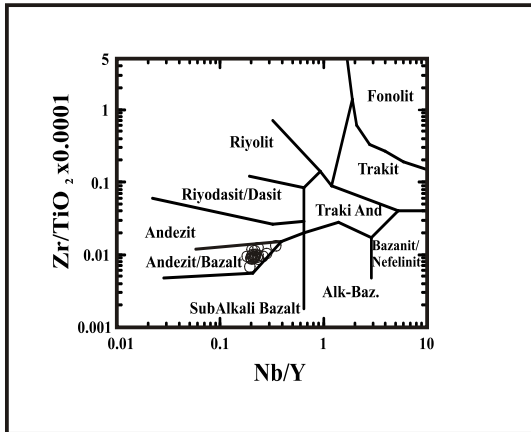


Volkanitlere ait örneklerde K_2O/Na_2O oranları da ele alınmış olup, bu oranların volkanik kayaların nitelikleri konusunda bazı veriler belirledikleri saptanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla K_2O/Na_2O içeriğinin, volkanik kayalarda oluşum koşulları ve kimyasal niteliklerinde bazı ayırtman özellikler 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

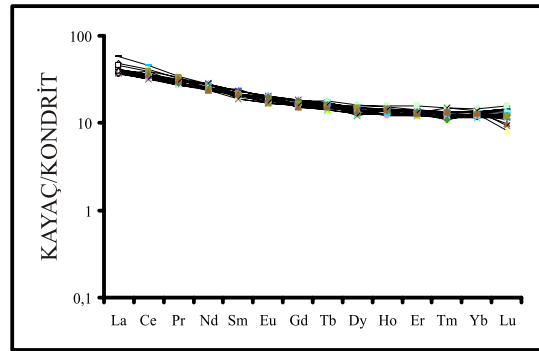
Çangaza volkanitlerinin tektonik oluşum ortamlarını, kimyasal özelliklerini ve benzeri ayırtman özelliklerini araştırmak amacıyla K, Rb, Sr, Ba gibi geniş iyonlu litofiller (LIL), La, Ce, Nd gibi hafif nadir toprak elementler (LREE) ve Ti, Zr, Nb, Y gibi yüksek alan güç katyonlarını (HFS) içeren uyumsuz 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).

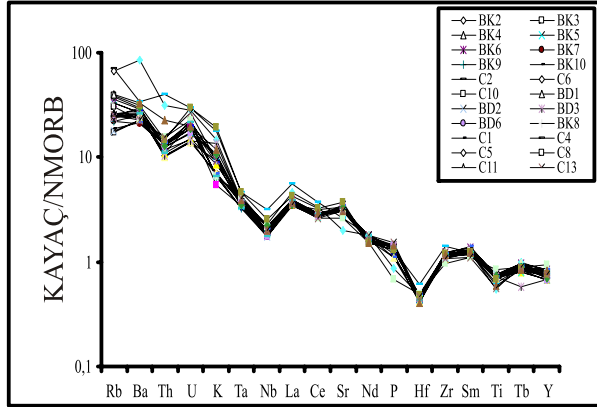


Şekil 7. Kondrit'e göre normalize edilmiş Çangaza volkanitlerine ait REE değerleri (Kondrit değerleri Sun ve McDonough (1989) dan alınmıştır), Örnekler şekil 8'de tanımlanmıştır.

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.

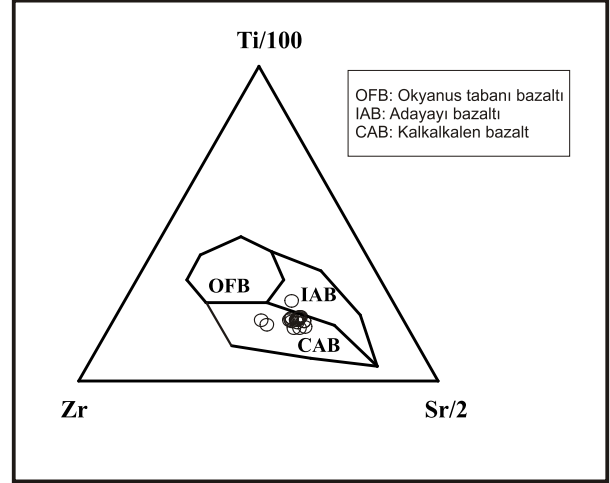
Şekil 10.'da çalışma alanından alınan volkanik örneklerin Ti/100 - Zr - Sr/2 (Pearce ve Cann, 1973), üçgen diyagramında ise adayayı toleyitik bazalt (IAB) ve kalkalkalen bazalt (CAB) bölgelerine düştükleri görülmektedir.

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



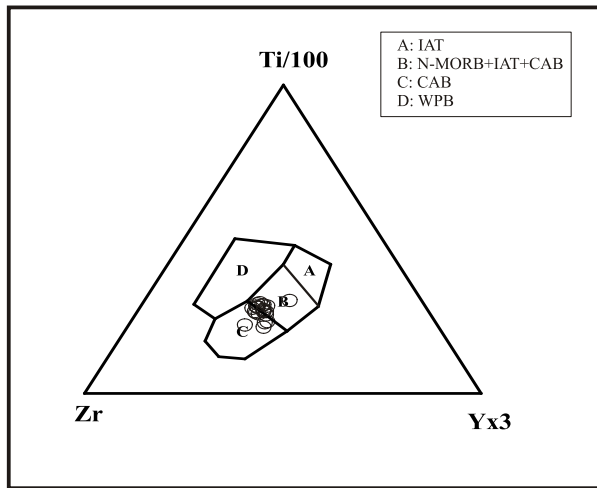
Şekil 8. N-MORB'a göre normalize edilmiş Çangaza volkanitlerine ait iz element değerleri (N-MORB değerleri Sun ve Mc Donough (1989)'dan alınmıştır)

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



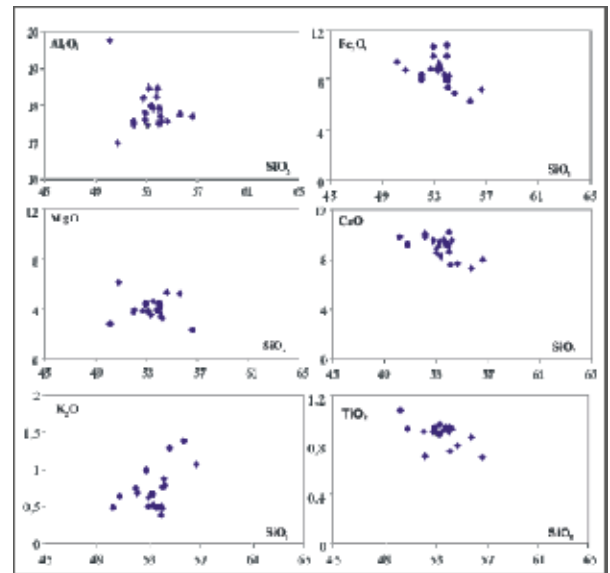
Şekil 10. Ti/100 Zr - Sr/2 Pearce ve Cann, (1973), diyagramı üzerinde Çangaza volkanitlerine ait örneklerin dağılımı.

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.



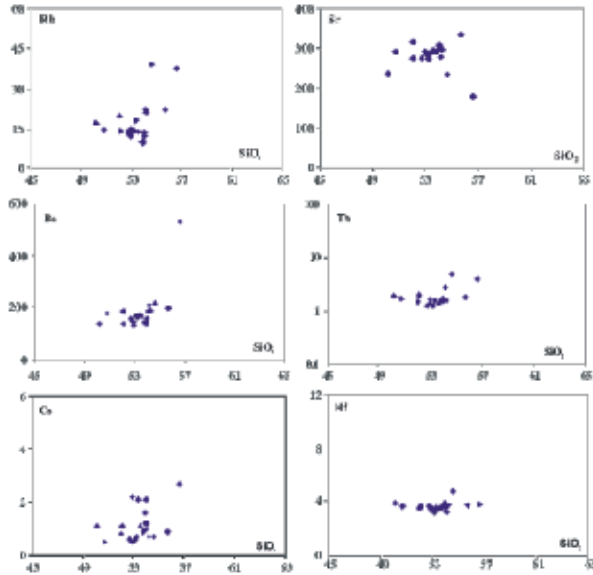
Şekil 11. Çangaza volkanitlerinin SiO₂'ye karşı ana oksit (% ağırlık) değişim diyagramları.

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.

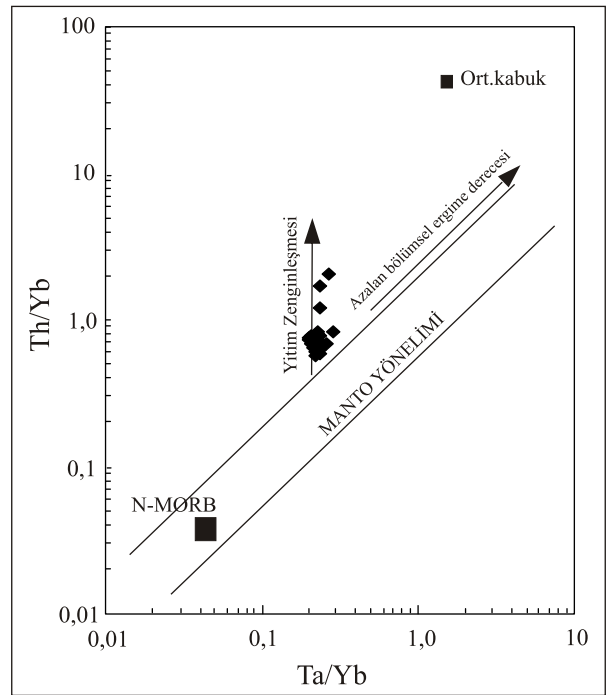
Çangaza volkanitlerine ait örneklerin log Th/Yb-log-Ta/Yb diyagramındaki dağılımlarına bakıldığında, tüm örneklerin manto çizgisinden saptığı görülmektedir (Şekil 13). Pearce (1983) tarafından önerilen bu diyagram, esas olarak okyanus ada bazaltı (OIB) veya okyanus ortası sırtı bazaltı (MORB) gibi olağan 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 bağılı olarak oluşan volkanik kayaçların tipik özellikleri olması itibariyle, 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 bağılı 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)) condritic 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 Yeniyo 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