

T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MUNZUR  
ÜNİVERSİTESİ  
2008

**KARAÇAYIR MAGMATİK KAYAÇLARININ MİNERALojİK VE  
PETROGRAfİK İNCELENMESİ**

**Neslişah AKTAŞ**

**STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ  
UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN**

**Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM**

**TUNCELİ- 2024**

T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KARAÇAYIR MAGMATİK KAYAÇLARININ MİNERALojİK VE  
PETROGRAfİK İNCELENMESİ

Neslişah AKTAŞ  
(200090002)

STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ  
UYGULAMALARI ANABİLİM DALI

DANIŞMAN  
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TUNCELİ- 2024

**T.C.**  
**MUNZUR ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KARAÇAYIR MAGMATİK KAYAÇLARININ MİNERALojİK VE  
PETROGRAfİK İNCELENMESİ**

**Neslişah AKTAŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ**  
**UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

Bu tez 12/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

**İmza:.....**

Prf.Dr. LeylaKALENDER  
(Fırat Üniversitesi)

**BAŞKAN**

**İmza:.....**

Dr.Öğr.Üy. Özlem ERDEM  
(Munzur Üniversitesi)

**DANIŞMAN**

**İmza:.....**

Doç.Dr. Güllü KIRAT  
(Munzur Üniversitesi)

**ÜYE**

Bu tez, Enstitümüz Stratejik Hammaddeler ve İleri Teknoloji Uygulamaları Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Enstitü Müdürü  
Murat KORUNUR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen proje çalışması kapsamında hazırlanmıştır.

**ProjeNo:121Y538**

**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.

12/01/2024

## 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.

Neslişah AKTAŞ

Dr.Öğr.Üyesi Özlem ERDEM

## TEŞEKKÜR

Munzur Üniversitesi yüksek lisans tez çalışmaları kapsamında, ‘‘Nadir Toprak Elementlerce Zenginleşmiş Karacayır Plütonunun Kökeni, Tektono Magmatik Evrimi ve Ekonomik Potansiyeli’’ konusunda yapmış olduğum çalışmalara ilk günden beri yol gösteren, bilgi ve desteğini esirgemeyen yapmış olduğu bilimsel çalışma ve projelerle tezimin tamamlanmasına katkı sağlayan ilk tez danışman hocam Sayın Doç. Dr. Okay ÇİMEN’e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin son aşamasında birlikte çalışıp sonlandırmama yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM’e içtenlikle teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her an ve her koşulda yanımda olan değerli hayat arkadaşım Jeoloji Yüksek Mühendisi Metehan AKTAŞ ve aileme teşekkürü borç bilirim.

**Neslişah AKTAŞ**

**Tunceli,2024**

## İÇİNDEKİLER

<b>ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ</b> .....	<b>I</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>II</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>III</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>IV</b>
<b>TABLOLAR LİSTESİ</b> .....	<b>V</b>
<b>SEMBOLLERLİSTESİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>KISALTMALARLİSTESİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>3</b>
2.1. Laboratuvar Çalışmaları .....	4
2.2. Mineral Ayırma İşlemleri .....	4
2.3. İnce Kesit Laboratuvar İşlemleri .....	5
2.4. Optik Mikroskop Çalışmaları .....	6
2.5. Taramalı Elektron Mikroskop İşlemleri .....	6
<b>3. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>8</b>
3.1.Nadir Toprak Elementleri .....	8
3.2.Nadir Toprak Elementlerinin Kullanım Alanları.....	8
3.3. Türkiye’de Nadir Toprak Elementleri .....	10
<b>4. ARAZİ ÇALIŞMALARI</b> .....	<b>12</b>
<b>5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ</b> .....	<b>15</b>
<b>6. SİVAS-KARAÇAYIR PLÜTONU MİNERALOGİ – PETROGRAFİSİ</b> .....	<b>16</b>
6.1.Karaçayır Nefelin Siyenit .....	16
6.2. Karaçayır Siyenit .....	19
6.3. Karaçayır Monzonit.....	20
6.4. Karaçayır Plütonu Karbonatit Benzeri Oluşumlar.....	21
<b>7. SİVAS-KARAÇAYIR PLÜTONU JEOKİMYASI</b> .....	<b>26</b>
<b>8. TARTIŞMAVEÖNERİLER</b> .....	<b>30</b>
<b>9. KAYNAKLAR</b> .....	<b>32</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	A. Sivas, Yozgat ve Kayseri illeri arasında yer alan ve B. proje kapsamında çalışılması hedeflenen plütonlar (MTA, 2002'den değiştirilmiştir). DAF: Doğu Anadolu Fayı, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, ÖDF: Ölü Deniz Fayı. ....	2
Şekil 2.1.	Zirkon mineralini ayırma işlemindeki işlem sırasına göre akış şeması. ....	5
Şekil 3.2.	NTE Kullanım Oranları(Yıldız,2016) .....	10
Şekil 3.3.	Türkiye'de NTE potansiyeline sahip yatak ve cevherleşmelerin jeolojik konumları MTA Dergisi (2019) .....	11
Şekil 4.1.	Karaçayır Plütonu içerisindeki örnekleme lokasyonları ve jeoloji haritası (Çimen,2022'den değiştirilmiştir).....	12
Şekil 4.2.	Karaçayır Plütonu içerisinde bulunan kayaç türlerine ait arazi görüntüleri.....	13
Şekil 6.1.	Karaçayır Nefelin Siyenitlere ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri .....	17
Şekil 6.2.	Karaçayır Nefelin Siyenitlere ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri .....	18
Şekil 6.3.	Karaçayır Nefelin Siyenitlere ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri .....	18
Şekil 6.4.	Karaçayır Siyenitne ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri .....	19
Şekil 6.5.	Karaçayır Monzoniti'nin polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri. ....	21
Şekil 6.6.	Karaçayır Karbonat zengin kayaçların polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri .....	22
Şekil 6.7.	Karaçayır Karbonat zengin kayaçların polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri .....	23
Şekil 7.1.	Sondaj konumlarını da içeren Sivas-Karaçayır bölgesinin jeoloji haritası.....	27
Şekil 7.2.	Araziden alınan numune örnekleri.....	27
Şekil 7.3.	Numunelerin kırma eleme işlemleri .....	28

## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo 4.1.</b> Arazi gözlemleri esnasında hedef Plütonlardan alınan örnekler ve tanımlamaları .....	14
<b>Tablo 6.1.</b> Proje kapsamında araştırılan Plütonlardan alınan örneklerin mineralojisi ve petrografisi .....	25
<b>Tablo 7.1.</b> Bütçe kapsamında örnekler üzerinde yürütülmesi planlanan analizler ve örnek sayıları.....	26
<b>Tablo 7.2.</b> Jeokimya analiz sonuçları.....	29



## SEMBOLLER LİSTESİ

C	: Karbon
Ce	: Seryum
Dy	: Disprosyum
Er	: Erbiyum
Eu	: Evropiyum
Gd	: Gadolinyum
Ho	: Holmiyum
La	: Lantanyum
Lu	: Lutesyum
Nd	: Neodmiyum
O	: Oksijen
Pm	: Prometyum
Pr	: Prasedmiyum
Sc	: Skandiyum
Sm	: Samaryum
Tb	: Terbiyum
Y	: Yitriyum
Yb	: İterbiyum

## KISALTMALAR LİSTESİ

Ar-Ar	: Argon-Argon Yaşlandırma
NTE	: Nadir Toprak Elementleri
OAKK	: Orta Anadolu Kristalen Kompleksi



## ÖZET

Nadir toprak elementleri birçok jeolojik ortamda ve kaya topluluklarında birincil veya ikincil olarak bulunmasına karşılık, karbonatit oluşumları arama faaliyetleri için önemli hedef kayaları ifade etmektedir.

Magmatik kökeni nedeniyle kökeni henüz tartışmalı olan kaya grubunda makroskobik dokuda büyük kalsit kristallerinin yanı sıra apatit, mika, amfibol, piroksen ve manyetit vb. mineraller de bulunmaktadır. Arazi gözlemlerinde bu kaya tipi yan kayaçlarla kesen ilişki gösteren stok, dayk ve damar tipinde bulunabilmektedir. Geç Kretase yaşlı Karaçayır plütonunda, Sivas ilinin kuzeyinde yer alan Karaçayır ilçesinde gözlenen karbonatit oluşumları, oldukça tipik dokuya sahip karbonatit yüzeylemeleri içermektedir. Dayk ve damar formundaki karbonatit oluşumları, ana kayaç olarak siyenitik kayaçları keser ve çoğunlukla orta ila iri kalsit kristallerinin yanı sıra apatit, mika, amfibol ve manyetit mineralleri içerir. Karbonatit mostralarından toplanan numunelerde makroskobik-mikroskobik gözlemlerin yanı sıra ayrıntılı izotop ve jeokimya çalışmaları ile köken, oluşum ve yaş verileri doğrulanmış olup, bölge Orta Anadolu'nun en tipik karbonatit mostralarna ev sahipliği yapmaktadır.

## ABSTRACT

### **Mineralogical And Petrographical Examination Of Karaçayır Igneous Rocks**

Although rare earth elements are found primarily or secondary in many geological environments and rock communities, carbonatite formations represent important target rocks for exploration activities.

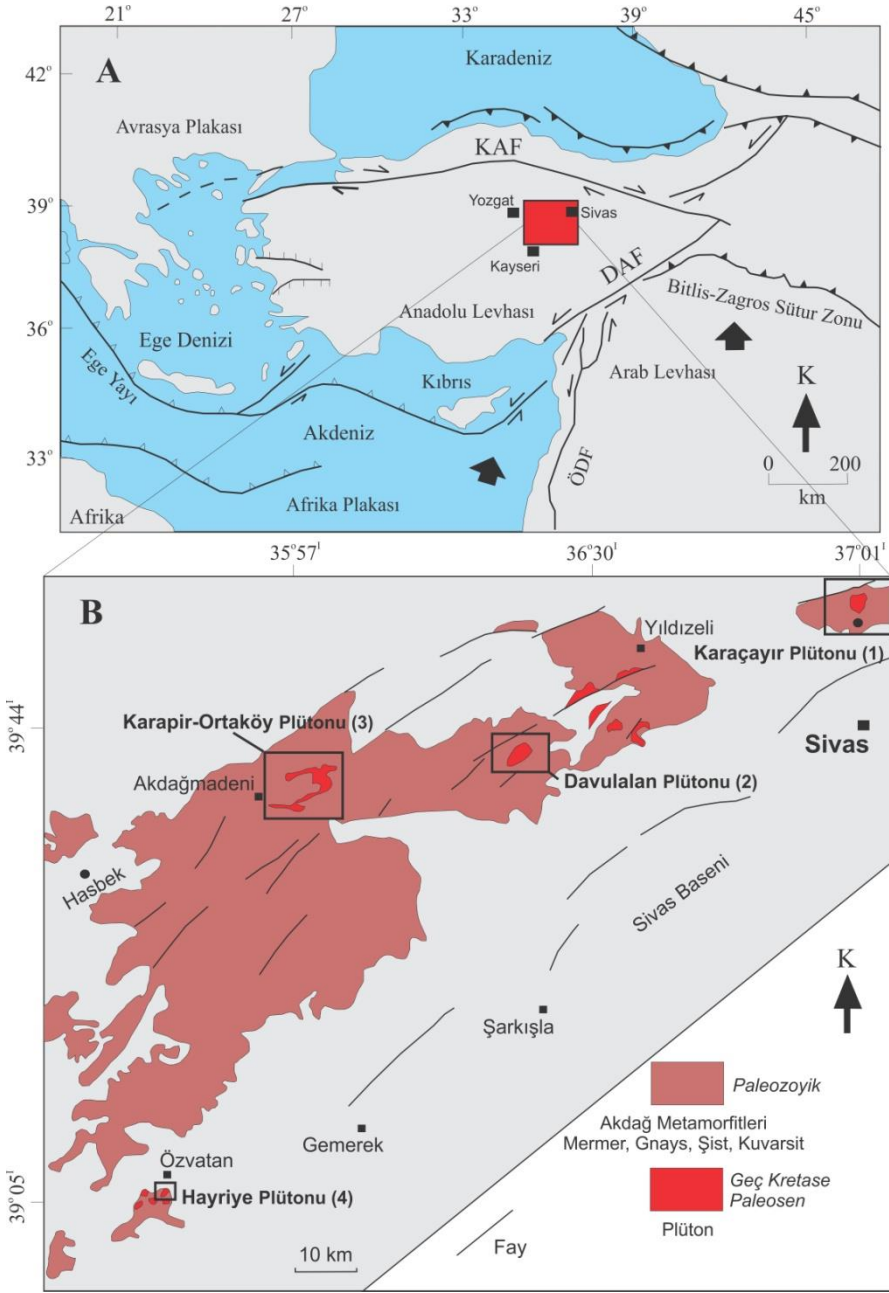
In the rock group, whose origin is still controversial due to its magmatic origin, there are large calcite crystals in the macroscopic texture, as well as apatite, mica, amphibole, pyroxene and magnetite, etc. There are also minerals. In field observations, this rock type can be found in stock, dyke and vein types that have a cross-cutting relationship with host rocks. The carbonatite formations observed in the Late Cretaceous aged Karaçayır pluton in Karaçayır district, located in the north of Sivas province, contain carbonatite outcrops with very typical texture. Carbonatite formations in the form of dykes and veins cut syenitic rocks as the parent rock and mostly contain medium to large calcite crystals as well as apatite, mica, amphibole and magnetite minerals. The origin, formation and age data of the samples collected from carbonatite outcrops have been confirmed by macroscopic-microscopic observations as well as detailed isotope and geochemistry studies, and the region is home to the most typical carbonatite outcrops of Central Anatolia.

## 1. GİRİŞ

Nadir Toprak Elementler (NTE) güneş panelleri, elektrikli araçlar, bilgisayarlar, cep telefonları, yenilenebilir enerjinin altyapısı, fosfor aydınlatma ile savunma sanayi gibi yüksek teknoloji sektörleri açısından çok önemli bileşenler olup ciddi seviyede tedarik riski bulunan stratejik bir hammadde kaynağıdır. NTE'ler karbonatitler, hidrotermal yataklar, alkali ve peralkali kayalar, gürleşmiş iyon absorpsiyon kil yatakları ve ağır mineral plaserleri gibi çeşitli kayalar türlerinde ve pek çok jeolojik ortamda oluşabilirler. Bu kayalar türlerinin kökeni ve tektono-magmatik evrimi, yeni NTE yataklarının prospeksiyon çalışmalarında kullanılabilen cevherleşmenin oluşum mekanizmasını anlamada kritik rol oynamaktadır. (Tübitak Araştırma Projesi)

Bu tez önerisinin genel amacı Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin (OAKK) kuzey doğusunda Karaçayır (Sivas), Akdağmadeni (Yozgat) ve Özvatan (Kayseri) bölgeleri arasında yüzlek veren NTE'lerce zenginleşmiş alkali karakterdeki plütonların kökeninin ve tektono-magmatik evriminin araştırılması şeklindedir. Diğer özel amaçları ise NTE'lerce zenginleşmiş minerallerin türü, doku ve dane boyutu gibi mineralojik özelliklerinin belirlenmesi ile bunların ekonomik potansiyellerinin değerlendirilmesidir. OAKK, çeşitli ofiyolitik kompleksler tarafından tektonik olarak üzerlenen ve pek çok plüton tarafından kesilen birkaç metamorfik birimden (Akdağ, Kırşehir, Niğde) oluşmaktadır. Tüm bu topluluklar Tersiyer yaşlı volkanik ve sedimanter örtü birimleri tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Plütonlar genellikle I, S ve A-tipi granit, granodiyorit, monzonit ve siyenitten meydana gelmekte ve kalkalkali ile alkali kimyasal özellikler sergilemektedir.

OAKK'nın kuzey doğusunda yer alan dört ana alkali plüton (Karaçayır, Davulalan, Karapir-Ortaköy, Hayriye) genellikle nefelin siyenit, siyenit, karbonatit, lamprofir, granit, pegmatit, monzonit gibi kayalar türlerinden meydana gelmekte ve tipik bir alkali kompleks özelliği sunmaktadır. Bu plütonların ciddi oranda NTE zenginleşmeleri içermelerine rağmen; kökeni, tektono-magmatik evrimi, mineralojik karakteristikleri ve ekonomik potansiyelleri halen çok az düzeyde bilinmektedir. Bu nedenle bu özelliklerin daha iyi anlaşılması, 11. Kalkınma Planında işaret edildiği gibi Türkiye için kesintisiz ve güvenli NTE tedarik zincirinin kurulması çalışmalarına önemli katkılar sağlayacaktır.



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

Bu tez çerçevesinde, Sivas ili Karaçayır köyünün kuzeydoğusunda yer alan siyenitik ve monzonitik kayaların nadir toprak elementleri (NTE) kökeni, magmatik kayalarının mineralojik ve petrografik önemi ortaya konulacaktır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyalini, Karaçayır köyü kuzeydoğu kısımlarında mostra veren siyenit, altere siyenit monzonit seviyeleri içeren formasyon üzeri boyunca değişik litolojilerden alınan örnekler oluşturmaktadır. Karaçayır köyü doğu sınırlarına varan dayklı litolojilerden 29 adet örnek alınmıştır. İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde minerolojik ve petrografik etütler yapılmış bu incelemeler neticesinde örneklerin 9 adet nefelinli siyenit, 7 adet monzonit, 13 adet siyenit seçilerek inceleme işlemine alınmıştır. Elde edilen bu örneklerin tez doğrultusunda incelenme işlemlerinin yapılması üzerine önce minerolojik petrografik daha sonra jeokimyası yapılacaktır.

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

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 getirilmiştir. Zirkon U-Pb 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;

## 2.1. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvarda yapılan çalışmalar, mineralleri ayırma incelemeleri, mikroskopik bakımdan yapılan çalışmalar, taramalı elektron mikroskop (SEM-EDS) incelemeler, tüm kayaç jeokimyası ve yaş tayini belirleme yöntemleri olarak sıralayabiliriz.

## 2.2. Mineral Ayırma İşlemleri

Arazi çalışmalarında alınan numuneler için yaşlandırma tayinlerinde kullanmak amacıyla zirkon mineralini detaylandırma işlemleri Dokuz Eylül Üniversitesi Örnek Hazırlama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yıkama işlemi yapılarak numuneler üzerindeki tozlar temizlenmiştir. Daha sonra kuruyan numuneler çeneli kırıcıda öğütülerek daha küçük boyutlara indirilmiştir. Sonrasında numuneler elekten geçirilerek tane boyları birbirinden ayrıştırılmıştır. (-250+125)  $\mu$ m ve (125+63)  $\mu$ m elek aralıklarında zirkon minerallerinin fazla olduğu görülmüş ve bu değerlerde olan numunelerde zirkon zenginleştirme çalışmaları uygulanmıştır. Bu aşamalar yaşlandırma analizi yapılacak numuneler üzerinde yapılarak zenginleştirilen bu kristallerden binoküler mikroskopta zirkon mineralleri ayrılmıştır. Burada yapmış olduğumuz bir diğer işlem olan gravite yolu ile ayırma işleminde ise sallantılı masa kullanarak cevheri oluşturan minerallerin özgül ağırlık farklarından yararlanarak zenginleştirme işlemini gerçekleştiren Sallantılı masada, hafif eğimli, kenarları paralel, dikdörtgene benzer V şeklinde bir tabla şeklinde olup akışkan suyun etkisi, sallanma boyutuna göre ayırmış olduğumuz 4 ayrı kapta ayrıştırma işlemini gerçekleştirdik.

Zirkon minerali ayırma işlem şeması ve kullanılan ekipmanlar Şekil 2.1. de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** Zirkon mineralini ayırma işlemindeki işlem sırasına göre akış şeması.

### 2.3. İnce Kesit Laboratuvar İşlemleri

İnce kesit için örneklerimizi 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 gerçekleştiriyoruz. Daha sonra örnek üzerinde silisyum kalmaması ve aldığı nemi çekmesi için 5-6 saat 100 C derece sıcaklıkta bekletilmektedir.

Beklediğimiz camlarda buzlu zeminin giderilmesi için cama silisyum karbür işlemi uyguluyoruz. Burada cam ile örnek kesitimizi Aral dite yapıştırıcı kullanmak suretiyle yapıştırma işlemini gerçekleştiriyoruz ve yapıştırıcının donması için 5-6 saat bekleme işlemine alıyoruz.

Fırınlama işlemi yapmış olduğumuz taşları soğumaya alarak soğuyan örneği 1cm cama yakın seviyede kesme işlemlerini gerçekleştiriyoruz. Aşındırıcı disk yardımıyla silisyum karbür kullanarak aşındırma işlemini 30 mikron seviyesine kadar inceltiyoruz ve en son aşamada lameli yapıştırarak 5-6 saat bekleme süresinden sonra yapıştırıcı kurduğunda ince kesitimiz kullanıma hazır hale gelmiş bulunmaktadır.

#### **2.4. Optik Mikroskop Çalışmaları**

Çalışma sahasından aldığımız numunelerin ince kesitleri İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında hazır hale getirilmiştir. Hazır olan ince kesitler üzerinde optik mikroskop çalışmaları alttan aydınlatmalı Leica DM EP marka olan polarizan mikroskop ile yapılmıştır. İnce kesitler polarizan mikroskopta bakılarak Karaçayır Siyenit-Monzonit-Nefelinli Siyenitlere ait petrografik ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir.

#### **2.5. Taramalı Elektron Mikroskop İşlemleri**

Araziden elde edilen numunelerin mineralojik bakımdan özelliklerinin ortaya konulması için, numunelerin hem dokusal açıdan hem de mineral bileşimlerini göstermek için İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümündeki Elektron Mikroskopu Laboratuvarında yer alan Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile yapılmıştır. Görüntüleme ve resimleme MTA FEI Quanta 400 MK2 Taramalı Elektron Mikroskop ile yapılmıştır. Görüntüleme ile resimleme Elektron Geri Saçınım Dedektörü (BSED) ile bulunmuştur. Cihazda bulunan Octane Plus Silikon Sürüklenme Dedektörü (SDD) ile de Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) metoduyla numuneler üzerinde mikrokimyasal tayinler yapılarak mineral kimyası çalışmaları ortaya konulmuştur. SEM-EDS yöntemleri için numunelerden ince kesitler yapılmış ve yapılan kesitler Buehler PowerPro 400 marka parlatma makinesinde parlatılma işlemine tabii tutulmuştur.

Bu işlemin devamında numuneler karbonla kaplanarak analizlere uygun hale getirilmiştir. Mikro kimyasal tayinler mineraller ile içerisinde bulunan kationlar ve cam

malzemesinde yapılmıştır. Minerallerin BSED ile görüntü verilerinin alınması ve EDS ile tayinlerinin ortaya konulması petrolojik çalışmalarda en çok kullanılan yöntemlerin başında gelir. BSED ile minerallerin kimyasal bileşimlerindeki değişikliklerinden doğan elementsel farklılıklar ile zonlanmalar belirlenebilir. SDD-EDS mikrokimyasal tayinlerde minerallerin bileşimleri belirlenerek çeşitlerinin ortaya konulması hedeflenir. Yeni nesil Silicon Drift dedektör, verilen ivmelendirici gerilim altında eski nesil EDS dedektörlerine göre çok daha yüksek X-Işını sinyali belirlenebilmektedir. Ayrıca Octane SDD ile Si(Li)-EDS dedektörüne göre daha seri biçimde bilgi alarak yüksek yoğunluk ile çözünürlükte sinyal elde edilmektedir. Tez çalışmasında üç adet numunenin SEM görüntüleri alınarak ve EDS tayinleri yapılması amaçlanmaktadır.



### 3. GENEL BİLGİLER

#### 3.1.Nadir Toprak Elementleri

Nadir toprak (yer) elementleri kimyasal bakımdan skandiyum, yitrium ve lantanitlerin de olduğu grubu içermektedir. Lantanitler, atom numaraları 57 'den başlayarak 71'e kadar devam ve kimyasal bakımdan benzer özellik gösteren elementler bir araya gelerek oluşmuştur gr. Atom numarası 39 olan yitrium ve atom numarası 21 olan skandiyum da lantanitlerle benzer kimyasal özelliklerinden dolayı bu grubun içine eklenmiştir. Bu iki element nadir toprak elementleri ile benzer iyonik çapı ve küçük atomik çapı nedenleriyle nadir toprak element cevherleşmeleri ile birlikte oluşurlar.

Nadir yer elementlerinin başta gelen en mühim cevherleri bastnazit, monazit ile ksenotim oluşturur. İçerisinde NTE bulunduran atıklar, apatit, brannerit, kırmızı çamur atıkları ile kil şeklindedir. Dünyadaki nadir toprak elementlerinin en önemli üretim kaynağı bastnasit mineralidir. En başta gelen üreticiler Çin ve ABD'dir.

Neodmiyum (Nd), seryum (Ce), skandiyum (Sc) ve yitrium (Y) gibi nadir toprak elementleri genellikle yumuşak ve kolay işlenebilir özellikte olup yüksek sıcaklıklarda reaktif özelliği gösterir. Demir grisi ile gümüş beyazı arasında değişen renkler gösterirler. Ergime sıcaklıkları 798–1663 °C arasında değişir. Atomik numaraları 57-71 arasında olan bu elementler periyodik tabloda lantanit grubunu oluşturur. Yukarıda belirtilen dört elementle birlikte lantanit grubu içindeki diğer elementler lantanyum, disprosyum, terbiyum, lutesyum, tulyum, erbiyum, holmiyum, gadolinyum, iterbiyum, prosedmiyum, europyum'dur.

#### 3.2.Nadir Toprak Elementlerinin Kullanım Alanları

**Skandiyum (Sc):** Havacılık bileşenleri, civa-buhar lambaları, alkali piller, koruyucu boyalar, böcek ilaçları gibi alanlarda özellikle hafif alaşımların kuvvetlendirilmesinde öneme sahip bir elementtir.

**İtriyum (Y):** Lazerler, mikrodalga filtreleri, LCD ve LED ekranlar, optik sistemler ve mercekler, enerji tasarruflu lambalar, tıbbi iğneler gibi kullanım alanları bulunmaktadır.

**Lantanyum (La):** Esası karbon olan aydınlatma sistemleri, hibrit araç pilleri gibi alanlarda kullanılmaktadır.

**Seryum (Ce):** Sıcaklık direncini artırmak amacıyla çakmak taşı yapımında ve petrol rafinerileri için akışkan katalitik çatlama katalizörü olarak kullanılmaktadır.

**Prasedmiyum (Pr):** Hibrit otomobillerin motorlarında, rüzgâr türbinlerinin motor ve jeneratörlerinde, uçak alaşımlarında, lazerler, floresan ve enerji tasarruflu lambalarda bulunmaktadır.

**Neodimyum (Nd):** Güçlü mıknatis üretiminde, göz ve kozmetik cerrahisinin yanında deri kanserlerini tedavi etmekte kullanılan yüksek güçte sahip kızılötesi yeşil lazerlerin üretiminde kullanılmaktadır.

**Prometyum (Pm):** Uzay araçları ve uydularda ilave ısı kaynağı olarak, radyasyon ölçüm cihazları, güdümlü füzeler, nükleer bataryalar, atomik kalp pilleri ve güneş pilleri gibi çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır.

**Samaryum (Sm):** Aydınlatma sistemlerinde, bazı kanser hastalıklarının tedavisinde, nükleer reaktör kontrol çubuklarında güçlü bir nötron soğutucu olarak, seramik, cam, hassas güdümlü silahlar, radyoaktif tarihleme uygulamaları gibi bir çok alanda yer almaktadır.

**Evropiyum (Eu):** Floresan ve televizyon ekranlarında, nötron göreviyle nükleer reaktörlerin kontrol çubuklarında, lazerler, floresan camları, kuantum bellek yongaları, oksit kaplama gibi alanlarda kullanılmaktadır.

**Gadolinyum (Gd):** MR görüntüleme sistemlerinde netliği artırmak için ilaç bileşeni olarak, nükleer reaktörlerin kullanılan kontrol çubuklarında, manyetik özelliği bulunması nedeniyle mıknatıslarda, bilgisayar hafızaları ile çiplerinde kullanılmaktadır.

**Terbiyum (Tb):** Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması nedeniyle yakıt hücrelerinde, rüzgâr türbinlerinin elektrik motorlarında, biyolojik ve tıbbi araştırmalarda, bazı hastalıklarda erken teşhis ve tedavisinde önemli rol oynamaktadır.

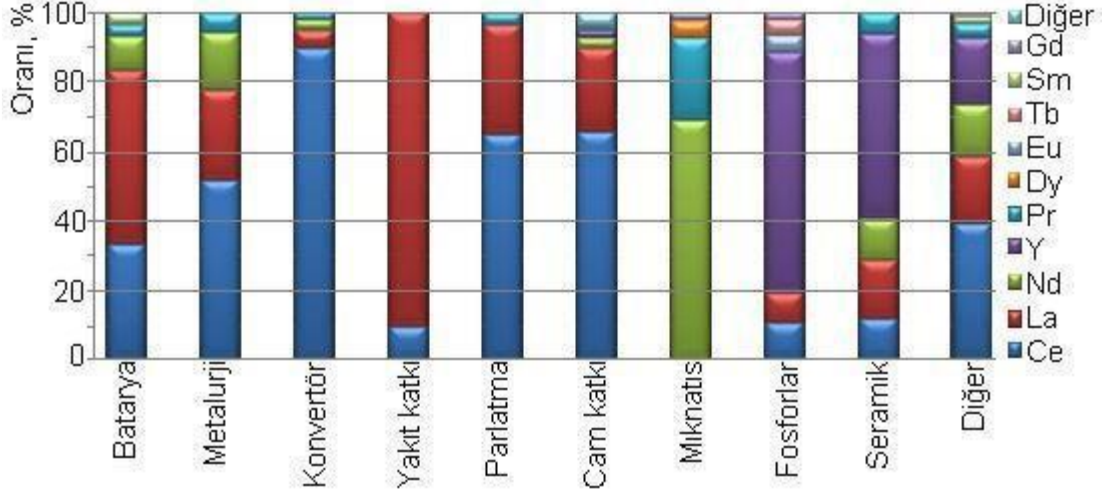
**Disprosyum (Dy):** Nükleer reaktörlerde bulunan kontrol çubuklarının yapım aşamasında ve nükleer santrallerde nötronları soğutmada, MR görüntüleme sistemlerinde kontrast ajanı olarak, radyasyon etkisi tespiti gibi çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır.

**Holmiyum (Ho):** Nükleer fizik deneylerinde, fiber optik uygulamalarda, elektronik cihazlarda ve hassas radar sistemlerinde tercih edilen bir elementtir.

**Erbiyum (Er):** Medikal lazerlerin yapımından başka fiber optik kabloların üretiminde, nükleer santrallerdeki nötron soğutucu görevi gören kontrol çubuklarının yapımında ve füzyon kontrolünde, cam, güneş gözlükleri, porselen emaye sırları ile yapay mücevherlerde bulunan taşların renklendirilmesinde kullanılmaktadır.

**İterbiyum (Yb):** Taşınabilir radyasyon kaynaklarında, paslanmaz çelik alaşımlarında, organik kimya sektöründe, petrol arama işlemlerinden başka deprem sonucunda oluşan zemin deformasyonlarını görüntülemekte kullanılan basınç göstergelerinde bulunmaktadır.

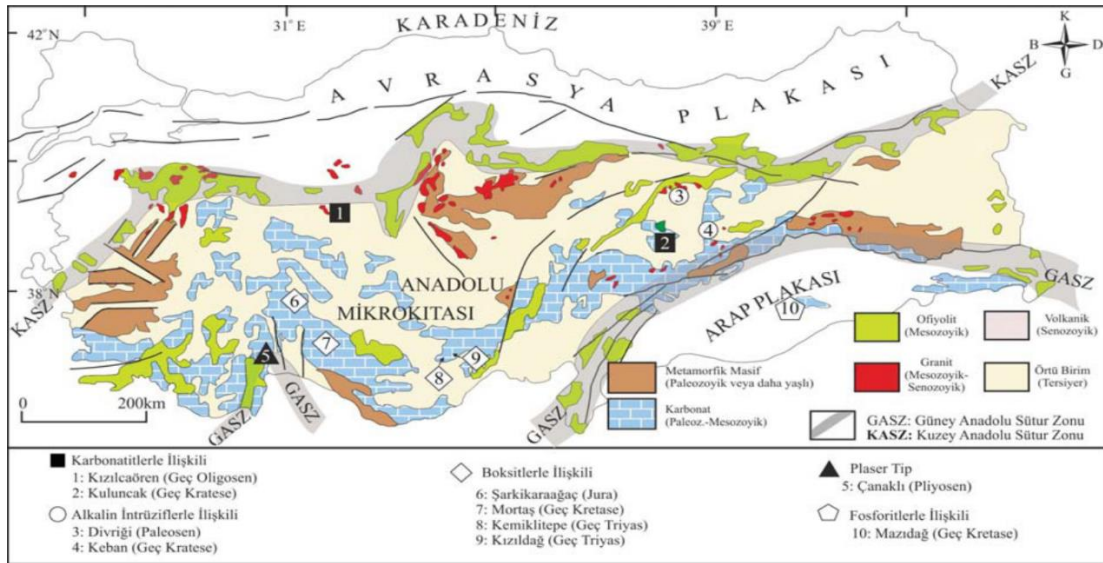
**Lütesyum (Lu):** Nükleer tıpta, kanser tedavisinde ve tomografi cihaz yapımında daha çok tıp sektöründe yararlanılan elementtir.



Şekil 3.2. NTE Kullanım Oranları(Yıldız,2016)

### 3.3. Türkiye’de Nadir Toprak Elementleri

Türkiye’de Nadir Toprak Elementleri, alkalın-ultramafik ve karbonatit karmaşıklarına ilaveten yoğun halde per alkalın ve per aliminyumlu volkanik, granit ile granit pegmatitlerde cevherleşerek bulunmuşlardır. Ekonomik bakımdan en mühim yataklar yüksek oranda pegmatit ile karbonatla alakalı olanlardır. Birincil nadir metal yataklarının ayrışmasıyla ikincil yataklar oluşmakla beraber başlıca denizel ya da alüvyal plaser halinde birikmiş şekilde bulunmaktadırlar. (Gültekin, 2000)



**Şekil 3.3.** Türkiye’de NTE potansiyeline sahip yatak ve cevherleşmelerin jeolojik konumları  
MTA Dergisi (2019)

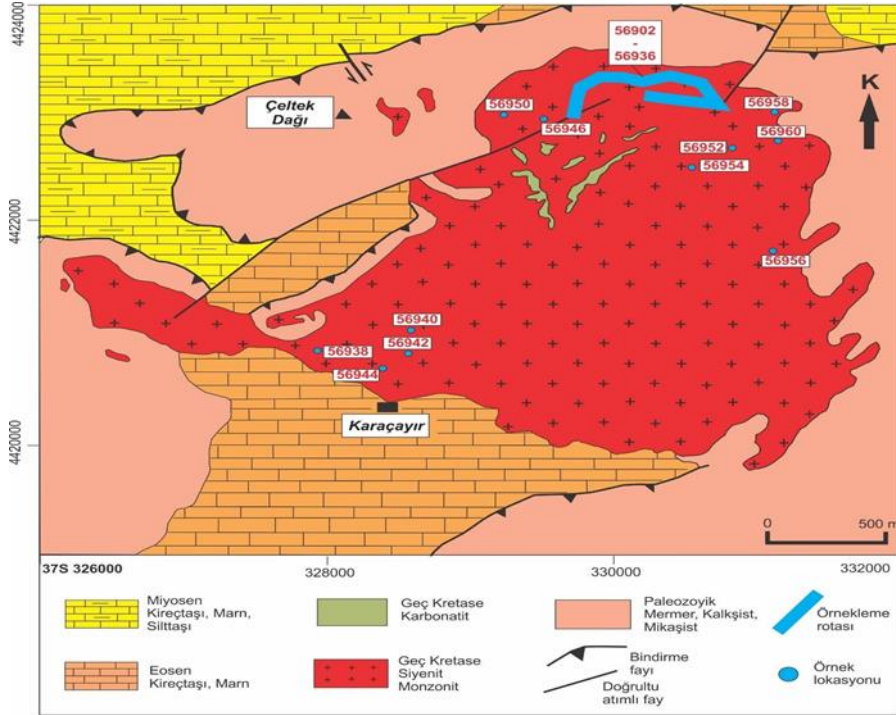
Türkiye’de bulunan en mühim NTE yatakları , Eskişehir-Kızılcaören bölgesinde bulunan bastnazit, florit, barit yatağı, yaklaşık olarak %3 tenöre, 4.000.000 ton rezerv içermektedir.

Yine Malatya-Kuluncak bölgesinde bulunan yatak önem arz etmektedir. Bu alanda ise tahmini olarak 1000 ton, %24 tenörlü bir cevherleşme olduğu düşünülmektedir. Türkiye’de bulunan ancak halen faaliyet göstermeyen NTE (yer) yatakları bulunmaktadır.



#### 4. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Karaçayır Plütону içerisinde arazi gözlemleri gerçekleştirilmiş ve hedef birimler olan “siyenit ve monzonit” kütlelerinden sistematik örnekler alınmıştır (Şekil 2.1). Bu örnekler petrografi gözlemleri ve mineral kimyası çalışmaları için ince kesit yapılması, tüm kayaç jeokimya için laboratuvar ortamına getirilmiştir. (Tablo 2.1)

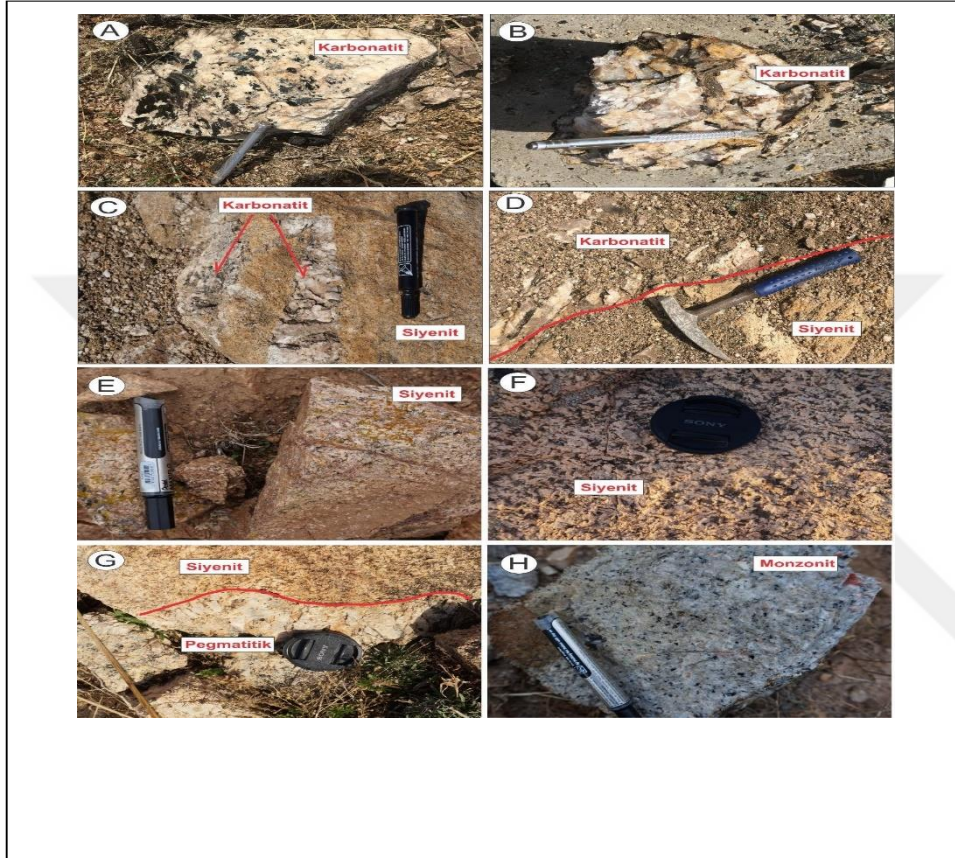


Şekil 4.1. Karaçayır Plütону içerisindeki örnekleme lokasyonları ve jeoloji haritası (Çimen,2022'den değiştirilmiştir)

Arazi çalışması esnasında daha önceki araştırmacılar (Boztuğ vd., 2009b; Cooper vd., 2011) tarafından öne sürüldüğü gibi Karaçayır Plütону'nun mermer, şist, gnays, kuvarsit gibi birimlerden meydana gelen Paleozoyik yaşlı Akdağ Metamorfiklerini kestiği ve kireçtaşı ile marn gibi birimlerden oluşan Eosen yaşlı Tokuş Formasyonu ile uyumsuzlukla örtüldüğü görülmektedir. Plütunun kuzey bölümünde büyük oranda iri mika ve kalsit ve daha az oranda apatit minerallerini ihtiva eden karbonatit oluşumlarının siyenitik bileşimdeki kayaçları sıcak dokanak ile kestiği gözlenmiştir (Şekil 4.2).

Bunun dışında bahsi geçen plütunun büyük oranda genellikle ince taneli olmak üzere yer yer pegmatitik dokulu siyenitik bileşime sahip olduğu ve daha az oranda monzonit benzeri magmatik birimleride ihtiva ettiği gözlenmiştir (Şekil 4.2). Siyenitlerin bazı

bölümlerinin karbonatlı olduğu ve bu karbonatın yüzey koşullarında liç edilmesi ile boşluk yapılarının oluştuğu da görülmüştür (Şekil 4.2.f). Ayrıca monzonitik bileşime sahip kayaların plütunun güney bölümlerinde yer aldığı gözlenmiştir ancak haritalanabilir boyutta değildir.



Şekil 4.2. Karaçayır Plütunu içerisinde bulunan kayaç türlerine ait arazi görüntüleri

**Tablo 4.1.** Arazi gözlemleri esnasında hedef Plütonlardan alınan örnekler ve tanımlamaları

Örnek No	UTM	DoğuYönü	KuzeyYönü	Plüton	Tanımlama
56902	37S	329429	4422345	Karaçayır	Siyenit
56904	37S	329471	4422411	Karaçayır	Siyenit
56906	37S	329474	4422416	Karaçayır	Siyenit
56908	37S	329517	4422432	Karaçayır	Siyenit
56910	37S	329517	4422432	Karaçayır	Siyenit
56912	37S	329596	4422530	Karaçayır	Siyenit
56914	37S	329602	4422490	Karaçayır	Siyenit
56916	37S	329672	4422457	Karaçayır	AltereSiyenit
56918	37S	329740	4422505	Karaçayır	AltereSiyenit
56920	37S	329783	4422555	Karaçayır	AltereSiyenit
56922	37S	329828	4422588	Karaçayır	AltereSiyenit
56924	37S	329925	4422573	Karaçayır	AltereSiyenit
56926	37S	329944	4422464	Karaçayır	AltereSiyenit
56928	37S	329937	4422287	Karaçayır	AltereSiyenit
56930	37S	329797	4422315	Karaçayır	AltereSiyenit
56932	37S	329658	4422377	Karaçayır	AltereSiyenit
56934	37S	329448	4422200	Karaçayır	AltereSiyenit
56936	37S	329418	4422265	Karaçayır	Siyenit
56938	37S	328426	4420739	Karaçayır	Siyenit
56940	37S	328602	4420989	Karaçayır	Siyenit
56942	37S	328561	4420777	Karaçayır	Siyenit
56944	37S	328445	4420653	Karaçayır	Siyenit
56946	37S	329252	4422158	Karaçayır	Siyenit
56950	37S	328934	4422312	Karaçayır	Alteresiyenit
56952	37S	330434	4422138	Karaçayır	Pegmatit
56954	37S	330511	4421984	Karaçayır	Siyenit
56956	37S	330719	4421183	Karaçayır	Siyenit
56958	37S	331164	4422341	Karaçayır	Siyenit
56960	37S	330984	4422121	Karaçayır	Siyenit

## 5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Karaçayır Plütönu, Sivas bölgesinde bulunan Karaçayır Köyü'nün (Sivas'a ortalama 25 km) hemen kuzey-doğusunda bulunmakta ve Akdağ metamorfiteeri içerisinde sokulum yapan 4 x 3.5 km boyutlarındaki bir kütle ile temsil edilmektedir. Arazi ilişkilerine göre bu plütönu, Paleosen-Eosenyaşlı Tokuş Formasyonu (konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve silttaşı; İnan ve İnan, 1999) tarafından uyumsuzlukla üzerlenmektedir (Şekil 1). Karaçayır Plütönu büyük oranda siyenitik ve daha az oranda monzonitik kayaç türlerinden oluşmaktadır (Boztuğ vd., 2009b; Cooper vd., 2011). Bununla birlikte plütönu içerisinde karbonatitik kayaçların varlığı ilk defa Schuiling (1961) tarafından ortaya konmuştur. Karaçayır Plütönu için yürütölen radyometrik yaşlandırma çalışmaları ile siyenitik kayaçlar için Geç Kretase kristalizasyon (zirkon U-Pb: 68 My; Cooper vd., 2011) ve en geç Kretase/Paleosen soğuma yaşları (biyotit Ar-Ar: 65-66 My; Boztuğ vd., 2009b) elde edilmiştir. Schuiling (1961), siyenitin dokanak halinde bulunduğu Akdağ metamorfiteerine ait mermerlerin bir kısmını sokulumu esnasında içerisinde aldığı ve kalsit, biyotit, apatit ve nadiren toriyannitten oluşun karbonatit oluşumuna çevirdiğini öne sürmüştür. Diğer bir deyişle, siyenitler içerisindeki karbonat oluşumları değışime uğrayan mermer anklavları olarak değerlendirilmiştir. Buna karşılık, Cooper vd. (2011), siyenit, karbonatitik oluşumlar ve mermerler üzerinde gerçekleştirdiğı kimyasal ve duraylı/radyojenik izotop çalışmaları ile, karbonatitlerin siyenitik magmanın fraksiyonel kristallenmesi ile oluştuğunu önermiştir. Ancak karbonatitik oluşumların arazide sınırlı alanda mostra vermesi nedeniyle bu çalışma kısıtlı bir alanda (tek bir lokasyon) 5 adet karbonatit örneğı üzerinde gerçekleştirilebilmiştir.

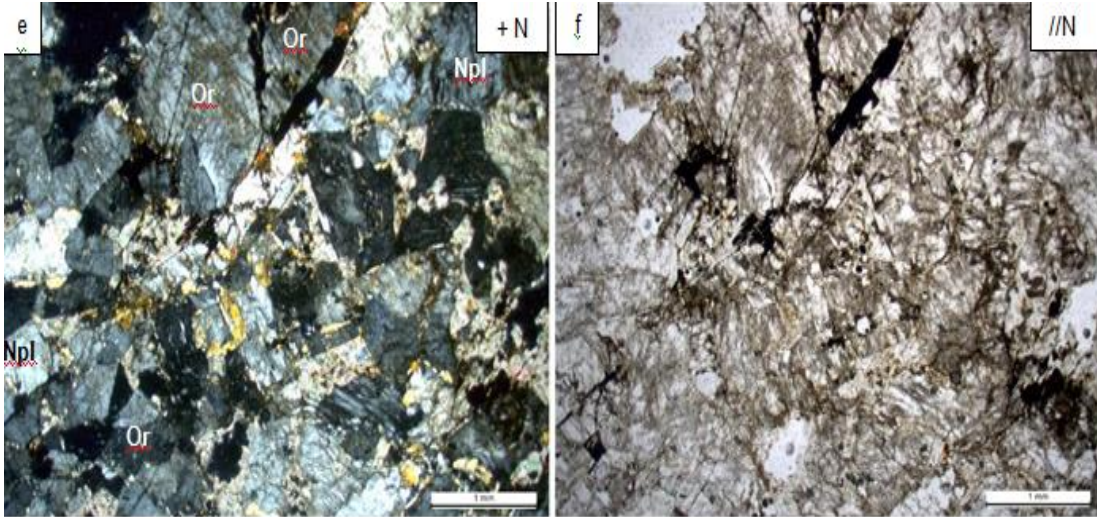
## 6. SİVAS-KARAÇAYIR PLÜTONU MİNERALOJİ – PETROGRAFİSİ

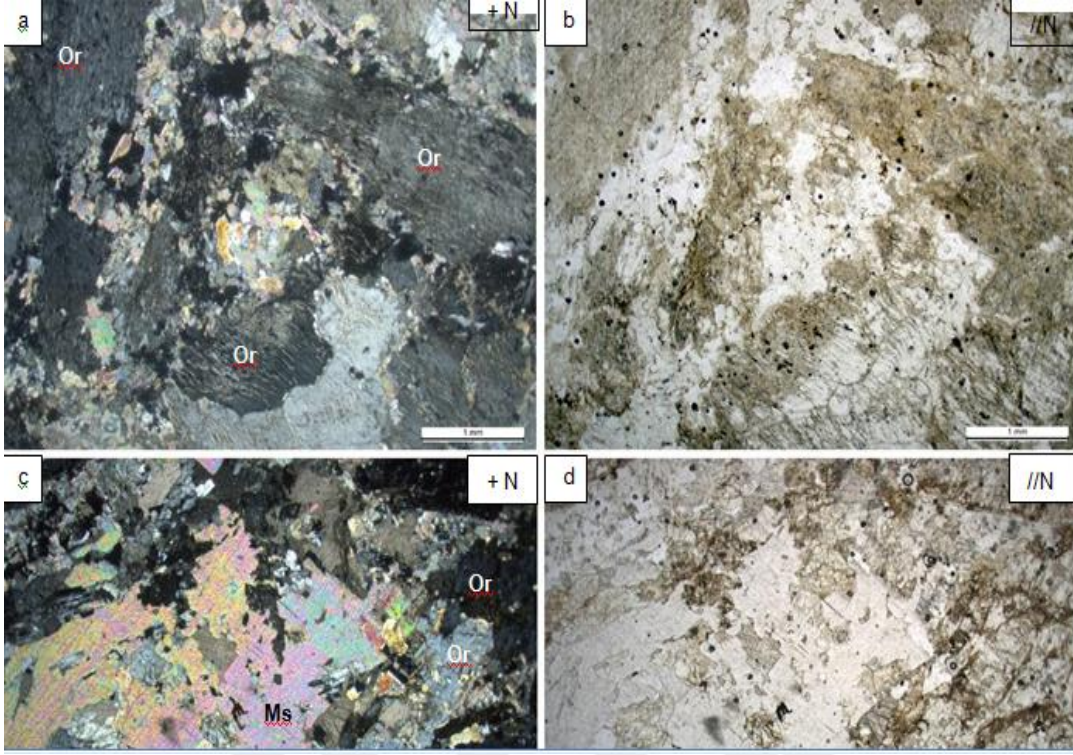
Karaçayır Plüton'unun mermer, şist, gnays, kuvarsitten oluşan Paleozoik yaşlı Akdağ Metamorfiklerini kesmektedir. Eosen Tokuş Formasyonu kireçtaşı ve marn istifi uyumsuz olarak örtülmektedir. (İnanveİnan, 1999; Boztuğ vd., 2009b; Cooper vd., 2011). Karaçayır Plütonu genel olarak nefelin siyenit - siyenit bileşimine sahiptir. Dokusal ve mineralojik açıdan monzonit bileşimi sunan bölümlere de sahiptir.

### 6.1.Karaçayır Nefelin Siyenit

Nefelin siyenit bileşimine sahip litolojiye pembe renk kazandıran ortoklas fenokristalleri yarı öz şekilli ve/veya öz şekilsizdirler. Kayaç genel olarak Holokristalen Allotrimorf Porfiritik doku sunmaktadırlar. Pembe ortoklas fenokristalleri arasında beyaz renkli kalsit kristalleri gözlenebilmektedir. (Şekil 6.1. ve 6.1.1.)

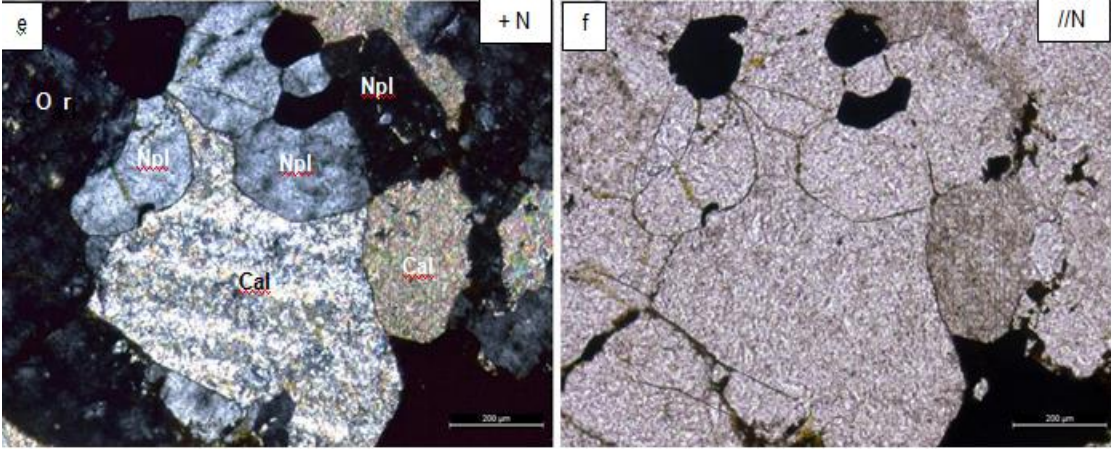
Karaçayır nefelin siyenitlerinin mineral bileşimini “ortoklas, mikroklin, nefelin, muskovit, biyotit, sfen, zirkon, apatit, kalsit, opak mineral, ikincil minerallerini plajioklas, serisit ,skapolit ve ikincil kuvars kristallerinden oluşmaktadır.





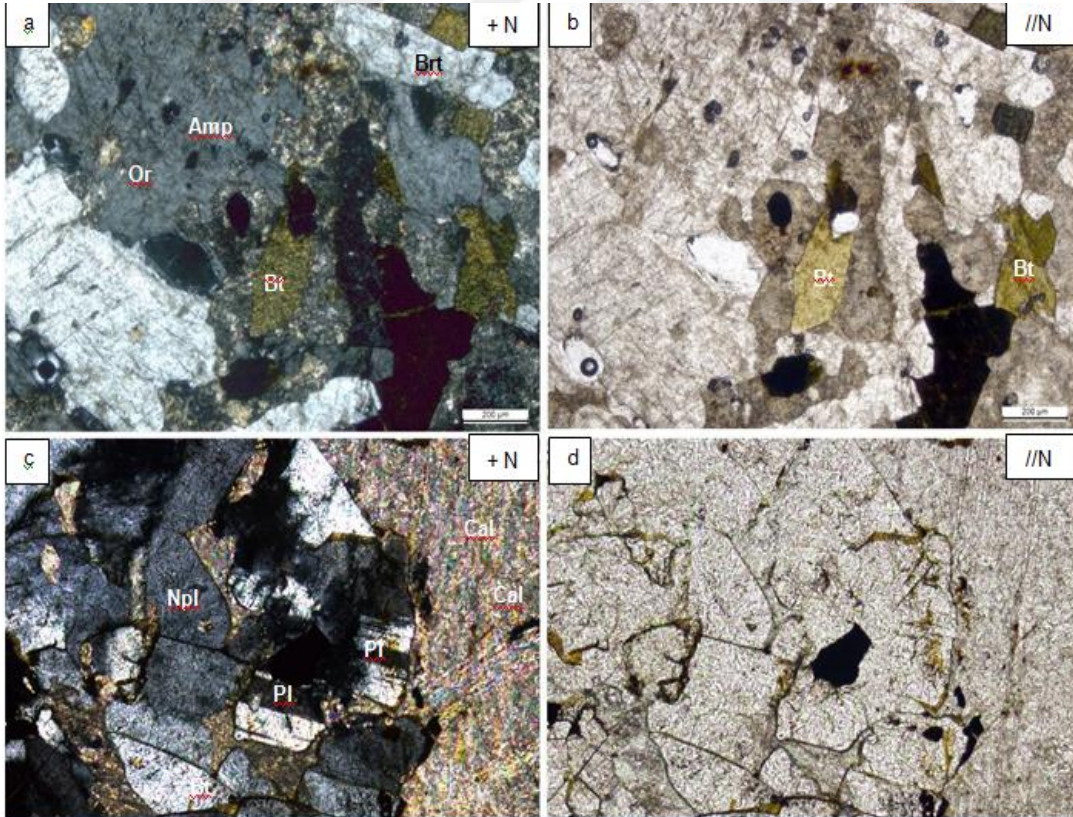
**Şekil 6.1.**Karacayır Nefelin Siyenitlere ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri

Ortoklas fenokristalleri karspat ikizlenmesi sunmakta ve pertileşme yaygın olarak gözlenmektedir. Alterasyon etkisinin izlerinin serisitleşme ve killeşme olarak gözlemektediriz. Pertileşmenin ilerleme derecesine bağlı olarak ortoklas kristalleri içinde ikincil plajiyoklazlar tanımlanmıştır. Plajiyoklas mikro kristalleri nefelin ile birlikte kalsitkristalleri içinde kapanımlar halinde gözlenmektedir. Nefelinler mavimsi gri çift kırınım renkleri ile ayırt edilebilmektedir. Öz şekilli nefelin kristalleri, kalsit kristalleri ile dokanak yaptığı bölümlerde gözlenebilmektedir (Şekil 6.1.2.e). Nefelinlerde ise serisitleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Yüksek çift kırınım renkleri ile belirgin olan muskovitler fenokristal ve mikro kristaller halinde özşekilsizdirler.



**Şekil 6.2.** Karayayir Nefelin Siyenitlere ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri

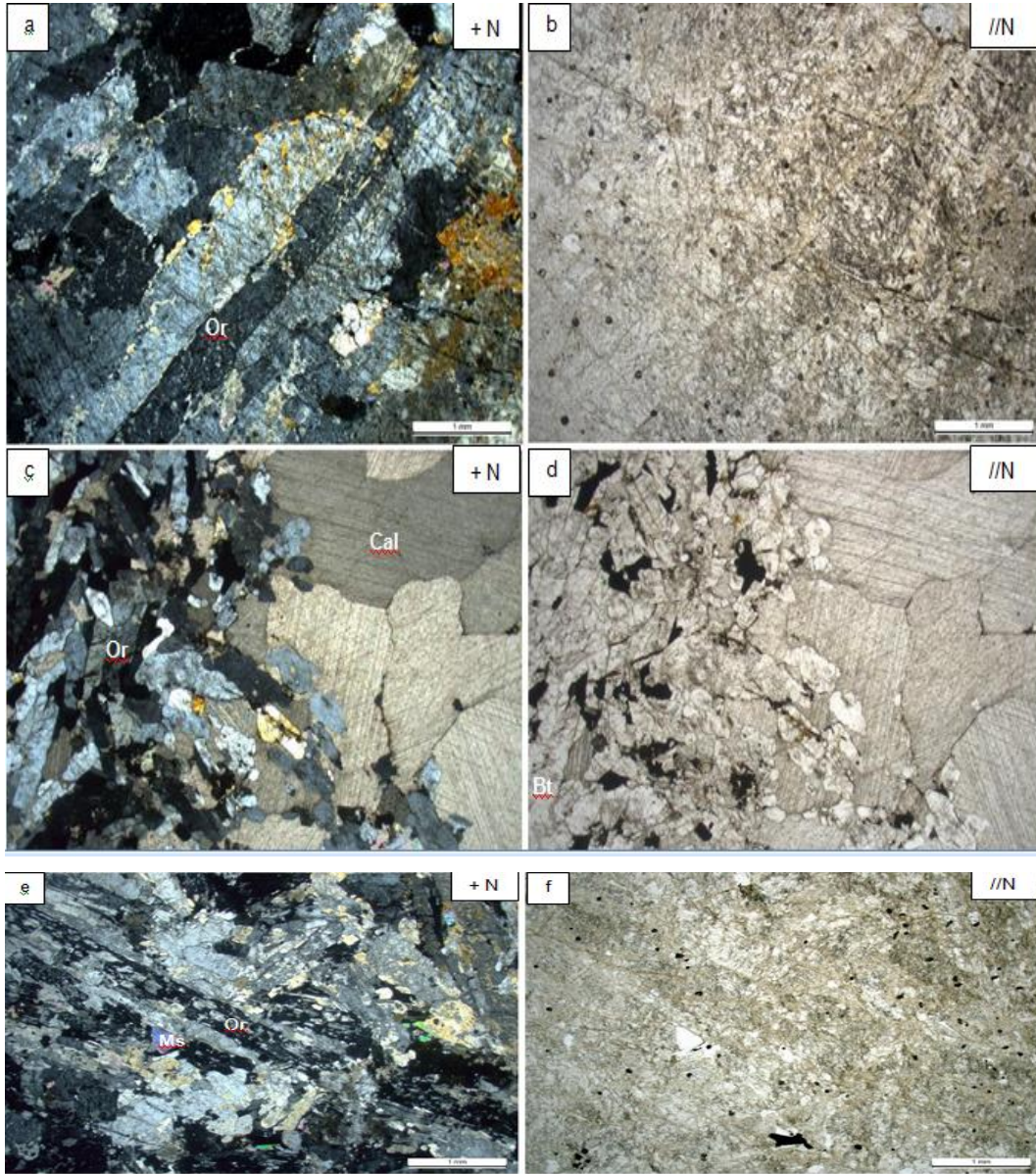
Biyotitler yeşilimsi kahverengi pleokroizma renkleri sunmaktadır. Kalsit kristalleri ortoklas ile nefelin kristalleri ile birlikte gözlenmektedir. Diğer mineraller ile olan sınırları belirgindir. Kayaç içinde gelişen ikincil çatlaklarda kalsit ve kuvars kristalleri gelişmiştir.



**Şekil 6.3.**Karayayir Nefelin Siyenitlere ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri

## 6.2. Karaçayır Siyenit

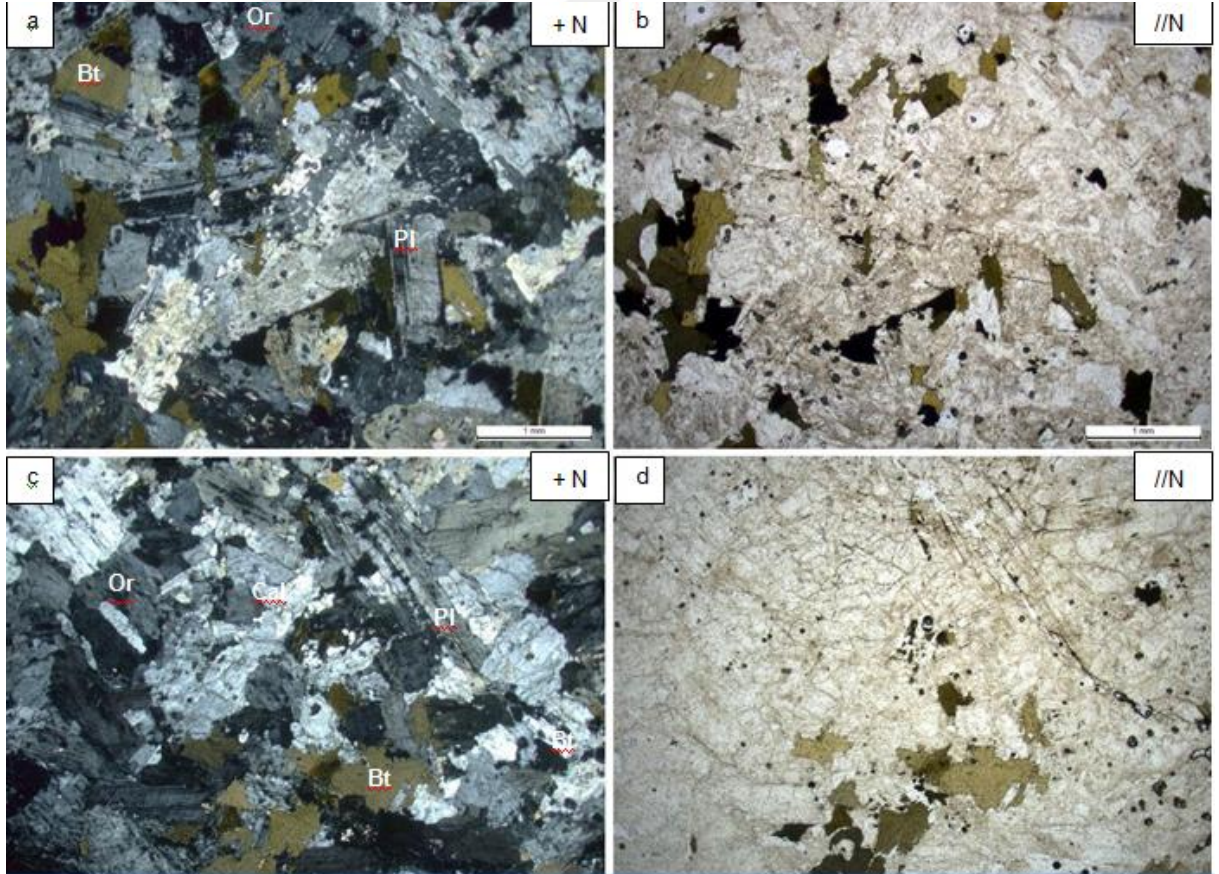
Karaçayır siyenitinin genel mineralojisini, ortoklas, mikroklin, plajjoklas, muskovit, biyotit, zirkon, apatit, kalsit, serisit, skapolit, ikincil kuvars kristalleri ve opak mineraller oluşturmaktadır. Siyenit el örneklerinde gözlenen, ortoklas fenokristalleri ve kalsit kristallerin birlikteliği mikroskop altında da tanımlanmıştır (Şekil 3.4.). Ortoklas fenokristallerinde serisitleşme, skapolitleşme ve pertitleşme yaygındır. Pertitleşmenin ileri evresinde plajjoklas kristal oluşumları belirginleşmiştir. Kalsit kristalleri içinde ve arasında ortoklas kristalleri yaygın olarak gözlenmektedir. Kalsit kristallerin eş boyutlu olup mermerlerde tanımlanan granoblastik doku sunmaktadır.

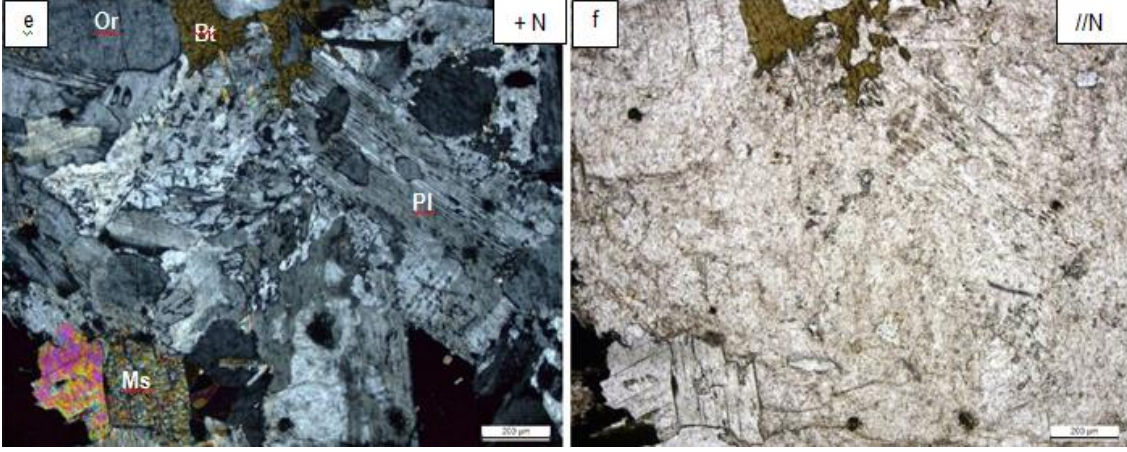


Şekil 6.4.Karaçayır Siyenitne ait polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri

### 6.3. Karaçayır Monzonit

Karaçayır monzonitinin genel mineralojisi, kuvars, ortoklas, plajyoklas, mikroklin, muskovit, biyotit, sfen, zirkon, apatit ve opak minerallerden oluşmaktadır. Mineralojik bileşime florit, kalsit, serisit skaploit, çatlaklarda ikincil kuvars oluşumları eşlik etmektedir. Holokristalen allotrimorf doku sunan monzonitlerde fenoristaller eş boyutludur (Şekil 6.3.). Kahverengi-açık kahverengi pleokroizmalı mafik mineraller biyotit ve koyu yeşil - yeşil pleokroizmalı, 124 derece açılı çift yönlü dilim sunan hornblend kristalleri diğer mafik minerallerdir. Muskovit kristalleri öz şekilli ve yüksek çift kırınım renkleri ile düşük çift kırınım gösteren ortoklas fenokristalleri arasında belirgindirler. İkincil mineraller feldspatların alterasyonu ile gelişmiş olan serisit ve skapolitlerdir.





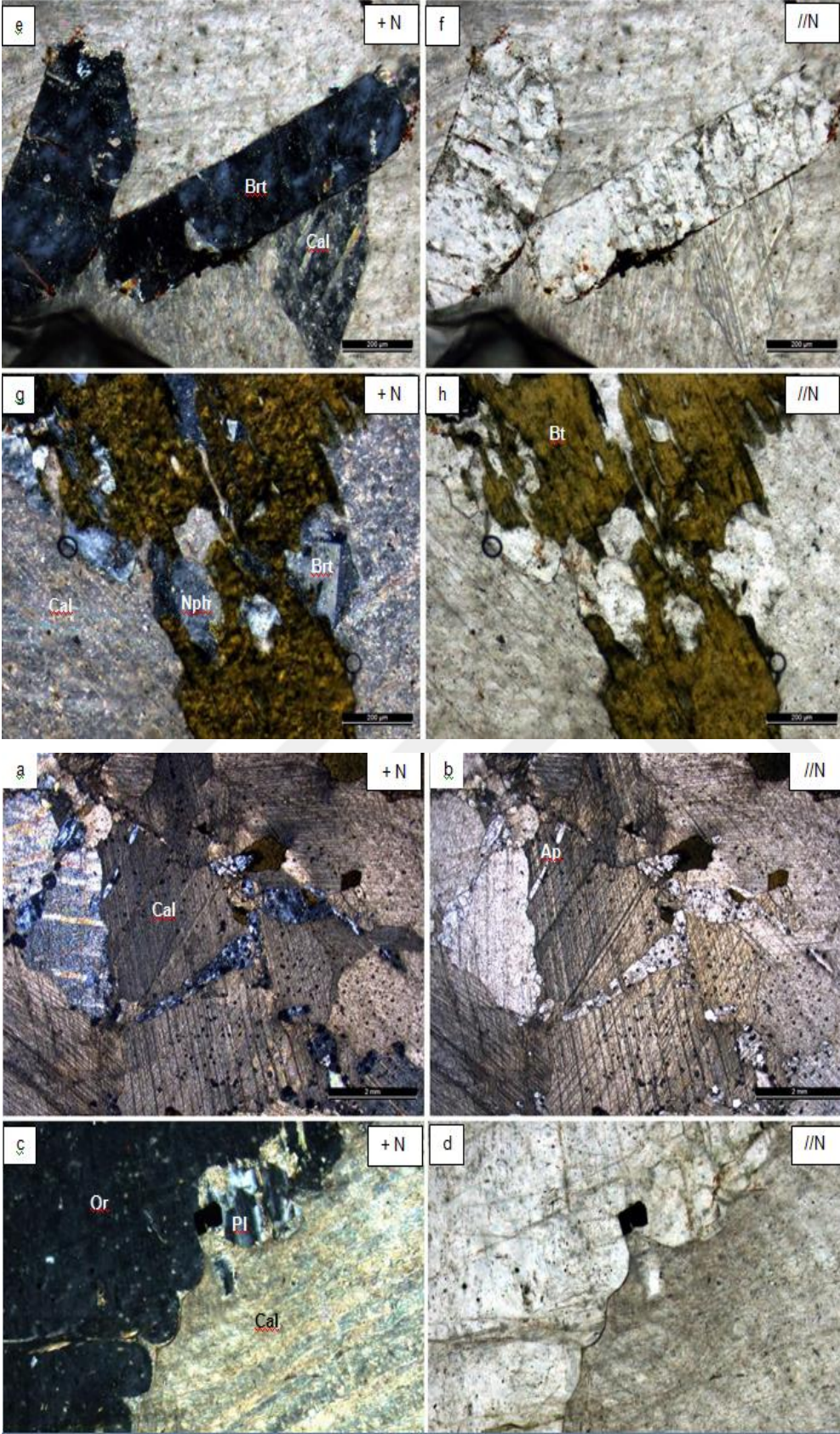
Şekil 6.5.Karacayır Monzoniti'nin polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri.

#### 6.4. Karacayır Plütönu Karbonatit Benzeri Oluşumlar

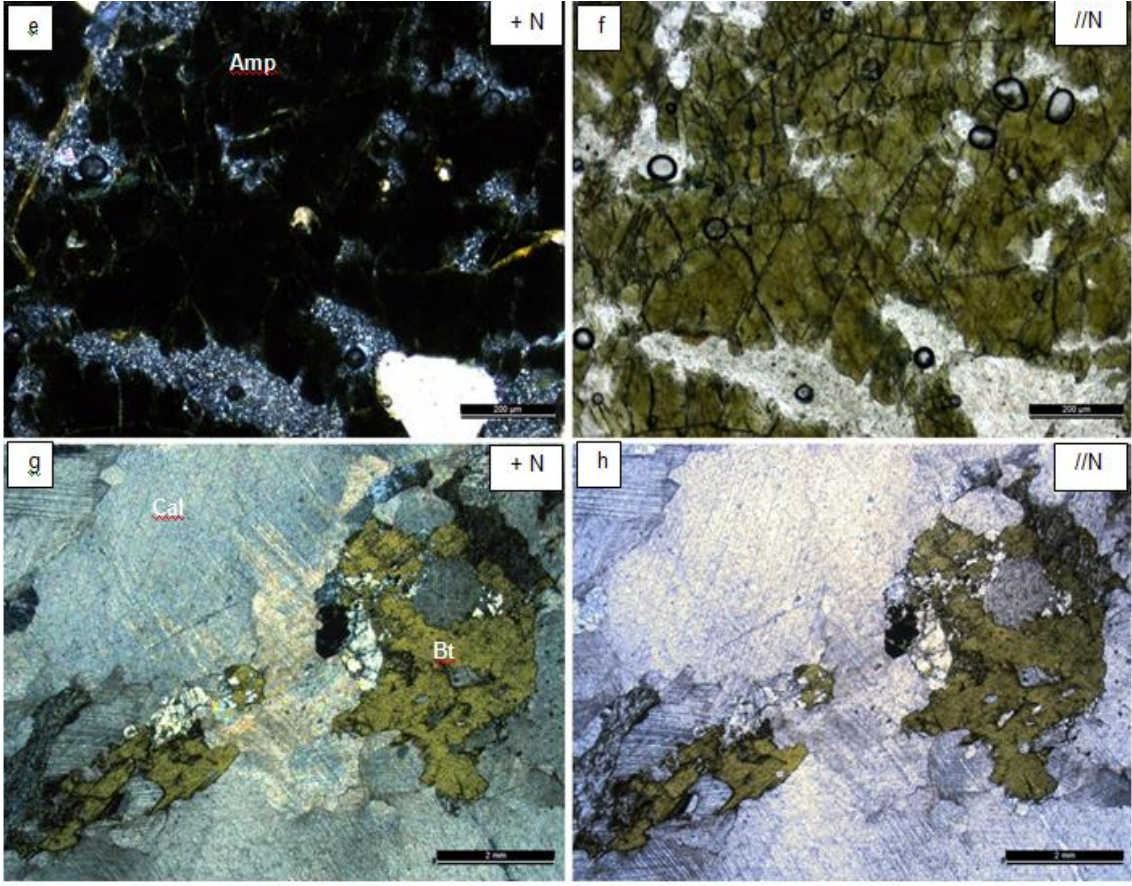
Karotlu sondaj ile alınmış örnek içinde özşekilsiz kalsit kristallerinin oranı yaklaşık %80 dir(Şekil 6.4.). Bileşiminde tanımlanan diğer mineraller ortoklas, barit, apatit, biyotit, amfibol, piroksen, opak minerallerden oluşmaktadır.

Kalsit kristalleri birbirleri ile olan sınırları düzensizdir. Kalsit kristalleri arasında özşekilli olarak gözlenen barit kristalleri, biyotit kristalleri içinde kapanımlar halindedir. Kalsit ile ortoklas kristal dokanaklarında nefelinlerin denge koşullarının değişmesini ifade eden körfez yapıları gözlenmektedir. Örnek içinde kalsit kristalleri tarafından mantolanan biyotit, amfibol ve piroksen kristalleri öz şekilsiz fenokristaller halindedirler. Amfibol fenokristalleri yeşil pleokroizma ve 124 derece açılı çift yönlü dilinimleri ile belirgindir.

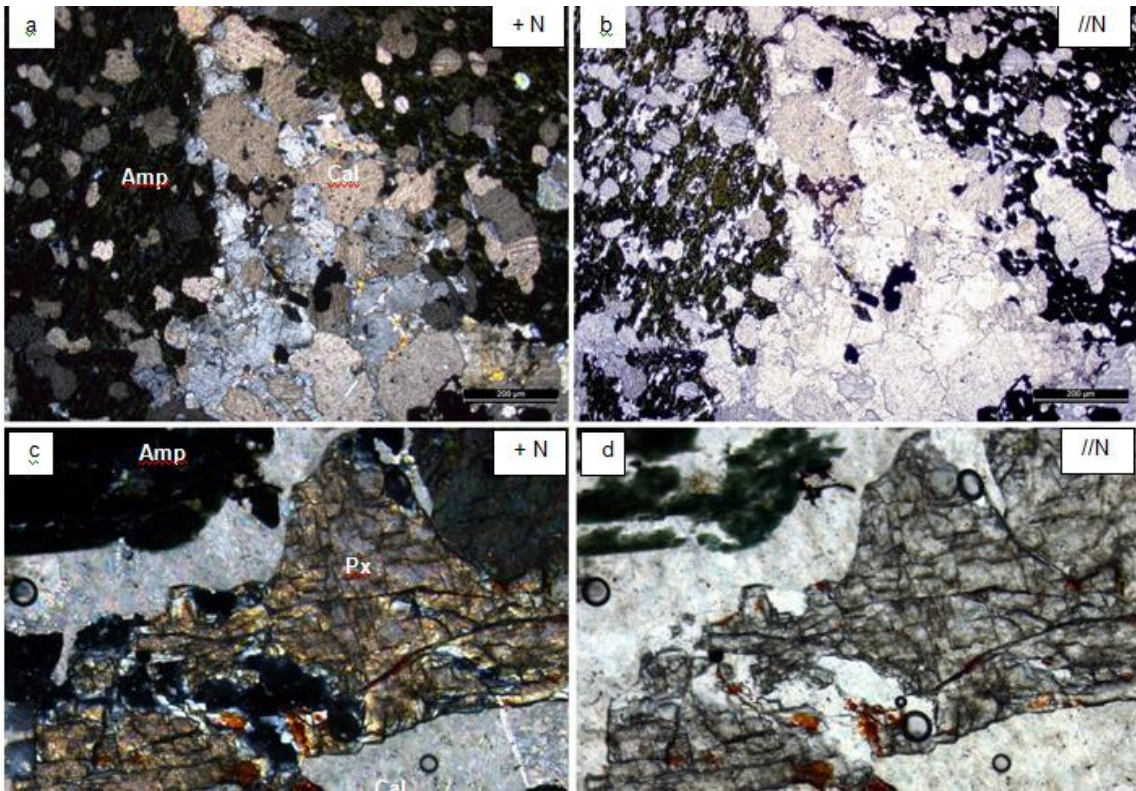
Klinopiroksen kristalleri öz şekilsizdirler. Yeşil tonlarında pleokroizma gösteren klinopiroksenler mükemmel 89 derecelik dilinim açıları ile tanımlanabilmektedirler. Biyotit fenokristalleri içinde apatit ve nefelin kapanımları gözlenmektedir.



Şekil 6.6.Karayayir Karbonat zengin kayaçların polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri



Şekil 6.7.Karayayr Karbonat zengin kayaçların polarizan mikroskop görüntüleri ve dokusal özellikleri





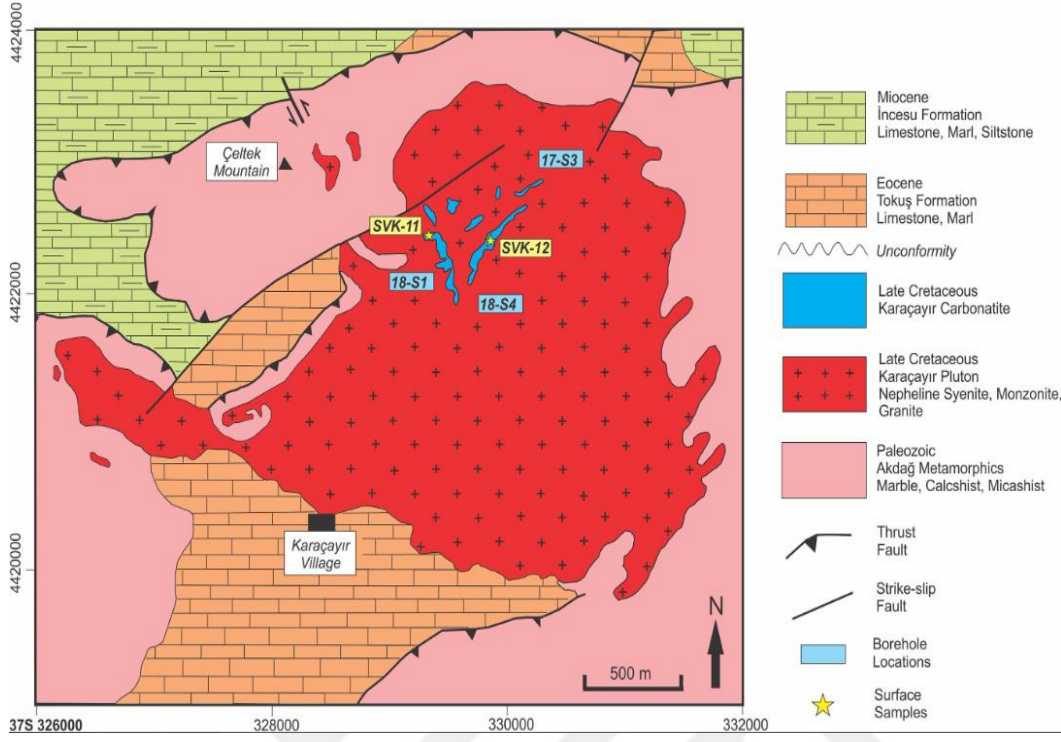
## 7. SİVAS-KARAÇAYIR PLÜTONU JEOKİMYASI

Toplam kaya ana ve iz element jeokimya çalışmaları için alterasyon etkileri sunmayan örnekler petrografik çalışmalara dayalı olarak seçilmiştir. Fenokristal boyutlarına ile orantılı olarak büyük hacimli örnekler, hidrolik baskı, tungsten karpit çeneli kırıcı ve tungsten karpit halkalı öğütücü kullanılarak mikronize edilmiştir. Analiz çalışmalarına gönderilmek üzere 5 gr ağırlıkta iki paket halinde hazırlanmıştır. Proje kapsamında gerçekleştirilecek U-Pb ve Ar-Ar yaşlandırma analizleri için Tablo 7.1’de sunulan miktarlarda zirkon ve mika mineralleri ayıklanmış olup analizlere hazır hale getirilmiştir.

**Tablo 7.1.** Bütçe kapsamında örnekler üzerinde yürütülmesi planlanan analizler ve örnek sayıları

Çalışma Alanı	İnce Kesit	Tüm Kayaç	O ve C İzotopları (Karbonatit)	Sr,Nd,Pb İzotopları	Mineral Kimyası	Zirkon U-Pb	Mika- Amfibol Ar-Ar
Karaçayır Plütonu	29 adet	20 adet	<i>Literatürde var</i>	10 adet	10 adet	5adet	<i>Literatürdevar</i>

Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin kuzeydoğu ucunda yer alan ve karbonatit magmatizması ile ilişkili olan Sivas-Karaçayır kompleksi içinde Türkiye'den gelen önemli bir NTE yatağı daha bulunmaktadır ( Schuiling, 1961 , Cooper ve diğerleri, 2011 ). İlk olarak Schuiling (1961) taşra kaya mermerinin (Akdağ metamorfik kayaçlarının bir üyesi ; Şekil 7.1) siyenit magmasına doğru çıkıntı yapan bölümlerinin sonuçta karbonatit-pegmatite dönüştüğünü ileri sürmüştür. Daha sonra Cooper ve diğerleri (2011) rapor etmiştir. Siyenit, karbonatitik formasyonlar ve mermerlerden elde edilen kimyasal ve kararlı/radyojenik izotop verileri ve alternatif olarak karbonatitin siyenit magmasının fraksiyonel kristalleşmesinin ürününü temsil ettiği ileri sürülmektedir. Ayrıca, bu çalışmada elde edilen sonuçlar Türkiye'deki diğer NTE yataklarından (Eskişehir-Kızılcaören ve Malatya-Kuluncak) elde edilenlerle karşılaştırılarak manto kaynak bölgelerinin deşifre edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 7.1. Sondaj konumlarını da içeren Sivas-Karaçayır bölgesinin jeoloji haritası ( MTA, 2002'den değiştirilmiştir ).



Şekil 7.2 Araziden alınan numune örnekleri

Alınan numune örnekleri Munzur Üniversitesi Örnek Hazırlama laboratuvarına getirilerek kırma-eleme ünitesinde ince tane boyutuna indirilerek İzmir Dokuz Eylül Üniversitesine gönderilip tüm kayaç jeokimyasının yapılmasına hazır hale getirilmiştir.



Şekil 7.3. Numunelerin kırma eleme işlemleri

**Tablo 7.2.** Jeokimya analiz sonuçları

Numune İşareti	Ba	Cr	Nb	Pb	Rb	Sr	Ta	Zr
56902	13222,5	3,1	56,4	58,3	217,0	3520,4	4,2	84,1
56904	4469,5	13,0	28,8	44,9	200,5	2853,0	2,1	20,2
56912	3587,8	3,0	56,7	54,1	179,7	2211,6	4,2	27,8
56914	12044,2	5,3	84,9	88,2	263,7	2042,9	6,3	48,4
56918	1742,9	3,2	40,2	207,4	218,3	204,9	3,0	40,1
56932	8404,5	4,6	32,6	62,9	254,1	1410,1	2,4	25,9
56936	1842,9	3,6	65,2	68,8	254,5	1234,0	4,8	47,5
56938	1509,6	7,3	24,3	54,7	220,1	1081,4	1,8	37,5
56940	389,5	3,5	12,4	19,7	147,4	246,4	0,9	24,0
56946	1539,9	8,9	38,1	48,3	207,2	799,0	2,8	29,6
56950	1124,7	15,3	28,5	48,2	135,9	710,9	2,1	73,1
56952	1087,1	5,1	56,3	107,9	311,5	796,4	4,2	71,8
56954	501,1	2,9	12,7	27,4	130,4	638,2	0,9	32,0
56956	2807,7	5,7	63,9	45,5	218,1	941,2	4,7	17,4
56960	77,6	4,6	65,1	84,2	269,1	310,5	4,8	14,7
KMK1	1486,2	5,7	131,3	20,4	22,5	2176,0	9,7	475,0
KMK2	2496,6	3,8	41,1	25,3	25,8	3692,2	3,0	89,2
KMK4	629,1	3,5	68,6	45,8	112,4	4177,1	5,1	7,6

## 8. TARTIŞMAVEÖNERİLER

Tezin temel amacı, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin kuzeydoğu kısmında gözlenen ve kritik hammadde kaynağı olarak nadir toprak elementleri (NTE) zenginleşmelerini ihtiva eden alkalen karakterdeki magmatizmanın kökeni, tektono-magmatik evrimi ve petrolojik özelliklerinin ortaya konulmasıdır. Buna ilaveten, NTE'leri yapısında bulduran minerallerin türü, tane boyutu ve dokusal özellikleri gibi mineralojik karakteristiklerinin ortaya konulması da diğer önemli bir amacı temsil etmektedir.

Son yıllarda plüton üzerinde MTA tarafından çok sayıda sondaj çalışmasının yürütülmesi ile buradan elde edilen karotlar yardımıyla karbonatit oluşumlarının çok daha fazla alanda bulunduğu ve plüton içerisinde siyenit ile monzonit dışında farklı magmatik kayaç türlerinin de varlığı tespit edilmiştir (Şekil 2). Bunlara ilaveten, gerek arazide açılan yarmalar gerekse yapılan sondaj çalışmaları ile siyenitleri kesen lamprofir daykları ve siyenitin değişik fazları da (alkali feldispat siyenit, nefelin siyenit, nefelin monzosiyenit, pegmatitik siyenit) yine bu plüton içerisinde belirlenmiştir. Proje ekibine dahil MTA çalışanları tarafından yürütülen çalışmalarda bu plütonun önemli derecede NTE zenginleşmesi (10000 ppm'e varan) bulunduğu belirlenmiş ve arama programı kapsamına alınmıştır. Öncel arazi çalışmaları esnasında yapılan gözlemler ve sonrasında elde edilen analitik veriler ışığında Karaçayır Plütonu'nun oldukça özel ve özgün magmatik kayaç türlerini içerdiği ve tipik alkalen kompleks özellikleri sunduğu düşünülmüştür. Ender bulunan kayaç türlerini ihtiva eden bu önemli magmatik oluşum hakkındaki kökensel bulgular oldukça sınırlı olup, ayrıntılı petrolojik çalışmalarla bu alkalen kompleksin kökeninin ve geçirdiği magmatik evrimin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu proje ve tez kapsamında, kayaç türleri üzerinde uygulanacak analitik yöntemler ile literatürdeki eksiklikler giderilecek ve plütonun tektono-magmatik evrimi daha iyi anlaşılacaktır. NTE zenginleşmeleri ihtiva eden alkalen magmatizmadan elde edilecek petrolojik bulgular NTE prospeksiyon çalışmalarında, NTE içeren minerallerin türü, dane boyutu ve dokusal özellikleri gibi mineralojik karakteristikleri ise bu elementlerin fiziksel ve kimyasal zenginleştirme/safılaştırma çalışmalarında kullanılabilir. Çünkü hangi tür fiziksel ve kimyasal zenginleştirme yöntemi kullanılacağı tamamen NTE içeren mineralinin türüne (örn. karbonat, fosfat, silikat), tane boyutuna ve dokusal özelliklerine (basit veya kompleks) bağlıdır (Jordens vd., 2013; Goodenough vd., 2016).

NTE'lerin gerek prospeksiyon çalışmaları gerekse fiziksel ve kimyasal zenginleştirme/saflaştırma süreçlerinin geliştirilmesi ülkemiz adına güvenilir ve kesintisiz NTE tedarik zincirinin kurulması amacıyla 11. Kalkınma Planı'nda yer almaktadır

Bu nedenle elde edilecek bu bilgilerin NTE'ler ile alakalı çalışmalardan sorumlu kamu kurumları (TENMAK, MTA, Eti Maden, Savunma Sanayi Başkanlığı) ile paylaşılması da proje ve tez önerisinin diğer bir önemli amacıdır.



## 9. KAYNAKLAR

- Boztuğ, D., Türksever, E., Heizler, M., Jonckheer, R. J., & Tichomirowa, M.** (2009).  $^{207}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  and Apatite Fission-Track Geothermochronology Revealing the Emplacement, Cooling and Exhumation History of the Karaçayır Syenite (N Sivas), East-Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 18(1), 109-125s.
- 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, 811-828s .
- Çimen, O., Ağrılı, H., Kuebler, C., Simonetti, A., Corcoran, L., Simonetti, S., ... & Dönmez, C.** (2022). Geç Kretase Karaçayır karbonatitinin (Sivas, Türkiye) jeokimyasal, izotopik ve U-Pb jeokronolojik araştırması: Çarpışma sonrası tektonik ortamda manto kaynaklarına ilişkin bilgiler. *Cevher Jeolojisi İncelemeleri* , 141 , 104650.
- Goodenough, K. M., Schilling, J., Jonsson, E., Kalvig, P., Charles, N., Tuduri, J., ... & Keulen, N.** (2016). Europe's rare earth element resource potential: An overview of REE metallogenetic provinces and their geodynamic setting. *Ore Geology Reviews*, 72, 838-856 s .
- Gültekin, Örgün.** (2000) Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) yöresi tersiyer alkali volkanitlerle ilişkili nadir toprak elementli fluorit-barit yatakları. *Anadolu Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi*. 89-90s.
- Jordans, A., Cheng, YP ve Waters, KE** (2013). Nadir toprak elementi taşıyan minerallerin zenginleştirilmesine ilişkin bir inceleme. *Maden Mühendisliği* , 41 , 97-114s.
- MTA Dergisi**, 2002 *A. Sivas, Yozgat ve Kayseri illeri arasında yer alan ve B. proje kapsamında çalışılması hedeflenen plütonlar* (MTA, 2002'den değiştirilmiştir). Ölçek 1/2,000,000 ve 1/100,000
- MTA Dergisi**, 2019 *Türkiye 'de NTE potansiyeline sahip yatak ve cevherleşmelerin jeolojik konumları haritası* Ölçek:1/2,000,000 159s.
- Schilling, RD** (1961). Siyenit-Mermer Kontakında Pegmatitik Karbonatit Oluşumu. *Doğa* , 192 (4809), 1280s.
- Tübitak Araştırma Projesi**, 1001 Program Kodlu, 121Y538 Proje Numaralı (2022-2023)
- Yildiz, N.** (2016). Rare Earth Elements Nadir Toprak Elementleri. *Ankara, Dijital Yayın*. 10.13140/RG.2.2.27743.87206.