

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**DAVULALAN PLÜTONU'NUN JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL BULGULAR YARDIMIYLA KÖKENİNİN BELİRLENMESİ**

Fatih TAVLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİK UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TUNCELİ-2025

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DAVULALAN PLÜTONU’NUN JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL BULGULAR YARDIMIYLA KÖKENİNİN BELİRLENMESİ**

Fatih TAVLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİK UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TUNCELİ-2025

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DAVULALAN PLÜTONU'NUN JEOLojİK, MİNERALojİK VE
JEOKİMYASAL BULGULAR YARDIMIYLA KÖKENİNİN BELİRLENMESİ

Fatih TAVLI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİK UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

Bu tez 20/12/2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

İmza	İmza	İmza
Prof. Dr. Leyla KALENDER (Fırat Üniversitesi)	Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM (Munzur Üniversitesi)	Doç. Dr. Güllü KIRAT (Munzur Üniversitesi)
BAŞKAN	DANIŞMAN	ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Stratejik Hammaddeler Ve İleri Teknolojik Uygulamaları Anabilim Dalı Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Prof. Dr. Altuğ KAZAR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı "Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu"ndaki hükümlere tabidir

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza
Fatih TAVLI

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik olduğu kadar beşeri ilişkilerde de etkin fikirleriyle yetişme ve gelişmeye katkıda bulunan hocam sayın Doç. Dr. Okay ÇİMEN yine bu çalışma esnasında her türlü fikir alışverişinde bulunduğum sayın Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER (Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı) e, tez çalışmam için büyük anlayış ve hoşgörü göstererek bana destek veren Munzur Üniversitesi Mühendislik Fakültesi danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM'e, birçok fedakarlıklar göstererek beni her an destekleyen aileme ve arkadaşlarıma enderin duygularla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen (proje numarası: 121Y538) proje çalışması kapsamında hazırlanmış olup, ilgili kuruma desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Fatih TAVLI
Tunceli, 2025



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	V
RESİMLER LİSTESİ	VI
SİMGELER LİSTESİ	VII
KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Önceki Çalışmalar	3
1.2. Jeolojik Konum.....	5
1.2.1. Bölgesel Jeoloji	5
1.2.2. Genel Jeolojisi	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	8
2.1. Arazi Çalışmaları.....	8
2.2. Örnek Hazırlama ve Petrografi Çalışmaları	14
2.3. Laboratuvar Çalışmaları	14
2.3.1. Mineral Ayırma Çalışmaları.....	14
2.3.2. İnce Kesit Laboratuvar İşlemleri	16
2.3.3. Optik mikroskop çalışmaları	19
2.3.4. Taramalı elektron mikroskop çalışmaları	19
3. DAVULALAN – YAYLAGÖZE PLÜTONUNUN (SİVAS-YILDIZELİ) MİNEROLOJİSİ VE PETROGRAFİSİ	21
3.1. Davulalan Nefelin Siyenit	21
3.2. Davulalan Siyenit	22
3.3. Davulalan Monzonit	24
4. JEOKİMYASAL ANALİZ İŞLEMLERİ	27
4.1. Örnek Hazırlama İşlemleri	27
4.2. Analitik Yöntemler	29
4.3. Bulgular	31
4.4. Hidrotermal Süreç.....	35
4.5. Cevher Verimliliği.....	35
5. TARTIŞMA.....	40
6. SONUÇLAR.....	50
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. A. Sivas, Yozgat ve Kayseri illeri arasında yer alan ve B. proje kapsamında çalışılması hedeflenen plütonlar ve Davulalan Plütonu	2
Şekil 2.1. Davulalan Plütonu içerisindeki örnekleme lokasyonlar ve jeoloji haritası.....	9
Şekil 2.2. Zirkon minerali ayırma işlemi akış şeması.	15
Şekil 5.2. ZR/TiO ₂ –Nb/Y alkali subalkali diyagramı	40
Şekil 5.3. Kayaçların kökeni ve oluşum ortamını gösterir diyagramlar.....	41
Şekil 5.4. İkili Element Diyagramları.	42
Şekil 5.5. Jeokimyasal Analiz Sonuçlarının Nadir Toprak Elementleri ile karşılaştırılması	45
Şekil 5.6. Örneklerimizin Jeokimyasal Dağılım grafikleri	47
Şekil 5.7. Davulalan Plütonu nefelinli siyenit örneğinin zirkon Uranyum-Kurşun diskordia (Tera-Wasserburg) yaş diyagramı..	48

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Arazi gözlemleri esnasında hedef Plütonlardan alınan örnekler ve tanımlamaları	12
Tablo 3.1. Polarize görüntünün sonuçlarına bakarsak	26
Tablo 4.1. Tüm kayaç jeokimya örneklemeleri	27
Tablo 4.2. Proje kapsamında araştırılan Plütonlardan alınan örneklerin mineralojisi ve petrografisi	31
Tablo 4.3. Davulalan arazimizden elde ettiğimiz jeokimyasal çalışmalar sonucu majör ve eser (ppm) element konsantrasyonları.	32
Tablo 4.4. Davulalan A-tipi granitoyid ilişkili Cu, Mo, Pb, Zn ve REE cevherleşmeleri Canbaz ve Gökçe Çalışmasına ait jeokimya verileri.	36



RESİMLER LİSTESİ

Resim 1.1.	Davulalan Plütonu 56999 nolu örneğe ait lokasyonda bulunan siyenitler	7
Resim 1.2.	56999 nolu örnek siyenit yakın çekim.	7
Resim 2.1.	Davulalan Plütonu içerisinde bulunan kayaç türlerine ait arazi görüntüleri ..	11
Resim 2.2.	39033 nolu monzonit arazi örneği fotoğrafı.....	13
Resim 2.3.	Arazi örnekleri sevk aşamasında fotoğrafı.....	13
Resim 2.4.	Örneklerin kırıcı yardımı ile daha küçük parçalara ayrıştırılması işlemi	17
Resim 2.5.	Öğütme laboratuvarı ekipmanları.....	17
Resim 2.6.	Çeneli öğütücü ile kırılmış örneklerin toz haline getirilmesi işlemi.	17
Resim 2.7.	Zirkon ayırma işlemi	17
Resim 2.8	Sallantılı masada öğütülmüş örneklerin zenginleştirme işlemi.....	18
Resim 2.9	İnce kesit için seçmiş olduğumuz hazırlanan örnekler.....	18
Resim 2.10.	İncekesit örneklerimize yapıştıracağımız camların parlatılması işlemi	18
Resim 2.11.	İnce kesitlerimize polarizen mikroskop ile minerolojik özelliklerinin tanımlanması	19
Resim 2.12	Binoküler mikroskop üzerinde Zirkon seçimi.....	19
Resim 3.1.	Nefelinli siyenit minerolojik petrografik görüntüler	22
Resim 3.2.	Davulalan siyenitine ait polarizen mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri.....	23
Resim 3.3.	Davulalan Monzonite ait polarizan mikroskop altındaki görüntü örnekleri ve dokusal özellikleri	25
Resim 4.1.	Munzur Üniversitesi Laboratuvarı örnek hazırlama işlemi.....	28
Resim 4.2.	Munzur Üniversitemizin laboratuvarında kırma öğütme ve toz haline getirme işleminde kullandığımız çeneli kırıcı-kompressor ve havan öğütücü cihazlarımız.	28
Resim 4.3.	Örneklerin toz haline getirilmesi ve tüplere yerleştirilmesi işlemi.	29
Resim 4.4.	Maden Tetkik Arama Jeokimya Laboratuvarı işlemleri.	30

SİMGELER LİSTESİ

Al	: Alüminyum
Ca	: Kalsiyum
Ce	: Seryum
Dy	: Disprosiyum
Er	: Erbiyum
Eu	: Yuropiyum
Fe	: Demir
Gd	: Gadolinyum
Ho	: Holmiyum
K	: Potasyum
La	: Lantan
Lu	: Lutesyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
Nb	: Niyobiyum
Nd	: Neodmiyum
P	: Fosfor
Pr	: Praseodmiyum
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
Sm	: Samaryum
Tb	: Terbiyum
Ti	: Titanyum
Tm	: Tulyum
Y	: Yitriyum
Yb	: İtterbiyum

KISALTMALAR LİSTESİ

ANTE	: Ağır Nadir Toprak Elementleri
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Elementleri
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma-Emission Spectrometry
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NTE	: Nadir Toprak Elementleri



ÖZET

Davulan Plütönu, Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin kuzey-doğu bölümünde yer almakta ve siyenit, nefelinli siyenit ve monzonitten meydana gelmektedir. Ayrıca, nefelinli siyenitler yer yer karbonat damarları içermektedir. Bu plütön; mermer, şist ve kuvarsitten oluşan Paleozoyik yaşlı Akdağ Metamorfiklerini kesmekte ve Pliyosen yaşlı kumtaşları tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Burada sunulan çalışma, plütönün petrolojik evrimi ve jeotektonik ortamınının daha iyi anlaşılması amacıyla ilksel veriler olan petrografi, tüm kayaç jeokimya ve zirkon U-Pb yaş verilerini sunmaktadır.

Petrografik gözlemler sonucu tanımlanan siyenit, nefelinli siyenit ve monzonit jeokimyasal olarak alkalen karakter sunmaktadır ve jeotektonik ortam olarak çarpışma sonrası granitoyitleri ile benzer özellikler sergilemektedir. Nefelinli siyenitler içerisinde tanımlanan karbonat damarları ise düşük nadir toprak elementleri (<100 ppm) ve Sr (<831 ppm) içerikleri ile karakterize edilmektedir. Karbonat damarlarının ilksel manto ve kondrite göre normalize edilmiş jeokimyasal dağılımları manto kökenli karbonatitlerden ziyade sedimanter kökenli karbonatlar ile uyumlu görülmektedir. Siyenit ve nefelinli siyenit örnekleri üzerinde yürütölen zirkon U-Pb yaşlandırma analizleri ile sırasıyla 66 ± 0.60 My ve 65 ± 0.60 My yaşlarını elde edilmiştir ve bu veriler her iki kayaç türünün de Geç Kretase-Erken Paleosen döneminde oluştuklarına işaret etmektedir.

Burada sunulan tüm analitik veriler Davulalan Plütönü'nün Geç Kretase-Erken Paleosen döneminde çarpışma sonrası tektonik ortamda oluştuğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tüm kayaç jeokimya, zirkon Uranyum-Kurşun yaşlandırma, çarpışma sonrası tektonik ortam, alkalen magmatizma, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi, Davulalan

ABSTRACT

The Origin, Tectono-Magmatic Evolution and Economic Potential of Davulalan Pluton Enriched With Rare Earth

Davulalan Pluton is located in the north-eastern part of the Central Anatolian Crystalline Complex and consists of syenite, nepheline syenite and monzonite. In addition, nepheline syenites contain locally carbonate veins. This pluton cuts the Paleozoic-aged Akdağ Metamorphics, consisting of marble, schist and quartzite, and is unconformably overlain by Pliocene-aged sandstones. The study presented here reports preliminary data such as petrography, whole rock geochemistry, and zircon U-Pb age data for a better understanding of its petrological evolution of pluton and geotectonic environment.

Syenite, nepheline syenite and monzonite identified as a result of petrographic observations present geochemically alkaline characteristics and exhibit similar properties with those from post-collision granitoids. Carbonate veins identified in nepheline syenites are characterized by their low rare earth elements (<100 ppm) and Sr (<831 ppm) contents. The primitive mantle and chondrite normalized geochemical patterns of carbonate veins appear to be compatible with sedimentary carbonates rather than mantle-derived carbonatites. Zircon U-Pb dating analyses carried out on syenite and nepheline syenite samples yielded ages of 66 ± 0.60 My and 65 ± 0.60 My, respectively, indicating that both rock types were formed in the Late Cretaceous-Early Paleocene period.

The overall analytical data reported here indicates that the Davulalan Pluton was formed in the post-collision tectonic environment during the Late Cretaceous-Early Paleocene period.

Key Words: Whole rock geochemistry, zircon Uranium-Lead dating, post-collision tectonic environment, alkaline magmatism, Central Anatolian Crystalline Complex, Davulalan

1. GİRİŞ

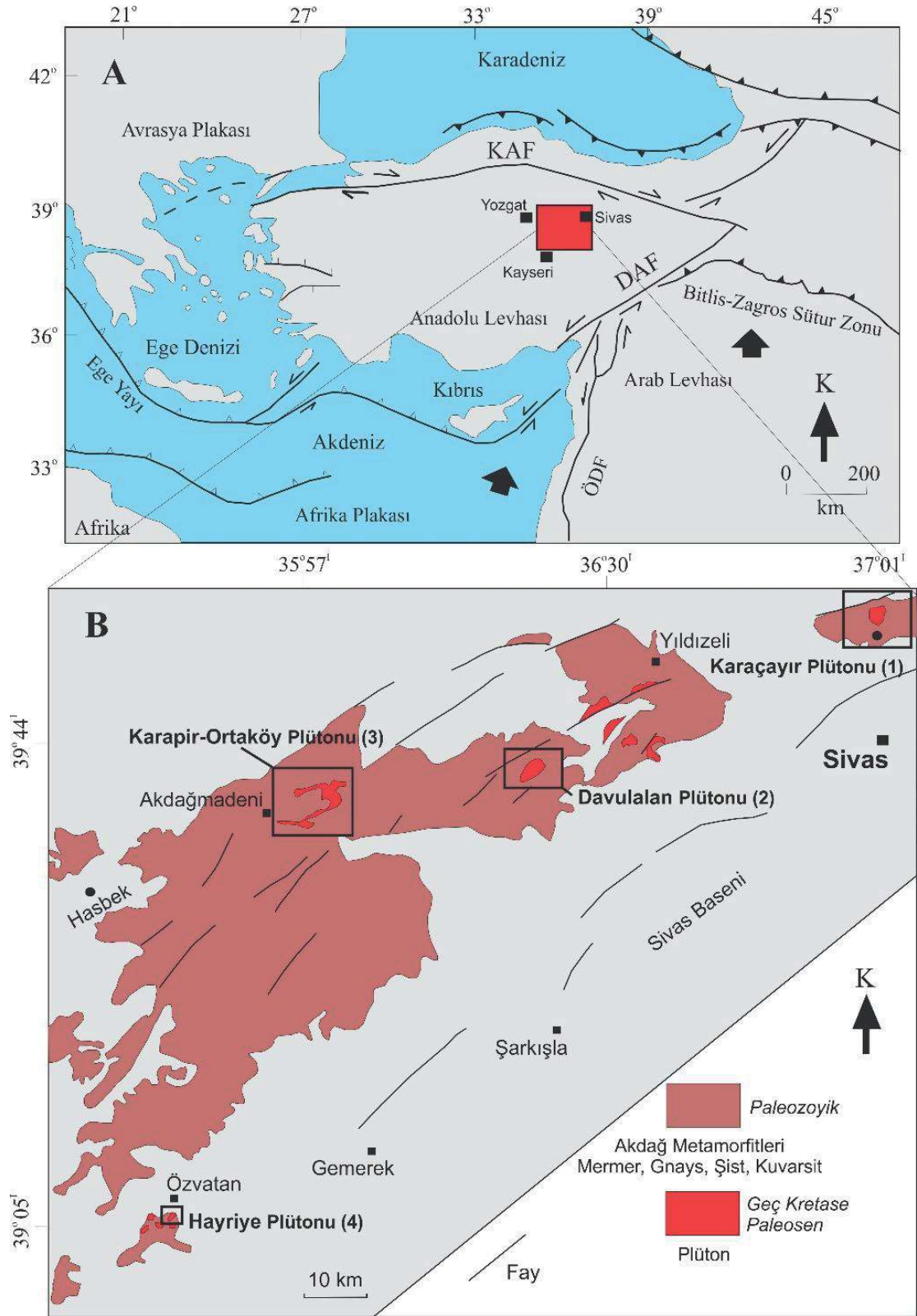
İnceleme alanı Sivas ili, Yıldızeli ilçesi sınırları içerisinde yer alan Davulalan köyü doğusunda yer almaktadır (Şekil 1.1). Çalışma sahası Sivas'a 84 km mesafededir. Türkiye'deki NTE yataklanmaları çoğunlukla Batı ve Orta Anadolu'da yer almakta olup, özellikle Orta Anadolu Kristalen Kompleksi yatakları öne çıkmaktadır. Kompleksin Kuzey doğusu (Davulalan köyü doğusu) tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır.

Bu tez çerçevesinde, Yıldızeli (Sivas) ilçesinde bağlı Davulalan köyü doğusunda yeralan siyenitik ve monzonitik kayaçların jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal bulgular yardımıyla kökeninin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanı olan Yıldızeli ilçesinin Orta Anadolu Kristalen Karmaşığının kabuksal metamorfitlerinde bulunan ve Alt Tersiyer yaşlı birimlerce örtülen Üst Kretase-Paleosen yaşlı plüton Davulalan Plütonu olarak adlandırılmaktadır. Davulalan Plütonu siyenitik ve kuvars-siyenitik kayaçlar ile daha az monzonitik ve monzo-gabroik dayklardan meydana gelmiştir. (Alpaslan ve Boztuğ, 1997).

Günümüzde NTE'ler sedimanter kayaçların depolanma ortamları hakkında jeokimyasal iz sürücüler olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan ileri teknolojiye kullanılmaları sebebiyle ekonomik anlamda değerli bir element grubudur. Bu element grubunun araştırılması ve elde edilmesi ile ilgili araştırmalar hızla devam etmektedir. Bu tez kapsamında Davulalan köyü doğusundaki siyenitik, monzonitik, skarn türü aldığımız 28 ayrı örneğin NTE içerikleri ve ortamsal özellikleri, mineral kimyası, zirkon U-Pb yaşlandırma, izotop analizi, ince kesitleri ile tüm kayaç özellikleri araştırılacaktır. Bu çerçevede NTE'lerin kaynağı, örneklediğimiz alanındaki siyenitik ve monzonitik kayaçların içerisine taşınmaları ve ekonomik potansiyeli saptanacaktır.

Bu çerçevede tez çalışması alkalen karakterdeki Davulalan Plütonu doğusundaki jeokimyasal veriler elde edilmesinin yanı sıra bu kayaçlar içerisindeki nadir toprak elementlerinin ekonomik değer taşıyıp taşımayacağına ışık tutacaktır.



Şekil 1.1. A. Sivas, Yozgat ve Kayseri illeri arasında yer alan ve B. proje kapsamında çalışılması hedeflenen plütönu ve Davulalan Plütönu (MTA, 2002'den değiştirilmiştir). DAF: Doğu Anadolu Fayı, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, ÖDF: Ölü Deniz Fayı.

1.1. Önceki Çalışmalar

Bu bölge ve civarında yüzlek veren kayaçların jeolojisi önceki araştırmacılar tarafından çalışılmış olup, bu civardaki nadir toprak elementlerinin içeriğine yönelik çeşitli kayaçlarda incelemeler yapılmıştır.

Tez çalışma alanı ve yakın çevresinde, değişik amaçlar ile yapılmış araştırmalar tarih sırasına göre aşağıda özetlendiği gibidir.

Göncüoğlu (1986), Orta Anadolu Masifi' nin güney ucunda mostra veren ve metamorfik temel ile ofiyolitik diziyi kesen Üçkapılı Granitoyidi' ne ait birimler üzerinde yürüttüğü çalışmada, tüm kayaç Rb/Sr analizlerinde, 95±11 My (Alt Senomaniyen) kristallenme yaşı saptamıştır.

Şaşmaz ve Yavuz (2007) Sivas Yıldızeli bölgesinde bulunan plütonlar kalkalkalen ve alkalin karakterler sergilemektedir. Yıldızeli magmatik kayaçları üzerindeki ana ve iz element çalışmalarına dayanarak, granitik kayaçların kuzeydeki yitim zonu boyunca Anatolid-Pontid çarpışması sırasında kalınlaşmış kabuğun anateksinden kaynaklandığını, siyenitik kayaçların ise kabuk kalınlaşmasını takip eden genleşmeli bir ortam süresince kabuksal incelmelerin sonucu olarak üst manto malzemesinin kısmi ergimesi ile meydana geldiğini önermiştir. Siyenitlerde nefelin yanı sıra egirin-ojit türünde piroksen mineralleri de tanımlanmıştır. Siyenit ve dokanak ilişkili mermerler arasında granat, piroksen, skapolit, epidot ve florit minerallerini içeren skarn zonları gelişmiştir.

Alpaslan ve Boztuğ (1997), Yıldızeli (Sivas) B-GB kesimlerinde yaptıkları çalışmada Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı'nı kesen plütonik kayaçları Yücebaca Granitoyidi ve Davulalan Siyenotoyidi olmak üzere ikiye ayrılmış ve Davulalan Plütonu' nun Yücebaca Plütonu' nu kesmiş olarak gözlemlemiştir. Yücebaca Plütonu; S-tipi, peralümino karakterde, Davulalan Plütonu ise alkalin karakterde ve alümino-kafemik bileşimlidir. Yücebaca Plütonu çarpışma, Davulalan Plütonu ise çarpışma sonrası oluşmuştur

Boztuğ (1998), Çarpışma sonrası Orta Anadolu'da görülen alkali plütonizmanın kökenini, doğu ve batı kesimler olmak üzere ikiye ayırarak alkali plütonik birlikleri çalışmıştır. Dumluca, Murmana, Karakeban, Köseadağ, Hasançelebi, Karaçayır ve Davulalan plütonları bu alkali plütonik birliğin doğu kesimini; Eğrialan, Baranadağ, Hamit, Çamsarı, Durmuşlu ve Bayındır plütonları ise batı kesimini oluşturmaktadır. Jeokimya verilerine dayanarak, Orta Anadolu alkali plütonlarının, başlıca, silis bakımından aşırı doymun alkalin karakterli siyenitik-monzonitik ve silis bakımından tüketilmiş alkalin karakterli siyenitik

bileşimli kayaçlardan oluştuğunu ve bunların geç orojenik, levha içi ve çarpışma sonrası özellikleri gösterdiğini rapor etmiştir.

Alpaslan (2000), Yıldızeli-Sivas yöresindeki Pazarcık volkaniklerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini incelemiş; elde ettiği veriler doğrultusunda Pazarcık volkaniklerinin LILE’ce zenginleştiğini, HFSE açısından ise tüketildiğini görmüştür.

Çalışma alanının içinde bulunduğu zon içerisinde ada yayı aktivitesi ile ilişkili magmatik kayaçlar görünmediğinden, yitimle karakteristik LILE’ce zenginleşmeyi kabuksal kirlenme süreciyle açıklamıştır. Pazarcık volkaniklerinin kıtasal çarpışmadan hemen sonra gelişen genişlemeli tektonik rejim altında, üst manto peridotitinin kısmi ergimesiyle oluşan alkali bir magmadan kaynaklandığını belirtmiştir.

Boztuğ ve ark., (2008), proje konumuz dahilinde bulunan Yıldızeli-Sivas bölgesinin kuzeydoğusunda yer alan Karaçayır siyenitik plütünü incelenmiş, siyenitik plütunun intrüzyon yaşını tek zirkon 207 Pb- 206 Pb buharlaşma yaş tayini yöntemini kullanarak 99.0 ± 11.0 My (Senomaniyen Turoniyen), soğuma yaşını ise biyotit 40Ar- 39Ar yaş tayini yöntemi ile yaklaşık 65 My olarak tayin etmiştir. Ayrıca jeokimyasal verilerden siyenitik sokulum magmasının daha önceki bir yitim zonundan türemiş akışkanlarla metasomatizmaya uğramış manto kaynağından türediğini belirtmiştir.

Boztuğ ve ark., (2009) tarafından Ar-Ar metodu kullanılarak yapılan yaşlandırma çalışması ile bu plütunun 65 My yaşında olduğu ortaya konmuştur. Söz konusu yaş soğuma yaşı olup, kristalizasyon yaşı halen bilinmemektedir.

Canbaz o. ve Gökçe A. (2022), çalışma alanımız olan Davulalan Plütununa ait yapmış oldukları çalışmalar neticesinde Nadir Toprak Element içeriği ve diğer değerli içerikler barındıran siyenitoid kayaçlarına ait yapmış oldukları incelemeler sonucu elde ettikleri verilerde şu şekilde ifade etmişlerdir. Son yıllarda A tipi granitoidlerde tespit edilen yüksek rezervli metalik ve/veya ametallik madenler nedeniyle bu granitoidlere olan ilgi giderek artmaktadır. Davulalan siyenitoid, Türkiye’de Orta Anadolu Kristal Kompleksi (CACC) içinde sokulmuş A tipi granitoidlerden biridir. Bu araştırma, arazi çalışmaları, petrografik incelemeler ve jeokimyasal verilere dayalı olarak Davulalan siyenitoidinin cevher verimliliğini tartışmaktadır. Siyenitoid, alkali bileşimli siyenit ve kuvars-siyenit ile kalsik bileşimli nefelin-siyenit kayaçlarından oluşur. Tüm kaya grupları genellikle benzer kondrit normalize REE desenleri gösterir, ancak element bazında zenginleşmelerde bazı farklılıklar vardır. Kondrit ile normalize edilmiş REE desenleri, hafif nadir toprak elementlerinin (LREE) zenginleşmesini ve ağır nadir toprak elementlerinin (HREE)

tükenmesini gösterir. $Eu/Eu * 0,11$ ile $0,25$ arasında değişir ve negatif bir "V" şeklinde Eu paterni sergiler. Negatif Eu anomalilerinin genellikle plajiyoklas fraksiyonasyonu ile ilişkili olduğu varsayılmakla birlikte, bazı araştırmacılar bu anomalileri A-tipi granitlerin karakteristik özellikleri olarak belirtmektedirler (Hermes ve ark., 1981; Collins ve ark., 1982; Jackson ve ark., 1984).

CACC'deki alkali magmatizmaya ilişkin yukarıda bahsedilen literatür taramasına göre, Davulalan siyenitoidini oluşturan magmanın OIB ve UCC'dekilere benzer bir bileşime sahip olduğu sonucuna varılabilir. Bu siyenitoide ait nefelin-siyenit kayaçları, siyenitoide blok benzeri oluşumlar olarak görülür ve daha erken bir dönemde litosferik bir manto kaynağının kısmen erimesiyle oluşmuş olmalıdır. Siyenitik magma, astenosferik manto kaynağının daha sonraki bir evrede kısmen erimesiyle oluşur ve yukarıya doğru yükselirken nefelinli kayaçlara alınır.

Çalışma sahasında yukarıda belirtilen çalışmalar yürütülmüştür. Ayrıca burada bu konuda dünyada yapılmış bazı çalışmalar verilecektir.

Boztuğ ve ark., (2011). İç Anadolu, Türkiye siyenitlerinde karbonatitik kayaçların petrolojisi ve petrojenezi üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Çimen, ve ark. (2018). Orta Çin de bulunan yere ait karbonatitlerin manto kaynağının araştırılması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

1.2. Jeolojik Konum

İnceleme alanının jeolojisine ilişkin bilgiler Boztuğ vd. (1998) ile Canbaz ve Gökçe (2022)'in çalışmalarından yararlanılarak özetlenmiştir.

1.2.1. Bölgesel jeoloji

Çalışma sahasında içerisinde bulunduğu topluluk olarak Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisinde bulunan ve farklı metamorfik masiflerin biraraya getirerek (Akdağ, Kırşehir, Niğde) oluşturduğu Orta Anadolu Kristalen Kompleksi, tektonik olarak ofiyolitik kompleksler ile üzerlenip çok sayıda granitik/siyenitik plütonlarla kesilir. Tüm birimler uyumsuzlukla Tersiyer yaşlı volkanik ve sedimanter seriler tarafından örtülmektedir (örn. Göncüoğlu ve ark., 1991; İlbeyli ve ark., 2009). Burada metamorfik masifler kristalen kompleksin çekirdeklerini temsil etmektedir.

Tez projesi konusu dahilinde Orta Anadolu Kristalen Kompleksine ait tektonomagmatik süreç ile ilgili farklı görüşler mevcut olup magmanın kökeni ve alkali magmatik sokulumla ait Orta Anadolu Kristalen Kompleksin'deki alkalın yerleşim ortamı hakkında bir ortak tez henüz yoktur. Klasik magmatik kristalleşme süreçlerine ek olarak, bölgedeki bu alkali magmatik sokulumların meydana gelişi ile jeotektonik, tektonomagmatik ortamlarıyla ilgili iki farklı hipotez söz konusu olup bunlardan ilki özetle: Neo-Tetis'in kuzey kolunun kuzeye doğru dalma zonu boyunca Anatolid-Pontid çarpışması sonrası, geç orojenik veya çarpışma sonrası aşamalarda, Orta Anadolu Kristalen Kompleksin'deki alkalın magma, yükselen magmanın kısmi ergimesinden türetilmiştir. (Boztuğ ve ark., 1994; Alpaslan ve Boztuğ, 1997; Boztuğ ve Arehart, 2007; Boztuğ ve ark., 2009) İkinci hipotez, Kadioğlu ve ark. (2006), magmatik oluşum ve kimyasal evrimin Orta Anadolu Kristalen Kompleksin'deki kalk-alkali ve alkalın granitoidler, Intra-Torid kenet kuşağı boyunca gelişen yitim ve çarpışma süreçleriyle ilişkilidir. Bununla ilgili olarak levha kırılması, Orta Anadolu Kristalen Kompleksin'deki granitoidler için birincil eriyikleri toplu olarak üreten dalma-metazomatize litosferik mantonun yükselmesine ve bozulmasına neden olmuş bu eriyikler, yükselişleri sırasında asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme ve karıştırma-karışma süreçleri ile gelişerek manto ve kabuk kaynaklı magmadan etkilenir. Bu kıta içi magmatizmanın geç evrelerine, Orta Anadolu Kristalen Kompleksin'deki termal olarak zayıflamış orojenik kabuğun tektonik uzantısı eşlik eder. (Deniz ve Kadioğlu, 2016).

1.2.2. Genel jeolojisi

Çalışma sahası olan Davulalan Köyü doğusunda bulunan plütonun siyenitik ve alkalın bileşimli olduğu önerilmiştir (Alpaslan ve Boztuğ, 1997; Şaşmaz ve Yavuz, 2007). Alkalın karakterde olan Davulalan Plütonu büyük oranda siyenitik olup az oranda da porfiritik monzonit damarları içermektedir.

Siyenitik kayalar genelde gri ve pembe tonlarında olup, porfiritik doku göstermektedir. Mineralojik olarak genellikle alkali feldispat, kuvars ve plajiyoklas minerallerinden meydana gelirken daha az oranda ise nefelin, biyotit ve amfibol içermektedir. (Şaşmaz ve Yavuz, 2007). Boztuğ (1998), siyenitlerde nefelin yanı sıra egirin-ojit türünde piroksen mineralleri de tanımlanmıştır. Siyenit ve dokanak ilişkili mermerler arasında granat, piroksen, skapolit, epidot ve florit minerallerini içeren skarn zonları gelişmiştir (Şaşmaz ve Yavuz, 2007).

Ayrıca Boztuğ vd. (2009) tarafından Ar-Ar metodu kullanılarak yapılan yaşlandırma çalışması ile bu plütonun 65 My yaşında olduğu ortaya konmuştur.



Resim 1.1. Davulalan Plütünü 56999 nolu örneğe ait lokasyonda bulunan siyenitler



Resim 1.2. 56999 nolu örnek siyenit yakın çekim. (İçerisinde quartz-ortoklas-plajiyoklas-biyotit-sfen-epitod-zirkon-apatit-serüzit-klorit ve opak mineraller bulunduruyor)

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyalini, Davulalan köyü doğu kısımlarında mostra veren ve siyenit, altere siyenit monzonit seviyeleri içeren formasyon üzeri boyunca değişik litolojilerden alınan örnekler oluşturmaktadır. Davulalan köyü batı kısmına ait Yaylagöze köyü sınırlarına varan farklı litolojilerden 28 adet örnek alınmıştır. İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde mineralojik ve petrografik etütler yapılmış bu incelemeler neticesinde örneklerin 11 adeti siyenit-altere siyenit-florit içeren siyenit, 2 adeti monzonit, 8 adeti ise karbonatlı kıltaşı ve kıltaşı seviyelerinden seçilerek inceleme işlemine alınmıştır. Ayrıca farklı lokasyonlardan 2 adet Ar-Ar yaş örneği alınmıştır. Elde edilen bu örneklerin tez projesi doğrultusunda incelenme işlemlerinin yapılması üzerine önce mineralojik petrografi daha sonra jeokimya çalışmaları için gerekli laboratuvar çalışması için ilgili yerlere gönderilecektir.

2.1. Arazi Çalışmaları

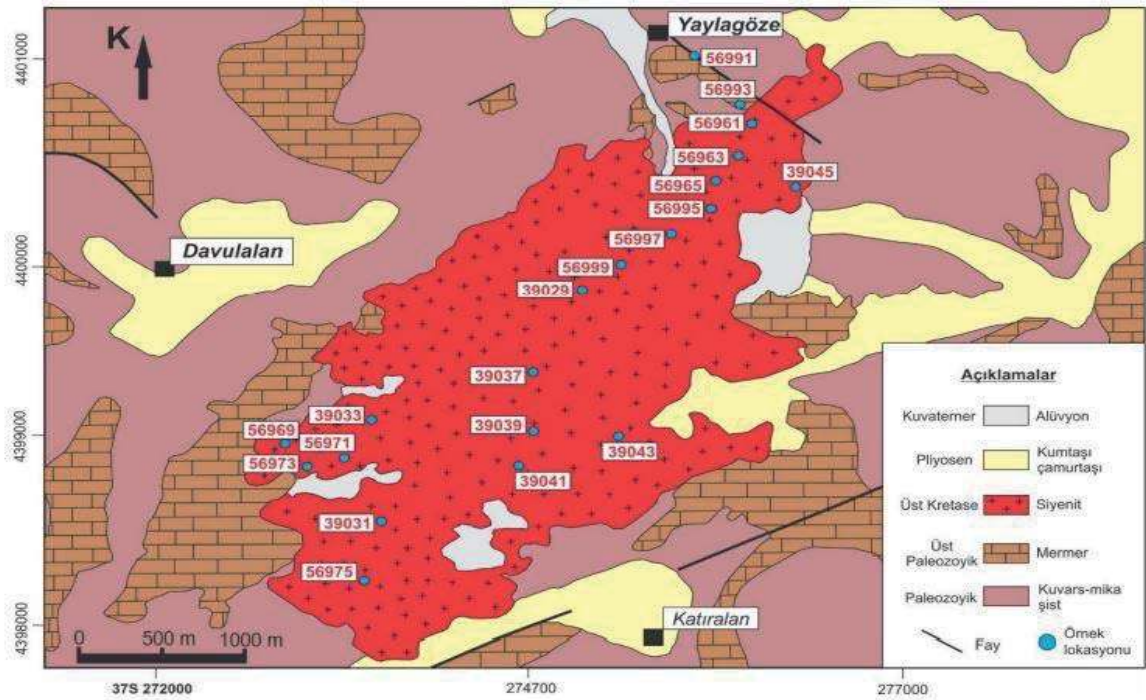
Tez kapsamında çalışma alanı olan Sivas ili Yıldızeli ilçesi güneybatı sınırında kalan Davulalan köyü ile Yaylagözü köyü arasında bulunan kuzey-güney sınırlı yaklaşık 3 km lik alanın tarafımızdan proje inceleme kayaç konusu gereği siyenit, monzonit grubu kayaç örneklerinden farklı lokasyonlar göz önünde bulundurularak şekil 2.1 haritada belirtilen noktalar üzerinden örnekleme yapılmıştır.

Tez projesi doğrultusunda özellikle üzerinde durulan iki kayaçtan birisi olan siyenit, alkali feldspat oranları olarak zengin olmakla beraber monzonitik bileşime sahip kuvars, biyotit ve alkali feldspat ile plajiyoklaz mineralleri içeren mafik damar kayaçlarından meydana gelmiştir. (Alparslan 1993)

Diğer bir çalışma kayacı olan ve örnekleme yapılan monzonit taneseli doku gösteren bir kayaç olup mineral bileşenlerinde plajiyoklaz ile birlikte apatit, ortoklaz, kalsit ve opak mineraller içermektedir. Plajiyoklazlar levhamsı biçimli olup yarı öz şekilli olarak görülmekte ve yer yer karbonatlaşma türü bozunmalar meydana gelmiştir. Ortoklazlar diğer minerallerin arasını dolduran hamur görevi görmektedir olup tipik monzonitik dokuyu oluşturan mineraldir. Burada görülen apatit mineralleri ise küçük prizmatik ve yuvarlak şekilli taneler halinde olup yüksek optik engebeye sahip mineraller olarak gözlemlenmiştir. (Alparslan 1993). Ayrıca yine burada Apatitler için karbonatit türü kayaçların önemli kayaç

oluşturan mineralleri olarak bulunabilmektedir. (Örn. Chakhmouradian ve ark., 2017; Çimen ve ark., 2018, 2019). Davulalan Plütünü içerisinde arazi gözlemleri gerçekleştirilmiş ve hedef birimler olan siyenit, monzonit ve karbonatlı bölümlerden (karbonatit?) kütlelerinden sistematik örnekler alınmıştır (Şekil 4, Tablo 1). Bu örnekler petrografi gözlemleri ve mineral kimyası çalışmaları için ince kesit yapılması, tüm kayaç jeokimya ve radyojenik-duraylı izotop analizleri için hazırlanması ve zirkon-mika-amfibol minerallerinin seperasyonu için laboratuvar ortamına getirilmiştir

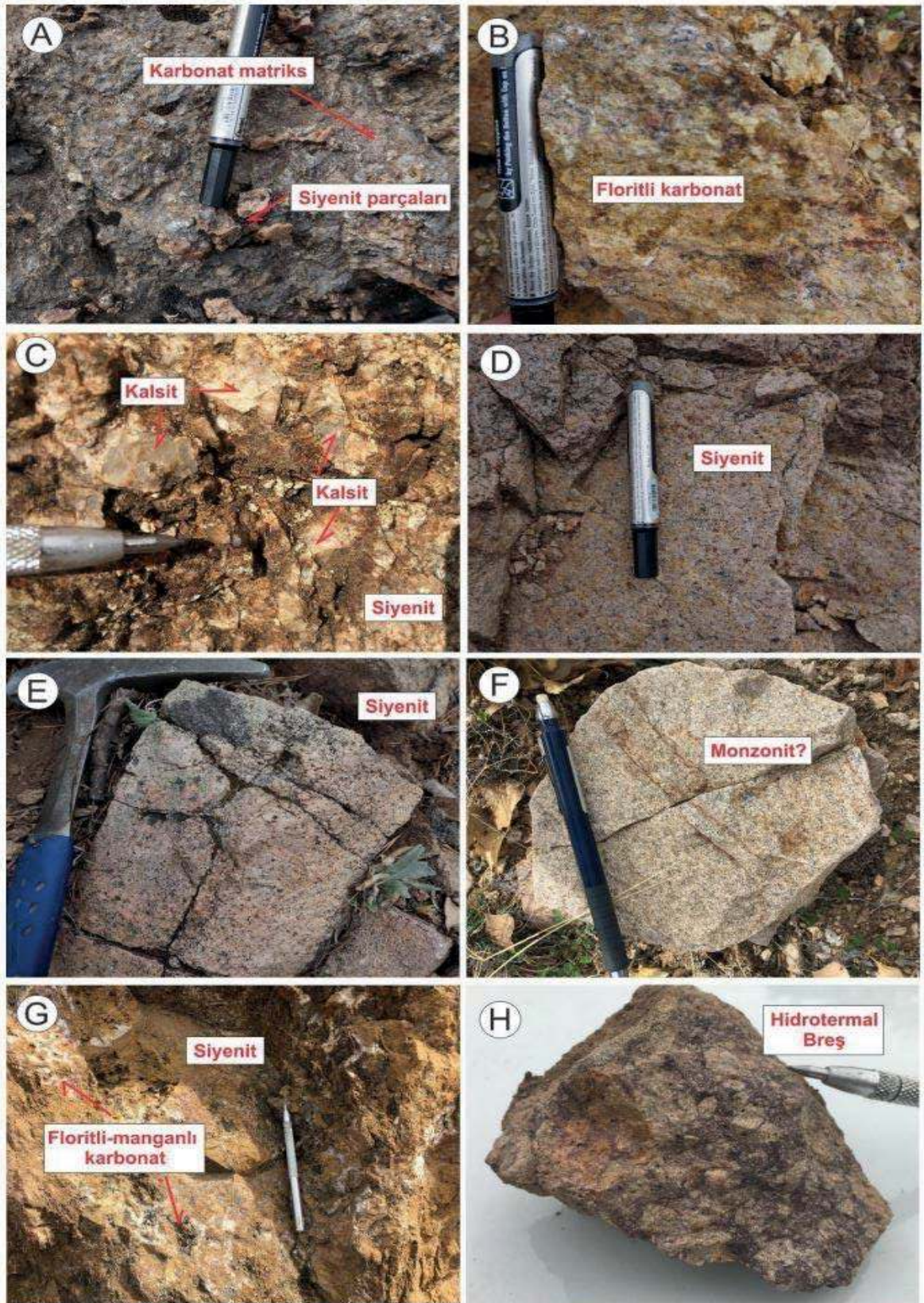
Her örnek alanından alınan minerolojik ve petrografik için ayrı olarak jeokimya laboratuvar çalışmaları için ayrı olarak örnekleme yapılmış, bazı lokasyonlardan ise Ar-Ar yaşlandırma çalışmaları doğrultusunda yaş örneği alınmış toplam örnek sayısı bu doğrultuda 70 örneği bulmuş bu örneklerden en uygun örnek seçimi yapıp gerekli incelemeler yapılmak üzere laboratuvara sevk edilmiştir.



Şekil 2.1. Davulalan Plütünü içerisindeki örnekleme lokasyonlar ve jeoloji haritası (Canbaz ve Gökçe, 2022'den değiştirilmiştir)

Arazi çalışması esnasında Davulalan Plütünü'nün mermer, şist, gnays, kuvarsit gibi birimlerden meydana gelen Paleozoik yaşlı Akdağ Metamorfiklerini kestiği ve kumtaşı ile çamur taşı gibi birimlerden oluşan Pliyosen yaşlı örtü birim tarafından uyumsuzlukla örtüldüğü görülmektedir. Plütünü'nün içerisinde bazı bölümlerde siyenit parçaları içeren ve

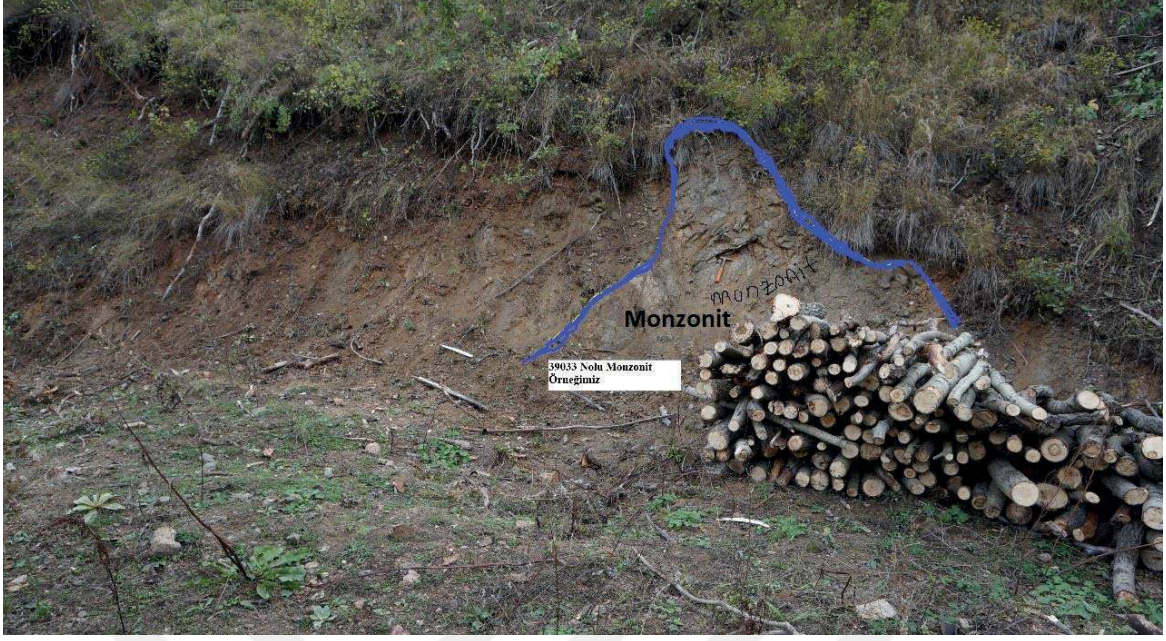
karbonat ile matrikslenmiş kütleler gözlenmiştir (Resim 2.1). Yine benzer şekilde florit ihtiva eden karbonatlı bölümlerin de varlığı dikkat çekmiştir (Resim 2.1). Siyenit içerisinde iri kalsit kristallerinin bulunduğu da gözlenmiştir (Resim 2.1). Bu karbonatların magmatik kökenliği olup olmadığının anlaşılması amacıyla proje kapsamında tüm kayaç jeokimya ve duraylı-radyojenik izotop analizleri gerçekleştirilecek ve plütonun sıcak dokanakla bulunduğu Akdağ Metamorfiklerine ait mermerler ile karşılaştırılacaktır (Şekil 2; 56991 ve 56993 No'lu örnekler). Karaçayır Plüton'una benzer şekilde arazi gözlemleri esnasında Davulalan Plüton'unun da büyük oranda siyenitik bileşime sahip kayaçlardan daha az oranda ise haritalanamayacak boyutta küçük monzonitik kütlelerden oluştuğu gözlenmiştir (Resim 2.1). Bu gözlemlere ilaveten plüton içerisinde skarn zonuna benzeyen florit-mangan ihtiva eden kolloform dokulu karbonatlı bölümler de bulunmaktadır (Resim 2.1). Burada gözlenen karbonatların magmatik veya sedimanter kökenli olup olmadıkları bu proje kapsamında anlaşılmaya çalışılacaktır. Yine florit matriksli siyenit parçaları içeren hidrotermal breş oluşumları da arazi çalışmaları kapsamında gözlenmiştir (Resim 2.1). Tüm bu gözlemler alkali karakterdeki Davulalan Plüton'unun NTE zenginleşmelerine ilaveten skarn ve hidrotermal breş varlığının işaret edebileceği gibi diğer değerli metallerde de ev sahipliği potansiyelinin bulunduğunu göstermektedir. Tez projesi kapsamında yürütülecek ayrıntılı jeokimya ve mineral kimyası gibi analizler sonrasında bu husus daha net anlaşılabilecektir.



Resim 2.1. Davulalan Plütönu içerisinde bulunan kayaç türlerine ait arazi görüntüleri

Tablo 2.1. Arazi gözlemleri esnasında hedef Plütonlardan alınan örnekler ve tanımlamaları

Örnek No	UTM	Doğu Yönü	Kuzey Yönü	Plüton	Tanımlama
56961	37S	275106	4401338	Davulalan	Karbonatit?
56963	37S	275092	4400940	Davulalan	Karbonatit?
56965	37S	275086	4400914	Davulalan	Karbonatit?
56969	37S	272809	4399418	Davulalan	Karbonatit?
56971	37S	272810	4399417	Davulalan	Karbonatit?
56973	37S	272747	4399388	Davulalan	Karbonatit?
56975	37S	272782	4398476	Davulalan	Skarn
56991	37S	274964	4401761	Davulalan	Mermer
56993	37S	274975	4401741	Davulalan	Kalkışist
56995	37S	274940	4400608	Davulalan	Skarn
56997	37S	274617	4400378	Davulalan	Altere Siyenit
56999	37S	274388	4400254	Davulalan	Floritli Siyenit
39029	37S	274078	4400046	Davulalan	Altere Siyenit
39031	37S	273189	4399130	Davulalan	Siyenit
39033	37S	273014	4399407	Davulalan	Monzonit?
39035	37S	273799	4399625	Davulalan	Siyenit
39037	37S	273803	4399582	Davulalan	Monzonit?
39039	37S	273798	4399295	Davulalan	Siyenit
39041	37S	274004	4398917	Davulalan	Siyenit
39043	37S	274759	4399299	Davulalan	Siyenit
39045	37S	275678	4400860	Davulalan	Siyenit



Resim 2.2. 39033 nolu monzonit arazi örneği fotoğrafı



Resim 2.3. Arazi örnekleri sevk aşamasında fotoğrafı (Mineraloji-petrografi-jeokimya-yaş)

2.2. Örnek Hazırlama ve Petrografi Çalışmaları

Arazi çalışmaları sonucunda toplanan örnekler petrografi, tüm kayaç jeokimya, duraylı/radyojenik izotop, mineral kimyası, mineral bazında Uranyum-Kurşun ve Ar-Ar yaşlandırma analizleri için laboratuvar ortamında hazır hale getirilecektir.

Petrografi ve mineral kimyası çalışmaları için 30 mikron kalınlığında yüzeyi parlatılmış ince kesitlerin hazırlanması,

Tüm kayaç jeokimya ve duraylı/radyojenik izotop analizleri için örneklerin kırılıp, öğütülmesi,

Zirkon U-Pb yaşlandırma analizleri için zirkonların ayrılması ve boyutlarına göre epoksi içerisine gömülmesi ve yüzey aşındırma-parlatma işlemlerinin tamamlanması, Ar-Ar yaşlandırma için mika/amfibol minerallerini içeren örneklerin ayrılması ve analizler için halinde hazır hale getirilmesi.

Bu doğrultuda tüm kayaç, duraylı ve radyojenik izotop analizleri için örnekler Dokuz Eylül Üniversitesi Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda kırma ve öğütme üniteleri kullanılarak toz haline getirilecektir. Zirkon Uranyum-Kurşun yaşlandırma analizlerinde kullanılacak zirkon minerallerinin seçilmesi ve analize hazır hale getirilmesi çalışmaları yine Dokuz Eylül Üniversitesi Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Yapılan iş ve işlemler şu şekildedir.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları, mineral ayırma çalışmaları, mikroskopik incelemeler, taramalı elektron mikroskop (SEM-EDS) çalışmaları, jeokimyasal analizler ve yaş tayini analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.3.1. Mineral ayırma çalışmaları

Arazi çalışması ile alınan örnekler üzerinde yaşlandırma tayinlerinde kullanılmak üzere zirkon minerali ayırma çalışmaları Dokuz Eylül Üniversitesi Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Öncelikle yıkama işlemi ile örnekler üzerindeki tozlar temizlenmiştir. Bu işlemler yaş tayini yapılacak örnekler üzerine uygulanmış ve daha sonra zenginleştirilen bu kristallerden binoküler mikroskop altında zirkon mineralleri ayrılmıştır. Burada yapmış olduğumuz bir diğer işlem olan gravite yolu ile ayırma işleminde ise sallantılı

masa kullanarak cevheri oluşturan minerallerin özgül ağırlık farkından yararlanarak zenginleştirme işlemini gerçekleştiren Sallantılı masada, hafif eğimli, paralel kenar, dikdörtgene yakın yamuk veya V şeklinde bir tabla şeklinde olup akışkan suyun etkisi, sallanma boyutuna göre ayırmış olduğumuz 4 ayrı kaptaki ayrıştırma işlemi yapılmıştır. Zirkon minerali ayırma işlemi akış şeması ve kullanılan ekipmanlar Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Zirkon minerali ayırma işlemi akış şeması.

2.3.2. İnce kesit laboratuvar işlemleri

İncekesit için örnekler uygun ölçekte kesimini yaptıktan sonra yüzey kısmın temiz ve pürüzsüz olması için örneğin cam kısma yapışacağı yüzeyi silisyum karbür mesh 285 ile temizleyip aşındırarak parlatma işlemini gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örnek üzerinde silisyum kalmaması için ve aldığı nemi çekmesi için 5-6 saat 100 derece sıcaklıkta bekletilmiştir.

Bekletilen camlarda buzlu zeminin giderilmesi için cama silisyum karbür işlemi uygulanmıştır. Burada cam ile örnek kesiti Aral dite yapıştırıcı kullanmak suretiyle yapıştırılmış ve yapıştırıcının donması için 5-6 saat bekletme işlemine yapılmıştır.

Fırınlama işlemi yapılan taşlar soğumaya alınarak soğuyan örneği 1cm cama yakın seviyede kesme işlemleri yapılmıştır. Aşındırıcı disk yardımıyla silisyum karbür kullanarak aşındırma işlemi 30 mikron seviyesine kadar inceltilmiştir.

En son aşamada lameli yapıştırarak 5-6 saat bekleme süresinden sonra yapıştırıcı kurduğunda ince kesit kullanıma hazır hale gelmiş bulunmaktadır. (Resim 2.9-2.10)



Resim 2.4. Örneklerin kırıcı yardımı ile daha küçük parçalara ayrıştırılması işlemi.



Resim 2.5. Öğütme laboratuvarı ekipmanları



Resim 2.6. Çeneli öğütücü ile kırılmış örneklerin toz haline getirilmesi işlemi.



Resim 2.7. Zirkon ayırma işlemi



Resim 2.8 Sallantılı masada öğütölmüş örneklere zenginleştirme işlemi



Resim 2.9 İnce kesit için seçilmiş hazırlanan örnekler



Resim 2.10. İncekesit örneklerine yapıştırılacak camların parlatılması işlemi



Resim 2.11. İnce kesitlerin polarizan mikroskop ile mineralojik özelliklerinin tanımlanması



Resim 2.12 Binoküler mikroskop üzerinde Zirkon seçimi.

2.3.3. Optik mikroskop çalışmaları

Çalışma alanından alınan el örneklerinin ince kesitleri İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İncekesit laboratuvarında yapılmıştır. Hazırlanan ince kesitler üzerinde optik mikroskop çalışmaları alttan aydınlatmalı Leica DM EP marka polarizan mikroskop altında gerçekleştirilmiştir. İnce kesitler polarizan mikroskopta incelenerek Davulalan Siyenit-Monzonit-Nefelinli Siyenitlere ait mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiştir.

2.3.4 Taramalı elektron mikroskop çalışmaları

Çalışma alanından alınan örneklerin mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, örneklerin gerek dokusal özelliklerini ortaya çıkarmak gerekse mineral bileşimlerini belirlemek amacıyla İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Elektron Mikroskobu Laboratuvarında bulunan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Görüntü alma ve fotoğraf çekimi MTA FEI Quanta 400 MK2 Taramalı Elektron Mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntülemeler ve fotoğraf çekimi Elektron Geri Saçınım Detektörü (BSED) ile elde edilmiştir. Cihaz bünyesine bağlı Octane Plus Silikon Sürüklenme Detektörü (SDD) ile de

Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) yöntemiyle örnekler üzerinde mikro kimyasal analizler gerçekleştirilerek mineral kimyası çalışmaları yapılmıştır. SEM-EDS analizleri için örneklerden ince kesitler hazırlanmış ve bu kesitler Buehler PowerPro 400 marka parlatma makinesinde parlatılmıştır. (Parlatma işlemi aşındırma diskleri ve solüsyonlar kullanılarak dört aşamada yapılmıştır. Aşındırma diskleri ile sırasıyla 9^μm, 6^μm, 3^μm ve 1^μm 'lik elmas süspansiyonlar kullanılarak parlatma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra parlatılan örneklerin üzeri karbon ile kaplanarak analizler için hazır hale getirilmiştir. Mikro kimyasal analizler mineraller, mineraller içerisindeki kapaçnımlar ve cam malzemesinde gerçekleştirilmiştir. Minerallerin BSED ile görüntülerinin elde edilmesi ve EDS ile mikro kimyasal analizlerinin gerçekleştirilmesi petrolojik çalışmalarda oldukça sık kullanılan yöntemlerden biridir. BSED ile minerallerin kimyasal bileşimlerindeki farklılıklarından kaynaklanan kimyasal (elementsel) değışimler ve zonlanmalar tespit edilebilir. SDD-EDS mikro kimyasal analizlerle de minerallerin bileşimlerinin tespit edilerek türlerinin belirlenmesi sağlanır. Bu çalışma kapsamında örneklerin SEM görüntüleri alınmış ve EDS analizleri yapılmıştır.

3. DAVULALAN – YAYLAGÖZE PLÜTONUNUN (SİVAS-YILDIZELİ) MİNEROLOJİSİ VE PETROGRAFİSİ

Davulalan Plütunu mermer, şist, gnays, kuvarsit gibi birimlerden meydana gelen Paleozoik yaşlı Akdağ Metamorfikleri çevrelemektedir. Pliyosen Kumtaşı ile çamurtaşı ardalanmasından oluşan örtü birim tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Davulalan Plütunu hacimsel olarak büyük kısmı siyenit bileşiminde olup nefelin siyenit bileşimine sahip bölümleri de bulunmaktadır. Plüton içinde porfiritik monzonit bileşimine sahip damarsı yapılar tanımlanmıştır. Siyenit bileşimi sunan bölümleri genelde gri ve pembe tonlarında olup, iri öz şekilli ortoklaz fenokristallerinin varlığı nedeniyle porfiritik doku göstermektedir. Genel mineralojisinin ana bileşenini ortoklas, kuvars ve plajiyoklaz oluşturmaktadır. Mafik mineralleri ise oransal olarak az olup biyotit ve amfibol oluşturmaktadır.

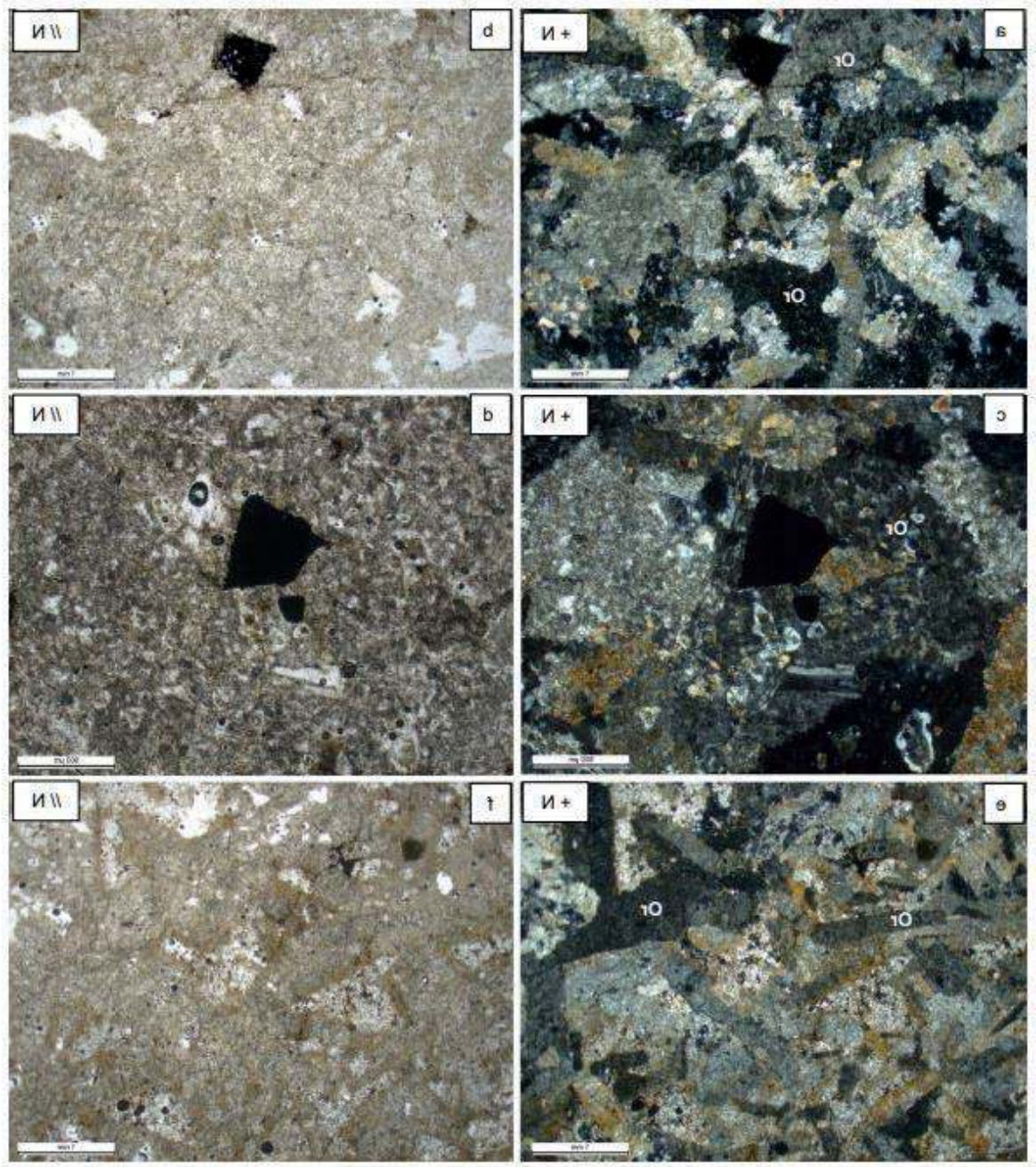
3.1. Davulalan Nefelin Siyenit

Polarize mikroskop görüntüleri:

+N (çapraz polarize): Minerallerin iç yapılarını (ikizlenme, pleokroizm, kırılma) ve optik özelliklerinin anlaşılmasını sağlar.

//N (düz ışık): Minerallerin renk, habitus (şekil) ve mikrotekstürel özelliklerinin anlaşılmasını sağlar.

Genel mineral bileşimini ortoklas, nefelin, muskovit, sfen, zirkon ve apatit bileşimi sunan bölümlerde kayacın ana rengi pembemsi turuncu olup alterasyonun ilerleyen etkisi nedeniyle oksitlenmeden kaynaklanan kahverengi tonları gözlenmektedir (Resim 3.1). Kayacın fenokristallerini killeşme, serisitleşme ve skapolitleşme derecesi yüksek ortoklaslar oluşturmaktadır. Ortoklaz (Or), genellikle potasyum açısından zengin feldispat grubundadır. Bu feldispatların, magmatik kayalarda veya yüksek dereceli metamorfik kayalarda olduğu bilinmekte olup Ortoklas fenokristallerinde pertitleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Ortoklazın iri kristalleri, daha erken kristalleşen bir mineral olduğunu, ince taneli kuvars ve plajiyoklazların ise daha geç kristalleştiği kanısına varılabilir.

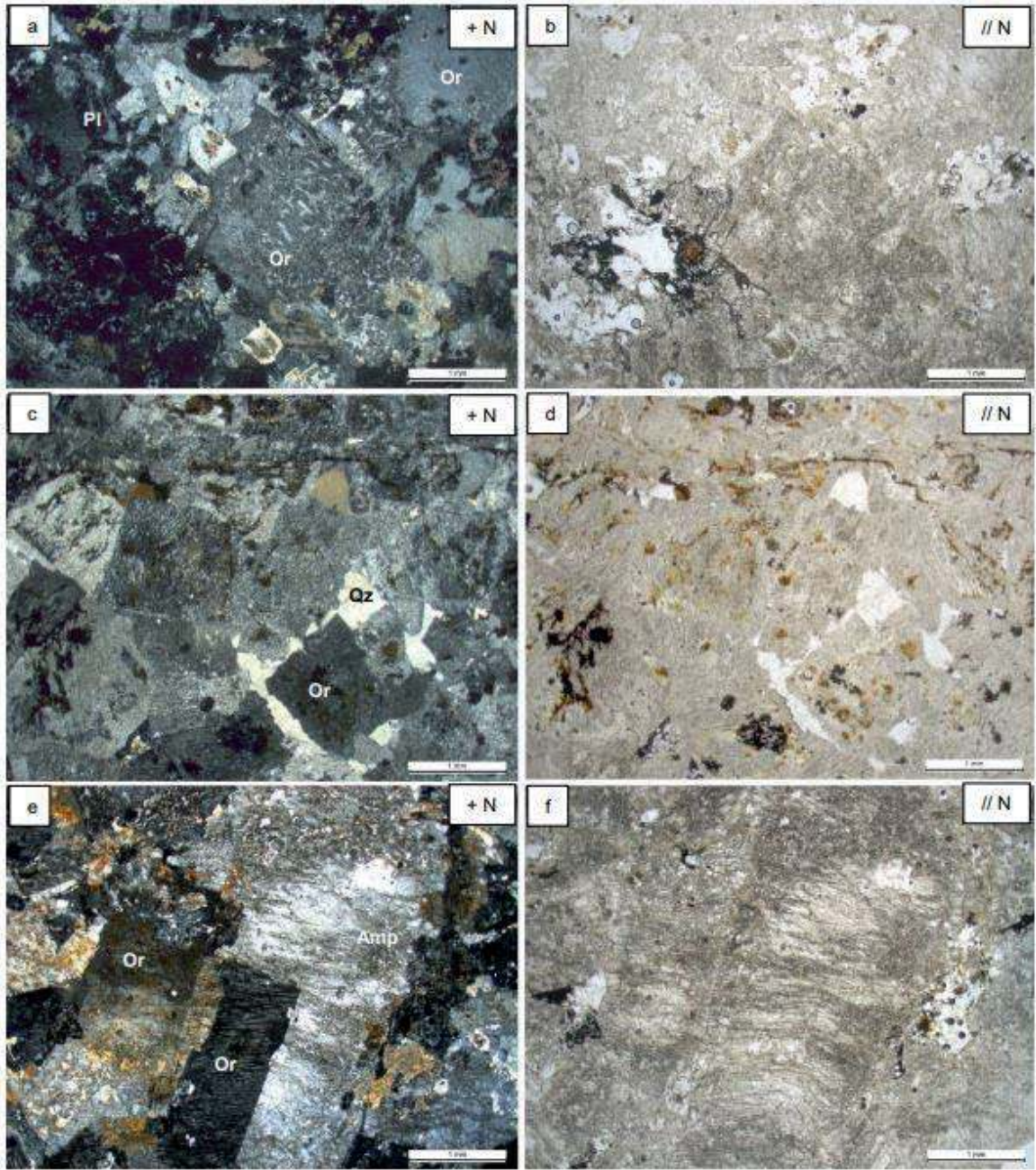


Resim 3.1. Nefelinli siyenit minerolojik petrografik görüntüler

3.2. Davulalan Siyenit

Plüton içinde tanımlanan siyenit bileşimindeki bölümlerin genel mineralojisini kuvars, ortoklas, plajiyoklaz, biyotit, muskovit, piroksen, sfen, zirkon, apatit, florit, kalsit, skapolit, serisit ve opak mineraller oluşturmaktadır (Resim 3.2). Siyenitin bileşiminde tanımlanan kuvars kristalleri öz şekilsizdir ve oranları %5 in üzerine çıkmamaktadır. Ortoklazlar fenokristallerini öz şekilli ve/veya yarı öz şekillidirler. Karspad ikizlenmesi ile tanımlanan ortoklazlarda pertitleşme yaygındır. Pertitleşmenin ilerleyen derecesine bağlı

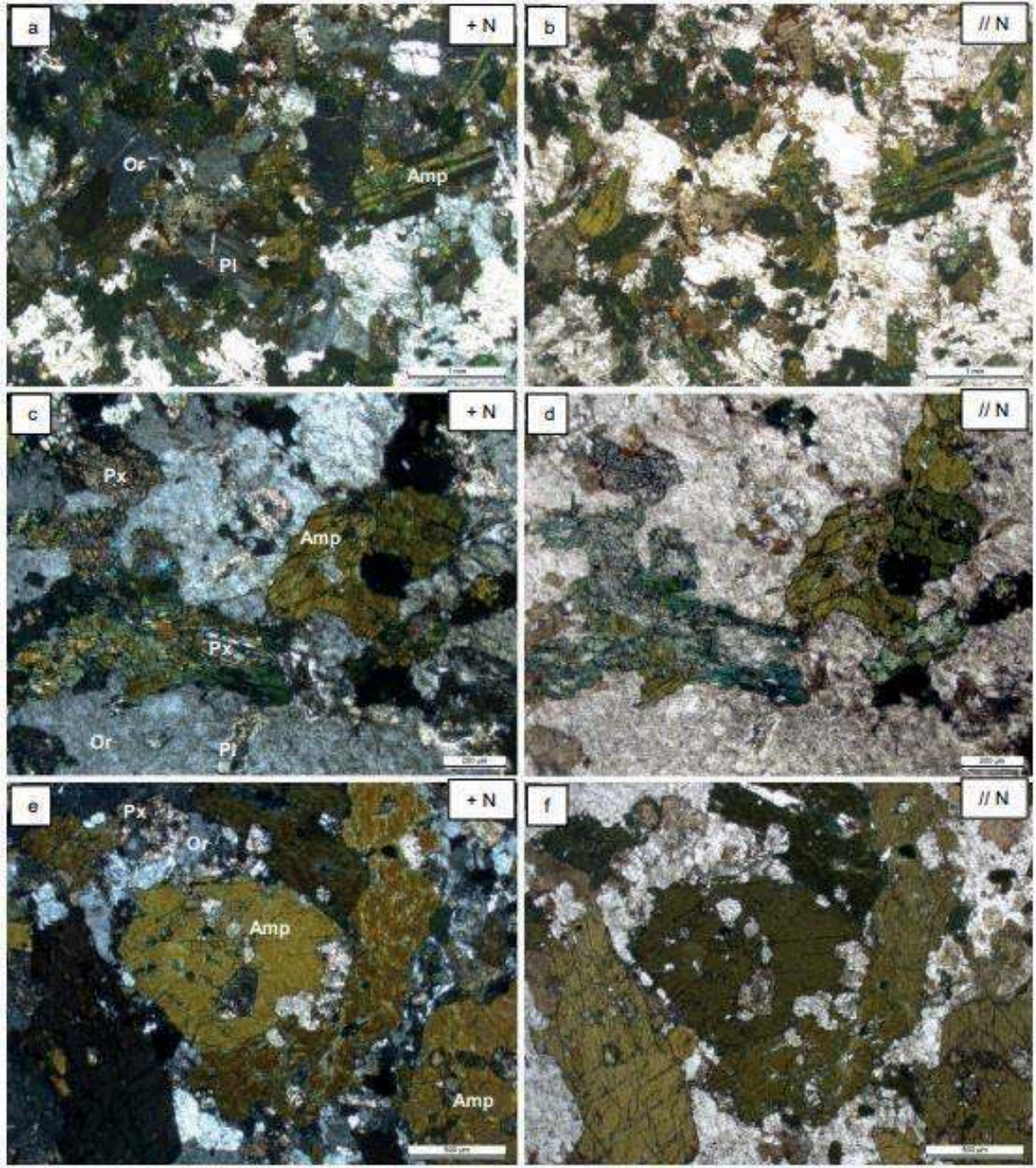
olarak plajiyoklaz kristalleri belirgindir. Feldispat (Or ve Pl) ile kuvars birlikteliği ve amfibolun varlığı, bu kayaçların büyük olasılıkla granodiyorit ya da kuvars diyorit sınıfına ait olduğunu göstermektedir ve derin magmatik bir ortamda yavaş soğuma koşulları, iri taneli feldispatların kristalleşmesine olanak sağlamıştır. Plajiyoklaz, genellikle kalsiyum-sodyum içeriğiyle tanınır ve magmatik kayaçlarda önemli bir bileşendir. Ortoklaz ve plajiyoklaz birlikteliği, magmatik süreçlerin soğuma aşamasına işaret eder.



Resim 3.2. Davulalan siyenitine ait polarizen mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri

3.3 Davulalan Monzonit

Plüton'un ilksel mineral bileşimini kuvars, ortoklas, plajioklas, piroksen, hornblend, sfen, zirkon, apatit, opak mineraller oluşturmaktadır (Resim 3.3). İkincil olarak tanımlanan ve minerallerin alterasyonu ile gelişen mineraller serisit, kalsit, skapolit, kloritlerdir. Ortoklaslarda belirgin ağsı pertitleşme ve killeşme gözlenmektedir. Plajioklaslarda zonlanma gözlenmekte ve bünyelerinde iğne şeklinde apatit kapanımları gözlenmektedir. Plajioklas fenokristalleri alkali feldspat ile mantolanmışlardır (antirapakivi). Monzoniti'nin bileşimdeki mafik minerallerden amfiboller yeşil-koyu yeşil pleokroizma renkleri sunmaları nedeniyle hornblend olarak tanımlanmıştır. Amfibollerde optik ikizlenme yaygındır. Piroksenler öz şekilli fenokristaller halinde veya amfiboller içinde küçük öz şekilsiz yamalar şeklinde tanımlanmışlardır. Bu yamalar piroksenlerin amfibolleşmesi sürecinde korunmuş bölümleri olarak yorumlanabilir. Piroksenler canlı yeşil pleokroizma renklerine sahiptir. Kayaç içindeki aksesuar mineralleri öz şekilli sfen kristalleri ile zirkon kristalleri oluşturmaktadır. Apatit kristalleri kısa c eksenli, öz şekillidir. Apatit inklüzyonları amfibollerde yaygındır. Kayaç, derin bir magmatik ortamda yavaş soğuma sonucu oluşmuştur.



Resim 3.3. Davulalan Monzonite ait polarizan mikroskop altındaki görüntü örnekleri ve dokusal özellikleri

Genel Olarak 3 polarize görüntünün sonuçlarına bakarsak

Tablo 3.1. Polarize görüntünün sonuçlarına bakarsak

Özellik	1. ve 2. Görsel: Siyenit / Nefelinli Siyenit	3. Görsel: Monzonit
Feldispatlar	Ortoklaz (baskın), plajiyoklaz az veya yok	Ortoklaz ve plajiyoklaz dengeli
Mafik Mineraller	Az veya yok	Amfibol ve piroksen belirgin
Kuvars	Yok veya çok az	Yok veya çok az
Doku	Hipidiomorfik-granüler	Hipidiomorfik-granüler
Oluşum Ortamı	Silişçe fakir magmatik sistem	Orta-mafik magmatik sistem

Bu üç görsel, magmatik kayaların evrimsel çeşitliliğini temsil eder ve farklı magma bileşimlerinden türediklerini gösterir. (**nefelinli siyenit ve siyenit**), daha düşük silis içerikli alkali magmatik süreçleri yansıtırken, (**monzonit**) daha dengeli ve orta-mafik bir magmatik sistemin ürünüdür. Bu çeşitlilik, magmanın kimyasal bileşimindeki değişikliklerin ve soğuma ortamının kayaların mineral bileşimini ve dokusunu nasıl etkilediğini açıkça göstermektedir.

4. JEOKİMYASAL ANALİZ İŞLEMLERİ

Projemiz gereği çalıştığımız Orta Anadolu Kristalen Kompleksin bir bölümü olan Davulalan Plütönuna ait Nadir toprak Elementlerce zenginlik ve ekonomik potansiyelinin belirlenmesi amacıyla iş paketi 3. Kısımda bulunan Tüm kayaç Jeokimya Analizlerini gerçekleştirmek üzere araziden almış olduğumuz ve petrografi sonuçlarına göre değerlendirerek ayırtladığımız 17 örneğin jeokimya analizi gerçekleştirilmiştir.

Belirttiğimiz üzere bu işlemde amaç kayaç türlerinin jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin başarıyla belirlenmesi hedeflenmektedir.

Tablo 4.1. Tüm kayaç jeokimya örneklemeleri

ID	Tanımlama
39029 – 39039 – 39041 – 56999	Siyenit
39031 – 39037 – 39043 – 56971 – 56995	Nefelinli Siyenit
39033 – 39035	Monzonit
56991 – 56993	Mermer
56961 – 56963 – 56965 – 56969	Karbonatit

Tablo 4.1.'de belirtildiği üzere tarafımızdan seçilen farklı örneklerle ait numaralandırılmış kayaçlar ile ilgili olarak yapılan işlemler ve sonuçlar şöyle sıralanabilir.

4.1. Örnek Hazırlama İşlemleri

Arazide örnekleme yapmış olduğumuz jeokimya örneklerinin arasından eleyerek seçtiğimiz 17 (on yedi) adet örneğin Jeokimya analizlerinin yapılmak üzere Munzur üniversitesi Laboratuvar kısmında kırılıp öğütülmek suretiyle toz haline getirerek tüplere koyduğumuz örneklerin ana, iz ve nadir toprak element içeriklerinin belirlenmesi amacıyla Ankara da bulunan MTA Jeokimya laboratuvarında ICP-OES ve ICP-MS yöntemleri kullanılmak suretiyle tüm kayaç jeokimya analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde elde edilen ana, iz ve nadir toprak elementleri sonuçları diğer analiz sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmiş kayaçlarımızın detaylı özellikleri elde edilmiştir.



Resim 4.1. Munzur Üniversitesi Laboratuvarı örnek hazırlama işlemi



Resim 4.2. Munzur Üniversitemizin laboratuvarında kırma öğütme ve toz haline getirme işleminde kullandığımız çeneli kırıcı-kompressor ve havan öğütücü cihazlarımız.



Resim 4.3. Örneklerin toz haline getirilmesi ve tüplere yerleştirilmesi işlemi.

Jeokimyasal analiz için ayırdığımız kayaç numunelerimizi laboratuvar ortamında çeneli kırıcılar ile daha küçük boyutlara getirip her işlem için kontaminasyonu önlemek açısından kırıcılar, düzenekler kompresör yardımı ve fiziksel işlemler ile temizlenmiş daha sonra istediğimiz boyuta indirgediğimiz örneklerimizi toz hale getirmek için havan öğütücü ile en ince tanelerine ayırıştırıp yaklaşık 20 gr. ağırlığında tüplere aktarıp gerekli analiz işlemleri için Maden Tetkik Arama Müdürlüğüne sevkini sağladık.

4.2 Analitik Yöntemler

Sevkini sağladığımız 17 adet kayaca ait toz numunelerimiz MTA Genel Müdürlüğü Jeokimya laboratuvarında gerekli işlemlerden geçirilerek analiz işlemleri tamamlanmıştır.

Yapılan iş ve işlemlerden tüm kayaç jeokimyası ölçümleri için Perkin Elmer AVIO 200 ICP-OES ile ESI NWR213 katı hal lazeri ile birleşik Perkin Elmer NexION 2000 ICP-MS cihazları kullanılmıştır. İlk olarak ICP-OES için genel kurulum, numune hazırlama ve deneysel koşullar sunulacak ve ardından LA-ICP-MS analizlerinin genel karakteristikleri değerlendirilecektir.

Bu laboratuvarında kullanılmakta olan yöntemler ile ilgili olarak;

ICP/MS: Numune çözeltisindeki eser elementlerin kütle ağırlıklarına göre tayin yapılır.

ICP/OES: Plazma içerisinde geçirilen ışığın optik özelliklerine bağlı olarak dalga boylarına göre tayin yapılır.

Yapılan laboratuvar işlemlerini yerinde gözlemlemek ve öğrenmek adına yapmış

olduğum laboratuvar gezim ve çalışmalarla ilgili gözlemlerime ait fotoğraflarım aşağıda gösterilmiştir.



Resim 4.4. Maden Tetkik Arama Jeokimya Laboratuvarı işlemleri.

4.3. Bulgular

Geçmiş dönemden günümüze özellikle yakın zamanda Orta Anadolu Kristalen Kompleksi içerisinde bulunan bizim de proje dahilinde çalıştığımız Karaçayır Plütoununda bulunan karbonatitlerin nadir toprak elementi açısından önemiyle bu bölgedeki siyenit, monzonit gibi kayaçların nadir elementler açısından değerlendirilmesi elzemdir. Bu çalışmada Davulalan da farklı lokasyonlardan almış olduğumuz örnekler ait petrografik ve jeokimyasal veriler ışığında değerlendirilmiştir. Almış olduğumuz örnekler ışığında yapılan jeokimyasal ve petrografik işlemler sonucu elde edilen kayaçlara ait örneklerinin ana, iz ve nadir element içerikleri ile mineralojisi ve petrografisi tabloda gösterilmektedir. (Tablo 4.2-4.3)

Tablo 4.2. Proje kapsamında araştırılan Plütounlardan alınan örneklerin mineralojisi ve petrografisi

ID	UTM	Easting	Northing	Stok/Pluton	Quartz	Orthoclase	Microcline	Plagioclase	Nepheline	Melilite	Muscovite	Biotite	Amphibole	Pyroxene	Sphene	Epidote	Zoisite	Zircon	Apatite	Rutile	Ilmenite	Garnet	Barite	Fluorite	Calcite	Secondary Calcite	Serisite	Chlorite	Secondary Quartz	Secondary Feldspar	Adularia	Opaque	Skapolit	KAYAÇ TÜRÜ
					Qz	Or	Mc	Pl	Nph	Mil	Ms	Bt	Amp	Cpx	Spn	Ep	Zo	Zrn	Ap	Rt	Ilm	Grt	Bar	Fl	Cal	SCal	Ser	Chlor	SQz	SFsp	Adl	Opq	Scp	
56961	375	275106	4401338	Davulalan-Yaylagöze																														MERMER
56963	375	275092	4400940	Davulalan-Yaylagöze																														MERMER
56965	375	275086	4400914	Davulalan-Yaylagöze																														MERMER
56971	375	272810	4399417	Davulalan-Yaylagöze																														NEFELİN SİYENİT
56973	375	272747	4399388	Davulalan-Yaylagöze																														SİYENİT
56975	375	272782	4398476	Davulalan-Yaylagöze																														MERMER/Karbonatit
56977	375	282203	4398878	Davulalan-Yaylagöze																														SİYENİT
56991	375	274964	4401761	Davulalan-Yaylagöze																														MERMER
56993	375	274975	4401741	Davulalan-Yaylagöze																														MERMER
56995	375	274940	4400608	Davulalan-Yaylagöze																														NEFELİN SİYENİT
56999	375	274388	4400254	Davulalan-Yaylagöze																														SİYENİT
39029	375	274078	4400046	Davulalan-Yaylagöze																														SİYENİT
39031	375	273189	4399130	Davulalan-Yaylagöze																														NEFELİN SİYENİT
39033	375	273014	4399407	Davulalan-Yaylagöze																														MONZONİT
39035	375	273799	4399625	Davulalan-Yaylagöze																														MONZONİT
39037	375	273803	4399582	Davulalan-Yaylagöze																														NEFELİN SİYENİT
39039	375	273798	4399295	Davulalan-Yaylagöze																														SİYENİT
39041	375	274004	4398917	Davulalan-Yaylagöze																														SİYENİT
39043	375	274759	4399299	Davulalan-Yaylagöze																														NEFELİN SİYENİT
39045	375	275678	4400860	Davulalan-Yaylagöze																														GRANİT APLİT

Tablo 4.3. Davulalan arazimizden elde ettiğimiz jeokimyasal çalışmalar sonucu majör (%) ve eser (ppm) element konsantrasyonları.

Sample ID	Petrographic ID	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O5	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	A.Za
39029	Siyenit	0,4	0,1	17,4	62,2	0,1	9,0	3,2	0,3	0,1	2,0	4,75
39031	Nefelinli Siyenit	5,0	0,3	18,6	62,6	0,1	9,3	0,7	0,3	<0,1	1,7	0,80
39033	Monzonit	2,8	3,2	19,5	50,9	0,4	6,0	6,8	0,5	0,2	5,9	3,20
39035	Monzonit	2,7	4,1	18,8	46,4	1,0	5,4	8,1	0,8	0,2	7,8	3,50
39037	Nefelinli Siyenit	0,8	0,8	17,8	48,9	0,1	11,0	9,0	0,5	0,2	3,2	7,20
39039	Siyenit	3,9	0,1	17,7	63,4	0,1	11,0	0,4	0,3	<0,1	1,6	0,85
39041	Siyenit	3,7	0,1	16,8	66,4	<0,1	8,9	0,8	0,3	<0,1	1,4	1,15
39043	Nefelinli Siyenit	5,0	0,2	19,0	61,6	<0,1	9,5	0,7	0,3	<0,1	2,2	0,95
56961	Karbonatit	0,3	0,2	1,0	2,8	<0,1	0,5	53,0	0,1	0,2	0,5	41,35
56963	Karbonatit	0,4	0,3	1,3	7,4	<0,1	0,6	50,6	0,1	0,1	1,1	37,95
56965	Karbonatit	0,2	0,5	0,6	4,4	<0,1	0,2	52,9	<0,1	0,1	0,6	40,10
56969	Karbonatit	2,1	0,3	15,8	54,2	0,1	11,8	8,7	<0,1	0,3	0,7	5,35
56971	Nefelinli Siyenit	4,5	0,2	26,9	56,6	<0,1	7,9	0,2	0,1	0,1	1,1	2,15
56991	Mermer	0,2	0,6	0,8	16,5	<0,1	0,2	47,9	<0,1	<0,1	0,3	33,15
56993	Mermer	0,3	3,9	0,2	4,0	<0,1	<0,1	48,1	<0,1	0,3	1,4	41,70
56995	Nefelinli Siyenit	5,4	0,2	18,7	63,4	<0,1	8,5	0,5	0,2	<0,1	1,7	0,75
56999	Siyenit	4,8	0,5	17,7	60,9	0,2	8,5	2,2	0,5	<0,1	2,4	1,75

Tablo 4.3. (Devam) Davulalan arazimizden elde ettiğimiz jeokimyasal çalışmalar sonucu majör (%) ve eser (ppm) element konsantrasyonları.

Sample ID	Petrographic ID	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	La	Lu	Nd	Pr	Sc	Sm
39029	Siyenit	110,1	4,3	2,6	0,9	5,8	0,8	55,4	0,4	45,8	15,5	1,8	6,4
39031	Nefelinli Siyenit	105,7	2,6	1,5	0,6	3,5	0,5	69,9	0,2	37,7	14,9	0,4	4,7
39033	Monzonit	96,3	2,6	1,5	1,3	4,2	0,5	61,3	0,2	35,1	11,8	4,0	5,1
39035	Monzonit	138,1	4,1	2,2	1,9	7,1	0,7	77,2	0,2	59,6	18,5	4,2	8,5
39037	Nefelinli Siyenit	113,5	3,2	1,6	1,7	6,0	0,5	58,3	0,2	53,7	16,6	0,9	7,8
39039	Siyenit	95,7	2,1	1,3	0,5	2,7	0,4	37,7	0,2	22,3	8,0	1,2	3,2
39041	Siyenit	95,2	3,2	1,6	0,8	4,6	0,6	53,9	0,1	40,0	14,0	0,3	5,4
39043	Nefelinli Siyenit	72,6	1,7	0,8	0,5	2,7	0,3	56,2	<0,1	27,1	10,3	0,2	3,2
56961	Karbonatit	22,0	1,9	1,1	0,5	2,3	0,4	26,8	0,1	10,2	3,0	2,4	1,9
56963	Karbonatit	37,3	2,5	1,6	0,6	3,0	0,5	37,0	0,2	14,5	4,5	3,3	2,6
56965	Karbonatit	13,6	1,8	1,0	0,5	2,1	0,4	14,2	<0,1	8,7	2,4	1,5	1,7
56969	Karbonatit	46,0	0,3	0,2	0,2	0,5	<0,1	36,7	<0,1	7,6	3,5	0,4	0,7
56971	Nefelinli Siyenit	72,6	0,3	0,2	0,1	0,8	<0,1	52,0	<0,1	15,7	7,6	0,2	0,9
56991	Mermer	8,4	2,2	1,3	0,5	2,4	0,5	10,1	0,1	8,8	2,2	1,6	2,0
56993	Mermer	3,0	0,5	0,4	0,2	0,5	0,1	2,5	<0,1	1,7	0,5	0,3	0,4
56995	Nefelinli Siyenit	148,0	2,4	1,4	0,7	3,7	0,4	95,8	0,2	36,9	15,1	0,4	4,3
56999	Siyenit	140,6	5,4	3,1	1,3	7,7	1,0	67,7	0,3	60,2	20,1	1,8	8,8

Tablo 4.3. Devam) Davulalan arazimizden elde ettiğimiz jeokimyasal çalışmalar sonucu majör (%) ve eser (ppm) element konsantrasyonları.

Sample ID	Petrographic ID	Th	Tm	Y	Yb	Tb	Hf	U	Ba	Cr	Nb	Pb	Rb	Sr	Ta	Zr
39029	Siyenit	76,7	0,4	23,2	2,5	0,9	2,6	9,1	227,6	17,5	38,3	35,7	486,2	59,9	2,8	57,5
39031	Nefelinli Siyenit	96,7	0,2	9,8	1,4	0,6	2,3	15,3	155,5	5,2	50,6	112,8	432,2	107,4	3,7	144,8
39033	Monzonit	35,9	0,2	12,6	1,2	0,6	5,7	10,4	2020,9	60,1	42,4	31,2	347,9	1098,2	3,1	158,0
39035	Monzonit	37,9	0,3	17,5	1,6	0,9	4,9	10,6	2456,3	19,1	38,7	42,5	300,7	1278,1	2,9	210,8
39037	Nefelinli Siyenit	57,6	0,2	14,3	1,1	0,8	6,2	13,3	1613,7	37,8	88,7	62,3	686,4	780,1	6,6	212,0
39039	Siyenit	87,0	0,2	10,9	1,4	0,4	2,0	6,2	358,6	13,9	47,4	55,1	614,1	159,8	3,5	92,1
39041	Siyenit	54,5	0,2	14,5	0,9	0,7	2,1	4,1	275,3	4,3	43,7	51,9	447,2	168,1	3,2	83,6
39043	Nefelinli Siyenit	55,6	<0,1	7,4	0,5	0,4	1,4	8,9	204,6	10,7	37,2	70,0	516,7	178,2	2,8	89,4
56961	Karbonatit	2,9	0,1	12,6	0,9	0,3	0,4	6,3	75,1	9,7	1,5	59,1	17,8	367,2	0,1	5,5
56963	Karbonatit	1,4	0,2	18,1	1,3	0,5	0,6	2,6	95,0	16,6	2,4	40,1	25,5	377,2	0,2	4,7
56965	Karbonatit	1,2	0,1	11,1	0,7	0,3	1,9	0,6	16,8	7,1	0,9	6,3	<0,1	521,4	<0,1	2,7
56969	Karbonatit	6,2	<0,1	1,5	0,2	<0,1	4,1	6,4	1509,2	3,6	1,1	40,2	732,1	831,0	<0,1	11,4
56971	Nefelinli Siyenit	74,8	<0,1	1,1	0,1	<0,1	0,2	9,3	320,9	9,9	31,2	106,8	358,8	253,1	2,3	46,0
56991	Mermer	2,9	0,2	16,4	1,0	0,4	0,2	0,1	70,2	6,8	0,4	3,7	<0,1	85,7	<0,1	1,4
56993	Mermer	0,7	<0,1	5,2	0,3	<0,1	0,2	0,9	88,1	12,9	<0,1	61,2	<0,1	68,8	<0,1	1,1
56995	Nefelinli Siyenit	88,1	0,2	11,3	1,2	0,5	1,3	21,2	175,0	27,0	37,4	81,2	458,7	122,8	2,8	212,8
56999	Siyenit	65,0	0,4	26,1	2,5	1,1	1,9	6,3	491,6	3,4	41,2	26,9	439,8	211,6	3,1	72,3

Elde ettiğimiz jeokimyasal veriler (Tablo 4.3) ile ilgili olarak yakın zamanda bahse konu alanda Canbaz ve Gökçe (2022) (Tablo 4.4) çalışmaları Davulalan Plütönünde bulunan Granodiyorit ve Siyenitoidlerin REE (Nadir Toprak Elementleri) açısından zenginleşmelerine bağlı olarak yapmış oldukları çalışmalar ile benzer değerler elde ettiğimiz görülmektedir.

Davulalan Plütönümüz, bir iç plaka ve çarpışma sonrası bir ortam oluşturmuş A-tipi bir syenitoid plütönüdür. (Boztuğ, 1998). Bu plütön da nefelin-siyenit nefelinli siyenit kayalarları, siyenit grubu içerisinde blok benzeri oluşumlar olarak görülür ve daha erken bir dönemde bir litosferik manto kaynağının kısmen erimesiyle oluşmuş olmalıdır. Siyenitik magma, daha sonraki bir bölümde astenosferik manto kaynağının kısmi erimesinden meydana gelmekte ve yüzeye doğru çıkarken nefelin taşıyan kayalarlarla birleşir.

4.4. Hidrotermal Süreç

Davulalan plütönü, incelediğimiz alan itibariyle çevreden merkez bölgeye kadar siyenit ve kuvars-siyenitten, mermer, nefelin, siyenit ve monzonitten oluşur. Nefelin siyenit kayalarları da bazı yerlerde mercek olarak yüzeylenir. Siyenitoidin merkezinde florit, kuvars, kalsit ve cevher minerallerini taşıyan iki tanımlı damar ve bu damarlar arasında stok damarcıkları bulunur. Ayrıca serisitleşme, karbonizasyon, kloritleşme ve silisleşme tipi değişiklikler hidrotermal akışkan aktivitesini göstermektedir.

4.5. Cevher Verimliliği

Davulalan Plütönü mevcut elde ettiğimiz jeokimyasal özellikleri, alkali magmatik kayalarlarla ilişkili tortular oluşturan birçok elementin mineral yataklarını oluşturma potansiyeline sahip olabilir.

Davulalan siyenitleri metalüminöz-peralkali geçiş karakteristiğine sahiptir ve REE çökellerinin üretkenliği orta düzeyde görünmektedir. Ancak, numunelerin yüksek REE içeriği (özellikle florit içerenler) ve REE bakımından zengin minerallerin (zirkon ve ksenotim; nadir de olsa) varlığı, REE mineralizasyonu için siyenitlerin üretkenlik beklentisini artırmaktadır. Ayrıca çalışma alanının yaklaşık 60 km kuzeydoğusunda yer alan Karaçayır Siyenit'te sondajla derinliklerde karbonatit tespit edildiğinden (Çimen ve ark., 2022) plütön dahilinde derinliklerde bir karbonatit bulunma ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 4.4. Davulalan A-tipi granitoyid ilişkili Cu, Mo, Pb, Zn ve REE cevherleşmeleri Canbaz O. Ve Gökçe A. Çalışmasına ait jeokimya verileri.

	Siyenit					Kuvars-Siyenit							Nefelin-Siyenit						
	D-06	D-78	D-111	D-112	D-118	D-20	D-82	D-94	D-115	D-116	D-117	D-110	D-100	D-01	D-11	D-	D-75	D-86	D-92
SiO2	63,36	61,55	64,60	64,30	63,70	66,07	66,52	63,69	64,00	63,90	67,80	67,50	67,14	52,97	45,26	42,74	55,55	52,60	42,28
Al2O3	17,08	20,32	18,80	19,30	18,20	16,42	16,26	17,57	17,00	17,20	17,30	16,50	15,89	18,03	16,11	15,05	20,66	19,58	13,60
Fe2O3(T)	1,85	2,44	2,16	1,21	1,96	1,79	1,90	2,36	1,84	2,76	0,97	1,67	1,47	5,67	6,13	4,44	3,66	4,60	2,05
MnO	0,05	0,08	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02	0,07	0,01	0,01	0,01	0,13	0,18	0,19	0,13	0,14	0,18
MgO	0,13	0,18	0,07	0,12	0,09	0,09	0,03	0,12	0,22	0,32	0,05	0,05	0,03	2,79	2,92	0,52	1,06	3,42	0,32
CaO	0,49	0,35	0,43	0,45	0,80	0,29	0,14	2,15	1,86	2,06	0,26	1,11	2,30	6,75	12,36	14,12	4,15	4,96	17,66
Na2O	4,71	3,17	5,53	5,30	5,31	5,92	3,72	5,21	3,76	5,42	5,52	5,38	2,98	2,45	1,92	1,19	3,81	3,62	0,96
K2O	9,14	10,13	7,71	8,02	8,25	6,72	8,76	6,91	8,75	6,55	7,44	6,53	9,09	6,45	4,81	7,80	8,71	7,09	7,61
TiO2	0,32	0,26	0,24	0,11	0,29	0,31	0,27	0,42	0,33	0,39	0,24	0,12	0,28	0,65	0,59	0,35	0,36	0,49	0,32
P2O5	0,09	0,03	0,03	<0,01	0,02	0,07	0,07	0,15	0,09	0,14	0,01	0,01	0,05	0,41	0,36	0,07	0,12	0,24	0,22
LOI	1,31	1,78	0,30	0,44	0,76	0,87	0,81	2,10	1,70	1,04	0,34	0,84	1,55	3,04	8,72	11,77	2,30	4,01	15,59
Total	98,54	100,30	99,90	99,27	99,41	98,56	98,49	100,70	99,57	99,85	99,94	99,71	100,80	99,35	99,35	98,25	100,50	100,80	100,80
Sc	2,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	1,00	1,00	3,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	6,00	7,00	2,00	2,00	7,00	6,00
Be	5,00	7,00	6,00	3,00	3,00	6,00	7,00	4,00	2,00	5,00	4,00	7,00	4,00	5,00	9,00	8,00	5,00	5,00	2,00
V	34,00	59,00	63,00	34,00	29,00	30,00	29,00	50,00	61,00	51,00	26,00	52,00	26,00	124,00	237,00	150,00	73,00	91,00	66,00
Cr	30,00	30,00	b.d.	b.d.	b.d.	50,00	20,00	20,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	50,00	50,00	30,00	30,00	60,00	60,00
Co	1,00	2,00	0,80	0,60	1,30	1,00	b.d.	1,00	0,80	3,60	0,50	0,40	b.d.	12,00	4,00	b.d.	4,00	12,00	20,00
Ni	b.d.	b.d.	2,80	1,50	1,20	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	20,00	20,00
Cu	5,00	5,00	6,60	2,80	11,50	5,00	5,00	5,00	4,00	6,80	3,90	4,50	5,00	5	5,00	5,00	10,00	5,00	10,00
Zn	15	100,00	15,00	12,00	16,00	50,00	15	15	17,00	364,00	8,00	18,00	15	80,00	110,00	50,00	70,00	110,00	260,00
Ga	21,00	26,00	22,70	21,10	20,50	22,00	22,00	21,00	18,30	18,70	21,60	28,00	20,00	19,00	19,00	17,00	20,00	20,00	20,00
Ge	1,00	0,80	b.d.	b.d.	b.d.	1,00	1,20	0,80	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0,90	1,50	1,70	0,90	0,90	0,70	0,70
As	2,50	8,00	2,30	3,10	1,20	7,00	7,00	2,50	1,20	4,50	1,10	3,50	7,00	b.d.	2,50	2,50	5,00	8,00	2,50
Rb	386,00	608,00	401,50	389,20	392,50	371,00	429,00	358,00	394,40	334,20	358,40	414,50	478,00	270,00	228,00	368,00	378,00	317,00	418,00
Sr	260,00	556,00	194,60	287,50	253,00	187,00	122,00	314,00	282,70	284,00	146,70	86,10	142,00	1460,00	779,00	829,00	1000,00	1187,0	941,00
Y	15,40	19,60	11,80	4,80	13,60	14,40	21,40	31,30	19,60	28,70	26,80	22,90	16,90	24,50	77,60	42,50	19,60	8,40	17,40

Tablo 4.4. Davulalan A-tipi granitoyid ilişkili Cu, Mo, Pb, Zn ve REE cevherleşmeleri Canbaz O. Ve Gökçe A. Çalışmasına ait jeokimya verileri.

	Siyenit			Kuvars- Siyenit					Nefelin- Siyenit										
	449,	301,	708,	174,	425,	383,	431,	402,	372,	302,	651,	665,	528,	250,0	347,0	273,0	330,	269,0	166,0
Zr	449,	301,	708,	174,	425,	383,	431,	402,	372,	302,	651,	665,	528,	250,0	347,0	273,0	330,	269,0	166,0
Nb	64,5	43,8	47,2	25,3	50,3	53,5	48,0	37,4	38,2	42,5	48,4	38,7	45,4	29,60	68,60	37,80	37,7	40,00	53,50
Mo	7,00	5,00	3,20	2,20	3,10	7,00	4,00	4,00	2,40	5,00	2,90	3,20	3,00	2,00	b.d.	4,00	6,00	4,00	2,00
Ag	2,50	0,80	b.d.	b.d.	b.d.	3,40	1,30	1,20	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	1,80	0,70	1,00	0,70	0,90	0,80	0,80
Sn	4,00	2,00	2,00	b.d.	3,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	4,00	1,00	1,00	2,00
Sb	0,20	1,50	0,70	0,60	0,30	2,80	1,10	b.d.	0,80	0,20	0,40	2,40	0,80	b.d.	b.d.	1,00	0,20	0,30	0,90
Cs	4,60	9,30	7,30	5,60	5,00	4,80	6,10	4,20	5,40	5,10	4,00	4,60	6,40	77,80	6,60	8,60	132,	21,50	5,30
Ba	569,	864,	200,	316,	205,	526,	295,	657,	641,	496,	349,	221,	269,	2099,	1509,	1267,	995,	1562,	1618,
La	62,9	135,	94,3	53,0	71,4	61,4	128,	123,	79,6	132,	65,9	50,2	42,7	110,0	106,0	80,20	181,	73,70	72,70
Ce	132,	195,	126,	63,9	122,	143,	193,	199,	135,	207,	115,	74,8	116,	191,0	186,0	130,0	254,	142,0	130,0
Pr	13,0	14,0	11,1	5,60	11,9	10,4	18,0	19,4	14,3	19,6	13,4	5,78	8,27	19,60	20,60	14,30	21,3	14,30	13,10
Nd	39,3	35,0	29,9	13,2	33,4	29,6	48,1	60,5	43,4	59,3	37,9	15,6	25,1	65,40	78,30	52,10	58,7	40,60	40,60
Sm	5,17	4,05	3,28	1,31	4,01	4,00	5,78	8,58	5,75	7,94	4,92	2,14	3,52	9,34	15,10	9,66	6,44	4,29	5,30
Eu	0,81	0,80	0,51	0,21	0,54	0,69	0,69	1,36	0,93	1,23	0,38	0,30	0,47	1,97	3,50	2,10	1,26	0,87	0,95
Gd	2,61	2,42	2,47	0,98	2,84	2,16	3,75	5,69	4,18	5,91	3,78	1,97	2,28	5,75	11,70	6,63	3,57	2,39	3,20
Tb	0,44	0,39	0,32	0,12	0,41	0,37	0,55	0,86	0,60	0,85	0,61	0,38	0,40	0,82	1,91	1,05	0,53	0,32	0,49
Dy	2,65	2,46	1,72	0,69	2,24	2,18	3,44	4,89	3,22	4,77	3,76	2,65	2,36	4,26	10,70	5,97	2,78	1,65	2,77
Ho	0,52	0,55	0,38	0,15	0,46	0,45	0,75	0,96	0,65	0,95	0,84	0,75	0,48	0,81	2,19	1,17	0,57	0,30	0,54
Er	1,56	1,90	1,24	0,46	1,47	1,48	2,52	2,85	1,99	2,90	2,87	2,90	1,58	2,23	6,53	3,58	1,80	0,85	1,62
Tm	0,28	0,34	0,22	0,07	0,22	0,26	0,44	0,47	0,31	0,46	0,48	0,57	0,28	0,35	1,10	0,59	0,29	0,12	0,26
Yb	2,21	2,46	1,66	0,49	1,49	1,97	3,19	3,24	2,23	3,33	3,25	4,46	2,02	2,27	7,44	3,95	2,01	0,75	1,83
Lu	0,36	0,41	0,30	0,09	0,25	0,31	0,52	0,52	0,39	0,52	0,55	0,86	0,36	0,36	1,18	0,62	0,36	0,12	0,31
Hf	9,50	5,60	12,9	3,50	9,70	8,20	9,20	8,00	8,60	7,30	14,0	13,8	11,5	4,80	7,00	5,70	5,40	4,80	3,80
Ta	3,14	1,74	2,00	1,10	2,50	3,05	2,97	2,78	2,10	2,60	3,10	1,40	2,97	2,04	2,52	1,89	1,90	1,87	1,53
W	4,50	17,6	8,80	7,30	21,4	12,0	9,60	7,70	19,0	3,30	7,40	7,50	7,30	2,10	3,60	20,60	5,30	7,50	11,90
Tl	0,82	3,93	0,10	0,10	0,10	0,85	2,09	1,82	b.d.	0,10	b.d.	0,20	2,34	1,11	1,02	2,30	2,42	2,06	1,59
Pb	26,0	109,	18,7	15,3	35,1	29,0	87,0	40,0	11,8	13,1	12,8	20,1	18,0	36,00	35,00	66,00	48,0	37,00	463,0
Bi	0,20	4,00	0,70	0,40	0,20	0,40	2,70	0,20	0,10	0,20	0,20	0,90	0,20	<0,1	0,50	0,40	0,30	0,10	32,40
Th	64,3	82,1	108,	65,3	63,0	65,4	154,	57,2	94,4	40,9	90,5	116,	125,	36,10	43,80	48,90	84,5	101,0	53,80
U	13,8	13,8	13,8	6,00	16,6	4,94	11,2	16,0	10,9	14,4	15,3	19,5	7,15	9,46	35,70	16,10	17,8	26,40	14,50
ΣREE	263,	394,	273,	140,	252,	258,	408,	431,	292,	447,	254,	163,	205,	414,1	452,2	311,9	534,	282,2	273,6

Tablo 4.4. Davulalan A-tipi granitoyid ilişkili Cu, Mo, Pb, Zn ve REE cevherleşmeleri Canbaz O. Ve Gökçe A. Çalışmasına ait jeokimya verileri.

	Altere Kayaçlar							Siyenitoiddeki Damar/Damarcıklar					Mermerlerdeki Damarlar			
	D-28a	D-28c	D-31	D-33d	D-79	D-80	D-95	D-25	D-91	D-105	D-101	D-104	D-40	D-57b	D-58	D-63
SiO2	65,63	68,24	76,56	69,05	69,91	72,19	63,6	n.a.	67,25	67,36	84,99	10,90	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Al2O3	16,95	14,5	11,75	15,21	16,62	15,15	17,53	n.a.	17,85	16,57	2,20	0,16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fe2O3(T)	2,03	1,21	1,68	3,19	2,28	1,36	2,59	n.a.	1,90	1,31	1,26	1,50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
MnO	0,02	0,014	0,01	0,011	0,009	0,009	0,108	n.a.	0,02	0,04	0,01	0,25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
MgO	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	n.a.	0,04	0,11	0,05	0,78	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
CaO	0,47	2,53	0,11	0,15	0,5	0,15	2,02	n.a.	1,00	0,87	7,57	51,40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Na2O	4,76	3,91	3,81	4,93	0,33	4,81	0,48	n.a.	0,44	4,00	0,04	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
K2O	7,15	6,37	4,38	5,07	6,96	5,85	9,55	n.a.	7,71	8,69	0,59	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
TiO2	0,127	0,134	0,067	0,174	0,194	0,203	0,371	n.a.	0,32	0,24	0,01	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
P2O5	<0,01	0,03	<0,01	0,03	0,02	0,02	0,12	n.a.	0,07	b.d.	b.d.	0,02	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
LOI	1,54	1,58	0,68	1,27	3,8	0,93	4,52	n.a.	4,15	1,52	3,77	27,81	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total	98,72	98,55	99,09	99,12	100,7	100,7	100,9		100,80	100,70	100,50	92,87				
Sc	<1	<1	<1	1	1	<1	2	9,70	2,00	b.d	b.d	b.d.	3,20	b.d.	2,90	10,80
Be	4	4	8	7	6	5	5	5,00	3,00	7,00	3,00	b.d.	2,00	4,00	20,00	b.d.
V	29	22	20	55	22	15	40	69,00	33,00	15,00	11,00	b.d.	78,00	16,00	44,00	12,00
Cr	50	30	40	30	30	30	20	48,00	30,00	20,00	50,00	b.d.	28,00	21,00	16,00	b.d.
Co	1	<1	<1	<1	3	<1	1	<1	b.d	b.d	3,00	b.d.	b.d.	b.d.	8,00	b.d.
Ni	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	22,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	7,00	8,00	24,00	b.d.
Cu	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	9,00	5,00	5,00	60,00	40,00	49,00	36,00	34,00	3,00
Zn	280	<30	<30	<30	<30	<30	50	745,00	15	15	150,00	60,00	75,00	25,00	349,00	35,00
Ga	21	15	19	22	26	21	21	b.d.	22,00	24,00	4,00	1,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Ge	1	0,9	1,6	1,4	1,4	1,5	1	b.d.	1,20	1,00	2,40	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
As	6	8	<5	<5	6	<5	<5	12,80	2,50	2,50	22,00	2,50	8,30	3,70	4,80	b.d.
Rb	372	283	282	259	422	314	425	221,00	425,00	452,00	35,00	b.d.	124,00	587,00	308,00	b.d.
Sr	185	155	29	41	40	65	122	292,00	77,00	136,00	47,00	639,00	655,00	234,00	92,00	4200,00
Y	9,8	22,3	9,4	20,5	15,9	19,3	28,9	27,00	25,70	26,60	11,80	32,70	27,00	17,00	5,00	15,00
Zr	330	276	180	431	323	271	516	b.d.	457,00	487,00	81,00	12,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
Nb	22	25,4	21,2	37,7	43,7	40,1	48,7	b.d.	44,20	61,20	7,80	20,50	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.

	Altere Kayaçlar										Siyenitoiddeki Damar/Damarcıklar					Mermerlerdeki Damarlar			
	D-28a	D-28c	D-31	D-33d	D-79	D-80	D-95	D-25	D-91	D-105	D-101	D-104	D-40	D-57b	D-58	D-63			
Mo	7	4	7	12	6	4	9	104,00	5,00	4,00	42,00	12,00	18,00	4,00	308,00	b.d.			
Ag	1	0,9	<0,5	1,2	0,9	0,8	1,5	8,20	1,40	2,00	0,80	0,60	1,20	0,60	0,70	1,80			
In	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Sn	2	2	2	4	4	3	5	<0,01	4,00	4,00	1,00	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Sb	1,4	2,6	1,5	0,8	3,1	1,1	0,9	2,30	1,00	0,40	13,70	0,60	0,20	b.d.	0,80	b.d.			
Cs	4,4	4	3,2	2,8	3,9	3,8	5,3	<1	5,20	4,40	2,00	b.d.	b.d.	3,00	6,00	b.d.			
Ba	282	363	105	313	120	213	483	<50	298,00	269,00	27,00	28,00	b.d.	260,00	b.d.	b.d.			
La	64	211	29,2	86	29,4	80,1	71,7	409,00	97,00	95,70	17,50	71,90	60,10	30,90	21,80	247,00			
Ce	92,3	266	34,6	142	80,3	112	159	393,00	164,00	138,00	26,60	104,00	57,00	52,00	27,00	284,00			
Pr	6,65	19,5	4,2	10,2	5,09	13	16,7	n.a.	15,70	13,80	2,51	10,10	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Nd	16,4	47,3	12,2	25,6	14,3	35,8	51,6	71,00	46,60	38,00	7,70	31,30	b.d.	b.d.	8,00	43,00			
Sm	1,66	4,86	1,73	3,44	2,06	4,63	7,25	5,00	6,33	4,58	0,97	3,94	2,80	1,30	0,40	4,90			
Eu	0,28	0,69	0,223	0408	0,238	0404	0,935	<0,2	0,86	0,47	0,19	0,88	b.d.	b.d.	b.d.	1,00			
Gd	1,15	3,07	1,17	2,32	1,42	3,02	4,88	n.a.	3,97	3,13	0,86	3,21	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Tb	0,19	0,47	0,21	0,42	0,26	0,49	0,76	<0,5	0,63	0,53	0,17	0,57	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Dy	1,21	3,08	1,44	2,96	1,79	2,87	4,35	n.a.	3,65	3,26	1,12	3,78	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Ho	0,29	0,68	0,35	0,7	0,42	0,58	0,91	n.a.	0,77	0,71	0,24	0,88	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Er	1	2,52	1,33	2,61	1,4	1,87	2,86	n.a.	2,29	2,44	0,74	3,25	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Tm	0,172	0423	0,247	0503	0,248	0316	0,537	n.a.	0,38	0,47	0,12	0,55	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Yb	1,4	3,01	2,25	3,84	2,05	2,36	3,93	2,30	3,00	3,52	0,76	3,97	1,50	1,60	0,60	b.d.			
Lu	0,258	0468	0,377	0638	0,369	0404	0,638	0,13	0,49	0,61	0,11	0,62	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Hf	6,3	6	5	8,2	9,2	6,3	10,6	<1	10,80	12,10	2,70	0,80	3,00	12,00	b.d.	b.d.			
Ta	1,36	1,36	1,11	2,23	2,69	3,07	3,4	<0,5	2,87	3,59	0,38	0,63	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
W	7,6	9,2	4,7	5,4	24,6	10,4	11,7	<1	10,20	6,30	1,30	3,30	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.			
Tl	1,76	1,55	1,41	1,57	1,98	1,58	2,27	0,17	2,25	1,92	0,54	0,09	0,08	0,03	0,02	0,01			
Pb	46	29	13	18	25	27	40	3600,00	36,00	33,00	694,00	1190,00	305,00	379,00	1790,00	219,00			
Bi	1,9	2,3	0,2	1	0,5	0,6	1	145,00	0,20	0,10	15,90	78,10	45,00	b.d.	52,00	b.d.			
Th	93,5	93,4	68	115	115	80	65,7	21,50	105,00	175,00	16,70	4,04	5,60	49,90	1,40	10,00			
U	9,11	5,62	5,47	7,58	7,25	5,69	11,7	29,80	12,90	24,40	48,00	49,50	3,70	7,50	6,50	b.d.			
ΣREE	187,0	563,1	89,5	281,6	139,3	257,8	326,1	880,43	345,67	305,21	59,60	238,95	121,40	86,00	57,80	579,90			

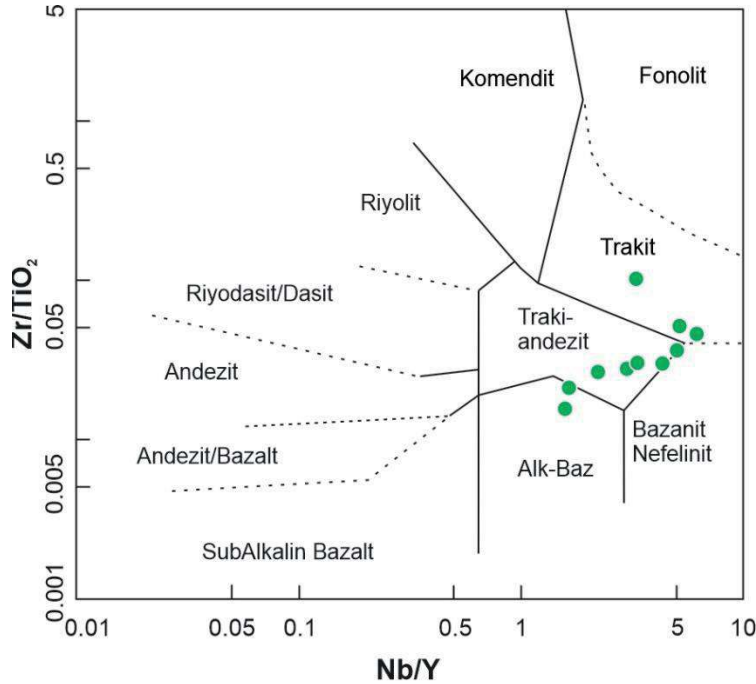
5. TARTIŞMA

Bahse konu çalışma ile tarafımızdan yapılan jeolojik araştırmalar neticesinde jeokimyasal olarak benzer verilerin elde edildiği gözlemlenmiş olup benzer veriler ışığında çalışma alanımıza ait petrografik, jeokimyasal veri sonucunda şu sonuçlar tartışılabilir.

Syenitoid, alkali bileşimli siyenit ve kuvars-siyenit ve kalsik bileşimli nefelin-siyenit kayaçlarından oluşur.

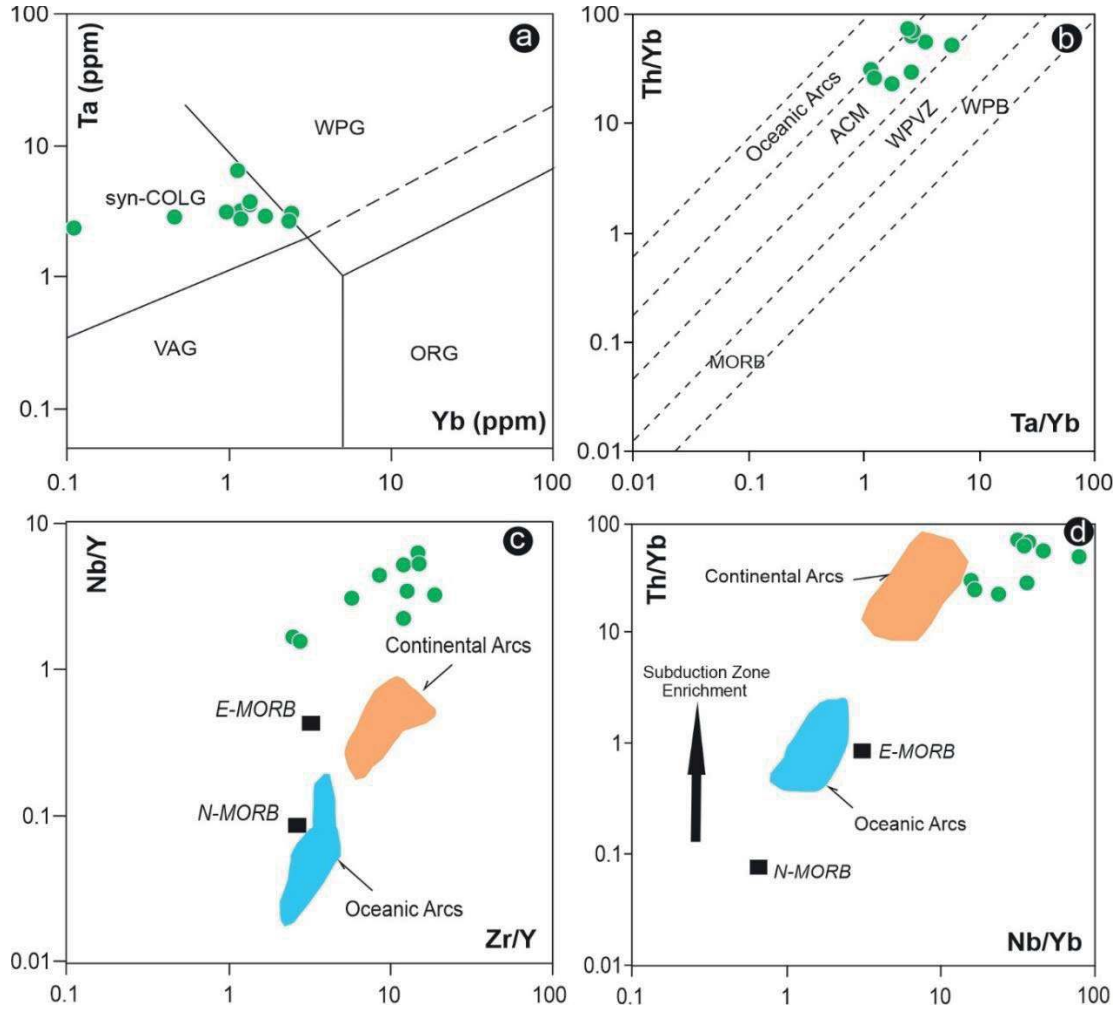
Mermerlerin syenitoid merkezinde ve temas bölgelerinde yer alan Cu (60 ppm'e kadar), Mo (308 ppm'e kadar), Pb (3600 ppm'e kadar), Zn (745 ppm'e kadar) ve REE'ler (1200 ppm'e kadar) taşıyan damar ve damarcıklar (stoklar) olmak üzere iki tip mineral oluşumu görülür. Mikroskobik olarak damarlar arasında bulunan örneklerde argillizasyon, serisitizasyon, kloritizasyon, karbonizasyon ve silisifikasyon yapılmaktadır. Damarlar ve damarcıklar esas olarak cevher mineralleri olarak galen, kalkopirit, pirit, manyetit, hematit ve gang mineralleri olarak kalsit, florit ve kuvars içerir. Okyanus Adası Bazalt (OIB) bileşimine benzerliği, güçlü bir şekilde evrimleşmiş ve fraksiyonlanmış, muhtemelen yüksek oksijen fugasitesi nedeniyle, syenitoid Cu, Mo, Pb, Zn ve REE'ler açısından üretken olarak tanımlanabilir.

Yapmış olduğumuz jeokimya çalışması sonucu elde ettiğimiz grafik ve tablolara ait sonuç ve yorumlamaları aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 5.2. ZR/TiO₂ –Nb/Y alkali subalkali sınıflama diyagramı. (Winchester ve Floyd, 1977).

Bu diyagram kayaçların alkali ve subalkali karakterlerini belirlemek için kullanılır. Bu tür diyagramlar, magmatik kayaçların kimyasal bileşimlerini sınıflamak için kullanılmaktadır. Diyagramdaki bölgeler, farklı kayaç türlerini (örneğin andezit, bazanit, traki-andesit vb.) ayırt etmeye yardımcı olur. Burada örneklemelerimizin alkali karakterde olduğunu ve Trachy andesite bileşimine benzer bir kimyasal özellik gösterdiği görülmekte olup Trachyte nin karşılığının siyenit olduğu bilinmektedir.



Şekil 5.3. Kayaçların kökeni ve oluşum ortamını gösterir diyagramlarımız. (Davulalan Plütönu magmatitlerinde a) Granitik kayaçların tektonik ortam ayırtman diyagramı (Pearce vd., 1984). b) Jeotektonik sınıflama diyagramı (Schandl ve Gorton, 2002). c) Nb/Y ve Zr/Y ve d) Th/Yb ve Nb/Yb diyagramları.)

A diyagramı için Ta ve Yb elementlerinin ppm (milyonda bir) cinsinden kayaçların oluşum ortamlarını ayırt etmede kullanılır. syn-COLG bölgesi kıtasal çarpışma ile ilgili magmatizmayı temsil eder. VAG (Volkanik Ark Granitoidleri), ORG (Orta Okyanus Sırtı

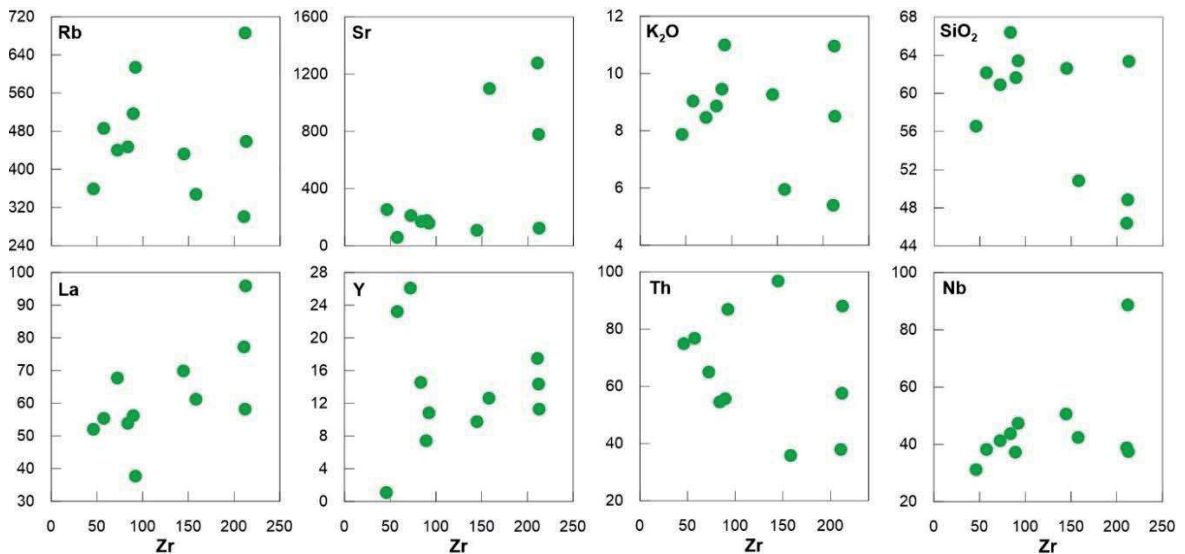
Granitoidleri) gibi farklı bölgeler kayacın oluştuğu farklı tektonik ortamları gösterir. Mevcut diyagramımızda yeşil noktaların çoğu syn-COLG bölgesinde görülmesi bölgemizin çarpışma ile eş zamanlı oluştuğunu ifade etmektedir.

C diyagramı kayaçların oluşum ortamını belirlemek için kullanılan Zr ve Y element oranlarının kullanıldığı diyagramdır. E-MORB (Zenginleşmiş Okyanus Sırtı Bazaltı), N-MORB (Normal Okyanus Sırtı Bazaltı) ve Continental Arcs (Kıtasal Arklar) gibi bölgeler bulunmaktadır. Yeşil noktalarımız daha çok Continental Arcs bölgesinde yer almakta olup bu da örneklerimizin kıtasal yay ortamında oluştuğunu gösterir.

B diyagramımız kayaçların kökenini belirlemek için kullanılmaktadır. Burada farklı çizgiler ve bölgeler, Oceanic Arcs (Okyanus Arkları), Continental Arcs (Kıtasal Arkları), WPB (Within Plate Basalts – Levha içi Bazaltlar) ve MORB (Okyanus Sırtı Bazaltları) gibi oluşum ortamlarını temsil ederler. Burada yeşil noktalarımızın çoğunluğu Continental Arcs bölgesinde olup bu örneklerimizin kıtasal yay ortamına ait olduğunu ve jeolojik olarak aktif kıta kenarına düştüğü görülmektedir.

D diyagramımız da kullanılan Nb/Yb ve Th/Yb oranları ile magma kaynak özelliklerini analiz etmektedir. Yeşil noktalarımızın çoğunluğu Continental Arcs ve Subduction Zone Enrichment (Dalma Batma Zonu Zenginleşmesi) bölgelerine yakın yer almaktadır bu da örneklerimizin dalma-batma zonlarından etkilenmiş olduğunu göstermektedir.

Genel olarak burada siyenitlerin dağınık bir şematik diyagram gösteren kısımların açık bir sistemde meydana geldiği ya anklav veya kabuksal kirlenme olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca bu dağınık gözlemler altere olduğunu da ifade etmektedir.



Şekil 5.4. İkili Element Diyagramlarımız.

Bu görüntüde, her biri farklı elementlerin Zr (Zirkonyum) ile ilişkisini gösteren ikili element diyagramları bulunmaktadır. Bu diyagramlar, magmatik kayaların kimyasal bileşimlerindeki element dağılımını inceleyerek, kayaların oluşum süreçleri hakkında bilgi sağlar. Diyagramlarımızı ayrı ayrı ele alırsak:

1. Rb - Zr Diyagramı:

Bu diyagram, Rb (Rubidyum) ve Zr (Zirkonyum) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Rb genellikle magmatik kayalardaki feldispat ve mikalarda yoğunlaşır. Yüksek Rb konsantrasyonları, kayaların daha diferansiye (evrimleşmiş) olduğunu gösterebilir.

2. Sr - Zr Diyagramı:

Sr (Stronsiyum) ve Zr arasındaki ilişkiyi inceler.

Stronsiyum, plajiyoklaz minerallerinde sıkça bulunur ve diferansiyasyon sürecinde değişiklik gösterebilir. Düşük Sr değerleri, plajiyoklaz ayrışımının göstergesi olabilir.

3. K₂O - Zr Diyagramı:

K₂O (Potasyum Oksit) ile Zr ilişkisini analiz eder.

Potasyum oksit, kayaların alkali karakterini anlamada önemlidir. Yüksek K₂O içeriği, alkalin bir karakteri veya kabuksal bir kirlenmeyi işaret edebilir.

4. SiO₂ - Zr Diyagramı:

SiO₂ (Silisyum Dioksit) ve Zr arasındaki ilişkiyi gösterir.

Yüksek SiO₂ içeriği, daha felsik (silis bakımından zengin) kayaları işaret eder ve magmanın daha fazla evrimleştiğini gösterebilir.

5. La - Zr Diyagramı:

La (Lantan) ve Zr ilişkisidir.

Lantan, nadir toprak elementlerinden biridir ve genellikle kayaların orijini hakkında bilgi verir. Yüksek La değerleri, magma kaynak bölgesinin derinlikte daha zengin olduğunu gösterebilir.

6. Y - Zr Diyagramı:

Y (İtiryum) ve Zr arasındaki ilişkiyi inceler.

İtiryum, nadir toprak elementleriyle birlikte davranır ve bu diyagram, magma kaynak alanının derinlik ve bileşimi hakkında bilgi sağlayabilir.

7. Th - Zr Diyagramı:

Th (Toryum) ve Zr ilişkisidir.

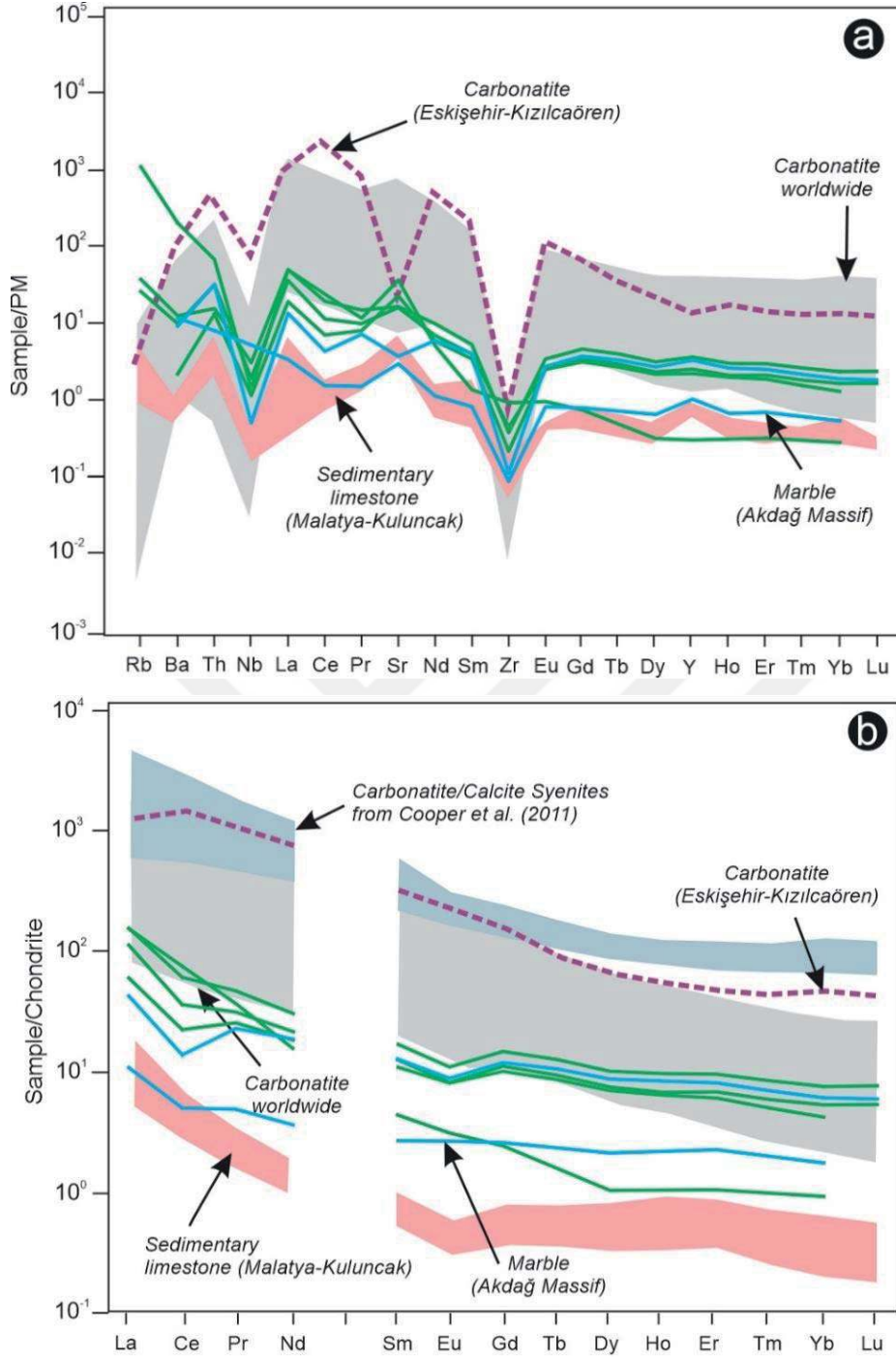
Toryum, kayaların radyojenik element içeriği hakkında bilgi verir. Yüksek Th içeriği, kabuksal kirlenmeyi veya kontaminasyonu gösterebilir.

8. Nb - Zr Diyagramı:

Nb (Niyobyum) ve Zr arasındaki ilişkiyi gösterir.

Niyobyum, kayaçların alkalinite seviyesini belirlemede kullanılır. Yüksek Nb/Zr oranları, alkalin bir karakteri gösterebilir.

Özet olarak Bu diyagramlar, farklı elementlerin Zr ile olan ilişkisini inceleyerek kayaçların kimyasal özelliklerini ortaya koymaktadır. Özellikle, yüksek Rb, K₂O ve Th içerikleri, kabuksal kirlenme ve açık sistem süreçlerinin varlığını işaret etmekte olup, aynı zamanda, bu dağılımlar kayaçların alkalin karakterde olduğunu ve muhtemelen farklılaşmış magmatik süreçlerden geçtiğini göstermektedir. Bu tür diyagramlar, magmatik kayaçların kaynak bölgesinin yapısı, oluşum ortamı ve evrimsel süreçleri hakkında detaylı bilgi sunmakta olup ikili element diyagramlarımıza baktığımızda her iki diyagrama göre uyumsuz element diyagramı kimyasal olarak bize ortamın açık bir sistem içerisinde oluştuğuna işaret etmektedir. Burada açık sistemin ise mevcut bulgularımızın kabuksal kirlenme ile oluştuğunu bize göstermektedir.



Şekil 5.5. Jeokimyasal Analiz Sonuçlarının Nadir Toprak Elementleri ile karşılaştırılması.

Davulalan Plütünü karbonatlı birimlerin a) İlk sel mantoya normalize edilmiş çoklu element ve b) Kondrite normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları.

İlksel manto ve kondrit değerleri Sun ve McDonough (1989), dünya geneli karbonatit verileri Çimen vd. (2018, 2019, 2020), Malatya-Kuluncak Karmaşığı sedimanter kökenli karbontları Çimen vd. (2020), Karaçayır Karmaşığı karbonatit/kalsit siyenitleri Cooper vd. (2011), Eskişehir-Kızılcaören Kompleksi karbonatit verileri Çimen vd. (2020)'e göreler. Kesikli mavi çizgiler Akdağ masifi mermerlerini (bu çalışmayı) göstermektedir.

Bu diyagramlar, jeokimyasal analiz sonuçlarını gösteriyor ve karbonatit, sedimanter kireçtaşı ve mermer gibi kayaların nadir toprak elementleri (REE) ve diğler elementler açısından örnek/profil değerlerini karşılaştırmaktadır.

Üst Diyagram (a):

Yatay eksenle, nadir toprak elementleri (REE) ve diğler bazı iz elementler yer almakta (örneğin, Rb, Ba, Th, Nb, La vb.) olup dikey eksenle ise örneklerin ilksel manto (primitive mantle, PM) değerlerine göre normalize edildiğini gösterir.

Alt Diyagram (b):

Bu diyagramda da benzer bir karşılaştırma yapılmış, ancak bu sefer ilksel manto değerlerine değil, kondrit (chondrite) değerlerine göre normalize edilmiş bir analiz diyagramı mevcut olup burada da karbonatit, sedimanter kireçtaşı ve mermerin dünya genelindeki diğler karbonatitlerle karşılaştırmasını içerir.

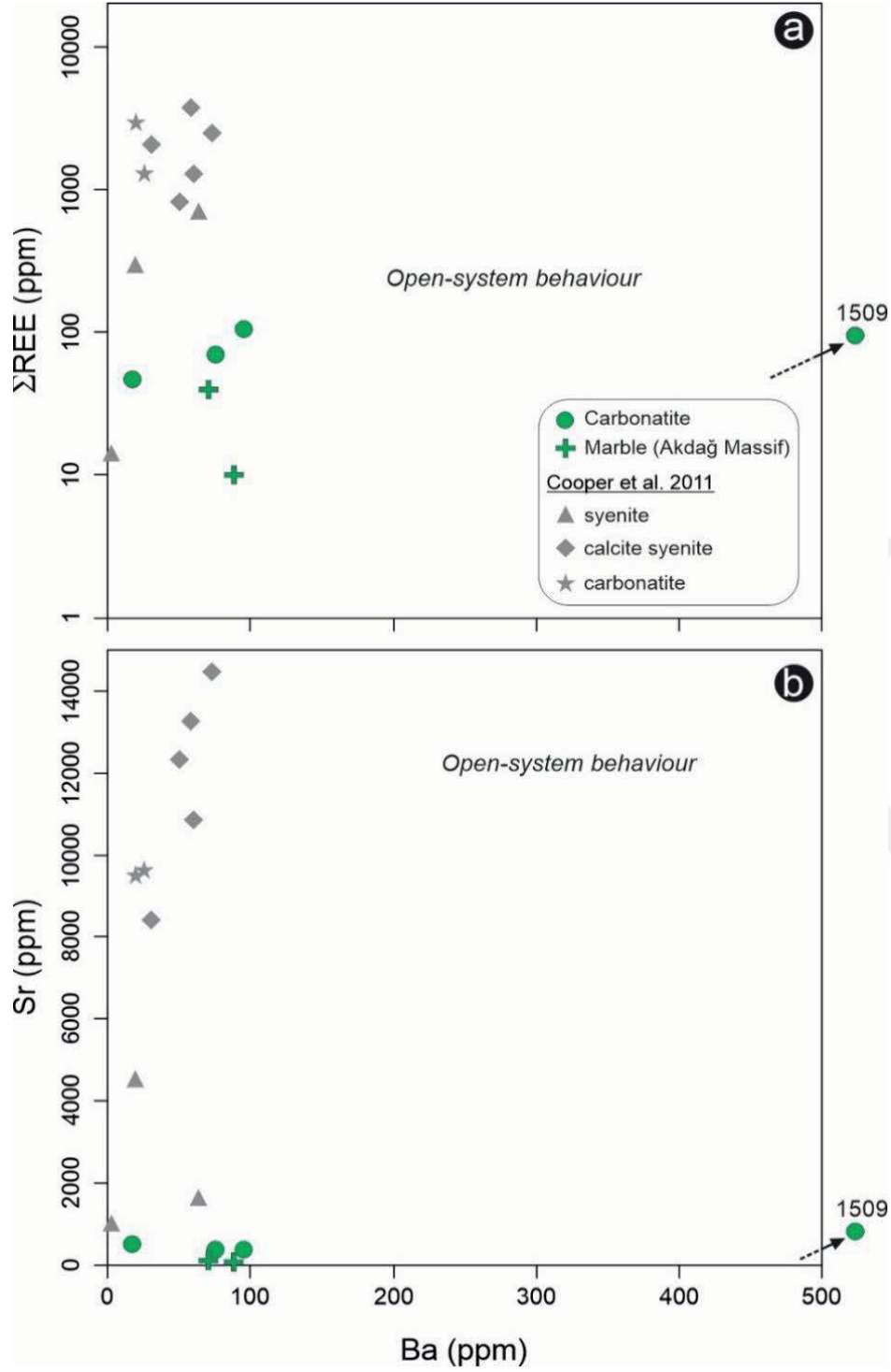
Her iki diyagramlarımızda da dünya genelindeki karbonatitlerin NTE dağılımları multielement olarak görülmekte olup;

Bizim almış olduğumuz örneklemelerimiz olan yeşil çizgiler siyenitlerin içerisindeki karbonatları temsil etmektedir.

Buradaki mavi kısımlar mermeri temsil etmektedir.

Dağılımları genel olarak incelediğimizde almış olduğumuz örneklerimizin karbonatitden ziyade bir şekilde mermerler ile uyumlu dağılımlar gösterdiğini gözlemliyoruz.

Burada bize iki ihtimal olarak öne çıkan ya mermerin anklavı veya magmatik bir sokulumdan ziyade hidrotermal karbonat ile uyumlu olduğudur.



Şekil 5.6. Örneklerimizin Jeokimyasal Dağılım grafikleri

Bu diyagramlar, çeşitli kayaç türlerinin element içeriğini ve jeokimyasal davranışlarını gösteren dağılım grafikleridir.

Diyagram (a):

Y eksenini, toplam nadir toprak elementlerinin (ΣREE) konsantrasyonunu ppm (milyonda bir parça) cinsinden göstermekte olup X eksenini ise baryum (Ba)

konsantrasyonunu ppm cinsinden göstermektedir. “Open-system behaviour” ifadesi, bu diyagramda kayaçların açık sistem koşullarında, yani element alışverişine açık ortamda davrandığını ifade etmektedir.

Karbonatit örneklerinden biri (numarası 1509 olan örnek), oldukça yüksek bir ΣREE ve Ba konsantrasyonuna sahiptir ve açık sistem davranışına örnek olarak gösterilir.

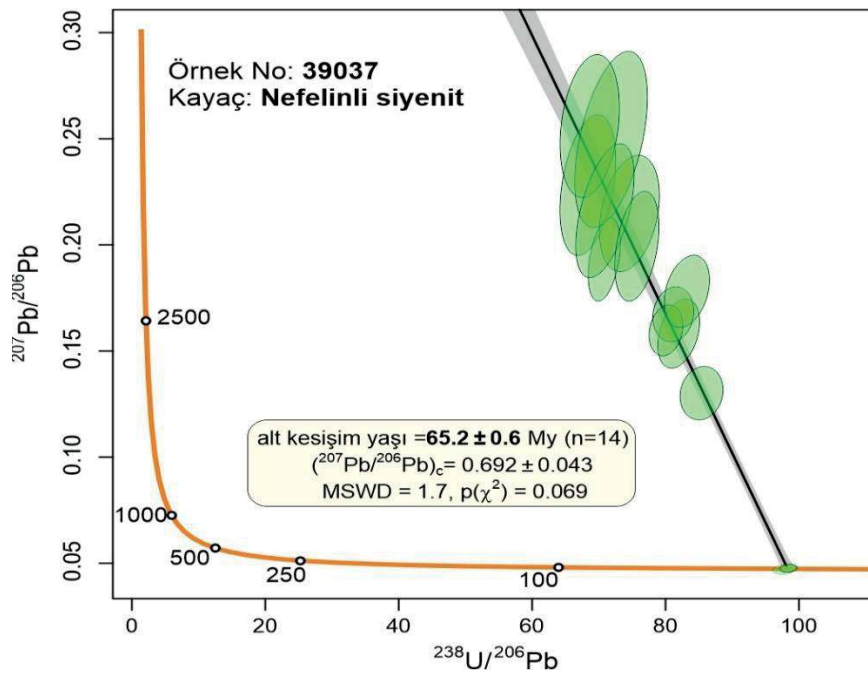
Diyagram (b):

Bu diyagram, stronsiyum (Sr) ve baryum (Ba) elementlerinin konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi ppm cinsinden göstermektedir.

Y ekseninde Sr, X ekseninde Ba konsantrasyonu yer alır. Bu diyagram da “Open-system behaviour” başlığı altında yer almakta olup, Sr ve Ba açısından açık sistem davranışının analizini sunar. Aynı şekilde, karbonatit, mermer ve Cooper et al. (2011) çalışmasındaki siyenit, kalsit siyenit ve karbonatit örnekleri bulunmaktadır.

Özet olarak bu kısımdaki grafiklerimizde elde ettiğimiz düşük ppm değerindeki NTE değerleri 100 ppm altı ve 800 ppm altı olması bizi doğrular nitelikte olduğunu göstermektedir.

Ayrıca burada Ba ile karşılaştırmamızın sebebi Nadir Toprak Elementlerini sedimanterden ayıran özelliğinin yüksek Ba içeriği olmasıdır.



Şekil 5.7. Davulalan Plütону nefelinli siyenit örneğinin zirkon Uranyum-Kurşun diskordia (Tera-Wasserburg) yaş diyagramı.

Bu diyagram, bir jeokronoloji çalışmasında kullanılan bir “Tera-Wasserburg” diyagramıdır ve kayaçların yaşını belirlemek için uranyum-kurşun (U-Pb) izotop sistemi kullanılmıştır.

Diyagramın Analizi:

Y Eksenini ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) ve X Eksenini ($^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$) izotop oranlarını göstermektedir.

Alt kesişim noktasının yaşını gösterir durumda, yaş 65.24 ± 0.6 milyon yıl olarak belirlenmiştir ve 14 veri noktasına (n=14) dayanmaktadır.

“MSWD = 1.7, $p(\chi^2) = 0.069$ ”: MSWD (Mean Square of Weighted Deviates) değeri, veri noktalarının uyumunu gösterir. 1’e yakın bir değer, verilerin iyi uyum sağladığını ifade eder. p-değeri ise bu uyumun istatistiksel anlamını verir. 0.069, kabul edilebilir bir değerdir ve modelin geçerli olduğunu gösterir.

Diyagramda özet olarak Tera-Wasserburg diyagramı, numunenin U-Pb izotop oranlarından elde edilen yaşının siyenitler üzerinde yapmış olduğumuz yaş sonucuna göre bu plütonun 65 My kristallenme yaşı olarak tarafımızdan teyit edilmiş olup bu yaş da üst kretase paleosen dönemine tekabül etmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, Davulalan Plütönu'nun jeolojik, petrografik, jeokimyasal, tektonik ve ekonomik özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Arazi gözlemleri, laboratuvar analizleri, jeokimyasal değerlendirmeler ve petrografik çalışmaların sonuçları bir araya getirilerek bölgenin jeolojik geçmişi, magmatik evrimi ve ekonomik potansiyeli ortaya konulmuştur. Bu bulguların özet değerlendirmesi aşağıdaki gibidir:

Plütönu Jeolojik ve Tektonik Özellikleri: Davulalan Plütönu, Neo-Tetis Okyanusu'nun kapanışı ile ilişkili olarak, çarpışma sonrası tektonik rejimde gelişen alkalen karakterli magmatik bir intrüzyon olarak tanımlanmıştır.

Bölgenin jeolojik konumu, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi ile tutarlıdır ve magmatizmanın, kabuk-manto etkileşimleri sonucu ortaya çıktığını göstermektedir.

Plütönu çevresinde bulunan metamorfik ve sedimanter birimler, intrüzyonun bölgesel jeotektonik evrimde oynadığı rolü daha iyi anlamamıza olanak tanımaktadır.

Petrografik Çalışmalar: Arazi ve mikroskopik incelemeler, plütönuun ağırlıklı olarak siyenit, nefelinli siyenit ve monzonit gibi kayalardan oluştuğunu göstermektedir.

Bu kayalarda alkali feldispat, kuvars ve plajiyoklaz gibi minerallerin hâkim olduğu; biyotit, amfibol ve nadir olarak piroksen gibi mafik minerallerin eşlik ettiği belirlenmiştir.

Kayaların dokusal özellikleri, magmatik ayrışma ve hidrotermal süreçlerin etkilerini açıkça yansıtmaktadır. Bu durum, plütönuun karmaşık bir magmatik evrim sürecine işaret etmektedir.

Jeokimyasal ve İzotopik Bulgular: Jeokimyasal analizler, Davulalan Plütönu'nun alkalen karakterini ve çarpışma sonrası granitoyitlere benzer özellikler taşıdığını ortaya koymuştur.

Zirkon U-Pb yaşlandırma çalışmaları, plütönuun Üst Kretase Paleosen dönemine tarihlendiğini (65 milyon yıl) göstermektedir.

İz element analizi, plütönuun oluşumu sırasında hem mantodan türeyen malzemenin hem de kabuksal bileşenlerin katkıda bulunduğunu işaret etmektedir.

Özellikle negatif Eu anomalisi, plütönuun fraksiyonel kristalleşme süreçlerinden geçtiğini ve magmanın farklılaşma derecesinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Nadir Toprak Elementleri (NTE) ve Ekonomik Potansiyel: Plütönda belirlenen siyenitler ve karbonatlı damarlar, potansiyel olarak ekonomik değer taşıyan Nadir Toprak

Elementleri (NTE) içermektedir. Ancak bu zenginleşmenin ekonomik olarak değerlendirilmesi için daha detaylı saha ve laboratuvar çalışmaları gereklidir.

Karbonat damarlarının jeokimyasal özellikleri, bunların çevredeki sedimanter kayalardan türediğini ve magmatik bir kaynakla doğrudan ilişkili olmadığını göstermektedir.

A-tipi granitoyit özellikleri, plütonun NTE açısından zenginleşme potansiyeline sahip olduğunu ancak bu potansiyelin yerel cevherleşme süreçleriyle sınırlandığını göstermektedir.

Hidrotermal Süreçler: Plütonun hidrotermal evrimi, florit ve mangan içeren damar ve breş oluşumları ile desteklenmiştir. Bu zonlarda granat, epidot ve piroksen gibi minerallerin varlığı dikkat çekicidir.

Skarn zonları, hidrotermal süreçlerin metalik mineraller açısından değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu süreçler, bölgenin mineral zenginliği ve potansiyel ekonomik katkıları hakkında umut verici bilgiler sunmaktadır.

Bu sonuçlar, Davulalan Plütonu'nun jeolojik ve ekonomik potansiyelini kapsamlı bir şekilde özetlemekte ve bölgeye yönelik gelecek araştırmalara yön vermektedir. Bu çalışmanın hem akademik hem de endüstriyel fayda sağlayacak nitelikte bir temel oluşturduğu düşünülmektedir.

Yapmış olduğumuz jeokimyasal işlemler ve elde ettiğimiz veriler ışığında sonuç olarak şu kanıya varabiliriz.

Burada Siyenit mermeri keserken içerisine mermeri anklav parçası olarak almış olabilir veya bunlar hidrotermal karbonatlar olabilir. Her iki ihtimalde de mantodan ziyade kabuksal kirlenmenin olduğu görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ağrılı, H., Çolak, T., Çimen, O., Corcoran, L., Kuebler, C., Simonetti, S., Simonetti, A., Çubuk, Y., İnal, S., Ünal, M., Dönmez, C. 2021. Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'ndeki Karaçayır karbonatitinin (Sivas, Türkiye) duraylı ve radyojenik izotop sistematiği: Çarpışma sonrası tektonik bir ortam içerisinde manto kaynağı heterojenliği ve geri dönüşmüş kabuksal karbonun dahiliyeti üzerine kanıtlar” *Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 24-28 Mayıs 2021, Ankara, Türkiye.
- Alan F. Cooper, Durmus Boztuğ, J. Michael Palin, Candace E. Martin, Mihoko N. 2011 Petrology and petrogenesis of carbonatitic rocks in syenites from central Anatolia, Turkey. *Contrib Mineral Petrol* 161:811–828.
- Alparslan, M., 1993. Yıldızeli yöresinin petrografik incelenmesi. *Doktora Tezi*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Alpaslan, M. 2000, “Mineralogical - Petrographical and Geochemical Aspects of the Pazarcık Volcanics (Yıldızeli - Sivas) . *Geological Bulletin of Turkey* 43, 2.
- Alpaslan, M., Boztuğ, D. 1997, The co-existence of the syncolg and post-colg plutons in the Yıldızeli Area (W-Sivas), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6, 1-12.
- Boztuğ D., Greg B. 2007 Arehart, Oxygen and sulfur isotope geochemistry revealing a significant crustal signature in the genesis of the post-collisional granitoids in central Anatolia, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 2.
- Boztug, D., Turksever, E., Heizler, M., Jonckheere, R., Tichomirowa, M.. 2009. Pb-207-Pb-206, Ar-40-Ar-39 and Apatite fission-track geothermochronology revealing the emplacement, cooling and exhumation history of the Karacayır Syenite (N Sivas), East-Central Anatolia, Turkey. *Turkish journal of earth sciences*. 18. 109-125. 10.3906/yer-0806-4.
- Boztuğ, D., Jonckheere, R.C., Heizler, M., Ratschbacher, L., Harlavan, Y., Tichomirova, M. 2009a. Timing of post-obduction granitoids from intrusion through cooling to exhumation in central Anatolia, Turkey, *Tectonophysics*, 473, 1-2, 223-233.
- Boztuğ, D., Türksever, E., Heizler, M., Jonckheere, R.C., Tichomirowa, M. 2009b. ^{207}Pb - ^{206}Pb , ^{40}Ar - ^{39}Ar and apatite fission-track geothermochronology revealing the emplacement, cooling and exhumation history of the Karacayır Syenite (N Sivas), East Central Anatolia, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 109-125.
- Boztuğ, D.1998, Post-collisional central Anatolian alkaline plutonism, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7, 145-165.

- Canbaz O., Gökce, A.** 2022 Davulalan A-type granitoid-associated Cu, Mo, Pb, Zn, and REEs mineralization, Central Anatolia, Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 1,196.
- Chakhmouradian, A.R., Reguir, E.P., Zaitsev, A.N., Coueslan, C., Xu, C., Kynicky, J., Mumin, H., Yang, P.** 2017. Apatite in carbonatitic rocks: Compositional variation, zoning, element partitioning and petrogenetic significance. *Lithos*, 274-275, 188-213.
- Cimen, O., Ağrılı, H., Kuebler, C., Simonetti, A., Corcoran, L., Simonetti, S., Colak, T., Inal, S., Dönmez, C.** 2022 Geochemical, Isotopic and U-Pb Geochronological investigation of the late cretaceous Karaçayır carbonatite (Sivas, Turkey): insights into mantle sources within a post-collisional tectonic setting. *Ore Geol. Rev.* **2022**.
- Cooper, A.F., Boztuğ, D., Palin, J.M., Martin, C.E., Numata, M.** 2011. Petrology and petrogenesis of carbonatitic rocks in syenites from central Anatolia, Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 161, 811-828.
- Çimen, O., Kuebler, C., Monaco, B., Simonetti, S.S., Corcoran, L., Chen, W., Simonetti, A.** 2018. Boron, Carbon, Oxygen and Radiogenic Isotope Investigation of Carbonatite from the Miaoya complex, central China: Evidences for late-stage REE hydrothermal event and mantle source heterogeneity, *Lithos*, 322, 225-237.
- Çimen, O., Kuebler, C., Simonetti, S.S., Corcoran, L., Mitchell, R., Simonetti, A.** 2019. Combined Boron, Radiogenic (Nd, Pb, Sr), Stable (C, O) Isotopic and Geochemical Investigations of Carbonatites From the Blue River Region, British Columbia (Canada): Implications for Mantle Sources and Recycling of Crustal Carbon. *Chemical Geology*, 529, 119240
- Deniz, K., Kadioğlu, Y.K** 2016 Foid taşıyan alkali kayaların asimilasyonu ve fraksiyonel kristalleşmesi: Buzlukdağ intrüzifleri, Orta Anadolu, Türkiye. *Türk Yer Bilimleri Dergisi*: 25,4.
- Göncüoğlu, M.C.,** 1986. Geochronological data from the southern part (Niğde area) of the Central Anatolian Massif, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, 105-106, 83-96.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, V., Erler, A., Kuşçu, I.** 1991. Orta Anadolu batı kesiminin jeolojisi, Bölüm I, Güney Kesim, *TPAO Rap. No.* 2909, 176.
- İlbeyli, N., Pearce, J.A., Meighan, I.G., Fallick, A.E.** 2009. Contemporaneous Late Cretaceous Calc-alkaline and Alkaline Magmatism in Central Anatolia, Turkey: Oxygen Isotope Constraints on Petrogenesis, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18, 529-547.

Kadıoğlu, Y. K., Dilek, Y., Foland, K. A., 2006. Slab break-off and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian crystalline complex. *Geological Society of America, Special Paper*, 409, 381-415.

Kadıoğlu, Y.K., Dilek, Y., Foland, K.A., 2004. Slab break-off and syncollisional origin of the Late Cretaceous magmatism in the Central Anatolian crystalline complex, Turkey. *4th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, 409, Thessaloniki, Greece, pp.381-415, 2004

MTA. 2002. 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. Ankara, Türkiye.

Saşmaz, A., Yavuz, F. 2007. REE geochemistry and fluid-inclusion studies of fluorite deposits from the Yaylagözü area (Yıldızeli-Sivas) in Central Turkey, *Neues Jahrbuch für Mineralogie*. 183, 2, 215-226.

Winchester, J. A. ve Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343

Pearce vd., (1984). Granitik kayaçların tektonik ortam ayırtman diyagramı.

Schandl ve Gorton., (2002). Jeotektonik sınıflama diyagramı