

TC
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AHLAT TAŞININ (AHLAT-BİTLİS) MİNERALOGİK VE JEOKİMYASAL
İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Erkan DEDE
DANIŞMAN : Yrd.Doç.Dr. Ali Rıza ÇOLAKOĞLU

VAN-2009

TC
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AHLAT TAŞININ (AHLAT-BİTLİS) MİNERALojİK VE JEOKİMYASAL
İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Erkan DEDE

VAN-2009

ÖZET

AHLAT TAŞININ (AHLAT-BİTLİS) MİNERALojİK VE JEOKİMYASAL İNCELEMESİ

DEDE, Erkan

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza ÇOLAKOĞLU

Ağustos 2009, 63 sayfa

Bu çalışmada Bitlis ili Ahlat ilçesinde bulunan ve bölgede yapı malzemesi olarak kullanılan Ahlat taşının (ignimbirit) petrolojik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Ahlat taşı sırasıyla siyah, kahverengi, kırmızı ve bej olmak üzere dört farklı renk ve seviyede gözlenmektedir. Taban seviyeden itibaren siyah, kahverengi ve kırmızı ignimbiritler dereceli geçiş ile aynı evrenin ürünleri olduğu, buna karşın bej ignimbiritin ise farklı bir evre ile ilişkili en genç ürün olduğu düşünülmektedir. Kimyasal ve petrografik incelemeler sonucunda Ahlat taşının trakitik, pomza ve fiyamların ise riyolitik bileşimli olduğu belirlenmiştir. Ahlat taşı plajiyoklaz, mikroklin, sanidin, klinopiroksen (egirinojit), ve az miktarda amfibol mineralleri içermektedir. Mineralojik ve SEM incelemelerinde Ahlat taşında herhangi bir alterasyon etkisi gözlenmemiş olup, bünyesinde insan sağlığına zararlı olabilecek zeolit türü mineral oluşumları da saptanmamıştır. Kimyasal ve EDS analizleri neticesinde Ahlat taşında renk değişimine neden olabilecek belirgin bir elementsel farklılık ortaya konulamamıştır. Buna karşın XRD verilerinde, Ahlat taşında tabandan tavana doğru kristalitenin azalması, renk değişiminde kristalitenin de etkili olabileceğini düşündürmektedir. Jeokimyasal analizlerden elde edilen K/Nb–Rb/Nb, Nb/Y–Th/Y, Zr/Nb–Y/Nb, Rb/Y+Nb, Rb–Ba–Sr ayırtman diyagramlarına ve Ba/Nb<28 (5-6) oranına göre, Ahlat taşının kıta içinde gelişmiş asidik bileşimli, alkali magmatizmaya bağlı olarak oluştuğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin yanında kabuksal kirlenmeden de etkilendiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ahlat taşı, ignimbirit, alkali, jeokimya

ABSTRACT

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF AHLAT STONE (AHLAT-BİTLİS)

DEDE, Erkan

Msc, Geology Engineering Department

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ali Rıza ÇOLAKOĞLU

August 2009, 63 page

In this thesis, petrological and geochemical characteristics of Ahlat stone (ignimbrite) having been used as a constructive material at Ahlat town, located in Bitlis, were studied to reveal.

Ahlat stone are observed at four different levels and colors as black, brown, red and beige respectively. It is thought that black, brown and red color ignimbrites as from bottom to top level with transition are the same stage products; on the other hand, beige ignimbrite is related with different stage and it is the youngest product. Ahlat stone is determined as trachitic composition, on the other hand, pumices and fiammes are determined as a rhyolitic composition. Ahlat stone consists of plagioclases, microcline, sanidine, clinopyroxene (egirinogite) and a little amount of amphibole. In mineralogical and SEM studies indicate that there was no any zeolite minerals observed in Ahlat stone which are harmful for human healthy. According to chemical and EDS analysis, it could not be revealed any elemental diversity to cause color change in Ahlat stone. On the other hand, XRD results indicated that crystallinity decreases from bottom to top level, and this might be cause color change in the ignimbrites. According to K/Nb–Rb/Nb, Nb/Y–Th/Y, Zr/Nb–Y/Nb, Rb/Y+Y, Rb–Ba–Sr discrimination diagrams and the ratio of Ba/Nb<28 (5-6) obtained from geochemical analysis, it was thought that Ahlat stone was formed depending on alkali magmatism with acidic composition which developed in within-plate. Beside, not only fractional crystallization processes but also crustal contamination process was effective on its formation.

Keywords: Ahlat stone, ignimbrite, alkali, geochemistry

ÖNSÖZ

Doğu Anadolu Bölgesi, Bitlis il sınırları içerisinde bulunan Nemrut stratovolkani, bugünkü kesik koni şeklini alıncaya kadar, defalarca patlamış ve bu patlamalar sonucunda kilometrelerce uzağına kadar, bazalittan pomzaya kadar çok sayıda volkanik malzeme püskürtmüştür. Nemrut stratovolkani güney doğusunda, Bitlis iline bağlı Ahlat ilçesi bulunmaktadır. Bu ilçede ise, ilçenin adıyla özdeşleşmiş volkanın piroklastik ürünü olan ignimbiritler (Ahlat taşı) bulunmaktadır.

Ahlat taşı, yüzyıllar önce bölgede yaşamış olan Selçuklular tarafından mezar taşı ve kümbetlerde kullanılırken, günümüzde ise bina yapımında ve kaplama malzemesi olarak çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, kullanımı gittikçe artan Ahlat taşının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile içerisinde insan sağlığı için zararlı olabilecek mineral oluşumuna yönelik araştırmalar yapılmıştır

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışma, 2009-FBE-YL030 nolu proje ile Bilimsel Araştırma Projeleri Daire Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri'nden sorumlu, Rektör Yardımcısı Prof. Dr. Duran BOLAT'a ve diğer tüm çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde yardımlarını esirgemeyen ve çalışmanın başlangıcından tezin hazırlanmasına kadar geçen tüm evrelerde, bana her konuda destek olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza ÇOLAKOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Abidin TEMEL'e, çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Tolga DEPCİ'ye, Dr. Pınar ALICI'ya, MTA Analizleri ve Teknolojisi Daire Başkanlığı Koordinatörü Jeoloji Yüksek Müh. Okan ZİMİTOĞLU'na, hep yanımda olan Emrah POLAT'a ve beni bir ömür destekleyen babam İlhan DEDE, annem Yaşar DEDE, ablam Berna GÜVENÇ ve kardeşim Burak DEDE'ye teşekkür ederim.

Erkan DEDE

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı	2
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.2. Yöntem	10
4. BULGULAR	12
4.1. Stratigrafi	12
4.1.1. Trakit	14
4.1.2. Bazalt	14
4.1.3 Bazaltik trakiandezit akıntıları	14
4.1.4. Trakitik - riyolitik dom ve dom akıntıları	15
4.1.5. Obsidiyen akıntısı	15
4.1.6. Kuvarslı trakit-trakiandezit akıntıları	15
4.1.7. Aglomera	15
4.1.8. Trakiandezit akıntıları	16
4.1.9. İgnimbiritik püskürmeler	16
4.2. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler	19
4.2.1. Bej ignimbirit	19
4.2.2. Kırmızı ignimbirit	21
4.2.3. Kahverengi ignimbirit	24
4.2.4. Siyah ignimbirit	27
4.2.5. XRD incelemeleri	29

4.3. Jeokimya	33
4.3.1. Ana element jeokimyası	33
4.3.2. İz element jeokimyası	37
4.3.3. Nadir toprak element jeokimyası (NTE)	49
4.3.4. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları	51
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR	58
KAYNAKLAR	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Çalışma alanı Ahlat'tan bir görünüm	2
Şekil 1.2. Çalışma alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 4.1. Nemrut Stratovulkanı'nın jeoloji haritası	12
Şekil 4.2. Nemrut Stratovulkanının genelleştirilmiş dikme kesiti	13
Şekil 4.3. Tipik ignimbirit İstifi	16
Şekil 4.4. Ahlat taşı (ignimbirit) istifi	17
Şekil 4.5. Taş ocağında gözlenen bej ve kırmızı ignimbirit istifinden bir görünüm	18
Şekil 4.6. Bej ignimbirit örneğinde gözlenen volkancamı kıymıkları	19
Şekil 4.7. Bej ignimbirit örneğinde gözlenen sanidin (Sn) mineralleri	20
Şekil 4.8. Kırmızı ignimbirit örneğinde gözlenen pomza parçaları	22
Şekil 4.9. Kırmızı ignimbirit örneğinde gözlenen egirinojit (Egj) minerali	23
Şekil 4.10. Kahverengi ignimbirit örneğinde gözlenen cam kıymıkları	25
Şekil 4.11. Kahverengi ignimbirit örneğinde gözlenen mikroklin (Mic)	25
Şekil 4.12. Siyah ignimbirit örneğinde cam kıymıkları	27
Şekil 4.13. Bej ignimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri	29
Şekil 4.14. Kırmızı ignimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri	30
Şekil 4.15. Kahverengi ignimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri	30
Şekil 4.16. Siyah ignimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri	31
Şekil 4.17. Bej ignimbiritin pomzasına ait X ışını toz kırınım desenleri.	31
Şekil 4.18. Kırmızı ignimbiritin pomzasına ait X ışını toz kırınım desenleri	32
Şekil 4.19. Kahverengi ignimbiritin pomzasına ait X ışını toz kırınım desenleri	32
Şekil 4.20. Ahlat taşının toplam alkali - silis (TAS) diyagramı	35
Şekil 4.21. Ahlat taşının % SiO ₂ – % Ana oksit Harker değişim diyagramları	36
Şekil 4.22. Ahlat taşının SiO ₂ – iz element Harker değişim diyagramları	42
Şekil 4.23. Ahlat taşı iz element verilerinden elde edilen Isparta ve Kula volkanitleri ile karşılaştırmalı K/Nb-Rb/Nb diyagramı	43
Şekil 4.24. Ahlat taşı iz element verilerinden elde edilen Nb/Y-Th/Y diyagramı	44

Şekil 4.25. Ahlat taşı iz element verilerinden elde edilen Y/Nb-Zr/Nb diyagramı	45
Şekil 4.26. Ahlat taşı iz element verilerinden elde edilen Rb/Ba/Sr diyagramı	46
Şekil 4.27. Ahlat taşı Rb – Y+Nb ayırtman diyagramı	47
Şekil 4.28. Ahlat taşı Pb-Ce/Pb ayırtman diyagramı	47
Şekil 4.29. Ahlat taşının Rb/Y-Nb/Y diyagramı	48
Şekil 4.30. Ahlat taşının iz element spider diyagramı	49
Şekil 4.31. Ahlat taşının nadir toprak elementi spider diyagramı	51
Şekil 4.32. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: BY-1)	53
Şekil 4.33. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: KR-1)	54
Şekil 4.34. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: KH-1).	55
Şekil 4.35. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: SY-1).	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Çalışma alanından alınan örneklerin Ana oksit analiz sonuçları	34
Çizelge 4.2. Çalışma alanından alınan örneklerin iz element analiz sonuçları	38
Çizelge 4.3. Ahlat taşı NTE sonuçları	50
Çizelge 4.4. Ahlat taşı SEM analiz sonuçları ve ortalama verileri	57

1. GİRİŞ

Bitlis ili Ahlat ilçesinde bulunan Ahlat Taşı (İgnimbrit), bölgede uzun yıllar yaşamış olan Selçuklular döneminden itibaren, mezar taşı ve kümbetlerde kullanılmaya başlanmış ve günümüzde de halen konut yapımından cami minaresi yapımına kadar birçok yapıda kullanılmaya devam etmektedir. Ahlat Taşları toprak altından çıkartıldığında kısmen yumuşak olup, açık hava etkisiyle sertlik kazanmaktadır. Yumuşak haldeki Ahlat Taşı'na el veya makineler yardımıyla kolayca şekil verilebildiği için günümüzde hem dekoratif amaçlı hem de yapı malzemelerinde oldukça fazla kullanılır hale gelmiştir.

Karaoğlu ve ark. (2005), Van gölünün GB'sında (Doğu Anadolu) yer alan Nemrut Stratovulkanı'nın volkanolojik gelişimi, Kaldera Öncesi Evre, Kaldera Sonrası Evre ve Geç Evre olmak üzere üç aşamalı olarak ele almışlar ve Nemrut volkanizmasına bağlı olarak gelişen ve kaldera öncesi evreye ait dönemde iki ignimbirit birimi akmasının meydana geldiğini belirtmişlerdir. İlk ignimbirit akmasının açılma çatlakları boyunca gerçekleşen ve volkanizmanın ilk ürünleri olan bazaltik lav akmalarının ardından meydana geldiğini söyleyen araştırmacılar, bu akmanın Nemrut kalderası'nın oluşumunu tetikleyen en önemli volkanik etkinlikten birisi olduğunu söylemişlerdir. Kaldera öncesi evredeki Nemrut stratovulkanına ait piroklastik ürünlerin, paleosol gözlemleriyle 3 faz halinde depolandığını ve ilk fazın, pliniyen geri düşüşler ve pomza akışından oluştuğunu, ikinci fazın ana ignimbirit ile karakterize edildiğini, üçüncü faz'ın ise pliniyen pomza ve kül geri düşme ürünlerinden oluştuğunu belirtmişlerdir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Çalışma konusunu oluşturan Ahlat taşı, geçmişte Akdamar Kilisesi'nin yapımında ve ayrıca Selçuklu mezar ve kümbetlerinde kullanılmıştır. Günümüzde ise yaygın olarak bina yapımında duvartaşı ve kaplama taşı olarak kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında Bitlis ili Ahlat ilçesinde bulunan ve bölgede yapı malzemesi olarak kullanılan Ahlat Taşı'nın (ignimbiritlerin) mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaca uygun olarak yapılacak laboratuvar çalışmalarından ve analitik verilerden elde edilecek sonuçlar ile bölgenin jeolojik şekillenmesindeki olayların anlaşılması ve olası zeolit türü zararlı mineral oluşumlarının belirlenmesi yeni araştırmacılara önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtımı

Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Bitlis iline bağlı olan Ahlat ilçesi, Van Gölü'nün Kuzey batısında Süphan ve Nemrut Dağları arasında bulunmaktadır. Bitlis iline 60 km uzaklıkta bulunan ve yüzölçümü 1643 km²' olan Ahlat ilçesinin



Şekil 1. 1. Çalışma alanı Ahlat'tan bir görünüm

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Alp Himalaya kuşağı içerisinde yer alan Türkiye jeolojik çeşitlilik bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Ülkemizde Neotektonik rejimin etkilerinin en iyi gözlemlendiği yerlerden biri olması dolayısıyla ile Doğu Anadolu bölgesi birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Van ili ve çevresini de kapsayan bu çalışmalardan bazıları kronolojik sıra ile aşağıda verilmiştir.

Tolun (1953), Van Gölü'nün güney ve güney-batısının stratigrafisi ve jeolojisi ile ilgili çalışmasında Nemrut Volkanı'na değinmiş ve stratovolkan ile ilişkili olarak volkanın iskeletinin hornblend andezitler, piroksen andezitler, andezitik-dasitik obsidiyenler ve bazaltlar olmak üzere dört ayrı püskürme evresi sonucunda oluştuğunu belirlemiştir.

Özpeker (1973), Nemrut Stratovolkanı'nı volkanolojik açıdan incelemiş volkanın etkinliğine Kuvaterner'de başladığını ve evrimini beş evrede tamamladığını belirtmiştir. Yarık erüpsiyonları ile etkinliğine başlayan volkanın daha sonra meydana gelen evrelerde merkezi bir bacadan lav ve piroklastik malzeme püskürttüğünü ve kaldera'nın patlamayı izleyen çökme sonucunda oluştuğunu belirtmiştir. Van Gölü'nün bugünkü konumunun oluşumunda, Nemrut Volkanı'nın önemini belirten araştırmacı volkanın tarihsel evrimi içerisinde 186 km^3 volkanik ürün püskürttüğünü belirtmiştir.

Innocenti (1976), Van Gölü ve çevresinde yer alan genç volkanizmanın evrimini araştırmıştır. Alt Miyosen'de başlayan volkanizmanın kalk-alkali nitelikli olduğunu, alkali volkanizmanın ise altı milyon yıl önce başladığını ve bunun kalk-alkali nitelikteki bir volkanizmanın devamı olduğunu belirtmiştir. Volkanizmanın kökenini Neojen boyunca Arabistan levhasının Anadolu-İran levhası altına yitmesine bağlamıştır.

Şaroğlu ve Güner (1981), Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemin Orta Miyosen'de sıkışmalı tektonik rejim ile başladığı belirtmişlerdir. Şaroğlu ve Güner'e (1981) göre, bu sıkışma sonucunda D-B doğrultulu K-G'ye eğimli yüksek açılı bindirmeler, eksenleri D-B doğrultulu kıvrımlar, KD-GB doğrultulu sol yönlü ve KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylar ile K-G doğrultulu açılma çatlakları meydana gelmiş ve bu çatlaklardan çıkan volkanik kayalar geniş alanlar kaplamışlardır.

Güner (1984), Nemrut Volkanı'nın jeolojisini, jeomorfolojisini ve volkanizmanın evrimini incelemiştir. Araştırmacı volkanın Pleistosen' de K-G doğrultulu bir yarık üzerinde oluşmaya başladığını ve etkinliğini piroklastik gereçle başlatıp asit ve bazik lavlarla sürdürdüğünü, volkanizmanın son ürününün ise trakiandezitik lavlar olduğunu belirtmiştir.

Kirkor, Mazik-Germav volkanik domları ile İncekaya kalderası'nı Nemrut volkanik sistemi içerisinde kabul eden araştırmacı, Nemrut Kalderası, Nemrut Gölü ve 1441 yılındaki volkanik etkinliğin simgesi olan Kantaşı ile Nemrut yarığının yerbilimciler için bir laboratuvar özelliğinde olduğu kadar, turizm açısından da önemli bir potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir.

Şaroğlu ve Yılmaz (1984), Doğu Anadolu'nun jeolojik evriminde dört dönemin etkili olduğunu belirtmişlerdir. Birinci dönemin bölgesel metamorfitlet ve kristalize kireçtaşları, ikinci dönemin ofiyolitik karmaşa, üçüncü dönemin sedimanter kayaçlar, dördüncü dönemin ise Üst Miyosen' den başlayıp günümüze kadar devam eden karasal ortam çökelleri ve volkanizma ile temsil edildiğini vurgulamışlardır.

Tokel (1984), Doğu Anadolu'da en son denizel çökellerin 17 m.y. yaşlı sığ kireçtaşları olduklarını, bunların Pontidler ve Bitlis Masifi yükselteleri dışında bütün Doğu ve Güneydoğu Anadolu'yu kapladıklarını, Burdigaliyen'de bölgenin normal kalınlıkta bir kabuğa sahip ve bugünkü Ege Denizi'ne benzer bir kıta özelliğinde olduğunu belirtmiştir. Bölgede bugünkü kabuk kalınlığının yaklaşık 45 km olduğunu belirten araştırmacı bu yükselimin ve yükselim içinde riftleşmeye bağlı olarak gelişen volkanizmanın ancak bölgesel sıkışma içerisinde oluşan gerilim alanlarının varlığıyla açıklanabileceğini vurgulamıştır.

Yılmaz ve ark. (1987), Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemin, Erken Miyosen'de Arap ve Avrasya plakalarının çarpışması sonucu, aradaki Tetis okyanusunun kapanması ile başladığını belirtmişlerdir. Çarpışma sonrası sıkışmanın devam etmesiyle yeni bir tektonik rejimin ve yaygın bir magmatik aktivitenin başladığını vurgulayan araştırmacılar, çarpışma sonrası sıkışmaya bağlı olarak D-B doğrultulu kıvrımlar-bindirmeler ve doğrultu atımlı fayların meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bununla ilişkili olarak meydana gelen volkanizmayı üç dönemde toplayan araştırmacılar, birinci döneme zayıf alkali özellik gösteren Solhan volkanitlerini, ikinci döneme Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de meydana gelen K-tip Ca

volkanizması, üçüncü ve son döneme ise Doğu ve Kuzey Anadolu transform faylarının oluşumundan sonra Pleyistosen ve Kuvaterner’de meydana gelen alkali volkanizmayı dahil etmişlerdir.

Yılmaz (1989), Batı ve Doğu Anadolu genç volkanik birliklerin karşılaştırılmasını yapmış ve Doğu Anadolu’da çarpışma ile ilişkili sıkışma tektoniğinin ve volkanizmanın Geç Miyosen’den Pliyosen’e ve günümüze kadar sürdüğünü belirtmiştir. Bir minör iki ana faz ayırt eden araştırmacı, Pliyosen ‘de bazik ve ortaç alkali kayalar oldukça geniş alanlara yayılım gösterdiğini bunun oluşumlardan hemen sonra andezitik ve dasitik kalkalkali kayaların oluşum gösterdiğini vurgulamıştır. İkinci ana fazın ise Kuvaterner’de gözlenen alkali ve geçiş lavları ile karakterize edildiğini belirtmiştir.

Pearce ve ark. (1990), Doğu Anadolu’da Geç Senozoyik volkanizmasının Arap-Avrasya çarpışma zonu çevresinde GB-KD uzanımlı bir yay şeklinde, güneybatıda Arap Yarımadasından, kuzeydoğuda Kars platosuna kadar uzandığını belirtmişler ve yarımada volkanizmasının toleyitikten alkaliye geçiş gösteren bazaltik kalkan volkan tipi ve çatlak püskürmeleri şeklinde geliştiğini vurgulamışlardır.

Ercan ve ark. (1990), Doğu ve Güney Anadolu’ da çarpışma zonu volkanizmasının Orta Miyosen’de başladığını belirterek, çeşitli yörelerden aldıkları örneklerden ana, iz ve Nadir Toprak Element (NTE) kimyasal analizleri, stronsiyum izotop ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ölçümleri ve K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yapmışlardır. Volkanik kayaların ana element kapsamlarına göre yapılan diyagramlarda genellikle kalkalkalin ve alkalın, kısmen toleyitik nitelikler taşıdıklarını belirlemişlerdir. Volkanitlerin iz element içeriklerinin genellikle üst kıtasal kabuk, kısmen alt kabuk ve ender olarak manto ortalama değerlerine uyduğunu belirten araştırmacılar örneklerde belirledikleri stronsiyum izotop oranlarının 0.70350-0.70640 arasında geniş bir aralıkta olduğunu, bölgede Anadolu ve Arap Plakalarının birbirleriyle çarpışmalarından önce altta dalan Arap Plakasına ilişkin kabuk parçasının volkanitleri oluşturan magmaya bulaştığının işareti olarak yorumlamışlardır. K/Ar yöntemine göre yapılan yaş belirlemelerinde Nemrut Stratovolkanı kalderası içindeki obsidiyenlerin yaşını 30.000 yıl olarak bulmuşlardır.

Çakır (1993), “Van Gölü Kuzeyi” adlı çalışmasında, Nemrut Stratovolkanı’nı çalışmış ve volkanik evreleri belirlemiştir. Araştırmacı volkanın ilk faaliyetine yarık

püskürmesi şeklinde başladığını ve ilk ürünlerinin bazaltik ignimbiritler ve bazaltlar olduğunu belirtmişlerdir. İlk evreden sonraki kısa bir suskunluk evresinin ardından, gaz basıncının artması sonucu, patlamalı bir volkanik faaliyetin başladığını ve ilk aşamada asidik karakterde pomzalar çıktığını ve bunu takiben ise trakitik ve andezitik tüflerin çıktığını öne sürmüştür. Çakır (1993) volkanizmanın daha sonraki aşamasında ise tüflerin ardından trakit karakterdeki lavların çıktığını ve bu lavların koninin etrafında yayıldıklarını belirterek, trakitlerin üzerine ise hıyalo-trakitik obsidiyen ve obsidiyen lavlarının geldiğini vurgulamıştır. Daha sonraki evrenin ise aglomeralarla başladığını ve bunların ardından tuf ve trakit çıkışı olduğunu belirten araştırmacı, bundan sonraki evrede ise magmanın gaz basıncının artmasıyla trakiandezitik tüflerin yayıldığını ve bunlardan sonra meydana gelen trakiandezit, obsidiyen ve hıyalo-trakit akıntıları ile volkanik etkinliğin koni oluşum safhasının tamamlandığını belirtmiştir. Kaldera çöktükten sonra kaldera tabanında pomza, tuf, perlitik trakit, hıyalo-trakit, obsidiyenli sünger taşı ve obsidiyen lavlarının çıktığını ve volkanın son etkinliğinin ise kuzeydeki yarıktan çıkan 1441 lavları ile tamamladığını öne sürmüştür.

Notsu ve ark. (1995), Orta ve Doğu Anadolu'da yapmış oldukları çalışmalarda Neojen ve Kuvaterner'de oluşan volkanları incelemişlerdir. Bu volkanlardan alınan örneklerin ana, iz, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analizlerini ve K-Ar yaş tayinlerini yapmışlardır. Erciyes, Ağrı, Nemrut ve Karacadağ bazaltlarında yapmış oldukları $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analizlerinin 0.7035-0.7040 arasında değerlere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu değerlerin N-tipi MORB'lardan daha yüksek fakat yay volkanik kayalarına uyum gösterdiklerini, bununda çarpışma öncesinde yüksek $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ içerikli sıvı ve ergiyiklerle karışan manto kökenini yansıttığını vurgulamışlardır.

Yılmaz ve ark. (1998), Doğu Anadolu'da yer alan Kuvaterner yaşlı Ağrı, Süphan, Nemrut, Tendürek volkanlarını incelemişlerdir. Ağrı Volkanı'nın subalkali, Süphan Volkanı'nın ortaç subalkali, Nemrut Volkanı'nın ortaç alkali, Tendürek volkanının ise alkali olduğunu ve major- iz element bileşimleri ile izotop oranlarına dayanarak bu volkanları oluşturan magmaların heterojen manto kökenli bir magma olduğunu belirtmişlerdir. Adı geçen volkanların stratigrafisini ortaya çıkaran araştırmacılar, Nemrut Stratovolkanını; 1. Koni öncesi evre, 2. Koni oluşum evresi, 3. İklimsel evre, 4. Kaldera sonrası evre, 5. Geç evre olarak beş safhaya ayırmışlardır.

Koçyiğit ve ark. (2001), Kıta içi birleşmenin ve K-G yönlü sıkışma-büzülme tektonik rejiminin, Doğu Türkiye’de Bitlis Kenet Kuşağı boyunca Geç Miyosen sonu ve Erken Pliyosen’e kadar sürdüğünü belirtmişlerdir. Erken - Geç Pliyosen’de sağ yönlü Kuzey Anadolu, sol yönlü Doğu Anadolu transform fayları ve Anadolu Plakacığının oluştuğunu belirtmişlerdir. Takip eden süreçte Anadolu Plakacığının Afrika Plakası okyanusal litosferi üzerinde BGB yönlü kaçma hareketine başladığını, böylece Erken Geç Pliyosenden itibaren ilksel sıkışma- büzülme tektonik rejiminin yerini sıkışma-açılma tektonik rejimine bıraktığını öne sürmüşlerdir. Araştırmacılar Doğu Anadolu’da Neotektonik dönemin sağ-sol yönlü doğrultu atımlı faylar, doğrultu atım havzaları ve K-G doğrultulu çatlaklar ve Pliyo-Kuvaterner volkan hatları ile temsil edildiğini belirtmişlerdir. K-G yönlü sıkışmaların KKB doğrultulu bireysel çatlaklar ve 400m uzunluğunda, 20-30 km genişliğinde çatlak zonları sonucu meydana geldiklerini öne süren araştırmacılar Karaalan (Çatak), Nemrut, Tendürek ve Ağrı Dağı volkanlarını bu çatlaklara örnek olarak göstermişlerdir. Doğu Anadolu’da daha önceleri kalkalkalin olan volkanizmanın alkaline tipe geçmesini, Neotektonik dönemin yerleşmesinin bir kanıtı olarak belirtmişlerdir.

Güleç ve ark. (2002), Türkiye’deki helyum izotop değişimlerinin tektonizma volkanizma ve güncel sismik aktivitelerle ilişkilerini araştırmak amacıyla yapmış oldukları çalışmalarda Nemrut Stratovulkanı’nda manto karışımının (contribution) maksimuma ulaştığını belirtmişlerdir.

Karakhanian ve ark. (2002), Ermenistan ve komşusu Doğu Anadolu ve Batı İran’da yer alan Holosen yaşlı volkanları uzaktan algılama yöntemleri, arazi verileri, tarihsel ve arkeolojik kayıtlara göre incelemişler ve bu volkanların çevresindeki bölgeler üzerinde oluşturmuş oldukları doğal tehlikeleri vurgulamışlardır. Bu volkanik yapıların aktif faylarla sınırlı olan çek-ayır tipi havzalar içinde geliştiklerini belirtmişlerdir. Elde ettikleri tarihsel verilere dayanarak Nemrut Stratovulkanı’nın M.S 1441, 1692 ve 1881 yıllarında birkaç kez faaliyet göstermiş olduğunu belirtmişlerdir.

Aydar ve ark. (2003), Nemrut Stratovulkanında yapılan bazı morfolojik analiz yöntemleri ile gelecekte muhtemel aktivitelerin etkilerini araştırmıştır. Arazi gözlemleri, sayısal arazi modellemeleri ve uydu görüntülerinden faydalanarak Stratovulkanın çevresindeki önemli vadi sistemlerinin bazı morfolojik ve yapısal parametreleri ortaya konmuştur. Bu veriler ile gelecekte olabilecek muhtemel bir aktivitede, volkanik

ürünlerin bu vadi sistemlerini kullanması ve çevreye vereceği zararlar üzerinde durulmuştur. Bitlis, Güroymak, Tatvan ve Ahlat ilçelerinin volkanik risk altında olduğunu ve bu yörede yaşayan 135.000 insanın bu tehlikeden zarar görebileceği açıklanmıştır.

Özdemir'in (2003), "*Nemrut Kalderası Güneyinin Jeolojisi, Mineralojisi ve Petrografisi*" isimli tez çalışması, Nemrut Stratovolkani'nin volkanik gelişimi ile ilgili yapılmış en ayrıntılı çalışmalardan birisidir. Araştırmacı çalışma alanının volkanik gelişimini 4 evreye ayırmıştır. Bu evreler sırasıyla: 1. koni gelişim evresi, 2. koni oluşum evresi, 3. Kaldera oluşum evresi ve 4. kaldera sonrası evreleridir. Koni gelişim evresindeki ignimbirit püskürmeleri 3 ayrı evre şeklinde incelemiş olup, çalışma alanında yapılan stratigrafik dikme kesitlerle piroklastik ürünlerin kalınlıkları ve yayılımlarına yönelik önemli veriler elde edilmiştir. Mineralojik-petrografik incelemelerde tüm lavlarda porfirik dokunun hakim olduğuna ve sanidin bileşimindeki feldispatların en yaygın mineraller arasında bulunduğunu saptanmıştır. Ayrıca jeokimyasal analizler yardımıyla lavların alkali seriye ait olduğu ve Eu, Ba, Ti, Sr gibi elementler bakımından tüketildiği belirtilmiştir.

Karaoğlu (2003), "*Nemrut Kalderası Kuzeyinin Jeolojisi, Mineralojisi ve Petrografisi*" isimli tez çalışması ise, Nemrut Stratovolkani'nin volkanik gelişimi ile ilgili diğer bir ayrıntılı çalışmadır. Nemrut Stratovolkani'nin volkanik gelişimini sırasıyla koni öncesi evre, koni oluşum evresi ve kaldera sonrası evre olmak üzere 3 evrede incelemiştir. Karaoğlu lavların tümünün porfirik dokuda olduğuna değinerek, sanidin ve plajiyoklazların tüm lavların değişmez minerali olduğu; koni öncesi oluşan bazaltik lavlarda intersertal ve pilotaksitik doku hâkimken, koni gelişim evresinin dom yapılarında hıyalopilitik ve trakitik akma dokuları izlendiğini; kaldera sonrası evreye ait riyolitik karakterli lavlarda, vitrofir trakit akma dokusunun; kaldera duvarındaki dayk sokulumunda, felsik porfirik dokusunun ve 2. Evre bazalt akıntılarında ise glomeroporfirik dokusunun öne çıktığını belirtmiştir. Yazar ana ve iz elementlerden üretilen Harker diyagramlarından, örneklerin SiO₂ içeriklerinde bir boşluk (gap) oluşturduğunu ve bu sonuca göre tek bir sıvı iniş çizgisinin olmadığına bir işaret olabileceğini belirtmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, tez çalışması sürecinde kullanılan materyaller ile bu materyallerin kullanım yerleri ile izlenen yöntemlerden genel özellikleri ile bahsedilmiştir.

3.1. Materyal

2009 yaz döneminde yürütülen saha çalışmaları, tezin amaç ve hedeflerine yönelik bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma büro, saha ve laboratuvar çalışmaları olarak 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmalarında konuya ilişkin yerli ve yabancı literatür, internet aracılığıyla ve araştırma alanına ilişkin kamu kurum ve kuruluşlarıyla üniversitelerin oluşturmuş oldukları ortamlardan alınıp, bölgeye ait hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri de incelenerek elde edilen tüm bulgulardan tablo ve diyagramlar hazırlanmış ve tez yazılmıştır

Saha çalışmaları ile çalışma alanındaki ignimbritlerin farklı renklerinden genel örnekler ve bu örneklerin içinde gözlenen fiyam (obsidyen) ve pomza örnekleri alınmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında ise jeokimyasal analizler yapılmış, mikroskobik ve SEM incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

Araştırmanın amacına yönelik olarak ilk önce arazi çalışmaları yapılmıştır. Araziden çalışmanın amacına uygun olarak alınan örnekler üzerinde mikroskobik (incekesit) incelemeler yapılmıştır. Ayrıca ileri görüntüleme ve analiz yöntemleri için taramalı elektron mikroskobundan (SEM) yararlanılmıştır. Mineral tayinleri için ise XRD yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bu yöntemler yardımıyla elde edilen verilen büro çalışmaları ile teze aktarılmıştır.

i) Mikroskobik incelemeler: Laboratuvar çalışmalarının ilk aşamasında inceleme alanını karakterize edecek şekilde sahadan toplanan örneklerden incekesitler hazırlanmıştır. Bu hazırlanan ince kesitler, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji

Mühendisliği Bölümü'nde Leica model, üstten ve alttan aydınlatmalı optik mikroskopta incelenerek çalışma alanındaki kayaçların mineralojik özellikleri belirlenmiştir.

ii) XRD – Analizleri: Mikroskop tanımlamalarını desteklemek amacıyla MTA laboratuvarlarında Cu X-ışın tüplü Philips pw3710/1830 model XRD analiz cihazı ile 2,5-70° arasında gerçekleştirilen XRD analizleri yapılmıştır.

iii) Oksit, İz element ve NTE analizleri: Ahlat taşının jeokimyasal özelliklerini belirleyebilmek amacıyla alınan kayaç örneklerinden ana, iz ve NTE (Nadir Toprak Element) analizleri yapılmıştır. Analizler Kanada'da Acme laboratuvarlarında ICP-AES (İndüklenmiş çift plazmalı atomik emisyon spektrometresi), ICP-MS (İndüklenmiş çift plazmalı atomik kütle spektrometresi) yöntemleriyle yapılmıştır.

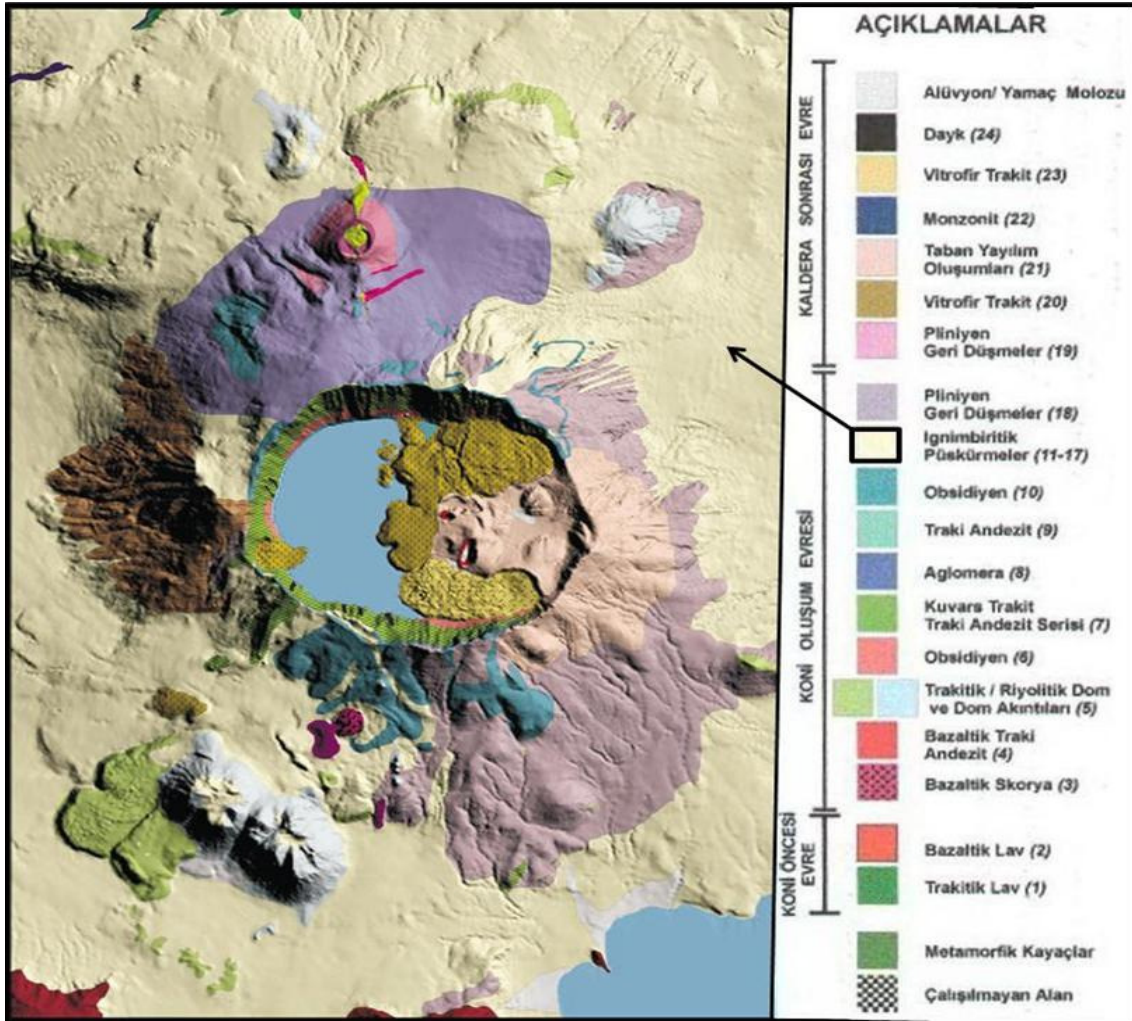
iv) SEM-EDS Analizleri: kayaç içerisindeki yarı kantitatif yüzde element miktarını belirlemek, kayaç oluşturan mineralleri isimlendirmek ve mikroskop tanımlamalarına destek olması amacıyla, FEI Quanta 400MK2 model SEM cihazı ve buna bağlı EDAX Genesis 4Xmi Model EDS Detektörü ile örnekler üzerinde Taramalı Elektron Mikroskopla (SEM) görüntüler alınmış ve ayrıca yarı kantitatif (EDS) analizler yapılmıştır.

4. BULGULAR

Saha ve laboratuvar çalışmaları 2009 yılı içerisinde yürütülen bu çalışma sonucunda Ahlat taşının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur.

4.1. Stratigrafi

Bölgede bu tez konusuyla ilgili en detaylı ve en güncel çalışma Özdemir (2003) ile Karaoğlu ve ark. (2005) tarafından gerçekleştirilmiştir. Özdemir (2003) tez çalışmasında 9 farklı kayaç tipi tanımlamıştır. Bunlar trakit, bazalt, bazaltik trakiandezit akıntıları, trakitik - riyolitik dom ve dom akıntıları, obsidiyen akıntısı, kuvarslı trakit-trakiandezit akıntıları, aglomera, trakiandezit akıntıları ve ignimbiritik püskürmelerdir.



Şekil 4.1. Nemrut Stratovolkanı'nın jeoloji haritası (Karaoğlu ve ark. 2005)

Bu çalışmada Karaoğlu ve ark. (2005) tarafından çalışılan ve Şekil 4.1 de sunulan jeoloji haritasında tanımlanmış olan Nemrut ignimbiritinin kuzey doğusundaki yayılımı incelenmiştir. Bu bölgede Nemrut ignimbiriti Ahlat Taşı olarak isimlendirilmekte ve ticari olarak işletilmektedir.

		Litoloji Birimleri	YAŞ
KALDERA SONRASI EVRE	24	Alüvyon \ Yamaç Molozu	
		Post Kaldera Daykları	
	23	Vitrofir Trakit(II)	<0,01 Ma (a)
	22	Monzonit	
	21	Taban Yayılım Oluşumları	
	20	Vitrofir Trakit(I)	0,03 Ma (b) 0,02± 0,01 Ma (c)
KONI OLUŞUM EVRESİ	19	Pliniyen Geri Düşmeler	
	18	Pliniyen Geri Düşmeler	
	17	Toprak	
	16	Nemrut İgnimbiriti	
	15	Toprak	
	14	Curuf Geri Düşmeler	0,08±0,02 Ma (c)
	13	Pliniyen Geri Düşmeler	
	12	Pomza Akışı	
	11	Pliniyen Geri Düşmeler	
	10	Obsidiyen	
	9	Trakiandezit	
	8	Aglomera	
	7	Kuvarslı Trakit-Trakiandezit	
	6	Obsidiyen	
5	Trakitik- Riyolitik Dom	0,31 Ma (Kirkor)	
4	Bazaltik Trakiandezit		
3	Bazaltik Skorya		
KONI ÖNCESİ EVRE	2	Bazaltik Lav	
	1	Trakitik Lav	
		Bitlis Metamorfikleri	PALEOZOYİK

Şekil 4.2. Nemrut Stratovulkanının genelleştirilmiş dikme kesiti (İtalik numaralar istif sırasını göstermektedir, a; Nagoa ve ark. 1989, (Yılmaz ve ark. 1998' den alınmıştır) b;Ercan ve ark. 1990, c; Notsu ve ark. 1995) (Özdemir 2003).

4.1.1. Trakit

Blok lav şeklinde gözlenen trakilik lavlar yaklaşık 500 m² lik bir alanda yayılım göstermektedir. Gri-grimsi siyah renklerde görülen akıntının üst kısımları tamamen ignimbirit tarafından kaplanmıştır. Van Gölü'nün içine akan ve üst kesimleri ignimbirit akıntıları ile kaplanan bu akıntıların diğer lavlar ile olan ilişkileri gözlenemediğinden, çıkış noktaları ve kalınlıkları tam olarak saptanamamıştır. Üst kesimlerinde herhangi bir akma yapısına ve tabakalanmaya rastlanmayan akıntı göle girdiği kesimlerde oldukça alterasyona uğramış, çatlaklarından itibaren beyazımsı gri renk almıştır (Özdemir, 2003).

4.1.2. Bazalt

Özdemir 2003 yılında yapmış olduğu çalışmada, siyah renkli ve blok şekilli olan bu lavların üst kısımlarının gözenekli bir yapı gösterdiğini ve dik bir topografya oluşturmuş olan lav akışının ölçülen iki nokta arasındaki yükseklik farkı yaklaşık 50 m olduğunu gözlemlemiştir. Üst kesimlerinin tamamen ignimbiritlerle kaplı olması ve diğer akıntılarla sınır ilişkisinin görülememesi nedeniyle araştırmacı tarafından ilk akıntı olarak değerlendirilmiştir.

4.1.3 Bazaltik trakiandezit akıntıları

Bu akıntılardan ilki Şıhmıran Köyü'nün 500 m güney batısında yüzlek vermektedir. Blok lav görüntüsünde olan akıntı siyah taze yüzey rengine sahiptir. Üst kısımları gaz kabarcıklıdır. İkinci bazaltik trakiandezit akıntısı Şıhmıran Köyü'nün yaklaşık 2 km kuzey batısında gözlenmektedir, Yarım ay şeklinde bir morfolojiye sahip olan bu çıkış noktasının üst kısımları ignimbirit akış çökelleri tarafından kaplanmıştır (Özdemir, 2003). Lav akışı tepeden güney batıya doğru gerçekleşmiştir. Akıntının üst kısımları bol gaz boşluklu olup alt kısımları blok lav görünümündedir.

4.1.4. Trakitik - riyolitik dom ve dom akıntıları

Nemrut Kalderası Güneyinin Jeolojisi, Mineralojisi ve Petrografisi adlı tez çalışmasında Özdemir (2003), Kirkor Dağı trakit domu, Karadere Tepe-Seyran Tepe trakit domları, Yumurta Dag Tepe-Faki Tepe trakit domlan. Kale Tepe, Kalekirani Tepe ve Kirkor Dağı güneyindeki riyolitik domlar, rakitik-riyolitik dom ve dom akıntıları şeklinde olduğunu belirtmiştir.

4.1.5. Obsidiyen akıntısı

Nemrut Kalderası duvarlarını oluşturan birimlerin en altında obsidiyen akıntısı yer almaktadır. Görünür kalınlığı yaklaşık 25-75 m arasında değişen bu akıntı kaldera güney duvarlarında dairesel bir yapıda gözlenmektedir. Yaygın olarak Kaldera güney duvarının batısında ve güneyinde gözlenmektedir. Doğusunda ise hemen hemen hiç gözlenmemektedir. Siyah taze yüzey rengine sahiptir (Özdemir, 2003).

4.1.6. Kuvarslı trakit-trakiandezit akıntıları

Nemrut Kalderası güney duvarlarında gözlenen en yaygın ve en kalın akını olan kuvarslı trakit-trakiandezit akıntılarının kalınlığı yaklaşık olarak 100-500 m arasında değişmekte ve ayrıca kaldera duvarlarının en sarp kısımlarını oluşturan yaklaşık 6 km² lik bir alanda yayılım göstermektedir (Özdemir, 2003). Bu yapılar içerisinde KB doğrultulu ve KD-GB eğimli çatlak sistemleri oldukça tipiktir.

4.1.7. Aglomera

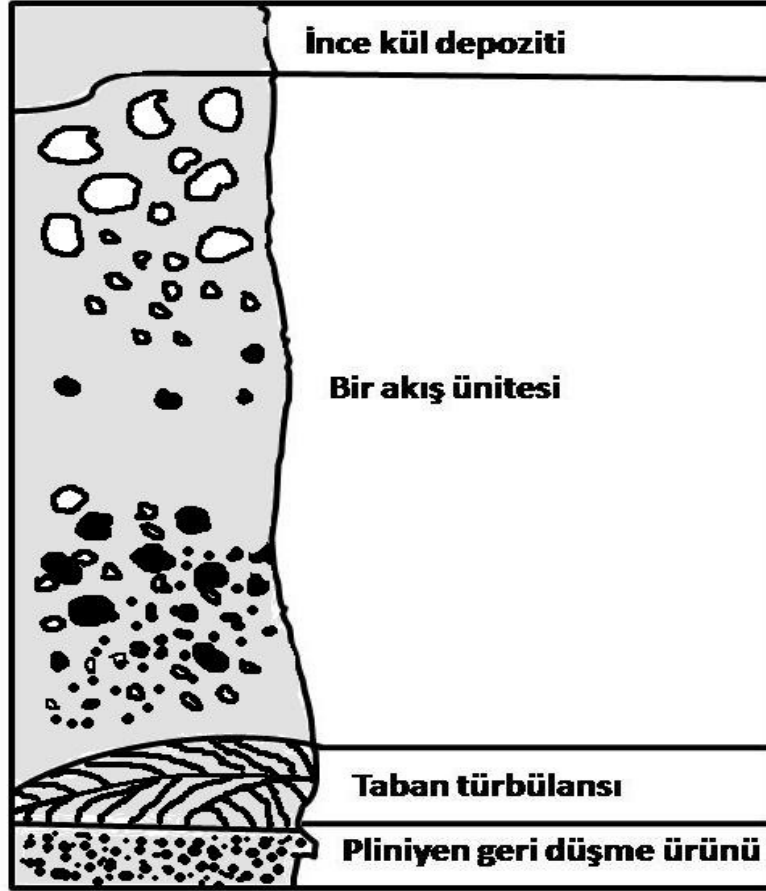
Aglomera seviyesini, Özdemir (2003) bölgede yapmış olduğu çalışmasında, kaldera güney duvarının güney doğusunda gözlemlemiş ve kalınlıkları 10 m ye ulaşan aglomera seviyesinin kuvars trakit akıntısı ve obsidiyen akıntısı arasında yer aldığını belirtmiştir.

4.1.8. Trakiandezit akıntıları

Trakiandezit karakterli lavlar kaldera duvarının güney batısında yaygın olarak gözlenmektedir. Blok lav tipinde olan akıntı grimsi siyah taze yüzey rengine sahiptir. Alterasyona uğrayan lavlar içinde makroskopik olarak mm-dm boyutlarında sanidin mineralleri bulunmaktadır (Özdemir, 2003).

4.1.9. İgnimbiritik püskürmeler

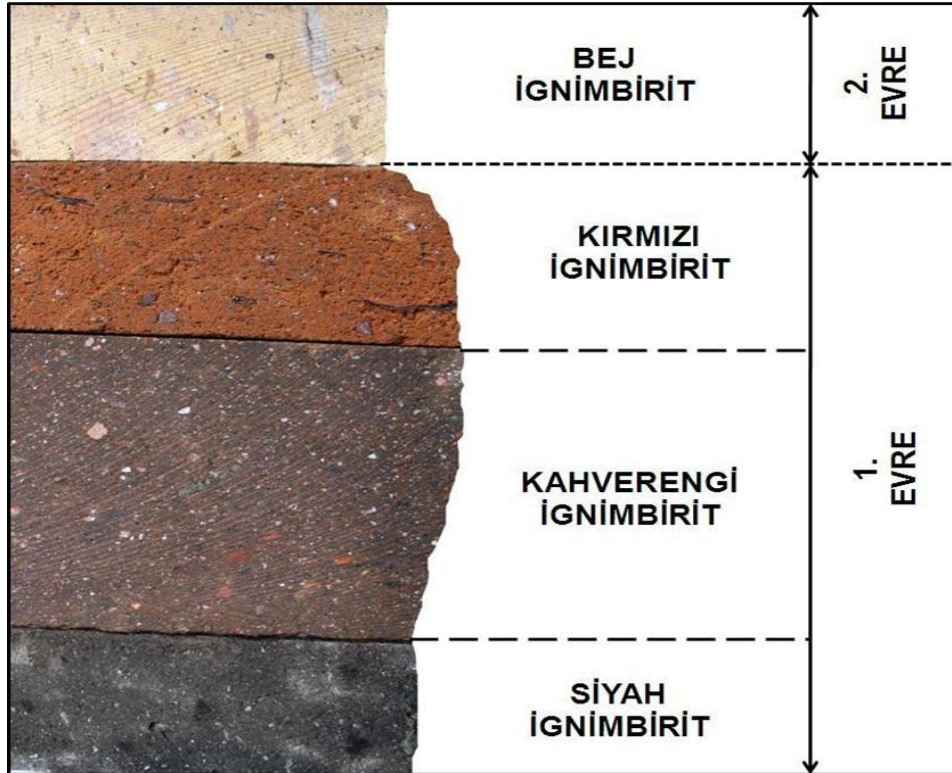
Eksplüsif patlamalar sonucu oluşan ve en fazla hacme sahip piroklastik akıntı türüdür. Sıcaklığına, gaz miktarına ve soğuma şartlarına (sulu ortamların varlığı) bağlı olarak pekişmemiş litolojiden, yüksek derecede pekişmiş litolojiye kadar değişik fiziksel özellikler gösterir. Şekil 4.3'te tipik bir ignimbirit istifini gösterilmiştir Self ve Wright (1983).



Şekil 4.3. Tipik ignimbirit İstifi (Seviye 1, 2, 3: Sparks, 1976; seviye p; Self ve Wright 1983) (Şen'den (1997) alınmıştır).

Pliniyen geri düşmeler magma ocağının üst kısmından türeyen gaz bakımından zengin ilksel piroklastik ürünlerdir. Yayılma "surge" ürünleri magmanın kraterde birikmiş veya rezervuar su ile karşılaşmasına ya da yüksek gaz içeriğine bağlı olarak oluşmaktadır. Daha sonra bu birimlerin üzerine asıl ignimbiriti oluşturan çözülmüş gaz miktarı fazla olan yoğun ve büyük piroklastik akıntılar gelmektedir. 2a seviyesi ters derecelenmeli olup kül ve lapilli boyutundaki kırıntılardan oluşmaktadır. 2b seviyesine tedrici bir geçiş gösterir, Akış ünitesinin en kalın olduğu bu seviyesinde litik parçalar alt kısımlarda normal dereceli olarak, pomzalar da üst kısımlarda ters derecelenmeli olarak bulunmaktadır. Seviye 3 ise akıntının üst kısmında oluşan kül bulutundan çökmeler ile oluşur. Eğer kül bulutu içerisinde türbülans var ise yine "surge" depozitleri oluşur. Ancak saha gözlemlerinde tüm istifi bir bütün olarak görmek çok zordur. Doğal olarak en fazla görülen kısım seviye 2 dir. İgnimbiritler çoğunlukla kalderalar ile birlikte bulunurlar. Kalderanın boyutları açığa çıkan malzemenin miktarı ile doğru orantılıdır (Şen, 1997).

Yapılan arazi çalışmalarında, renk değişimi gösteren Ahlat taşı, siyah, kahverengi, kırmızı ve bej ignimbirit olmak üzere dört farklı renkte gözlenmiştir. Saha gözlemlerinde tabandan tavana sırasıyla siyah, kahverengi, kırmızı ve bej olarak düşey bir istif sergilemektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Ahlat taşı (ignimbirit) istifi

Tabandan tavana doğru siyah, kahverengi ve kırmızı ignimbiritler dereceli geçiş göstermektedir. Bej ignimbirit ise farklı bir şekilde kırmızı ignimbiritlerin üstüne gelmektedir (Şekil 4.5). Bej ignimbirit içerisinde iri taneli pomza ve fiyam (opsidyen) parçaları belirgin bir şekilde gözlenirken, bu durum alt seviyelerdeki siyah ignimbirit içerisinde ise belirgin olarak gözlenememiştir. Tüm bu saha ve makroskobik incelemeler neticesinde, siyah kahverengi ve kırmızı ignimbiritlerin aynı evrede, daha sonra devam eden ikinci bir evrede ise bej ignimbiritlerin oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil 4.5. Taş ocağında gözlenen bej ve kırmızı ignimbirit istifinden bir görünüm

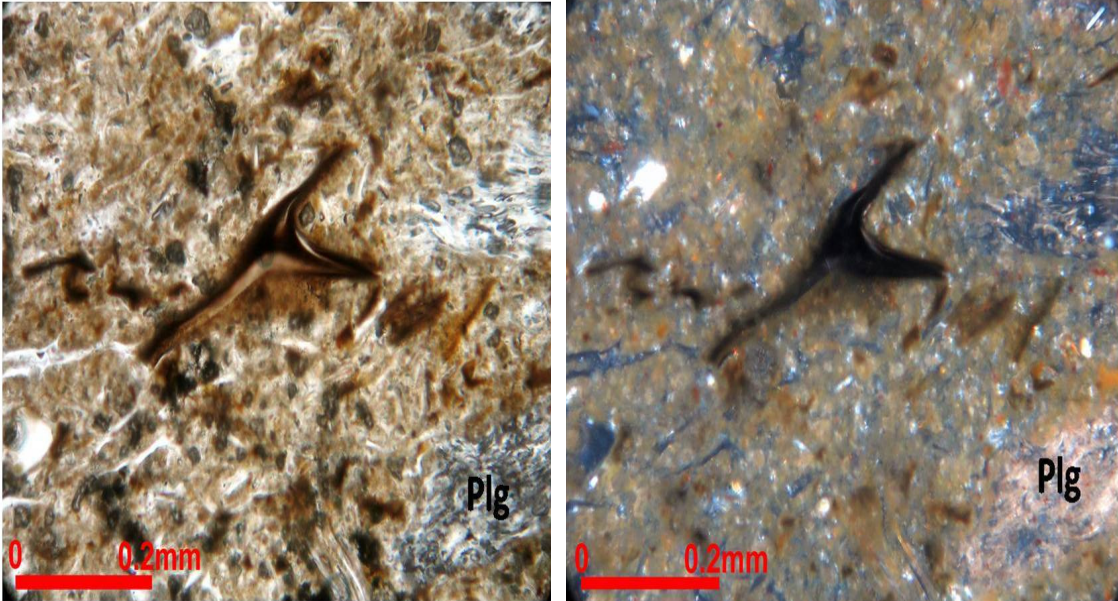
4.2. Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

Çalışma alanında beyaz, kırmızı, kahverengi ve siyah renkte gözlenen ignimbritlerden alınan örneklerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla ince kesitlerden optik mikroskop inceleme çalışması yapılmıştır.

Optik mikroskop incelemeler, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanan ince kesitler üzerinde, alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Bej ignimbirit

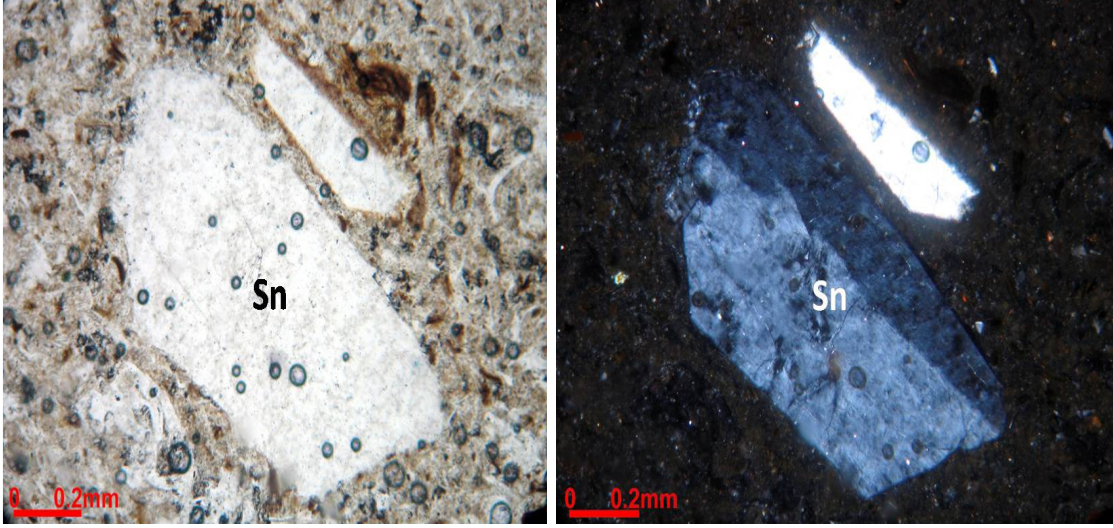
Kayaç, tümüyle pekişmiş volkan camı kıymıkları ile çok az oranda iğnemi feldispat kristalitlerinden oluşan bir kül matrisi içerisinde, değişik türden minerallere ait serbest kristal parçacıkları ile volkanik kökenli kayaç parçacıklarından ve pomza parçacıklarından oluşmaktadır.



Şekil 4.6. Bej ignimbirit örneğinde gözlenen volkancamı kıymıkları Tek Nikol/Çift Nikol (Ö.N:BY-1) (Plg:Plajiyoklaz)

Kül matrisi oluşturan volkan camı kıymıkları genellikle kahverengi olmakla beraber, yer yer renksiz volkan camı kıymıklarına da rastlanmıştır (Şekil 4.6). Volkan camı kıymıklarında yassılaşıma ve bunun sebep olduğu akma dokusu benzeri bir dokuya

rastlanmamıştır. Kül matriks içerisinde gözlenen feldispat kristalitleri muhtemelen plajiyoklaz türündedir.



Şekil 4.7. Bej ignimbirit örneğinde gözlenen sanidin (Sn) mineralleri Tek Nikol/Çift Nikol (Ö.N:BY-1)

Kayaçın ignimbirit şeklinde tanımlanmasının en önemli kriterlerinden birisi olan pomza parçacıkları, hemen her zaman düzensiz şekillere sahip parçacıklar şeklinde gözlenmekte olup, az gaz boşluklu, gaz boşlukları iyice yassılaştırmış, kristal içermeyen lifsi pomza türünde pomza parçacıklarıdır. Bunlar çoğunlukla renksiz volkan camından oluşmakta olup, seyrek olarak bazılarının kahverengi volkan camından oluştuğu gözlenmiştir. Çok nadiren bazı pomza parçacıklarının bünyesinde egirinojit ve sanidin mineralleri gözlenmiştir (Şekil 4.7).

Kül matriks içerisinde gözlenen kristal parçacıkları yarı özşekilli prizmatik fenokristaller şeklinde gözlenmekte olup, bunlar plajiyoklaz, sanidin, mikroklin, klinopiroksen (egirinojit) ve haki renkli amfibol minerallerine ait fenokristallerdir. Sanidin kayaçta en yaygın gözlenen fenokristal olup, buna daha az oranda gözlenen plajiyoklaz fenokristalleri ile seyrek gözlenen klinopiroksen (egirinojit) fenokristalleri ve nadir gözlenen mikroklin (?) mineralleri eşlik etmektedir. Bazı sanidin fenokristallerinde magma hamuru tarafından kemirilme dokuları gözlenmiştir.

Kayaçta litik bileşen olarak bulunan kayaç parçacıklarının tümü volkanik kökenli olup, sahip oldukları dokusal özelliklere göre 7 değişik türde volkanik ve yarı derinlik kayacı tanımlanabilmiştir.

1. Tip kayaç parçacıkları: Çok ince taneli, afanitik özellikte, akma dokulu, mikrofenokristal/fenokristal içermeyen volkanik kayaç parçacıklarına ait olması muhtemel kayaç parçacıkları.

2. Tip kayaç parçacıkları: Çok ince taneli, afanitik özellikte hamura sahip olan, mikroporfirik/porfirik dokulu volkanik kayaç parçacıklarına ait olması muhtemel kayaç parçacıkları.

3. Tip kayaç parçacıkları: Holokristalen özellikte, ince taneli, kısmen sferülitik dokulu yarı derinlik kayaçlarına ait olması muhtemel kayaç parçacıkları.

4. Tip kayaç parçacıkları: İnce taneli, holokristalen özellikte ve intergranular dokulu yarı derinlik kayaçlarına ait olması muhtemel kayaç parçacıkları.

5. Tip kayaç parçacıkları: Mikrokristalen hamurlu, porfirik dokulu, plajiyoklaz fenokristalleri içeren, olasılıkla andezitik kökenli bir volkanik kayaca ait kayaç parçacıkları.

6. Tip kayaç parçacıkları: Balpeteği dokulu iri feldispat fenokristalleri ve klinopiroksen (egirinojit) fenokristalleri içeren çok ince taneli submikroskobik opak minerallerce aşırı zengin bir hamura sahip olan volkanik kayaç parçacıkları. Bunların etrafında reaksiyon kuşakları gözlenmiştir.

7. Tip kayaç parçacıkları: Obsidiyen türü volkan camı parçacıkları olup, bazıları renksiz, bazıları ise kahvemsiz renklerde gözlenmektedir.

Mevcut mineralojik bileşim dikkate alındığında, sahada bej ignimbirit olarak adlandırılmış olan ignimbirit kayacının alkali karakterde, trakitik kökenli bir magmatik kaynağın ürünü olabileceği, ayrıca çoğunlukla bazaltik, daha az oranda da andezitik ve/veya trakitik kökenli volkanik kayaç parçacıklarının litik bileşen olarak bünyesine almış olduğu söylenebilir. Kayaçta alterasyon etkileri gözlenmemektedir.

4.2.2. Kırmızı ignimbirit

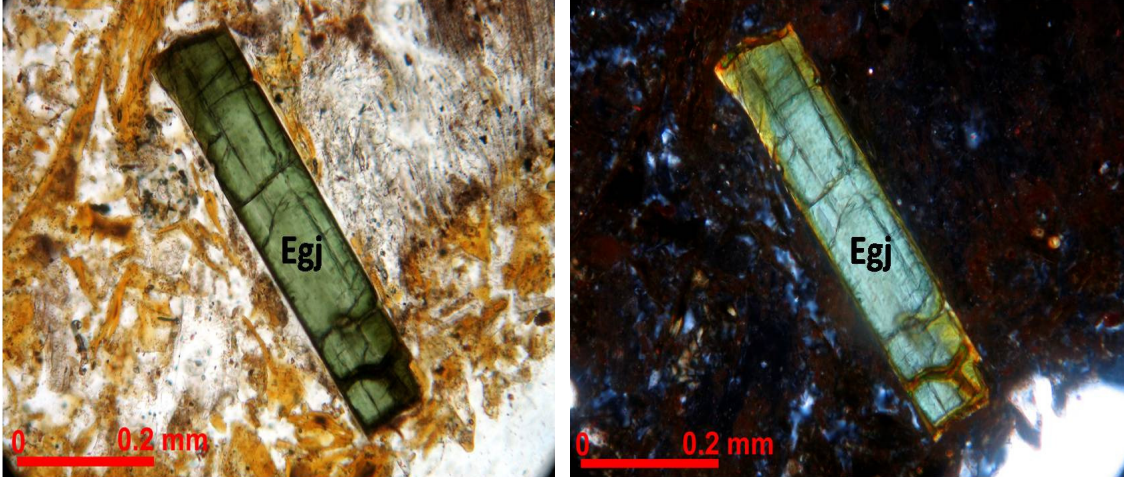
Kayaç, tümüyle pekişmiş volkan camı kıymıkları ile çok az oranda iğnemsiz feldispat kristalitlerinden oluşan bir kül matrisi içerisinde, değişik türden minerallere ait serbest kristal parçacıkları ile volkanik kökenli kayaç parçacıklarından, ayrıca seyrek gözlenen fiam parçacıklarından, obsidiyen parçacıklarından ve pomza parçacıklarından oluşmaktadır.

Kül matriksi oluşturan volkan camı kıymıkları genellikle kahverengi – bal rengi olmakla beraber, yer yer renksiz volkan camı kıymıklarına da rastlanmıştır. Volkan camı kıymıklarında yassılaşıma ve bunun sebep olduğu akma dokusu benzeri bir dokuya rastlanmamıştır. Kül matriks içerisinde gözlenen feldispat kristalitleri muhtemelen plajiyoklaz türündedir.



Şekil 4.8. Kırmızı ignimbirit örneğinde gözlenen pomza parçaları Tek Nikol (Ö.N:KR-1)

Kayacın ignimbirit şeklinde tanımlanmasının en önemli kriterlerinden birisi olan pomza parçacıkları, hemen her zaman düzensiz şekillere sahip parçacıklar şeklinde gözlenmekte olup, az gaz boşluklu, gaz boşlukları iyice yassılaşmış, kristal içermeyen lifsi pomza türünde pomza parçacıklarıdır (Şekil 4.8). Kayaç bünyesinde seyrek gözlenirler. Bunlar çoğunlukla renksiz volkan camından oluşmakta olup, seyrek olarak bazılarının kahverengi volkan camından oluştuğu gözlenmiştir. Çok nadiren bazı pomza parçacıklarının bünyesinde sanidin mineralleri gözlenmiştir.



Şekil 4.9. Kırmızı ignimbirit örneğinde gözlenen egirinojit (Egj) minerali Tek Nikol/Çift Nikol (Ö.N:KR-1)

Kül matriks içerisinde gözlenen kristal parçacıkları yarı özşekilli prizmatik fenokristaller şeklinde gözlenmekte olup, bunlar plajiyoklaz, sanidin, mikroklin, klinopiroksen (egirinojit) minerallerine ait fenokristallerdir. Plajiyoklaz kayaçta en yaygın gözlenen fenokristal olup, buna nispeten daha az oranda gözlenen sanidin fenokristalleri ile seyrek gözlenen klinopiroksen (egirinojit) fenokristalleri ve nadir gözlenen mikroklin (?) mineralleri eşlik etmektedir (Şekil 4.9). Hem plajiyoklaz hem de sanidin fenokristallerinin çoğunda magma hamuru tarafından kemirilme dokuları gelişmiştir.

Kayaçta litik bileşen olarak bulunan kayaç parçacıklarının tümü volkanik kökenli olup, sahip oldukları dokusal özelliklere göre 5 değişik türde volkanik ve yarı derinlik kayacı tanımlanabilmiştir.

1. Tip kayaç parçacıkları: Çok ince taneli, afanitik özellikte, akma dokulu, mikrofenokristal/fenokristal içermeyen, hamuru opak minerallerce aşırı zengin volkanik kayaç parçacıklarına ait olması muhtemel kayaç parçacıkları.

2. Tip kayaç parçacıkları: Çok ince taneli, afanitik özellikte hamura sahip olan, mikroporfirik/porfirik dokulu volkanik kayaç parçacıklarına ait olması muhtemel kayaç parçacıkları.

3. Tip kayaç parçacıkları: İnce taneli, holokristalen özellikte ve intergranular-granular dokulu yarı derinlik kayaçlarına ait olması muhtemel kayaç parçacıkları.

4. Tip kayaç parçacıkları: Mikrokristalen hamurlu, porfirik dokulu, plajiyoklaz fenokristalleri içeren, olasılıkla andezitik kökenli bir volkanik kayaca ait kayaç parçacıkları.

5. Tip kayac parçacıkları: Obsidiyen ve fiyam türü volkan camı parçacıkları olup, kahvems renklerde gözlenmektedir.

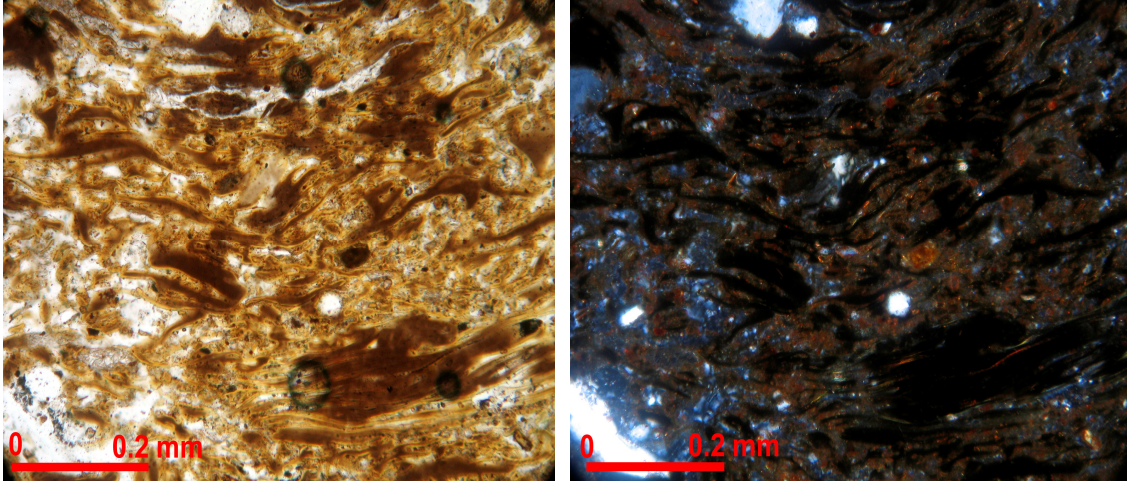
Mevcut mineralojik bileşim dikkate alındığında, sahada kırmızı ignimbirit olarak adlandırılmış olan ignimbirit kayacının alkali karakterde, trakitik kökenli bir magmatik kaynağın ürünü olabileceği, ayrıca çoğunlukla bazaltik, daha az oranda da andezitik ve/veya trakitik kökenli volkanik kayac parçacıklarını litik bileşen olarak bünyesine almış olduğu söylenebilir. Kayaçta alterasyon etkileri gözlenmemektedir. Kayaç mineralojik bileşimi ve dokusal özellikleri bakımından “BY-1 Bej İgnimbirit” işaretli numuneye benzerlik göstermektedir.

KR-1 işaretli ignimbirit numunesinin BY-1 işaretli olana göre daha kızıl kahverenginde olması, matriksi oluşturan kül bileşenlerinin neredeyse tümünün bal renginde olmasından kaynaklanmaktadır. BY-1 işaretli numunede kül bileşenleri içerisinde renksiz olanlar oran olarak daha fazladır. Dolayısıyla BY-1 işaretli ignimbirit numunesinin kül matriksinin kimyasal bileşimi ile KR-1 işaretli olanın kül matriksinin kimyasal bileşiminin karşılaştırılması gerekir.

4.2.3. Kahverengi ignimbirit

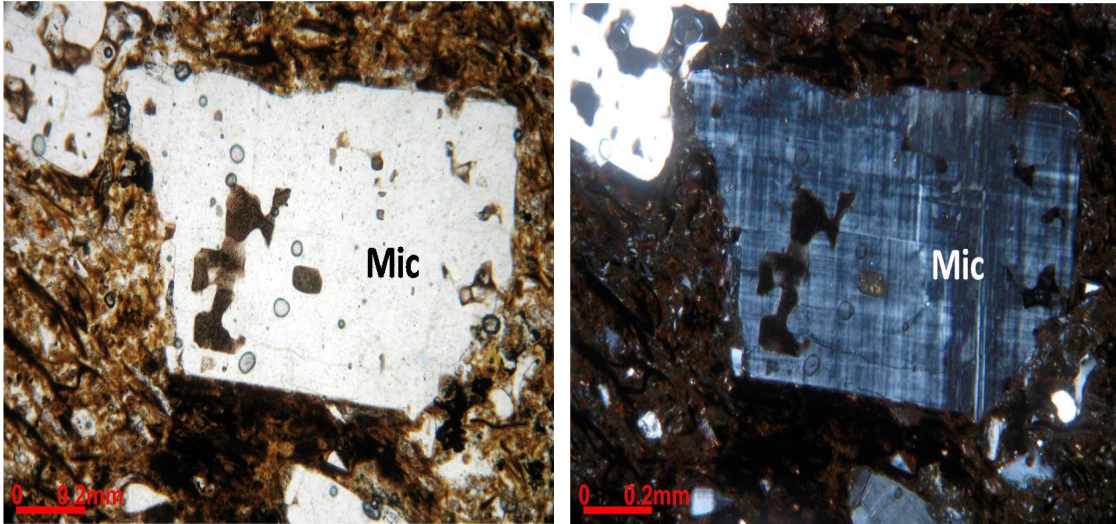
Mineralojik bileşimi ve dokusal özellikleri bakımından BY-1 ve KR-1 işaretli numuneler ile benzer özelliklere sahiptir. Kayaç, tümüyle pekişmiş volkan camı kıymıkları ile çok az oranda ignemsi feldispat kristalitlerinden oluşan bir kül matriksi içerisinde, değişik türden minerallere ait serbest kristal parçacıkları ile volkanik kökenli kayac parçacıklarından, ayrıca seyrek gözlenen fiyam parçacıklarından, obsidiyen parçacıklarından ve pomza parçacıklarından oluşmaktadır.

Kül matriksi oluşturan volkan camı kıymıkları genellikle KR-1 işaretli numuneye göre daha koyu kahverengi olmakla beraber, yer yer renksiz volkan camı kıymıklarına da rastlanmıştır (Şekil 4.10). Volkan camı kıymıklarında yassılaşıma ve bunun sebep olduğu akma dokusu benzeri bir dokuya rastlanmamıştır. Kül matriksi içerisinde gözlenen feldispat kristalitleri muhtemelen plajiyoklaz türündedir.



Şekil 4.10. Kahverengi ignimbirit örneğinde gözlenen cam kıymıkları Tek Nikol/Çift Nikol (Ö.N:KH-1)

Kayacın ignimbirit şeklinde tanımlanmasının en önemli kriterlerinden birisi olan pomza parçacıkları, hemen her zaman düzensiz şekillere sahip parçacıklar şeklinde gözlenmekte olup, az gaz boşluklu, gaz boşlukları iyice yassılaştırmış, kristal içermeyen lifsi pomza türünde pomza parçacıklarıdır. Pomza parçacıkları BY-1 ve KR-1 işaretli numunelere kıyasla bu numune içerisinde daha seyrek gözlenirler.



Şekil 4.11. Kahverengi ignimbirit örneğinde gözlenen mikroklin (Mic) Tek Nikol/Çift Nikol (Ö.N:KH-1)

Kül matriks içerisinde gözlenen kristal parçacıkları yarı özşekilli prizmatik fenokristaller şeklinde gözlenmekte olup, bunlar plajiyoklaz, sanidin, mikroklin, klinopiroksen (egirinojit) minerallerine ait fenokristallerdir (Şekil 4.11). Plajiyoklaz kayacın en yaygın gözlenen fenokristal olup, buna nispeten daha az oranda gözlenen

sanidin fenokristalleri ile seyrek gözlenen klinopiroksen (egirinojit) fenokristalleri ve nadir gözlenen mikroklin (?) mineralleri eşlik etmektedir. Hem plajiyoklaz hem de sanidin fenokristallerinin çoğunda magma hamuru tarafından kemirilme dokuları gelişmiştir.

Kayaçta litik bileşen olarak bulunan kayaç parçacıklarının pek çoğu volkanik kökenli olup, sahip oldukları dokusal özelliklere göre 5 değişik türde volkanik ve yarı derinlik kayacı tanımlanabilmiştir.

1. Tip kayaç parçacıkları: Çok ince taneli, afanitik özellikte, akma dokulu, mikrofenokristal/fenokristal içermeyen, hamuru opak minerallerce aşırı zengin volkanik kayaç parçacıklarına ait kayaç parçacıklarıdır.

2. Tip kayaç parçacıkları: Holokristalen özellikte, ince taneli, kısmen sferülitik dokulu yarı derinlik kayaçlarına ait olması muhtemel kayaç parçacıklarıdır.

3. Tip kayaç parçacıkları: Mikrokristalen hamurlu, porfirik dokulu, plajiyoklaz fenokristalleri içeren, hamuru özşekilli çubuksu prizmatik plajiyoklaz ve K-feldispat mikrokristalleri ile az oranda klinopiroksen (egirinojit) minerallerinden oluşan, opak minerallerce zengin, olasılıkla siyenit porfir türü yarı derinlik kayaçlarına ait kayaç parçacıkları.

4. Tip kayaç parçacıkları: Granofirik doku benzeri karmaşık dokusal özelliğe sahip olan yarı derinlik kayacı parçacıklarıdır.

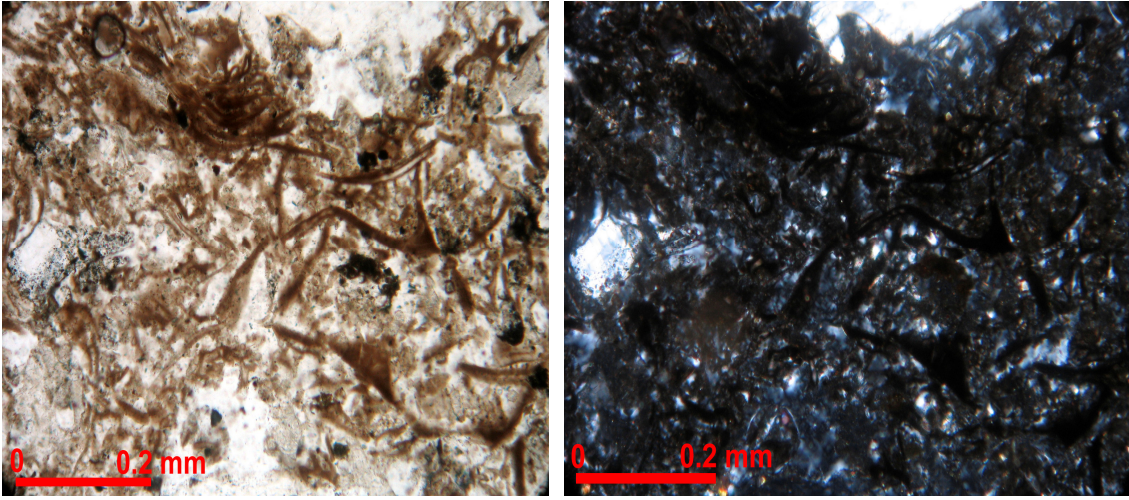
5. Tip kayaç parçacıkları: İnce taneli, intersertal dokulu çubuksu prizmatik plajiyoklaz mikrokristallerinden oluşan ve opak minerallerce aşırı zengin hamur içerisinde yarı özşekilli prizmatik plajiyoklaz mikro fenokristalleri içeren volkanik kökenli kayaçla ait parçacıklardır.

6. Tip kayaç parçacıkları: Obsidiyen veya fiyam türü volkan camı parçacıkları bazıları iğnecikler şeklinde kısmen devitrifikasyon özelliği göstermektedir.

KH-1 işaretli ignimbirit numunesinin KR-1 işaretli olana göre daha koyu kahve renginde olması, matriksi oluşturan kül bileşenlerinin neredeyse tümünün daha koyu kahve renginde olmasından kaynaklanmaktadır. Kül matriksinin kimyasal bileşiminin araştırılması gerekir.

4.2.4. Siyah ignimbirit

Mineralojik bileşimi ve dokusal özellikleri bakımından BY-1, KR-1 ve KH-1 işaretli numuneler ile benzer özelliklere sahiptir. Kayaç, tümüyle pekişmiş volkan camı kıymıkları ile çok az oranda iğnemi feldispat kristalitlerinden oluşan bir kül matriks içerisinde, değişik türden minerallere ait serbest kristal parçacıkları ile volkanik kökenli kayaç parçacıklarından, ayrıca seyrek gözlenen fiyam parçacıklarından, obsidiyen parçacıklarından ve pomza parçacıklarından oluşmaktadır.



Şekil 4.12. Siyah ignimbirit örneğinde cam kıymıkları Tek Nikol/Çift Nikol (Ö.N:SY-1)

Kül matriksi oluşturan volkan camı kıymıkları genellikle KH-1 işaretli numuneye göre daha koyu kahverengi olmakla beraber, yer yer renksiz volkan camı kıymıklarına da rastlanmıştır (Şekil 4.12). Volkan camı kıymıklarında yassılaşıma ve bunun sebep olduğu akma dokusu benzeri bir dokuya rastlanmamıştır. Kül matriks içerisinde gözlenen feldispat kristalitleri muhtemelen plajiyoklaz türündedir.

Kayacın ignimbirit şeklinde tanımlanmasının en önemli kriterlerinden birisi olan pomza parçacıkları, hemen her zaman düzensiz şekillere sahip parçacıklar şeklinde gözlenmekte olup, az gaz boşluklu, gaz boşlukları iyice yassılaştırmış, kristal içermeyen lifsi pomza türünde pomza parçacıklarıdır. Pomza parçacıkları KH-1 işaretli numunede olduğu gibi bu numunede de seyrek gözlenirler.

Kül matriks içerisinde gözlenen kristal parçacıkları yarı özşekilli prizmatik fenokristaller şeklinde gözlenmekte olup, bunlar plajiyoklaz, sanidin, mikroklin, klinopiroksen (egirinojit) minerallerine ait fenokristallerdir. Plajiyoklaz kayada en yaygın gözlenen fenokristal olup, buna nispeten daha az oranda gözlenen sanidin fenokristalleri ile seyrek gözlenen klinopiroksen (egirinojit) fenokristalleri ve nadir gözlenen mikroklin (?) mineralleri eşlik etmektedir. Hem plajiyoklaz hem de sanidin fenokristallerinin çoğunda magma hamuru tarafından kemirilme dokuları gelişmiştir.

Kayada litik bileşen olarak bulunan kayac parçacıklarının pek çoğu volkanik kökenli olup, sahip oldukları dokusal özelliklere göre 4 değişik türde volkanik ve yarı derinlik kayacı tanımlanabilmiştir.

1. Tip kayac parçacıkları: Çok ince taneli, afanitik özellikte, akma dokulu, mikrofenokristal/fenokristal içermeyen, hamuru opak minerallerce aşırı zengin volkanik kayac parçacıklarına ait kayac parçacıklarıdır.

2. Tip kayac parçacıkları: Holokristalen özellikte, ince taneli, çoğunluğunu feldispat minerallerinin (plajiyoklaz \pm K-feldispat) oluşturduğu, mafik bileşen olarak amfibol içeren yarı derinlik kayacı parçacıklarıdır.

3. Tip kayac parçacıkları: İnce taneli, intersertal dokulu çubuksu prizmatik plajiyoklaz mikrokristallerinden oluşan ve opak minerallerce aşırı zengin hamur içerisinde yarı özşekilli prizmatik plajiyoklaz mikro fenokristalleri içeren volkanik kökenli kayac ile ait parçacıklardır.

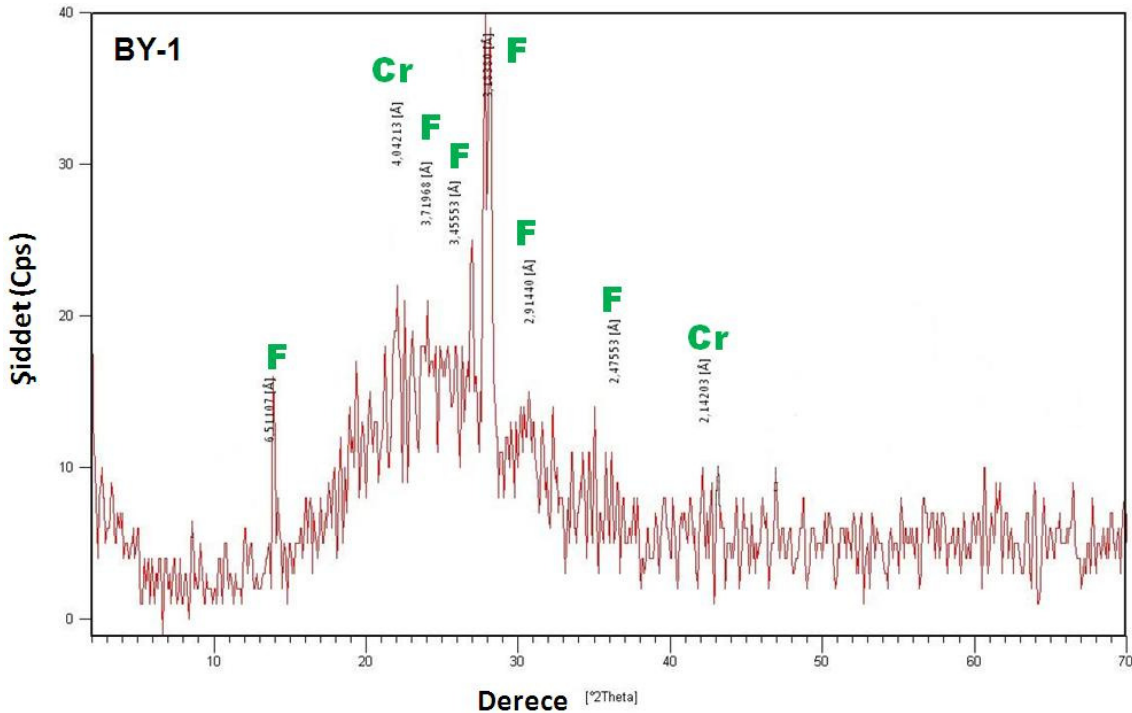
4. Tip kayac parçacıkları: Obsidiyen veya fiyam türü volkan camı parçacıkları bazıları iğnecikler şeklinde kısmen devitrifikasyon özelliği göstermektedir.

SY-1 işaretli ignimbirit numunesi, mikroskop altında KH-1 işaretli olan numuneye göre biraz daha koyu kahverenginde kül matrikse sahip olmasına rağmen, siyah renkte görünmesini açıklayabilecek bir özelliğe rastlanmamıştır. Diğer örneklerde olduğu gibi bu örnekte de kül matriksin kimyasal içeriği kontrol edilmelidir.

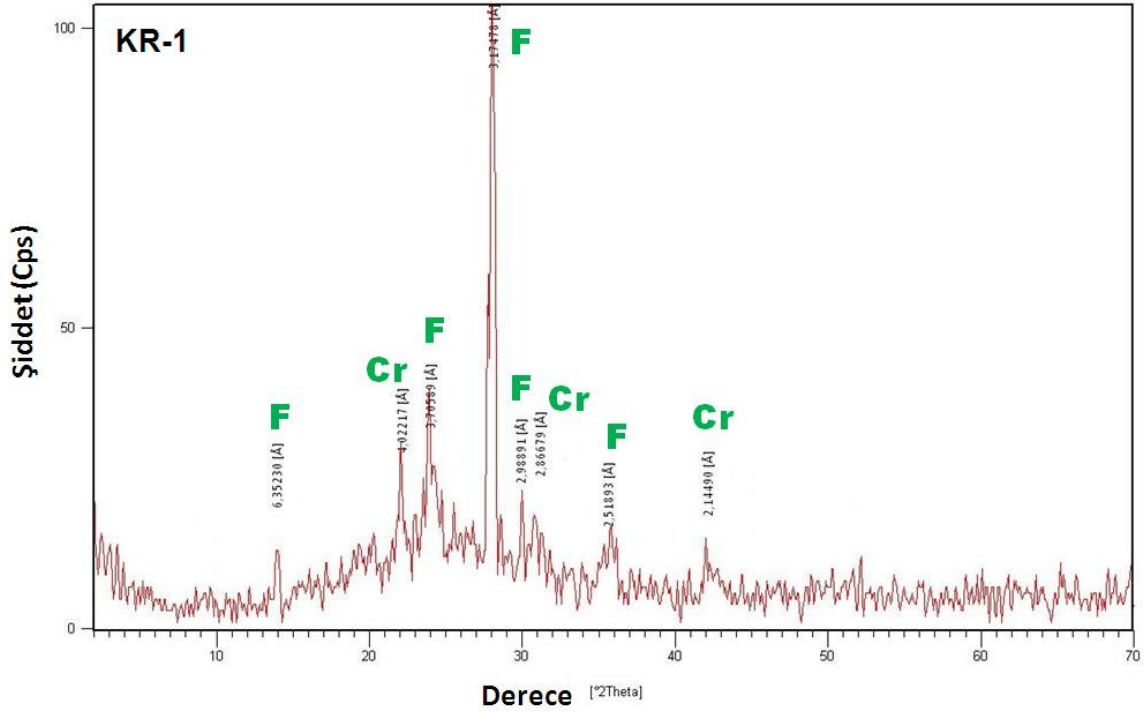
4.2.5. XRD incelemeleri

Mikroskop tanımlamalarını desteklemek amacıyla çalışma alanından alınan 7 adet örnek, toz haline getirilerek X-Işınları Difraktometre ile (XRD) analizleri yapılmıştır. MTA laboratuvarlarında Cu X-ışın tüplü Philips pw3710/1830 model XRD cihazı ile 5-70° arasında gerçekleştirilen XRD analiz sonuçları Sekil 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19’da verilmiştir.

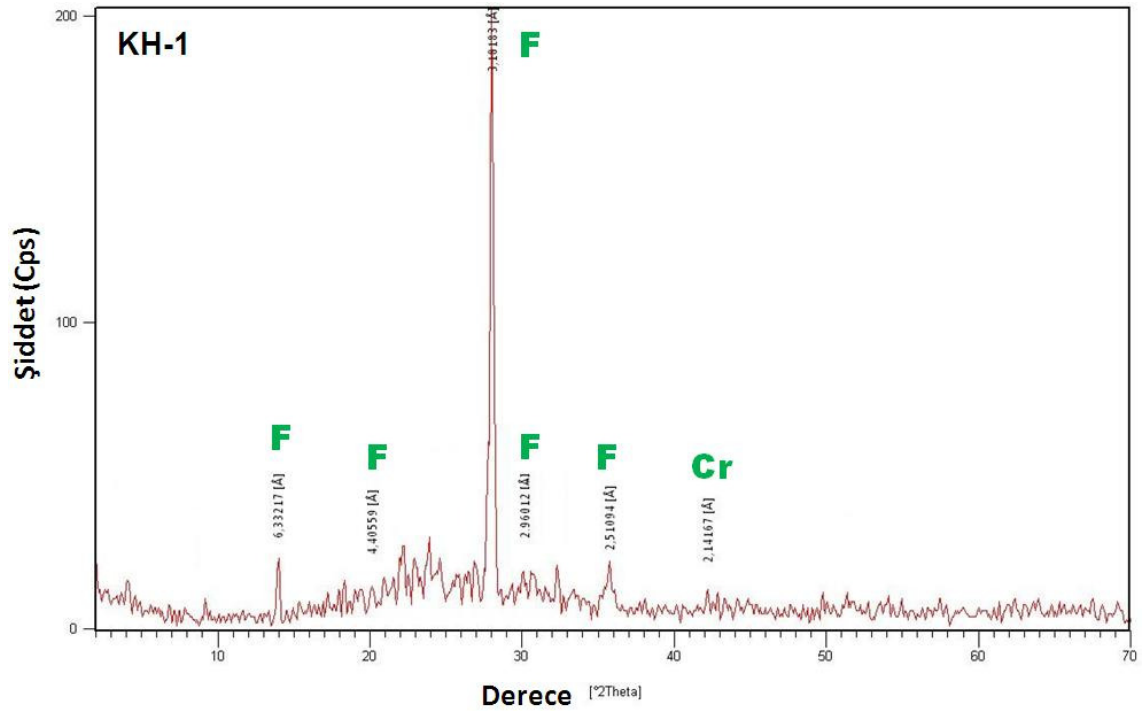
Tüm toz örnek XRD sonuçlarına göre, örneklerde feldispat grubu mineraller, amorf silis, kristobalit, hematit ve mika grubu minerallerin pikleri tespit edilmiştir. Literatürde tüm kayalık X-Ray difraktogramlarında grafiğin $2\Theta=15A^\circ$ ’dan itibaren yükseliş eğilimi göstermesinin analsim ile birlikte amorf karakterli volkan camının varlığına işaret ettiği belirtilmektedir (Jones ve Segnit 1971, Karakaş ve Kadir 2006). Genel olarak Ahlat taşı ile yapılan XRD çalışmaları, gerek makroskobik gerekse de mikroskobik incelemeler sonucu ortaya konulan verileri desteklemektedir. Ayrıca XRD verilerine göre Ahlat taşında tabana doğru kristalitenin arttığı düşünülmektedir.



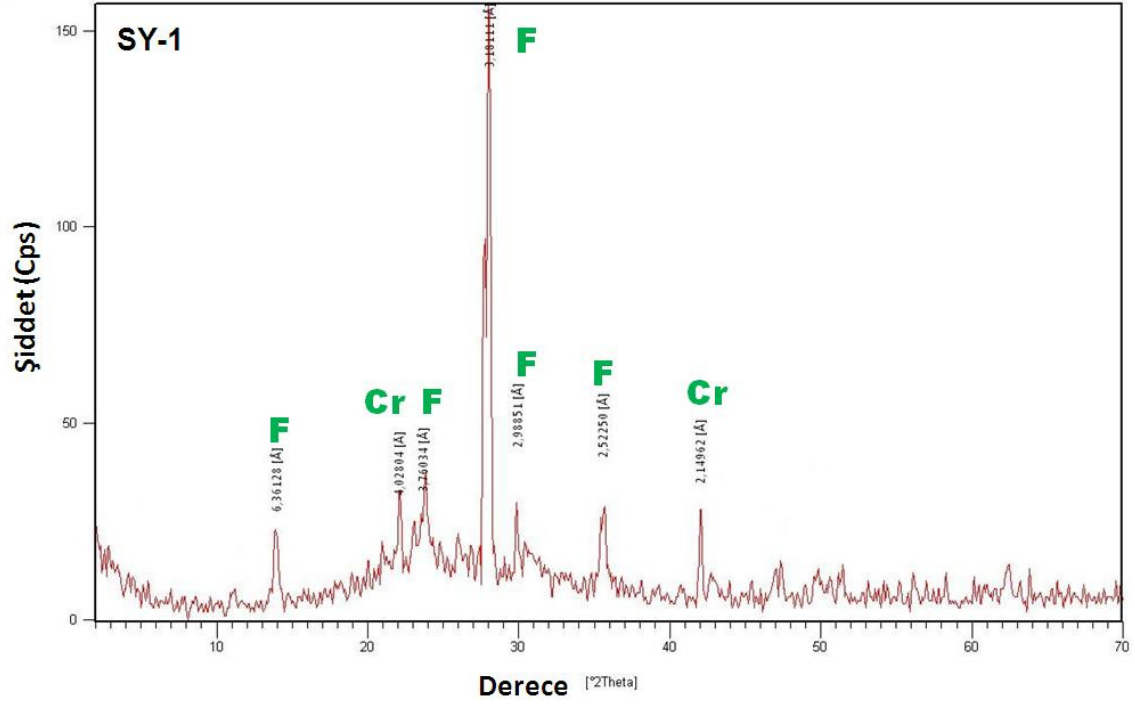
Şekil 4.13. Bejiğnimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri (F: Feldispat, Cr: Kristobalit).



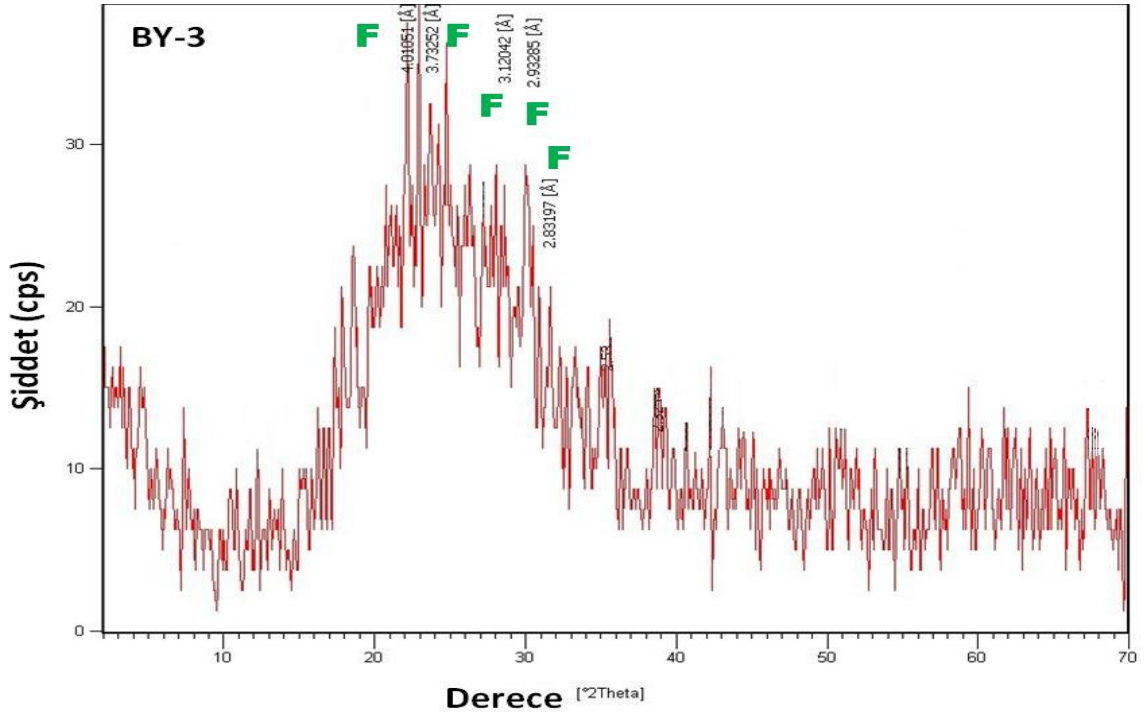
Şekil 4.14. Kırmızı ignimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri (F: Feldispat, Cr: Kristobalıt).



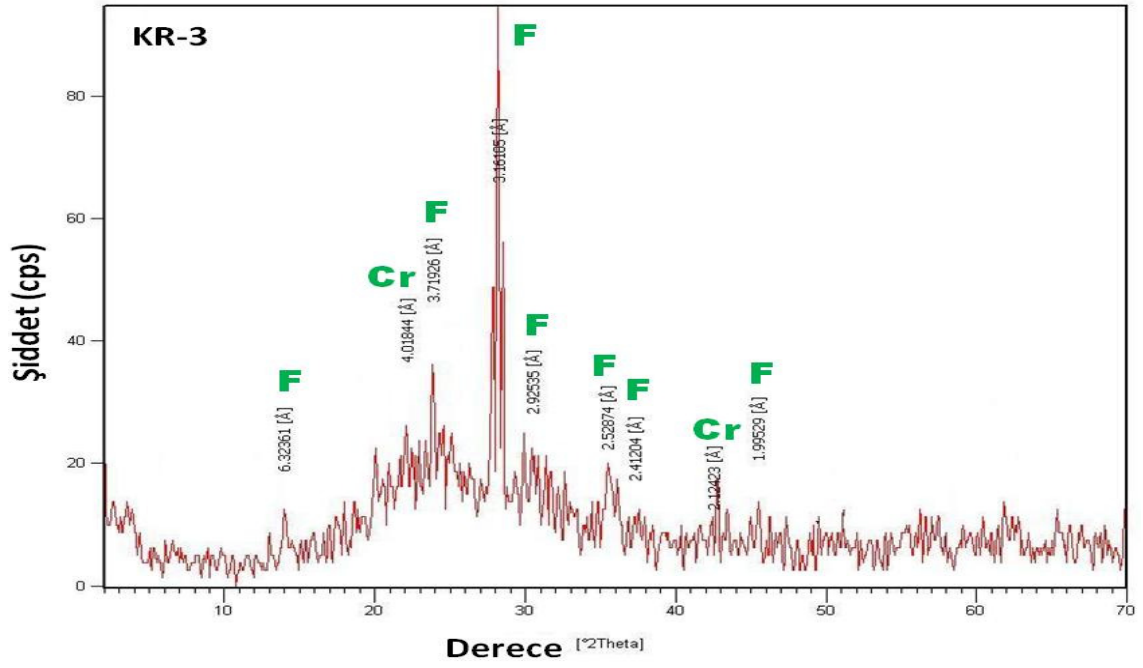
Şekil 4.15. Kahverengi ignimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri (F: Feldispat, Cr: Kristobalıt).



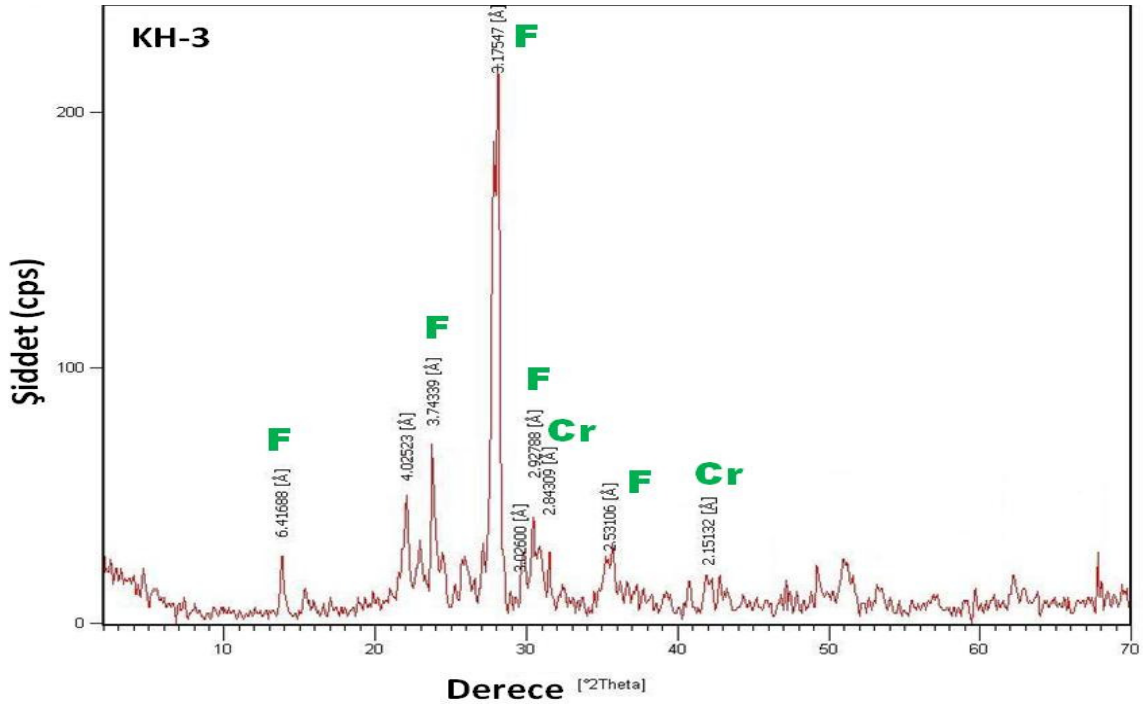
Şekil 4.16. Siyah iğnimbiritin tümkayaç örneklerine ait X ışını toz kırınım desenleri (F: Feldspat, Cr: Kristobalit).



Şekil 4.17. Bej iğnimbiritin pomzasına ait X ışını toz kırınım desenleri (F: Feldspat).



Şekil 4.18. Kırmızı ignimbiritin pomzasına ait X ışını toz kırınım desenleri (F: Feldispat, Cr: Kristobalit)



Şekil 4.19. Kahverengi ignimbiritin pomzasına ait X ışını toz kırınım desenleri (F: Feldispat, Cr: Kristobalit)

4.3. Jeokimya

Çalışma alanından alınan örnekler üzerinde ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Bu analizler yardımıyla örneklerin kimyasal içerikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmış ve köken hakkında yorum yapılmaya çalışılmıştır.

Analizlerin tamamı, örneklerin lityum metaborat/lityum tetraborat ile eritiş yöntemiyle çözeltiye alınması sonucunda ICP-MS yöntemi kullanılarak ALS-CHEMEX Laboratuvarında (Kanada) gerçekleştirilmiştir. Ana element içerikleri % oksit şeklinde belirlenmiştir.

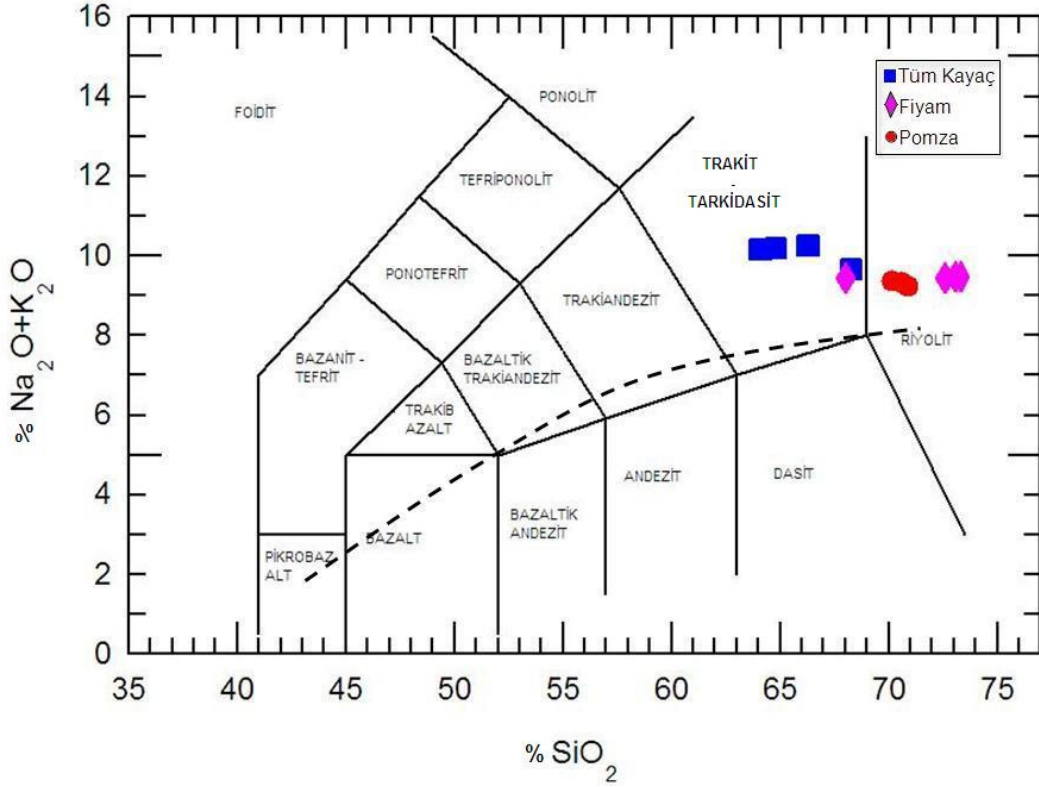
4.3.1. Ana element jeokimyası

Toplam 11 örnek üzerinde yapılan ana element analizleri ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de sunulmaktadır. Örneklerin ateşte kayıp değerleri % 0,5 ile % 3,94 arasında değişmektedir. Buna göre örneklerin taze olduğu söylenebilir. % SiO₂ içeriklerinin 66.3 ile 76.3 arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu veriler yardımıyla %Na₂ + K₂O- % SiO₂ Toplam Alkali-Silis(TAS) diyagramı (Le Bas ve ark.,1986) çizilmiştir (Şekil 4.20).

Toplam alkali – silis (TAS) diyagramından elde edilen verilere göre, bej, kahverengi, kırmızı ve siyah ignimbiritlerden alınan tüm kayaç örneklerinin tamamının “trakit-trakidasit” karakterde olduğu ve bunun yanında da bu ignimbiritlerden alınan pomza örneklerinin ise riyoitik karakterde olduğu görülmektedir. Bunun yanında bej ignimbiritten alınan fiyam örneği dışındaki tüm fiyam örnekleri de yine riyoitik karakterdedir.

Çizelge 4.1. Çalışma alanından alınan örneklerin Ana oksit analiz sonuçları

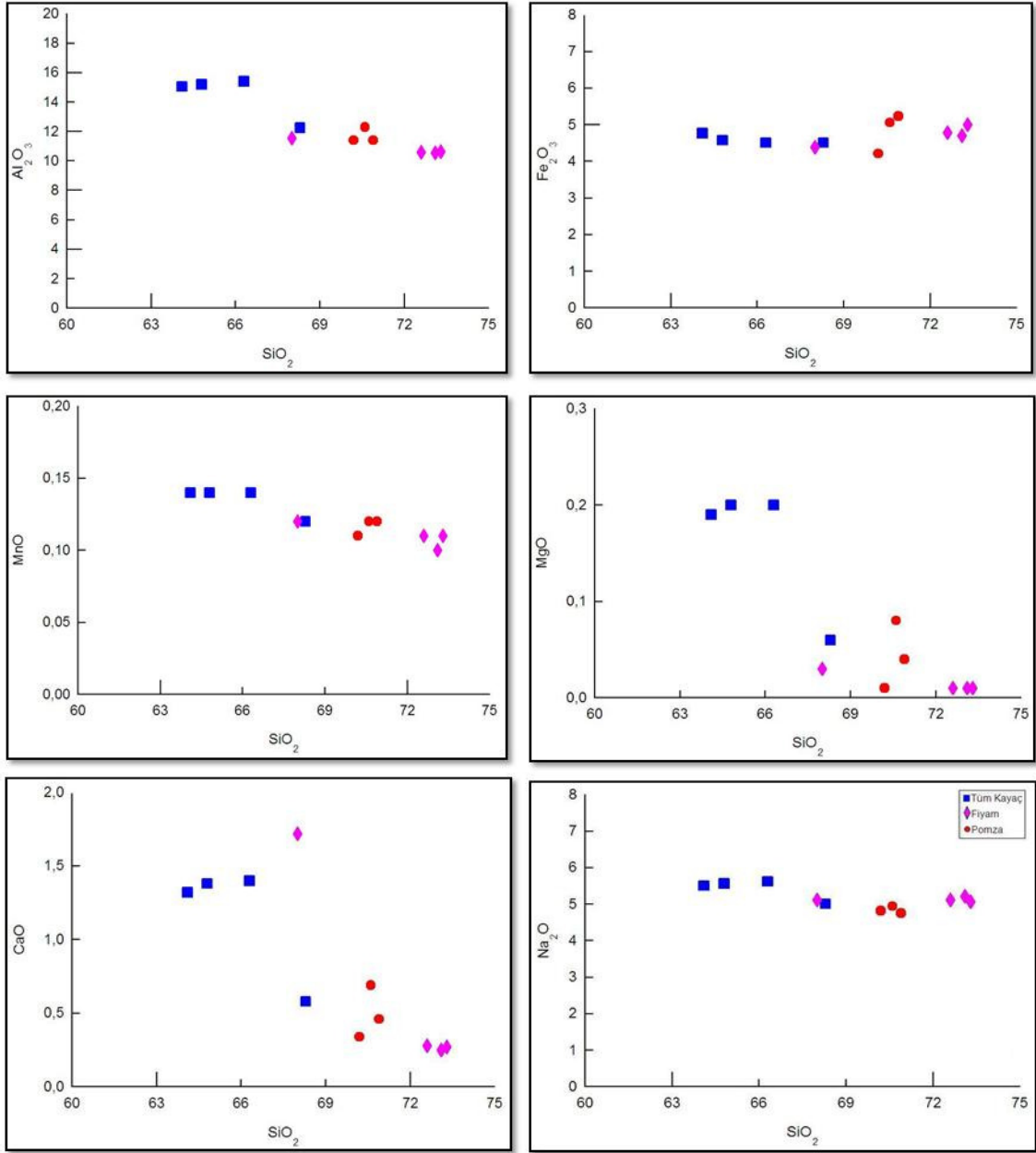
Örnek No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SrO	BaO	Ateşte Kayıp	Toplam
BY-1	68.3	12.25	4.51	0.58	0.06	5.01	4.64	<0.01	0.27	0.12	0.02	<0.01	0.01	3.17	98.9
BY-2	68	11.55	4.38	1.72	0.03	5.11	4.34	<0.01	0.25	0.12	0.03	<0.01	<0.01	3.94	99.5
BY-3	70.2	11.4	4.21	0.34	0.01	4.82	4.54	<0.01	0.23	0.11	0.02	<0.01	<0.01	3.86	99.7
KR-1	64.1	15.05	4.77	1.32	0.19	5.51	4.64	<0.01	0.36	0.14	0.08	0.01	0.05	2.49	98.7
KR-2	72.6	10.6	4.79	0.28	0.01	5.12	4.31	<0.01	0.23	0.11	0.02	<0.01	<0.01	0.5	98.6
KR-3	70.9	11.4	5.23	0.46	0.04	4.75	4.48	<0.01	0.25	0.12	0.02	<0.01	0.01	0.7	98.4
KH-1	66.3	15.4	4.51	1.4	0.2	5.62	4.64	<0.01	0.37	0.14	0.07	0.01	0.06	1.89	100.5
KH-2	73.3	10.65	5.01	0.27	0.01	5.07	4.4	<0.01	0.23	0.11	0.01	<0.01	<0.01	0.2	99.3
KH-3	70.6	12.3	5.06	0.69	0.08	4.94	4.38	<0.01	0.28	0.12	0.04	<0.01	0.03	1	99.5
SY-1	64.8	15.2	4.58	1.38	0.2	5.57	4.61	<0.01	0.37	0.14	0.06	0.01	0.06	1.89	98.9
SY-2	73.1	10.55	4.71	0.25	0.01	5.21	4.27	<0.01	0.23	0.1	0.01	<0.01	<0.01	0.2	98.6



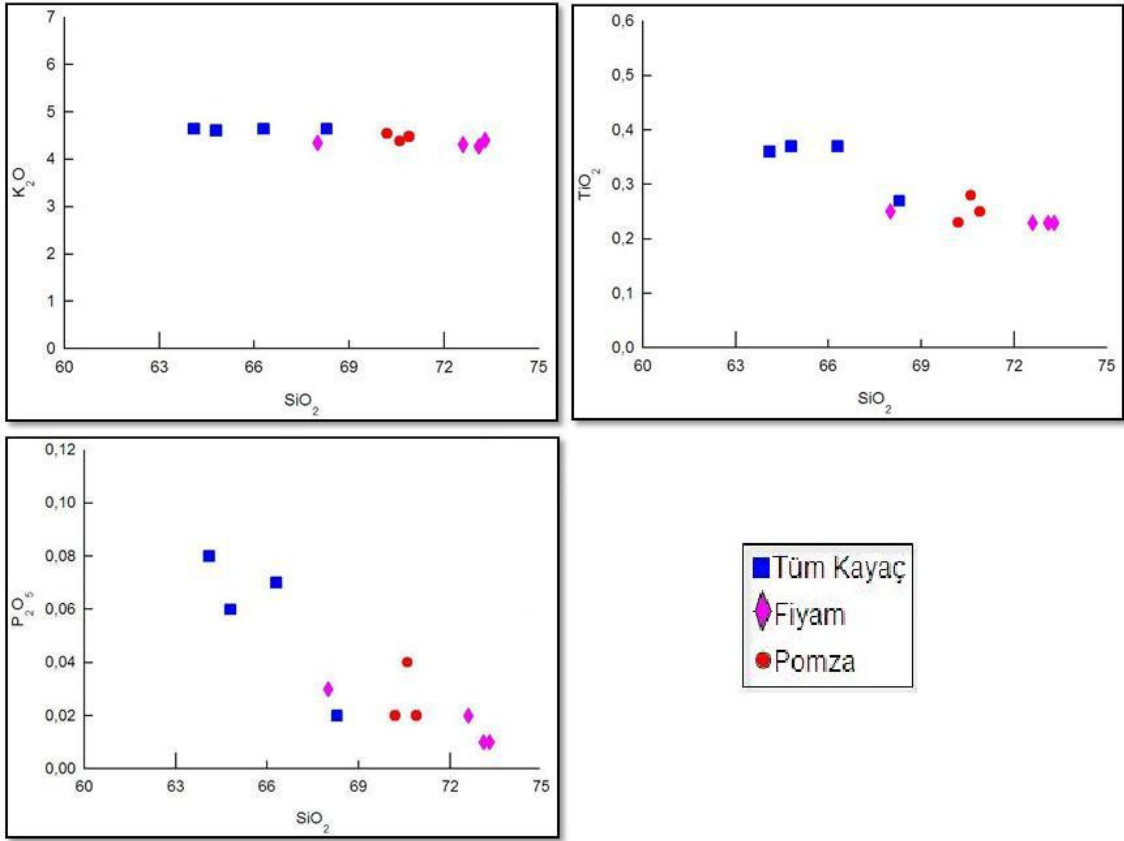
Şekil 4.20. Ahlat taşının toplam alkali - silis (TAS) diyagramı (Le Bas ve ark., 1986)

Ana element verilerinden elde edilen sonuçlar ile SiO_2 ile olan Harker değişim diyagramları Şekil 4.21’te verilmiştir. Bu diyagramlardan görülebileceği gibi Al_2O_3 , MnO , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 ve ile SiO_2 arasında negatif korelasyon izlenmektedir. Fe_2O_3 , K_2O ve Na_2O ile SiO_2 arasında ise belirgin bir korelasyon gözlenmemektedir. Bu trendler, volkaniklerin oluşumunda, fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olduğunu göstermektedir. Fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olduğu durumda olivin, klinopiroksen, Ca-plajiyoklaz ve opak mineraller sıvı fazdan ilk önce ayrılacaklar ve MgO , CaO , MnO , TiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3 ve Al_2O_3 bu minerallerin bünyesine girerek kalıntı eriyiğin bu elementlerce fakirleşmesine neden olacaktır. Artık eriyikte SiO_2 artışına karşılık bu elementlerde bir azalma olacaktır. Na_2O trendinin yataya yakın olarak gözlenmesi, alterasyon ile ilgili olabileceği fikrini vermektedir.

Sonuç olarak, çizilen Harker diyagramlarında izlenen trendler, Ahlat taşının oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.21. Ahlat taşının % SiO_2 – % Ana oksit Harker değişim diyagramları



Şekil 4.21. Devam ediyor.

4.3.2. İz element jeokimyası

Toplam 11 örnek üzerinde yapılan iz element analizleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Rb miktarı, tüm kayaç örneklerinde ortalama 115 ppm, fiyam örneklerinde 213 ppm ve pomza örneklerinde 168 ppm'dir. Analiz sonuçlarına bakıldığında bu kayaçların iri katyonlu litofil (LIL) element (Ba, Rb, Sr) değerlerinin, HFS element (yüksek değerlikli katyonlar) (Ti, Y, Nb, Ni, Ta, Zr) değerlerine oranla daha yüksek olduğu görülmektedir.

İz element verilerinden elde edilen sonuçlar ile SiO₂'e karşılık uyumsuz elementlerin (Ba, Hf, Rb, Th, U, Sr, Ta, Y, Nb) Harker değişim diyagramları çizilmiştir (Şekil 4.22). Uyumsuz elementlerden Th, Rb, U, Y, Hf, Nb ve Ta ile SiO₂ arasında pozitif kolerasyon gözlenirken, Sr ile SiO₂ arasında negatif bir trend söz konusudur. Ba elementleri ile SiO₂ arasında ise önce bir artış daha sonra ise negatif bir ilişki bulunmaktadır.

Çizelge 4.2. Çalışma alanından alınan örneklerin iz element analiz sonuçları

Örnek no:	Ag	Ba	Co	Cr	Cs	Cu	Ga	Hf	Mo	Nb	Ni	Pb
BY1	1	67.3	0.9	<10	6.39	17	31.7	21.7	7	57.7	<5	243
BY2	<1	33.6	<0.5	<10	6.33	6	31.1	21.6	8	58.5	<5	28
BY3	<1	7.9	<0.5	10	7.38	6	33.1	24.6	9	66.4	<5	84
KR1	<1	459	1.4	10	4.07	27	27.7	11.7	5	34.6	<5	18
KR2	<1	6.6	<0.5	10	9.2	6	32.9	27	9	74.7	12	62
KR3	<1	69.5	0.8	10	7.29	16	31.2	24	8	66.9	5	30
KH1	<1	519	1.3	<10	3.49	9	26.6	10.1	4	30.5	<5	27
KH2	<1	9.9	<0.5	<10	9.19	6	33.3	27.6	10	76.9	<5	35
KH3	<1	224	1	<10	6.08	9	30.4	20.9	7	60.1	<5	57
SY1	<1	513	1.5	10	3.56	7	27.2	10.3	4	31.1	<5	16
SY2	<1	5.4	<0.5	<10	9.8	<5	34.1	28	10	80.8	<5	45

Çizelge 4.2. devam ediyor

Örnek no:	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	Y	Zn	Zr
BY1	170	10	16.5	3.9	23.6	<0.5	7.33	<5	100	167	946
BY2	167	9	24.8	3.9	23.4	<0.5	7.38	<5	102.5	172	959
BY3	188.5	10	3.9	4.4	26.7	<0.5	8.19	<5	116.5	188	1090
KR1	104.5	10	64.4	2.3	13.65	<0.5	4.55	<5	56.9	111	524
KR2	218	12	1.3	5	32.8	<0.5	10.7	<5	128.5	197	1200
KR3	168	12	8.4	4.4	28.7	<0.5	9.31	<5	112.5	199	1050
KH1	91.9	6	70.2	2	12	<0.5	4	<5	50.7	97	459
KH2	231	12	2.1	5.1	33.3	<0.5	10.85	<5	132	215	1230
KH3	149.5	10	30.5	3.9	25.3	<0.5	8.42	<5	102	171	959
SY1	96	5	69.4	2	12.2	<0.5	4.03	<5	51.8	110	469
SY2	236	13	1.2	5.3	35	<0.5	11.4	<5	140	212	1290

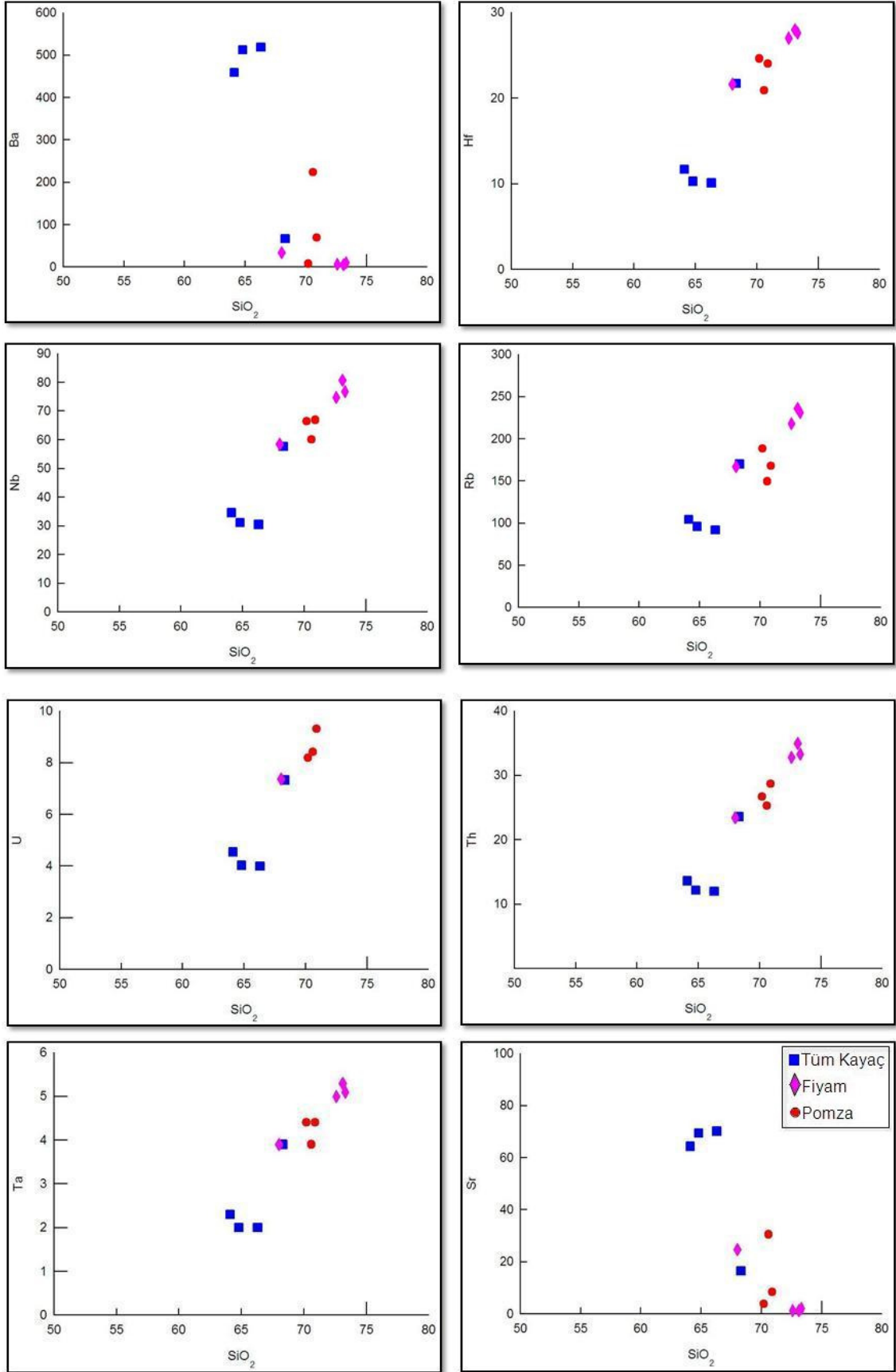
Çizelge 4.2. devam ediyor

Örnek No:	Ba/Nb	La/Yb	Sm/Yb	La/Lu	Ce/Yb	Ba/La	Zr/Nb	Y/Nb	Rb/Y	Nb/Y	Th/Y	Nb/La
BY1	1.17	7.91	1.50	51.81	16.61	0.76	16.40	1.73	1.70	0.58	0.24	0.65
BY2	0.57	7.86	1.51	51.43	16.38	0.37	16.39	1.75	1.63	0.57	0.23	0.65
BY3	0.12	8.23	1.55	53.11	17.19	0.08	16.42	1.75	1.62	0.57	0.23	0.65
KR1	13.27	7.72	1.50	47.67	16.27	9.35	15.14	1.64	1.84	0.61	0.24	0.70
KR2	0.09	7.84	1.42	52.36	16.04	0.06	16.06	1.72	1.70	0.58	0.26	0.67
KR3	1.04	7.62	1.42	51.14	15.83	0.74	15.70	1.68	1.49	0.59	0.26	0.71
KH1	17.02	7.64	1.49	47.89	15.98	12.04	15.05	1.66	1.81	0.60	0.24	0.71
KH2	0.13	7.66	1.39	50.47	15.74	0.09	15.99	1.72	1.75	0.58	0.25	0.71
KH3	3.73	7.47	1.39	49.88	15.56	2.69	15.96	1.70	1.47	0.59	0.25	0.72
SY1	16.50	7.41	1.43	47.14	15.47	11.96	15.08	1.67	1.85	0.60	0.24	0.72
SY2	0.07	7.68	1.38	50.22	15.77	0.05	15.97	1.73	1.69	0.58	0.25	0.71

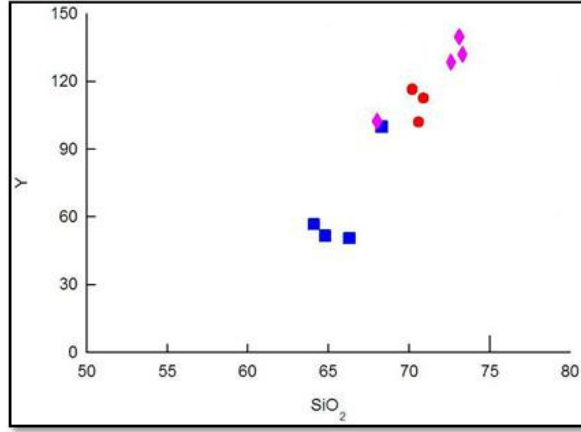
Sr elementi, Ca elementinin yerini alabilecek özellik göstermesi nedeniyle, Ca-plajiyoklaz minerallerindeki Ca elementlerinin yerini alır ve kristalleşmenin ilk evrelerinde eriyikten bu şekilde uzaklaştığı için SiO_2 ile negatif bir trend gösterebilmektedir. Fraksiyonel kristalleşme sürecinde Y elementinin SiO_2 artışına bağlı olarak pozitif trend göstermesi uyumlu trendler içerisindedir.

Diğer taraftan, Rb, Th, U elementlerindeki artış fraksiyonel kristalleşme sürecinden beklenen tipik trendlerdir. Bu süreçte önce piroksen, Ca-plajiyoklaz ve daha sonra amfibol ve biyotit ayrılmaktadır. Rb elementi, K elementi ile benzer iyonik yarıçapa sahip olması nedeniyle, eriyikte geç evrelerde kristalize olan K-feldispat, mika ve hornblend grubu minerallerin bünyesindeki K'ların yerini alabileceği için Rb içeriği ile SiO_2 miktarı arasındaki artış, fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olmasında izlenen bir durumdur. Th ve U elementleri ise K-feldispat, amfibol ve mika gibi minerallerin bünyesine girer ve bu sebeple SiO_2 artışına bağlı olarak pozitif eğilim gösterebilirler. Aynı durum uyumsuz elementlerden Ta ve Nb elementi için de geçerli olup, fraksiyonel kristalleşmenin geç evrelerinde oluşan minerallerin yapılarında yer alabileceğinden dolayı SiO_2 ile pozitif trend gösterir.

Fraksiyonel kristalleşme sürecinde geç evrelerde oluşan minerallerin yapısında Ba ve Hf elementleri yer aldığı için SiO_2 ile pozitif eğim göstermeleri beklenmektedir. Çizilen diyagramlarda Hf ve Ba elementlerinin SiO_2 artışı ile dağınık bir davranış sergilemesi fraksiyonel kristalleşme sürecinden beklenen bir durum değildir. Bu sebeple, Ahlat taşını meydana getiren magmanın oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin yanında magma karışımı ve/veya kabuksal kirlenme gibi başka süreçlerin de etkili olabileceği düşünülebilir. Ba elementinin, SiO_2 içeriği yüksek olan kayalarda negatif eğim göstermeye başlaması baryum feldispatların fraksiyonlanması ile olabileceği düşüncesini oluşturmaktadır. Ba bazen negatif anomali verebilmektedir. Sun ve McDonough 1989, a Ba göre içeriğinin oldukça düşük (7.19-519 ppm) ve $\text{MgO} < \%1$ oranı Ba elementinin amfiboldeki K'un bünyesine girerek ortamdan uzaklaşmış olduğunu göstermektedir. Petrografik çalışmalarda da amfibol minerallerine rastlanmamış olması bu durumu desteklemektedir.

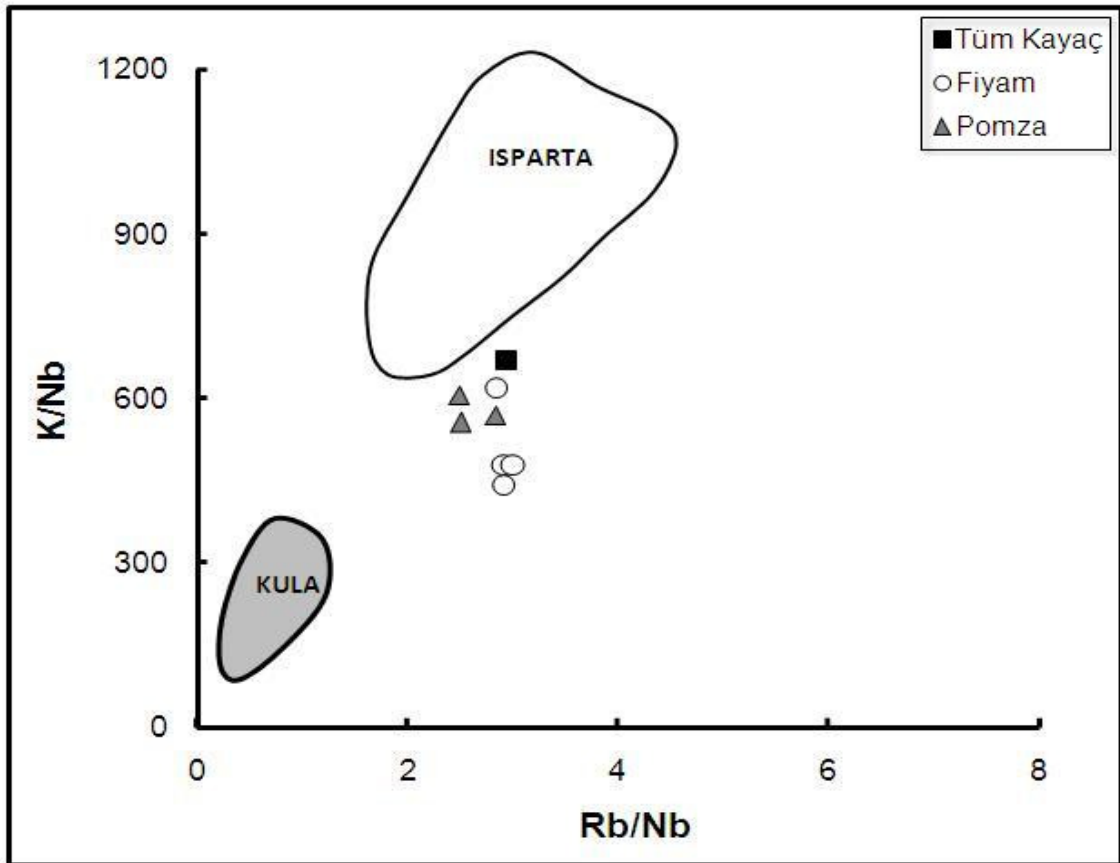


Şekil 4.22. Ahlat taşının SiO_2 – iz element Harker değişim diyagramları



Şekil 4.22. Devam ediyor

Ahlat taşı iz elemet verilerinden elde edilen Isparta ve Kula volkanitleri ile karşılaştırmalı K/Nb-Rb/Nb diyagramında (Şekil 4.23) görüldüğü gibi Ahlat taşı yüksek K/Nb ve Rb/Nb bölgesinde yer almaktadır.

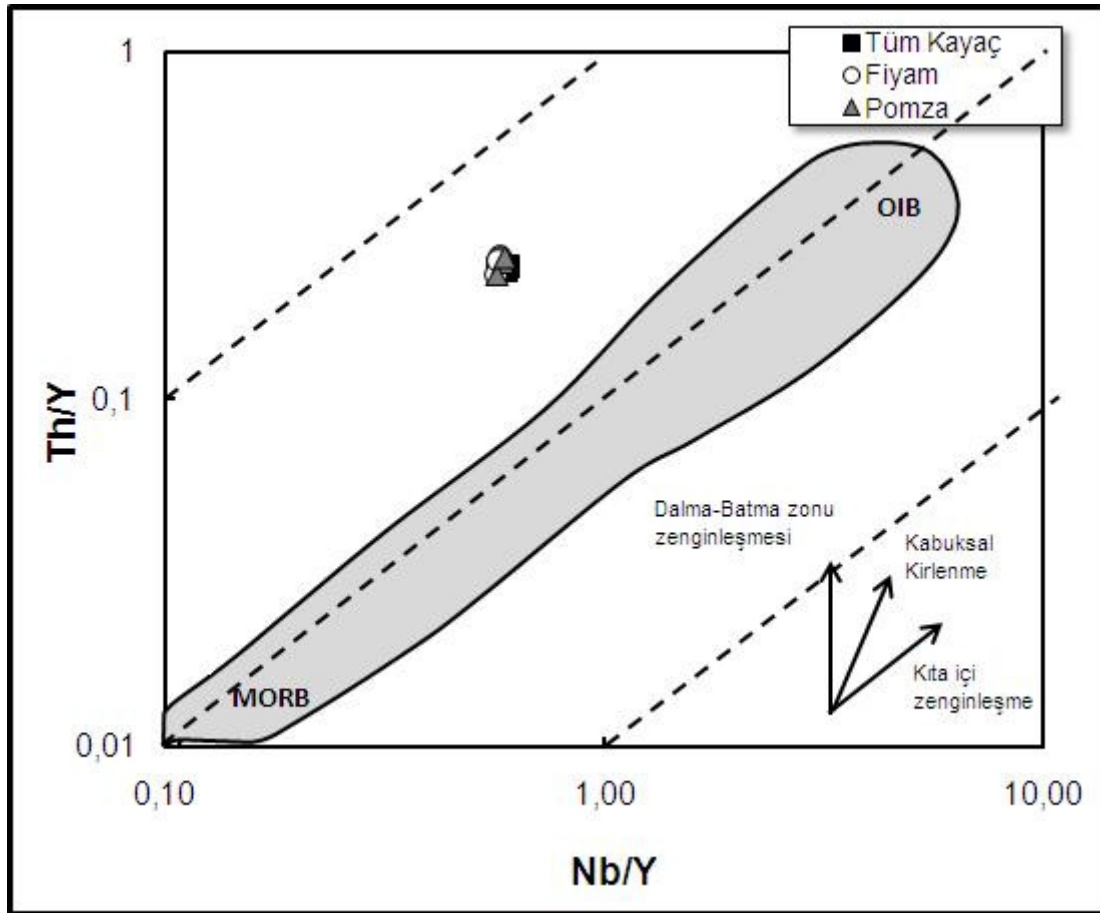


Şekil 4.23. Ahlat taşı iz elemet verilerinden elde edilen Isparta ve Kula volkanitleri ile karşılaştırmalı K/Nb-Rb/Nb diyagramı

Isparta volkanitleri metasomatize (filogopit-metasomatizması) olmuş (zenginleşmiş) litosferik manto kökenli ve Kula volkanizmasını ise daha ziyade astenosferik köken olarak değerlendirecek olursak, Ahlat taşı litosfer mantosuna daha yakın bir konumdadır (Ercan, 1982; 1986).

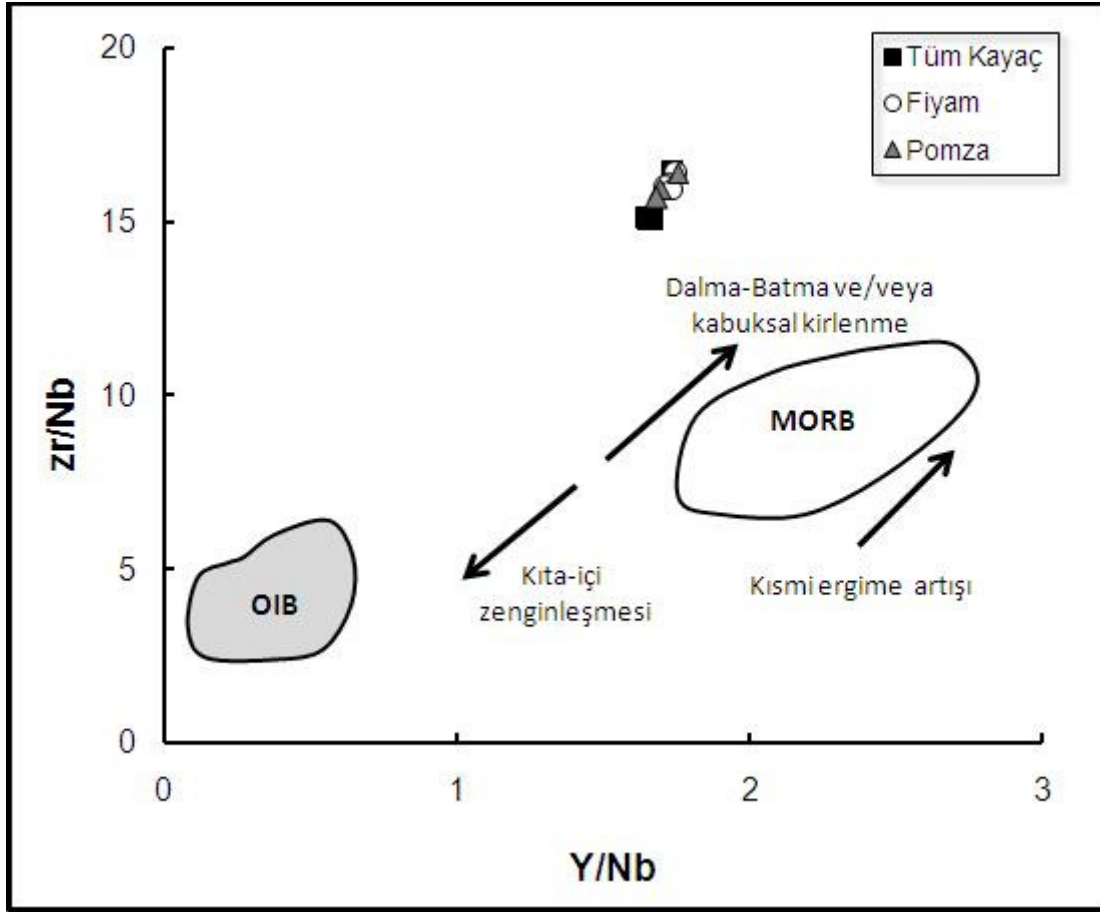
DePaolo ve Daley (2000)'a göre La/Nb oranının >1 olması kayaların oluşumunda litosferik kaynağın varlığını göstermektedir. Ahlat taşında La/Nb oranı 1.38 ile 1.53 ppm arasında değişim göstermektedir. Buna göre Ahlat taşının kıta içi oluşmuş bir volkanik kayalık olduğunu kanıtlamaktadır.

Rb ve Nb arasındaki pozitif eğim kıta içi zenginleşmeyi gösterirken, düşey yöndeki eğim dalma-batma zenginleşmesi ve /veya kabuksal kirlenme ile açıklanabilir (Edwards ve ark., 1991). Nb/Y- Th/Y diyagramına bakıldığında (Şekil 4.24). Ahlat taşının kabuksal kirlenmeye maruz kaldığı söylenebilir.



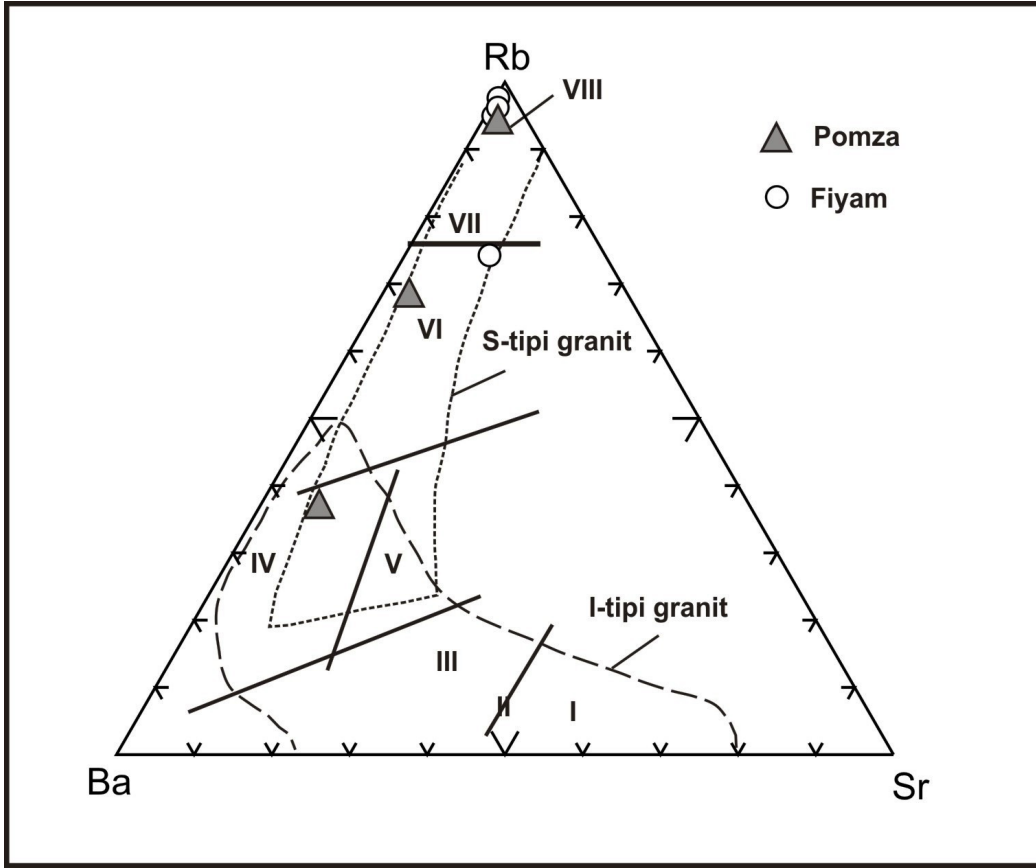
Şekil 4.24. Ahlat taşı iz element verilerinden elde edilen Nb/Y-Th/Y diyagramı (Edwards ve ark., 1991) (MORB: Okyanus ortası sırt bazaltları, OIB: Okyanus adası bazaltları)

İz element verilerinden elde edilen Y/Nb-Zr/Nb diyagramında (Şekil 4.25) kayaların Ahlat taşının kıta içi zenginleşmesi bölgesinden uzakta, dalma-batma ve/veya kabuksal kirlenme trendinde yer aldığı gözlenmektedir. Ancak düşük Ba/Nb ve Ba/Ta içerikleri ve yüksek Nb konsantrasyonu, tipik bir dalma batma zonuna işaret etmemektedir. Çünkü dalma-batma zonu magmatizmalarında Nb, Ta ve Ti elementlerinde fakirleşmeler gözlenir. Bu tür ortamlar ve süreçlerden gelen magmalar düşük Nb, Ta ve Ti, yüksek Ba içeriğine sahiptir (Fodor ve Vetter, 1984). Buna göre Ahlat taşının kıta içi süreçlerle oluştuğu ve gelişimi sırasında kabuksal kirlenmeye maruz kaldığı düşünülebilir.



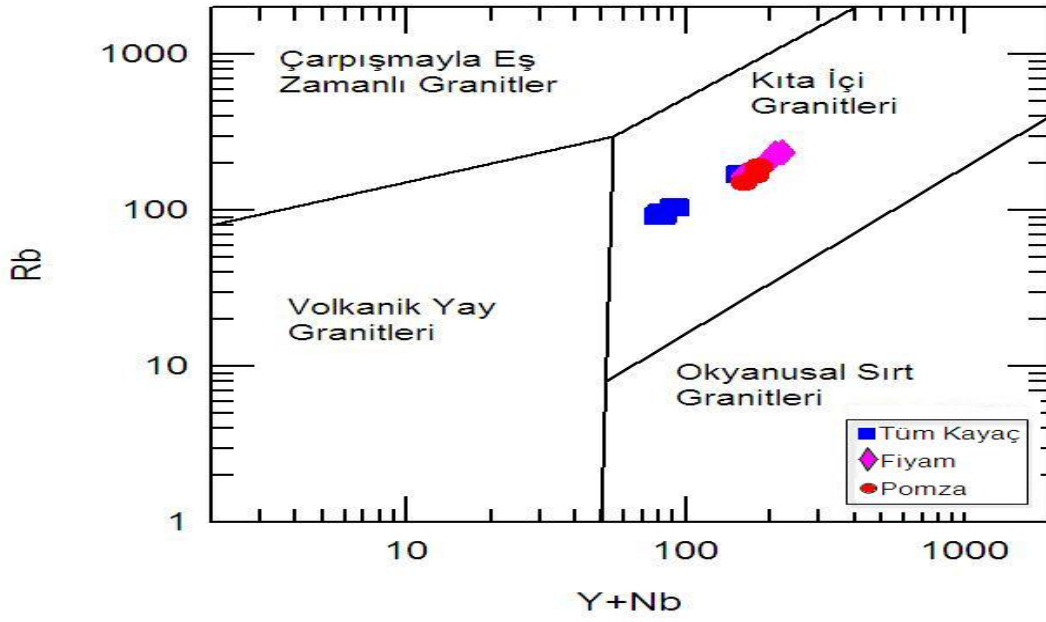
Şekil 4.25. Ahlat taşı iz element verilerinden elde edilen Y/Nb-Zr/Nb diyagramı (Fodor ve Vetter, 1984)
(MORB: Okyanus ortası sırt bazaltları, OIB: Okyanus adası bazaltları)

Pomza ve fiyam örneklerinden elde edilen Rb, Ba ve Sr değerleri ile oluşturulan Şekil 4.26.'deki diyagramda ise, verilerin S-tipi granitleri temsil eden bölgede yer almasından dolayı Ahlat taşını oluşturan magmanın kökeni kıta içinde gelişmiş bir volkanizmaya işaret etmektedir. Ayrıca Pearce tarafından (1984) hazırlanmış olan Rb – Y+Nb ayırtman diyagramında, alınan tüm kayaç, fiyam ve pomza örnekleri “Kıta İçi Granitleri” adıyla ayrılan bölgeye düşmektedir (Şekil 4.27).

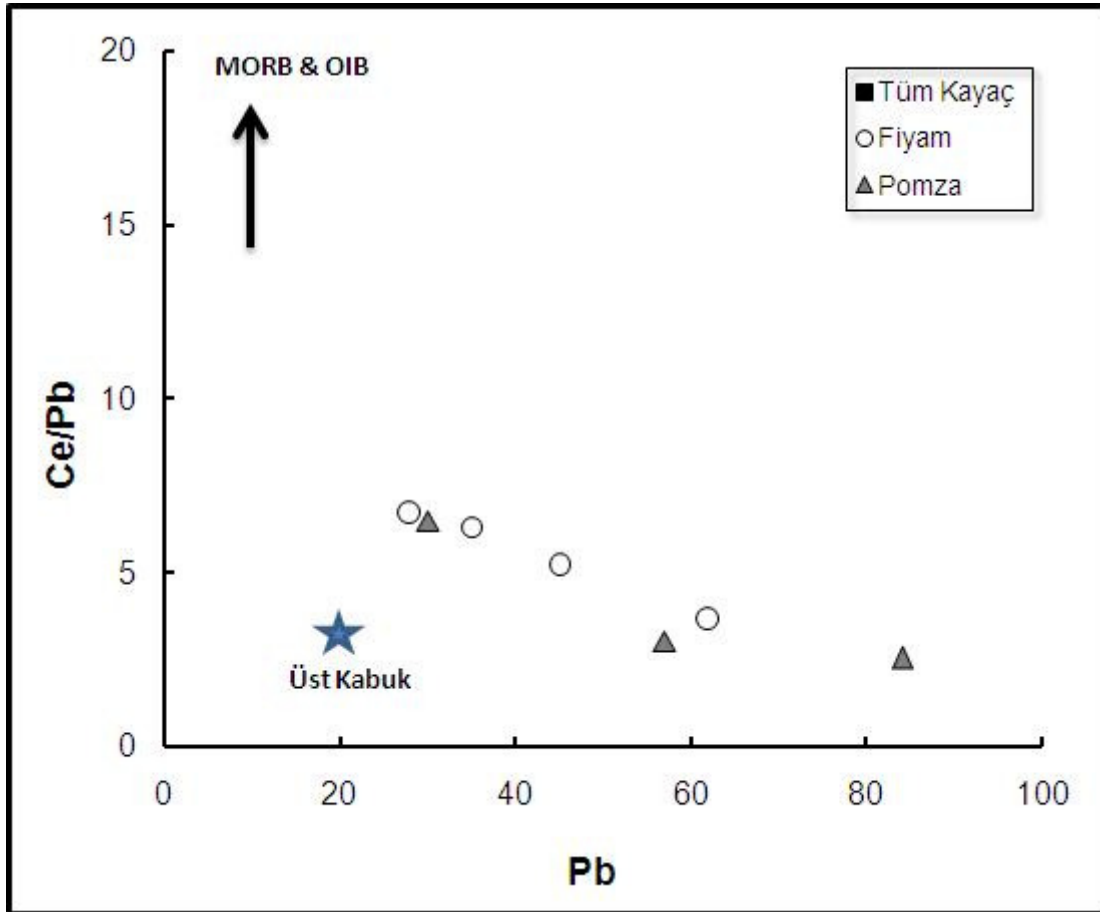


Şekil 4.26. Ahlat taşı iz element verilerinden elde edilen Rb/Ba/Sr diyagramı (Sun ve McDonough, 1989)

Bu yorumu destekleyecek diğer bir veri ise Ahlat taşıdaki yüksek Th, U ve Pb içerikleridir. Kıtasal kabuk yüksek Th, U ve Pb içeriğine sahiptir (Hoffman ve ark., 1986). Şekil 4.28'deki Ce/Pb vs Pb diyagramına baktığımızda verilerin üst kabuk değerinden daha yüksek Pb değerine sahip olduğu gözlenmektedir. Örneklerin Th/U içerikleri ise 3-3.3 ppm arasında değişmekte olup, bu gözlenen yüksek Th/U içeriği de kabuksal malzemelerin katılımına işaret etmektedir.

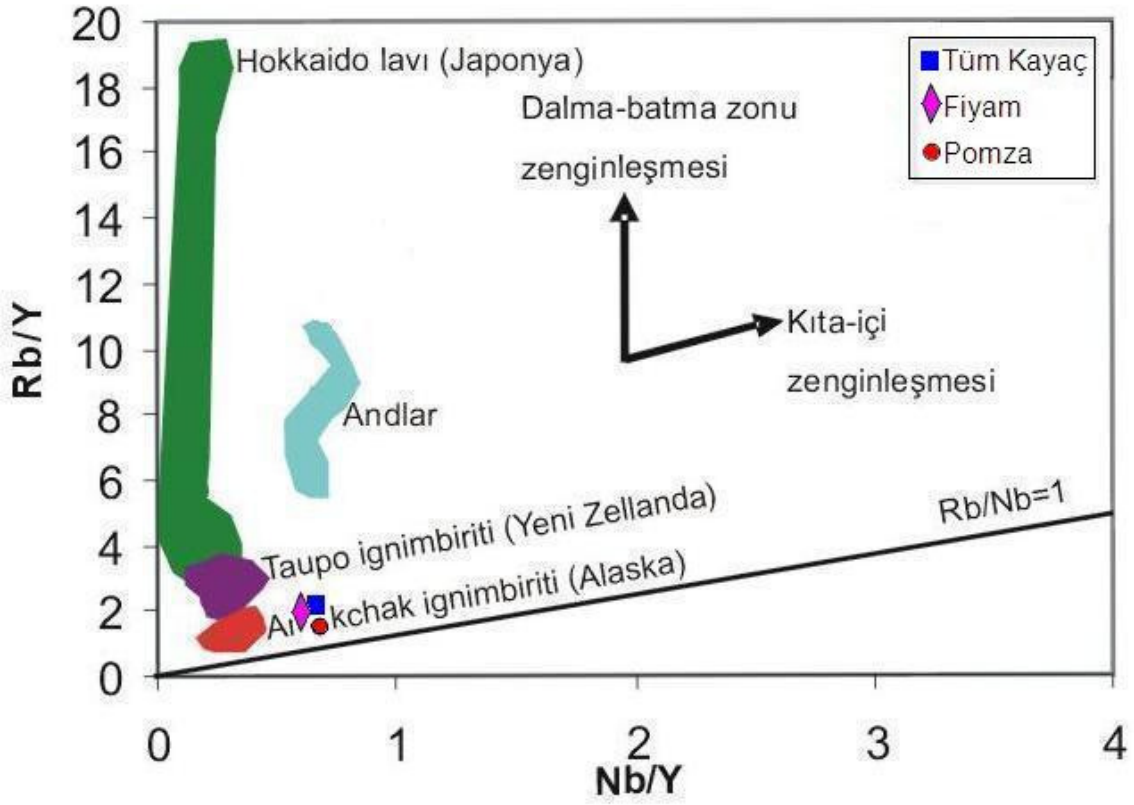


Şekil 4.27. Ahlat taşı Rb – Y+Nb ayırtman diyagramı (Pearce ve ark., 1984)



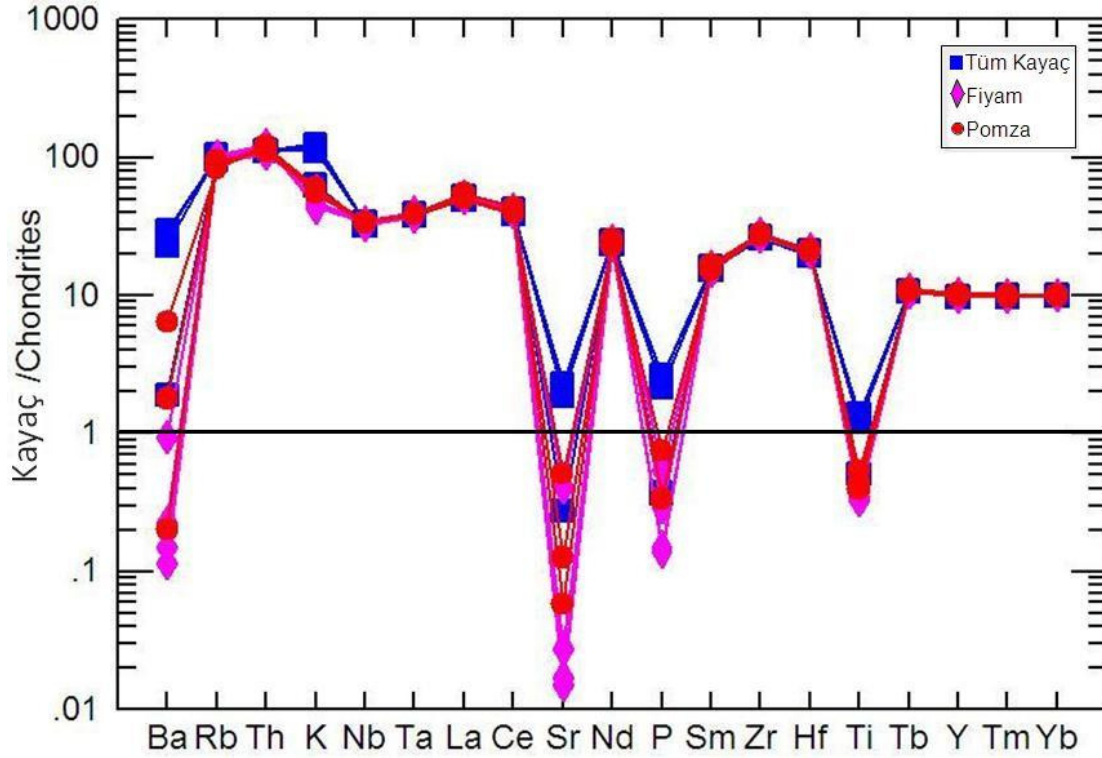
Şekil 4.28. Ahlat taşı Pb-Ce/Pb ayırtman diyagramı (Hoffman ve ark., 1986)

Ayrıca Ahlat taşının asidik bileşimdeki Aniakchak (Alaska), Taupo (Yeni Zelanda), And ignimbiritleri ve Hokkaido (Japonya) lavlarıyla karşılaştırılması Rb/Y-Nb/Y diyagramında Rb/Nb=1 eğimi kıta içi zenginleşmesini, düşey yöndeki eğim ise dalma-batma zonu zenginleşmesi ve/veya kabuksal kirlenmeyi göstermektedir (Edwards ve ark., 1991). Şekil 4.29 'da görüldüğü gibi Ahlat taşı yatay yönde bir eğilim göstermekle birlikte asidik bileşimdeki Aniakchak (Alaska) ignimbiritlerine yakın Rb/Y-Nb/Y değerleri göstermektedir.



Şekil 4.29. Ahlat taşının Rb/Y-Nb/Y diyagramı (Karşılaştırma verileri Takagi ve ark., 1999; Dreher ve ark., 2005; De Silva ve ark. 1989; Milner ve ark., 2003)

Ahlat taşı, iz element verilerinden elde edilen iz element spider diyagramları Şekil 4.30' da verilmiştir. Thompson (1982) tarafından hazırlanan bu diyagramda alınan tüm kayaç, fiyam ve pomza örnekleri birbirine uyumlu bir çizgi sergilemekte olup, Rb,Th ve K gibi LIL elementlerce zengin olduğu gözlenmektedir. Bununla birlikte Nb, Ta, Sr, P ve Ti gibi elementlerde de negatif anomali izlenmektedir.



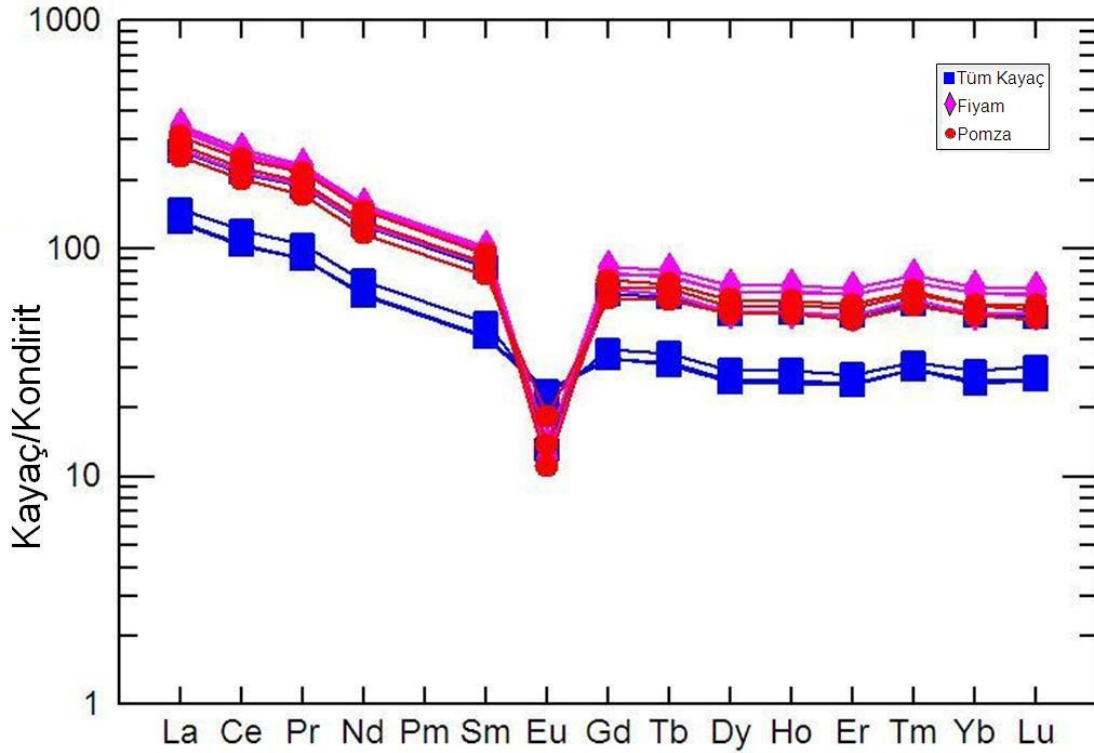
Şekil 4.30. Ahlat taşının iz element örümcek (spider) diyagramı (Thompson 1982).

4.3.3. Nadir toprak element jeokimyası (NTE)

Alınan 11 örnek üzerinde gerçekleştirilen nadir toprak element analiz sonuçları, Nakamura (1974) tarafından belirlenmiş kondrit değerleri ile normalize edilmiş ve spider diyagramları çizilmiştir (Şekil 4.31). Çizilen diyagramlardan görüldüğü gibi alınan tüm kayaç, fiyam ve pomza örnekleri, iz element diyagramında olduğu gibi birbirine paralel ve uyumlu bir çizgi sergilemekte olup, hafif nadir toprak elementlerince (LREE) zenginleşmiştir. Bu diyagramda gözlenen diğer bir özellik ise Eu elementinin negatif anomali göstermesidir. Eu anomalisinin varlığı feldispatın rolünü göstermesi açısından önemlidir. Eu elementinin +2 değerlikli olarak bulunması ve Eu^{+2} nin plajiyoklaz ve K-feldispat mineralleri ile uyumlu bir element olmasından kaynaklanmaktadır. Negatif Eu anomalisi, feldispat mineralinin fraksiyonlanması veya kayacın kısmi ergimesi sırasında feldispatın kaynaktan alıkonması ile açıklanabilir. Pomza ve fiyam örneklerinin tüm kayaca göre daha fazla Eu negatif anomali göstermesi fraksiyonel kristalleşmeye işaret etmektedir.

Çizelge 4.3. Ahlat taşı NTE sonuçları

Örnek no:	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	La	Lu	Nd	Sm	Tb	Tm	Yb	Pr
BY1	186	17.7	11.4	1.01	17.5	3.64	88.6	1.71	79.6	16.8	2.89	1.71	11.2	20.9
BY2	187.5	18	11.55	0.94	18.2	3.69	90	1.75	80.9	17.25	2.95	1.79	11.45	11.65
BY3	214	20.4	12.8	0.85	20	4.13	102.5	1.93	92.1	19.25	3.3	1.96	12.45	10.15
KR1	103.5	10.05	6.28	1.65	9.9	2.04	49.1	1.03	45.3	9.57	1.63	0.95	6.36	10.1
KR2	227	22	14.25	1.03	21.5	4.54	111	2.12	95.8	20.1	3.53	2.14	14.15	21.4
KR3	195.5	19.1	12.3	1.06	18.65	3.96	94.1	1.84	83	17.55	3.12	1.9	12.35	25.3
KH1	90.1	8.93	5.66	1.83	9.09	1.8	43.1	0.9	39.9	8.4	1.44	0.88	5.64	24.6
KH2	222	21.9	14.2	1.07	21	4.5	108	2.14	92.7	19.55	3.56	2.13	14.1	26
KH3	173.5	17.7	11	1.41	16.55	3.61	83.3	1.67	73.1	15.55	2.79	1.68	11.15	24.1
SY1	89.6	9.02	5.74	1.81	9.07	1.84	42.9	0.91	39.2	8.26	1.49	0.88	5.79	21.8
SY2	235	23.7	15	1.08	22.8	4.85	114.5	2.28	98	20.5	3.79	2.28	14.9	19.3



Şekil 4.31. Ahlat taşının nadir toprak elementi örümcek (spider) diyagramı (Nakamura 1974).

4.3.4. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları

Ahlat taşı içerisindeki yarı kantitatif yüzde element miktarını belirlemek, kayaç oluşturan mineralleri isimlendirmek ve mikroskop tanımlamalarına destek olması amacıyla, FEI Quanta 400MK2 model SEM cihazı ve buna bağlı EDAX Genesis 4Xmi Model EDS Detektörü ile örnekler üzerinde Taramalı Elektron Mikroskopla (SEM) görüntüler alınmış ve ayrıca yarı kantitatif (EDS) analizler yapılmıştır.

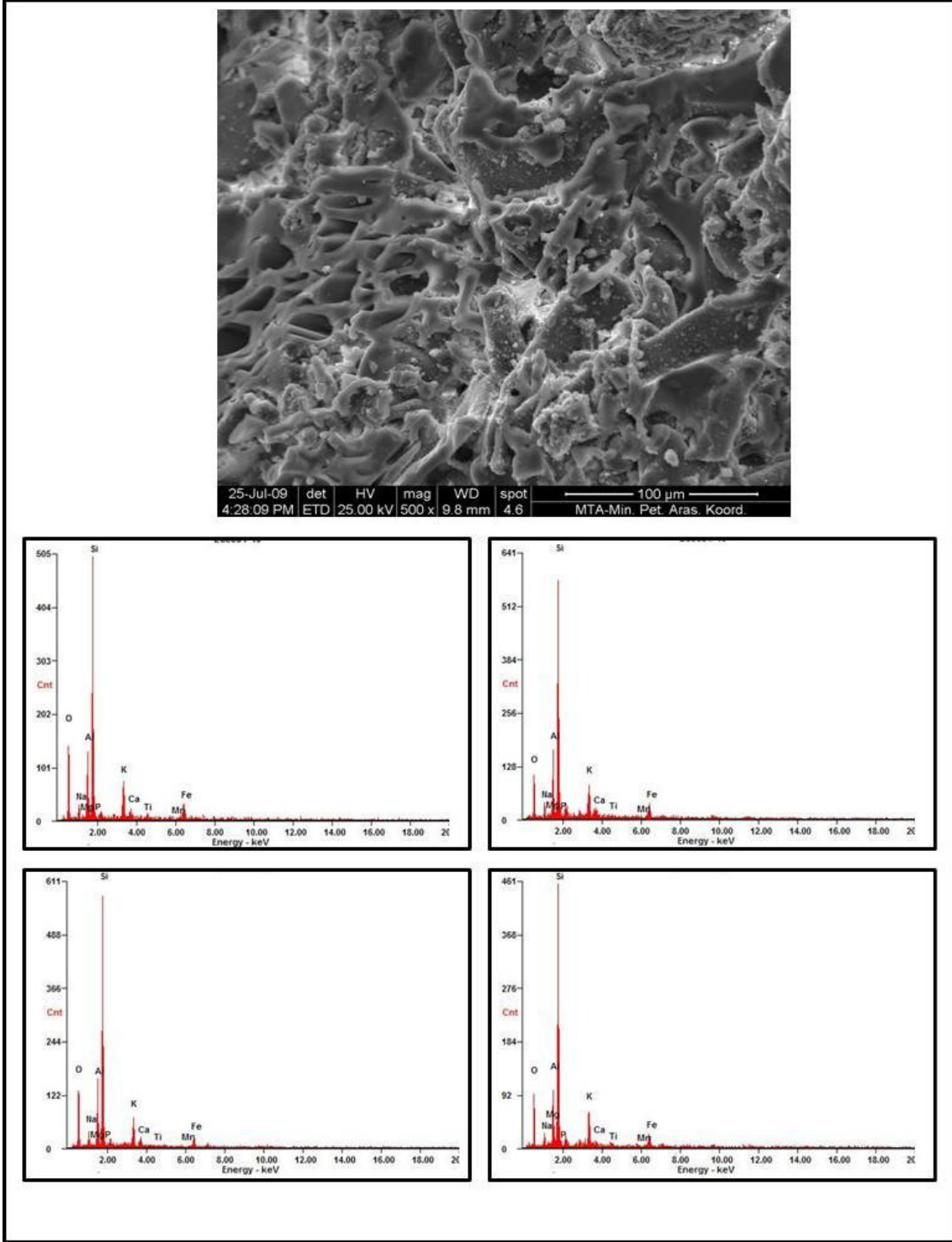
Ahlat taşı (ignimbirit) arazide tabandan tavana siyah, kahverengi, kırmızı ve bej olmak üzere dört renkle temsil edilmektedir. Siyah, kahverengi ve kırmızı ignimbirit aynı evrenin ürünleri olarak dereceli geçiş ile temsil edildiği, buna karşın bej ignimbiritin ise farklı bir evre ile ilişkili olarak oluştuğu düşünülmektedir. Bu iki farklı evre ignimbirit oluşumu gerek mineralojik gerekse de makroskobik verilerle desteklenmektedir. Bu düşey yöndeki renk değişimi muhtemelen volkan camının kimyasal bileşimine, ignimbiritin oluşumu esnasındaki soğuma hızına bağlı oluşacak kristaliteye ve Fe' in Eh-Ph değişimleriyle gelişen oksidasyon potansiyeline bağlı olmalıdır. Bu konu ile ilgili olarak İncesu ignimbiritinde de kahve-siyah ve pembe-

kırmızı renkli iki farklı tona sahip kayacın renk değişimi araştırılmıştır (Koralay, 2006). Yapılan alışmada Mikro-XRF ve Raman Spektrometre yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan analiz değerlendirmelerinde koyu kahve-siyah rengin matriks içinde gözlenen K'a bağlı artışı ile birlikte zayıf Fe'e bağlı geliştiği ortaya konulmuştur.

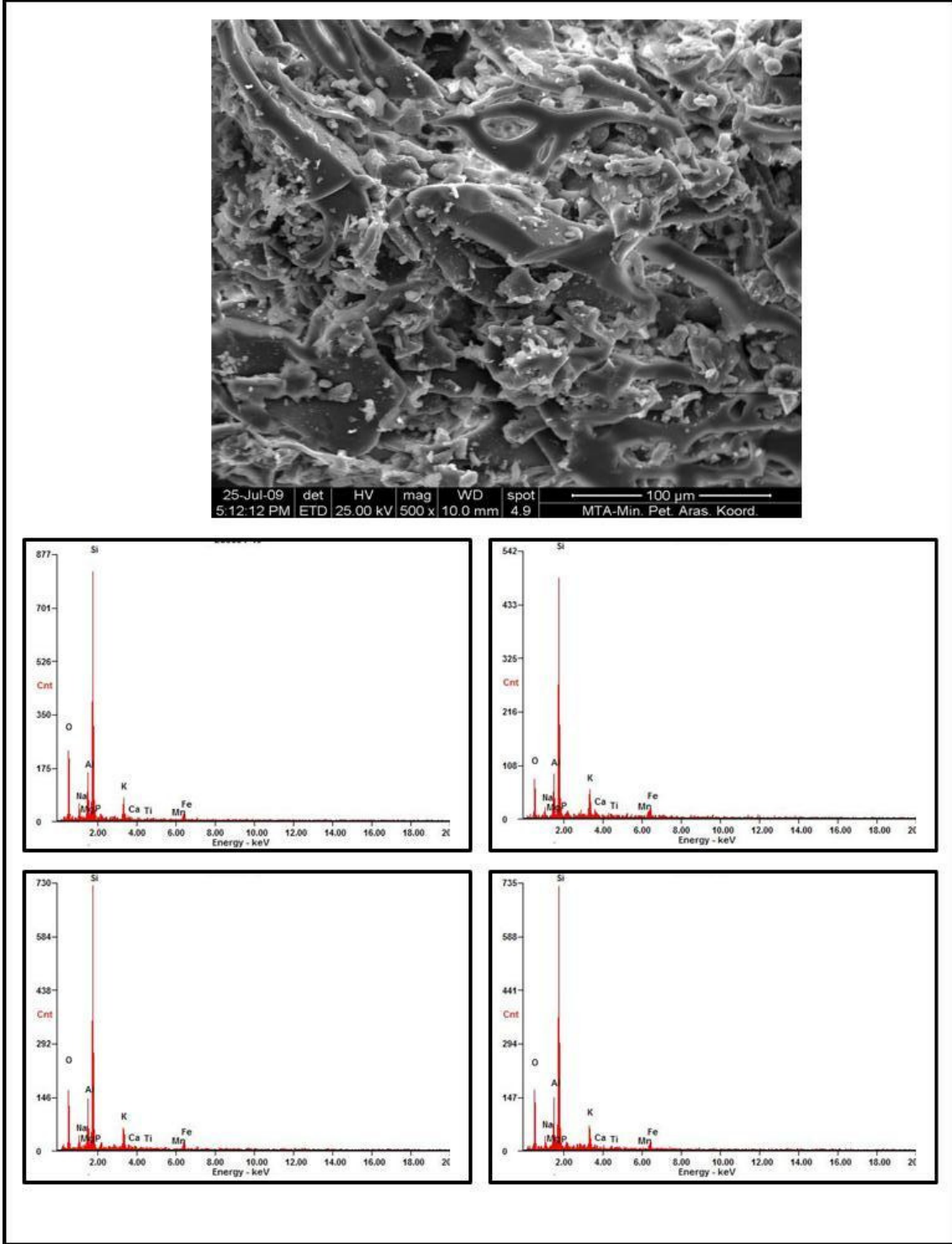
Ahlat taşında de renk değişimi araştırılarak benzer bir çalışma yapılmıştır. Renk değişiminin volkan camındaki elementsel farklılıktan kaynaklanacağı dşnencesiyle bu çalışmada yöntem olarak sadece cam hamurdan noktasal kimyasal analiz yapılmıştır. Bu analizden elde edilen veriler izelge 4.3'te verilmiştir. Bu amaçla 4 ayrı renkteki ignimbiritin volkan camından 4'er noktadan kimyasal analizler yapılarak değerlendirilmiştir (şekil 4.32, 4.33, 4.34, 4.35).

Yapılan noktasal analizlerle renk değişimine neden olan belirgin bir elementsel farklılık ortaya konulamamıştır. Bej renkliden siyah ignimbirite doğru çok zayıf bir K artışı bu çalışmada da ortaya konulan tek sonuçtur. Aynı zamanda bej renkli hariç zayıf bir Fe ve Ti artışı da İncesu ignimbiritinde gözlenen renk farklılığı ile uyumlu görülmektedir. Ancak bu değişimlerin çok zayıf olması ve bej ignimbiritteki ortalama (n=4) Fe oranının kırmızı ignimbiritten yüksek olması renk değişimine sadece kimyasal bileşimin neden olamayacağı aynı zamanda Eh-Ph potansiyeli ile ilişkili oksidasyon durumuna ve soğuma hızına bağlı oluşacak kristalitenin de renk değişimine neden olabileceği düşünülmektedir.

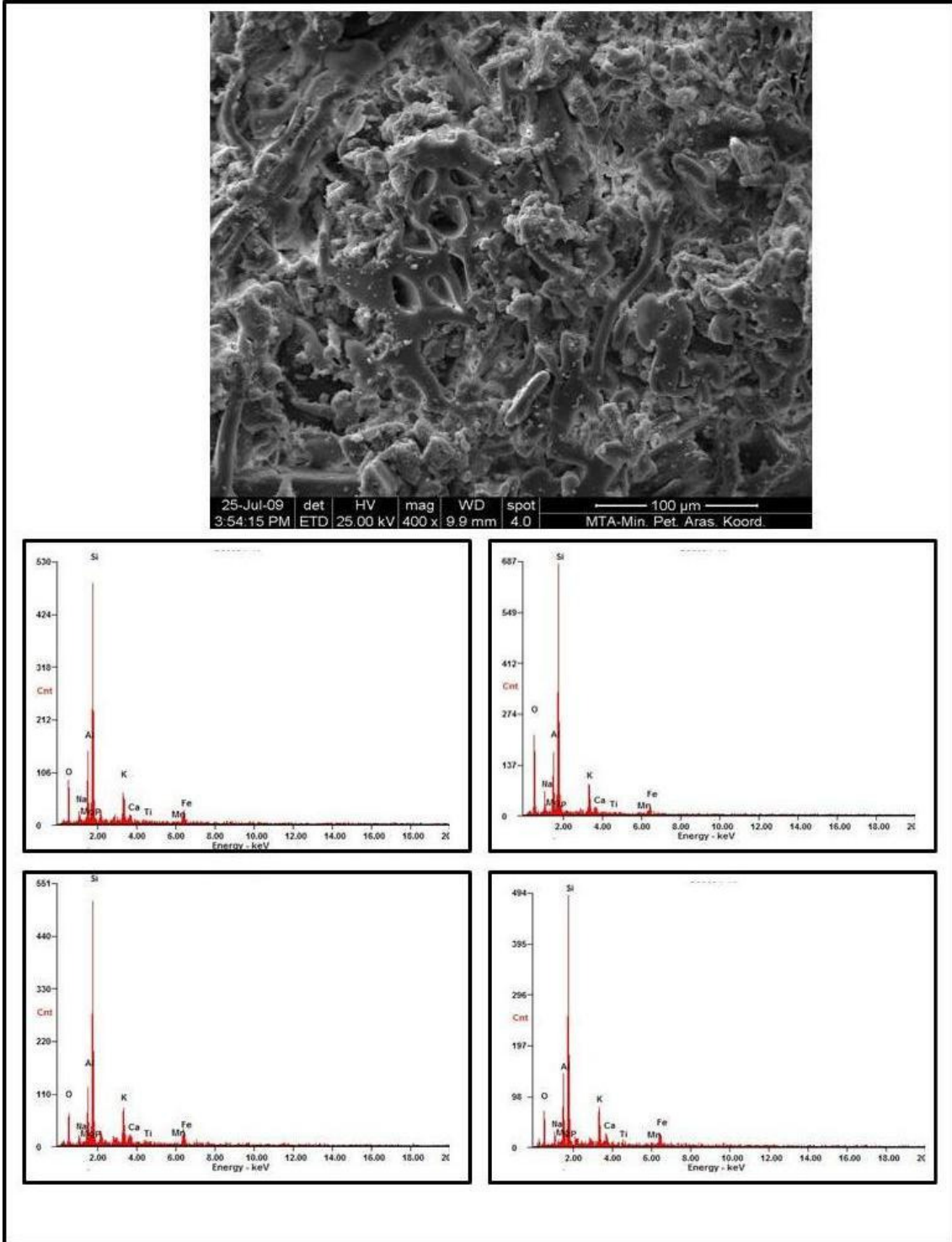
Yapılan XRD incelemelerinde kristalitenin renk değişiminde etken bir faktör olabileceği düşünülmektedir. Bu sonuç daha fazla örneklerle yapılacak analizlerle araştırılmalıdır.



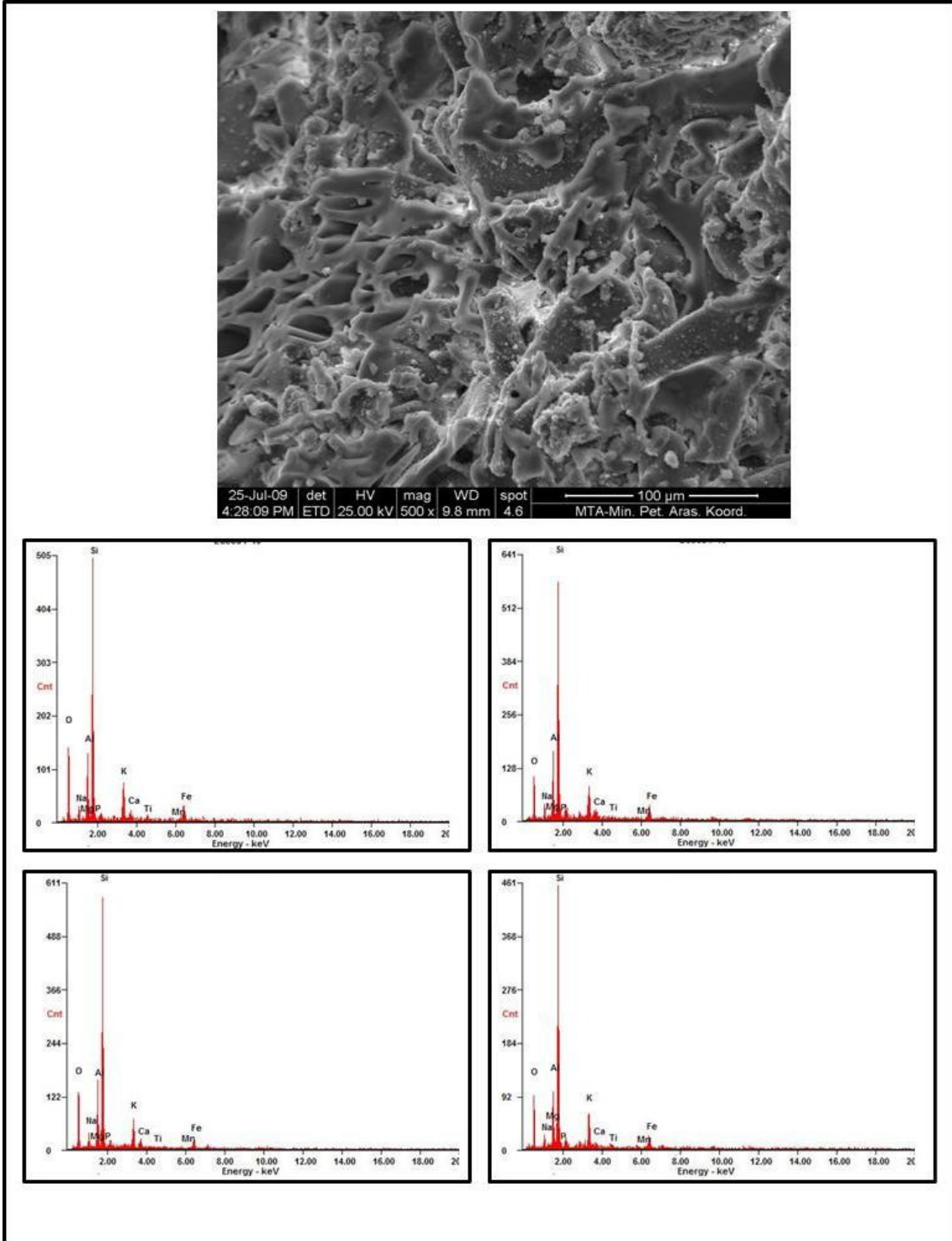
Şekil 4.32. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: BY-1).



Şekil 4.33. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: KR-1).



Şekil 4.34. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: KH-1).



Şekil 4.35. Ahlat taşında gözlenen volkan camı SEM görüntüsü ve yarı kantitatif analiz sonuçları (Örnek no: SY-1).

Çizelge 4.4. Ahlat taşı SEM analiz sonuçları ve ortalama verileri

Örnek no	SY1-1	SY1-2	SY1-3	SY1-4	ORT	KH1-1	KH1-2	KH1-3	KH1-4	ORT	KR1-1	KR1-2	KR1-3	KR1-4	ORT	BY1-1	BY1-2	BY1-3	BY1-4	ORT
O	36.16	34.25	31.04	27.2	32.16	37.23	38.44	23.8	24.23	30.93	34.52	36.42	47.72	29.83	37.12	27.4	35.71	35.43	35.72	33.57
Na	3.29	4.14	2.78	3.48	3.42	3.87	4.35	2.36	3.37	3.49	3.46	4.07	4.71	3.45	3.92	2.95	3.26	3.81	3.96	3.50
Mg	0.59	0	0.65	0.48	0.43	0.38	0.26	0.28	0.72	0.41	0	0.39	0	0.36	0.19	0.1	0.25	0.23	0.36	0.24
Al	8.85	9.48	9.24	10.16	9.43	9.67	9.28	10.13	10.52	9.90	9.33	9.85	8.9	10.26	9.59	7.44	7.57	8.1	8.31	7.86
Si	35.22	38.74	39.65	40.84	38.61	37.51	35.68	43.55	42.46	39.80	39.26	37.13	31.42	41.89	37.43	45.42	41.59	41.97	38.48	41.87
P	0.35	0.66	0.46	0.29	0.44	0.19	0	0.45	0	0.16	0.14	0.34	0	0.27	0.19	0.33	0.38	0.17	0.28	0.29
K	6.12	6.12	7.73	7.58	6.89	5.22	5.69	8.7	7.73	6.84	6.68	5.87	3.53	6.91	5.75	7.52	5.28	5.23	5.09	5.78
Ca	0.013	1.28	1.31	1.84	1.11	1.01	1.23	1.68	2.07	1.50	1.02	1.07	0.71	1.14	0.99	0.76	0.65	0.47	1.02	0.73
Ti	0.81	0.52	0.86	0.97	0.79	0.52	0.43	0.73	0.83	0.63	0.53	0.42	0.22	0.59	0.44	0.75	0.59	0.29	0.67	0.58
Mn	0.0039	0.47	0.61	0.86	0.49	0.4	0.46	1	0.91	0.69	0.66	0.41	0.25	0.37	0.42	0.98	0.39	0.55	0.81	0.68
Fe	6.53	4.34	5.67	6.3	5.71	4.01	4.18	7.33	7.17	5.67	4.41	3.83	2.54	4.94	3.93	6.35	4.33	3.76	5.32	4.94
Na₂O	3.93	4.84	3.15	3.82	3.94	4.64	5.31	2.5	3.6	4.01	4.04	4.86	6.35	3.86	4.78	3.19	3.8	4.45	4.66	4.03
MgO	0.002	0	0.89	0.63	0.38	0.55	0.38	0.36	0.92	0.55	0	0.56	0	0.48	0.26	0.13	0.35	0.32	0.5	0.33
Al₂O₃	14.43	14.96	14.12	14.92	14.61	10.49	15.5	14.36	14.95	13.83	14.78	15.95	16.82	15.37	15.73	7.16	11.99	12.77	13.29	11.30
SiO₂	62.96	66.08	65.16	63.7	64.48	66.67	65.43	64.95	63.63	65.17	67.32	65.76	67.25	66.69	66.76	70.43	71.6	71.73	67.21	70.24
P₂O₅	0.63	1.08	0.72	0.42	0.71	0.33	0	0.61	0	0.24	0.23	0.59	0	0.41	0.31	0.47	0.62	0.28	0.48	0.46
K₂O	6	5.63	6.81	6.31	6.19	5.05	5.73	6.83	6.15	5.94	6.19	5.62	4.26	5.85	5.48	6.11	4.88	4.79	4.82	5.15
CaO	1.82	1.36	1.33	1.77	1.57	1.14	1.44	1.53	1.9	1.50	1.1	1.19	0.99	1.12	1.10	0.71	0.7	0.5	1.13	0.76
TiO₂	1.12	0.67	1.06	1.14	1.00	0.71	0.6	0.81	0.93	0.76	0.68	0.57	0.37	0.7	0.58	0.87	0.76	0.38	0.89	0.73
MnO	0.49	0.48	0.6	0.8	0.59	0.43	0.51	0.88	0.81	0.66	0.67	0.43	0.32	0.35	0.44	0.89	0.39	0.56	0.84	0.67
Fe₂O₃	7.77	4.89	6.15	6.5	6.33	4.72	5.1	7.18	7.11	6.03	2.13	4.48	3.64	5.17	3.86	6.42	4.9	4.22	6.16	5.43

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Ahlat taşı üzerinde yapılmış olan mineralojik, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar sonucu elde edilen veriler aşağıda sunulmuştur;

1. Yapılan arazi çalışmalarında Ahlat taşı sırasıyla siyah, kahverengi, kırmızı ve bej olmak üzere dört farklı renk ve seviyede gözlenmiştir. Tüm saha ve laboratuvar çalışmaları doğrultusunda, taban seviyede dereceli geçiş ile temsil edilen siyah, kahverengi ve kırmızı ignimbiritlerin aynı evrenin ürünleri olduğu, buna karşın bej ignimbiritin ise farklı bir evre ile ilişkili olarak oluştuğu düşünülmektedir.
2. Tabandan tavana Ahlat taşı içinde gözlenen pomza, fiyam ve litik parçaların boyutları artmaktadır. Özellikle en üstte gözlenen bej ignimbirit pomza ve litik parçalarca çok zengindir. Litik bileşenler bazaltik ve daha az oranda da andezitik ve/veya trakitik kökenli volkanik kayaç parçacıklarından oluşmaktadır.
3. Mikroskop çalışmaları sonucunda plajiyoklaz, mikroklin, klinoproksen (egirinojit), sanidin ve çok az miktarda amfibol mineralleri saptanmıştır. Ahlat taşının alkali oranının yüksek olması (yaklaşık %9-10) ve mikroklin, sanidin ve egirinojitin gibi alkali minerallerin varlığı altta siyenitik kökenli bir magmatik kaynağa işaret etmektedir.
4. Kimyasal ve petrografik incelemeler sonucunda Ahlat taşının trakitik, pomza ve fiyamların ise riyolitik bileşimli olduğu belirlenmiştir.
5. Yapılan mikroskopik ve SEM incelemeleri sonucunda incelenen ignimbiritlerde alterasyon etkileri gözlenmemiş ve bünyesinde insan sağlığına zararlı olabilecek zeolit grubu bir mineral oluşumu saptanmamıştır. Ayrıca ignimbiritlerin karasal ortamda çökmesi, genç olması ve analizlerdeki düşük ateşte kayıp verileri, ignimbiritlerin taze olduğunun ve alterasyona uğramadığını destekleyen diğer verilerdir.
6. Rb – Y+Nb ayırtman diyagramında, alınan tüm kayaç, fiyam ve pomza örnekleri “Kıta İçi” oluşuma, yüksek Th, U ve Pb değerleri ile çizilen diyagramlar ise kabuksal malzemelerin katılımına işaret etmektedir. K/Nb–Rb/Nb, Th/Y–Nb/Y ve Rb-Ba-Sr değerlerinden elde edilen diyagramlarda bu sonuçları desteklemektedir.

7. Jeokimyasal analiz verilerinden (Ana oksit ve iz element) elde edilen sonuçlara göre Ahlat taşının oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin yanında kabuksal kirlenmenin de etkin olduğu gözlenmiştir.
8. İz element verilerinden elde edilen sonuçlar ve çizilen diyagramlar, Ahlat taşını oluşturan magmanın kökeninin asidik bileşimli ve alkali karakterde, kıta içinde gelişmiş bir volkanizmanın ürünü olduğu fikrini ortaya koymaktadır. Ayrıca altı milyon yıldan genç ürünlerin alkali olduğunu Innocenti (1976) bölgede yaptığı çalışmasında belirtmiştir. Bu bilgiler de çalışmada elde edilen sonuçları desteklemektedir.
9. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları neticesinde Ahlat taşında gözlenen renk değişimine neden olan belirgin bir elementsel farklılık ortaya konulamamıştır. Ancak renk değişimine sadece kimyasal bileşimin neden olamayacağı, bunun yanında Eh-Ph'a bağlı gelişecek oksidasyon potansiyeli ile soğuma hızı ile oluşacak kristaliteye bağlı olarak da bir renk değişiminin gelişebileceği düşünülmektedir. XRD verilerinde gözlenen tabandan tavana doğru kristalitenin azalması bu düşünceyi destekler niteliktedir.

KAYNAKLAR

- Aydar, E., Gourgaud, A., Ulusoy, I., Digonnet, F., Labazuy, P., Sen, E., Bayhan, H., Kurttas, T., Tolluoglu, A.U., 2003. Morphological analysis of active mount Nemrut Stratovolcano Eastern Turkey; Evidences and possible impact areas of future eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (123): 301-312.
- Çakır, Y., Şener, S., Burcak, M., Kocaman, H., Gökkaya, Y.K., Turan, R., 1993. Van Gölü kuzeyi (Adilcevaz-Tatvan)'nın Jeoloji etüdü. *MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi* (yayınlanmamış). Ankara. 59.
- De Silva, S.L., Francis, P.W., 1989. Correlation of large ignimbrites-two case studies from the central Andes of northern Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (37): 133-149.
- Dreher, S.T., Eichelberger, J.C., Larsen, J.F., 2005. The petrology and geochemistry of the Aniakchak caldera-forming ignimbrite. Aleutian arc. Alaska. *Journal of Petrology*. (46): 1747-1768.
- Edwards, A., Menzies, M., Thirlwall, M., 1991. Evidence from Muriah, Indonesia. for the interplay of supra-subduction zone and intraplate processes in the genesis of potassic alkaline magmas. *Journal of Petrology*. (32): 555-592.
- Ercan, T., 1982. Kula yöresinin jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*. (3): 77-124.
- Ercan, T., 1986. Anadoludaki senozoyik volkanizması. *MTA Dergisi*. (107): 119-141
- Ercan, T., Fujitani, T., Molsuda, J., Notsu, K., Tokel, S., Tadahide, U.İ., 1990. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner volkanitlerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *MTA Dergisi*. (110): 143-164.
- Fodor, R.V., Vetter, S.K., 1984. Rift zone magmatism petrology of basaltic rocks transitional from CFB to MORB. southeastern Brazil margin. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. (88): 307-321.
- Güleç, N., Hilton, D.R., Mutlu, H., 2002. Helium isotope variations in Turkey: relationship to tectonics, volcanism and recent seismic activities. *Chemical Geology*. (187): 129-142.
- Güner, Y., 1984. Nemrut yanardağının jeolojisi, jeomorfolojisi ve volkanizmanın evrimi. *Jeomorfoloji Dergisi*. (12): 129-142.

- Hoffman, A.W., Jochum, K.P., Seuffer, M., White, W.M., 1986. Nb and Pb in oceanic basalts: new constraints on mantle evolution: *Earth and Planetary Science Letters*. (79): 33–45.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Rediccat de Drozolo Vilları, L., 1976. Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian. Anatolian and Iranian plates (Lake Van. Eastern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (1): 103-112.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide of to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth Sci.* (8): 523-548.
- Jones, J.B., Segnit, E.R., 1971. The nature of opal I. Nomenclature and constituent phases. *J. Geol. Soc.* (18): 57-68.
- Karakhian, A., Djrashian, R., Trifonov, V., Philie, H., Arakelion, S., Avagian, A., 2002. Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (113): 319-344.
- Karaoğlu. Ö., 2003. *Nemrut Kalderası Kuzeyi'nin Jeolojisi. Mineralojisi ve Petrografisi*. (yüksek lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Zeve Kampüsü. Van.
- Karakaş. Z. and Kadir. S. 2006. *Occurrence and origin of analcime in a Neogene volcano-sedimentary lacustrine environment. Beypazarı-Çayırhan basin*. Ankara. Turkey. N. Jb. Miner. Abh., vol.182(3). p.253-264.
- Karaoğlu, Ö., Özdemir, Y., Tolluoğlu, A.U., Karabıyıköğlu, M., Köse, O., Froger, J.L., 2005. Stratigraphy of the Volcanic Products Around Nemrut Caldera: Implications for Reconstruction of the Caldera Formation. *Turkish Journal of Earth Sciences*, (14): 123–143.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian plateau (Turkey) and lesser caucasus: Implication for transition from thrusting to strikeslip faulting. *Geodynamica Acta*. (14): 177-195.
- Koralay, T., 2006. *İncesu İğnimbiritinin (Kayseri) Jeolojisi. Petrolojisi ve Ayırtman Özellikleri* (doktora tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

- Milner, D.M., Cole, J.W., Wood, C.P., 2003. Mamaku ignimbirite: a calderaforming ignimbirite erupted from a compositionally zoned magma chamber in Taupo volcanic zone. New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (122): 243-264.
- Miyashiro, A., 1978. Nature of alkaline rock series. *Contrib. Mineral. Petrol.* (66): 91-104.
- Nakamura, N., 1974. Determination of REE. Ba. Fe. Mg. Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmoc. Acta.* (38): 757- 773.
- Notsu, K., Fujitoni, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T., 1995. Geochemical features of collisionrelated volcanic rocks in central and Eastern Anatolia Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (64): 171-192.
- Özdemir, Y., 2003. *Nemrut Kalderası Güneyi'nin Jeolojisi. Mineralojisi ve Petrografisi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özpeker, I., 1973. Nemrut Yanardağının Volkanolojik İncelenmesi. *Tübitak 4 .Bilim Kongresi, Yerbilimleri Sektörünü Bildiriler Kitabı*. Ankara. 1-17.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks: *Journal of Petrology*. (25): 956–983.
- 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., Mitchell, J.G., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia. Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (44): 189– 229.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden ögeler; jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*. (24): 39-50.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., 1984. Doğu Anadolu'nun neotektoniği ile ilgili magmatizma. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 20-21 Şubat 1984, Ankara. 149-162.
- Şen, E., 1997. *Erciyes Stratovulkanı'nın (Orta Anadolu) Volkanolojik ve Petrolojik Geişliminin İncelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Hacettepe Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Sun, S.S., McDonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D. Saunders and M. J. Norry (eds). *Magmatism in Ocean Basins. Geological Society Special Publication*. 42. 313-345.
- Takagi, T., Orihashi, Y., Naito, K., Watanabe, Y., 1999. Petrology of a mantle-derived rhyolite. Hokkaido. Japan. *Chemical Geology*. (160): 425-445.
- Thompson, R.N., 1982. Magmatism of the British Tertiary volcanic province. *Scott. J. Geol.* (18): 49-107.
- Tokel, S., 1984. Doğu Anadolu'da kabuk deformasyon mekanizması ve genç volkanitlerin petrojenezi. *Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 20-21 Şubat 1984, Ankara. 121-130.
- Tolun, N., 1953. Contribution a l'étude géologique des environs du sud-ouest du lac de Van. *MTA Enstitüsü yayınları*. (7): 77-111.
- Yılmaz, Y., Şaroğlu, F., Güner, Y., 1987. Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*. (137): 17-199.
- Yılmaz, Y., 1989. Comparison of young volcanic associations of Western and Eastern Anatolia formed under a compressional regime: A review, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (44): 69-87.
- Yılmaz, Y., Güner, Y., Şaroğlu, F., 1998. Geology of the quaternary volcanic centres of the East Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (85): 173-210.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Van İli'nde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamlayan Dede, 2001 senesinde Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği bölümünü kazanarak lisans eğitimine başladı. 2005 yılında lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl içinde mezun olduğu bölümde yüksek lisans öğrenimine başladı. 2007 senesinde askerlik görevini tamamladı ve 2008 yılı başında bir ilaç firmasında işe başladı. Halen ilaç firmasında çalışmakta olan Dede, üç kardeşin ikincisi ve bekârdır.