



Kefken - Kerpe Dolayında (Kocaeli) Yüzeyleyen Volkanik Kayaçların Jeokimyasal Karakteristikleri
Geochemical Characteristics of Volcanic Rocks Around the Kefken-Kerpe Area (Kocaeli)

Dağhan ÇELEBİ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.
(dcelebi@kou.edu.tr)
Nezihi KÖPRÜBAŞI Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.

ÖZ

Bu çalışma Kefken - Kerpe dolayında (Kandıra-Kuzeyi) yüzeyleyen volkanik kayaçların jeokimyasal özelliklerini ve bölgesel jeolojisini belirlemek için yapılmıştır. Çalışma alanında bulunan en yaşlı birim Maestrihtiyen- Alt Eosen yaşlı Akveren formasyonudur. Akveren formasyonu Çangaza volkanitleri ve Sermi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Sermi kireçtaşları üzerine açılmalı uyumsuzlukla Alt - Orta Eosen yaşlı Çaycuma formasyonu gelmektedir. Çaycuma formasyonu Kumtaşı, kilttaşı, silttaşı ardalanmasıyla temsil edilmektedir. Çangaza volkanitlerine ait kayaç örnekleri üzerinde yapılan petrografik ve petrolojik çalışmalar sonucunda volkaniklerin andezit ve bazaltik andezit bileşimlere sahip oldukları görülmüştür. Volkanitlere ait 22 örneğin jeokimyasal analizleri yaptırılmış (ALS Chemex Analytical Lab. Ltd' de) ve iz elementlerin ayırtman karakteristikleri çalışma alanı içindeki volkanik kayaçların hafif kalk-alkali özellikli Ada Yayılı-Toleyitik (IAT) karakterde oldukları ve metasomatize mantonun levha yitimi sırasında kısmi ergimesi sonucu oluştuğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Andezit, Bazaltik Andezit, Kefken, Kerpe

ABSTRACT

In this study, volcanic rocks outcropped in the Kefken-Kerpe (north of Kandıra) area were investigated in terms of their geochemical and geological characteristics. The field studies undertaken around Babakoy, Kefken and Cebeci indicated that Çangaza volcanic rocks and the Late Cretaceous-Early Eocene Akveren formation also containing Sermi limestone are the main lithological units in the area. The Early-Middle Eocene Caycuma formation, composed mainly of a sandstone, siltstone and claystone sequence, overlies unconformably the older units. Petrographical and petrological analyses of Çangaza volcanic rocks show that these rocks are mainly composed of andesitic and basaltic-andesitic rock types. Major oxide geochemical analyses of 22 samples indicated that the rocks are subalkaline in character. Trace element characteristics of the volcanic rocks are consistent with an origin formed by a calc-alkaline Island Arc Tholeiitic (IAT) magma within an oceanic subduction system.

Keywords: Andesit, Basaltic Andesit, Kefken, Kerpe

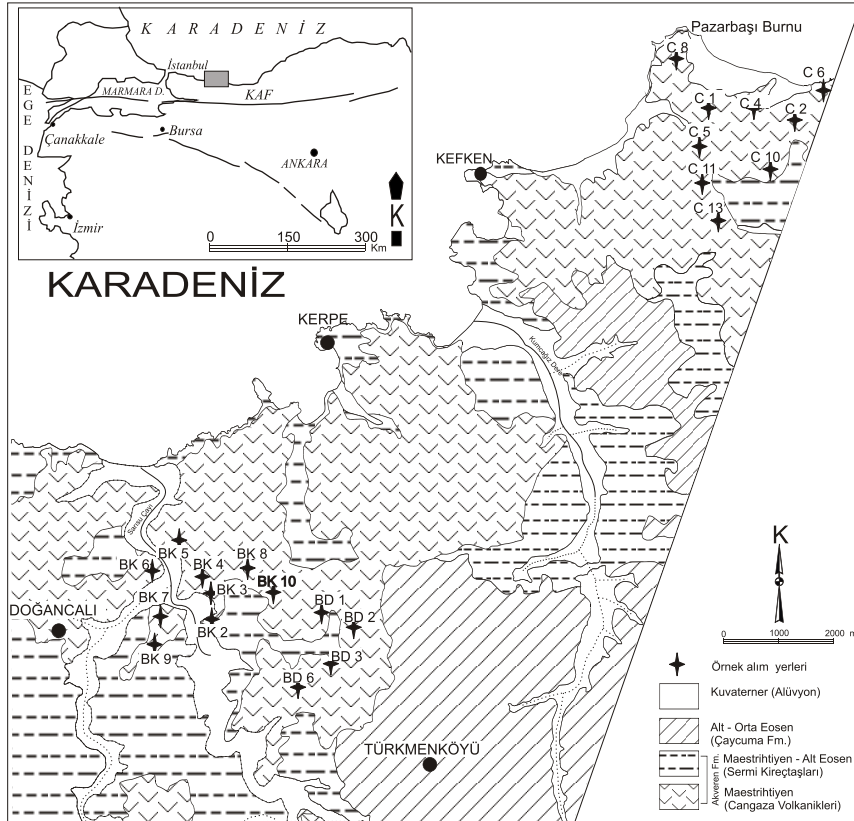
GİRİŞ

İnceleme alanı Türkiye'nin tektonik birliklerinden, Pontid kuşağı içerisinde (Batı Pontid) yer almaktadır. Pontid birliği; batıda Çekoslovakya'dan, başlayıp, Romanya, Yugoslavya ve Bulgaristan'ı geçerek Karadeniz kıyıları boyunca doğuya doğru küçük Kafkaslar ve İran üzerinden Hint platformuna kadar uzanan Alpin dağ oluşumunun bir parçasıdır. Alpin dağ oluşum sistemi, ada yayları ve kıtaların çarpışması sonucu oluşmuştur (Dewey ve Bird, 1970). Bir çarpışma orojenik kuşağı olan Alpin sistemi, eski Tetis okyanusunun yok oluşunun ürünleridir (Şengör, 1982). Alpin dağ oluşumuna ilişkin ada yayı dizisi volkanikleri, tüm bu kuşak boyunca gelişmişlerdir. Pontid'lerde Üst Kretase - Eosen yaşlı volkanitlerin, kuzeye doğru dalımlı bir yitim zonunda türedikleri Tokel (1977), Peccerillo ve Taylor (1976), Ercan ve Gedik (1983) tarafından öne sürülmüştür.

Şengör ve Yılmaz (1981), bölgede Malm' den

itibaren Tetis okyanusu açılmaya başlamış ve bu okyanusun kuzey kolunun Pontid kıtası altına dalmasıyla oluşan yitim zonunda, Pontid kıtasında Üst Kretase' den itibaren bir adayayı volkanizması gelişmeye başladığını öne sürmüşlerdir. Bu yitim zonu Alt Eosen' den itibaren, güneyde yer alan Anatolid - Torid platformu ve kuzeydeki Pontid kıtasının çarpışması sonucu (Şengör ve Yılmaz, 1981) evrimini tamamlamıştır. Bir başka deyişle, Üst Kretase' den sonra Afrika ve Arap kıtalarının kuzeye doğru hareketiyle (Peccerillo ve Taylor, 1976; Şengör ve Yılmaz, 1981; Ercan ve Gedik, 1983) ilgili olarak Kuzey Tetis okyanusu kapanmıştır.

Çalışma alanı Kocaeli ilinin kuzeydoğu kısımlarını kapsamaktadır. Bölge, Tektonik açıdan oldukça aktif bir zon olan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kuzeyinde yer alır. Bu alanda özellikle Kefken-Kerpe kıyıları boyunca çalışma alanının en yaşlı birimini oluşturan Akveren Formasyonu'na ait Çangaza volkanikleri yoğun olarak görülmektedir. (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası ve örnek lokasyon haritası,

Figure 1. Simplified geological and sampling location map of the study areas.

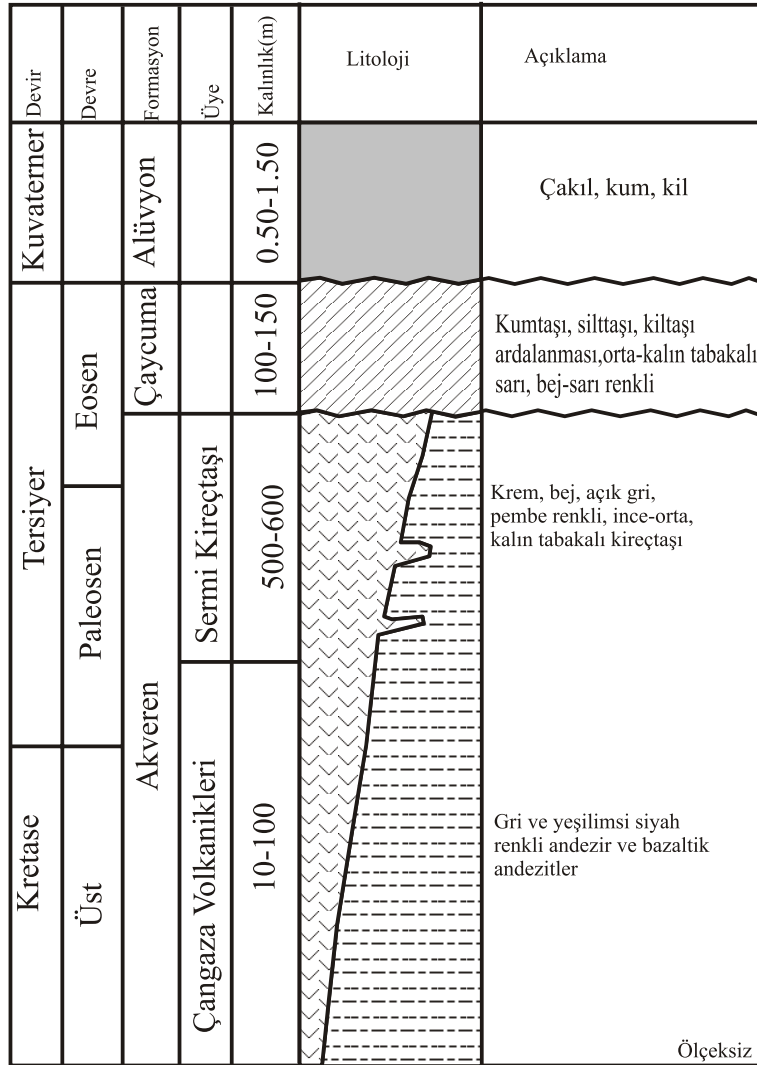
Bu birim andezit ve bazaltik andezitlerden oluşan Çangaza volkanitleri ile Sermi kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Akveren formasyonunun volkanitleri için ilk defa Yergök ve diğ. (1987), Çangaza bazalt üyesi adını kullanmışlardır. Bu çalışmada ise aynı volkanitler için Çangaza volkanitleri adı kullanılmıştır (Şekil 2).

Yer yer yastık yapıları olan birim içinde kırıntılı kireçtaşları arakatki olarak görülmektedir. Sermi kireçtaşları çalışma alanının kuzey doğusunda sahil boyunca yayılım gösterirler.

Birim, krem-bej-açık gri- pembe renkli, ince-orta-kalın tabakalıdır. Akveren formasyonu üzerine kumtaşı, silttaşı, kiltası ardalanmasından oluşan ve dereceli geçiş gösteren Çaycuma formasyonu gelmektedir.

Çaycuma formasyonuna ait kayaçlar çalışma alanının güneydoğu ve kuzeydoğu kesimlerinde yayılım gösterirler. Kumtaşı, silttaşı, kiltası ardalanmasından oluşan birim ilk defa Tokay (1954) tarafından Çaycuma formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada da aynı adlama kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz).

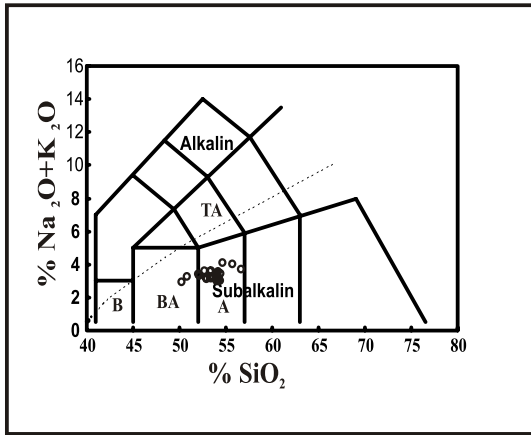
Figure 2. Generalised stratigraphic column of the study area (unscaled).

PETROGRAFİ

Çangaza volkanitlerine ait kayaç örneklerinden yapılan petrografik çalışmalar sonucunda örneklerin andezit ve bazaltik andezit bileşimine sahip oldukları tespit edilmiştir. Andezit ve bazaltik andezit türü kayaçlarda genellikle mikrolitik, mikrolitik porfirik ve hylopilitik dokular gözlenmiştir. Birincil mineral olarak, piroksen ve amfibol mineralleri, ikincil mineral olarak ise klorit, kalsit gözlenmiştir. Andezitlerde görülen plajiyoklasların andezin ve az olarak da oligoklas oldukları tespit edilmiştir. Bazaltik andezitlerde ise labrador bileşiminde oldukları görülmüştür.

JEOKİMYAVE PETROKİMYA

Alınan örnekler arasında 22 örneğin jeokimyasal analizleri ALS Chemex Analytical Laboratories Ltd.'de ana ve iz elementler için sırayla ICP-MS ve ICP-OES kullanılarak analiz ettirilmiştir. Analiz sonuçları (Tablo 1)'de verilmiştir. Le Bas ve diğ. (1986) ve Miyashiro (1978), diyagramlarına göre örneklerin tamamının subalkalen karakterli oldukları görülmektedir (Şekil 3).

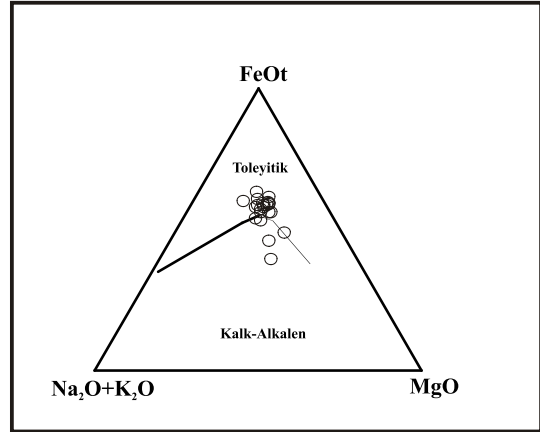


Şekil 3. Volkanik kayaçların Le Bas vd (1986)'ya göre adlandırılması (Alkalın ve subalkalin alanlar Miyashiro (1978)'den alınmıştır).

Figure 3. Classification of volcanic rocks according to Le Bas et al, (1986) (Alkaline and subalkaline fields Miyashiro (1978)).

Yine aynı örneklerin FeOt - Na₂O + K₂O - MgO üçgen diyagramında dağılımları Şekil 4.'de verilmiştir. Diyagramda örneklerin dağılımlarına bakıldığında, kayaçların büyük bölümü Irvine -

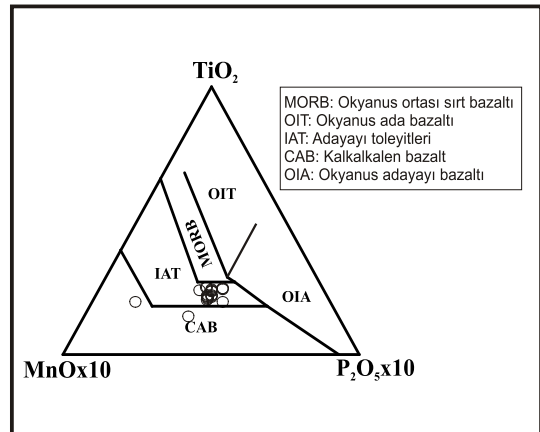
Baragar (1971)'in belirlediği Toleyitik - Kalk alkalen ayırım çizgisinin üst kısmındaki toleyitik bölgede bulunurken, yalnızca iki örneğin kalk - alkalen alana düştüğü görülmektedir.



Şekil 4. Irvine ve Baragar (1971) diyagramı üzerinde Çangaza volkanitlerine ait örneklerin dağılımı.

Figure 4. Distribution Distribution of the samples from the Çangaza volcanic rocks on an Irvine and Baragar (1971) diagram.

Çangaza volkanitlerine ait örnekler Şekil 5.'deki TiO₂ - MnOx10 - P₂O₅x10 Mullen, (1983) üçgen diyagramında değerlendirildiğinde büyük çoğunluğunun adayayı toleyitik (IAT) alanda buldukları gözlenmektedir.



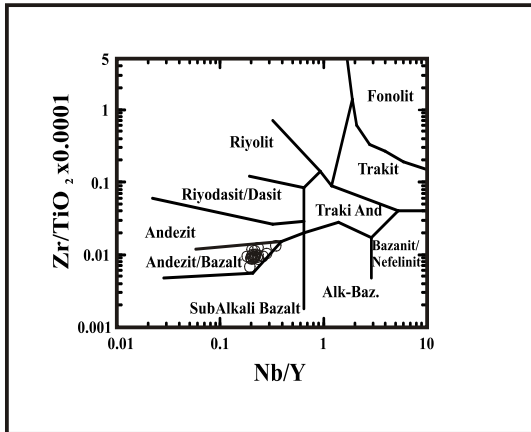
Şekil 5. TiO₂ - MnOx10 - P₂O₅x10 diyagramı Mullen (1983) üzerinde Çangaza volkanitlerine ait örneklerin dağılımı.

Figure 5. Distribution of the samples from the Çangaza volcanic rocks on a TiO₂ - MnOx10 - P₂O₅x10 Mullen, (1983) diagram.

Volkanitlere ait örneklerde K_2O/Na_2O oranları da ele alınmış olup, bu oranların volkanik kayaların nitelikleri konusunda bazı veriler belirledikleri saptanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla K_2O/Na_2O içeriğinin, volkanik kayalarda oluşum koşulları ve kimyasal niteliklerinde bazı ayırtman özellikler gösterdiği saptanmıştır (Keskin ve diğ., 2003). Örneğin, Jakes ve White (1972), toleyitik volkanitlerde K_2O/Na_2O oranının yaklaşık 0,35 ve daha az, ada yayı kalkalkalen volkanitlerinde 0,35 - 0,75, şoşonitik ve alkali lavlarda ise 1,00 'den daha büyük olduğunu saptamışlardır (Ercan ve Gedik, 1983). Bu bulgular, çalışma alanındaki volkanik kayaların analiz sonuçlarına uyarlandığında, Çangaza volkanitlerinin Şekil 3,4,5'le uyumlu olarak hafif kalkalkalin ve toleyitik nitelikli oldukları görülmüştür.

İz Element Jeokimyası

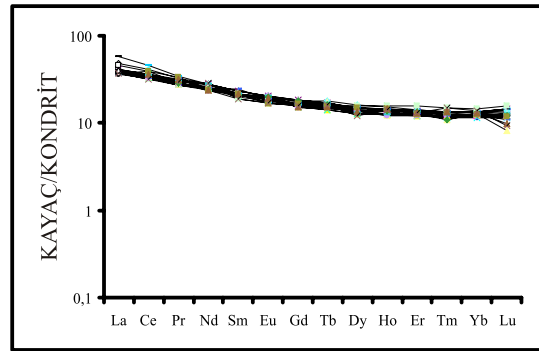
Çangaza volkanitlerinin tektonik oluşum ortamlarını, kimyasal özelliklerini ve benzeri ayırtman özelliklerini araştırmak amacıyla K, Rb, Sr, Ba gibi geniş yonlu litofiller (LIL), La, Ce, Nd gibi hafif nadir toprak elementler (LREE) ve Ti, Zr, Nb, Y gibi yüksek alan güç katyonlarını (HFS) içeren uyumsuz elementler çeşitli diyagramlarda kullanılmıştır. Kayaç adlamasında kullanılmak üzere, ana elementlerin yanı sıra Ti, Zr, Nb ve Y gibi iz element analiz değerlerinin kullanımıyla hazırlanan diyagramlar (Winchester ve Floyd, 1977), dikkate alındığında, örneklerin tümüyle andezit - bazalt bölgesinde yer aldığı gözlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Çangaza volkanik örneklerinin $Zr/TiO_2 \times 0.0001$ Nb/Y, diyagramında Winchester ve Floyd (1977) dağılımı.

Figure 6. Distribution of the samples from the Çangaza volcanic rocks on a $Zr/TiO_2 \times 0.0001$ Nb/Y Winchester and Floyd (1977) diagram.

Çangaza volkaniklerine ait örneklerin nadir toprak element (REE) değerlerinin, Sun ve McDonough (1989) kondirit değerlerine göre normalize edilmesiyle hazırlanan diyagramda (Şekil 7), hafif nadir toprak elementlerin (LREE) tüm örneklerde belirgin şekilde zenginleştiği görülmektedir. Aynı örneklerin Şekil 8'de ki Sun ve McDonough (1989)'a göre normalize edilmiş Kayaç / N-MORB diyagramı incelendiğinde, LREE (La, Ce, Nd) ve LILE (Rb, Ba, K) elementlerinde zenginleşme, HFS elementlerde (Hf, Ti, Ta, Nb) ise negatif anomaliler verdiği gözlenmektedir. Tespit edilen bu özellikler sonucunda Çangaza volkanikleri, levha yitimine bağlı olarak oluşan adayayı toleyitik (IAT) grubu kayalar olarak değerlendirilmiştir. Aynı örneklerin, Pearce ve Cann (1973) tarafından önerilen Ti/100 - Zr - Yx3 diyagramında, toleyitik (B) ve kalkalkalin bazalt (C) alanlarına düştüğü görülmektedir, (Şekil 9).

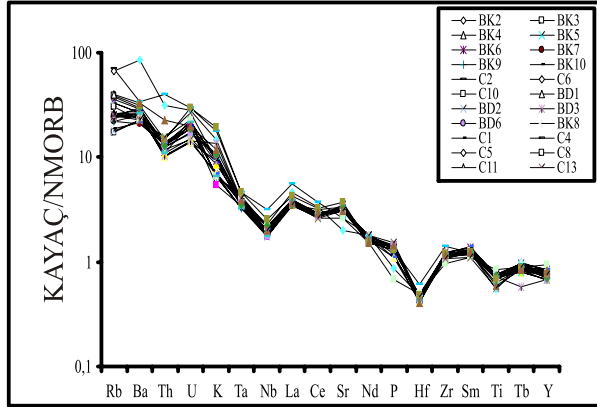


Şekil 7. Kondrit'e göre normalize edilmiş Çangaza volkanitlerine ait REE değerleri (Kondrit değerleri Sun ve McDonough (1989) dan alınmıştır), Örnekler şekil 8'de tanımlanmıştır.

Figure 7. Chondrite normalized REE element patterns for the Çangaza volcanic rocks (Chondrite normalising values are from Sun and McDonough (1989)). The Samples are defined in figure 8.

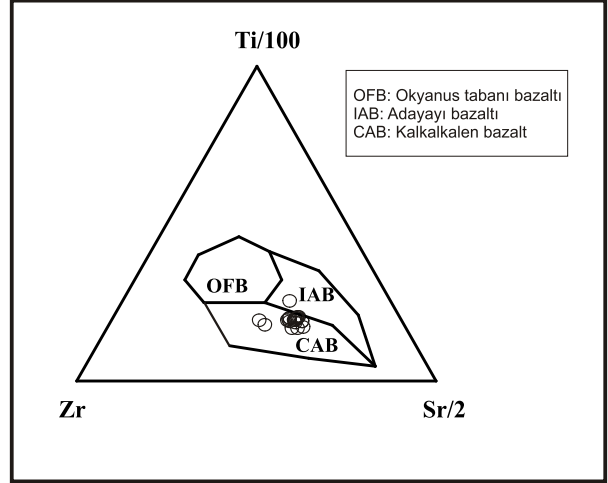
Şekil 10.'da çalışma alanından alınan volkanik örneklerin Ti/100 - Zr - Sr/2 (Pearce ve Cann, 1973), üçgen diyagramında ise adayayı toleyitik bazalt (IAB) ve kalkalkalen bazalt (CAB) bölgelerine düştükleri görülmektedir.

SiO₂'deki artışla birlikte, majör oksitlerde meydana gelen değişimler Şekil 11' de verilmiştir. Fe₂O₃, CaO, TiO₂ miktarında azalma, K₂O ve Al₂O₃ miktarında ise artış yönünde bir yönelim gözlenmektedir. Bu yönelimlerdeki farklılaşma fraksiyonel kristallenme ve kontaminasyon ile



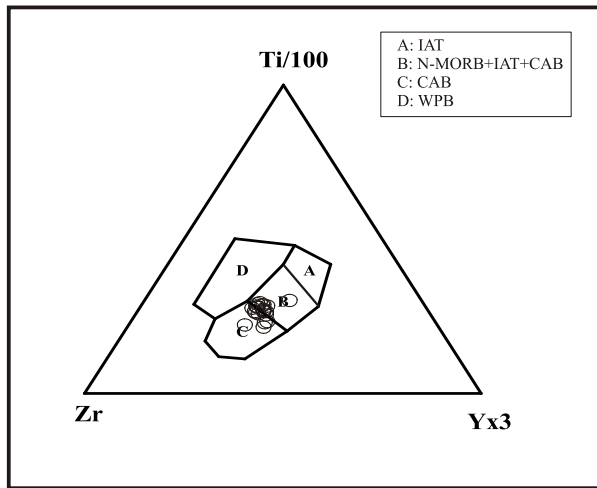
Şekil 8. N-MORB'a göre normalize edilmiş Çangaza volkanitlerine ait iz element değerleri (N-MORB değerleri Sun ve Mc Donough (1989)'dan alınmıştır)

Figure 8. N-MORB normalized trace element patterns for the Çangaza volcanic rocks (N-MORB normalising values from Sun and Mc Donough (1989)).



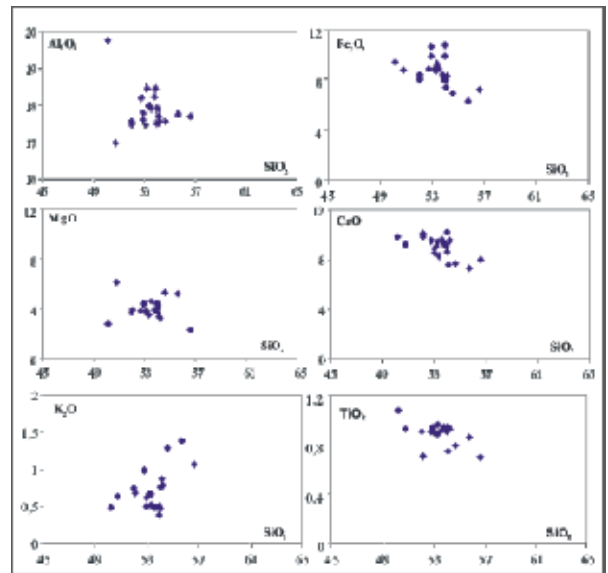
Şekil 10. Ti/100 Zr - Sr/2 Pearce ve Cann, (1973), diyagramı üzerinde Çangaza volkanitlerine ait örneklerin dağılımı.

Figure 10. Distribution of the samples from the Çangaza volcanic rocks on a Ti/100 Zr - Sr/2 Pearce and Cann, (1973) diagram.



Şekil 9. Çangaza volkanitlerine ait örneklerin Pearce ve Cann'in (1973) tectono-magmatik ayırtlama diyagramı üzerindeki yerleri. Semboller Şekil 5' de tanımlandığı gibidir.

Figure 9. Çangaza volcanic rocks plotted on Pearce and Cann's (1973) tectono-magmatic discrimination diagram. The symbols are defined in Figure 5.



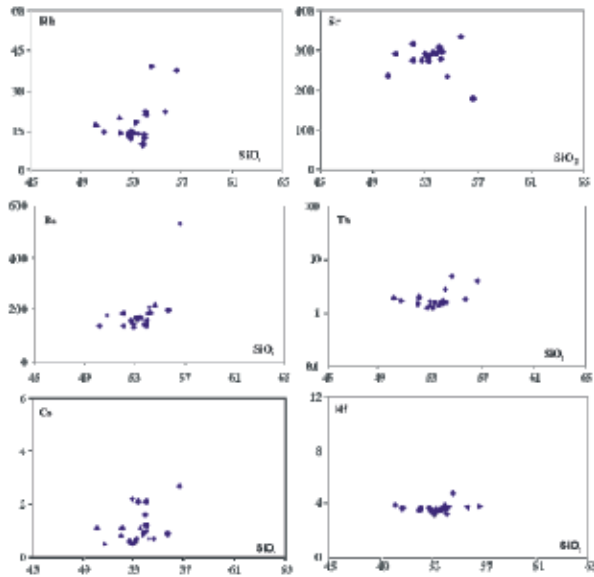
Şekil 11. Çangaza volkanitlerinin SiO₂'ye karşı ana oksit (% ağırlık) değişim diyagramları.

Figure 11. SiO₂ versus major oxide (weight %) variation plots of the Çangaza Volcanic rocks

açıklanabilir. CaO da gözlenen bu azalma kalsik plajiyoklasların fraksiyonel kristallenmesi ile, Fe₂O₃ ve TiO₂ deki azalmalar ise piroksen fraksiyonu ile açıklanabilir.

Şekil 12.'de ki artan SiO₂ içeriğine karşılık iz elementlerde oluşan yönelimler incelendiğinde Sr elementinde çok belirgin olmasa da bir azalma gözlenirken, Ba, Rb, Th, ve Cs elementlerinde ise artış gözlenmektedir. Uyumsuz elementler arasındaki bu zıt ilişki plajiyoklasın baskın olduğu fraksiyonel kristallenme yönelimlerine karşılık gelmektedir. Ayrıca Rb, Th, Cs gibi uyumsuz elementlerdeki bu artış kabuksal bir kontaminasyonun varlığını da ortaya koymaktadır. Sr'un negatif korelasyon göstermesinin nedeni bu elementin plajiyoklaslar da ki Ca' un yerini alması ile ilişkilidir.

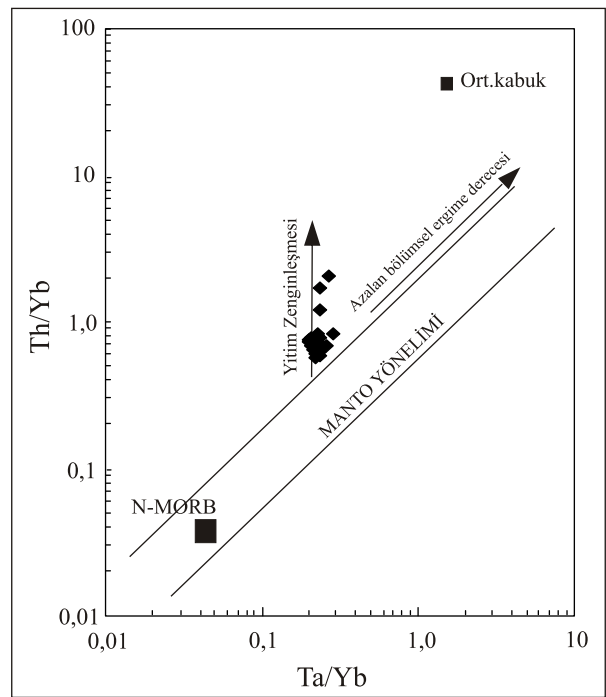
Çangaza volkanitlerine ait örneklerin log Th/Yb-log-Ta/Yb diyagramındaki dağılımlarına bakıldığında, tüm örneklerin manto çizgisinden saptığı görülmektedir (Şekil 13). Pearce (1983) tarafından önerilen bu diyagram, esas olarak okyanus ada bazaltı (OIB) veya okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB) gibi olağan mantodan türemiş ve genel olarak diyagramda manto eğilimi olarak belirlenmiş



Şekil 12. Çangaza volkanitlerinin SiO₂'ye karşı iz element (% ağırlık) değişim diyagramları.

Figure 12. SiO₂ versus trace element (weight %) variation plots of the Çangaza Volcanic rocks.

diyagonal hat üzerinde bulunan kayaçları, yitim etkisiyle zenginleşmiş mantodan türemiş veya yükselimi sırasında kabuk tarafından kirlenmiş magmalardan oluşan kayaçlardan ayırır. Bu ayırım, gerek yitim metasomatizmasının gerekse kabuksal kirlenmenin Th konsantrasyonunu ve dolayısı ile Th/Yb oranını Ta/Yb oranına göre arttırması temeline dayanmaktadır. Diyagramda gözlenen bu sapma, kaynak bölgesinde yitimle ilgili bir metasomatizma ile açıklanabilmektedir. Bununla birlikte azda olsa manto türevli ergiyiklere kabuksal ergiyik katılımını da işaret edebilir.



Şekil 13. Çangaza volkanitlerine ait örneklerin Th/Yb-Ta/Yb diyagramında (Pearce, 1983) dağılımı.

Figure 13. Distribution of the samples from the Çangaza Volcanic on a Th/Yb vs Ta/Yb diagram (Pearce, 1983).

SONUÇLAR

Çalışılan örneklerin analitik sonuçlarının, çoklu element diyagramları ve diğer jeokimyasal diyagramlarda değerlendirilmesi sonucunda kayaçların hafif kalkalkali özellikli adayayı toleyitik karakterde oldukları tespit edilmiştir. Kayaç örnekleri analiz verilerinin iz element içeriklerine bakıldığında;

Kayaç / N-MORB grafik dağılımlarına göre, LREE (La,Ce,Nd) ve LILE (Rb,Ba,K) grubu elementlerince zenginleşmiş, HFS (Hf, Ti, Ta, Nb) grubu elementlerinin ise tüketilmiş oldukları gözlenmiştir. Bu görünüm levha yitimine bağlı olarak oluşan volkanik kayaçların tipik özellikleri olması itibarıyla, çalışma alanı içerisinde görülen volkanik kayaçların hafif kalk-alkali özellikli Ada Yayılı-Toleyitik (IAT) karakterde olduklarını göstermektedir. Son yıllarda yapılmış olan çalışmalar, yitim bileşeni içeren lavların, yaşıt bir yitim ile ilişkili olabilecekleri gibi önceki bir yitim sonucunda metasomatizmaya uğramış mantonun, farklı bir tektonik ortamda yeniden kısmi ergimesi sonucunda da ortaya çıkmış olabileceğini göstermiştir (Pearce vd., 1990; Keskin vd., 1998; Van Wagoner vd., 2002 Keskin vd., 2003). İncelenen volkanik kayaç örneklerinde tesbit edilen ana ve iz element içeriklerine bağlı olarak yapılan değerlendirmeler, volkanik kayaçların tümünün, muhtemelen yitim zonunda metasomatize olmuş bir manto kaynağından yitim esnasında türediğini işaret etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması ve incelenmesi sırasında görüşleri ve yardımlarıyla katkıda bulunan Doç. Dr. Ercan ALDANMAZ'a teşekkür ederiz.

EXTENDED SUMMARY

In this study, volcanic rocks outcropped in the Kefken-Kerpe (north of Kandira) area were investigated in terms of their geochemical and geological characteristics. The field studies undertaken around Babakoy, Kefken and Cebeci indicated that Çangaza volcanic rocks and the Late Cretaceous-Early Eocene Akveren formation also containing Sermi limestone are the main lithological units in the area. The Early-Middle Eocene Caycuma formation, composed mainly of a sandstone, siltstone and claystone sequence, overlies uncomformably the older units. Petrographical studies on the samples collected from the Çangaza Volcanics indicated an andesitic and basaltic andesite volcanism. These volcanic rocks usually exhibit microlitic, microlitic porphyritic and hyalopilitic structures. Pyroxene and amphibol minerals are defined as primary minerals

and chlorite, calcite as secondary minerals. The Plagioclases seen in andesitic rocks are in andesine in character. However, basaltic andesites contain labrador type plagioclases. The best most suitable 22 samples chosen among from the total field samples were analysed by ALS Chemex Analytical Laboratories for geochemical purposes. Based on the results of these analyses results, it was found that most of the samples are in sub-alkali-alkaline in character according to the Le Bas et al. (1986) and Miyashiro (1978) diagrams. The majority of the samples are located above the tholeiitic - calc-alkaline separation boundary line defined by Irvine - Baragar (1971) in the FeO_t - Na₂O + K₂O - MgO triangle diagram. Only the two samples are located on the Calc-Alkaline area in the triangle diagram. The diagram based on the normalization of the Rare Earth Element (REE) values belonging to samples of Çangaza volcanics (by Sun and Mc Donough (1989)) chondritic values, showed that Light Rare Earth Element (LREE) values were clearly enriched in all of the samples. The N-MORB diagram, prepared according to normalization of the same samples by Sun and Mc Donough (1989), exhibits a content rich in LREE (La, Ce, Nd) and LILE (Rb, Ba, K) elements, and with negative anomalies in HFS (Hf, Ti, Ta, Nb) elements. Çangaza volcanics can be defined as island arc tholeiitic (IAT) based on the results of the analyses. The same samples are located in the Ti/100 - Zr - Yx₃ diagram suggested by Pearce and Cann (1973) as tholeiitic and calc-alkaline basaltic rocks. The distribution of the Çangaza volcanic samples on the log Th/Yb - Ta/Yb diagram shows that all of the samples deviate from the mantle line. The diagram suggested by Pearce (1983) separates Oceanic-Island Basalts (OIB) or Mid-Ocean Ridge Basalts (MORB) that originated from the ordinary mantle and rocks above the diagonal line defined as mantle tendency, rocks originated from the mantle enriched by subduction or polluted by crust during the mantle rising. This separation is based on Th concentration of subduction metasomatism and crust pollution and a ratio of increase of Th/Yb ratio over Ta/Yb ratio. The deviation observed in the diagram can be explained with by a subduction metasomatism in the source region. Also, it can point out indicate a crustal melting participation into the mantle derived melts.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. and Mitchell, J.G. 2000. Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 102, 67-95.
- Ercan, T. ve Gedik, A., 1983. Pontid' lerdeki volkanizma. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* No:18, 3-22.
- Dewey, J.F. and Bird, J.M., 1970. Mountain belts and the new global tectonics. *J. Geophys. Res.*, 75,14, 2625-2647.
- Irvine, T.N. and 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. and White, A.J.R., 1972. Composition of island arcs and continental growth: *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 12, 224 - 230.
- Keskin M., Ustaömer T., ve Yeniyoğlu M., 2003. İstanbul kuzeyinde yüzeyleyen üst kretase yaşlı volkano - sedimanter birimlerin stratigrafisi, petrolojisi ve tektonik ortamı, İstanbul Jeoloji Sempozyumu 2003.
- Keskin, M., Pearce, J.A. and Mitchell, J.G. 1998. Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum-Kars Plateau, North Eastern Turkey, *Journal of volcanology and Geothermal Research*, V.85/1-4, 355-404.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., 1986, A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali - silica diagram: *Jour. Petrol.*, 27, 745 - 750.
- Miyashiro, A., 1978 Nature of alkalic volcanic rocks series. *Contrib. Mineral Petrol.*, 66, 91 - 104.
- Mullen, E.D., 1983. Mn / TiO₂ / P₂O₅ : A minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis: *Earth Planet Sci.* 62, 53 - 62.
- Peccerillo, A., and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-91.
- Pearce, J. A., and Cann, J. R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis; *Earth Planet. Sci. Lett.* 19 290-300.
- Pearce, J.A., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., Norry, N.J. Eds., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Shiva, Cheshire, UK, 230-249.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S. and Mitchell, J.G. 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44, 189-229.
- Sun, S., and McDonough, W.F., 1989. Chemical isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle compositions and processes. In: A.D. Saunders and M.J. Norry (eds.) *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society of London, Special Publication, 42, 313 - 345.
- Şengör, A. M. C., and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey. A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75,181-241. Şengör, 1982. Kimmerid orojenik sisteminin evrimi, Orta Mesozoyik'te Paleo-Tetisin kapanması olayı ve ürünleri: Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri Kitabı, 45-46.
- Tokay, M., 1954. Kilyos Çayı ağzı-Amasra-Bartın-Kozcağz-Çaycuma bölgesi jeolojisi hakkında rapor. M.T.A. Rap., no. 2099 Ankara (yayınlanmamış).
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen yaşlı kalkalkalen andezitler ve jeotektonizma. *TJK Bülteni* c. 20, 1-14.
- Yergök, F., Akçay, A.E., Dönmez, M., Esentürk, K., Kara, H., and Örcen, S., 1987. Türkiye Jeoloji Kurultayı-1987 Bildiri Özleri, 67, 68.
- Van Wagoner, N.A., Leybourne, M.I., Dadd, K.A., Baldwin, D. K., and McNeil, W. 2002. Late Silurian bimodal volcanism of southwestern New Brunswick, Canada: Products of continental extension, *Geological Society of America Bulletin*, V. 114 (4), 400-418.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products by using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325 - 343.

Makale Geliş Tarihi : 16 Ekim 2006

Kabul Tarihi : 22 Ocak 2007

Received : October 16, 2006

Accepted : January 22, 2007