



# Metamorfik Masiflerin Asitik Bileşenleri: Jeokimya ve Mineraloji Perspektifi

Ayşe Didem Kılıç<sup>1\*</sup>, Mustafa Güler<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6804-6764), [adkilig@firat.edu.tr](mailto:adkilig@firat.edu.tr)

<sup>2</sup> Bingöl Belediyesi, Jeoloji Dairesi, Bingöl, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9410-7030), [mustafaguler12@outlook.com](mailto:mustafaguler12@outlook.com)

(İlk Geliş Tarihi 15 Haziran 2023 ve Kabul Tarihi 27 Eylül 2023)

(DOI: 10.5281/zenodo.10256740)

**ATIF/REFERENCE:** Kılıç, A.D., Güler, M., (2023). Metamorfik Masiflerin Asitik Bileşenleri: Jeokimya ve Mineraloji Perspektifi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (52), 71-79.

## Öz

Bu çalışmada, Bitlis İli'nin yaklaşık 140 km güneydoğusunda, Yolcular ilçesi civarındaki asitik magmatitlerin jeokimyası ve mineralojisi bölgesel jeoloji içinde yorumlamaya çalışılmıştır. Asitik magmatitler, yüksek miktarda silisyum içeren magmatik kayalar olup, volkanik veya plutonik kökenli olabilirler. Aplit, metagranit gibi asitik magmatitlerin ortalama mineral bileşimi alkali feldspat, plajiyoklaz, kuvars, biyotit ve hornblend'tir. Jeokimyasal analizler bu kayaların granodiyorit bileşimli olduğunu ve granit-granodiyorit magmasının diferansiyasyonu ile oluştuğunu gösterir. Aynı zamanda fraksiyonel kristallenme süreci toleyitik ve kalkalkalen karakterli granitik magmanın değişiminin işaretidir. Özellikle metamorfik masif içerisindeki aplit damar kayacının oluşumu fraksiyonel kristallenmenin sonucudur. Bu durum, yüksek  $La_N/Yb_N$ ,  $Rb/Sr$  ve düşük  $Sm/Nd$ ,  $K/Rb$ ,  $Sr/Ba$  oranları da bunu göstermektedir. İz element oranlarının değişimi, bölümsel ergime ile gelişen fraksiyonel kristallenmenin üst kıtasal kabuğu etkilediğini işaret eder. Asitik magmatitler bölgesel metamorfizma ve kataklastik metamorfizmadan etkilenmiştir. Biyotit minerallerinde izlenen yönlenme, mikro kıvrımlar ve yapraklanma metamorfizmanın etkili amfibolit fasiyesi koşullarıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Fraksiyonel kristalleşme, Toleytic magma, Aplit damarı, Bitlis, Masif.

## The Acidic Components of Metamorphic Massifs: A Perspective on Geochemistry and Mineralogy

### Abstract

In this study, we attempted to interpret the geochemistry and mineralogy of acidic magmatites in the vicinity of Yolcular, approximately 140 km southeast of Bitlis Province, within the context of regional geology. Acidic magmatites are high-silica content igneous rocks that can have volcanic or plutonic origins. The average mineral composition of acidic magmatites such as aplite and metagranite includes alkali feldspar, plagioclase, quartz, biotite, and hornblende. Geochemical analyses indicate that these rocks are composed of granodiorite and formed through the differentiation of granite-granodiorite magma. The fractional crystallization process also suggests the modification of toleyitic and calc-alkaline granitic magma. Particularly, fractional crystallization plays a significant role in the formation of aplite veins within the metamorphic massif. This can be observed through high  $La_N/Yb_N$ ,  $Rb/Sr$  ratios, low  $Sm/Nd$ ,  $K/Rb$ , and  $Sr/Ba$  ratios. The variations in trace element ratios indicate the influence of fractional crystallization associated with partial melting on the upper continental crust. The acidic magmatites have been affected by regional and cataclastic metamorphism. The orientation, microfolds and foliation observed in biotite minerals are effective amphibolite facies conditions of metamorphism.

**Keywords:** Fractional crystallization, Toleytic magma, Aplite veins, Bitlis, Massif.

\* Sorumlu Yazar: [adkilig@firat.edu.tr](mailto:adkilig@firat.edu.tr)

## 1. Giriş

Türkiye, Metamorfik Masif'lerin geniş yayılım sunduğu önemli jeolojik zenginliğe sahip bir ülkedir. Farklı özelliğe sahip sedimanter, metamorfik ve magmatik birçok kayacı içeren Bitlis-Pütürge masifi birçok araştırmacı tarafından incelenmiş olan Türkiye masiflerinin en doğudaki örneğidir (Bora, 1975; Dewey, 1973).

Alt Birlik ve Üst Birlik olarak iki bölümden oluşan veya bazı araştırmacılar (Yılmaz, 1993; Çağlayan ve diğerleri, 1984, Göncüoğlu ve Turhan, 1983; Tolluoğlu, 1982... gibi) tarafından çekirdek ve örtü olarak ifade edilen Bitlis masifi'nde ilerleyen metamorfizma, gerileyen metamorfizma ve bölgesel yerleşime bağlı olarak gömülme metamorfizması izleri görülür. Ayrıca, Alpin orojenezi öncesinde ve orojenez sırasında da dinamik metamorfizma geçirdiği mineral parajenezinden belirlenmiştir (Göncüoğlu ve Turhan, 1983). Yakınlaşan kıtasal levha sınırlarında Bitlis Masifi Paleozoik zamanda yoğun deformasyon geçirmiş ve farklı metamorfizma evrelerinde Anadolu Levhası kristalen birimlerinde izlenmiştir. Bitlis Metamorfik Kuşağı, Orta Devoniyen öncesi yaşlı Hizan Grubu, Orta Devoniyen-Üst Triyas yaşlı Mutki birimi olarak iki gruba ve Triyas zamanı sonrası gelişen riftleşmeyle oluşan kıta kenarına ait kayalar denilmektedir. Üst Kretase'(75 my) de Hizan ve Mutki Grubu retrograd metamorfizmaya uğramıştır (Yılmaz, 1993). Bir başka çalışmada Helvacı (1983) Rb-Sr izotop yaşından ilk metamorfizma yaşının 90 my (Kadomiyen Metamorfizması), ikinci metamorfizma yaşının ise 40 my olduğunu ifade etmişlerdir. Bu metamorfizma, yay-kıta çarpışması ve ofiyolitlerin üzerlemesi sonucu Kampaniyen zamanında gelişmiştir (Çağlayan ve diğerleri, 1984). Bitlis metamorfiti üzerine yapılan benzer diğer çalışmalar; Masifin yaşı ile ilgili son çalışmalarda, mikaşistlere ait muskovitlerde 74-79 My, gnayslardaki zirkon mineralinde 572 My ve metagranitlerde ise 546 milyon yıl yaşı belirlenmiştir (Kılıç ve Ateş, 2015). Masif'in çekirdek ve örtü kayaları arasındaki açısal uyumsuzlukla ve bunları kesen epi-metamorfik örtü Permiyen yaşlıdır (Göncüoğlu ve Turhan, 1983; Boray ve diğerleri, 1975; Oberhanslı, 2012).

Bitlis masifi çekirdek bölümünde, amfibolit, gözlü gnays, pegmatit, kuvars mikaşist, granat mikaşist, metakuvarsit ve mermer ile bunlara sokulum yapan granitlerden oluşurken, örtü bölümü mikaşist, meta-kuvarsit, kloritşist, mermer ve kalkışistlerden oluşur. Her iki kayaç bölümünün mineral parajenezleri horblend, stavrolit, tremolit/aktinolit, granat (almandin), plajiyoklaz, klinozoisit, zirkon, klorit, epidot ve biyotit olup Amfibolit fasiyesinden Yeşilşist fasiyesine kadar değişen metamorfik derece izleri görülür. Bitlis Masifi'nin örtü biriminde bulunan glokofan, karfolit ve aragonit mineralinin alterasyonu sonucu kalsit minerali gelişmiştir. Bu mineral parajenezi genel olarak yüksek basınç ve düşük sıcaklık koşullarını işaret etmektedir. Glokofan mineralinin yaygın olması, Neotetisin kapanması sırasında masifin derin gömülmeye maruz kalması ile nap yığılı yapısı kazandığının göstergesidir (Kılıç ve İnceöz, 2015).

Pegmatitik bir kayaç olan granitik pegmatitler, Li, Ta ve diğer nadir toprak elementler (NTE) için önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Kırat, 2022a). NTE'lerin kökeni dört farklı jeolojik ortam ile ilişkilidir. Bunlar, karbonatitler, alkali magmatik kayalar, monazit-ksenotim plaser yatakları ve iyon adsorbsiyonunu içeren killi yataklardır (Huleatt, 2019; Kırat, 2022b).

İnceleme konusu olan masifin magmatik birimlerini karakterize eden aplitler, amfibolit, paragnays, migmatit ve pegmatoidleri kesmektedir. Bazı alanlarda ise mikrogranit ve tonalit gibi lökogramit magmatitler amfibolit ve granitik gnayslarla uyumlu/uyumsuz kütleler şeklinde izlenirler (Şekil 2.1). Bu çalışmanın amacı asitik magmatik intrüzyonların mineralojik, petrografik özellikleri ve jeokimyası ile aplit dayklarının tektonik ortamı ve metamorfizma derecesinin jeodinamik ortamla mukayese edilmesidir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Kimyasal Analizler

Van Gölü'nün güneyinde 145 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsayan (Şekil 2.1) ve Şengün (1984) tarafından en iyi yüzeylemesini verdiği için Bitlis ili Yolcular ilçesi'ne adfen Yolcular Metamorfiti olarak adlandırılan birimde tüm kayaç örnekleme yapılmış seçilen örneklerden Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi laboratuvarlarında ince kesitler hazırlanmıştır. Foliasyona dik, lineasyona paralel olarak alınan örneklerden ince kesit yüzeylerinden yaklaşık 2 cm kalınlığında kesilmiştir. Alınan parça boyutları 2x3x2 cm olacak şekilde hazırlanmıştır. Mineral bileşimleri ve petrografik adlanması yapılan toplam 35 adet örnekten kimyasal analizlere uygun 6 örnek seçilmiştir (Şekil 2.1).

Örneklerin Nadir Toprak Elementleri (NTE) ICP-MS, iz element ve majör oksit içerikleri ise ICP-AES metodu kullanılarak ACME Analitik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ana, iz ve nadir toprak elementler 1150oC'de platin-altın krozeve 1/5 oranında numune ve lityumtetraborat katılmasıyla elde edilmiştir. Yaklaşık 2x3x2 cm boyutlu seçilmiş örnekler tüm kaya için öğütülmeden, diğer analizler için agat havanlarda <62µ' dan küçük tane boyutuna kadar öğütülmüştür. Kimyasal analiz sonuçları Tablo' 1' de verilmektedir.

Tablo 1. Asit magmatitlerin Anaoksit ve İz element Sonuçları

Ana oksit (%)	Gm-a1	Gm-a2	Gm-a3	Gm-a4	Gm-a5	Gm-a6
SiO <sub>2</sub>	69.17	73.72	72.68	72.52	70.57	69.55
TiO <sub>2</sub>	0.35	0.52	0.52	0.53	0.36	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.07	16.17	16.30	16.04	15.70	16.02
FeO	0.73	0.29	0.39	0.44	0.35	0.63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.87	0.20	1.14	0.41	1.10	1.07
MnO	0.02	0.04	0.02	0.01	0.11	0.06
MgO	1.06	0.38	0.80	0.43	0.74	0.51
CaO	0.82	0.17	0.15	0.16	0.31	0.22
Na <sub>2</sub> O	3.92	6.73	7.80	7.31	7.73	7.20
K <sub>2</sub> O	3.08	0.92	0.16	1.22	0.19	0.57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.08	0.03	0.03	0.13	0.11
Toplam	99.29	99.22	99.99	99.10	99.99	96.27
İz elementler (ppm)						
Rb	128	184	122	180	186	199
Sr	103	162	101	26	13	21
Ba	195	403	345	83	24	102
Zr	110	103	58	66	128	70
Y	22	27	31	24	26	22
La	11	6	8	10	4	7
Nb	10	8	11	7	6	12
U	3	2	5	6	4	2
Th	8	8	14	16	23	19
Cs	5	4	7	6	8	7
Zn	43	31	19	22	28	16
Cu	4	9	11	5	9	8
A/CNK	0.92	1.05	1.02	1.03	1.00	1.02
Rb/Sr	1.24	1.13	1.20	6.92	14.30	9.47
Sr/Ba	0.52	0.40	0.29	0.31	0.54	0.50

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Genel Jeoloji

Asitik magmatitlerin incelendiği bu çalışmada seçilen lokasyon Yolcular ilçesi (Bitlis) dir. Yolcular metamorfiti olarak adlandırılan ve amfibolit, paragnays, migmatit ve granitoidleri kapsayan birimde asitik magmatitler uyumsuz olarak tüm litolojiyi farklı boyutlarda kesmektedir. Hazo Tepe civarında yaklaşık 1-1.2 km<sup>2</sup>'lik bir alanda amfibolit kütleleri ve yeşilimsi mavi renkte masif ve şistozite yapısı belirgin amfibolüstler izlenir (Şekil 2.1, Şekil 2.2A). Amfibolitlerin önemli özelliklerinden biri biyotit mineralleridir (Şekil 2.2B). Paragnayslar, mika minerallerinin oranına bağlı olarak, biyotitçe zengin gnayslar ve muskovitli gnayslar olarak iki gruba ayrılabilir (Şekil 2.2B ve Şekil 2.2D). Biyotit oranı yüksek paragnayslar ve yer yer amfibolitler aplitlerle dokanak halindedir (Şekil 2.3). İnceleme alanı içerisinde ve Pancarlı Mahallesi çevresinde yaygın litoloji migmatitlerdir. Migmatitler, lökosom ve melanosom seviyeleri şeklinde, santimetreden metreye kadar değişen kalınlıklarda izlenmektedir. Açık renkli kuvars ve feldispast minerallerince zengin ve granitik lökosomlar ve koyu renkli genellikle hornblend, biyotit, az miktarda kuvars minerallerinden oluşan melanosomlar tipik migmatit yapısı göstermektedir.



Şekil 2. 2 Bantlı ve gözlü gnaylardan bir görünüm



Şekil 2. 3. Paragneysları kesen apolit damarlarının arazi görünümleri

### 3.2. Petrografisi

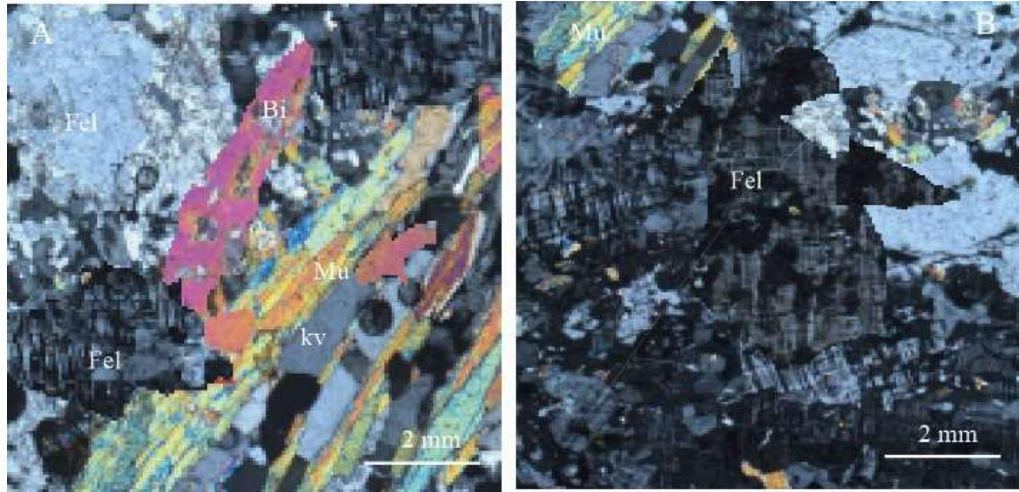
İnceleme konusu apolit daykları, paragneys ve amfibolit birimleri içerisinde izlenmektedir (Şekil 3.1). Yolcular grubunun alt seviyelerinin iyi gözlemlendiği Yelcık Tepe ve civarında oldukça yoğun olan apolit sokulumları ince kesit görüntülerinden K-feldispat, plajiyoklaz, kuvars ve biyotit minerallerinden oluştuğu görülür. Kendi magmasının son ürünü olan apolitler inceleme alanındaki metamorfik birimler içerisinde farklı doğrultularda ve plütonik kütleler halindedir (Şekil 3.1). Kısmen tektonizma ve metamorfizma etkisiyle dokanıklarda belirgin yapraklanma izlenmektedir. Özellikle metamorfizma etkisiyle göz yapısı ve budinler içerisinde rekristalizasyon ürünü feldispatların varlığı önemlidir. Apolit sil ve mercekleri alterasyon etkisiyle kırmızımsı bir görünüm sergilemektedir (Şekil 3.1). Çalışma alanında yanal ve düşey devamlılığı olmayan damar kayaçları olarak görülür. Yer yer killeşmelerden dolayı sarımsı-bej renk tonu alan apolit daykları genelde beyazımsı gri ve pembemsi beyaz renk tonlarına da sahiptirler.

Metagranitler diğ er asitik magma kayaçlarıdır. Bu kayaçlar aplit-pegmatit damar kayaçları ile ortognayslara yakın konumlanmışlardır. Başlıca mineral bileşimleri alkali feldspat, plajiyoklas, kuvars, biyotit ve muskovittir (Şekil 3.7). Alkali feldspatlar ve biyotitler, feldspat ve kuvars kristallerinden oluşan bir matriksle çevrelenmiş ve gözlü dokuyu andıran milonitik bir yapı oluşturmuştur (Şekil 3.2A). Feldspatlar hem porfiroklastlar halinde hem de matrikste yaygındır. Alkali feldspatlar, serizit minerallerine dönüşmüştür (Şekil 3.2B). Tek nikelde düşük optik engebeleri ile kolayca tanınan bu minerallerin makaslama tektoniğ inden dolayı asimetrik göz yapısı izlenmektedir. Kuvars mineralleri ksenoblastik özelliktedir. Kuvarslarda dalgalı sönme deformasyon etkisini göstermektedir (Kılıç ve Karaca, 2021).



Şekil 3.1. Çalışma alanı Yelcik tepe yamacından alınan aplit damarlarına ait sil ve merceksel geometri

Deformasyondan dolayı plajiyoklaz kristallerinin yapısı bozulmuş ve yuvarlak tane şeklini almış oldukları görülür. Albit ikizlenmesi karlsbad ikizlenmesine göre daha yaygındır. Muskovitler ve biyotitler lepidoblastik dokuyu oluşturur. Mika mineralleri porfiroblastik minerallerin etrafını çevreler. Biyotit minerallerinin alterasyon ürünü kloritler tek nikelde net şekilde izlenebilmektedir. Muskovitler, biyotitler gibi foliasyona paralel şekilde dizilim göstermektedirler. Kayacın genel dokusu granoblastik dokudur. İkincil mineral olarak, manyetit ve nadiren sfen mineralleri görülür.



Şekil 3.2. Aplitin mikroskop görünümü. (A) Folyasyon yönünde uzama gösteren kuvars ve muskovit mineraller, (B) serizitleşmiş ve kafes ikizi tipik alkali feldispatlar. (Fel) feldispat, (kv) kuvars, (Mu) muskovit, (Bi) Biyotit.

Aplit ortognayslarla dokanak halinde izlenirken paraganaysların içerisinde ince bantlı sokulumlar halinde izlenmektedir. Başlıca; Kuvars, mikroklin, muskovit ve az oranda biyotit kristallerinden ikincil olarak sfen kristalleri bulundurulur. Hem sil hem dayk şeklinde izlenebilen aplitik damar kayaçlarında benzer mineraller bulunmakla birlikte oranları birbirinden farklı olabilmektedir. Örneğin alkali feldspat, sillerde mikroklin şeklinde iken dayklarda bu mikroklin kristallerinin boyutları farklı ve daha büyüktür. Mikroklinlerin en önemli özelliği tek nikolde bulanık bir görünüme sahip olmalarıdır. Bu durum kısmen alterasyona bağlanmıştır. Aplitlerde plajiyoklaz oranı feldspata oranla daha az ve yarı öz şekillidir. Deformasyondan fazlaca etkilenmiş ve kristal yapıları parçalanmıştır.

Kuvars minerallerinin tane sınırları özşekilsiz ve mineraller arası boşlukları doldurur haldedir. Sil ve dayk şeklindeki yerleşmiş aplitlerin birbirinden ayıran diğer önemli bir ayırım muskovitlerdir. Dayklarda daha küçük kristal boyutundadır. Biotitler ise her iki kütle şeklinde muskovitlere nazaran az sayıdadır. Biotitler ve muskovitler foliasyona paralel şekilde yönlenme gösterirler.

### 3.3. Jeokimya

Bitlis metamorfizminin Yolcular grubu aplitlerinin jeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla sil ve damarlardan 15 örneğe ICP-MS/AES analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 1' de verilmiştir. Analizlerde aplit örneklerinin kızıdırma kaybı değerleri %2.0' yi geçmemektedir. Anaoksid değerleri incelendiğinde  $\text{SiO}_2$  miktarı %69.55-%73.72,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  %14.07-16.30,  $\text{TiO}_2$  %0.33-0.53,  $\text{MnO}$  %0.01-0.11,  $\text{FeO}$  %0.29-0.73,  $\text{MgO}$  %0.38-0.80 ve  $\text{CaO}$  %0.15-0.82 arasında değişkenlik göstermektedir.  $\text{SiO}_2$  değeri tüm granitik kayaçlarda olduğu gibi yüksektir.

Aplit örneklerinin bileşimini belirlemek amacıyla  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 4.1 ). Bu diyagramlarda aplit dayklarının granodiyorit bileşiminde olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar petrografik verilerle uyumludur. Subalkali-alkali diyagramına göre örnekler tümüyle subalkali/toleyitik bileşimlidir. Aynı araştırmacıların AFM diyagramlarında örneklerin kalkalkalen yönelim gösterdiğine işaret etmektedir (Şekil 4.2). Diyagramda kayaçların kalkalkalen bileşimi oldukça belirgindir. İncelenen aplit örneklerin  $\text{K}_2\text{O}$  içerikleri %0.16-3.08 aralığında olup bazı örneklerin toleyitik seri alanına düştüğü görülür (Şekil 4.2).

Silika eriyiklerinin yüksek vizkoziteye ve  $\text{SiO}_2$  içeriğine sahip olduğu bilinmektedir (Şaşmaz ve diğerleri, 2023). Eriyikte bulunan çözünmüş uçucuların miktarı ve türü, özellikle yüksek  $\text{H}_2\text{O}$  içeriği düşük vizkoziteyle ilişkilidir. Ayrıca, sıcaklık da vizkozite üzerinde etkilidir. Ancak,  $\text{CO}_2$ 'nin aşırı fraksiyonu eriyiğin vizkozitesini artırmaktadır (Pikerton ve Stevenson, 1992; Wilson, 1989). Granitik magmanın vizkozitesi, soğuma süreciyle birlikte kristalleşmeyle artma eğilimi gösterir. Bununla birlikte, sulu granitik magmaların kristalleşme sürecinde  $\text{H}_2\text{O}$  içeriğinin eriyikte artmasına bağlı olarak magma vizkozitesi azalır (Şaşmaz ve diğ., 2007).



## 4. Sonuç

Bitlis Metamorfiti Yolcular grubu'nun asitik magmatitleri (aplit, metagranit gibi) tektonik hareketlere bağlı olarak magmatik evrenin son safhasında oluşmuş, hem retrograd hemde kataklastik metamorfizmadan etkilenmiş kayaç türlerini kapsar. Bitlis metamorfite ait aplit örneklerinin mineral bileşimi alkali feldispat, plajiyoklaz, kuvars, biyotit ve hornblend'tir. Kimyasal analiz verileri, bu kayaçların granodiyorit bileşiminli olduğunu ve granit-granodiyorit magmasının diferansiyasyonu ile oluştuğu göstermektedir. Petrografik ve jeokimyasal veriler, fraksiyonel kristallenme sürecini gösteren değişimlerin toleyitik ve kalkalkalen özellikli granitik magmadan kaynaklandığı belirtmektedir. Aplit kayacını oluşturan magmanın evriminde fraksiyonel kristallenmenin önemli bir rol oynadığı yüksek  $La_N/Yb_N$ ,  $Rb/Sr$  oranları ve daha düşük  $Sm/Nd$ ,  $K/Rb$ ,  $Sr/Ba$  oranlarından anlaşılmaktadır. Bu element oranları, bölümsel ergime sonrasında gelişen fraksiyonel kristallenme sürecinden etkilenmiş üst kıtasal kabuğunu işaret etmekte ve alümino-kafemik özellikli olasılıkla hibrid magma kökeni göstermektedir. Apliti kapsayan asitik magmatitler özellikle kataklastik metamorfizmadan fazlaca etkilenmiştir. Genel olarak metamorfik birimlerin tümü, amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş mineral içeriğine sahiptir. İnceleme alanından alınan ve aynı kökenli olmalarına rağmen, granitik kayaçlar birbirlerinden farklı kimyasal özellikler sergilemektedir. Metamorfik kayaçlardan alınan yönlü örneklerin incelenmesi, asimetric yapıdaki porfiloblastların metamorfizma sırasında, Bitlis Masifi'nin temelini oluşturan paragneysları etkilediği gibi feldispatların yoğun alterasyonuna sebep olmuştur.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma, MF 22.07 numaralı proje kapsamında Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi (FÜBAP) tarafından desteklenmiştir. Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde sağlanan mali destekten dolayı üniversitemiz BAP birimine teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- Boray, A. (1975). Bitlis dolayının yapısı ve metamorfizması: Türkiye Jeol. Kur. Bült.,18/1
- Çağlayan, M.A. İnal, R.N. Şengün, M. ve Yurtsever, A. (1984). Structural setting of the Bitlis massive. International Symposium on the Geology of the Taurus Belt, 245-254.
- Dewey, J. F. Pitman, W. C. Ryan, W.B.F. ve Bonnin, J. (1973). Plate tectonics and the evolution of the alpine system. Geol. Soc. Amer. Bull. 84: 3137-3180.
- Göncüoğlu, M.C. and Turhan, N., (1983). New results on the age of Bitlis Metamorphics. Maden Tetkik ve Arama Enst., Derg., 95-96, 1-5.
- Helvacı, C. (1983). Avnik (Bingöl) bölgesi Bitlis Masifi Metamorfik kayalarının Rb/Sr jeokronolojisi: Türkiye Jeoloji Kurumu 37. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özleri, 111.
- Huleatt, M.B. (2019). Australian Resource Reviews: Rare Earth Elements.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. (1971) A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. Canadian Journal of Earth Science, 8, 523-548.
- Kılıç, A.D. Ateş, C. (2015). Geochronology of the Late Cretaceous magmatism and metamorphism, Pütürge massif, Turkey, Acta Petrologica Sinica 31(5):1485-1493.
- Kılıç, A.D. and İnceöz, M. (2015). Mineralogical Geochemical and isotopic effect of silica in ultramafic systems, Eastern Anatolian Turkey, Geochemistry International, 53(4), 369 – 382. <https://doi.org/10.1134/S0016702915040035>.
- Kılıç, A.D., Karaca, T. (2021). Fay Kayalarının Mineralojisinde Deformasyonun Rolü, European Journal of Science and Technology, 27, 942-949. DOI: 10.31590/ejosat.963097.
- Kılıç, A.D., Çakmak, B. (2021). Bitlis ignimbiritinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri GÜFBED/GUSTIJ (2021) 11 (4): 1093-1102. DOI: 10.17714/gumusfenbil.920804.
- Kırat, G. (2022a). Nadir Toprak Elementleri ve Yatak Türleri, Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences. Volume (9), Issue (23), 25-31. DOI: 10.5281/zenodo.7130650
- Kırat, G. (2022b). Türkiye'deki Nadir Toprak Element Yatakları. Munzur 4th International Conference On Applied Sciences, 14-20
- Middlemost, E.A.K. (1994). Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System. Earth-Science Reviews, 37, 215-244.
- Oberhansli, R, Bousquet, R, Candan, O., Okay, A. (2012). Dating Subduction Events in East Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences. 21: 1-17.
- Pearce, J.A. (1996). A User's Guide to Basalt Discrimination Diagrams. In: Wyman, D.A., Ed., Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration, Geological Association of Canada, Short Course Notes, Vol. 12, 79-113.
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R. (1976) Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology, 58, 63-81.
- Pinkerton, H., Stevenson, R.J., (1992). Methods of determining the rheological properties of magmas at sub-liquidus temperatures. J. Volcanol. Geotherm. Res. 53, 47-66.
- Şaşmaz, A., Kılıç, A.D., Akgül, B., Şaşmaz, B. (2023). Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 286, 5 February 2023, 122037.
- Şaşmaz, A., Erdem, Ö., Kaya, G., Yaman, M. (2007). Distribution of Thallium in Soil and Plants Growing in the Keban Mining District of Turkey and Determined by ICP-MS, Atomic Spectroscopy, vol. 28, no. 5, pp. 157-163, 2007.
- Şengün, M. (1984). Bitlis Masifi'nin Metamorfizması Ve Örtü Çekirdek İlişkisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 115, 1-13.
- Tolluoglu, A. Ü. & Erkan, Y., (1982). Mutki (Bitlis) yöresindeki bölgesel metamorfik kayaçların petrografik incelenmesi. Yerbilimleri, 8 (9), 73- 90 .



- Wilson, M. (1989). *Igneous Petrogenesis*. Oxford University Press., 466.
- Yazgan, E., Chessex, R., 1991. Geology and tectonic evolution of the southeastern Taurides in the region of Malatya. *Turkiye Petr. Jeo. Der.*, 3, 1, 1-41, Ankara
- Yılmaz, Y. (1993). New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geol. Soc. Of Amer. Bull.*, 105, 251-27.