

Bozbent Dağı (Mescitli / Torul / Gümüşhane) Adakit Benzeri Porfirlerin Jeolojik ve Petrografik Özellikleri

Abdullah Kaygusuz^{*1}, Kübra Şahin², Alaaddin Vural³,

¹Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye. ORCID: ID/0000-0002-6277-6969

²Jeoloji Mühendisliği / Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye.

³Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye. ORCID: ID/0000-0002-0446-828X

^{*}(abdullah.kaygusuz@gmail.com) Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Bu çalışmada, Doğu Pontid’lerin Güney Zonunda Bozbent Dağı (Mescitli / Torul / Gümüşhane) ve çevresinde yer alan adakit benzeri porfirlerin genel jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri incelenmiştir.

İnceleme alanındaki en yaşlı en yaşlı kayalar Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı karbonatlı kayalar (Berdiga Formasyonu) oluşturur. Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu bu birimler üzerine uyumsuz olarak gelir ve Paleosen-Erken Eosen (?) yaşlı adakit benzeri porfirler tarafından kesilirler. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu tüm bu birimleri uyumsuz olarak üstlerler.

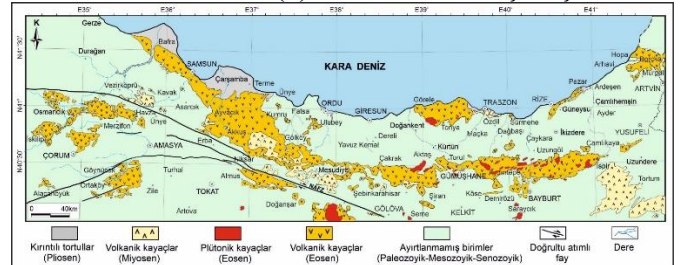
İncelenen adakit benzeri porfirik kayalar genelde andezit, daha az oranda da dasit ve riyoilit bileşiminde olup, genelde porfirik doku gösterirler. Andezitler porfirik, kısmende mikrolitik porfirik dokulu olup, başlıca mineraller plajiyoklas, amfibol, piroksen ve biyotit minerallerinden oluşur. Plajiyoklaslar An₂₅₋₄₄ bileşimli olup, andezin ve oligoklasdan oluşur. Genelde zonlu yapıda olup, halkalı zonlanma yaygındır. Piroksenler ojit bileşimindedir. Dasit ve riyoilitlerde mikrogronü porfirik doku gözlenmekte olup, başlıca mineraller plajiyoklas, kuvars, alkali feldispat, biyotit ve amfibol minerallerden oluşur. Plajiyoklaslar An₂₈₋₄₂ bileşimli olup, oligoklas ve andezinden oluşur. İri kuvars kristallerin kenarları hamur tarafından kısmen yenmiştir. İkincil mineraller kalsit, klorit, epidot, serizit ve kil minerallerinden oluşur. Zirkon, apatit ve Fe-Ti oksitler ise tali mineralleri oluşturur.

Anahtar Kelimeler – Doğu Pontidler, Bozbent Dağı, Adakitik Porfirler, Mescitli (Torul, Gümüşhane), Mineraloji-Petrografi

I. GİRİŞ

Doğu Pontidler (KD Türkiye), Alpin-Himalaya orojenik kuşağında yer almakta olup, özellikle plütonik ve volkanik kayaların çok yoğun olarak gözlemlendiği önemli bir bölgedir. Doğu Pontidler’de yer alan plütonik kayaların yaşları Paleozoyik’ten Senozoyik’e kadar değişim gösterirken, volkanik kayalar daha dar bir aralıkta ve Mesozoyik-Senozoyik yaş aralığındadırlar [1]–[11]. Doğu Pontidler’de Senozoyik volkanizması, (1) Erken Eosen, (2) Orta Eosen, (3) Geç Eosen-Oligosen ve (4) Miyosen-Pliyosen olmak üzere başlıca dört magmatik döngü ile karakterize edilir [6], [9], [12]–

[21]. İncelenen Bozbent Dağı adakitik porfirleri Paosen-Erken Eosen (?) döneminde oluşmuşlardır.



Şekil 1. Doğu Pontidler’deki Eosen ve Miyosen yaşlı volkanik kayaların ve Eosen yaşlı plütonik kayaların dağılımını gösteren basitleştirilmiş jeolojik haritası [9], [15], [22], [23]’den değiştirilerek

Adakitik kayaçlar, genel olarak ortaç SiO₂, yüksek Al₂O₃, Sr/Y, La/Yb ve düşük Y ve Yb değerleri ile karakterize edilirler. Son yıllarda yapılan çalışmalarda [8], [14], [24]–[28], Doğu Pontidler'in kuzey ve güney kesimlerinde adakitik karakterli volkanik ve plütonik kayaçların varlığı tespit edilmiştir. Bu kayaçlar dar bir zaman aralığında gelişen yaşlara (50-46 My) sahiptirler.

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki volkanik ve plütonik kayaçlar üzerine pek çok detay çalışma yapılmış olmasına rağmen [19], [20], [29]–[36], incelenen Bozbent Dağı adakitik porfirler üzerinde herhangi bir çalışma yoktur. Bu nedenle bu çalışmada, Doğu Pontid'lerin Güney Zonunda Bozbent Dağı (Mescitli / Torul / Gümüşhane) ve çevresinde yer alan adakit benzeri porfirlerin genel jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri ortaya konulmuştur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Bölgesel jeoloji

Doğu Pontid'lerde Tersiyer öncesi kayaçlar, Erken Karbonifer yaşlı metamorfik kayaçlardan [37], Erken-Geç Karbonifer yaşlı plütonik kayaçlardan [23], [38]–[45], Erken-Orta Jura yaşlı volkan-tortul kayaçlardan [46], [47], Orta-Geç Jura yaşlı plütonik kayaçlardan [45], [48]–[51], Geç Jura-Erken Kretase yaşlı karbonat kayaçlardan [52] ve Geç Kretase yaşlı volkanik, plütonik ve tortul kayaçlardan [53]–[58] oluşurlar. Tersiyer yaşlı kayaçlar ise Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı adakitik kayaçlar [14], [16], [25], Erken-Orta Eosen yaşlı volkanik-subvolkanik kayaçlar [9], [10], [15], [18]–[21], [36], [59], [60], Orta Eosen yaşlı plütonik kayaçlar [28], [33], [69], [70], [61]–[68], Geç Eosen ve Oligosen yaşlı volkanik kayaçlar [6], [71] ve Miyosen-Pliyosen yaşlı adakitik-adakitik olmayan volkanik-subvolkanik kayaçlar [12], [72]'dan oluşurlar. Miyosen ve Miyosen sonrası magmatizma Trabzon-Gümüşhane bölgelerinde kalk-alkalen ve alkalen karakterli [6], [72] iken, Ilıca-Kandilli bölgesinde kalk-alkalen karakterli [73], [74]'dir.

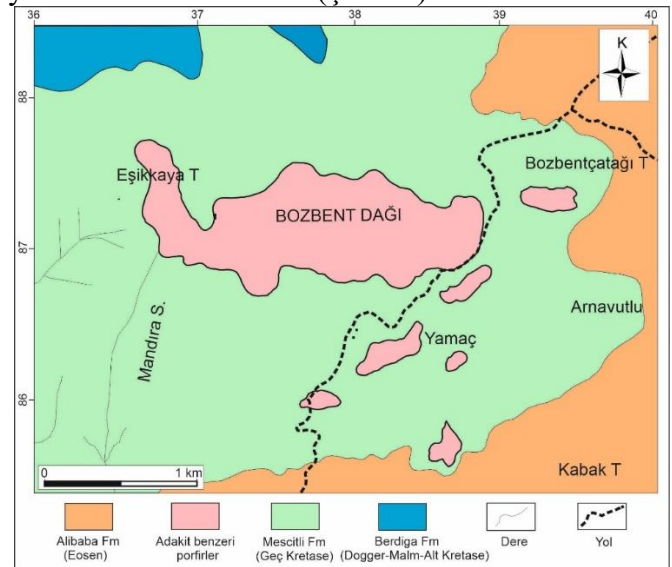
B. Analiz Yöntemleri

İnceleme sahasından derlenen 10 adet kayaç örneğinin ince kesitleri hazırlanmıştır. İnce kesitler Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında hazırlanmıştır. İnce kesit örnekleri Leica marka polarizan mikroskop yardımıyla incelenmiş ve kayaçların mineralojik-petrografik özellikleri belirlenmiştir. Uygun kayaç örneklerinin mikroskop fotoğrafları MDBF Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mikroskop laboratuvarında Leica marka polarize mikroskoba bağlı Leica marka düzenekte bulunan fotoğraf ünitesi ile elde edilmiştir.

III. BULGULAR

C. İnceleme Alanının Genel Jeoloji

Doğu Pontid'lerin Güney Zonu'nda yer alan ve genelde tortul ve volkanik kayaçların egemen olarak bulunduğu çalışma alanında, en yaşlı kayaçları Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı karbonatlı kayaçlar (Berdiga Formasyonu) oluşturur. Bu kayaçlar üzerine uyumsuz olarak Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu gelir. Bu formasyon Paleosen-Erken Eosen (?) yaşlı adakitik porfirler tarafından kesilirler. Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait kayaçlar tüm bu birimleri uyumsuz olarak üstlerler (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanının jeolojik haritası [30], [75]'den değiştirilerek)

Berdiga Formasyonu [52]'nu oluşturan kayaçlar inceleme alanının kuzey doğusunda ve küçük yüzeylemeler halinde bulunurlar (Şekil 2). Bu formasyon inceleme alanında en alt seviyelerde gri renkli, masif katmanlı dolomitlerden, orta kısımlarda kalın katmanlı dolomitleşmiş

kireçtaşlarından, üst seviyelerde ise ince-orta tabakalı kireçtaşlarından oluşur. Renkleri açık gri, kirli sarı ve kahverengi olup, erime boşluklarına yaygın olarak rastlanır.

Kermutdere Formasyonu [52]'nu oluşturan kayalar inceleme alanında en fazla yayılıma sahip kayalar türlerini oluştururlar (Şekil 2 ve 3). Bu formasyon Mescitli Formasyonu [22] olarak da isimlendirilmiştir. Formasyon alt kesimlerde kumlu kireçtaşlarından, orta kesimlere doğru kırmızı kireçtaşlarından, üst kesimlerde ise volkanik ara katmanlı tortul kayaç ardışımından oluşur. Kumlu kireçtaşları belirgin tabakalanmalı olup, genellikle açık sarı ve bej renktedir. Kırmızı kireçtaşları ince ve düzgün tabakalı katmanlardan oluşmakta olup, genellikle şarap kırmızısı renktedir. Flişler, volkanik ara katmanlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, miltaşı ve kireçtaşı ardışımından oluşurlar. Volkanik ara katkıları tüffitler oluşturur.



Şekil 3. Kermutdere Formasyonu'na ait tortul birimlerin görünümü

Alibaba Formasyonu [76] inceleme alanının kuzeydoğu, doğu ve güneydoğu kesimlerinde yüzeyleme verir (Şekil 2 ve 4). Bu formasyon alt kesimlerde volkanik breş, aglomera ve tüflerden oluşmakta, üste doğru ise killi kireçtaşı ve kumtaşı ara seviyeleri içeren andezit, kuvarslı andezit ve tüflerden oluşmaktadır.

Volkanik breş ve aglomeralar koyu gri ve yeşil renkli olup, andezit çakılları bir matris ile bağlanmıştır. Bu çakıllar aglomeralar içinde yuvarlak-oval, breşlerde ise köşeli şekillerde olup, boyutları 5-25 cm arasında değişir (Şekil 4).



Şekil 4. Alibaba Formasyonu'nu oluşturan volkanik breş ve aglomeraların arazi görünümü

Tortul kayalar orta tabakalı olup, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kumtaşı merceklerinden oluşurlar (Şekil 5). Genellikle belirgin tabakalanma gösterirler ve açık sarı, bej renktedirler.

Formasyon içindeki andezitler gri, koyu gri ve yeşilimsi gri renklerde olup (Şekil 5), yer yer kuvar ve kalsit damarları içerirler. Makroskobik olarak plajiyoklas, amfibol ve piroksen mineralleri tanınabilmektedir.



Şekil 5. Alibaba Formasyonu içindeki (a) tortul birimler ile volkanitlerin dokanağı, (b) volkanik birimlere ait andezitlerin görünümü

D. Bozvent Dağı adakitik porfirlerin Arazi gözlemleri

Bu birimler inceleme alanının merkezi kısımlarında, Bozvent Dağı, Bozventçatağı Tepesi ve Yamaç mevkieinde gözlenirler (Şekil 2 ve 6). Bozvent Dağı ve Eşikkaya Tepe civarında yer alan birimler daha büyük alanlarda (yaklaşık 2 km²) gözlenmekte olup, diğerleri ise daha küçük (yaklaşık 300-500m) kütleler halinde gözlenirler (Şekil 2). Adakitik porfirleri oluşturan kayalar porfirik dokulu andezit, dasit ve riyolit dom ve dayklarından oluşurlar. Renkleri gri, açık gri ve pembemsi gri olup, genellikle az ayrılmış olarak gözlenirler. Yaygın olarak prizmatik kolon debi gösterir. Bu kayalar inceleme alanında Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu'na ait kayaları kesmişlerdir.

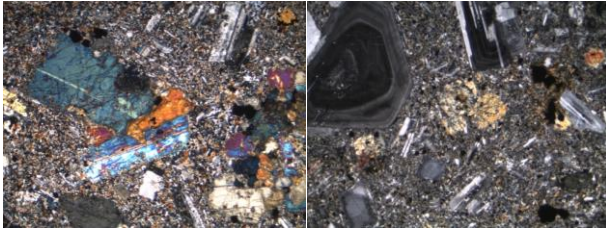


Şekil 6. Adakitik porfirlerin arazi görünümü

E. Bozvent Dağı adakitik porfirlerin Mineralojik ve Petrografik özellikleri

Bozvent Dağı adakitik porfirleri genelde andezit, daha az oranda da dasit ve riyolitlerden oluşur. En önemli özellikleri porfirik doku göstermeleridir.

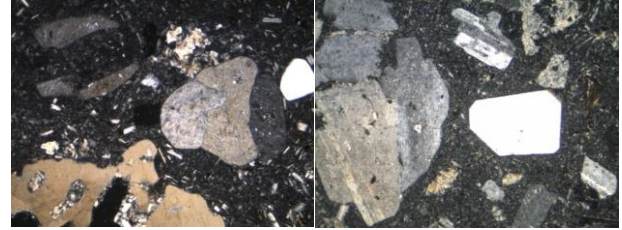
Mikroskobik incelemelerde andezitler porfirik, kısmen de mikrolitik porfirik doku gösterirler (Şekil 7). Plajiyoklaslar iri, öz ve yarı öz şekilli levhamsı kristaller, hamurda ise küçük taneler halinde bulunur. Genelde andezin (An_{38-44}), daha az oranda da oligoklas (An_{25-29}) bileşimindedirler. İri plajiyoklaslar genellikle zonlu yapı gösterirler. Bazı mineraller albit ikizi, bazıları ise polisentetik ikiz gösterirler. Amfiboller öz ve yarı öz şekilli iri prizmatik kristaller, hamurda ise küçük taneler halindedirler. Bir kısım iri mineraller opak mineral ve plajiyoklas inklüzyonları içerirler. İki yöndeki baklava dilinimleri belirgindir. Piroksenler genelde iri prizmatik kristaller, hamurda da küçük taneler halinde görülmekte olup, ojit bileşimindedirler. Sönme açıları yaklaşık 41-43 derecedir (010 yüzeyine paralel kesitler). Biotit mineralleri genellikle küçük kristaller halinde ve bazı kesitlerde gözlenirler. Opak mineral küçük dağınık taneler halinde gözlenirler. Kalsit, serizit, klorit ve epidot ikincil mineralleri oluşturur.



Şekil 7. Andezitlerde gözlenen porfirik ve mikrolitik porfirik doku (Ç.N., Pl: Plajiyoklas, Amf: Amfibol, Oj: Ojit, Op: Opak mineraller)

Dasit ve riyolitlerde mikrogrenü porfirik doku gözlenir (Şekil 8). Plajiyoklaslar genelde iri levhamsı kristaller, hamurda ise küçük kristaller şeklinde bulunurlar. İri kristaller öz ve yarı öz şekilli olup, zonlu yapılar yaygın olarak görülür. Bazı minerallerde albit ikizleri, bazılarında ise polisentetik ikizler belirgin olarak görülürler. Plajiyoklaslar oligoklas (An_{24-28}) ve andezin (An_{36-42}) bileşimindedir. Kuvarslar genelde öz ve yarı öz şekilli iri kristaller, hamurda ise küçük kristaller halinde gözlenirler. İri kristallerin kenarları kısmen hamur tarafından yenmiştir. Minerallerin önemli bir kısmında dalgalı sönme görülür ve genellikle çatlaklı yapı gösterirler. Alkali feldispatlar genelde iri kristaller, hamurda ise küçük taneler şeklindedir. İri alkali feldispat kristalleri öz ve yarı öz şekilli olup, karlsbad ikizi belirgin olarak görülür. Kısmen ayrılmış olup killeşme gösterirler. Biotitler öz ve yarı öz şekilli hem iri levhamsı prizmatik kristaller hem de küçük taneler halinde görülürler. İri biyotit kristalleri dilinimleri boyunca ve kenarlardan

itibaren kısmen kloritleşmişlerdir. Bazı mineraller bükülmüş lameller halinde gözlenirler. Amfiboller genelde iri prizmatik kristaller, hamurda ise küçük kristaller şeklinde gözlenirler. Maksimum sönme açıları yaklaşık 13-15 derece arasındadır (010'a paralel kesitlerde). Kısmen kalsitleşmiş olup, kenar kısımlarında opak mineraller gelişmiştir. Opak mineraller irili ufaklı dağınık taneler halinde gözlenirler. Kalsit, epidot, serizit, klorit ve kil mineralleri ikincil mineralleri oluşturur.



Şekil 8. Dasitik ve riyolitik kayaçlarda gözlenen porfirik doku ve hamur tarafından kemirilmiş iri kuvars minerali (Ç.N., Ku: Kuvars, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak mineral)

IV. SONUÇLAR

1. İnceleme alanındaki kayaçlar Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu, Geç Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu, Paleosen-Erken Eosen (?) yaşlı adakitik porfirler ve Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'ndan oluşur.
2. İncelenen adakit benzeri porfirik kayaçlar genelde andezit, daha az oranda da dasit ve riyolit bileşimlidir.
3. Andezitlerde porfirik, kısmende mikrolitik porfirik, dasit ve riyolitlerde ise mikrogrenü porfirik dokular görülür.
4. Andezitlerdeki başlıca mineraller plajiyoklas, amfibol, piroksen, biyotit ve opak minerallerden oluşur.
5. Dasit ve riyolitlerdeki başlıca mineraller plajiyoklas, kuvars, alkali feldispat, biyotit, amfibol ve opak minerallerden oluşur.
6. Andezitlerdeki plajiyoklaslar An_{25-44} bileşimli, dasit ve riyolitlerde ise An_{28-42} bileşimlidir.
7. Tüm kayaçlardaki plajiyoklaslar genelde zonlu yapıda olup, halkalı zonlanma yaygındır.

KAYNAKLAR

- [1] S. Tokel, "Doğu Karadeniz bölgesinde Eosen yaşlı kalkalkalen andezitler ve jeotektonizma", *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, c. 20, sayı 1, ss. 49–54, 1977.
- [2] S. A. Adamia, M. B. Lordkipanidze, ve G. S. Zakariadze, "Evolution of an active continental margin as exemplified by the Alpine history of the Caucasus", *Tectonophysics*, c. 40, ss. 183–199, 1977.
- [3] M. Arslan, İ. Temizel, L. Ackerman, C. Yücel, ve E. Abdioğlu Yazar, "Highly siderophile element and Os isotope systematics of the Cenozoic volcanic rocks from the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints on the origin and evolution of subcontinental mantle-derived magmas", *Lithos*, c. 410–411, Şub. 2022, doi: 10.1016/j.lithos.2021.106575.
- [4] V. G. Kazmin, I. M. Sbertshikov, L. E. Ricou, L. P. Zonenshain, J. Boulin, ve A. Knipper, "Volcanic belts as markers of the Mesozoic-Cenozoic evolution of Tethys", *Tectonophysics*, c. 123, ss. 123–152, 1986.
- [5] M. Z. Çamur, İ. H. Güven, ve M. Er, "Geochemical characteristics of the eastern Pontide volcanics: an example of multiple volcanic cycles in arc evolution", *Turkish Journal of Earth Sciences*, ss. 123–144, 1996.
- [6] F. Aydın, O. Karlı, ve B. Chen, "Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey", *Lithos*, c. 104, sayı 1–4, ss. 249–266, Ağu. 2008, doi: 10.1016/j.lithos.2007.12.010.
- [7] A. Kaygusuz, W. Siebel, C. Şen, ve M. Satir, "Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: The composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey", *International Journal of Earth Sciences*, c. 97, sayı 4, ss. 739–764, Tem. 2008, doi: 10.1007/s00531-007-0188-9.
- [8] Y. Eyuboglu, S. L. Chung, M. Santosh, F. O. Dudas, ve E. Akaryalidotless, "Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the eastern Pontides, NE Turkey: Implications for slab window melting", *Gondwana Research*, c. 19, sayı 2, ss. 413–429, Mar. 2011, doi: 10.1016/j.gr.2010.07.006.
- [9] M. Arslan vd., "40Ar–39Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, c. 166, sayı 1, ss. 113–142, Tem. 2013, doi: 10.1007/s00410-013-0868-3.
- [10] C. Yücel, M. Arslan, İ. Temizel, E. Abdioğlu Yazar, ve G. Ruffet, "Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey).", *Gondwana Research*, c. 45, ss. 65–86, 2017.
- [11] E. Aydınçakır, C. Yücel, G. Ruffet, M. A. Gücer, E. Akaryalı, ve A. Kaygusuz, "Petrogenesis of post-collisional Middle Eocene volcanism in the Eastern Pontides (NE, Turkey): Insights from geochemistry, whole-rock Sr–Nd–Pb isotopes, zircon U–Pb and 40Ar–39Ar geochronology", *Geochemistry*, s. 125871, Şub. 2022, doi: 10.1016/j.chemer.2022.125871.
- [12] C. Yücel, M. Arslan, İ. Temizel, ve E. Abdioğlu, "Volcanic facies and mineral chemistry of Tertiary volcanics in the northern part of the Eastern Pontides, northeast Turkey: implications for pre-eruptive crystallization conditions and magma chamber processes", *Mineralogy and Petrology*, c. 108, ss. 439–467, 2014.
- [13] O. Karlı vd., "Nature of the Early Cretaceous lamprophyre and high-Nb basaltic dykes, NE Turkey: Constraints on their linkage to subduction initiation of Neotethyan oceanic lithosphere", *Lithos*, c. 380–381, Oca. 2021, doi: 10.1016/j.lithos.2020.105884.
- [14] G. Topuz, R. Altherr, W. H. Schwarz, W. Siebel, M. Satir, ve A. Dokuz, "Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: The Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey)", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, c. 150, sayı 4, ss. 441–455, 2005, doi: 10.1007/s00410-005-0022-y.
- [15] İ. Temizel, M. Arslan, G. Ruffet, ve J. J. Peucat, "Petrochemistry, geochronology and Sr–Nd isotopic systematics of the Tertiary collisional and post-collisional volcanic rocks from the Ulubey (Ordu) area, eastern Pontide, NE Turkey: Implications for extension-related origin and mantle source characteristi", *Lithos*, c. 128–131, ss. 126–147, Oca. 2012, doi: 10.1016/j.lithos.2011.10.006.
- [16] A. Dokuz, I. Uysal, W. Siebel, M. Turan, R. Duncan, ve M. Akçay, "Post-collisional adakitic volcanism in the eastern part of the Sakarya Zone, Turkey: Evidence for slab and crustal melting", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, c. 166, sayı 5, ss. 1443–1468, Kas. 2013, doi: 10.1007/s00410-013-0936-8.
- [17] Y. Eyuboglu vd., "The nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab window setting: A synthesis from the eastern Pontides, NE Turkey", *Geoscience Frontiers*, c. 4, sayı 4, ss. 353–375, Tem. 2013, doi: 10.1016/j.gsf.2012.10.001.
- [18] E. Aydınçakır, "The petrogenesis of Early Eocene non-adakitic volcanism in NE Turkey: Constraints on the geodynamic implications", *Lithos*, c. 208, ss. 361–377, Kas. 2014, doi: 10.1016/j.lithos.2014.08.019.
- [19] Z. Aslan, M. Arslan, İ. Temizel, ve A. Kaygusuz, "K–Ar dating, whole-rock and Sr–Nd isotope

- geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: Implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey”, *Mineralogy and Petrology*, c. 108, sayı 2, ss. 245–267, Nis. 2014, doi: 10.1007/s00710-013-0294-2.
- [20] A. Kaygusuz, A. Arslan, W. Siebel, ve C. Şen, “Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, c. 20, sayı August 2010, ss. 137–159, 2011, doi: 10.3906/yer-1002-8.
- [21] A. Kaygusuz, M. A. Gücer, C. Yücel, E. Aydınçakır, ve F. Sipahi, “Petrography and crystallization conditions of Middle Eocene volcanic rocks in the Aydıntepe-Yazyurdu (Bayburt) area, Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı 2, ss. 1205–1215, 2019.
- [22] İ. H. Güven, *Doğu Pontidlerin 1/100.000 Ölçekli Kompilasyonu*. Ankara: MTA Genel Müdürlüğü, 1993.
- [23] A. Kaygusuz, C. Yücel, E. Aydınçakır, M. A. Gücer, ve G. Ruffet, “40Ar–39Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of the Middle Eocene calc-alkaline volcanic rocks in the Bayburt area, Eastern Pontides (NE Turkey): Implications for magma evolution in an extension-related setting”, *Mineralogy and Petrology*, c. 116, sayı 5, ss. 379–399, 2022, doi: 10.1007/s00710-022-00788-w.
- [24] G. Topuz vd., “Post-collisional adakite-like magmatism in the Agvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Lithos*, c. 125, sayı 1–2, ss. 131–150, 2011, doi: 10.1016/j.lithos.2011.02.003.
- [25] O. Karşlı vd., “Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potential parental melts and geodynamic implications”, *Lithos*, c. 127, sayı 1–2, ss. 354–372, 2011, doi: 10.1016/j.lithos.2011.08.014.
- [26] Y. Eyuboğlu vd., “The final pulse of the Early Cenozoic adakitic activity in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey): An integrated study on the nature of transition from adakitic to non-adakitic magmatism in a slab window setting”, *Journal of Asian Earth Sciences*, c. 157, ss. 141–165, May. 2018, doi: 10.1016/j.jseaes.2017.07.004.
- [27] A. Dokuz, I. Uysal, Y. Dilek, O. Karşlı, T. Meisel, ve R. Kandemir, “Geochemistry, Re-Os isotopes and highly siderophile element abundances in the Eastern Pontide peridotites (NE Turkey): Multiple episodes of melt extraction-depletion, melt-rock interaction and fertilization of the Rheic Ocean mantle”, *Gondwana Research*, c. 27, sayı 2, ss. 612–628, Şub. 2015, doi: 10.1016/j.gr.2013.12.010.
- [28] İ. Temizel, M. Arslan, C. Yücel, E. Abdioğlu Yazar, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “Eocene tonalite–granodiorite from the Havza (Samsun) area, northern Turkey: adakite-like melts of lithospheric mantle and crust generated in a post-collisional setting”, *International Geology Review*, 2020, doi: 10.1080/00206814.2019.1625077.
- [29] E. Akaryalı, “Geochemical, fluid inclusion and isotopic (O, H and S) constraints on the origin of Pb–Zn ± Au vein-type mineralizations in the Eastern Pontides Orogenic Belt (NE Turkey)”, *Ore Geology Reviews*, c. 74, ss. 1–14, 2016.
- [30] A. Kaygusuz ve K. Şahin, “Mescitli (Torul / Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 6, sayı 2, s. 89, Tem. 2016, doi: 10.17714/gufbed.2016.06.010.
- [31] A. Kaygusuz, “Torul ve çevresinde yüzeylenen kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi”, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 227s, 2000.
- [32] A. Kaygusuz ve Ç. Saydam Eker, “Geochemical features and petrogenesis of Late Cretaceous subduction-related volcanic rocks in the Değirmentaş (Torul/Gümüşhane) area, Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 1, ss. 1689–1702, 2021.
- [33] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Geochronology, petrogenesis and tectonic importance of Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey”, *Arabian Journal of Geosciences*, c. 14, sayı 6, s. 467, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12517-021-06884-z.
- [34] A. Kaygusuz, C. Şen, ve Z. Aslan, “Torul (Gümüşhane) Volkaniklerinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri (KD Türkiye); Fraksiyonel Kristallenme ve Magma Karışımına İlişkin Bulgular”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, c. 49, sayı 1, ss. 49–82, 2006.
- [35] A. Kaygusuz, W. Siebel, N. Ilbeyli, M. Arslan, M. Satir, ve C. Şen, “Insight into magma genesis at convergent plate margins a case study from the eastern Pontides (NE Turkey)”, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, c. 187, sayı 3, ss. 265–287, 2010, doi: 10.1127/0077-7757/2010/0178.
- [36] A. Kaygusuz, Z. Merdan Tutar, ve C. Yücel, “Mineral chemistry, crystallization conditions and petrography of Cenozoic volcanic rocks in the Bahçecik (Torul/Gumushane) area, Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 6, sayı 2, ss. 641–651, 2017.
- [37] G. Topuz, R. Altherr, A. Kalt, M. Satir, O. Werner, ve W. H. Schwarz, “Aluminous granulites from the Pular complex, NE Turkey: A case of partial melting, efficient melt extraction and crystallisation”, *Lithos*, c. 72, sayı 3–4, ss. 183–207, 2004, doi: 10.1016/j.lithos.2003.10.002.

- [38] A. Kaygusuz, M. Arslan, W. Siebel, F. Sipahi, ve N. Ilbeyli, “Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey”, *International Geology Review*, c. 54, sayı 15, ss. 1776–1800, Kas. 2012, doi: 10.1080/00206814.2012.676371.
- [39] A. Kaygusuz, M. Arslan, F. Sipahi, ve İ. Temizel, “U-Pb zircon chronology and petrogenesis of Carboniferous plutons in the northern part of the Eastern Pontides, NE Turkey: Constraints for Paleozoic magmatism and geodynamic evolution”, *Gondwana Research*, c. 39, ss. 327–346, 2016.
- [40] A. Kaygusuz, E. Aydınçakır, C. Yücel, ve H. E. Atay, “Petrographic and geochemical characteristics of carboniferous plutonic rocks around Erenkaya (Gümüşhane, NE Turkey).”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1774–1788, 2021.
- [41] A. Kaygusuz, “Geochronological age relationships of Carboniferous Plutons in the Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 9, sayı 1, ss. 1299–1307, 2020.
- [42] G. Topuz vd., “Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey)”, *Lithos*, c. 116, sayı 1–2, ss. 92–110, Nis. 2010, doi: 10.1016/j.lithos.2010.01.003.
- [43] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrology of the Paleozoic Plutons in Eastern Pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı 2, ss. 1216–1228, 2019.
- [44] A. Kaygusuz, “Petrographic and Geochemical characteristics of Paleozoic Gabbroic rocks around Taşdelen (Özdil / Trabzon, NE Türkiye)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 11, sayı December, ss. 2111–2122, 2022.
- [45] T. Ustaömer, A. H. F. Robertson, P. A. Ustaömer, A. Gerdes, ve I. Peytcheva, “Constraints on variscan and cimmerian magmatism and metamorphism in the pontides (Yusufeli-Artvin area), NE Turkey from U-Pb dating and granite geochemistry”, *Geological Society Special Publication*, c. 372, sayı 1, ss. 49–74, 2013, doi: 10.1144/SP372.13.
- [46] C. Saydam Eker, F. Sipahi, ve A. Kaygusuz, “Trace and Rare Earth Elements as Indicators of Provenance and Depositional Environments of Lias Cherts in Gumushane, NE, Turkey”, *Chemie der Erde - Geochemistry*, c. 72, ss. 167–177, 2012.
- [47] Ü. Açar, “Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi”, İstanbul Üniversitesi, 1977.
- [48] A. Dokuz, O. Karanlı, B. Chen, ve I. Uysal, “Sources and petrogenesis of Jurassic granitoids in the Yusufeli area, Northeastern Turkey: Implications for pre- and post-collisional lithospheric thinning of the eastern Pontides”, *Tectonophysics*, c. 480, sayı 1–4, ss. 259–279, Oca. 2010, doi: 10.1016/j.tecto.2009.10.009.
- [49] Y. Eyuboğlu vd., “Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics”, *Gondwana Research*, c. 33, ss. 160–190, 2016.
- [50] O. Karanlı, D. A. ve R. Kandemir, “Zircon Lu-Hf isotope systematics and U-Pb geochronology, whole-rock Sr-Nd isotopes and geochemistry of the early Jurassic Gökçedere pluton, Sakarya Zone-NE Turkey: a magmatic response to roll-back of the Paleotethyan oceanic lithosphere”, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, c. 172, ss. 1–31, 2017.
- [51] E. Aydınçakır vd., “Magmatic evolution of the Calc-alkaline Middle Jurassic igneous rocks in the eastern pontides, NE Turkey: insights from geochemistry, whole-rock Sr-Nd-Pb, in situ zircon Lu-Hf isotopes, and U-Pb geochronology”, *International Geology Review*, c. 00, sayı 00, ss. 1–22, 2023, doi: 10.1080/00206814.2023.2177890.
- [52] S. Pelin, “Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları*, ss. 87–103, 1977.
- [53] A. Kaygusuz, M. Arsan, F. Sipahi, İ. Temizel, C. Yücel, ve G. Çakmak, “Doğu Pontid Güney Zonu’ndaki (Bayburt) Tersiyer yaşlı intruzif kayaçların Petrokimyası, Jeokronolojisi ve İzotop Sistematiği”, *Tübitak Projesi Sonuç Raporu, Proje No: 115Y154*, ss. 1–254, 2019.
- [54] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1796–1810, 2021.
- [55] N. Köprübaşı, C. Şen, ve A. Kaygusuz, “Doğu Pontid adayayı granitoidlerinin karşılaştırılmalı petrografik ve kimyasal özellikleri, KD Türkiye”, *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, c. 1, ss. 111–120, 2000.
- [56] A. Kaygusuz, M. Arslan, İ. Temizel, C. Yücel, ve E. Aydınçakır, “U–Pb zircon ages and petrogenesis of the Late Cretaceous I-type granitoids in arc setting, Eastern Pontides, NE Turkey”, *Journal of African Earth Sciences*, c. 174, s. 104040, Şub. 2021, doi: 10.1016/j.jafrearsci.2020.104040.
- [57] C. Saydam Eker ve S. Korkmaz, “Mineralogy and whole rock geochemistry of late Cretaceous sandstones from the eastern Pontides (NE Turkey)”, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, c. 188, sayı 3, ss. 235–256, 2011, doi: 10.1127/0077-7757/2011/0202.

- [58] A. Vural, İ. Akpınar, ve A. Kaygusuz, “Petrological characteristics of Cretaceous volcanic rocks of Demirören (Gümüşhane, NE Turkey) region”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1828–1842, 2021.
- [59] A. Kaygusuz ve K. Sahin, “Petrographical , geochemical and petrological characteristics of Eocene volcanic rocks in the Mescitli area , Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 5, sayı 2 December, ss. 473–486, 2016.
- [60] A. Vural, İ. Akpınar, A. Kaygusuz, ve F. Sipahi, “Petrological characteristics of Eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 1, ss. 1703–1716, 2021.
- [61] A. Kaygusuz ve M. Öztürk, “Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontide, NE Turkey: implications for lithospheric mantle and lower crustal sources in the high-K calc-alkaline magmatism”, *Journal of Asian Earth Sciences*, c. 108, ss. 97–116, 2015.
- [62] Ş. Özdamar, M. F. Roden, ve M. Z. Billor, “Petrology of the shoshonitic Çambaşı pluton in NE Turkey and implications for the closure of the Neo-Tethys Ocean: insights from geochemistry, geochronology and SrNd isotopes”, *Lithos*, c. 284–285, ss. 477–492, 2017.
- [63] Y. Eyüboğlu vd., “Eocene granitoids of northern Turkey: Polybaric magmatism in an evolving arc–slab window system”, *Gondwana Research*, c. 50, ss. 311–345, 2017.
- [64] A. Kaygusuz vd., “Petrography, mineral chemistry and crystallization conditions of Cenozoic plutonic rocks located to the north of Bayburt (Eastern Pontides, Turkey)”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 157, ss. 75–102, 2018.
- [65] A. Kaygusuz vd., “Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: Insights into magma genesis and magma-tectonic evolution from whole-rock geochemistry, geochronology and isotope systematics”, *International Geology Review*, 2020, doi: doi.org/10.1080/00206814.2019.1647468.
- [66] İ. Temizel, E. Abdioğlu Yazar, M. Arslan, A. Kaygusuz, ve Z. Aslan, “Mineral chemistry, whole-rock geochemistry and petrology of Eocene I-type shoshonitic plutons in the Gököy area (Ordu, NE Turkey)”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 157, ss. 121–152, 2018.
- [67] A. Vural, “K-Ar dating for determining the age of mineralization as alteration product: A case study of antimony mineralization vein type in granitic rocks of Gümüşhane area, Turkey”, *Acta Physica Polonica A*, c. 132, sayı 3, ss. 792–795, 2017, doi: 10.12693/APhysPolA.132.792.
- [68] A. Vural, “Avliyana Cevherleşme/Alterasyon Sahasının Kütle Değişim Özellikleri ve Asit Maden Drenaj Potansiyelinin Araştırılması”, *Icontech International Journal of Surveys, Engineering, Technology*, c. 6, sayı 4, ss. 1–23, 2022, doi: 10.5281/zenodo.7489730.
- [69] A. Vural ve F. Erşen, “Geology, mineralogy and geochemistry of manganese mineralization in Gumushane, Turkey”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı June, ss. 1051–1059, 2019.
- [70] A. Vural, “Demirören/Gümüşhane-Türkiye Kuvars Porfiri Kayacı ve İlişkili Skarn-Metasomatizmanın Jeokimyasal Özellikleri”, *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, c. 7, sayı 13, ss. 97–121, Oca. 2020, doi: 10.38065/euroasiaorg.394.
- [71] O. Karlı vd., “Tracking the timing of Neotethyan oceanic slab break-off: Geochronology and geochemistry of the quartz diorite porphyries, NE Turkey”, *Journal of Asian Earth Sciences*, c. 200, Eyl. 2020, doi: 10.1016/j.jseaes.2020.104456.
- [72] C. Yücel, “Geochronology, geochemistry, and petrology of adakitic Pliocene–Quaternary volcanism in the Şebinkarahisar (Giresun) area, NE Turkey”, *International Geology Review*, c. 61, sayı 6, ss. 754–777, 2019, doi: 10.1080/00206814.2018.1461029.
- [73] A. Kaygusuz, “K/Ar ages and geochemistry of the post-collisional volcanic rocks in the Ilica (Erzurum) area, eastern Turkey”, *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-Abhandlungen*, c. 186, sayı 1, ss. 21–36, 2009, doi: Doi 10.1127/0077-7757/2009/0134.
- [74] A. Kaygusuz, Z. Aslan, E. Aydınçakır, C. Yücel, M. A. Gücer, ve C. Şen, “Geochemical and Sr-Nd-Pb isotope characteristics of the Miocene to Pliocene volcanic rocks from the Kandilli (Erzurum) area, Eastern Anatolia (Turkey): Implications for magma evolution in extension-related origin”, *Lithos*, c. 296–299, ss. 332–351, Oca. 2018, doi: 10.1016/j.lithos.2017.11.003.
- [75] K. Şahin, “Mescitli (Gümüşhane) ve çevresindeki Eosen yaşlı volkanik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi”, 2014.
- [76] S. Tokel, “Stratigraphical and volcanic history of Gümüşhane region”, 1972.