilmiştir.

Üst Oligosen'den itibaren özellikle Üst Miyosen boyunca Trakya'da etkin olan volkanizma ise genellikle küçük yüzlekler şeklinde ve şošonitik niteliktedir. Bölgede, Üst Eosen-Alt Miyosen arasında oluşan kalkalkalen volkanizma, Üst Miyosen'den itibaren yüzlek vermemiştir. İnceleme alanında Beşiktepe'deki volkanitlerden alınan trakiandezitik türdeki şošonitik örnekte yapılan stronsiyum izotop oranı ölçümü ile 0,708839 değeri elde edilmiştir. Batı Anadolu ve Yunanistan'da Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı şošonitik nitelikte volkanitlerin varlığı son yıllarda yapılan çalışmalarla belirginleşmiştir. Örneğin, Yunanistan'da Makedonya'da Selanik yakınlarında Kolios ve diğerleri (1980) şošonitik nitelikte ve trakiandezit, latit ve trakit türde lavlar saptamışlar ve yaptıkları radyometrik yaş belirlemeleri ile 1,8 milyon yıl-5 milyon yıl arasında değerler elde ederek bunların Pliyosen yaşlı olduklarını ortaya çıkartmışlardır. Pe-piper (1980) Midilli adasında Üst Miyosen yaşlı yüksek potasyumlu kalkalkalen lavlarla birlikte yer yer de şošonitik nitelikte

lavların bulunduğunu belirterek, oluşumlarını manto diyapirlerine ve derindeki magma odalarındaki fraksiyonel kristalizasyona bağlamıştır. Fytikas ve diğerleri (1980 ve 1984), bu bölgedeki şoşonitik volkanitlerin, kimi yerlerde kalkalkalen nitelikli volkanitlerle yersel ve zamansal geçişli olmalarına karşın, esas olarak Afrika ve Avrasya kıtaları arasındaki kıtasal çarpışmayı izleyen ve

giderek zayıflayan kalkalkalen volkanizmanın son aşamalarında meydana geldiklerini belirtmektedirler. Kuzey Ege ve Trakya'daki Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı şoşonitik volkanitler Üst Eosen-Üst Oligosen yaşlı kalkalkalen ve yüksek potasyumlu kalkalkalen volkanitler gibi kabuk kökenli volkanitlerden olmayıp; bunların kaynağı olasılıkla daha önceki yitim olayı sonucunda manto içinde dalan



kabuktan su alan ve hafif nadir toprak elementlerince de zenginleşen granatlı peridotitik mantodur (Kolios ve diğerleri, 1980). Manto içine dalan kabuksal malzemeyi hazmeden melez mantosal magma, bölgedeki Miyosen'den itibaren etkin olan tansiyon rejiminin oluşturduğu açılma çatlakları vasıtasıyla yeryüzeyine ulaşmakta ve şoşonitik nitelikli küçük volkanik yüzlekler oluşturmaktadır. İnceleme alanı ve çevresi, yersel tansiyon kuvvetlerin etkin olduğu, ancak esas itibarıyla Afrika ve Avrupa plakalarının sıkışma özellikleri gösterdikleri ilginç bir alandır. Bölgedeki tansiyonal kuvvetlerin etkinliği ise, Doğu Anadolu'da Arap plakası ile Anadolu plakasının çarpışmaları sonucu, Anadolu'nun, Kuzey Anadolu fayı ve Doğu Anadolu fayı gibi iki adet doğrultu atımlı fay boyunca batıya doğru kayması vasıtasıyla (Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1980) ortaya çıkmaktadır.

İnceleme alanında Pliyosen'de etkin olan ve küçük yüzlekler şeklinde izlenen bazaltik volkanizma ise manto kökenli ve alkali niteliktedir. Harala köyü yakınlarından alınan bazaltik bir örmekte ölçülen 87 Sr/86 Sr oranının 0,703593 olması da manto kökeni ve alkali niteliği kanıtlar. Üst Miyosende etkin olan ve şoşonitik volkanitleri oluşturan kabuk ve manto karışımı melez magma, zamanla giderek tükenmiş ve Pliyosen'de manto kökenli alkali bazaltlar meydana gelmeye başlamışlardır. Bazaltik volkanitleri oluşturan magma da, şoşonitik volkanitleri oluşturan magma gibi tansiyon kuvvetleri ile meydana gelen çatlak zonlarından yeryüzeyine ulaşmıştır. Böylece, Batı Anadolu'da geniş bir alan kaplayan Senozoyik volkanizmasının evrimi ile (Ercan ve diğerleri, 1985) Trakya'daki Senozoyik volkanizmasının evriminin benzer özellikler taşıdıkları ortaya çıkmaktadır. Ancak, Trakya'da en son evrede oluşan Pliyosen yaşlı bazaltik volkanitlerin, Batı

Şekil 6 Balkan yarımadasının Doğu kesiminde Paleojen yaşlı çarpışma zonu ve ilişkili volkanitleri gösteren şematik harita ve enine kesit (Yanev ve diğerleri, 1989'dan).

- 1 - Tetis Paleookyanusunun kalıntıları
- 2 - Jura-Kretase çökelleri ve bazik volkanitleri
- 3 - Üst Kretase yaşlı ada yayı magmatizması ve Srednogorie Zonu: a) Harita b) Kesit
- Paleojen Yaşlı Çarpışma Zonu
- Volkanitleri:
- 4 - Asit Volkanitler
- 5 - Ortaç ve Asit volkanitler: a) Harita (Hipabisal intruzyonlar çarpı işaretiyle gösterilmişlerdir) b) kesit
- 6 - Metamorfik Temeldeki naplar: a) Harita b) Kesit
- 7 - Neojen yaşlı çarpışma sonrası Plaka içi alkali Bazaltlar ve Ultrabazik volkanitler
- 8 - Paleojen yaşlı Graben Havzaları
- 9 - Kıvrımlanmış Stara Planina zonu
- 10 - Üst kabuk
- 11 - Alt kabuk
- SM : Serbo-Makedoniyen Masifi
- Rh : Rodop Masifi
- S : Srednogorie
- SP : Stara Planina
- EA : Avrasya Plakası

NOT: Kesitteki ok işareti, şoşonitik Paleojen volkanitlerinin artış miktarının yönünü göstermektedir (CA: Kalkalkalen, Sh: Şoşonitik).

Figure 6 Schematic map and a cross section of the zone of Paleogene collision and the associated volcanics in the eastern part of the Balkan Peninsula. 1 = Remains of the Tethys paleocean 2 = J-Cr sediments and basic volcanics; 3 = The Srednogorie zone Upper Cretaceous island-arc magmatism, a = on the map, b = in the section; Paleogene collision magmatism: 4 = acid volcanics, 5 = intermediate and acid volcanics: a = on the map (hypabysal intrusions marked with crosses), b = in the section; 6 = nappes in the metamorphic basement a = on the map, b = in the section; 7 = Neogene post-collision within-plate transitional and alkaline basalts and ultrabasic volcanics. 8 = Paleogene graben basins; 9 = the folded Stara Planina zone; 10 = "upper" crust; 11 = "lower" crust. Tectonic units: SM = Serbian-Macedonian massif; Rh = Rhodopian massif; S = Srednogorie; SP = Stara Planina; EA = Eurasian plate.

Note: The arrow in the section shows the increasing volume of the shoshonitic Paleogene volcanics (CA = calc-alkaline, Sh = shoshonitic).

Anadolu'daki genç bazaltik volkanitler (Örneğin Kula bazaltları; Ercan, 1982) kadar aşırı alkali olmamaları ve petrografik açıdan gösterdikleri farklılıklar, Trakya volkanitlerinde daha ayrıntılı çalışmalar yapılmasının gereğini göstermektedir.

Sonuç olarak, Trakya'da Senozoyik volkanizması Orta Eosen'den sonra oluşmaya başlamış Çarpışma türü bir volkanizmadır. Başlangıçta kabuk ağırlıklı (manto ve kabuk karışımı) ortaç kalkalkalen volkanik ürünler meydana gelmiş, (Üst Eosen-Oligosen), daha sonra kabuk etkisi artmış ve Üst Miyosen yaşlı, Stronsiyum izotop oranları daha yüksek olan trakiandezit türde şoşonitik nitelikte lavlar, en sonra da kabuksal kirlenmeye en az uğramış olan Pliyosen yaşlı alkali nitelikli bazaltik volkanizma yüzlekler vererek volkanik evrim tamamlanmıştır.

KATKI BELİRTME

Yazar, çalışmalarını sırasında yardımcı olan ve araziden volkanik kayaç örneklerini sağlayan MTA Jeoloji Dairesinden Müslim Ateş'e; volkanik kayaçların Stronsiyum izotop ölçümlerini yapan ODTÜ'den Dr. Nilgün Güleç'e ve majör element kimyasal analizlerini sonuçlandıran MTA Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesinden Ercan Alpaslan, Tülin Kavlakoğulları ve Tanıl Akyüz'e teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Auboin, S., 1973, Des tectoniques superposees et de leur signification par rapport aux modeles geophysiques; l' exemple des Dinarides: Bull. Soc. Geol. France, 15, 426-460.
- Barberi, F., Innocenti, F., Ferrara, G., Keller, J. ve Villari, L., 1974, Evolution of the Aeolian arc volcanism (Southern Tyrrhenian Sea): Earth. Planet. Scien. Lett., 21, 269-276.
- Boncev, E., 1978, The post-Lutetian turning point in the evolution of the Balkanide mobile area: Geologica Balcanica, 8/3, 25-36.
- Bozkov, P., Petrov, P., Stoeva, V., Boikov, D. ve Lilov, D., 1985, New data on the volcanism in Glogovica graben (Kraiste): Rew. Bulgar. Geol. Soc., 46/I, 84-91.
- Chatzidimitriadis, E., 1973, Geologish lagerstat tenkundlich studie die perlitvolken von den gebieten Dhadia, Westthraziens und Kaloni der insel Lesbos: Bull. Soc. Geol. Greece, 10/2, 28-47.

- Dabovski, C., Harkovska, A., Kamenov, B., Mavrudchiev, B., Stanisheva-Vassileva, G., ve Yanev, Y., 1991, A Geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria: Geol. Balcan., 21/4, 3-15.
- Del Moro, A., Innocenti, F., Kyriakopoulos, C., Manetti, P., ve Papadopoulou, P., 1988, Tertiary granitoids from Thrace (Northern Greece); Sr isotopic and petrochemical data: Neu. Jahr. Miner. Abh., 159/2, 113-135.
- Dewey, J.F. ve Burke, K.C., 1973, Tibetan, Variscan and Precambrian basement reactivation; products of continental collision: Jour. Geol., 81, 683-692.
- Dewey, J.F., ve Şengör, A.M.C., 1979, Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone: Geol. Soc. Amer. Bull., 90, 84-92.
- Di Giralomo, P., 1984, Magmatic character and geotectonic setting of some Tertiary-Quaternary Italian volcanic rocks; Orogenic, anorogenic and transitional association-A review: Bull. Volcan., 47/3, 421-432.
- Eleftheriadis, G. ve Lippold, H.J., 1984, Altersbestimmungen Zum Oligozanen Vulkanismus der Sud-Rhodopen Nord-Griechenland: N. Jb. Geol. Paleont. Mh., 1984/3, 197-191.
- Eleftheriadis, G., Christofides, G. ve Kassoli-Fournaki, A., 1984, Geochemistry of the High-K Calc-alkaline Basaltic sills and dykes in the South Rhodope Massif (N. Greece): Bull. Volcan., 47/3, 569-579.
- Eleftheriadis, G. ve Christofides, G., 1980, Rhyolitic dykes south of Kymi village (Thrace, N. Greece): Geologica Balcanica, 10/2, 71-78.
- Ercan, T., 1979, Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik volkanizması: Jeoloji Mühendisliği Derg., 9, 23-46.
- Ercan, T., 1982, Kula yöresinin Jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi: İstanbul Yerbilimleri Derg., 3, 77-124.
- Ercan, T., Satır, M., Kreuzer, H., Türkecan, A., Güney E., Çevikbaş, A., Ateş, M. ve Can, B., 1985, Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal, izotopik ve radyometrik verilerin yorumu: Türkiye Jeol. Kur. Bül. 28/2, 121-136.

- Ercan, T. ve Günay, E., 1985, Kuzeybatı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Oligomiyosen yaşlı volkanizmanın gözden geçirilişi: Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 5, 119-139.
- Ercan, T. ve Gedik, A., 1986, Karadeniz ve Trakya'da yapılan derin sondajlardan alınan karotlardaki volkanik kayaların petrolojisi ve volkanizmanın bölgesel yayılımı: Jeomorfoloji Derg., 14, 39-48.
- Ercan, T., Satır, M., Türkecan, A., Akyürek, B., Çevikbaş, A., Günay E., Ateş, M. ve Can, B., 1986, Ayvalık çevresinin jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi: Jeoloji Mühendisliği Derg., 27, 19-30.
- 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.
- 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, J.E. Dixon ve A.H.F. Robertson, Ed., Geological Society Special Pb., 17, 687-699.
- Georgalas, G., 1950, Beitrage zur kenntnis eignier jungtertiärer erüptivgesteine der insel İmbros: Bull. Volcan., 10, 78-89.
- Harkovska, A., 1983, Spatial and temporal relations between volcanic activity and sedimentation in the stratified Paleogene from the central parts of Mesta graben (SW Bulgaria): Geologica Balcanica, 2, 3-20.
- Harkovska, A., Yanev, Y. ve Marchev, P., 1989, General Features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria: Geol. Balcan; 19/1, 37-72.
- 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., Kolios, N., Manetti, P., Mazzuoli, R., Rita, F., ve Villari, L., 1984, Evolution and geodynamic significance of the Tertiary orogenic volcanism in northeastern Greece: Bull. Volcan., 47/1, 25-37.
- Kopp, K.O., 1964, Geologie Thrakiens V: Ergolgeologische bedingungen mit bemerkungen zum studium prachische geologie; Erdol und kohleerdgas-petrochemie; 17, JAHRG, 9.
- Kopp, K.O., Pavoni, N. ve Schindler, C., 1969, Das Ergene-Becken: Beih. Geol. Jb., 76, 136 s.
- Kuno, H., 1960, High-alumina basalt: Journal of Petrology, I, 121-145.
- Kolios, N., Innocenti, F., Manetti, P., Peccerillo, A., ve Giuliani, O., 1980, The Pliocene volcanism of the Voras Mts. (Central Macedonia, Greece): Bull. Volcan., 43/3, 553-568.
- Le Bass, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., ve Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram: Journal of petrology, 27/3, 745-750.
- Le Pichon, X. ve Angelier., J, 1981, The Aegean Sea: Phil. Trans. Roy. Soc. London, A 300, 357-372.
- Lebküchner, R.F., 1974, Orta Trakya Oligoseninin jeolojisi hakkında: MTA Derg., 83, 1-29.
- Lilov, P., Yanev, Y. ve Marchev, P., 1987, K/Ar dating of the Eastern Rhodope Paleogene magmatism: Geol. Balc., 17, 49-58.
- Liatsikas, N., 1983, Beitrage zur kenntnis der Jungtertiären erüptivgesteine in ter umgebung von Fere (West Thrazien): Prakt. Ac. Athen, 13, 45-74.
- Macdonald, G.A. ve Katsura, J., 1964, Chemical composition of Hawaiian lavas: Journal of Petrology, 5, 82-133.
- Makris, J., 1977, Geophysical investigations of the Hellenides: Hamb. Geophys. Einzelchr., 34, I-124.
- Marchev, P., Andreev, A., Lilov, P., Popov, M., ve Daieva, L., 1985, Petrology and geochemistry of Borovitsa shoshonitic series, Eastern Rhodope Mountains, Bulgaria, : IAVCEI 1985 Scientific Assembly Potassic Volcanism Mount Etna Volcano Abstracts Book.
- Marchev, P. ve Shanov, S., 1991, Potassium and silica variations in the Paleogenic-Macedonian-Rhodopean-North Aegean Volcanic Belt; Geodynamic and petrogenetic implications: Geol. Balcan., 21/2, 3-11.

- Mattauer, M., 1983, Subduction de lithosphere continentale decollement croutemonteau et chevauchement d'evhelle crustale dans la chaine de collision Hymalayenne: C.R. Acad, Sci, Paris, 296, 11, 481-486.
- Morrison, G., 1980, Characteristics and tectonic setting on the shoshonite rock association: Lithos, 13, 97-108.
- Önal, M., 1986, Gelibolu yarımadasındaki iki ana kayanın organik jeokimyası ve kil mineralleri ile incelenmesi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 29/1, 97-104.
- Önal, M. ve Yılmaz, H., 1983, Gelibolu yarımadasında iki farklı yaşta fliş fasiyesindeki kil mineralleri ve gömülme derinliğine ait bazı ipuçları: Jeoloji Mühendisliği Derg., 18, 23-30.
- Palshin, I.G., Simov, S.D., Arakelyants, M.M. ve Chernyshev, I.V., 1974, Absolute age of Alpine activations in Rhodope median massif: Int. Geol. Rev., 17, 1101-1108.
- Pe-Piper, G., 1980, Geochemistry of Miocene shoshonites Lesbos, Geece: Contrib. Mineral. Petrol., 72, 387-396.
- Pearce, J.A., 1976, Statistical analyses of major element pattern in basalts: Journal of Petrology, 17/1, 15-43.
- Peccerillo, A. ve Taylor, S.R., 1976, Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey: Contrib. Mineral. Petrol., 58, 63-81.
- Petrov, P., 1979, Soma features in the distribution of magmatic. hydrothermal and seismic activity in the area between Balkanides and the Aegean arc: Geologica Balcanica 7/2, 99-116.
- Saner, S., 1985, Saros körfezi dolayının çökeltme istifleri ve tektonik yerleşimi: Kuzeydoğu Ege denizi, Türkiye: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 28/I, 1-10.
- Soldatos, T. ve Christofides, G., 1986, Rb-Sr Geochronology and origin of the Elatio Pluton, central Rhodope, North Greece: Geol. Balcan., 16/1, 15-23.
- Sümengen, M. ve diğerleri, 1987, Gelibolu yarımadası ve güneybatı Trakya Tersiyer havzasının stratigrafisi, sedimentolojisi ve tektoniği: MTA Rapor No: 8128, (yayınlanmamış).
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'inn neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeol. Kur. Yayını. 40 s., Ankara.
- Ternek, Z., 1949, Geological study of the region Keşan-Korudağ: Doktora Tezi, İstanbul Üniv. Fen Fak., İstanbul, 78 s.
- Ternek, Z., 1985, 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası İstanbul paftası izahnamesi: MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Umut, M., İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Ateş, M., Karabıyıkoglu, M. ve Saraç, G., 1984, Edirne ili-Kırklareli ili-Lüleburgaz (Kırklareli ili)-Uzunköprü (Edirne ili) civarının jeolojisi: MTA Rapor no: 7604 (yayınlanmamış).
- Umut, M., 1988, Kırklareli-C 4 paftası izahnamesi: MTA Genel Müdürlüğü 1/100 000 ölçekli Açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Ankara.
- Yanev, Y., Kradzova, B. ve Andreev, A., 1983, Distribution of alkalies and genesis of the acid affusives in part of the East Rhodope Paleogene depressions: Geologica Balcanica, 3, 15-44.
- Yanev, Y., Mavroudchiev, B. ve Nedyalkov, R., 1989, Paleogene Collision-related basalts and basaltic andesites in the Eastern Rhodopes, Bulgaria: Jour. Volcan. Geoth. Res., 37, 187-202.
- Yosifov, D., Tsvetkov, A., Grigorova, E., Stavrev, P. ve Nedev, V., 1980, Main features in the structure of the Earth's crust in the Rhodope Massif: Geotec. Tectonophys. Geodyn. Sofia, 12, 27-45.
- Vgenepoulos, A., 1977, Der chemismus einiger sauren vulkanites aus dem Evrosgebist West-thrakiens, Greece: 6. Colloquium on the geology of the Aegean region; 3, 945-954.