



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Doğu Pontid Volkanik Kuşağında Yer Alan Tersiyer (Eosen) Yaşlı Volkaniklerin Petrolojik Özellikleri: Yusufeli (Artvin) Civarında Yüzeylenen Volkanik Kayaçlar

 Aslıhan YILMAZ ^{a,*},  Necla KÖPRÜBAŞI ^b

^a Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE

^b Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: aslihanymaz@gmail.com

DOI: 10.29130/dubited.1120070

Öz

Bu çalışma Yusufeli (Artvin) civarında yüzeylenen Eosen yaşlı volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi için yapılmıştır. İnceleme alanında yüzeyleme veren Eosen yaşlı volkanik kayaçlar genellikle siyahımsı gri, yeşilimsi gri renklerde olup ileri derecede altere olmuşlardır. Bu kayaçların yüzeylendiği değişik yörelerden alınan kayaç örnekleri üzerindeki ince kesit çalışmaları sonucunda plajiyoklaz – piroksen – amfibol – kalsit – klorit – opak minerallerden oluşan bir mineralojik bileşime, porfirik ve intersertal dokuya sahip oldukları saptanmıştır. Bölgedeki volkanik kayaçların andezit, bazalt, bazaltik andezit bileşiminde oldukları görülmüştür. Seçilen kayaç örneklerinin analizlerinden elde edilen veriler ile oluşturulan diyagramlar Eosen yaşlı volkanik kayaçların kalkalkali özellikte olduğunu göstermiştir. Kondrite normalize edilmiş nadir toprak element dağılımları konkav şekilli olup, genellikle birbirine paralel dağılım göstermeleri volkanik kayaçların aynı veya benzer kaynaktan itibaren oluştuğunu düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yusufeli (Artvin), Eosen, Volkanik Kayaçlar

Petrological Characteristics of Tertiary (Eocene) Volcanics Located in the Eastern Pontid Volcanics Belt: Volcanic Rocks Outcropping Around Yusufeli (Artvin)

ABSTRACT

This study was carried out to examine the mineralogical, petrographic and petrological properties of Eocene volcanic rocks outcropping around Yusufeli. The Eocene volcanic rocks cropping out in the study area are generally blackish gray, greenish gray and are highly altered. As a result of thin section studies on rock samples taken from different locations where these rocks are exposed, it has been determined that they have a mineralogical compositions consisting of plagioclase – pyroxene – amphibole – calcite – chlorite – opaque minerals with porphyritic and intersertal texture. It has been observed that the volcanic rocks in the study area are in the composition of andesite, basalt and basaltic andesite. Diagrams created with the data obtained from the analyzes of the selected rock samples showed that the Eocene volcanic rocks are calc-alkaline type rocks. The rare element distributions normalized to condrite are concave in shape, and the fact that they are generally distributed parallel to each other suggests that the volcanic rocks were originated from the same or similar source.

Keywords: Yusufeli (Artvin), Eocene, Volcanic Rocks

I. GİRİŞ

Bu çalışmada Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nın Kuzey Zonu'nda yer alan Yusufeli (Artvin) civarında yüzeylenen Tersiyer yaşlı volkanik kayaların petrolojik özellikleri ele alınmış ve incelenmiştir. Elde edilen veriler dikkate alınarak volkanizmanın kökeni ve geçirdiği magmatik süreçlerin açıklığa kavuşturulması amaçlanmıştır.

Arslan [1], Doğu Pontid Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası ve Petrojenezi adlı çalışmada, Eosen volkanizmasının yitim süreci sonunda alt kabuk ve/veya üst mantodan kısmi ergime sonucu oluştuklarını belirtmiştir.

Kaygusuz [2], "Doğu Pontidlerde (KD Türkiye) Çarpışma Sonrası Kalk-Alkalen Volkanizmanın Jeokimyası ve Sr-Nd İzotopik Karakterleri" isimli çalışmalarında Doğu Pontidlerde Eosen yaşlı Torul volkanitlerinin ana, iz element, K/Ar yaş ve Sr-Nd izotop verileri incelenmiştir. Buldukları veriler ışığında, volkanitlerin köken magmalarının muhtemelen daha önceki yitim akışkanları tarafından metasomatizmaya uğratılmış zenginleşmiş bir üst manto kaynağından, çarpışma sonrası jeodinamik bir ortamda türeyebileceklerini ifade etmiştir.

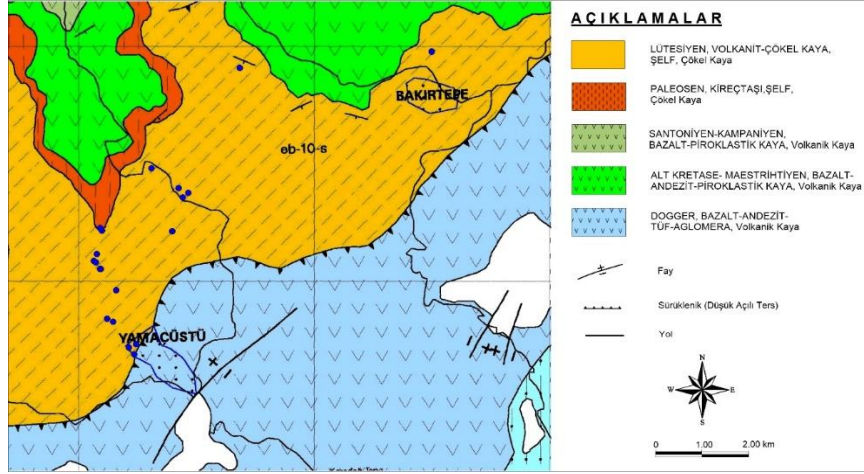
Aslan [3] çalışmasında Doğu Pontidlerde yayılım gösteren Eosen birimleri, Üst Kretase volkanoklastik ve sedimanter kayaçlarını uyumsuz olarak üzerlediğini belirtmiştir. Çalışılan Eosen biriminin başlıca lav ve daha az oranda tüf ve sedimanlardan oluştuğunu ve kalk-alkalin volkanik yay karakterini yansıttıklarını ve iz element değişimleri sonucunda da bu volkanitlerin ana magmasının zenginleşmiş üst manto kaynağından türediğini belirtmiştir.

Şen vd. [4] Doğu Pontid Alkalen Provensinin, Senozoyik dönemde gelişen volkanik faaliyetler sonucunda oluştuğunu ve alkalen kayaçların iki farklı gruptan (Tonya grubu ve Trabzon grubu) oluştuğunu belirtmişlerdir. Petrografik olarak her iki grubun alkali bazalt, tefrit, fonolitik tefrit, bazanit, nefelinit, nefelinlatit ve bunların piroklastik kayaçlarını içerdiğini söylemişlerdir. Jeokimyasal veriler, Tonya grubu örneklerinin Trabzon grubu örneklerine göre daha yüksek MgO ve Ni, daha düşük hafif toprak element (HNTE) içerikleri ve büyük iyon yarıçaplı litofil element (BİLE) / aşırı duraylı element (ADE) oranlarına sahip olduklarını belirtmişlerdir. İlk bulgular, bu iki grup kayacın, metasomatizmaya uğramış bir manto kaynağından türeyen sığ derinliklerde farklılaşmaya uğrayan birincil bir magma ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Arslan ve Aslan [5] çalışmalarında, petrografik olarak Kuzey Zon kayaçlarının monzonit, kuvars monzonit, monzodiyorit ve kuvars monzodiyorit, Güney Zon kayaçlarının ise monzogranit ve granodiyoritten ibaret olduklarını belirtmişlerdir. Kuzey Zon intrüzyonları çarpışma sonrası, A-tipi, alkalen monzonitik birlikteliğinden, Güney Zon intrüzyonları çarpışma sonrası, I-tipi, granodiyoritik kalkalkali-alkali geçiş birlikteliğinden oluştuğunu, jeokimyasal verilerin, farklılaşmanın ayrımlaşma ve/veya magma karışımı ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir.

II. JEOLojİ

Çalışma alanı ilk kez Ketin [6] tarafından sınırlandırılan, coğrafik olarak Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'ne karşılık gelen Pontid Tektonik Birliği'nin doğu kesimini oluşturan "Doğu Pontid Orojenik Kuşağı" olarak adlandırılan birliğin içinde yer alır.



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası.

Doğu Pontid Kuzey Zonu'nda yer alan çalışma sahasındaki birimler litostratigrafi esaslarına göre yaşlıdan gence doğru şu birimler ayırtlanmıştır; Paleozoyik yaşlı granitler (adlanmamış), Liyas-Dogger yaşlı Hamurkesen Formasyonu, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu, Üst Kretase yaşlı Çatak, Kızılkaya ve Çağlayan Formasyonu, Paleosen yaşlı Ahlatlı Formasyonu, Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu [7]. Liyas'tan başlayan ve Eosen sonlarına kadar gelişimini sürdüren aktif bir magmatizmanın etkisinde olan inceleme alanında bu magmatizmanın ürünü olan volkanik, volkano-tortul ve intrüzif kayaçlar yaygındır. Volkanizmanın durakladığı dönemlerde ise tortul istifler çökelmiştir (Şekil 1). İnceleme alanında belirlenen ve İspirden batıya doğru Çoruh vadisinin kuzeyinde geniş yayımlı olan volkano-tortul kayalar Güven [7] tarafından Kabaköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. İspir dolayında İspir Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenen Kabaköy Formasyonu doğuda bir bindirme ile sınırlanır ve Oltuçayı volkanitleri ile Kabaköy Formasyonu üzerine itilmiştir. Kabaköy formasyonu içerisinde gözlenen Eosen yaşlı volkanitlerin petrolojik özelliklerini belirlemek amacıyla, alınan örnekler üzerinde çeşitli laboratuvar yöntemleri uygulanmıştır. İnceleme alanındaki volkanitler bazalt ve andezit, bazaltik andezit olarak gruplandırılmıştır. Kabaköy formasyonunu oluşturan volkanik birimlerden alınan kayaç örnekleri üzerinde yapılan mikroskobik çalışmalar sonucunda bazaltların dokusal olarak kendi aralarında farklılıklar görülmüştür. Buna göre bazaltların porfirik doku (hipokristalin porfirik doku) ve intersertal doku (holokristalin porfirik doku) özelliklerine sahip oldukları saptanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda bu bölgedeki bazaltlarda;

- Plajiyoklaz ± Piroksen (klinopiroksen) + Amfibol ± Apatit ± Opak mineral
- Plajiyoklaz ± Piroksen + Amfibol ± Biotit ± Opak Mineral ± Volkanik cam
- Plajiyoklaz ± Piroksen ± Olivin ± Opak mineral ± Volkanik cam

mineral bileşimleri saptanmıştır.

Yine aynı formasyonu oluşturan volkanik birimlerden alınan kayaç örnekleri üzerinde yapılan mikroskobik çalışmalar sonucunda bu bölgedeki andezitlerde;

- Plajiyoklaz ± Amfibol ± Biotit ± Opak mineral ± Volkanik cam
- Plajiyoklaz ± Amfibol ± Piroksen ± Apatit ± Opak Mineral ± Volkanik cam
- Plajiyoklaz ± Amfibol ± Opak mineral ± Volkanik cam

mineral bileşimleri saptanmıştır.

III. JEOKİMYA

Çalışmalar sırasında alınan kayaç örneklerinden 24 adet örnek üzerinde yapılan majör element, iz (Rb, Sr, Zr, Nb, Ba, Co, Cs, Ga, Sn, V, Y, Hf, Ta, Pb, Th, U) ve nadir toprak element (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) analizleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Maden Analizleri Dairesi Başkanlığı Jeokimya laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Ana Oksit Jeokimyası

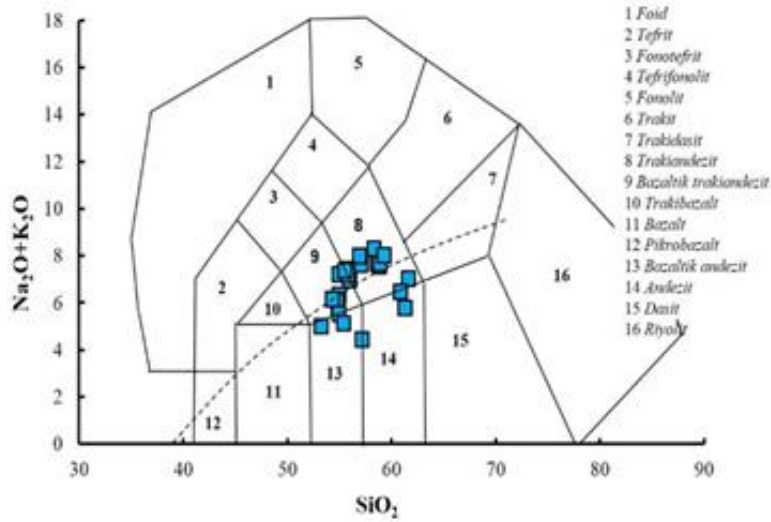
24 örnek üzerinde gerçekleştirilen major-oksit, iz ve nadir toprak element çözümleme sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Çalışılan kayaçları adlandırmak için ana-oksit çözümleme sonuçları susuz baza göre tekrar hesaplanarak, toplam alkali (% Na₂O+K₂O)-% SiO₂ diyagramı çizilmiştir [8] (Şekil 2). Diyagrama göre, kayaçlar genel olarak alkali-subalkali çizgisi üzerinde yer almakta ve bazaltik trakiandezit, bazaltik andezit, andezit ve trakiandezit bileşimi sergilemektedir. Ancak, çalışılan örneklerin ateşte kayıp değerlerinin yüksek olması kayaçların alterasyondan etkilendiğine işaret etmektedir. Alterasyon koşullarında Na ve K gibi elementlerin mobilitesi arttığından, kayaçların adlandırılmasında daha az mobil veya immobil elementlerin kullanılması tercih edilmiştir. Bu nedenle, kayaçların adlandırılmasında [9] Zr/Ti'a karşı Nb/Y diyagramı kullanılmıştır (Şekil 3). Çünkü Ti, Zr, Y ve Nb elementleri alterasyon sırasında immobil davranış gösterirler [10]. Şekil 2'ye göre Eosen volkanitlerini oluşturan kayaçlar bazalt, andezit ve bazaltik andezit alanına düşmektedir. Zr/Ti-Nb/Y diyagramı ile elde edilen jeokimyasal adlandırmalar, petrografik değerlendirmeler ile de uyumludur. Örnekler genel olarak subalkali karakter göstermekte olup, toplam alkali-Fe₂O₃-MgO (AFM) kalkalkali-toleyitik ayırım diyagramında [11] çoğunlukla kalk-alkali bölgesinde yer aldığı gözlenmektedir (Şekil 3).

| Örnek No | 12AY-01 | 12AY-02 | 12AY-03 | 12AY-05 | 12AY-07 | 12AY-08 | 12AY-10 | 12AY-12 | 12AY-14 | 12AY-16 | 12AY-18 | 12AY-19 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Na ₂ O (%) | 3,3 | 3,6 | 4,4 | 3,5 | 3,2 | 3,2 | 4,2 | 3,2 | 2,9 | 3,0 | 3,7 | 3,6 |
| MgO | 1,5 | 2,2 | 2,9 | 1,2 | 5,3 | 4,2 | 2,0 | 4,8 | 2,9 | 2,5 | 0,8 | 1,5 |
| Al ₂ O ₃ | 19,3 | 19,5 | 17,9 | 19,5 | 18,4 | 18,0 | 17,9 | 18,1 | 18,8 | 17,3 | 19,3 | 18,6 |
| SiO ₂ | 57,6 | 55,5 | 53,3 | 53,9 | 52,9 | 53,0 | 60,4 | 52,8 | 55,3 | 51,7 | 56,2 | 54,2 |
| P ₂ O ₅ | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 0,7 |
| K ₂ O | 4,1 | 3,8 | 2,6 | 3,2 | 2,9 | 2,4 | 2,7 | 2,7 | 1,4 | 2,2 | 4,3 | 4,0 |
| CaO | 4,8 | 5,8 | 7,4 | 7,7 | 5,1 | 6,5 | 4,8 | 5,8 | 7,7 | 8,0 | 5,3 | 6,0 |
| TiO ₂ | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,5 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| MnO | <0,1 | <0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,8 | 5,3 | 7,3 | 5,8 | 7,3 | 8,0 | 5,2 | 7,8 | 6,8 | 8,2 | 5,3 | 5,8 |
| Ateşte Kayıp | 2,05 | 2,45 | 2,60 | 3,30 | 3,45 | 3,15 | 1,45 | 3,25 | 2,95 | 5,60 | 3,20 | 4,55 |
| La (ppm) | 48 | 55,9 | 33,7 | 56,9 | 28 | 28,9 | 15,4 | 31,8 | 16,5 | 24,5 | 57,2 | 61,4 |
| Ce | 98,8 | 99,1 | 66,4 | 114,2 | 63,8 | 63,6 | 39,1 | 68 | 34,8 | 55,3 | 105,1 | 110 |
| Pr | 11,6 | 14,3 | 7,8 | 13,7 | 8,4 | 7,8 | 5,4 | 8,9 | 4,2 | 7,1 | 13,5 | 14,4 |
| Nd | 46,7 | 54,7 | 30 | 51,2 | 35 | 30,9 | 23,4 | 35,4 | 16,6 | 29,8 | 53,2 | 57,2 |
| Sm | 8,7 | 11,1 | 6,2 | 10,4 | 7,6 | 7 | 4,6 | 7,9 | 3,6 | 6,8 | 9,9 | 10,7 |
| Eu | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 0,8 | 1,4 | 0,5 | 1 | 0,7 | 0,8 |
| Gd | 8,7 | 11 | 6,2 | 10,1 | 7,4 | 6,9 | 4,2 | 7,7 | 3,5 | 6,3 | 10 | 10,9 |
| Tb | 1,2 | 1,5 | 0,9 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 0,6 | 1,2 | 0,6 | 1 | 1,4 | 1,5 |
| Dy | 4,8 | 5,7 | 4,1 | 5,6 | 5,2 | 4,8 | 2,4 | 5,3 | 2,6 | 4,4 | 5,9 | 6,2 |
| Ho | 0,9 | 1,1 | 0,8 | 1 | 1 | 0,9 | 0,4 | 1 | 0,5 | 0,9 | 1,1 | 1,2 |
| Er | 3 | 3,3 | 2,5 | 3,3 | 3 | 2,7 | 1,4 | 3 | 1,7 | 2,6 | 3,4 | 3,6 |
| Tm | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| Yb | 2,3 | 2,2 | 2 | 2,6 | 2,1 | 2,1 | 0,9 | 2,2 | 1,5 | 2 | 2,6 | 2,7 |
| Lu | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| Ni | 6 | 5 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 16 | 19 | 5 | 7 |
| Sc | 5,4 | 14,5 | 6,9 | 13,5 | 20,8 | 17,8 | 8,4 | 19,2 | 15,4 | 18,9 | 13,8 | 13,6 |
| Ba | 1068 | 1012 | 882 | 964 | 1504 | 1052 | 1282 | 1356 | 710 | 940 | 1086 | 1014 |
| Co | 19 | 21 | 27 | 21 | 23 | 29 | 17 | 28 | 30 | 31 | 17 | 22 |
| Cs | 1 | <0,5 | 16 | <0,5 | 2 | 2 | 4 | 4 | <0,5 | 1 | <0,5 | <0,5 |
| Ga | 11 | 11 | 18 | 11 | 14 | 17 | 10 | 24 | 11 | 10 | 5 | 6 |
| Hf | 4 | 4 | 3 | 2 | 5 | 7 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| Nb | 10 | 9 | 10 | 9 | 7 | 9 | 6 | 8 | 7 | 10 | 8 | 10 |
| Rb | 57 | 69 | 45 | 39 | 34 | 28 | 53 | 37 | <20 | <20 | 75 | 54 |
| Sr | 909 | 983 | 1058 | 1138 | 919 | 856 | 910 | 885 | 760 | 899 | 1061 | 1060 |
| Ta | 1 | 1 | 1 | 1 | <0,5 | 1 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | 1 | <0,5 | 1 |
| Th | 14 | 10 | 6 | 19 | 4 | 5 | 5 | 6 | 1 | 4 | 21 | 16 |
| U | 2,5 | <2 | <2 | 3,4 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | 2,3 | 4,8 |
| V | 122 | 129 | 186 | 129 | 169 | 202 | 120 | 187 | 187 | 228 | 119 | 128 |
| Zr | 77 | 97 | 70 | 50 | 84 | 78 | 73 | 82 | 45 | 66 | 81 | 83 |
| Y | 20,9 | 24,1 | 18,9 | 23,4 | 22,7 | 21 | 10,2 | 23,3 | 12,5 | 19,2 | 24,8 | 26,6 |
| Pb | 36 | 40 | 45 | 18 | 27 | 22 | 31 | 27 | 26 | 31 | 47 | 39 |
| Ge | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | <0,5 | <0,5 |
| Mo | 2 | 6 | 3 | 4 | 6 | 5 | 1 | 7 | 6 | 6 | 3 | 1 |
| Be | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| As | 5 | 4 | 9 | 4 | 4 | 14 | 8 | 14 | 10 | 9 | 17 | 12 |
| Ce | 76 | 81 | 45 | 71 | 64 | 62 | 57 | 64 | 43 | 64 | 76 | 74 |
| Zn | 75 | 83 | 80 | 76 | 90 | 103 | 79 | 97 | 86 | 96 | 76 | 81 |
| Cu | 112 | 152 | 38 | 134 | 56 | 55 | 29 | 56 | 127 | 86 | 136 | 145 |
| Cr | 20 | <20 | 24 | 24 | 30 | 22 | 22 | 30 | 59 | 45 | 23 | <20 |
| Mn | 647 | 758 | 1181 | 728 | 983 | 1056 | 870 | 1014 | 760 | 1115 | 731 | 836 |

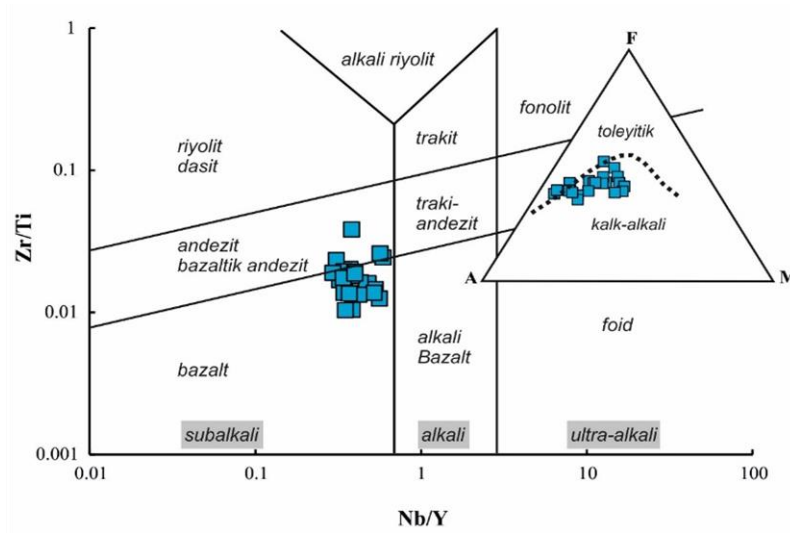
Tablo 1 (devam ediyor). Yusufeli (Artvin) civarındaki volkanik kayaçlarının ana-oksit, iz ve nadir toprak element çözümlenme sonuçları.

| Örnek No | 12AY-21 | 12AY-23 | 12AY-24 | 12AY-25 | 12AY-26 | 12AY-28 | 12AY-29 | 12AY-32 | 12AY-35 | 12AY-37 | 12AY-41 | 12AY-42 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Na ₂ O (%) | 3,6 | 3,9 | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 4,9 | 3,4 | 3,3 | 3,1 | 4,6 | 3,0 | 3,8 |
| MgO | 1,7 | 2,7 | 2,4 | 3,0 | 3,0 | 2,5 | 1,7 | 5,1 | 5,3 | 2,9 | 0,8 | 2,4 |
| Al ₂ O ₃ | 18,2 | 17,0 | 16,2 | 17,2 | 17,2 | 18,1 | 18,6 | 17,8 | 18,1 | 18,9 | 17,4 | 17,3 |
| SiO ₂ | 56,4 | 51,8 | 48,8 | 60,4 | 60,4 | 54,1 | 56,8 | 54,5 | 52,1 | 54,2 | 56,2 | 59,2 |
| P ₂ O ₅ | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,4 |
| K ₂ O | 3,8 | 0,9 | 0,8 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 4,0 | 3,7 | 2,8 | 2,6 | 4,6 | 2,5 |
| CaO | 5,3 | 10,8 | 13,3 | 4,9 | 4,9 | 6,6 | 5,0 | 4,4 | 5,5 | 5,7 | 5,7 | 5,7 |
| TiO ₂ | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,5 |
| MnO | <0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,7 | 5,6 | 5,6 | 6,4 | 6,4 | 7,4 | 5,6 | 7,5 | 7,7 | 7,4 | 5,4 | 5,5 |
| Ateşte Kayıp | 3,60 | 6,15 | 7,90 | 1,45 | 1,45 | 2,80 | 3,00 | 2,15 | 3,85 | 2,30 | 4,70 | 2,30 |
| La (ppm) | 56,8 | 19,1 | 18,8 | 82,1 | 41 | 39,1 | 60,3 | 35,4 | 32,8 | 30,5 | 74,1 | 16,9 |
| Ce | 101,7 | 39,4 | 38,1 | 148,3 | 73,3 | 76,7 | 102,3 | 79,8 | 68,1 | 73,2 | 120,1 | 41,2 |
| Pr | 13,6 | 4,7 | 4,6 | 19,9 | 8,8 | 8,8 | 14 | 9,6 | 8,2 | 9,2 | 16,5 | 5,5 |
| Nd | 50,9 | 18,8 | 18,6 | 61 | 33,8 | 34,5 | 55,3 | 39,3 | 31,4 | 36,9 | 61,7 | 23,1 |
| Sm | 10,1 | 4,4 | 4,3 | 14,3 | 6,4 | 6,9 | 10,6 | 8,8 | 6,6 | 8,5 | 12 | 4,6 |
| Eu | 1 | 0,9 | 0,9 | 1,5 | 1,1 | 2 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 0,8 |
| Gd | 9,8 | 4,3 | 4,2 | 14,7 | 6,5 | 7 | 10,2 | 8,4 | 6,6 | 8 | 12,1 | 4,3 |
| Tb | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 2 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 1 | 1,3 | 1,6 | 0,6 |
| Dy | 5,7 | 3,6 | 3,6 | 7,9 | 3,9 | 4,9 | 5,6 | 5,9 | 4,4 | 5,7 | 6,7 | 2,5 |
| Ho | 1,1 | 0,7 | 0,7 | 1,5 | 0,8 | 1 | 1,1 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,5 |
| Er | 3,4 | 2,3 | 2,3 | 4,8 | 2,3 | 3 | 3,2 | 3,5 | 2,6 | 3,3 | 4,1 | 1,4 |
| Tm | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 |
| Yb | 2,7 | 2,1 | 2,2 | 3,3 | 1,6 | 2,6 | 2,2 | 2,8 | 2,1 | 2,4 | 3,1 | 1 |
| Lu | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 |
| Ni | 5 | 9 | 6 | 6 | 4 | 9 | 5 | 8 | 9 | 8 | 2 | 8 |
| Sc | 13,1 | 29 | 27,9 | 13,7 | 9,7 | 9,9 | 7,5 | 15,8 | 6,4 | 22,1 | 9,1 | 8,3 |
| Ba | 1024 | 515 | 441 | 1428 | 1125 | 980 | 1015 | 1046 | 1519 | 1051 | 1011 | 1247 |
| Co | 22 | 21 | 17 | 21 | 19 | 27 | 19 | 26 | 25 | 29 | 17 | 26 |
| Cs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 3 | 2 | 3 |
| Ga | 8 | 11 | 13 | 14 | 11 | 17 | 11 | 21 | 22 | 18 | 10 | 11 |
| Hf | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| Nb | 10 | 6 | 6 | 13 | 5 | 8 | 9 | 9 | 8 | 10 | 10 | 6 |
| Rb | 47 | 25 | 26 | 109 | <20 | <20 | 65 | 64 | 39 | 30 | 92 | 52 |
| Sr | 785 | 707 | 731 | 768 | 876 | 772 | 829 | 673 | 910 | 1203 | 560 | 1016 |
| Ta | 1 | <0,5 | <0,5 | 1 | <0,5 | <0,5 | 1 | 1 | <0,5 | 1 | 1 | <0,5 |
| Th | 21 | 15 | 1 | 14 | 8 | 10 | 10 | 8 | 8 | 5 | 21 | 4 |
| U | 2,9 | <2 | <2 | 4,5 | 2,5 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | 3,9 | <2 |
| V | 154 | 170 | 169 | 139 | 107 | 179 | 121 | 185 | 174 | 197 | 117 | 129 |
| Zr | 64 | 43 | 41 | 115 | 57 | 57 | 76 | 84 | 81 | 90 | 56 | 78 |
| Y | 23,7 | 17,4 | 17,5 | 34,1 | 17 | 21,7 | 23,6 | 26,6 | 20,1 | 25,1 | 28,6 | 10,6 |
| Pb | 24 | 36 | 38 | 49 | 41 | 32 | 61 | 31 | 29 | 22 | 59 | 47 |
| Ge | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Mo | 2 | <0,5 | <0,5 | 2 | 7 | 6 | 2 | 2 | 6 | 3 | 2 | 1 |
| Be | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| As | 15 | 10 | 7 | 13 | 12 | 6 | 5 | 9 | 3 | 18 | 6 | 8 |
| Ce | 77 | 43 | 42 | 105 | 51 | 58 | 77 | 63 | 64 | 68 | 93 | 60 |
| Zn | 85 | 82 | 84 | 104 | 91 | 82 | 88 | 107 | 98 | 101 | 100 | 95 |
| Cu | 154 | 72 | 57 | 218 | 49 | 57 | 118 | 38 | 57 | 44 | 175 | 30 |
| Cr | <20 | 22 | 24 | <20 | <20 | <20 | 20 | 24 | 36 | <20 | <20 | 22 |
| Mn | 651 | 1496 | 1573 | 792 | 842 | 942 | 759 | 1213 | 1021 | 1178 | 799 | 1063 |

Tablo 1. Yusufeli (Artvin) civarındaki volkanik kayaların ana-oksit, iz ve nadir toprak element çözümleme sonuçları.

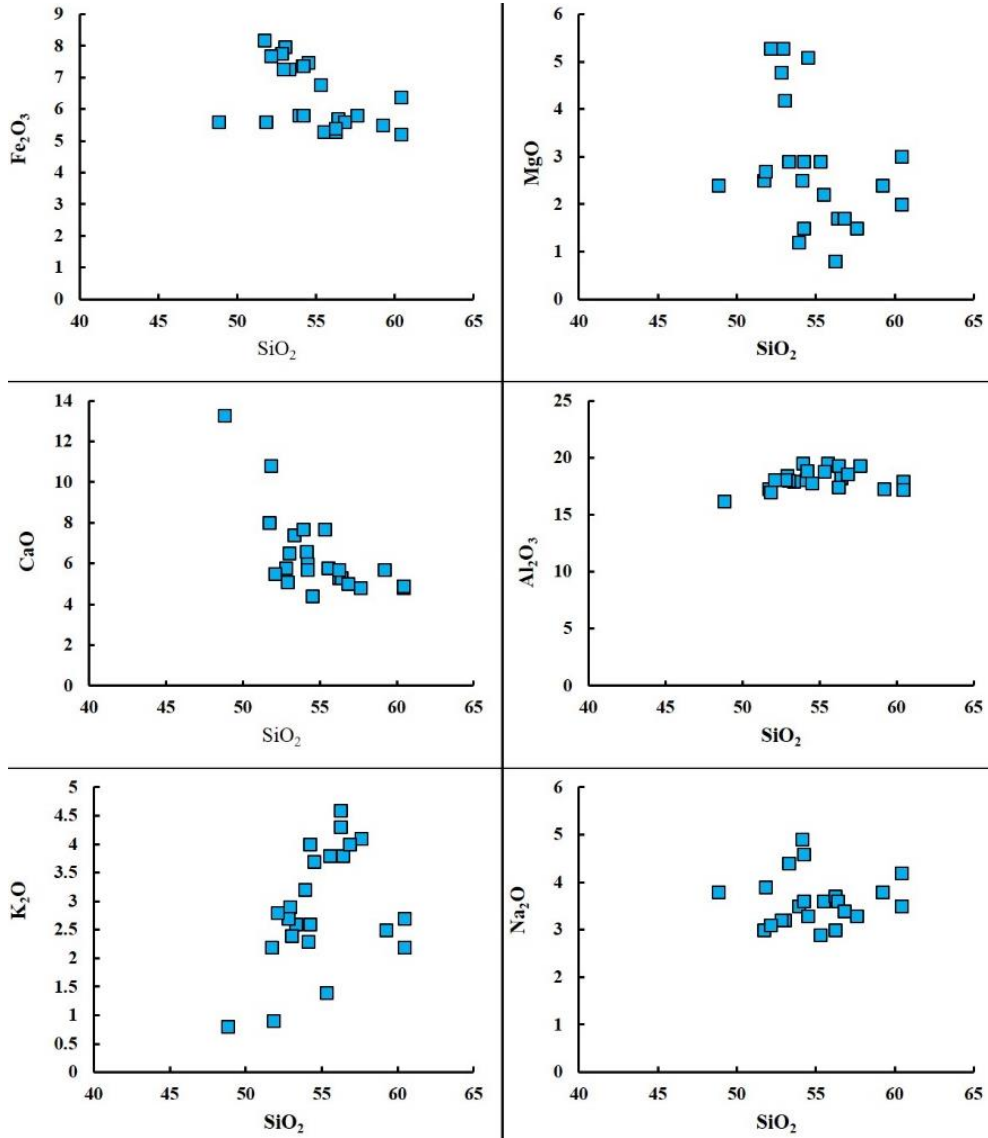


Sekil 2. Yusufeli (Artvin) civarındaki volkanik kayaların SiO_2 'ye karşı Na_2O+K_2O diyagramı [8].



Sekil 3. Yusufeli (Artvin) civarındaki volkanik kayaların Zr/Ti 'ye karşı Nb/Y diyagramı [9]- [12]. Ek şekil, kayaların AFM [11] diyagramındaki gösterimidir.

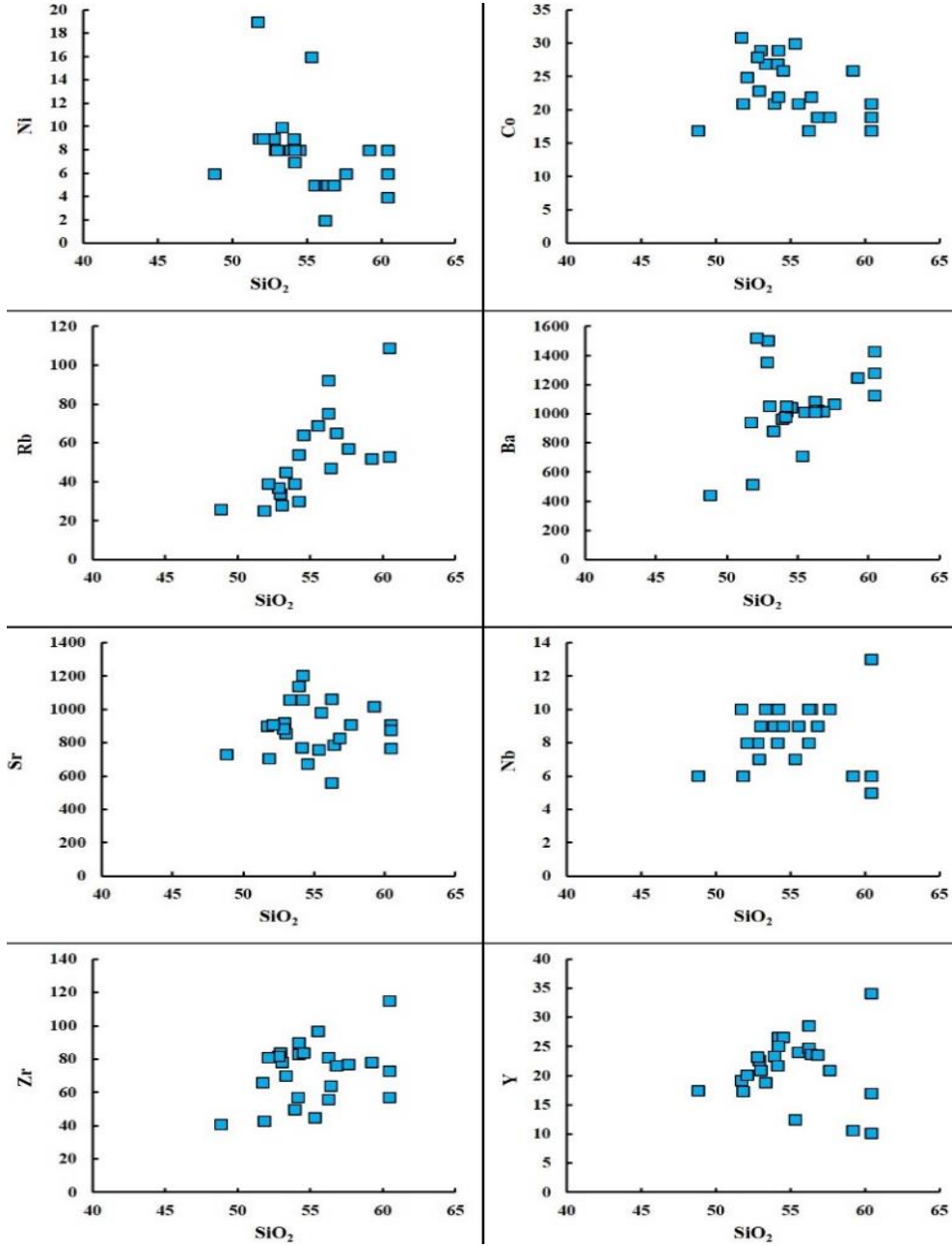
Ana oksitlerin SiO_2 ile olan değişim diyagramları Şekil 4'te verilmiştir. Fraksiyonel kristalleşmenin ilk evrelerinde olivin, piroksen, Ca-plajiyoklaz ve opak mineraller eriyikten ilk önce ayrılacaktır. Bu nedenle, Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 , CaO , Al_2O_3 bu minerallerin bünyesine gireceğinden, artık eriyik bu elementler bakımından fakirleşecektir. Bu arada eriyik, K_2O ve Na_2O bakımından ise zenginleşecektir. Buna göre, SiO_2 'ye karşı ana-oksit diyagramlarında da Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 , CaO , Al_2O_3 ile SiO_2 arasında negatif bir korelasyon K_2O ve Na_2O ile SiO_2 arasında ise pozitif bir korelasyon olması beklenir. Şekil 4'ten de görüleceği gibi, SiO_2 artışıyla beraber Fe_2O_3 , MgO , CaO azalarak negatif bir ilişki göstermektedir. K_2O ve Na_2O ile SiO_2 arasında ise artarak pozitif bir ilişki gözlenmektedir. Bu durum fraksiyonel kristalleşme sonucu ortaya çıkmaktadır. Fe_2O_3 , MgO , CaO azalması, eriyikten öncelikle olivin, piroksen, Ca-plajiyoklaz ve oksit minerallerinin ayrılmasına bağlıdır. SiO_2 'e karşı Al_2O_3 diyagramında ise dağınık bir ilişki gözlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışılan kayaların ana-oksit-SiO₂ değişim diyagramları.

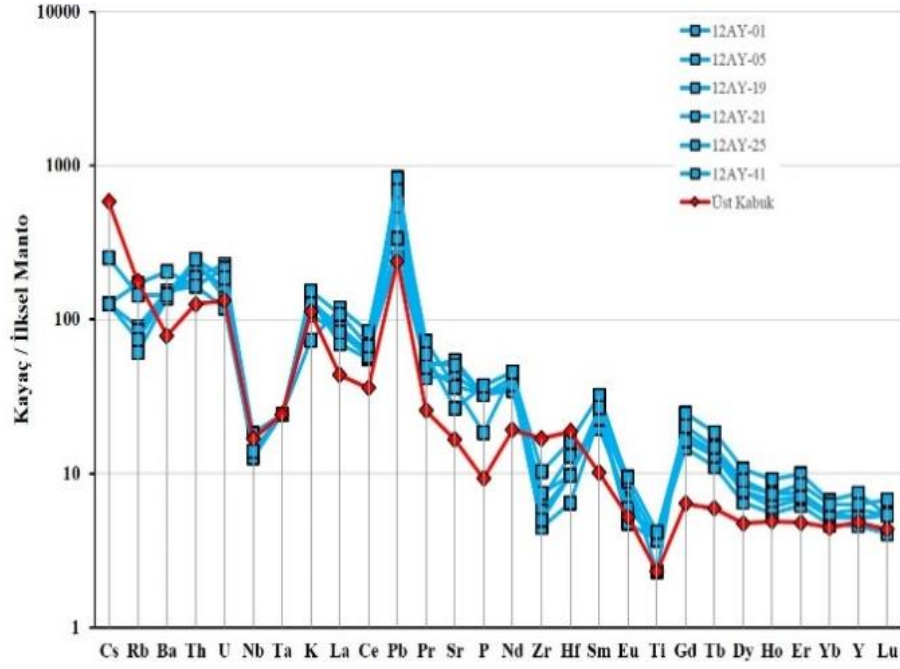
2.2. İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

Ana oksitlerde olduğu gibi, kristallenme süreci ve değişimleri gözlemlemek için bazı seçilmiş iz elementler ile SiO₂ arasında değişim diyagramları çizilmiştir (Şekil 5). Kayaların Ni (≤ 19) ve Cr (≤ 60) içerikleri çok düşüktür ve SiO₂ ile arasında negatif bir ilişki gözlenmektedir. Bu durum, fraksiyonel kristalleşme sırasında olivin ve piroksen minerallerinin kristalleşerek eriyikten ilk önce ayrılmasına işaret etmektedir (Şekil 5). Normal şartlarda, Rb ve Ba elementleri fraksiyonel kristalleşme sırasında K-feldispat, hornblend ve biyotit gibi minerallerinin bünyesine girmektedir ve bu nedenle, fraksiyonel kristalleşme sırasında geç evrelerde kristalleşmektedir [13]. Sr elementi ise genellikle plajiyoklazlarda Ca elementinin yerini alabildiğinden, SiO₂ ile arasında negatif bir ilişki olmalıdır. Zr, uyumsuz bir element olduğundan ve normal manto minerallerinin bünyesine girmediğinden SiO₂ ile arasındaki korelasyon da pozitif olmalıdır. Y elementinin ise granat, amfibol daha az olarak da klinopiroksenin bünyesine dahil oldukları bilinmektedir [14]. Şekil 5'teki iz element değişim diyagramlarından da görüldüğü gibi SiO₂ ile Rb, Ba ve Zr arasında pozitif bir korelasyon, Sr ile negatif bir korelasyon mevcuttur. SiO₂ ile Y arasındaki ilişkiyi incelediğimizde ise, Y elementi ilk önce SiO₂'nin artışına bağlı olarak artmakta, daha sonra ise azalma eğilimi göstermektedir. Bu durum, Y elementinin mineral (granat, amfibol gibi) bünyesine girerek ortamdan ayrılmasıyla açıklanabilir.



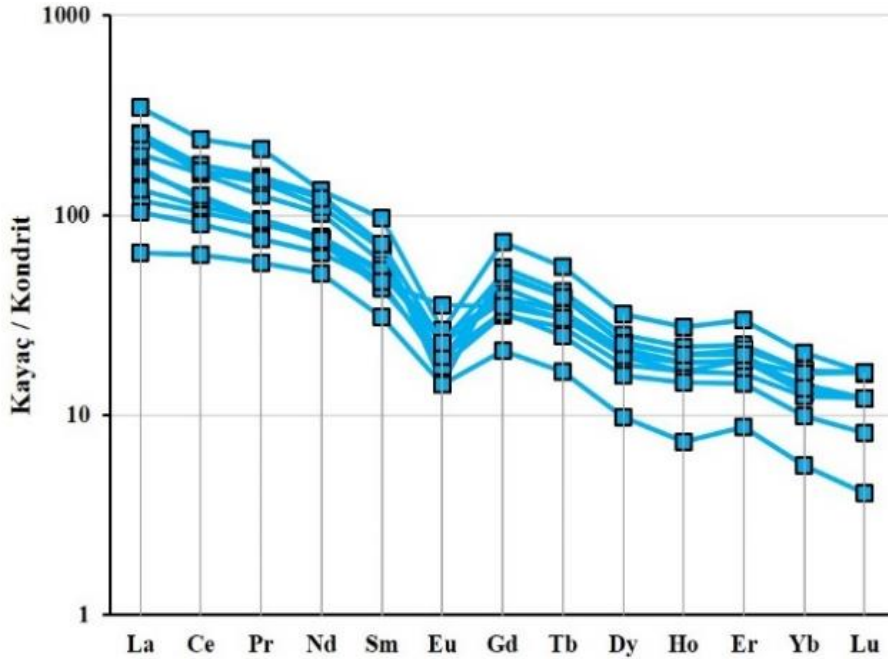
Şekil 5. Çalışılan kayaçların SiO₂ (%)'ye karşı iz element değişim diyagramları.

Yusufeli (Artvin) civarında yüzeyleyen Eosen yaşlı volkanik kayaçlarından seçilmiş örneklerin ilksel mantoya göre [15] göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramları Şekil 6'te verilmiştir. Çalışılan kayaçlar birbirine benzer iz element dağılımları sunmaktadır. Diyagramdan da görüldüğü gibi, tüm örnekler belirgin negatif Nb, Ta, Ti, Zr ve Hf ve pozitif Th, U ve Pb anomalilerine sahiptir. Örnekler büyük iyon yarıçaplı elementler (BIYE; Cs, Rb, Ba, K, Th, U) bakımından ilksel mantoya göre zenginleşmiş durumdadır. Nb, Ta ve Ti elementlerinde gözlenen negatif ve beraberinde Th, U ve Pb elementlerinde gözlenen pozitif anomaliler, yay magmatizmasının tipik özellikleri arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, yükselen magmanın kıtasal kabuk ile etkileşimi sonucu bu tür anomaliler oluşmaktadır [16]- [17]- [18]. Bu nedenle, örnekler üst kabuk değerleri [19] ile karşılaştırıldığında, örneklerin iz element profillerinin üst kabuğa ait iz element profiline yakın benzerlikler sergilediği gözlenmektedir. Ancak, çalışılan örneklerdeki Ba, Th, U ve Pb zenginleşmesi ve Zr ve Hf fakirleşmesi üst kabuktan daha fazladır.



Şekil 6. Çalışılan Eosen volkanitlerinden seçilmiş örneklerin ilksel mantoya [15] göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı.

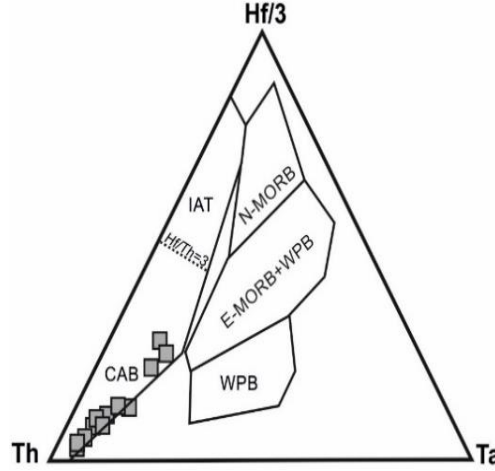
Çalışılan volkanitlerden seçilmiş örneklerin kondrite göre normalize edilmiş [20] nadir toprak element (NTE) dağılım diyagramları Şekil 7’de verilmiştir. Bütün örnekler hafif nadir toprak elementler (HNTE) bakımından ağır nadir toprak elementler göre (ANTE) zenginleşmiştir [(La/Yb)_n= 5.77-18.52; [19] normalizasyon değerleri kullanılmıştır]. Bu durum, volkanik kayaların gelişiminde klinopiroksen ve hornblend ayrışmasının etkili olduğunu göstermektedir [14]. Örneklerde belirgin bir Eu anomalisi gözlenmektedir. Eu elementinde gözlenen bu anomali plajiyoklaz fraksiyonlaşmasına veya kayacın kısmi ergimesi sırasında plajiyoklazın kaynaktan alıkonmasına işaret etmektedir.



Şekil 7. Çalışılan Eosen volkanitlerinden seçilmiş örneklerin kondrite [20] göre normalize edilmiş NTE dağılım diyagramı.

IV. SONUC

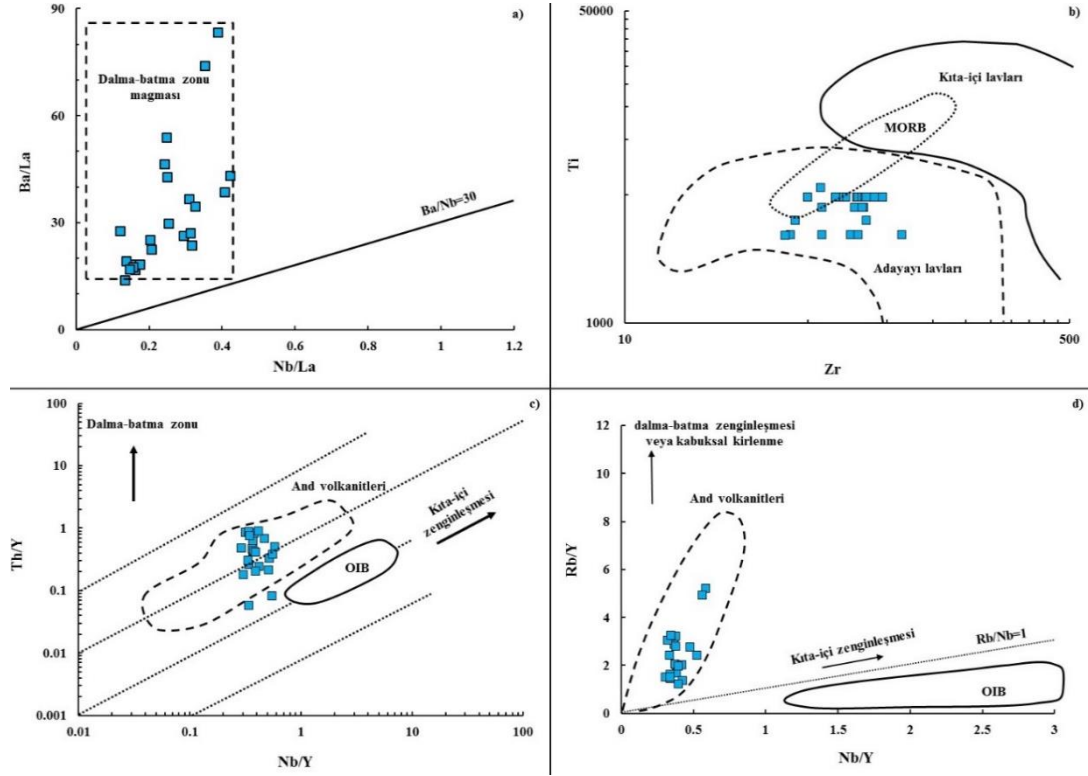
İncelenen volkanitlerin iz element dağılım profilleri, volkanizmanın oluşumunda dalma-batma ve/veya kabuksal kirlenme süreçlerinin varlığını ortaya koymuştur. Çünkü Nb, Ta, Ti ve Zr elementlerinde gözlenen fakirleşme ve beraberinde Th, U ve Pb elementlerindeki zenginleşmeler bu tür süreçlerin jeokimyasal özellikleri arasında yer almaktadır [21]- [22]- [23]- [16]- [9]. Bu nedenle, volkanitlerin oluşum ortamını tespit etmek amacıyla, Hf/3-Th-Ta tektonik ortam ayırtman diyagramı [24] çizilmiştir. Diyagrama göre volkanitler, kalk-alkali bazalt (CAB) kesiminde yer almaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Çalışılan volkanitlerin Hf/3-Th-Ta üçgen diyagramında gösterimi, CAB kalk-alkali bazalt [24].

Volkanitlerin Ba/Ta ve Ba/Nb oranları sırasıyla 882-3008 ve 73.5-225 arasında değişmektedir. Yüksek Ba/Ta (>450) ve Ba/Nb(>28) değerleri, dalma-batma magmalarının en tipik özellikleri arasında yer almaktadır [16]. Bu kriterlere göre, çalışılan volkanitlerde gözlenen bu değerler, volkanizmanın kökeninde dalma-batma süreçlerinin hakim olduğunu göstermektedir. Şekil 9a'da da, Yusufeli civarında yüzlek veren volkanitlerin dalma-batma ile temsil olunan bölgede yer aldığı gözlenmektedir. Benzer şekilde, Ti-Zr tektonik ortam ayırtman diyagramında [25] da örnekler yay magmatizması ile temsil edilen bölgeye düşmektedir. Şekil 9a ve b diyagramlarına göre, çalışılan volkanitlerinin yay magmatizmasıyla ilişkili bir kaynaktan türediği düşünülmektedir.

Th/Y-Nb/Y diyagramı (Şekil 9c), kıta içi volkanitleri, dalma-batma zonu ile ilişkili volkanitlerden ayırmak için kullanılmaktadır. Diyagramda düşey yönelim dalma-batma zonu zenginleşmesini gösterirken, artan Nb/Y içeriği ise kıta içi zenginleşmesini vermektedir. Çünkü kıta içi volkanitler yüksek Nb/Y oranı (>1.5) sahiptir [26]- [27]. Ayrıca, diyagram üzerine dalma-batma magmatizmasının bir örneği olan And volkanitleri iz düşürülerek, çalışılan örneklerin kökenine açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Buna göre, örneklerin And volkanitleri bölgesinde yer aldığı ve genel olarak dalma-batma zonu zenginleşmesi yönünde düşey bir yönelim sunduğu gözlenmektedir. Şekil 9d'deki Rb/Y – Nb/Y diyagramı da yukarıda bahsedilen bulguları destekler nitelikte olup, örnekler And volkanitleri bölgesinde düşey bir dağılım sergilemektedir. Jeokimyasal veriler, Tersiyer yaşlı Yusufeli volkanizmasını oluşturan kaynağın adayayı magması ile ilişkili olduğunu ve volkanizmanın gelişimde fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin de etkili olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 9. Çalışılan volkanitlerin a) Ba/La-Nb/La diyagramı; b) Ti-Zr diyagramı [25]; c) Th/Y-Nb/Y diyagramı ve d) Rb/Y-Nb/Y diyagramı [26]. And volkanitleri ve Okyanus adası bazaltlarına (OIB) ait veriler [28]- [29]- [30]'dan alınmıştır.

TEŞEKKÜR: Bu çalışmalarım sırasında desteklerini gördüğüm MTA Genel Müdürlüğüne ve Maden Analizleri ve Teknolojisi (MAT) Dairesi Başkanlığı'na, MTA Marmara Bölge Müdürlüğü'ne sonsuz şükranlarımızı sunarım.

V. KAYNAKLAR

- [1] M. Arslan, N. Tüysüz, S. Korkmaz ve H. Kurt, "Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanics Rocks, Northeast Turkey", *Chemi der Erde*, no. 57, pp. 157-187, 1997.
- [2] A. Kaygusuz ve E. Aydınçakır, "U-Pb zircon SHRIMP ages, geochemical and Sr-Nd isotopic compositions of Cretaceous plutons in the eastern Pontides (NE Turkey): The Dağbaşı Pluton", *Neues Jahrbuch Für Mineralogie*, vol. 188, no. 3, pp. 211-233, 2011.
- [3] Z. Aslan, "U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides", *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, vol. 187, no. 3, pp. 329-346, 2010.
- [4] C. Şen, M. Arslan ve A. Van, "Doğu Pontid (KD Türkiye) Eosen alkalin Volkanik Provensinin Jeokimyasal ve Petrolojik Karakteristikleri", *Tübitak Yayınları, Turkish Journal of Earth Science*, no. 7, ss. 231-239, 1998.
- [5] M. Arslan ve Z. Aslan, "Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, NE Turkey", *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 27, pp. 177-193, 2006.

- [6] İ. Ketin, Anadolu'nun tektonik birlikleri, *MTA Dergisi*, no. 66, ss. 20-34, 1996.
- [7] İ. H. Güven, MTA, *1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Tortum-D31 Paftası*, Ankara, Açınsama Nitelikli Harita, 1/100.000, 1998.
- [8] E. A. Middlemost, "Naming materials in magma/igneous rock system", *Earth Science Reviews*, no. 37, pp. 215-224, 1994.
- [9] J. A. Pearce, "Sources and settings of granitic rocks", *Episodes*, vol. 19, no. 4, pp. 120-125, 1996.
- [10] P. A. Floyd ve J. A. Winchester, "Identification and discrimination of althered and metamorphosed volcanic rock using immobile elements", *Chemical Geology*, vol. 21 (3-4), pp. 291-306, 1981.
- [11] T. N. Irvine ve W. R. Barager, "A guide to the chemical classification of the common volcanics rocks", *Canadian Journal of Earth Sciences*, pp. 523-548, 1971.
- [12] J. A. Winchester ve P. A. Floyd, "Geochemical discrimination of different magma series and their diffentiation products using immobile elements", *Ghemical Geology*, vol. 20, pp. 325-343, 1977.
- [13] M. Wilson, *Igneus Petrogenesis*, London, UK, Unwin Hyman Ltd. 1989, p. 465.
- [14] H. Fujimaki, M. Tatsumoto ve K. Aoki, "Partition coefficients of Hf, Zr and REE between phenocrysts and groundmasses", Proc. 14th Lunar Planet Sci Conf. Part 2. *Journal of Geophysical Research*, vol. 89, pp. 662-672, 1984.
- [15] S. S. Sun ve W. F. Mcdonough, "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in ocean basins", In: A. D. Saunders, M. J. Norry, Eds., *Geol. Soc. Spec. Pub.*, London, 1989, pp. 313-345.
- [16] J. B. Gill, *Orogenic andesites and Plate tectonics*, New York: Springer-Verlag, 1981.
- [17] J. G. Fitton, D. James, P. D. Kempton, D. S. Ormerod ve W. P. Leeman, "The role of lithospheric mantle in the generation of late Cenozoic basic magmas in the Western United States", *Special Lithosphere Issue*, pp. 331-349, 1988.
- [18] R. N. Thompson, M. A. Morrison, G. L. Hendry ve S. J. Parry, "An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: An elemental approach", *Philosophieal Transactions of the Royal Society of London*, vol. 310, pp. 549-585, 1984.
- [19] S. R. Taylor ve S. M. Mc Lennan, "The continental crust: its composition and evolution", *An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks*, United States: 1985.
- [20] W. F. Mcdonough ve S. S. Sun, "The composition of the Earth", *Chemical Geology*, vol. 120, pp. 223-253, 1995.
- [21] P. B. Kelemen, K. T. Johnson, R. J. Kinzler ve A. J. Irving, "High-Fieald-Strength Element Depletion in Arc Basalts Due to Mantle-Magma Interaction ", *Nature*, vol. 345, pp. 521-524, 1990.
- [22] A. Stolz, R. Varne, G. R. Davies, G. E. Wheller ve J. D. Folden, "Magma source components in an arc-continent collision zone: the Flores-Lembata sector, Sunda arc, Indonesia", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, vol. 105, pp. 585-601, 1990.

- [23] A. E. Rigwood, "Slab-mantle Interactions: 3. Petrogenesis of Intraplate Magmas and Structure of the Upper Mantle", *Chemical Geology*, vol. 82, pp. 187-207, 1990.
- [24] D. A. Wood, The application of a Th-Hf-Ta diagram to problem of tectomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province, *Earth and planetary science Letters*, vol.50, pp. 11-30, 1980.
- [25] J. A. Pearce, "Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries ", In: R. S. Thorpe (ed.) *Orogenic Andesites and Related Rocks*, Chichester, England: J. Wiley and Sons, 1982, pp. 525-548.
- [26] C. Edwards, M. Menzies ve M. Thirwall, "Evidence from Muriah Indonesia, for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas", *Journal of Petrology*, vol. 32, pp. 555-592, 1991.
- [27] A. Temel, M. N. Gündoğdu ve A. Gourgau, "Petrological and Geochemical Characteristics of Cenozoic high-K Calc-Alcaline Volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 85 (1), pp. 327-354, 1998.
- [28] R. V. Hickey, F. A. Frey, D. C. Gerlach ve L. L. Escobar, "Multiple source basaltic arc rock from the southern volcanic zone from of the Andes (34°–41° S): trace element and isotopic evidence for contributions from subducted oceanic crust", *Journal of Geophysical Research*, vol. 91 (B6), pp. 5963-5983, 1986.
- [29] R. V. Hickey, H. M. Roa, L. L. Escobar ve F. Frey, "Geochemical variations in Andean basaltic and silicic lavas from the Villarica-Lanin Chain (39.5° S): an evaluation of source heterogeneity, fractional crystallization and crustal assimilation", *Contribution to Mineralogy and Petrology*, vol. 03, pp. 361-386, 1989.
- [30] D. J. Chaffey, R. A. Cliff ve B. M. Wilson, "Characterization of the St. Helena magma source", In magmatism in the ocean basins", *Geol. Soc. Spec. Publ.*, London, England: A.D. and M.J. Norry, pp. 257-276, 1989.