



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**GADİR (BATI AZERBAYCAN) Au-Ag-Cu-Pb-
Zn YATAĞININ OLUŞUMU, KÖKENİ VE
ZAMAN-MEKAN İLİŞKİSİ**

Coşqun İSMAYIL

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Coşqun İSMAYIL tarafından hazırlanan “**Gadir (Batı Azerbaycan) Au-Ag-Cu-Pb-Zn Yatağının Oluşumu, Kökeni ve Zaman-Mekan İlişkisi**” adlı tez çalışması 02/02/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

İmza

Doç. Dr. Bilgehan YABGU HORASAN

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK

Doç. Dr. Yeşim ÖZEN

Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) tarafından **18201084** nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Coşqun İSMAYIL

Tarih: 02.02.2024

ÖZET

DOKTORA TEZİ

GADİR (BATI AZERBAIJAN) Au-Ag-Cu-Pb-Zn YATAĞININ OLUŞUMU, KÖKENİ VE ZAMAN-MEKAN İLİŞKİSİ

Coşqun İSMAYIL

Konya Teknik Üniversitesi
Lisanüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fetullah Arık

2024, 76 Sayfa

Jüri

Prof.Dr. Fetullah ARIK
Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK
Doç. Dr. Yeşim ÖZEN
Doç. Dr. Bilgehan YABGU HORASAN
Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU

Bu doktora tez çalışmasında Azerbaycan'ın batısındaki Gedebeş ili'nde ve Gedebeş Au-Ag-Cu yatağına kuzeybatısında yer alan Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesinin oluşumu ve zaman-mekan ilişkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Gadir yatağına Gedebeş ili genellikle Jura ve Kretase yaşlı magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalardan oluşmaktadır. Cevherleşme büyük ölçüde hidrotermal alterasyon sonucu oluşmuş kuvars porfirler içerisinde ve kısmen de bu kuvars porfirler ile boynuzlaşmış andezitlerin dokanalarında oluşmuştur.

Gadir yatağı yoğun olarak doğal altın, hessit, kalkopirit, sfalerit, galen, pirit, az miktarda arsenopirit, markazit, dijenit, barit ve adulariyadan oluşmaktadır. Cevherleşmeye bağlı hidrotermal alterasyonlar kuvars-adularia±serisit ve propilitik alterasyonlardır. Jeokimyasal analiz çalışmalarında Gadir yatağına esas olarak Au, Ag, Cu, Pb ve Zn'den oluşmakta olup maksimum miktarları sırasıyla 10.3 ppm, 1133 ppm, 23780 ppm, 59811 ppm ve 424770 ppm olarak belirlenmiştir. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağına sülfitlerin (kalkopirit, pirit ve sfalerit) $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ değerleri (-2.2 - ‰ 4.4), cevher oluşturan çözeltiler için magmatik bir kökenin olduğuna işaret etmektedir.

Bölgedeki Arıkdam volkanitlerinden alınan riyolit örneğinin U-Pb radyojenik yaşlandırma sonucu 165-180 milyon yıl olarak belirlenmiş olup bu da bölgedeki riyolitik kayaların Alt ve Orta Jura yaşlı olduğunu göstermektedir.

Yapılan jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve izotopik çalışmalar Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağına porfirle ilişkili düşük sıcaklıklı epitermal bir cevherleşme olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Azerbaycan, Altın, Epitermal, Gedebeş, Jeokronoloji, Jura, Gadir

ABSTRACT

PhD THESIS

FORMATION, ORIGIN AND TIME-SPACE RELATIONSHIP OF THE GADIR (WEST AZERBAIJAN) Au-Ag-Cu-Pb-Zn DEPOSIT

Coşqun İSMAYIL

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering
Advisor: Prof. Dr. Fetullah ARIK**

2024, 76 Pages

Jury

**Prof. Dr. Fetullah ARIK
Assoc. Prof. Dr. Alican ÖZTÜRK
Assoc. Prof. Yeşim ÖZEN
Assoc. Prof. Bilgehan YABGU HORASAN
Dr. Lec. Sinan ALTUNCU**

In this PhD thesis study, it is aimed to reveal the formation and time-space relationship of the Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn, which is located in the Gedebe district in the west of Azerbaijan and in the northwest of the Gedebe Au-Ag-Cu deposit. Gedebe province, where Gadir mineralization occurs, generally consists of Jurassic and Cretaceous aged magmatic, metamorphic and sedimentary rocks. Mineralization occurred largely within the quartz porphyries formed as a result of hydrothermal alteration and partly at the contacts of these quartz porphyries and hornfels andesites.

Gadir deposit consists mainly of natural gold, hessite, chalcopyrite, sphalerite, galena, pyrite, small amounts of arsenopyrite, marcasite, digenite, barite and adularia. Hydrothermal alterations due to mineralization are quartz-adularia-sericite and propylitic alterations. In geochemical analysis studies, the Gadir deposit mainly consists of Au, Ag, Cu, Pb and Zn, and their maximum amounts were determined as 10.3 ppm, 1133 ppm, 23780 ppm, 59811 ppm and 424770 ppm, respectively. $\delta^{34}\text{S}_{\text{H2S}}$ values (–2.2 to 4.4‰) of sulfides (chalcopyrite, pyrite and sphalerite) in the Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn deposit indicate a magmatic origin for the ore-forming solutions.

The U-Pb radiogenic dating of the rhyolite sample taken from the Arikdam volcanics unit in the region was determined as 165-180 million years old, indicating that the rhyolitic rocks in the region are Lower and Middle Jurassic in age.

Geological, mineralogical, geochemical and isotopic studies show that the Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn deposit is a low-temperature epithermal mineralization associated with porphyry.

Keywords: Azerbaijan, Gold, Epithermal, Gadir, Gedebe, Geochronology, Jurassic

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde, yüksek lisans döneminden şimdiye kadar değerli bilgilerini benimle paylaşan, bütün süreç boyunca desteğini esirgemeyen, mesleki olarak her zaman bana destek olduğunu düşündüğüm kıymetli ve danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı çok sevdiğim Sn. Prof. Dr. Fetullah ARIK’a teşekkürü bir borç biliyorum.

Bütün akademik çalışmalarımın her anında desteğini gördüğüm, neredeyse ikinci danışmanım olarak bilgilerinden ve yardımlarından her zaman yararlandığım, herşeyden önce iyi bir insan olarak çok sevdiğim ve değer verdiğim Doç. Dr. Yeşim ÖZEN’e sonsuz teşekkür ederim.

Doktora tez araştırması sürecinde TİK üyeleri olarak bilgilerinden yararlandığım, her aşamada beni doğru yönlendirdikleri ve destekledikleri için Sn. Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK ve Sn. Doç. Dr. Bilgehan Yabgu HORASAN’a, jüri üyesi Sn. Dr. Öğr. Üyesi Sinan ALTUNCU’ya ve mineralojik çalışmalarda çok yardımlarını gördüğüm Sn. Dr. Öğr. Üyesi Gürsel KANSUN’a teşekkür ederim.

Azerbaycan Uluslararası Maden Şirketi (AIMC) ’ne tez araştırması için beni kabul eden şirketin başkan yardımcısı Sayın Stephen VESTHED’e, hem arazi çalışmaları sırasında gerekli malzemelerin temin edilmesinde, hem de araştırma için gerekli bilgilerin sağlanmasında hiçbir zaman desteklerini esirgemediği için başta Maden Araştırma Şubesinin Müdürü Sayın Dr. Anar VELİYEV olmak üzere Şakir QEDİMOV, Aydın BAYRAMOV ve Cavid İBRAHİMOV’a çok teşekkürler.

Araştırmanın yapılabilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Konya Teknik Üniversitesi Rektörlüğü ve Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğüne çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim boyunca beni maddi olarak destekleyen, bütün doktora eğitimi masraflarını karşılayan “Yurtdışı Türkler ve Akraba Toplulukları Başkanlığı” nezdinde Türkiye Cumhuriyeti Devletine sonsuz teşekkürler.

Son olarak Türkiye Cumhuriyeti’nde eğitim görmek istediğimde beni maddi ve manevi olarak destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Coşkun İSMAYIL

KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç	1
1.2. Coğrafi Özellikler	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Saha Öncesi Çalışmalar	9
3.2. Saha Çalışmaları	9
3.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	10
3.3.1. Mineralojik-Petrografik çalışmalar	10
3.3.1.1. İnce ve parlatma kesit çalışmaları.....	10
3.3.1.2. X-Işınları Kırınım çalışmaları.....	11
3.3.2. Jeokimyasal analizler	12
3.3.3. İzotop çalışmaları.....	12
3.3.3.1. Duraylı izotop (kükürt izotopu) çalışması	12
3.3.3.2. Radyojenik izotop (U-Pb izotopu) çalışması	12
3.4. Büro Çalışmaları	13
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	15
4.1. Genel Jeoloji ve Stratigrafi	15
4.1.1. Arıkdam volkanitleri.....	15
4.1.1.1. Gedebej hidrotermal breş bacası	19
4.1.2. Yoğundağ andezitleri	19
4.1.3. Gedebej granitoyidi.....	21
4.2. Yapısal Jeoloji.....	24
4.2.1. Kıvrımlı yapılar.....	24
4.2.1.1. Arıkdam-Şekerbej antiklinali.....	24
4.2.1.2. Gödekere-Yenikend senklinali	24
4.2.2. Faylar	24
4.2.2.1. Gedabek-Bittibulag fayı	24

4.2.2.2. Gerger-Arıkdam fayı	25
4.2.2.3. Gedebe-ertepe fayı	26
4.3. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağı	27
4.3.1. Cevherleşmenin konumu	27
4.3.3. Mineralojik-petrografik incelemeler	27
4.3.3.1. Cevher mikroskobisi çalışmaları	27
4.3.3.2. X-Işınlari Kırınım (XRD) analizleri	31
4.3.3.3. Gadir silisleşmiş göl havzası çökelleri alterasyonu	33
4.3.4. Jeokimyasal ve istatistiksel çalışmalar	35
4.3.4.1. Cevher jeokimyası	39
4.3.4.2. Yan kayaç jeokimyası	45
4.3.5. İzotop çalışmaları.....	52
4.3.5.1. Duraylı izotop (kükürt izotopu) çalışması	52
4.3.5.2. Radyojenik izotop (U-Pb izotopu) çalışması	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
5.1. Sonuçlar	57
5.2. Öneriler	58
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Gadir (Gedebey- Azerbaycan) Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının Azerbaycan Maden Yatakları haritası üzerindeki yeri (İsmayıl ve ark., 2018).	1
Şekil 2. Tetis metalojenik Kuşağı'ndaki porfiri Cu, Au, Mo, Ag yatakları (http://www.angloasianmining.com/operations/overview , 2018).....	3
Şekil 3. (a) Türkiye'den başlayıp Küçük Kafkasya üzerinden İran'a kadar uzanan bölgesel tektonik harita, (b) Küçük Kafkasya'nın tektonik bölgeleri. MM: Menderes Masifi, OAKK: Orta Anadolu Kristalen Kompleksi, TAP: Torid-Anadolu Platformu, İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan sutur zonu, PM: Pütürge Masifi, BM: Bitlis Masifi, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı , KB: Kapan/Kafan Blok/Zonu, AGHSZ: Amasya-Göyçe-Hekere sutur zonu, kırmızı yıldız: Gadir cevherleşmesi [(a) Sosson ve ark., 2015, Rezeau ve ark., 2017'den değiştirilmiştir. (b) Mederer ve ark., 2019'dan değiştirilmiştir]. ...	5
Şekil 4. Gadir cevherleşmesi (Azerbaycan)'nin üst kısmından panoramik görüntü	10
Şekil 5. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından alınan kayaç ve cevher örnekleri	11
Şekil 6. (a) Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının ve (b) Gedebey Au-Ag-Cu yatağının jeolojik haritası (Bayramov, 2015 ve Veliyev ve ark. 2018'dan düzenlenerek). 15	
Şekil 7. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağına ait ölçeksiz stratigrafik dikme kesit.....	16
Şekil 8. Arıkdam volkanitlerinden alınan andezit örneği	17
Şekil 9. Arıkdam volkanitlerinden alınan riyolit örneği	17
Şekil 10. Arıkdam volkanitlerine ait örnekten yapılan ince kesit çalışmasında gözlenen kuvars (qz) ve klorit (chl) mineralleri, (a: // N; b: X N).....	18
Şekil 11. Arıkdam volkanitlerine ait örnekten yapılan ince kesit çalışmasında gözlenen kuvars (qz), plajiyoklas (plg), serisit (ser), epidot (ep), alunit (alu) mineralleri, (a, c, d //N; b, /N).....	18
Şekil 12. Yoğundağ andezitleri biriminden alınan andezitik tüf örneği	20
Şekil 13 Yoğundağ andezitlerine ait kuvarslı andezit dasit örneği.....	20
Şekil 14. Yoğundağ andezitlerinden alınan örnekten belirlenen plajiyoklas (plg) ve kil (cly) mineralleri (a,c: //N, b,d: /N).....	21
Şekil 15. Gedebey granitoidine ait (a) diyorit ve onun içerisindeki (b) gabro ksenolit (İsmayıl, 2019).....	22
Şekil 16. (a) Gedebey granitoidinde yer alan diyorit, (b) andezit dayk ve (c) fay (İsmayıl, 2019).....	23
Şekil 17. Gedebey granitoidinden alınan örnekte belirlenen kuvars (qz), serisit (ser) ve alunit (alu) mineralleri (a,c: //N, b,d: /N)	23
Şekil 18. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (py), kalkopirit (cpy), sfalerit (sph), kuvars (qz)- (a,b,c ve d // N).	28
Şekil 19. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerde cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (py), kalkopirit (cpy), sfalerit (sph), bornit (bn), kuvars (qz)- (a,b,c ve d // N).	29
Şekil 20. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: kalkopirit (cpy), kuvars (qz), jasper (jp) - (a ve b // N).	29

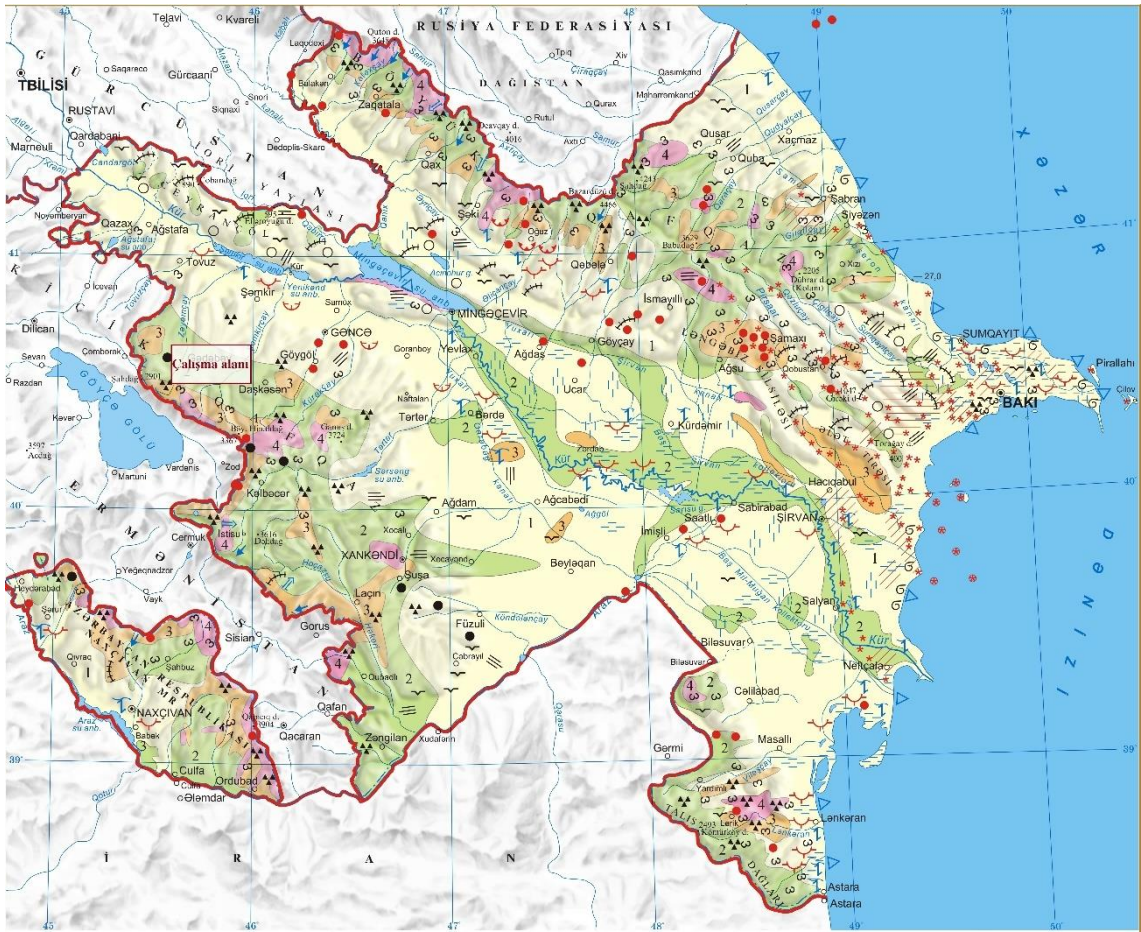
Şekil 21. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (py), kalkopirit (cpy), sfalerit (sph), galenit (gn), dijenit (dj), arsenopirit (apy), gang (g) - (a,b,c,d,e,f,g ve h // N) (İsmayıl ve ark., 2021).	30
Şekil 22. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (py), kalkopirit (cpy), hessit (hes) ve altın (Au)- (a,b,c,d,e ve f / N) (İsmayıl ve ark., 2021).	31
Şekil 23. Gadir cevherleşmesine ait nümuneden yapılan XRD analizi sonucu çekilen difraktogram fotoğrafı.....	32
Şekil 24. Gadir cevherleşmesine ait nümuneden yapılan XRD analizi sonucu çekilen difraktogram fotoğrafı (İsmayıl ve ark., 2021).	32
Şekil 25. Gadir yatağının şematik saha haritalaması (İsd: silisleşmiş göl havzası çökelleri, GHBB: Gedebeý Hidrotermal Breş Bacası).	34
Şekil 26. Gadir yatağındaki sondaj sonuçlarına ait Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Sb ve As konsantrasyonları (İsmayıl ve ark., 2021).	38
Şekil 27. a. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağındaki sülfid mineralleri için $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin frekans histogram grafikleri (Cpy: kalkopirit, Sph: sfalerit, Py: pirit), b. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin ana karasal kaynaklar ve Gedebeý (Azerbaycan) Au-Ag-Cu yatağı ile karşılaştırılması (İsmayıl ve ark., 2021, 2022).	53
Şekil 28. Gadir cevherleşmesinden alınan riyolit örneğinden ayrılmış zirkonların katodoluminesans (CL) görüntüleri.	54
Şekil 29. Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riyolit örneğinden yapılan U-Pb yaş analiz sonuçlarını gösteren konkordia diyagramı.	56
Şekil 30. Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riyolit örneğinden yapılan U-Pb yaş analiz sonuçlarını gösteren konkordia diyagramı.	56

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1. İnceleme alanından derlenen karot örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (İsmayıl ve ark., 2021İsmayıl ve ark., 2021).	36
Çizelge 2. İnceleme alanından derlenen mostra örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları (İsmayıl ve ark., 2021İsmayıl ve ark., 2021).....	38
Çizelge 3. Gadir cevherleşmesinde cevher numunelerinin ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_h) ve bu anakitlerden alınacak nünunelerin değer aralığının alt (μ_1) ve üst (μ_1) sınırları (element değer birimi: ppm; tablo t değeri: 1.7).	39
Çizelge 4. Gadir cevherleşmesinde cevher numunelerinin ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_h) ve bu anakitlerden alınacak nünunelerin değer aralığının alt (μ_1) ve üst (μ_1) limitleri (element değer birimi: ppm; tablo t değeri: 1.7).	40
Çizelge 5. Gadir cevherleşmesinden analizi yapılan elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.	41
Çizelge 6. Gadir cevherleşmesinden yapılan faktör analizinde ilk altı faktörün başlangıç eigen değerleri, değişim içindeki payları ve kümülatif değişim tablosu.	43
Çizelge 7. Gadir cevherleşmesinde yan kayaç numunelerinin (temel değerler) ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_h) ve bu anakitlerden alınacak nünunelerin değer aralığının alt (μ_1) ve üst (μ_1) sınırları (element değer birimi: ppm; tablo t değeri: 1.7).	46
Çizelge 8. Gadir cevherleşmesinden analizi yapılan elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.	48
Çizelge 9. Gadir cevherleşmesine ait kayaçlardan yapılan faktör analizinde ilk sekiz faktörün başlangıç eigen değerleri, değişim içindeki payları ve kümülatif değişim tablosu.	50
Çizelge 10. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağına ait pirit, kalkopirit ve sfalerit minerallerinden yapılan kükürt izotopu sonuçları ve H_2S değerleri (sfalerit için hesaplama- $H_2S = 1000\ln\alpha = 0.10(10^6/T^2)$; pirit için hesaplama - $H_2S=1000\ln\alpha = 0.40(10^6/T^2)$; kalkopirit için hesaplama - $H_2S = 1000\ln\alpha = -0.05(10^6/T^2)$ Ohmoto and Rye (1979)); sıcaklık = $114^\circ C$ (İsmayıl ve ark., 2021).	52
Çizelge 11. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının sülfür izotopik jeotermometresi ($^\circ C$) and $\delta^{34}S$ değerleri.	53
Çizelge 12. Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riyolit örneğinden yapılan radyojenik U-Pb yaşlandırmasının sonuçları	54

1. GİRİŞ

Bu çalışma Azerbaycan Cumhuriyeti'nin Dağlık Karabağ Bölgesi'nin hemen kuzeyindeki Küçük Kafkasya'daki Lök-Karabağ kuşağı içerisinde Gence ili'nin yaklaşık 50 km batısında, Daşkesen ili'nin yaklaşık 25 km kuzeybatısında ve Şemkir ilinin yaklaşık 35 km güneybatısında, Gedebeş ili'nde yer alan Gedebeş Au-Ag-Cu yatağının kuzeybatısındaki Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağı ve yakın çevresinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Gadir (Gedebeş- Azerbaycan) Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının Azerbaycan Maden Yatakları haritası üzerindeki yeri (İsmayıl ve ark., 2018).

1.1. Amaç

Azerbaycan Cumhuriyeti, ekonomik ve ekonomik olmayan pek çok altın, demir, bakır, civa, kobalt, polimetal maden yataklarına sahiptir. Araştırma konusu olan Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının bulunduğu Gedebeş cevherleşme alanı 19. yy'dan bu yana

bilinen ve yakın zamana kadar yabancı şirketlerin üretim faaliyetleri gerçekleştirdiği bir bölgedir.

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağında 2016 yılından bu yana AIMC-Azerbaycan Uluslararası Maden Şirketi (İngiltere'nin Anglo Asian Mining PLC Şirketinin Azerbaycan şubesi) tarafından maden işletmesi yapılmaktadır. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağı 2012 yılında bölgede yapılan jeolojik harıtlama, maden arama ve etüt çalışmaları sırasında keşfedilmiştir. Keşfedilen yeni cevherleşme Gedebeş Au-Ag-Cu yatağının hemen kuzeybatı sınırında bulunduğı için Gedebeş cevherleşmesinin kuzeybatı uzantısı olarak ta nitelendirilmektedir. Gadir cevherleşmesi epitermal cevherleşme olup mineralojik-petrografik özellikleri, cevherleşme ile ilişkili hidrotermal alterasyon zonları ve cevherleşmenin oluşum derinliğı açısından Gedebeş Au-Ag-Cu yatağından farklılıklar göstermektedir. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının kökeni ve oluşum koşullarına açıklık getirecek detaylı jeolojik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal çalışmalar ile Gadir cevherleşmesinin oluştuğı bölgedeki volkanik kayaçların oluşum yaşı ile ilgili güncel literatürde herhangi bir veri bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağı ve çevresindeki bulunan kayaçların jeolojik, stratigrafik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri ile birlikte duraylı ve radyojenik izotop araştırmaları yapılarak cevherleşmenin oluşum koşulları ile cevherleşmenin oluşumunda önemli rol oynayan volkanik kayaçların jeokronolojik özelliklerinin belirlenmesi ve Gadir cevherleşmesinin zaman-mekan ilişkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

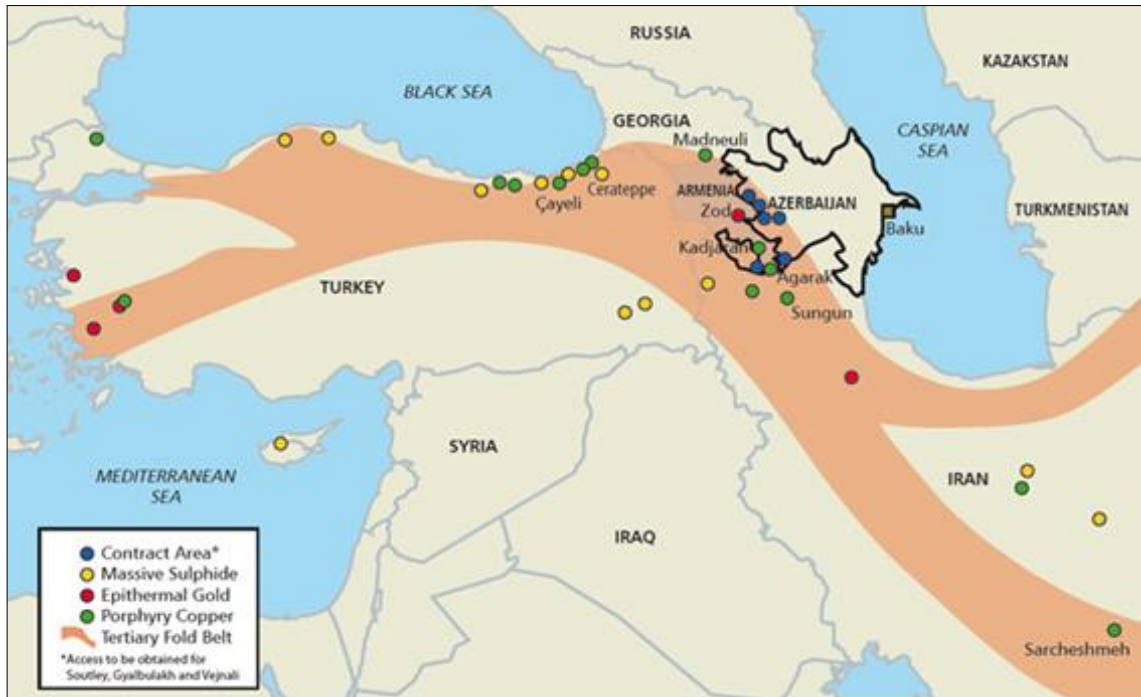
1.2. Coğrafi Özellikler

İnceleme alanının bağı bulunduğı Gedebeş İli Küçük Kafkaslar'ın dağlık bölgesinde yer almakta olup bölgede iklim genellikle nemli, yazları serin, kışları ise kar yağışlı ve soğuktur. Bölgedeki en soğuk aylar Aralık, Ocak ve Şubat olup hava sıcaklığı bazen -25 °C'a düşmektedir. Yaz aylarında 22-25 °C'ye kadar yükselen hava sıcaklığı ile yıllık ortalama sıcaklık 0 °C - +8 °C arasındadır. Kışları ortalama 4-5 ay ve zaman zaman 6 aya kadar 30-50 cm kalıcı kar örtüsü oluşmaktadır. Yaz mevsiminde sıklıkla yağmur yağın bölgede zaman zaman aşırı hava değişiminde bağı olarak dolu yağışları görölmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Azerbaycan Cumhuriyeti'nde yer alan metalik maden yatakları Kafkasya içerisindeki Büyük Kafkasya ve Küçük Kafkasya bölgelerinde yer almaktadır. Bölgede altın, bakır, gümüş, demir, mangan, kobalt, titan, kobalt, kalay, çinko, kurşun, krom, cıva ve molibden yatakları oldukça yaygındır. Ayrıca alunit, soda, kil, jips, çeşitli süstaşları, doğal yapı malzemeleri ve endüstriyel hammaddeler bulunmaktadır. Azerbaycan'ın petrol ve doğal gaz yataklarının dışındaki metalik maden, endüstriyel hammadde ve doğal yapı malzemeleri kaynaklarının önemli çoğunluğu Daşkesen, Kazak, Tovuz, Ağstafa, Şemkir, Zengilan, Kelbecer, Ağdere, Nahçıvan, Balaken ve Gedebe illeri içerisinde yer almaktadır. Küçük Kafkasya'da Gedebe, Alaverdi, Şamlık, Mishana, Zengezur ve Şenerdere gibi birçok bölgede antik dönemlerden bu yana bakır üretimi yapılmaktadır. Doktora tez konusu olan Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesi de Gedebe ili içerisinde oluşmuştur.

Gadir polimetalik cevherleşmesi, dünyanın en önemli metalojenik kuşaklarından biri olan Tetis Metalojenik Kuşağı'nın Küçük Kafkaslar bölgesinde oluşmuştur. Küçük Kafkasya bölgesi Alp-Himalaya orojenik kuşağının merkezindeki Türk-İran platosunda yer alan Karadeniz'den başlayarak Hazar Denizi'ne kadar uzanan geniş bir alanı kapsamaktadır (Şekil 2 ve 3; Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016; Rezeau ve ark., 2017).



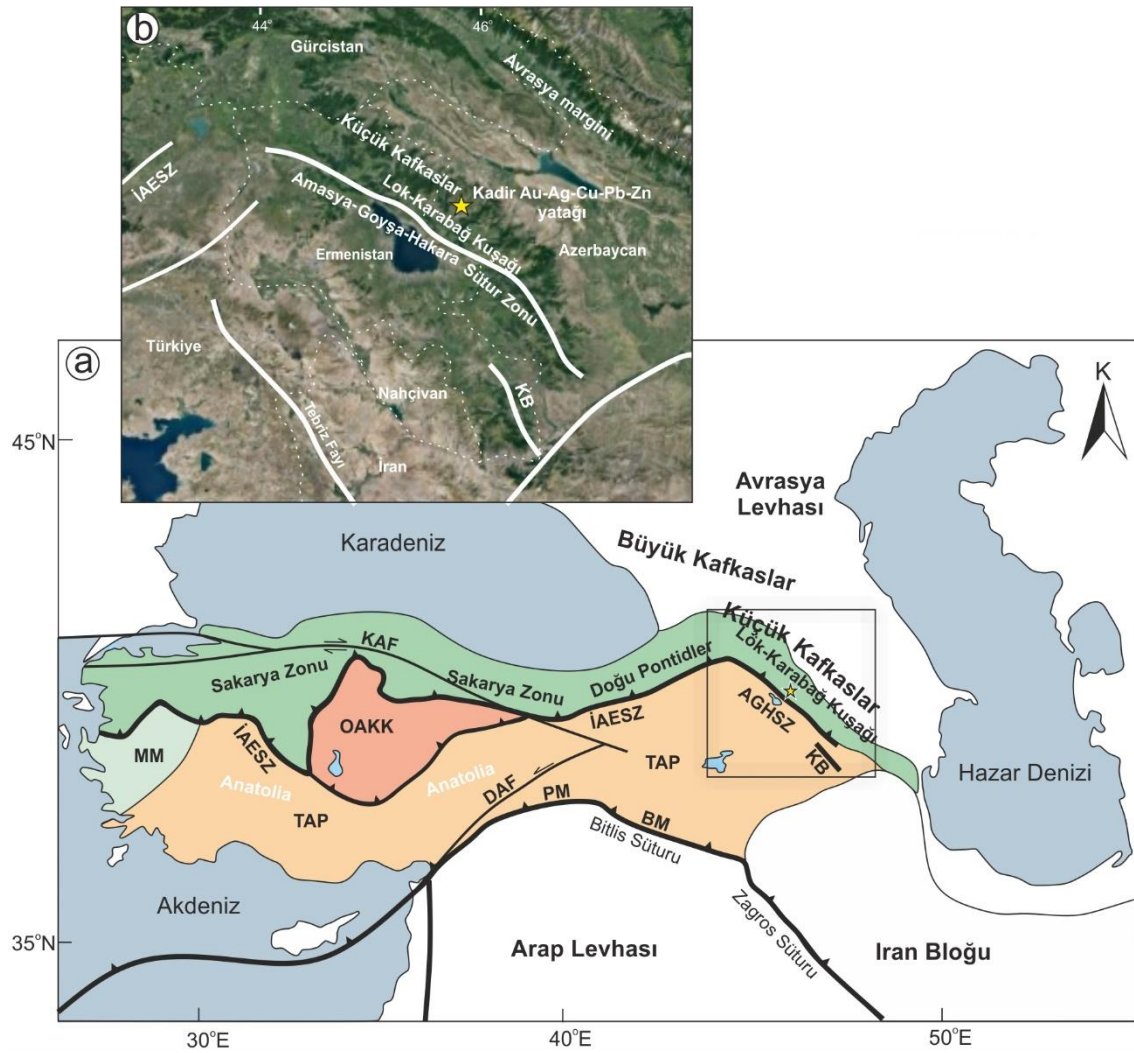
Şekil 2. Tetis metalojenik Kuşağı'ndaki porfiri Cu, Au, Mo, Ag yatakları
(<https://www.angloasianmining.com/operations/gedabek-contract-area/>, 2023).

Gadir polimetalik cevherleşmesinin olduğu Gedebev cevherleşme alanı Küçük Kafkaslar'ın Anadolu ve İran tektonik bölgelerini birbirine bağlayan Tetis orojenik ve metalojenik kuşağının merkezinde bulunmaktadır. Bu alan içerisinde oluşmuş cevherleşmeler Avrasya kenedi içerisinde Mesozoyik dönemindeki çarpışma ile ilişkili olup ardından magmatik yay oluşumu ile başlayan ve Senozoyik dönemde yitim ile devam eden iki farklı jeodinamik evrimle ilişkilidir. Bu neden ile bölgedeki farklı jeodinamik evrimden kaynaklı olarak farklı dönemlerden çeşitli tipteki cevherleşmeler oluşmuştur (Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016; Moritz ve ark., 2017).

Paleotetis okyanusunun Geç Paleozoyik- Erken Mesozoyik geçişinde ve Neotetis okyanusunun ise Geç Kretase-Senozoyik geçişinde ardışık olarak kapanışı sırasında mikrolevha birikiminin tekrarlanması ve çarpışma gibi olaylar Küçük Kafkaslar oluşumunda rol almıştır (Şekil 3; Barrier, 2008; Sosson ve ark., 2010; Rolland, 2017). Rezeau ve ark. (2017)'a göre Türk-İran platosu boyunca yitimden çarpışmaya ve çarpışma sonrası dönemde meydana gelen jeodinamik evrim ve yine aynı dönem içerisinde oluşan magmatik kayaçların petrojenezi tartışmalıdır. Aynı zamanda Arabistan-Avrasya çarpışmasının başlangıcı da henüz net olarak belirlenmemiş olup Mohajjel ve Fergusson (2000)'a göre Geç Kretase'de, bazı araştırmacılara göre (Vincent ve ark., 2007; Allen ve Armstrong, 2008; Agard ve ark., 2011; Ballato ve ark., 2011; Van Hunen ve Allen, 2011; Rolland ve ark., 2012; Moritz ve ark., 2016) Geç Eosen-Oligosen diğer bazı araştırmacılara göre (McQuarrie ve ark., 2003; Okay ve ark., 2010) ise Erken-Orta Miyosen'de gerçekleşmiştir.

Gadir cevherleşmesinin yer aldığı Gedebev'de madenciliğin yaklaşık 2000 yıl önce ilk yerleşimciler tarafından başladığı, daha sonra Osmanlı, İran imparatorlukları ve Azerbaycan hanlıkları tarafından farklı dönemlerde sürdürüldüğü bilinmektedir. Sonraki dönemlerde ise bilindiği üzere Azerbaycan 1920 yılından 1991 yılına kadar 71 sene boyunca SSCB yönetimi içerisinde kalmış, dolayısı ile bölgenin Rus yönetimine geçmesiyle madencilik faaliyetleri Rusya'dan izin alınarak gerçekleştirilmeye başlamıştır. Gedebev cevherleşme alanı içerisindeki Gedebev Au-Cu yatağını ilk olarak Yunanistan devleti 19. yüzyılın ilk çeyreğinde, Rusya ile yaptığı sözleşme kapsamında jeolojik arama çalışmalarına başlamasının ardından ortaya çıkarmıştır. Bölgeden madencilik faaliyetine başlayan Yunanlılar 1849'a kadar bakır cevherinin % 8'den fazla olan tenör içerenlerini üretmiş ve işlemiş, tenörü % 5-8 arasında olan cevherleri ise pasa içerisinde atmıştır. Alman Siemens Bros Şirketi'ne bağlı Mekhor Brothers, 1849'ta

Gedebey'de bakır madeni işletmeciliği için izin almış ve işletmeye devam etmiştir. Siemens 1849-1917 yılları arasında yaklaşık beş büyük (> 100.000 ton) ve çok sayıda küçük zuhurda önemli miktarda sülfürlü bakır üretimi yapmış ve eritilen bakır külçeler halinde yabancı ülkelere ihraç edilmiştir. Kaynaklara göre Gedebey yatağından 1.72 milyon ton cevher üretilmiş, bundan 57.159 ton saf bakır üretilmiştir. Bölgedeki madencilik faaliyetleri 1917'de Rus Devrimi'nin başlangıcıyla sona ermiştir (<https://www.angloasianmining.com/operations/gedabek-contract-area/>, 2023)



Şekil 3. (a) Türkiye'den başlayıp Küçük Kafkasya üzerinden İran'a kadar uzanan bölgesel tektonik harita, **(b)** Küçük Kafkasya'nın tektonik bölgeleri. MM: Menderes Masifi, OAKK: Orta Anadolu Kristalen Kompleksi, TAP: Torid-Anadolu Platformu, İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan sutur zonu, PM: Pütürge Masifi, BM: Bitlis Masifi, KAF: Kuzey Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı, KB: Kapan/Kafan Blok/Zonu, AGHSZ: Amasya-Göyçe-Hekere sutur zonu, kırmızı yıldız: Gadir cevherleşmesi [(a) Sosson ve ark., 2010, Rezeau ve ark., 2017'den değiştirilmiştir. (b) Mederer ve ark., 2019'dan değiştirilmiştir].

Eski kaynaklara göre Siemens Rusya'yla sözleşme imzalarken Gedebey cevherleşmesi içerisinde sadece bakır üretimi yapacağını belirtmiş olsa da, cevherin içerisindeki altın ve gümüşün yer aldığını da biliyordur (%3.8 Cu, 5.4 g/ton Au ve 86.4

g/t Ag); (<https://www.mindat.org/loc-206327.html>., 2023) ve ilk yıllarda bakır üretimi yaparken cevher içindeki altın ve gümüşü bilerek ayırmamışlardır. Abamelik-Lazarev (1910'lu yıllar)'e göre Siemens Gedebev bakır – altın yatağının işletilmesi süresince yataktan 2855 kg altın ve 57100 kg gümüş üretmiştir. Konyushevsky (1917)'e göre, 1917'de yataktan 16.000 ton üretim yapılmıştır.

Sovyet döneminin çöküşüne kadar bölgede çeşitli prospeksiyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan ilk prospeksiyon çalışmaları sırasında bölgede cevherleşmenin varlığı saptanmış olup daha geniş çaplı arama çalışmalarının başlatılması ile ilgili karar alınmış ve Gedebev Au-Cu cevherleşmesinin çevresinde jeolojik arama işleri yapılmıştır. Fedorov (1800'lü yıllar), ilk defa Gedebev cevherleşmesinin morfolojisini açıklamış, cevher mikroskobu çalışmaları ile bölgenin mineral parajenezini ve yapı-doku özelliklerini ortaya koymuştur. Daha sonra P.N. Uspenski Gedebev cevherleşme alanında oluşan bir çok yataкта araştırma yürütmüş ve cevherleşmenin kökenini, yan kayaçlarla ilişkisini, P.N. Çervinski cevherleşmenin yakın çevresindeki kayaçların petrografisini çalışmış olup ilk defa cevherli kuvarsitlerin kökenini ve tiplerini belirlemiştir (Kerimov, 1983). Bolşevik isyanı döneminde (1917'den 1922 yıllarına kadar) Rusya içindeki karışıklıklardan dolayı bölgede madencilik faaliyetine ara verilmiş ve bakır üretimi durdurulmuştur. Daha sonra İ.N. Sitkovski Gedebev sülfürlü bakır cevherleşmesinin altın içeriği ile ilgili kaynakları irdeliyerek işletme döneminden kalan atıkların ve fabrika cürufklarının altın içeriğini araştırmıştır. Bu nedenle Gedebev-Saratofka karayolunun güneyinde yaklaşık 108.000 m² alana sahip galeri ve üretim atıkları üzerinde genel hacmi 265 m³ olan 85 adet galeri açmıştır. Açılan galerilerden alınan 265 numuneyi 22 gruba ayırmış ve analiz ettirmiştir. Yapılan analizlerin sonuçlarına göre ortalama 3.1 g/t altın (2.6-4.1 g/t) varlığı ve toplam miktarı 460.000 ton olan galeri atık ve pasaları içinde 1312 kg altın kaynağı tahmini yapılmıştır (Kerimov, 1974).

Gadir cevherleşmesinin de yer aldığı Gedebev bölgesindeki çağdaş jeolojik araştırmaları ilk defa Abdullayev (1988) tarafından gerçekleştirilmiş olup, ardından Sitkovski ve Vezirzade (1944-1945) Gedebev cevherleşmesinde mineralojik araştırmalar yapmışlardır. Abdullayev (1988) Zeyemçay ve Şemkirçay nehirlerinin üst kısımlarının 1:50 000 ölçekli jeolojik haritasını yapmıştır. Kerimov (1964) bölgede magmatizmayı araştırmış sonuç olarak, bölgenin jeolojik yapısı belirlenmiş ve yer

yüzeyinde kuvars-diyorit-porfirit içeren hipabisal sokulumların sayısız izlerini belirlemiştir.

Azerbaycan Sovyetler Birliği'nden ayrılıp bağımsızlığını kazandıktan sonra Gedebeý altın-bakır yatağının işletmesi İngiltere'nin Anglo Asian Mining şirketinin Azerbaycan'daki şubesi Azerbaycan Uluslararası Maden Şirketi'ne (AIMC) geçmiş ve yapılan çalışmalardan sonra üretim başlamış, yıllık ortalama 60.000 ons altın üretimi gerçekleştirmiştir (<https://www.angloasianmining.com/operations/gedabek-contract-area/>, 2023).

Azerbaycan Mineral Arama ve Araştırma Enstitüsü, Altın arama birliğine katılarak bölgedeki yeni keşfedilmiş cevherleşmeler ile birlikte Gedebeý cevherleşmesinin bütün jeolojik yapısı ile ilgili rapor hazırlamaya başlamıştır (Musayev, 1995). Araştırmada alanın genel perspektifi, jeolojik yapısı ve mineralizasyonu ile ilgili değerli bilgiler toplamışlardır. 1992'den 2002'ye kadar saha çalışmaları devam ettirilmiş, %0.36 Cu, 1.44 g/t Au ve 13.95 g/t Ag değerine sahip 19.2 milyon tonluk başka bir kaynağın bulunduğu kanıtlanmıştır (Hemon, 2012).

Gedebeý bölgesinde oluşan cevherleşmeler Azerbaycanlı araştırmacılar tarafından eski bir volkanojenik masif sülfid (VMS) yatağı ve genç bir porfir stoğu olmak üzere iki farklı tipte cevherleşmenin bir yatağı oluşturduğunu kabul etmektedirler (Kerimov, 1964; Azizbeyov, 1972; Kerimov, 1974; Aliyev, 1976; Kerimov, 1983; 1986; Babazade, 1989; 1990a; 1990b; Musayev, 1995; Abdullayev, 1996; Babazade, 2000; 2002; Nağıyev, 2007). Masif sülfid kütleleri esas olarak küçük miktarlarda sfalerit, galenit, tetrahedrit ve barit içeren pirit ve kalkopiritten oluşmaktadır (Alizadeh, 2017).

Gedebeý cevherleşme alanında yer alan hidrotermal alterasyon çeşitlilik gösterip yaklaşık 50 metre derinliğe kadar değişmektedir. Ortaya çıkan alterasyon zonları genellikle alttaki granitik sokulumlar ve üstteki volkanoklastik kayalarda gözlemlenmektedir. Cevherleşmelerin üst tarafına doğru daha genç sayılabilecek süfitler ve yüzeyde silis şapkalar gözlemlenmekte olup bu da maden yatağı içerisindeki oksit ve sülfid fazlarını birbirinden ayırmaktadır (Hedjazi ve Monhemius, 2014).

Azerbaycan Uluslararası Maden Şirketi bölgede 2005 yılından bu yana arama ve işletme faaliyetine başlamıştır. Gedebeý cevherleşmesi ile ilgili yukarıda bahsedildiği gibi yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından araştırmalar yapılmış olup

cevherleşmenin tipi hakkında oldukça çeşitli yorumlar yapılmıştır. Bölge ile ilgili yapılan güncel çalışmalarda Gedebeş Au-Ag-Cu cevherleşmesinin yüksek sülfidasyon epitermal cevherleşme olduğu ortaya çıkmıştır (İsmayıl, 2019 ve İsmayıl ve ark., 2020).

Gedebeş Au-Ag-Cu yatağını işletmeye başlayan Azerbaycan Uluslararası Maden Şirketi arama faaliyetlerini sürdürürken Uğur, Gadir, Zafer ve Gilar isimli cevherleşmelerin varlığını ortaya koymuştur. Bu cevherleşmeler bölgenin jeolojik haritasının güncellenmesi çalışmalarında ortaya çıkmıştır. Bölgenin jeolojik özellikleri ile ilgili ilk çalışmalara göre (Veliyev ve ark., 2016 ve Bayramov, 2017) Gadir cevherleşmesi Gedebeş cevherleşmesinin kuzeybatı devamı niteliğindedir. Cevherleşme bölgenin en büyük kırıklı yapılarından olan Gedebeş-Bittibulak kırılması tarafından kontrol edilmektedir. Cevherleşmenin olduğu bölgede Orta ve Üst Jura yaşlı magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalar yer almaktadır. Orta Jura yaşlı riolitlerin hidrotermal alterasyon sonucu oluşmuş ikincil kuvarsitler cevherleşmeyi içeren birim olarak nitelendirilmektedir.

Gadir cevherleşmesinin mineralojik özellikleri ile ilgili ilk çalışmaları yapan araştırmacılara göre Gadir polimetalik cevherleşmesi, Gedebeş cevherleşmesinin kuzeybatı devamı olarak nitelendirilmiş olup, oldukça yakın konumda oluşmasına rağmen Gedebeş cevherleşmesinden oluşum derinliği, mineralojisi ve alterasyon zonlarına göre farklılar göstermektedir. Son yıllarda cevherleşme tipinin düşük sülfidasyonlu epitermal cevherleşme olduğu yönünde de değerlendirmeler yapılmıştır (Bayramov, 2017; Veliyev ve ark., 2018; Novruzov ve ark., 2019; ve İsmayıl ve ark., 2021).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma tezin giriş bölümünde belirtilen amaç doğrultusunda saha öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar analizleri ve büro çalışmalarından oluşan 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1. Saha Öncesi Çalışmalar

Bu aşamada araştırma bölgesi ve yakın çevresi ile ilgili farklı araştırmacılar tarafından yapılmış olan bütün jeolojik raporlar, yayınlar ve tezler derlenmeye çalışılmıştır. Bunun dışında saha çalışmalarının yapılabilmesi için bölgede işletme faaliyetinde bulunan Azerbaycan Uluslararası Maden Şirketinden (AIMC) gerekli izinler alınmıştır. Saha çalışmaları için gerekli bütün sarf malzemeleri, konaklama ve yeme-içme giderleri şirket tarafından karşılanmıştır.

3.2. Saha Çalışmaları

Araştırma bölgesi ve çevresine ait arazi çalışmaları ilk defa 20 Haziran 2020 tarihinde başlamış olup, aynı dönem içerisinde dünya genelinde ortaya çıkan pandemi nedeni ile yarım kalmış, sonraki dönemlerde kısıtlı zamanlar içerisinde aralıklarla saha çalışmaları devam etmiştir (Şekil 4).

Arazi çalışmaları ile Gadir cevherleşmesi ve yakın çevresi incelenmiş, örtü tabakası dışında kayaçların mostra verdiği yerlerden numuneler alınmış ve numaralandırılmıştır. Daha sonra Gadir yeraltı maden sahası içerisine girilmiş, cevherleşme zonları gözlemlenmiş, daha önce araştırma yapılmış bölgeler dikkatle izlenerek arazi çalışmaları devam ettirilmiştir. Saha araştırması zamanı Gadir yeraltı madeninden, cevherleşmenin üst kısımlarından ve yakın çevresinden kayaç, alterasyon ve cevherli örnekler alınarak uygun şekilde numaralandırılmıştır.

Buna göre bölgeden 27 adet magmatik (GM 01-GM 18, G 1-G 5 ve A 1-A4) ve 34 adet ise cevher ve alterasyon örneği (GD 01-GD 20, QR 01-QR 07 ve 7 adet SM kodlu) derlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Gadir cevherleşmesi (Azerbaycan)’nin üst kısmından panoramik görüntü

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

3.3.1. Mineralojik-Petrografik çalışmalar

3.3.1.1. İnce ve parlatma kesit çalışmaları

Bu aşamada saha çalışmaları zamanı derlenen numunelerin mineralojik içeriğinin belirlenmesi amacı ile 22 adet parlatma kesit ve 13 adet incekesit olmak üzere toplamda 35 adet numunenin kesitleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nün Mineraloji-Petrografi laboratuvarına gönderilerek hazırlanmıştır.

Hazırlanan kesitler Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde ve Azerbaycan Devlet Petrol ve Sanayi Üniversitesinde yer alan LEICA markalı cevher mikroskobunda incelenmiştir. Cevher mikroskobunda alttan aydınlatma ile ince kesitler, üstten aydınlatma ile parlatma kesitler incelenmiştir. Numunelerin incelenmesi sırasında minerallerin mineral parajenezi ve yapı-doku özellikleri ortaya konulmaya çalışılmış ve fotoğrafları çekilmiştir.



Şekil 5. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından alınan kayaç ve cevher örnekleri

3.3.1.2. X-Işınlari Kırınım çalışmaları

Mikroskobik çalışmalar sırasında görülemeyen minerallerin belirlenmesi amacı ile X-Işınlari Kırınım (XRD) analizleri, MTA Genel Müdürlüğü (Ankara)'nde gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz, bakır anotlu X ışını tüpüne sahiptir ve analizlerde 1.544 Å dalga boyuna sahip Cu-K ışınları kullanılmaktadır. Maksimum 60 KV ve 50 mA' de çalıştırılmaktadır. Toz ve düzgün yüzeyli katı örneklerin kalitatif mineralojik veya faz analizleri ve kristal yapı tanımlanması yapılmaktadır. Kalitatif analizler ICDD kartları ile karşılaştırma yapılarak gerçekleştirilmektedir. Her örnek için öğütülmüş en az 5 gram civarında numune gerekmektedir. Gadir polimetallik cevherleşmesinde yer alan cevher ve alterasyon numunelerinden toplamda 5 adet kalitatif X-ray difraktometre analizi gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Jeokimyasal analizler

Bu tez çalışmasında Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının sondaj çalışmaları sırasında alınan 59 adet karot örneği ile arazi çalışmaları sırasında alınan 7 adet el örneği olmak üzere toplamda 66 adet numunenin jeokimyasal analiz sonuçları değerlendirmeye alınmıştır.

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından alınan örnekler üzerinde ALS Global (İzmir) Jeokimya laboratuvarlarında ICP-MS ve ICP-OES ile jeokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin yapılması için, cevherler ve kayaçlar ilk olarak çeneli kırıcıdan geçirilmiş ve 4 gözlü bilyeli öğütme makinasında öğütülerek yaklaşık 20 gr ağırlığındaki toz cevher/kayaç örnekleri 90 µ boyutuna getirilmiş ve ardından numuneler numaralandırılarak paketlenmiştir. Bu örnekler içerisinde iz elementlerden Au, Ag, Cu, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Ga, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sr, Th, Ti, V, W, Zn, Cs, Te, Sn, Zr, Rb, Se, K ve Pd içerikleri saptanmıştır.

3.3.3. İzotop çalışmaları

3.3.3.1. Duraylı izotop (kükürt izotopu) çalışması

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağındaki cevherleşme alanından derlenen 10 adet sülfid mineralinin (sfalerit, kalkopirit, pirit) $\delta^{34}\text{S}$ analizleri, Arizona Üniversitesi Duraylı İzotop Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. $\delta^{34}\text{S}$ izotop analizleri için binoküler mikroskopta seçilen mineraller öğütülmüş ve $\delta^{34}\text{S}$ değerleri için süreklilik-akış gaz-oran kütle spektrometresi (ThermoQuest Finnigan Delta PlusXL) ile ölçülmüş ve kütle spektrometresi ile birleştirilip element analiz aleti (Costech) kullanılarak O_2 ve V_2O_5 ile 1030 °C'de tutuşturulmuştur. Standartlaştırma OGS-1 ve NBS123 uluslararası standartlarına ve laboratuvarlar arasında karşılaştırılan diğer birçok sülfid ve sülfat minerallerine göre yapılmıştır. Tekrarlanmış dahili standartlara dayalı hassasiyet ± 0.15 olacak şekilde ölçülmüştür.

3.3.3.2. Radyojenik izotop (U-Pb izotopu) çalışması

Bölgeden derlenen volkanik kayaçların yaşlarının belirlenmesi amacı ile ilk önce bir adet andezit porfiri ve bir adet riyolit mostra numunesi LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaşlandırması için İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokronoloji ve Jeokimya Laboratuvarına gönderilmiş fakat zirkon ayırımının yapılamaması nedeni ile sonuç elde edilememiştir. Daha sonra tekrar

bir adet andezit porfiri ve bir adet riolit mostra numunesi Güney Kore Temel Bilimler Enstitüsüne gönderilmiş ve andezit numunesinden zirkon ayırımı yapılamamış, riolit numunesinden ise 11 adet zirkon ayırımı yapılabilmektedir.

LA-ICP-MS yöntemiyle U-Pb yaş analizleri kayalar içindeki zirkon mineralleri üzerinde gerçekleştirilmektedir. Aysal ve ark. (2021) tarafından ayrıntılı olarak açıklanan yöntem çeneli kırıcı ve silindirik öğütücü ile örnekler kırılarak elek sarma makineleri ile farklı fraksiyonlara ayrılmaktadır. Ayrılan fraksiyonlardan gerekli boyuta ulaşanlar sallantılı masa, manyetik ayırıcı ve ağır sıvı işlemlerinden geçirilip zirkon mineralleri ayrılmaya çalışılmaktadır. Zirkon taneler el ile seçilerek binoküler mikroskop altında epoksi reçine içine gömülerek parlatılmakta, saf su ve alkol ile temizlenmektedir. Daha sonraki süreçte ise optik katodoluminesans ile görüntülenen zirkon taneleri üzerinde analiz edilebilecek noktalar işaretlenerek örnekler üzerinden U-Pb yaş tayini ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Lazer Aşındırma (LA) sisteminde 213 nm lazer dalga boyu, 25 ve/veya 40 mikron ışın çapı, 5- 6 J/cm² enerji seviyesi, %100 He taşıyıcı gaz ve 0.5 litre/saniye hücre gazı taşıma hızı koşulları kullanılmaktadır. ICP-MS enstrümanı ise, 1500 Watt RF gücü ve Ar gazı ortamında çalıştırılmakta olup, ThO⁺ /Th⁺ oranları her ölçüm seansında % 0.5'in altında olacak şekilde kalibre edilmektedir. Bütün analiz seanslarında günlük hassasiyet 25 ölçümleri, hafif ve ağır kör gaz ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Ölçümler sırasında birincil (Zirkon-91500, Plesovice, GJ-1) ve ikincil (OD-3, Mud Tank-2, AusZ-10) zirkon standartları kullanılmaktadır. Ölçümlerde başlangıçta, ortalama her on noktada ve bitiş-te birincil zirkon referansı ölçülmekte ve son örnek setinden sonra ikincil zirkon referanslar ölçülerek analiz sonlandırılmaktadır". LA-ICP-MS U-Pb veri yorumlama ve sentezleme işlemlerinde IOLITE v2.5 (Hellstrom ve ark., 2008) ve ICPMSDataCal (Liu ve ark., 2008) programları kullanılmaktadır (Özen, 2012).

3.4. Büro Çalışmaları

Bu aşamada saha çalışmaları, arazi çalışmaları, kayaç, alterasyon ve cevher numunelerinden yapılan incelemelerden elde edilen veriler değerlendirilmiş ve daha önceki çalışmalar ile karşılaştırılarak nihai yorumlar yapılmıştır.

Mikroskop altında incelenen kesitlerden ve XRD analiz sonuçlarından elde edilen veriler ile cevherleşmenin ve yankayacın mineralojik-petrografik özellikleri değerlendirilmiş, jeokimya analizleri zamanı numunelerde Au, Ag, Cu, Pb ve Zn

değerlerinin dağılımları incelenmiş ve özellikle bu elementlerin yüksek sonuç verdiği yerlerde diğer iz elementlerin varlığı değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Ayrıca örnekler üzerinde yapılan duraylı ve radyojenik izotop çalışmaları ile sırasıyla cevherleşmeyi oluşturan çözeltinin kökeni ve volkanik kayacın yaşı belirlenmiş olup, cevherleşmenin oluşumu ile ilgili zaman-mekan ilişkisi hakkında yorumlar yapılmıştır.

Tez yazımı aşamasında, bütün jeolojik analizlerinden elde edilen veriler hazır bilgisayar uygulama programlarında değerlendirilmiştir.

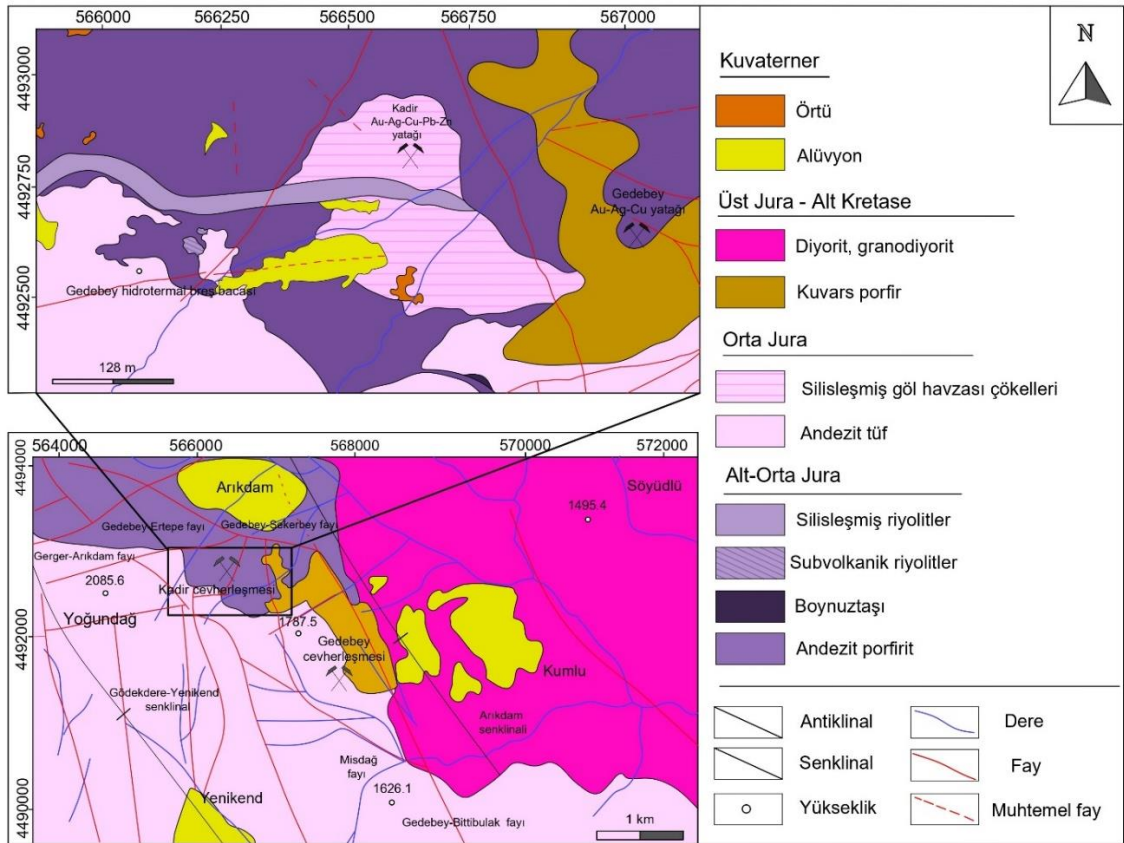


4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel Jeoloji ve Stratigrafi

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesinin yer aldığı Gedebeş ilinde genellikle Jura ve Kretase yaşlı kayalar yer almaktadır. Bölgedeki kayalar Jura'nın alt, orta ve üst katlarını, Kretase'nin ise genellikle üst katını temsil etmektedir. Tez araştırması sırasında yapılan çalışmada jeolojik haritadaki birimler gözlemlenerek gerekli görülen formasyonların sınırları güncellenmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7).

Jeolojik haritada yer alan formasyonlar daha önce İsmayıl (2019) tarafından yaşlıdan gence doğru sırasıyla Arıkdam volkanitleri, Yoğundağ andezitleri, Gedebeş granitoidleri ve Misdağ kuvars-porfir olarak isimlendirilmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7).

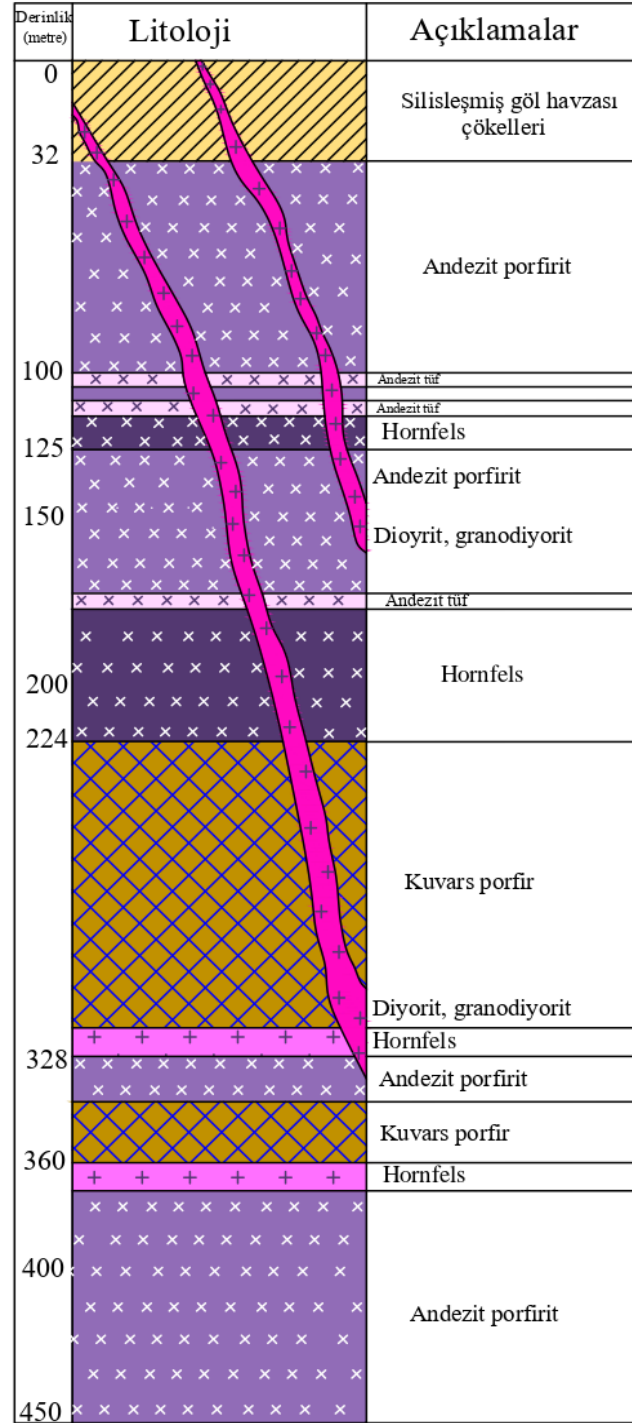


Şekil 6. (a) Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının ve (b) Gedebeş Au-Ag-Cu yatağının jeolojik haritası (Bayramov, 2015 ve Veliyev ve ark. 2018'dan düzenlenerek)

4.1.1. Arıkdam volkanitleri

Arıkdam Volkanitleri daha önce İsmayıl (2019) yüksek lisans tez çalışmasında isimlendirilmiş olup, Alt ve Orta Jura yaşlı andezitik lav, andezit-dasit, riyoit ve riyoitasitlerden oluşmaktadır (Şekil 8 ve Şekil 9). Birim içerisinde yaygın proklastikler

haricinde volkanik ve subvolkanik kayalar yer almaktadır. Arıkdam volkanitlerine ait Alt Bajosiye yaşı andezit ve dasitler, Üst Bajosiye yaşı riolit ve riodasitler tarafından kesilmektedir. Bu sebep ile Alt Bajosiye yaşı kırıntılı andezitik kayalar Üst Bajosiye volkanizma ürünü olan riolitik kayaların etkisine maruz kalmıştır (Şekil 8 ve Şekil 9; Bayramov, 2015, 2017).



Şekil 7. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağına ait ölçeksiz stratigrafik dikme kesit (Veliyev ve ark. 2018'dan düzenlenerek)



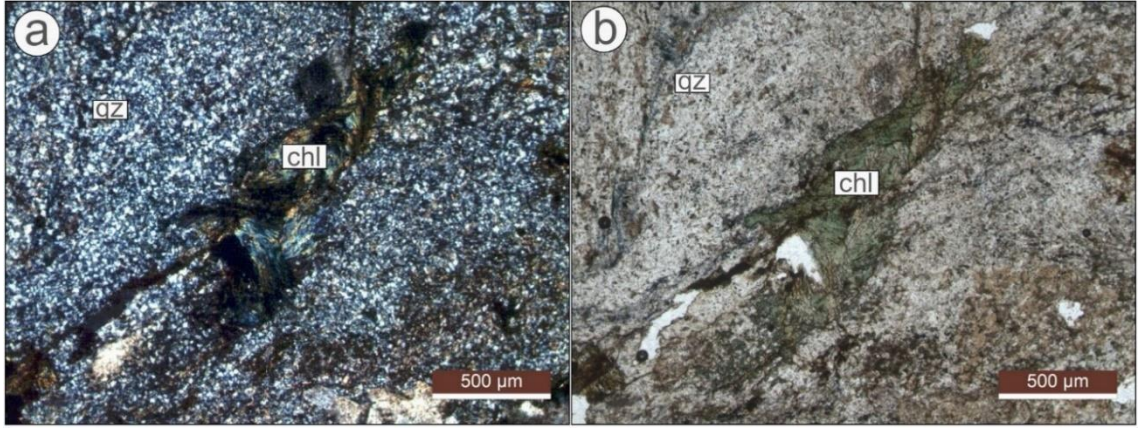
Şekil 8. Arıkdam volkanitlerinden alınan andezit örneği



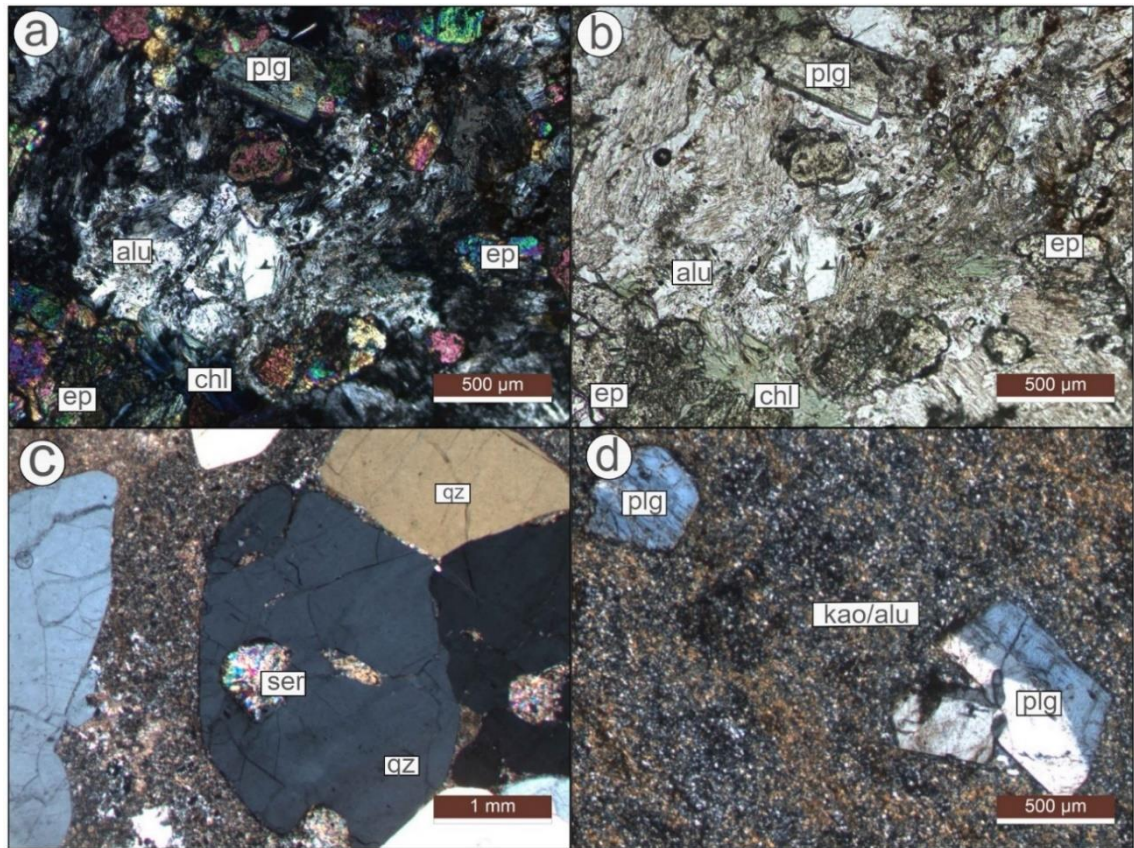
Şekil 9. Arıkdam volkanitlerinden alınan riyoilit örneği

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşme bölgesindeki Arıkdam volkanitlerine ait riyoilit örneklerindeki petrografi çalışmalarında kuvars, plajiyoklas, profillit, alunit, amfibol, piroksen, epidot, kalsit, serisit, kil mineralleri ve opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 10 ve Şekil 11).

Arıkdam volkanitleri içerisinde Üst Bajosiyen yaşlı subvolkanik damar tipli oluşum gösteren riyoilitler birim içerisindeki volkanik-proklastik kayaçları düşük açılı uyumsuzlukla örtmektedir (Bayramov, 2014, 2017; Veliyev ve ark., 2016).



Şekil 10. Arıkdam volkanitlerine ait örnekten yapılan ince kesit çalışmasında gözlenen kuvars (**qz**) ve klorit (**chl**) mineralleri, (**a**: // N; **b**: X N)



Şekil 11. Arıkdam volkanitlerine ait örnekten yapılan ince kesit çalışmasında gözlenen kuvars (**qz**), plajiyoklas (**plg**), serisit (**ser**), epidot (**ep**), alunit (**alu**) mineralleri, (**a, c, d** //N; **b**, /N)

Birim içerisindeki subvolkanikler kırılmalar ile parçalanmış ve parçalanmış yerler büyük ölçüde silisleşmiş, kaolinleşmiş, serisitleşmiş ve yer yer ikincil kuvarsite dönüşmüştür. Bu alanda oluşmuş Alt Bajosiyen yaşlı kayaçların kalınlıkları 1650 m'ye, Üst Bajosiyen yaşlı kayaçların kalınlıkları ise 200 m'den 650 m'ye kadar değişiklik göstermektedir (Bayramov, 2015, 2017; İsmayıl, 2019).

4.1.1.1. Gedebeý hidrotermal breş bacası

Gedebeý hidrotermal breş bacası Gadir yatağının bulunduğu Yoğundağ'ın doğusunda yer almaktadır. Breş bacasının yaklaşık 50 m çapında mevcut yapısı volkanik ve erozyonal süreçlerden kaynaklanmaktadır. Erozyonal oluşumlar, çukurun altındaki baca oluşumundan önceki derin seviyelere ve bu bacanın kenarlarını oluşturan tepelere ulaşmıştır. Breş bacası büyük ölçüde Batoniyen yaşlı andezitik lavlardan ve tüflü tortul kayalardan oluşmaktadır. Volkanik yapının merkezinde kubbe şekilli riyodasitik kayalar yer almaktadır (Babazadeh ve ark., 2015). Volkanik bacanın toplam kalınlığı tam olarak bilinmemektedir. Bacanın alt kısmında sondaj çalışmaları Batoniyen döneminden sonraki denizaltı dasitik ve andezitik lav ve tuf oluşumları gözlemlenmiştir (Veliyev ve ark., 2018).

Bölgedeki birkaç m kalınlığındaki hidrotermal oluşumlar, yaklaşık 1000 m²'lik bir alanı ve andezit lav akışındaki cevherleşmeleri kaplamaktadır. Bu hidrotermal süreçler birkaç zona ayrılabilir: Merkezde beyaz renkli aşırı silisleşmiş andezitik porfirik kayalar ve iyi ayrıştırılmamış kırıntılar halinde bir breş bulunmaktadır. Beyaz renkli kırıntılar iyi yuvarlanmış ve ilk hematit (breş bacasına özgü olan spekülait ve kanatlı doku) çimento malzemesinde bulunur. En dış tabakalı silisli tortu, volkanik yapının güneydoğu kısmına doğru yüzeyinde 10-20 m kalınlığında düzensiz şekilli yataklar içermektedir. Breş zonu ve silisli tabakaları çevreleyen çeşitli tüfler, arjilik alterasyon, düşük silisleşme (opal) ve alunitin alt yapısı ile karakterize edilen pomza, kuvars, cam ve andezitik parçalardan oluşmaktadır (Bayramov, 2015).

Hidrotermal merkezin batı kısmında, son örtü ve erozyon nedeniyle zonlanma gözlenmemektedir. Dokusal, mineralojik ve jeokimyasal özellikler, bu çıkışın hidrotermal süreçler sırasında püskürmelerin meydana geldiği bir jeotermal merkezin paleo yüzeyini temsil ettiğini göstermektedir. Bu breşler, dışarıya doğru çıkan akışkanlara birikerek çökelmiş ve kenarlara doğru tabakalı bölgeler Gedebeý silica sinter tabakasına geçiş bölgesini temsil etmektedir (Novruzov ve ark., 2019).

4.1.2. Yoğundağ andezitleri

Yoğundağ andezitleri birimi Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesinin güneyinde yer almakta ve Orta Jura'nın Batoniyen katını temsil eden andezit tüfler, andezit-dasitler, ignimbiritler, kumtaşları, lav ve örtülerinden oluşmaktadır (Şekil 12 ve 13). Yoğundağ andezitlerine ait kayalar, Arıkdam volkanitleri birimine ait kayaları oldukça düzensiz olarak örtmektedir. Her iki formasyona ait kayaların birbirine çok

benzemesi sınırların belirlenmesini oldukça güçleştirmektedir (Babazade, 2015 ve 2019; Bayramov, 2015).



Şekil 12. Yoğundağ andezitleri biriminden alınan andezitik tuf örneği

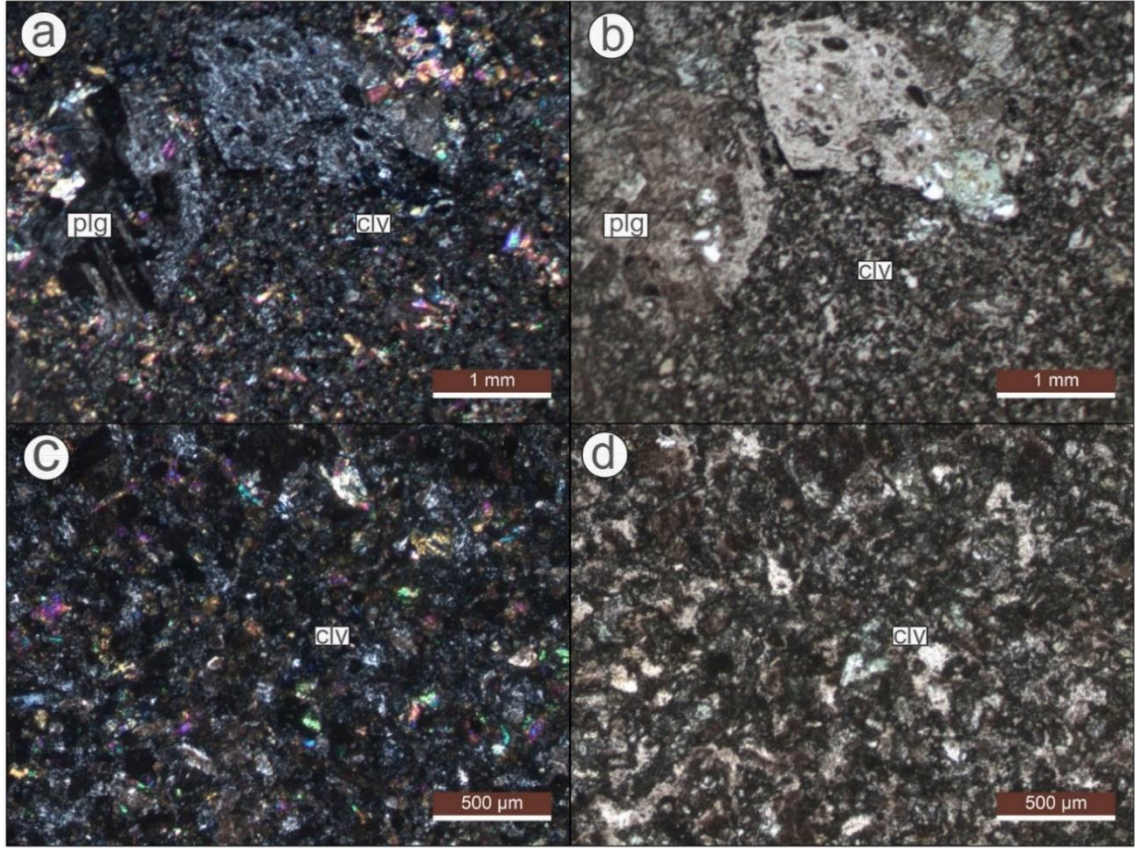


Şekil 13 Yoğundağ andezitlerine ait kuvarslı andezit dasit örneği

Yoğundağ andezitlerinden alınan andezit tuf ve andezit-dasit örneklerinden yapılan incekesit çalışmalarında plajiyoklas, klorit, amfibol ve kil mineralleri gözlenmiştir (Şekil 14).

Yoğundağ andezitleri birimi içerisindeki damar kayaçları da yüzeydeki kayaçlarla benzerlik göstererek genellikle bazalt bileşimli dayklardan oluşmaktadır. Bu

formasyona ait kayaçlar büyük ölçüde piroklastikler ve kısmen lav akıntılarından oluşmakta olup, birime ait kayaçların kalınlığı yaklaşık 750 m'dir.



Şekil 14. Yoğundağ andezitlerinden alınan örnekten belirlenen plajiyoklas (**plg**) ve kil (**cly**) mineralleri (**a,c: //N, b,d: /N**)

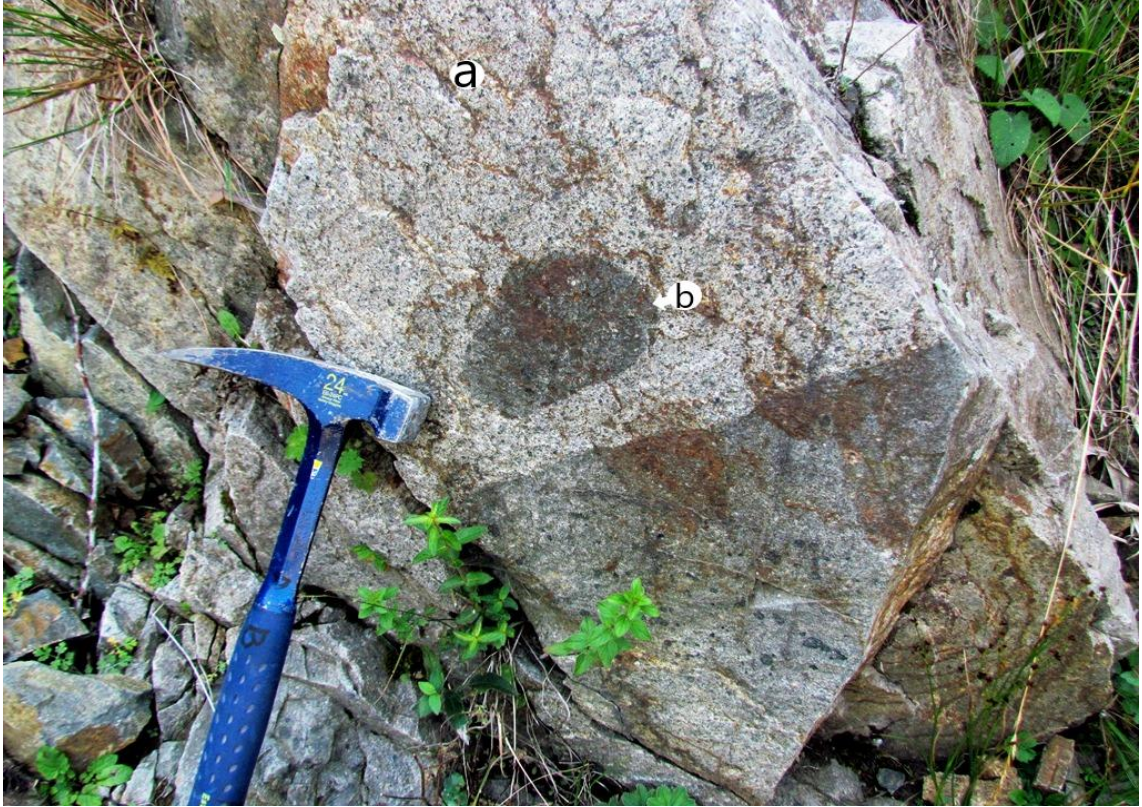
Ayrıca birim içerisinde kırıntılı ve piroklastik kayaçlar, lapilli, volkanik kum ve volkanik kül birikintileri şeklinde çökelmiştir. Çökelme alanlarında genellikle saf, homojen, volkano-sedimanter malzemeler şeklinde gözlenmekte olup bileşimlerinde çok az farklı kökenli malzemeler bulunmaktadır. Volkanojenik sedimanter kayaçlar esas olarak Yoğundağ'ın zirvesinde bulunmakta olup kalınlıkları yaklaşık 3-15 m'dir (Veliyev ve ark., 2016).

4.1.3. Gedebeş granitoyidi

Gedebeş granitoidi, cevherleşmenin oluşumunda etkin rol almış bölgenin plütonik kayaçlarını içermektedir. Gedebeşçay ve Şemkirçay nehirlerinin birleşmesinden doğuya doğru 1.5 km mesafeden başlayarak 12 km mesafedeki Karadağ köyüne kadar uzanan birimin kalınlığı 1.5 km'den 6 km'ye kadar değişmekte olup yayılım alanı yaklaşık 42 km²'dir (Kerimov, 1963; Babazade ve ark., 1989; Bayramov 2015).

İsmayıl (2019) tarafından Gedebe granitoidi birimi içerisinde yapılan araştırmalarda (Kerimov, 1963 ve Abdullayev, 1996) formasyon, gabroyik ve granitoid olarak iki faza ayrılmış ve üçüncü faza benzeyen damar kayaçlarının yer aldığı belirlenen kayaçların Üst Jura – Alt Kretase yaşlı olduğu saptanmıştır (Şekil 15, 16).

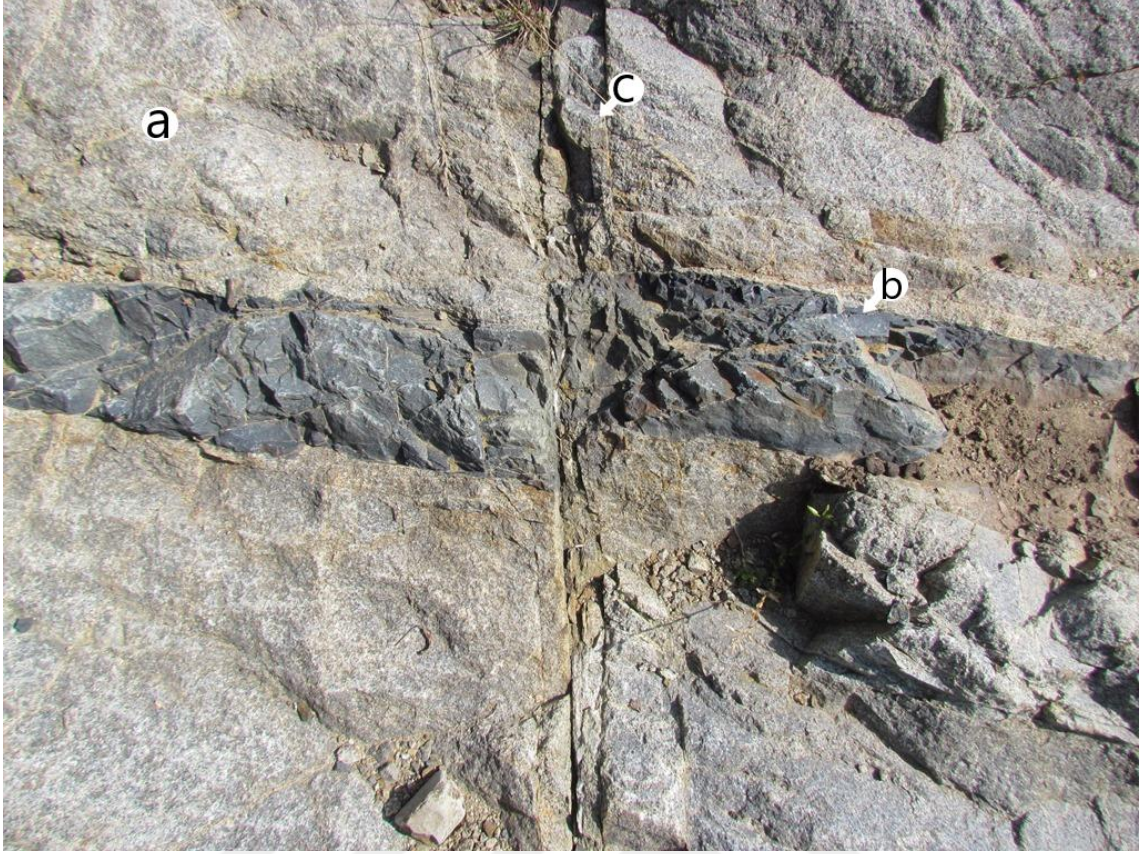
Gabroyik kayaçları içeren birinci fazın kayaçları gabrolardan, gabro-noritlerden, gabro-piroksenitlerden, piroksenitlerden oluşmakta olup, bunların birbirleri arasında geçişleri ve değişimleri ile temsil edilmektedir (Kerimov, 1963 ve Abdullayev, 1996).



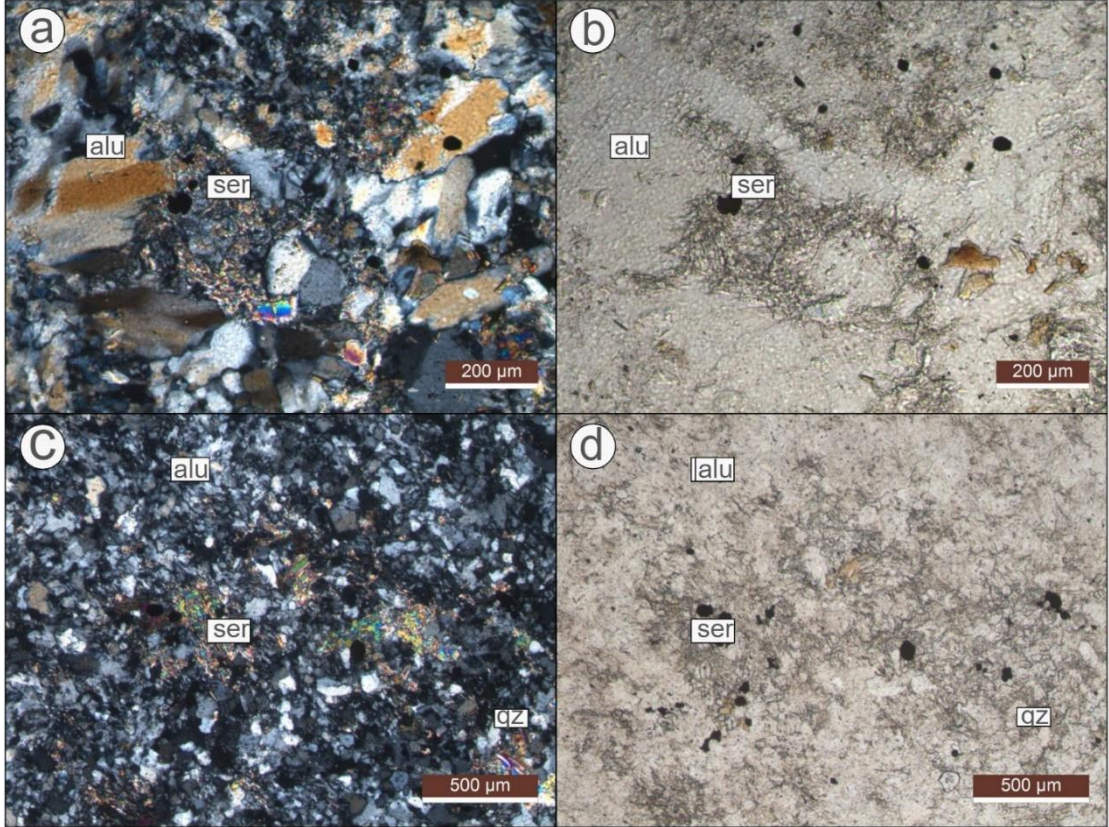
Şekil 15. Gedebe granitoidine ait (a) diyorit ve onun içerisindeki (b) gabro ksenolit (İsmayıl, 2019)

İkinci fazın kayaçları ise birinci fazın kenarlarında oluşan diyorit, kuvars diyorit, tonalit ve granodiyoritlerden oluşmaktadır. Ancak bu birime ait kayaçlar büyük ölçüde kuvars diyorit ve granodiyoritler ile temsil edilmekle beraber yer yer andezitler tarafından kesilmektedir. Ayrıca, Gedebe granitoidinde yer alan gabroyik kayaçlar granitoid fazına ait kayaçları kesmiş ve bu ekzokontakt içerisinde değişime uğramıştır (Abdullayev, 1988; Hain, 2001).

Gedebe granitoidinden alınan diyorit örneğinden yapılan petrografi çalışmalarında plajiyoklas, ortoklas, biyotit, serisit, alunit, amfibol, klorit ve opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 17; İsmayıl ve ark., 2018).



Şekil 16. (a) Gedebe granitoidinde yer alan diyorit, (b) andezit dayk ve (c) fay (İsmayil, 2019)



Şekil 17. Gedebe granitoidinden alınan örnekte belirlenen kuvars (**qz**), serisit (**ser**) ve alunit (**alu**) mineralleri (a,c: //N, b,d: /N)

Birime ait üçüncü faza benzeyen kayaçların bileşimi ise aplitler, granoaplitler, granodiyorit-aplitler ve kuvars-diyorit-aplitlerden oluşmuştur. Formasyonun güneydoğusunda yer alan aplitler, dayka benzer yapıda olup kuzeybatı yönünde uzanmaktadır (Kerimov, 1963; Babazade, 2007; Bayramov, 2014).

4.2. Yapısal Jeoloji

4.2.1. Kıvrımlı yapılar

Gedebey maden bölgesinde yer alan kıvrımlı yapılar içerisinde Arıkdam-Şekerbey antiklinali ve Gödekere-Yenikend senklinali olup Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesinin olduğu bölgeye tekabül etmektedir.

4.2.1.1. Arıkdam-Şekerbey antiklinali

Bu antiklinal Arıkdam ve Şekerbey köylerinden geçerek kuzeybatı yönünde 10 km'ye kadar uzanmaktadır. Antiklinalin kenarı boyunca Alt Bajosiye'nin tüfojen-proklastik kayaçları yüzelemektedir. Gedebey'de bakır cevherleşmesinin olduğu bölgelerde bu kayaçlar Üst Bajosiye yaşlı riyolit-riyodasit bileşimli subvolkanlarla, Üst Jura yaşlı çok fazlı intrüzif masif ve çeşitli daykalarla ayrılmıştır. Bu yoğun volkanik süreçlerin sonucu olarak tüfojen kayaçlar siyah renkli masif kayaçlara dönüşmüştür (Bayramov, 2015, 2017).

4.2.1.2. Gödekere-Yenikend senklinali

Gödekere-Yenikend senklinali, Gödekere köyünün KB'sı ve Yenikend köyünün doğusunda yer alan Gozgaralı ve Sarihesenli köylerinden geçmektedir. Gedebey madeninin KB'sındaki Yoğundağ boyunca volkanojenik kayaçlar yer almaktadır. Burada yer alan volkanojenik yapılar Batoniye yaşlı olup, kıvrım alt kesimlerde 10-15°'lik dalım açısına sahip olup hafif simetriktir (Veliyev ve ark., 2018).

4.2.2. Faylar

Bölgede kırılma yönü ve morfolojik özellikler temelinde ayırt edilen başlıca faylar Gedebey-Bittibulag fayı, Gerger-Arıkdam fayı, Gedebey-Ertepe fayı ve bu ana faylarla ilişkili doğrultu atımlı faylar vardır.

4.2.2.1. Gedabek-Bittibulag fayı

Şemkirçay'ın sol kolu olan Gelinkayası ile birleşme bölgesinden başlayıp kuzeybatı yönünde uzanarak Gedebey ili ve Gedebey maden yatağından, Arıkdam

köyünden, Kızılcadağdan, Bittibulag Cu-As yatağından geçerek Samanlı köyüne kadar devam eden yaklaşık K 20° B doğrultulu ve 75-80° GB'ya eğimli eğim atımlı normal faydır. Kırılma tüm uzanması boyunca keskin kuvarlaşmadan, kaolinleşmeden, serisitleşmeden, çeşitli sülfür mineralleşmelerinden oluşan hidrotermal değişimler, ezilme ve çatlak sistemleri ile gözlenmektedir. Fay boyunca gözlenen hidrotermal alterasyon zonunun eni 150-200 m'den 600-700 m'ye kadardır. Gedebe'ın en keskin hidrotermal-metazomatik değişimi Gedebe yatağı, Kızılcadağ ve Bittibulak zuhurları bu bölgededir. Bu alanlar esas kırılma bölgelerinin kuzeydoğu ve eksen kesimine yakın yönlü kırılmalarla kesişme alanlarında yer almaktadır. Kırılma bölgesi boyunca Gedebe yatağı, Çolpan, Kızılcadağ mineralizasyon bölgeleri ve Bittibulak Cu-As yatağı vardır (Hain ve Alizade, 2007; Bayramov, 2015).

Fayar, Gadir cevherleşmesinin yer aldığı Yoğundağ bölgesinde yaklaşık 2 km uzunluğa sahiptir. Oldukça büyük derinliğe sahip bu fay iki paralel bölüme ayrılmıştır:

- 1- Gedabek-Bittibulag Doğu fayı
- 2- Gedabek-Bittibulag Batı fayı

Gedabek-Bittibulag Doğu fayı, kuzeydoğu yönünde 70-85°'lik eğim göstermektedir. Doğu tarafındaki fay zonu boyunca, Üst Jura yaşlı volkanojenik-sedimanter oluşumlar büyük ölçüde şistli olup burada yer alan sokulum kayalar ana kayaç rolünü üstlenmektedir. Bölgedeki gnays ve şist zonları yeni mineral oluşumları boyunca uzanmakta ve konkordan tipli uyum sağlamaktadır. Gedebe-Bittibulag fayı, Gedebe Au-Cu yatağının doğu sınırından geçmekte olup araştırmalar bu bölge içerisinde kuzeydoğu yönünde yer alan kayaç kompleksinin faylanma ile 400-500 m'ye kadar atıma sahip olduğunu göstermektedir (Bayramov, 2015 ve Bayramov ve ark., 2020).

Gedebe-Bittibulag Batı fayı, Gedebe Jeolojik Araştırma Ekibi (GEG) tarafından 2014 yılında belirlenmiştir. Bu fay Yoğundağ dağının tepesinde izlenilmekte olup güneybatıya doğru 70-85°'lik açıyla dalmaktadır. Fayın doğu ve batı tarafında fay zonu boyunca Batoniyen yaşlı volkanojenik oluşumlar gözlenmektedir.

4.2.2.2. Gerger-Arıkdam fayı

Gerger-Arıkdam fayı, Gadir bölgesini kuzeyinde yer almakta ve Gedebe-Şekerbey fayı ile kesişmektedir. Fay yaklaşık KKB-GGD doğrultulu ve 80-85°'lik bir açıyla güneybatıya dalmakta ve derinliğe doğru zonun genişliği 5-30 m arasında

değişmektedir. Kırılma zonu boyunca kayaçlar yoğun bir şekilde ezilmiş, limonitleşmiş ve silisleşmiştir. Bölgenin kuzeybatı tarafındaki Batoniyen yaşlı volkanojenik ve volkanojenik-sedimanter oluşumlar 150-200 m arasında atım kazanarak Alt Bajosiyen volkanik çökeltileri ile tektonik sınır oluşturmuşlardır. Batoniyen yaşlı andezitlerin ince ve orta taneli tüf ve aglomeralarla, andezitler fay yakınında propillitleşmiştir (Kerimov, 1963; Kerimov ve ark., 1996).

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesinin sınırları içindeki fayların açıklanan sistemleri ile ilgili daha sonra kuzeybatı yönlü ($270-310^\circ$) ve kuzeye doğru dikey bir dalma yapan ($80-85^\circ$) faylardır. Bu fayların genişliği 50 m'yi geçmemektedir. Faylar boyunca yer alan kayaçlar breşleşmiş, hafif şistleşmiş ve kaolinleşmiştir.

4.2.2.3. Gedebe-Ertepe fayı

Gedebe-Ertepe fayı Gedebe cevherleşmesinin GB'sından başlayıp, KD yönünde Karadağ ve Büyük Galaça dağlarına ayrılan bölgede yer almakta ve Ertepe-Harhar fayı ile kesiştiği bir bölgede bulunan Mashit dağı bölgesinde daha da yoğunlaşmaktadır. Kırılma bölgesinin genişliği 70-80 m'yi geçmemekte ve $75-80^\circ$ GD eğim açısına sahiptir (Novruzov ve ark., 2019).

Bahsedilen fayların kesişme noktasında yer alan Büyük Galaça bölgesinin yüzey kısımlarında malahit ve azurit gibi bakır minerallerinin yaygınca yer alığı eski galerilere rastlanmıştır. Aynı zamanda bu faylar kuzeybatı yönünde ilerleyen diğer küçük faylarla kesişmektedir. Bölgede yer alan Üst Bajosiyen yaşlı riyolit, riyolit-dasit ve onların tüfleri diğer kayaçları çevreleyecek şekilde yer almaktadır. Fayın dalma açısı $70-75^\circ$ derece olup farklı cevherleşme alanlarında birkaç bloğa ayrılmaktadır.

Cevherleşmeyi kontrol eden fayların belirlenen sistemleri ile ilişkili, kuzeybatı doğrultulu ($270-310^\circ$) ve güneyde dik bir eğime sahip ($80-85^\circ$) olan D-B doğrultulu faylardır. Bu fayların kalınlığı 50 m'yi aşmamaktadır. Bu faylar boyunca oluşmuş kayaçlar ezilmiş ve kaolinleşmiştir (Babazadeh ve ark., 2015; Bayramov, 2015; Veliyev ve ark., 2016).

Buradaki paralel fay sistemi, Gadir cevherleşme alanının kuzey kanadındaki daha önce oluşmuş fayın kuzeyinden geçmektedir. Her iki fay batıdan (270°) kuzeybatıya (310°) kadar fay doğrultusunu değiştirmekle birlikte, iç bükey tarafından kuzeye doğru yarı yuvarlak şekilli riyolit-dasit bileşimli kayaçlara dönüşmektedir. Bu

fay boyunca kayaçların dikey olarak yer değiştirdiği görülmektedir. Fayın kuzey blokları, güney bloklarına kıyasla 60-75 m daha derine hareket etmiştir.

4.3. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağı

4.3.1. Cevherleşmenin konumu

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağı, Gedebeş ili içerisinde yer alan Gedebeş Au-Ag-Cu yatağının kuzeybatısındaki Yoğundağ bölgesinde oluşmuştur. Yoğundağ'ın doğusunda, Gedebeş yatağının yakınında, Tetis Metalojenik kuşağı içerisindeki Küçük Kafkasya antiklinoryumunda yer alan Lök- Karabağ kuşağının Şemkir antiklinali içerisinde yer almaktadır. Cevherleşmeyi içeren Yoğundağ tektonik ve metalojenik açıdan, Küçük Kafkasya metalojenik zonunda yer alan Lök-Karabağ kuşağının Şamkir antiklinalinin Gedebeş volkano-plütonik yapısı ile sınırlıdır. Gadir cevherleşmesi ve bölgedeki diğer cevherleşme alanları 2085 m yükseklikte yerleşen koni şekilli Yoğundağ'ın düşük kesimlerinde yer almaktadır.

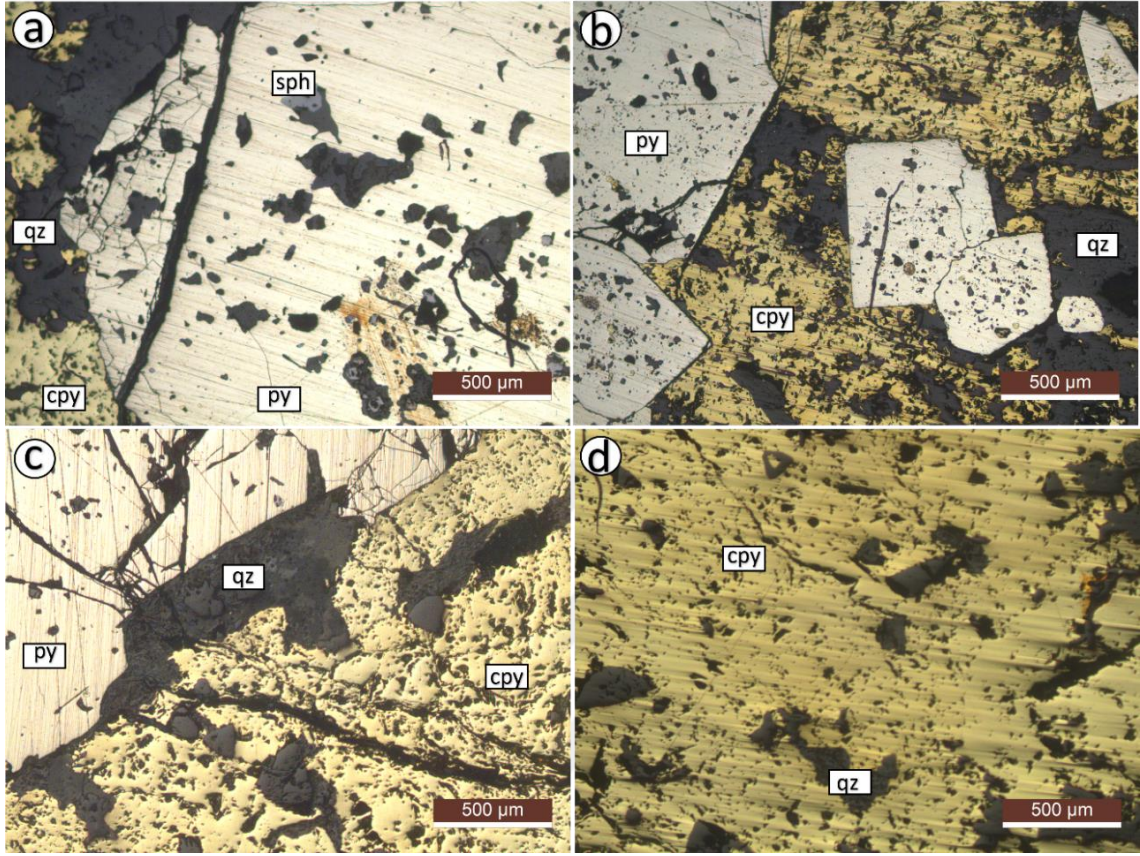
Gadir yeraltı maden sahası, Yoğundağ civarındaki dağlık bölgede, kapalı madenin yaklaşık 400 m güneydoğusunda yer alan Gedebeş açık işletme sahası yakınlarında 20.8 hektarlık alanı kapsamaktadır. Gedebeş madeninin kuzeybatısındaki jeolojik arama çalışmalarını yürütürken, Gedebeş Jeolojik Arama Grubu (GEG) ve jeolojik danışman Ağakışiyev (2012) Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağını keşfetmiştir. Bölgedeki cevherleşmede subvolkanik oluşumların hidrotermal alterasyon sonucu kuvars porfirlere dönüşmesinin ana faktör olarak rol aldığı belirlenmiş olup ayrıca yüzeyde yoğun silisleşme de gözlemlenmiştir. Subvolkanik oluşum olarak tanımlanan riyolit-dasit bileşimli kayaçların dokanak kısmındaki cevher oluşumunu 2012 yılında keşfedilmiştir (Veliyev ve ark., 2016; Veliyev ve ark., 2018; Bayramov ve ark., 2020).

4.3.3. Mineralojik-petrografik incelemeler

4.3.3.1. Cevher mikroskobisi çalışmaları

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından alınan 35 adet cevherli mostra ve sondaj karotu örneklerinden yapılan cevher mikroskobu çalışmalarına göre başlıca cevher mineralleri kalkopirit, sfalerit, galenit, arsenopirit, dijenit, kuvars, pirit, hessit ve nabit altından oluşmaktadır (Şekil 18-22).

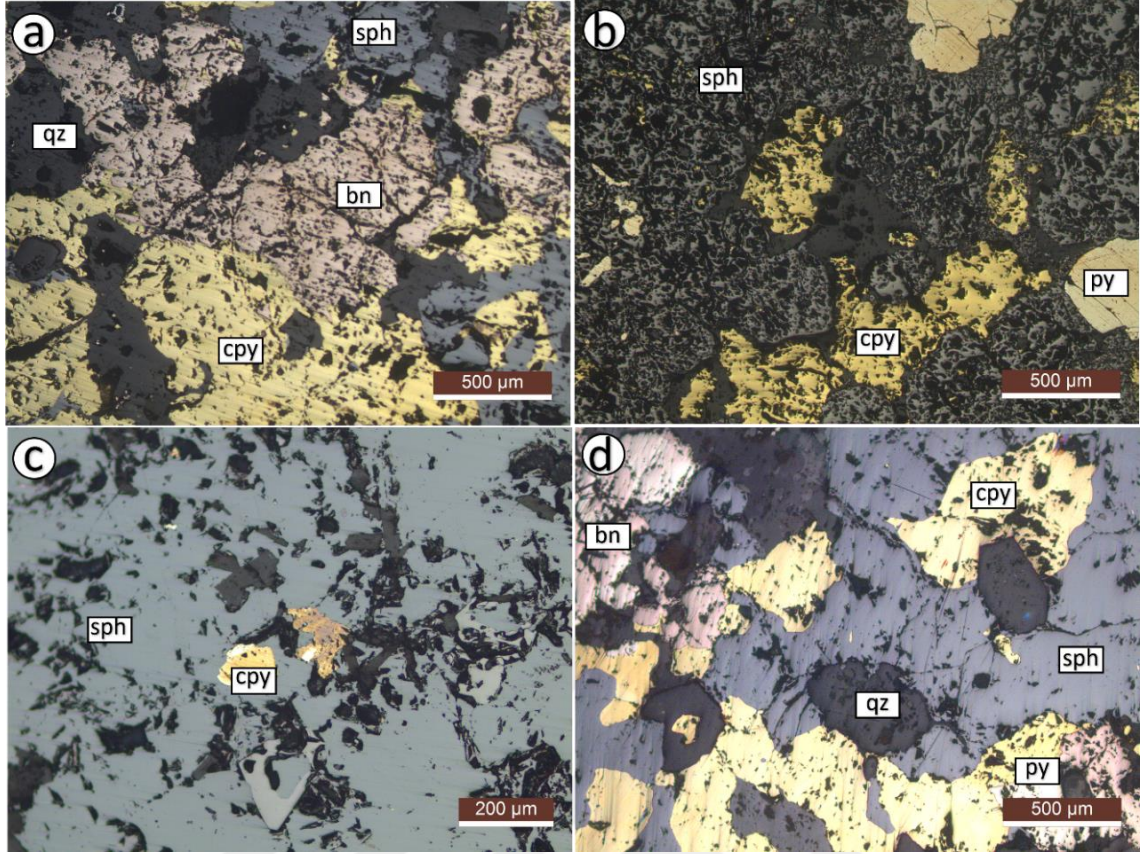
Piritler genellikle özşekli ve yarı özşekli, kalkopiritler özşekilsiz olarak yer almaktadır. Sfalerit ve galenitler genellikle birliktelik oluşturmaktadır. Bornitler sfalerit ve kalkopiritlerin yanında yarı özşekli ve özşekilsiz olarak belirlenmiştir.



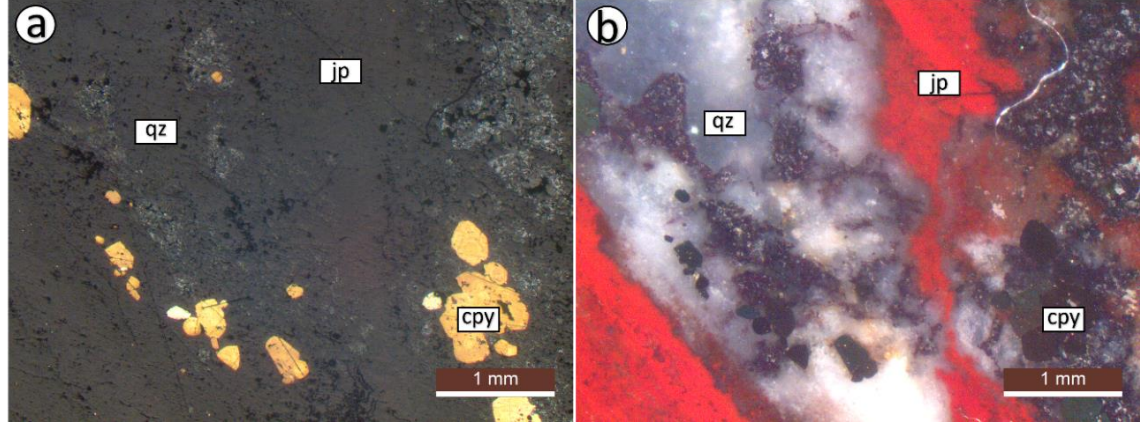
Şekil 18. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (**py**), kalkopirit (**cpy**), sfalerit (**sph**), kuvars (**qz**)- (**a,b,c ve d // N**).

Genel olarak bütün cevherleşme aşamaları dikkate alındığında Gadir cevherleşmesinin mineral parajenezi beş aşamaya ayrılabilir.

İlk aşama, pirit-kuvars mineral birleşiminin masif ve yarı masif dokusunun birikmesiyle karakterize edilir. Masif dokulu pürüzsüz yüzeye sahip oluşan piritlerin yanısıra boşluklu ve çatlaklı dokuda piritler de gözlemlenmektedir. Sfalerit içerisinde kalkopirit ve pirotin kapanımları yaygın olarak görülmektedir. İkinci aşama, aşama 1'deki iri taneli sülfütlü kesen orta ila ince taneli kuvars ve kalsit damarcıkları ile karakterize edilir. Üçüncü aşama, sfalerit, galen, pirit, arsenopirit, kuvars ve kalsit ile karakterize edilmektedir. Dağınık gümüş sülfözaltlar kuvars ve kalsit içerisinde meydana gelen sfalerit ve galenit ile ilişkilidir. Dördüncü aşama, 1., 2. ve 3. aşamayı kesen kalsit, dolomit/ankerit ve pirarjiritli kuvars damarları veya şeritlerinden oluşur. Beşinci aşama, sütlü kuvars, ametist ve kalsit ile az miktarda dissemine pirit, markazitten oluşur (Veliyev ve ark., 2018 ve İsmayıl ve ark., 2021).

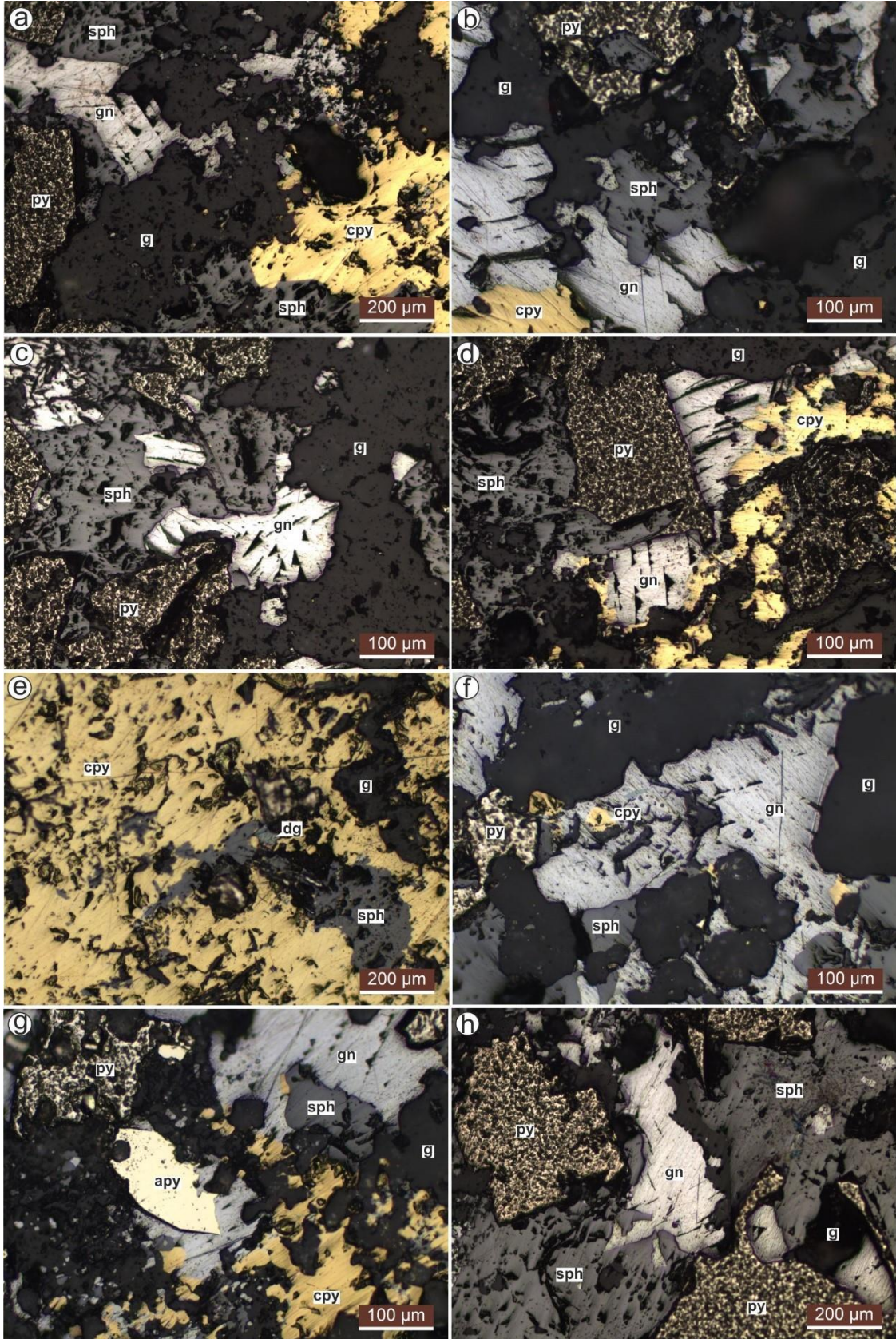


Şekil 19. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerde cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (**py**), kalkopirit (**cpy**), sfalerit (**sph**), bornit (**bn**), kuvars (**qz**) - (**a,b,c ve d // N**).

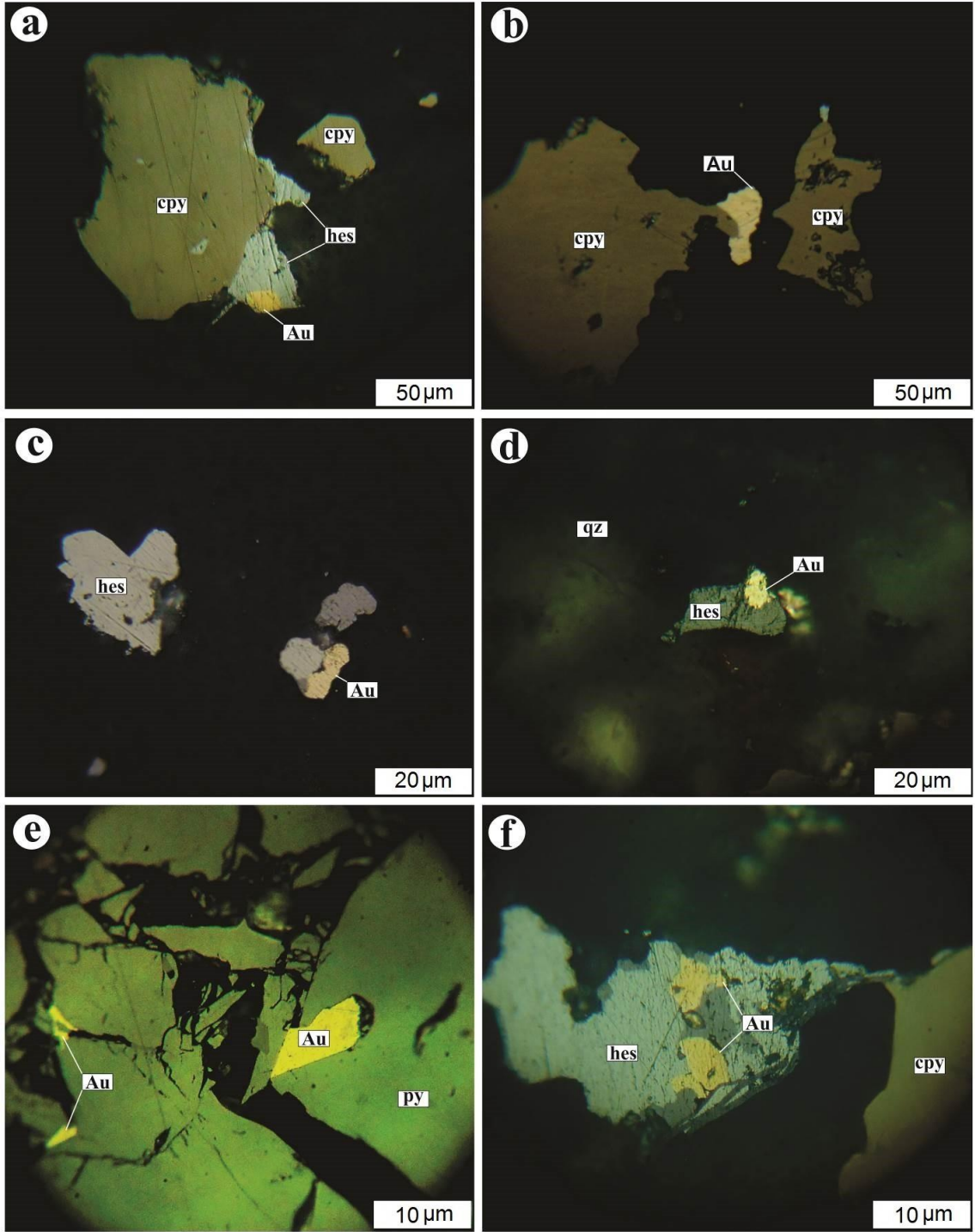


Şekil 20. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: kalkopirit (**cpy**), kuvars (**qz**), jasper (**jp**) - (**a ve b // N**).

Örnekler içerisinde sfalerit ve kalkopiritin yerini galenitin aldığı da gözlemlenmiştir. Kalkopiritlerin sfalerit ve galenit içerisinde kapanım halinde olduğu ve hessit (Ag_2Te) doğal altın tanelerinin kalkopirit ile yer değiştirdiği yaygın olarak gözlenmektedir. Altın, kuvars, pirit, kalkopirit ve sfaleritte serbest taneler halinde ve çok ince tanelidir (0.5 ila 30 mikron) ve ayrıca galenit içerisinde de nadiren bulunur (Şekil 21). Cevherleşmede arsenopiritin yerini sfalerit almıştır. Hornfelsleşmiş andezit ile temas bölgelerinden alınan örneklerde de jasper gözlenmiştir (Şekil 20).



Şekil 21. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (py), kalkopirit (cpy), sfalerit (sph), galenit (gn), dijenit (dj), arsenopirit (apy), gang (g) - (a,b,c,d,e,f,g ve h // N) (İsmayıl ve ark., 2021).

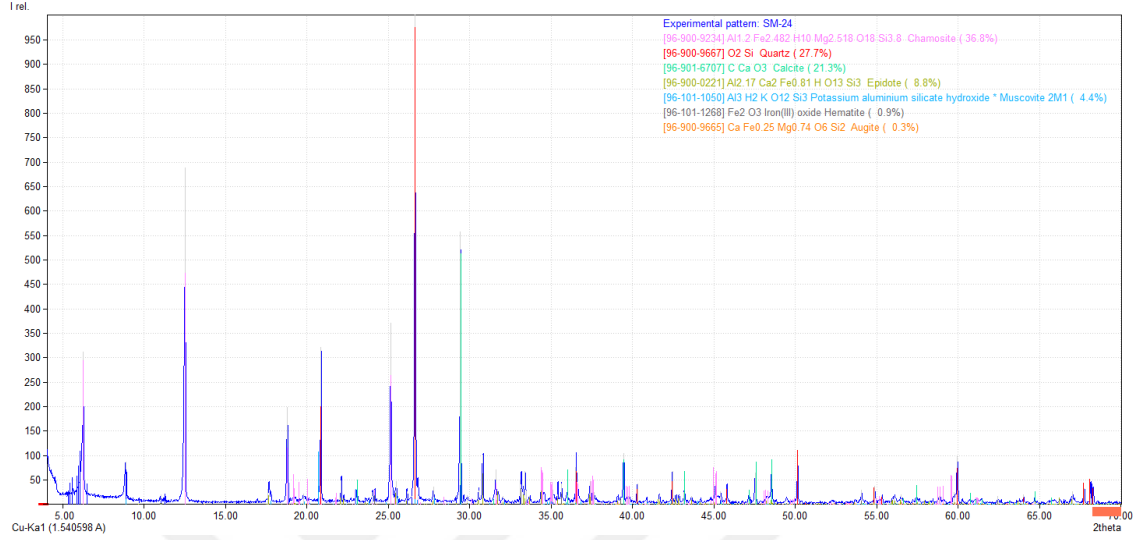


Şekil 22. Gadir cevherleşmesinden derlenen örneklerdeki yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen mineraller: pirit (**py**), kalkopirit (**cpy**), hessit (**hes**) ve altın (**Au**)- (a,b,c,d,e ve f / N) (İsmayıl ve ark., 2021).

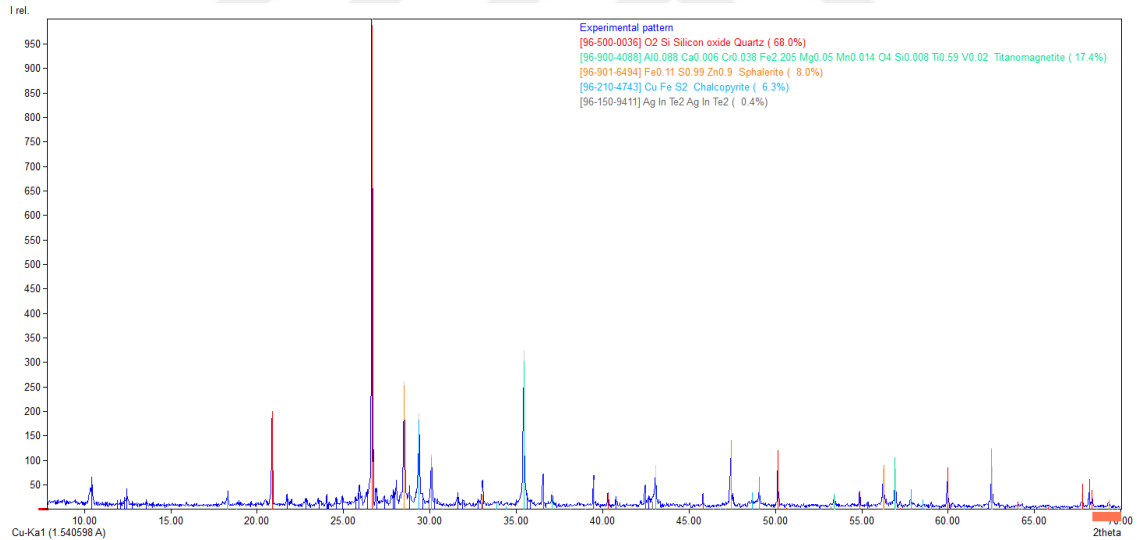
4.3.3.2. X-Işınları Kırınım (XRD) analizleri

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından derlenen alterasyon, cevher ve kayaç örneklerinden parlatma ve ince kesit çalışmalarında gözlenemeyen minerallerin belirlenmesi için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde (MTA) X-Ray Difraktometre (XRD) analizleri yapılmıştır.

XRD analiz sonuçlarına göre belirlenen mineraller hessit (AuAgTe_4), tetrahedrit, kordiyerit, jasper, titanomanyetit, ojit, kamosit, muskovit, hematit, illit, epidot, klorit, serisit, pirit, sfalerit, kalkopirit, galenit, manyetit, barit, kuvars ve vurtzitten oluşmaktadır.



Şekil 23. Gadir cevherleşmesine ait nümuneden yapılan XRD analizi sonucu çekilen difraktogram fotoğrafı



Şekil 24. Gadir cevherleşmesine ait nümuneden yapılan XRD analizi sonucu çekilen difraktogram fotoğrafı (İsmayıl ve ark., 2021).

Gadir cevherleşmesinden yapılan ince kesit, parlak kesit ve XRD analizleri sonucunda cevherleşme bölgesinde tespit edilen alterasyon zonları ise fillik, arjilik, propilitik ve silisik alterasyonlardır.

Fillik alterasyon zonu, kuvars, adularya, pirit ve serisit mineralleri ile temsil edilirken cevher oluşumunun yerleştiği kuvars porfir gövdesi ile ilişkilidir. Arjilik alterasyon cevherleşme içerisinde yüzeye yakın yerlerde çok az görülmektedir.

Alterasyonun oluşumu genellikle düşük sıcaklıklarda ve atmosferik koşullarında ortaya çıkar. Arjilik alterasyon, düşük sıcaklıktaki yeraltı suyunun asidik olduğu durumlarda meydana gelmektedir. Arjilik alterasyon sürecinde plajiyoklaslar kaolinite ve amfibollerle plajiyoklaslar ise montmorillonite dönüşmektedir. Propilitik alterasyon zonu klorit, epidot, illit, simektit, kalsit, kamosit, serisit ve hematitten oluşur.

4.3.3.3. Gadir silisleşmiş göl havzası çökelleri alterasyonu

Gadir cevherleşme alanının doğusunda bulunan silisleşmiş göl havzası çökelleri yaklaşık 85000 m²'lik bir alan içerisinde yer almaktadır. Havzanın gerçek büyüklüğü batıdan ve güneyden normal faylarla kesildiği için bilinmemektedir. Havza hakkındaki veriler, GEG (2015) tarafından 12'den fazla sondaj çalışmaları ile yeniden oluşturulmuştur. Havzanın limnik ardalanması, alanın dördüncü ve beşinci riyolit tuf oluşumu arasındaki orta volkanik aktiviteye bağlı andezit akışı ile örtülüdür. Lav örtülerinin üst kısımları breş ile sığ sualtı birikimi göstermektedir.

Göl çökelleri içerisinde üç ana konsolide silisli tabaka oluşmuştur. Bununla birlikte, 5-20 m ölçülerinde taneysel kuvars plakalarından ve çok az arjilik killerden oluşan konsolide olmayan katmanlar vardır. Silisli katmanlar, diğer katmanlardan birkaç cm'den 1-2 m'ye kadar çok değişken kalınlıklardadır. Kalın silisli tabakalar silisleşme olmadan iç içe geçmiş riyolitik tuf içermektedir. Bu belirtiler, silisin hidrotermal çözeltilerden çok yöreki magmatik faaliyetlere bağlı olarak göl ortamında zenginleşen silisin ince taneli çökellerle birlikte çamur tortuları şeklinde çökeltildiğini göstermektedir. Silis katmanlarının rengi beyazdan griye, beyaz, kahverengi ve siyah arasında değişmektedir. Rengin tabakadan tabakaya değişmesi, ortama katılan element konsantrasyonlarına bağlı olup kırmızı ve kahverengi katmanlar ince demir oksitler içerirken, siyah katmanlar pirit ve markazit framboidleri içermektedir. Bu sülfidler organik maddelerin dağılımı ile de ilişkilidir. Silisli yataklar genellikle yüksek Sb, daha düşük oranda As ve Hg konsantrasyonları ve ayrıca bazı Ag (jeokimyasal sondaj sonuçlarına göre) ile karakterize edilir.

Merkezlere yakın yerlerde, silisli tortuların kalınlığı 10-12 m'ye kadar yükselirken, kenar boşlukları tamamen sıkışmakta katmanlar inceleyerek mercek görüntüsü kazanmaktadır. Havza içindeki besleyici bölgelerde, ayrıca çukur oluşumu çevresindeki hidrotermal merkezler de bulunmaktadır. Bu merkezler artık güçlü silisleşmiş ve taşlanmış kayalara sahip küçük tepeler oluşturmaktadır (Babazadeh ve ark., 2015; İsmayıl ve ark., 2021).

4.3.4. Jeokimyasal ve istatistiksel çalışmalar

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından derlenen toplam 66 karot (n=59) ve mostra (n=7) numunesine ait ana ve iz elementler için jeokimyasal analizler, Azerbaycan Uluslararası Maden şirketi tarafından ALS Global Labaratuar (İzmir) aracılığı ile gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının önemli miktarlarda Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb ve As içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 1, Çizelge 2).

Analiz edilen cevher içeren numunelerdeki en yüksek element konsatrasyonları Au için 10 ppm, Ag için 1133 ppm, Cu için 23780 ppm (~% 2.38), Pb için 59811 (% 5.98) ppm (~%5.9), Zn için 424770 ppm (~% 42.4), Sb için 673 ppm, As için ise 3264 ppm'dir. Bu sonuçlara göre Gadir cevherleşmesinin yoğun olarak Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb ve As açısından zenginleştiğini, cevher tenörünün derinliğe göre değiştiğini ve cevherleşmenin yüzeyden yaklaşık 219 - 248 m derinliklerde zenginleştiğini göstermektedir. Daha yüksek miktarlarda Au, daha derin bölgelerde yüksek miktarlarda Cu ve Zn'nin çevresinde olma eğilimindeyken, daha yüksek miktarlarda Au, daha sık bölgelerde yüksek miktarlarda Ag, Au, Zn, Pb ve Sb'nin çevresinde olma eğilimindedir.

Çizelge 1. İnceleme alanından derlenen karot örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (İsmayıl ve ark., 2021).

Numune no	Derinlik (m)	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Fe
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%
G-1	24 - 26	0.01	0.2	0	0	5	1.8	1	10	3.7	0.3	9	72	6.98
G-2	77 - 79	0.01	0.1	0	0	1	2.4	6	20	2.3	0.3	21	64	7.73
G-3	125 - 127	0.01	0.1	0	0	5	1.3	1	10	1.5	0.3	6	67	3.58
G-4	172 - 174	0.04	0.1	100	100	1	2.9	2	10	1.4	0.3	22	43	7.63
G-5	192 - 194	0.01	0.1	0	0	1	3.6	2	10	3.5	0.3	24	24	5.12
G-6	194 - 196	0.02	0.3	0	100	1	5	4	30	2.4	0.3	70	18	6.93
G-7	196 - 198	0.01	0.1	0	100	2	3.7	2	10	2.7	0.3	31	8	6.21
G-8	198 - 200	0.01	0.2	0	100	2	3.2	4	10	1.6	0.3	75	32	6.44
G-9	206 - 208	0.01	0.8	200	100	3	4.3	3	60	2.1	0.3	18	47	5.65
G-10	211 - 213	0.01	0.1	0	100	13	4.7	3	110	2.4	0.3	11	101	2.71
G-11	213 - 215	0.01	0.1	200	0	6	4.4	2	300	2	0.3	8	95	3.77
G-12	215 - 217	0.01	0.1	100	0	9	4	2	210	2	0.3	7	94	2.97
G-13	217 - 219	0.02	0.2	0	0	8	4.9	9	280	2.8	0.3	9	82	4.07
G-14	219 - 221	0.16	5.1	200	200	257	3.2	58	930	2.1	1.8	11	93	12.1
G-15	221 - 222	1.16	36.7	100	400	1040	1.4	293	30	0.8	3.2	24	27	5.71
G-16	222 - 223	6.80	100.0	300	7800	4080	0.9	413	40	0.7	26	10	139	5.55
G-17	223 - 224	1.56	32.8	300	700	1030	1.3	155	90	0.4	4.6	14	110	4.27
G-18	224 - 225	10.30	39.7	500	2300	1670	0.6	82	70	0.2	14	11	261	1.95
G-19	225 - 226	1.34	32.0	400	1800	1520	0.5	125	60	0.2	11	7	256	2.19
G-20	226 - 227	0.79	30.3	500	5800	916	0.8	107	60	0.1	34	9	251	2.76
G-21	227 - 228	1.16	33.1	1100	6100	585	0.9	98	80	0.2	35	10	249	2.95
G-22	228 - 229	1.02	17.0	700	2900	432	0.8	175	50	0.5	16	15	123	3.31
G-23	229 - 230	0.89	8.0	200	1300	188	0.9	139	70	0.5	9.1	10	172	3.37
G-24	230 - 231	0.57	1.7	100	900	166	0.9	169	60	0.3	5.5	6	202	3.8
G-25	231 - 232	0.21	1.5	0	400	185	1	63	200	0.9	4.9	3	223	3.03
G-26	232 - 233	0.45	7.0	600	2100	64	0.8	827	60	0.2	11	5	143	3.93
G-27	233 - 234	2.58	3.3	300	2100	155	1.6	202	110	2.2	9	36	103	6.56
G-28	234 - 235	0.09	0.6	100	200	61	3.7	12	270	2.6	0.7	49	74	3.98
G-29	235 - 236	2.26	1.5	1100	5900	143	0.9	78	40	0.5	24	34	90	6.19
G-30	236 - 237	8.07	1.8	1400	7200	98	1.2	68	60	0.6	25	41	58	5.96
G-31	237 - 238	6.34	3.0	2200	700	186	1.6	42	70	1.5	2.7	63	120	8.69
G-32	238 - 239	9.05	2.9	3700	500	331	3.6	34	60	2.4	2.6	55	107	7.14
G-33	239 - 240	3.09	1.2	1300	400	132	6	34	120	2.9	1.6	114	90	6.28
G-34	240 - 241	0.67	0.6	1200	100	67	5.5	22	120	3.2	0.3	148	101	5.35
G-35	241 - 242	1.72	1.1	3200	300	136	4.8	56	90	2.8	3.7	82	76	7.69
G-36	242 - 243	2.27	1.1	1200	400	163	3.4	91	140	1.5	5.5	51	36	4.46
G-37	243 - 244	3.10	0.8	600	300	95	5	81	190	1	0.9	40	78	6.18
G-38	244 - 245	3.08	2.4	1900	400	92	4.7	102	210	1.1	1.3	61	88	4.97
G-39	245 - 246	0.07	4.2	1900	300	46	3.2	50	200	0.5	0.7	30	67	3.39
G-40	246 - 248	0.03	1.7	700	100	43	3.4	11	180	2.2	0.3	16	60	2.26
G-41	248 - 250	0.01	0.2	100	100	14	3.3	7	80	2.8	0.3	17	55	2.52
G-42	250 - 252	0.01	0.2	0	100	6	3.2	2	160	3.1	0.3	10	67	3.08
G-43	252 - 254	0.01	0.2	0	100	3	1	3	60	3.2	0.3	4	30	2.64
G-44	254 - 256	0.01	0.1	0	100	2	1.4	4	50	3.1	0.3	6	25	3.01
G-45	256 - 258	0.01	0.1	100	100	22	3.7	10	100	3	0.3	11	43	4.17
G-46	258 - 260	0.02	0.1	100	200	38	5.7	6	100	2.8	0.3	13	63	7.64
G-47	260 - 262	0.02	0.1	0	100	29	5.6	7	80	3.1	0.3	13	38	6.82
G-48	262 - 264	0.01	0.1	0	100	27	5.3	8	50	3.3	0.3	12	219	8.2
G-49	264 - 266	0.01	0.1	100	100	27	5.7	12	70	3	0.3	32	266	10.4
G-50	266 - 268	0.01	0.1	0	100	18	6.3	11	60	3.3	0.3	18	251	10.4
G-51	268 - 270	0.02	0.1	0	0	13	3.3	1	30	4.7	0.3	9	82	2.79
G-52	270 - 272	0.01	0.1	100	100	25	5.3	8	60	3.3	0.3	27	225	6.21
G-53	272 - 274	0.02	0.1	100	100	30	5.1	4	80	2.8	0.3	56	188	6.68
G-54	274 - 276	0.04	7.9	400	100	23	6.6	7	440	2.5	0.3	44	186	6.94
G-55	276 - 278	0.03	1.9	100	100	14	6.4	10	460	2.2	0.3	25	137	5.31
G-56	278 - 280	0.03	0.6	0	100	16	7.6	9	160	4	0.3	39	197	5.63
G-57	280 - 282	0.01	0.2	0	0	11	4.3	14	250	1.5	0.3	20	256	9.03
G-58	282 - 284	0.02	1.1	0	0	8	4.3	18	410	1.1	0.3	17	220	5.89
G-59	284 - 286	0.09	1.3	0	100	13	4.1	10	130	1.6	0.3	41	198	3.65

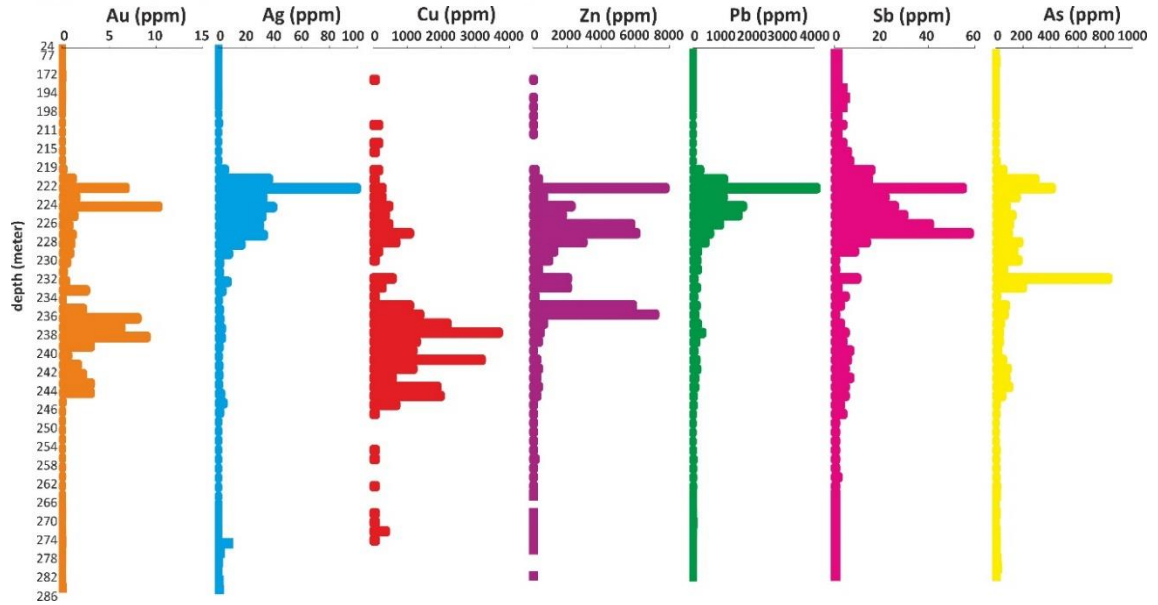
Çizelge 1. (devam). İnceleme alanından derlenen karot örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları (İsmayıl ve ark., 2021).

Numune no	Derinlik (m)		K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Sb	Sc	Sr	Ti	V
			%	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm
G-1	24	26	0.1	1.52	401	0.5	0.11	10	320	0.01	2	15	26	0.11	165
G-2	77	79	0.13	1.81	622	0.5	0.1	4	410	0.01	2	8	55	0.11	87
G-3	125	127	0.05	1.46	282	1	0.17	0.5	2780	0.01	2	7	41	0.28	56
G-4	172	174	0.09	2.15	498	0.5	0.36	4	620	0.07	2	18	63	0.14	221
G-5	192	194	0.12	2.73	828	0.5	0.05	6	620	0.04	4	12	73	0.12	147
G-6	194	196	0.37	3.03	808	0.5	0.33	7	440	0.24	5	15	122	0.13	258
G-7	196	198	0.08	2.85	1020	0.5	0.06	5	290	0.07	4	12	83	0.1	183
G-8	198	200	0.09	2.52	779	0.5	0.07	4	340	0.23	2	10	59	0.12	178
G-9	206	208	0.41	2.54	610	0.5	0.18	3	470	0.06	4	10	100	0.13	132
G-10	211	213	0.46	2.3	508	1	0.22	2	480	0.02	2	9	112	0.15	98
G-11	213	215	0.44	1.88	461	0.5	0.25	2	300	0.05	4	10	114	0.08	105
G-12	215	217	0.34	1.87	494	0.5	0.28	3	320	0.03	6	8	117	0.07	64
G-13	217	219	0.27	1.67	718	1	0.41	9	640	0.05	7	8	183	0.09	151
G-14	219	221	0.24	0.54	2070	19	0.17	13	670	0.39	16	8	264	0.03	94
G-15	221	222	0.15	0.23	475	47	0.03	27	350	6.06	15	3	42	0.01	17
G-16	222	223	0.13	0.14	571	13	0.03	4	20	6.46	55	2	112	0.01	14
G-17	223	224	0.31	0.23	263	12	0.03	4	10	4.42	22	3	47	0.01	13
G-18	224	225	0.16	0.05	104	7	0.01	7	10	2.02	26	1	32	0.01	5
G-19	225	226	0.2	0.05	69	6	0.01	5	10	2.36	30	1	29	0.01	4
G-20	226	227	0.25	0.08	47	5	0.02	3	20	3.17	41	1	13	0.01	6
G-21	227	228	0.18	0.09	69	1	0.02	6	60	3.31	58	1	14	0.01	7
G-22	228	229	0.31	0.1	106	3	0.02	6	150	3.8	14	1	23	0.01	6
G-23	229	230	0.29	0.2	194	2	0.02	7	200	3.22	9	2	20	0.01	9
G-24	230	231	0.31	0.19	150	2	0.02	5	240	3.78	1	1	16	0.01	7
G-25	231	232	0.26	0.28	301	1	0.02	4	200	2.2	1	2	23	0.01	12
G-26	232	233	0.32	0.17	99	2	0.02	2	180	4.09	10	2	16	0.01	8
G-27	233	234	0.32	0.41	245	24	0.11	1	160	6.57	2	3	56	0.01	31
G-28	234	235	0.3	1.63	531	3	0.14	2	930	1.33	5	4	118	0.04	39
G-29	235	236	0.41	0.13	76	14	0.02	11	370	7.43	3	3	15	0.01	28
G-30	236	237	0.49	0.21	81	10	0.05	11	480	7	1	4	25	0.01	39
G-31	237	238	0.34	0.43	179	13	0.12	9	390	10.01	3	6	47	0.01	102
G-32	238	239	0.31	1.34	326	14	0.27	8	400	6.96	5	14	105	0.02	180
G-33	239	240	0.79	1.76	429	7	0.4	11	590	4.99	4	21	193	0.08	253
G-34	240	241	0.59	1.97	482	5	0.35	11	510	3.64	7	22	162	0.07	250
G-35	241	242	0.54	2.15	503	22	0.25	16	510	6.83	6	22	119	0.06	261
G-36	242	243	0.84	1	246	8	0.19	15	770	4.09	5	12	90	0.03	157
G-37	243	244	0.48	2.55	479	3	0.17	10	740	2.14	7	19	121	0.04	271
G-38	244	245	0.41	2.29	438	5	0.18	13	580	1.53	5	17	135	0.03	260
G-39	245	246	0.27	1.29	254	2	0.17	11	660	0.63	5	9	96	0.01	139
G-40	246	248	0.29	1.5	459	1	0.23	11	880	0.4	3	7	123	0.02	76
G-41	248	250	0.31	1.97	664	0.5	0.23	16	970	0.19	4	8	111	0.06	93
G-42	250	252	0.22	2.03	901	1	0.29	19	980	0.04	1	1300	157	0.1	158
G-43	252	254	0.08	0.57	1290	1	0.15	2	940	0.02	1	3	136	0.03	23
G-44	254	256	0.08	0.37	875	1	0.16	2	940	0.02	1	3	131	0.03	24
G-45	256	258	0.39	1.45	767	1	0.3	17	540	0.07	1	18	139	0.07	214
G-46	258	260	0.83	2.38	695	0.5	0.35	22	370	0.12	1	31	129	0.15	429
G-47	260	262	0.62	2.91	767	0.5	0.23	23	290	0.04	1	26	110	0.2	355
G-48	262	264	0.46	1.09	532	0.5	0.34	14	300	0.12	2	21	160	0.17	270
G-49	264	266	0.57	1.18	530	0.5	0.33	11	200	0.79	1	26	151	0.16	148
G-50	266	268	0.77	1.06	538	0.5	0.37	12	210	0.19	1	30	190	0.17	172
G-51	268	270	0.31	1.73	425	0.5	0.17	16	100	0.11	1	19	83	0.06	141
G-52	270	272	0.46	1.31	460	0.5	0.32	16	110	0.22	1	24	147	0.12	214
G-53	272	274	0.47	1.65	492	0.5	0.24	21	230	0.42	1	20	126	0.13	285
G-54	274	276	1.22	2.22	606	0.5	0.24	22	190	0.38	1	25	210	0.16	314
G-55	276	278	1.4	1.87	492	0.5	0.33	12	120	0.19	1	30	183	0.18	381
G-56	278	280	0.97	1.48	535	0.5	0.5	12	210	0.35	1	35	243	0.21	533
G-57	280		0.85	1	431	0.5	0.22	11	110	0.32	1	18	96	0.14	257
G-58	282	284	1.22	1.24	473	0.5	0.19	9	190	0.41	1	15	108	0.13	347
G-59	284	286	0.71	1.18	444	1	0.3	8	70	0.93	1	18	156	0.11	297

Çizelge 2. İnceleme alanından derlenen mostra örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları (İsmayıl ve ark., 2021)

Numune no	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Fe
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%
QR-01	0.03	0.38	1400	100	5	2.34	17.86	500	9.22	1	88.0	10.0	28.08
QR-02	1.24	60.64	300	1200	876.74	0.83	102.29	2300	14.53	19.68	1167.2	10.0	29.22
QR-03	3.02	0.38	9000	300	25.18	0.45	72.82	200	17	1	337.1	10.0	2.55
QR-04	4.50	1133.24	23800	424800	59811	0.66	3264.4	40800	2.25	836.14	5.0	182.6	20.07
QR-05	0.45	15.15	1100	290400	753.36	2.16	126.66	300	19.54	387.1	5.0	80.8	8.48
QR-06	3.40	265.54	10400	299200	14284	1.15	756.69	92600	0.83	739.04	5.0	207.8	27.75
QR-07	0.05	13.53	200	500	129.69	5.12	10	1100	1.08	1	5.0	10.0	16.15

Numune no	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Sb	Sc	Sr	Ti	V
	%	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm
QR-01	0.18	0.92	1117.1	12.87	2100	88	340	0.19	5.00	8.00	193.54	300	317.8
QR-02	0.30	0.19	1438.4	270.05	100	112	130	18.40	39.98	6.00	140.50	100	15.0
QR-03	0.24	0.03	690.94	88.84	100	50	10	2.89	5.00	1.00	29.71	100	4.0
QR-04	0.12	0.10	12124	58.74	100	436	10	11.50	672.68	0.50	1363.45	100	21.0
QR-05	0.48	0.62	1897.6	40.71	200	20	310	5.40	5.00	9.00	75.08	100	109.0
QR-06	0.18	0.17	19311	81.82	200	1257	90	9.65	139.03	1.00	5267.31	100	21.0
QR-07	1.84	3.03	1862.6	10.00	1100	116	310	4.91	45.18	40.00	53.60	4600	434.5



Şekil 26. Gadir yatağındaki sondaj sonuçlarına ait Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Sb ve As konsantrasyonları (İsmayıl ve ark., 2021).

Gadir cevherleşmesinde altın değerleri dikkate alınarak anomali (cevherleşme) ve temel değerler (back-ground) topluluğu belirlenmiştir. Anomali değeri için 0.02 ppm değeri dikkate alınmış olup sondajlardan derlenen 59 adet karot numunesinin 27 adedi cevher numunesi olarak belirlenirken yüzeyden derlenen 7 numunenin tamamında Au değeri 0.02 ppm'den fazla olduğu için cevherleşme topluluğuna eklenmiştir. Böylece toplam 34 numune cevher numunesi olarak kabul edilirken sondajlardan derlenen 32 karot numunesi temel değerler topluluğuna dahil edilmiştir.

4.3.4.1. Cevher jeokimyası

Cevher (anomali topluluğu) numunelerinin ortalama Au içeriği 2.32 ppm olup bu örneklerin ait oldukları anakitlede % 95 anlamlılık düzeyinde 1.38 -3.27 ppm aralığında Au beklenmektedir (Çizelge 3). Cevher numunelerinin ortalama Cu içeriği 2118 ppm (% 0.21) olup anakitlede 564 – 3672 ppm aralığında Cu beklenmektedir. Cevher numunelerinin ortalama Ag, Zn ve Pb değerleri sırasıyla 55 ppm, 31415 ppm (% 3.14) ve 2640 ppm (% 0.26) olup bu anakitle içerisinde 0 -123 ppm aralığında Ag, 0-65828 ppm aralığında Zn ve 0-6270 ppm aralığında Pb beklenmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Gadir cevherleşmesinde cevher numunelerinin ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan $t(t_h)$ ve bu anakitleden alınacak nümunelerin değer aralığının alt (μ_1) ve üst (μ_1) sınırları (element değer birimi: ppm; tablo t değeri: 1.7).

Numune No	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Fe
QR-01	0.03	0.38	1400	100	5	23400	18	500	92200	1	88	10	280800
QR-02	1.24	60.64	300	1200	877	8300	102	2300	145300	20	1167	10	292200
QR-03	3.02	0.38	9000	300	25	4500	73	200	170000	1	337	10	25500
QR-04	4.5	1133	23800	424800	59811	6600	3264	40800	22500	836	5	183	200700
QR-05	0.45	15.15	1100	290400	753	21600	127	300	195400	387	5	81	84800
QR-06	3.4	265.5	10400	299200	14284	11500	757	92600	8300	739	5	208	277500
QR-07	0.05	13.53	200	500	130	51200	10	1100	10800	1	5	10	161500
G-14	0.16	5.1	200	200	257	31800	58	930	21300	2	11	93	121000
G-15	1.16	36.7	100	400	1040	13800	293	30	7800	3	24	27	57100
G-16	6.8	100	300	7800	4080	8500	413	40	6900	26	10	139	55500
G-17	1.56	32.8	300	700	1030	13000	155	90	3600	5	14	110	42700
G-18	10.3	39.7	500	2300	1670	5500	82	70	2300	14	11	261	19500
G-19	1.34	32	400	1800	1520	5000	125	60	2100	11	7	256	21900
G-20	0.79	30.3	500	5800	916	7600	107	60	600	34	9	251	27600
G-21	1.16	33.1	1100	6100	585	8700	98	80	1500	35	10	249	29500
G-22	1.02	17	700	2900	432	7500	175	50	4600	16	15	123	33100
G-23	0.89	8	200	1300	188	9300	139	70	4900	9	10	172	33700
G-24	0.57	1.7	100	900	166	8700	169	60	3400	6	6	202	38000
G-25	0.21	1.5	0	400	185	9600	63	200	9200	5	3	223	30300
G-26	0.45	7	600	2100	64	8400	827	60	2400	11	5	143	39300
G-27	2.58	3.3	300	2100	155	15700	202	110	21900	9	36	103	65600
G-28	0.09	0.6	100	200	61	36700	12	270	25900	1	49	74	39800
G-29	2.26	1.5	1100	5900	143	9200	78	40	5400	24	34	90	61900
G-30	8.07	1.8	1400	7200	98	12100	68	60	6000	25	41	58	59600
G-31	6.34	3	2200	700	186	15800	42	70	14600	3	63	120	86900
G-32	9.05	2.9	3700	500	331	36300	34	60	23500	3	55	107	71400
G-33	3.09	1.2	1300	400	132	59500	34	120	28800	2	114	90	62800
G-34	0.67	0.6	1200	100	67	54900	22	120	31500	0	148	101	53500
G-35	1.72	1.1	3200	300	136	48100	56	90	27600	4	82	76	76900
G-36	2.27	1.1	1200	400	163	33900	91	140	14600	6	51	36	44600
G-37	3.1	0.8	600	300	95	49800	81	190	10200	1	40	78	61800
G-38	3.08	2.4	1900	400	92	47100	102	210	11400	1	61	88	49700
G-39	0.07	4.2	1900	300	46	32200	50	200	5400	1	30	67	33900
G-40	0.03	1.7	700	100	43	34300	11	180	21800	0	16	60	22600
n	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
ort	2.3	54.8	2117.6	31414.7	2640	22062	233	4161	28344	66	76	115	78329
Standart Sapma	2.7	196.5	4452.1	98627.6	10403.2	17131.7	566.4	17108.4	48091.2	194.8	202.7	75.9	75246.4
Standart Hata	0.5	33.7	763.5	16914.5	1784.1	2938.1	97.1	2934.1	8247.6	33.4	34.8	13.0	12904.6
t_h (Hesaplanan t)	5.01	1.63	2.77	1.86	1.48	7.51	2.40	1.42	3.44	1.97	2.17	8.83	6.07
μ_1 (Alt Sınır)	1.4	-13.8	564.2	-2998.1	-989.7	16084.2	35.8	-1808.8	11564.3	-2.1	4.8	88.5	52074.7
μ_2 (Üst Sınır)	3.3	123.3	3671.1	65827.5	6270.0	28039.3	431.1	10130.0	45123.9	133.9	146.2	141.5	104584.1

Gadir cevherleşmesinde ana bileşenlerden Al: 22062 ppm (% 2.21), Ca: 28344 ppm (%2.83) Fe: 78329 ppm (% 7.83), K: 3774 ppm (% 0.38), Mg: 7668 ppm (% 0.77), Na: 1018 ppm (% 0.10)ve Ti: 332.4 ppm ortalama değerlere sahiptir (Çizelge 4).

Cevher numunelerinin ortalama S içeriği 47579 ppm (% 4.76) olarak belirlenmiş ve bu anakitlede 34664 ppm ila 60495 ppm gibi oldukça yüksek aralıklarda kükürt beklenmektedir. Kükürt sonuçlarının yüksek olması bu anakitlede sülfidli minerallerin yoğunlaştıklarının göstergesidir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Gadir cevherleşmesinde cevher numunelerinin ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_h) ve bu anakitlerden alınacak nünunelerin değer aralığının alt (μ_1) ve üst (μ_2) limitleri (element değer birimi: ppm; tablo t değeri: 1.7).

Numune No	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Sb	Sc	Sr	Ti	V
QR-01	1800	9200	1117	13	2100	88	340	1900	5	8	194	300	318
QR-02	3000	1900	1438	270	100	112	130	184000	40	6	141	100	15
QR-03	2400	300	691	89	100	50	10	28900	5	1	30	100	4
QR-04	1200	1000	12124	59	100	436	10	115000	673	1	1363	100	21
QR-05	4800	6200	1898	41	200	20	310	54000	5	9	75	100	109
QR-06	1800	1700	19311	82	200	1257	90	96500	139	1	5267	100	21
QR-07	18400	30300	1863	10	1100	116	310	49100	45	40	54	4600	435
G-14	2400	5400	2070	19	1700	13	670	3900	16	8	264	300	94
G-15	1500	2300	475	47	300	27	350	60600	15	3	42	100	17
G-16	1300	1400	571	13	300	4	20	64600	55	2	112	100	14
G-17	3100	2300	263	12	300	4	10	44200	22	3	47	100	13
G-18	1600	500	104	7	100	7	10	20200	26	1	32	100	5
G-19	2000	500	69	6	100	5	10	23600	30	1	29	100	4
G-20	2500	800	47	5	200	3	20	31700	41	1	13	100	6
G-21	1800	900	69	1	200	6	60	33100	58	1	14	100	7
G-22	3100	1000	106	3	200	6	150	38000	14	1	23	100	6
G-23	2900	2000	194	2	200	7	200	32200	9	2	20	100	9
G-24	3100	1900	150	2	200	5	240	37800	1	1	16	100	7
G-25	2600	2800	301	1	200	4	200	22000	1	2	23	100	12
G-26	3200	1700	99	2	200	2	180	40900	10	2	16	100	8
G-27	3200	4100	245	24	1100	1	160	65700	2	3	56	100	31
G-28	3000	16300	531	3	1400	2	930	13300	5	4	118	400	39
G-29	4100	1300	76	14	200	11	370	74300	3	3	15	100	28
G-30	4900	2100	81	10	500	11	480	70000	1	4	25	100	39
G-31	3400	4300	179	13	1200	9	390	100100	3	6	47	100	102
G-32	3100	13400	326	14	2700	8	400	69600	5	14	105	200	180
G-33	7900	17600	429	7	4000	11	590	49900	4	21	193	800	253
G-34	5900	19700	482	5	3500	11	510	36400	7	22	162	700	250
G-35	5400	21500	503	22	2500	16	510	68300	6	22	119	600	261
G-36	8400	10000	246	8	1900	15	770	40900	5	12	90	300	157
G-37	4800	25500	479	3	1700	10	740	21400	7	19	121	400	271
G-38	4100	22900	438	5	1800	13	580	15300	5	17	135	300	260
G-39	2700	12900	254	2	1700	11	660	6300	5	9	96	100	139
G-40	2900	15000	459	1	2300	11	880	4000	3	7	123	200	76
n	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
ort	3774	7668	1403	24	1018	68	332	47579	37	8	270	332	94
Standart Sapma	3083.9	8573.4	3777.4	48.7	1081.4	223.8	274.0	37015.3	115.4	8.8	912.1	776.1	115.9
Standart Hata	528.9	1470.3	647.8	8.4	185.5	38.4	47.0	6348.1	19.8	1.5	156.4	133.1	19.9
t_h (Hesaplanan t)	7.13	5.21	2.17	2.87	5.49	1.77	7.07	7.50	1.89	4.97	1.73	2.50	4.75
μ_1 (Alt Sınır)	2697.5	4676.2	84.6	7.0	640.3	-10.1	236.5	34664.1	-2.9	4.4	-48.3	61.6	54.0
μ_2 (Üst Sınır)	4849.6	10659.1	2720.6	41.0	1395.0	146.1	427.7	60494.7	77.7	10.6	588.2	603.1	134.9

Gadir cevherleşmesine ait cevherli numunelerden yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre elementler arasında ilişkinin olup olmadığının belirlenmesi ve eğer varsa kuvvetinin belirlenmesi amacı ile basit korelasyon analizleri yapılmıştır. Buna göre Gadir cevherleşmesinde cevherli numuneler arasında kuvvetli ve çok kuvvetli pozitif korelasyonlar saptanmıştır (Çizelge 5).

Korelasyon analizlerine göre Au diğer bileşenlerle herhangi bir anlamlı korelasyon göstermemektedir (Çizelge 5). Kıymetli metallere Ag; Cu, Pb ve Sb ile çok kuvvetli, Zn, Cd ve Mn ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Gadir yatağının önemli metallere Ag, Pb, As ve Sb ile çok kuvvetli, Zn, Ba, Cd ve Mn ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Gadir cevherleşmesinin önemli elementlerinden olan Zn; Cd ile çok kuvvetli, Ag, Cu, As, Ba, Mn, Ni, Sr ve Sb ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermekte olup Pb; Ag, Cu, As ve Sb ile çok kuvvetli, Zn, Cd ve Mn ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Ayrıca cevherleşme için önemli sayılabilecek S elementi Co ve Mo ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. Cr ise birçok bileşenle negatif korelasyon göstermektedir.

Korelasyon analizlerine göre Gadir yatağında Au diğer elementlerden farklı hareket etmiş olup diğer bileşenlerden Ag, Cu, Pb, Zn, As ve Sb birlikte hareket etmişlerdir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Gadir cevherleşmesinden analizi yapılan elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.

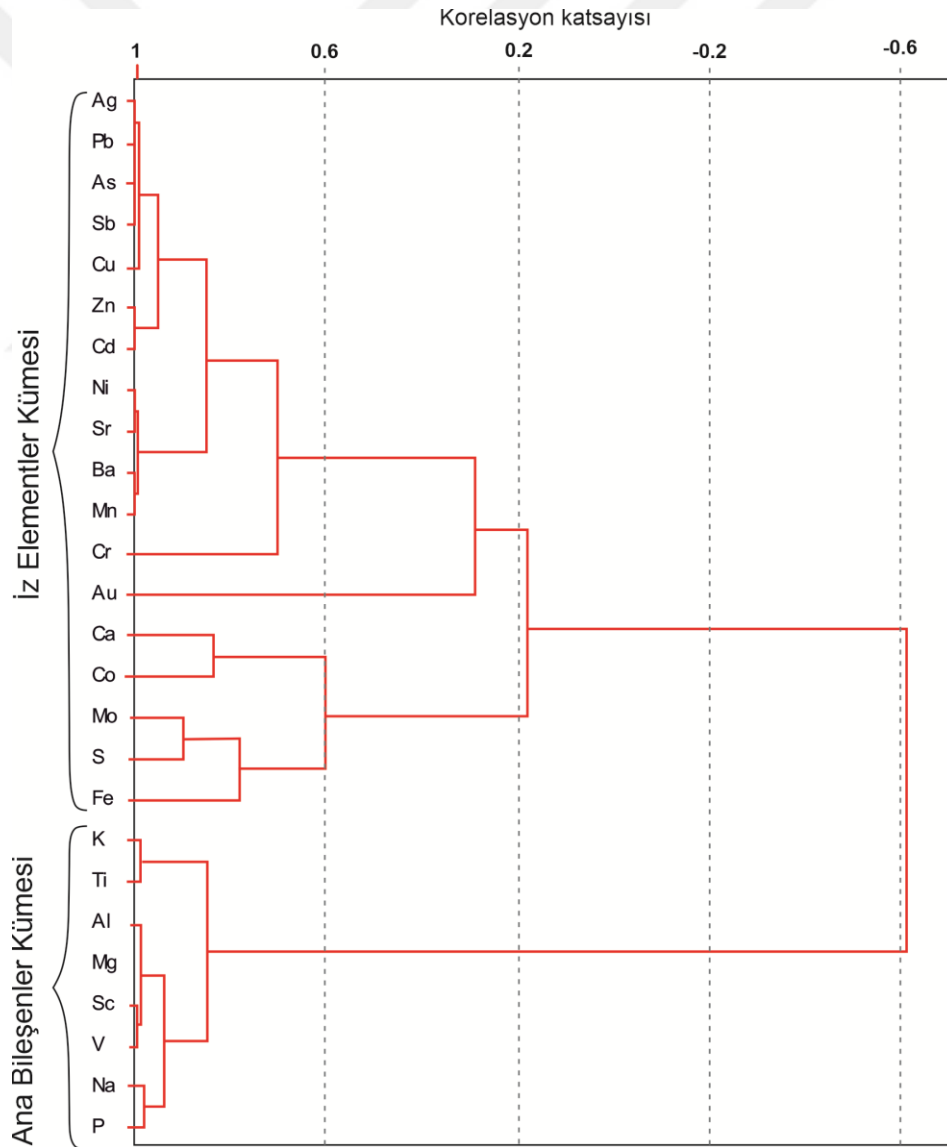
	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Sb	Sc	Sr	Ti	V
Au	1.00	0.14	0.20	0.03	0.14	-0.12	0.10	0.08	-0.16	0.07	-0.06	0.17	-0.07	-0.15	-0.14	0.05	-0.03	0.00	0.05	-0.19	0.27	0.12	-0.09	0.06	-0.17	-0.09
Ag		1.00	0.90	0.79	1.00	-0.23	0.97	0.57	-0.04	0.82	-0.04	0.23	0.39	-0.19	-0.20	0.67	0.21	-0.22	0.49	-0.29	0.40	1.00	-0.21	0.42	-0.07	-0.17
Cu			1.00	0.78	0.91	-0.16	0.86	0.65	0.13	0.82	-0.01	0.11	0.39	-0.19	-0.15	0.73	0.24	-0.13	0.59	-0.26	0.37	0.89	-0.16	0.53	-0.10	-0.10
Zn				1.00	0.80	-0.19	0.76	0.73	0.25	0.98	-0.11	0.20	0.46	-0.14	-0.19	0.81	0.23	-0.26	0.68	-0.25	0.38	0.77	-0.17	0.64	-0.10	-0.14
Pb					1.00	-0.21	0.97	0.58	-0.04	0.82	-0.07	0.23	0.38	-0.19	-0.19	0.68	0.18	-0.20	0.50	-0.27	0.38	0.99	-0.20	0.43	-0.07	-0.16
Al						1.00	-0.27	-0.16	-0.05	-0.22	-0.07	-0.47	-0.01	0.59	0.94	-0.14	-0.24	0.88	-0.14	0.74	-0.25	-0.21	0.87	-0.10	0.49	0.86
As							1.00	0.53	-0.07	0.79	-0.10	0.23	0.33	-0.22	-0.25	0.63	0.16	-0.27	0.45	-0.32	0.37	0.96	-0.25	0.38	-0.11	-0.22
Ba								1.00	-0.07	0.85	-0.06	0.26	0.57	-0.16	-0.17	0.98	0.27	-0.19	0.99	-0.23	0.36	0.54	-0.18	0.98	-0.06	-0.14
Ca									1.00	0.13	0.56	-0.45	0.34	-0.02	-0.05	0.01	0.60	-0.05	-0.01	-0.09	0.24	-0.05	0.02	-0.06	-0.06	0.06
Cd										1.00	-0.10	0.25	0.51	-0.17	-0.22	0.91	0.25	-0.27	0.80	-0.28	0.41	0.80	-0.21	0.76	-0.10	-0.17
Co											1.00	-0.37	0.46	-0.03	-0.07	0.04	0.91	-0.04	0.00	-0.10	0.60	-0.05	0.02	-0.06	-0.06	-0.05
Cr												1.00	-0.26	-0.40	-0.46	0.20	-0.28	-0.40	0.19	-0.52	-0.10	0.24	-0.48	0.22	-0.31	-0.50
Fe													1.00	0.06	0.02	0.63	0.63	-0.01	0.62	-0.13	0.55	0.39	0.12	0.55	0.19	0.24
K														1.00	0.66	-0.12	-0.12	0.34	-0.10	0.29	0.01	-0.16	0.84	-0.14	0.90	0.69
Mg															1.00	-0.14	-0.23	0.74	-0.13	0.67	-0.25	-0.18	0.91	-0.12	0.62	0.89
Mn																1.00	0.30	-0.18	0.97	-0.22	0.38	0.65	-0.13	0.94	-0.01	-0.10
Mo																	1.00	-0.25	0.32	-0.26	0.74	0.19	-0.12	0.25	-0.09	-0.19
Na																		1.00	-0.18	0.70	-0.23	-0.22	0.67	-0.12	0.22	0.72
Ni																			1.00	-0.23	0.37	0.46	-0.12	0.99	0.01	-0.09
P																				1.00	-0.33	-0.30	0.47	-0.16	0.12	0.49
S																					1.00	0.38	-0.07	0.30	-0.04	-0.18
Sb																						1.00	-0.18	0.39	-0.02	-0.15
Sc																							1.00	-0.13	0.78	0.92
Sr																								1.00	-0.06	-0.10
Ti																									1.00	0.66
V																										1.00

Gadir cevherleşmesinde korelasyon analizleri ile ortaya çıkan ilişkiler açısından elementlerin oluşturdukları kümelerin belirlenmesi amacı ile küme (cluster) analizleri

yapılmıştır. Hazırlanan dendrogramda ana element kümesi ve iz element kümesi olmak üzere iki belirgin küme ortaya çıkmaktadır (Şekil 27).

Ana elementler kümesi Sc-V-(Al) kümesine eklenen Na-P çifti bunlara kuvvetli pozitif korelasyonla eklenen K-Ti çiftinden oluşmaktadır. Ana elementler grubu içerisine giren Mg herhangi bir element ile küme oluşturmamaktadır (Şekil 27).

Dendrogramda İz elementler kümesi kendi içinde iki alt gruba temsil edilmektedir. Bunlardan ilki Ag-Cu-As-Sb-(Cu) kümesine kuvvetli pozitif korelasyonla eklenen Zn-Cd çifti ve bunlara korelasyonla eklenmiş Ni-Sr ile Ba-Mn çiftinin birlikte oluşturduğu gruptur. Au ve Cr elementlerinin bu kümeye uzaktan eklenmeleri ise bu elementlerin farklı faktörlerden etkilendiklerini göstermektedir. İz elementler grubunun ikinci alt grubu ise Mo-S-(Fe) ile Ca-Co çiftinin oluşturduğu gruptur (Şekil 27).



Şekil 27. Gadir cevherleşmesinde cveher örneklerinde ortak korelasyon katsayıları kullanılarak hazırlanan cluster (küme) analizi dendrogramı

Gadir cevherleşmesinden alınmış 34 cevherli numuneden gerçekleştirilen 26 elementin herbirinin değişimi ayrı bir faktör olarak kabul edilerek faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Faktör analizine göre başlangıç eigen değerleri 1'in üzerinde olan ilk 6 faktörün toplam değişime etkisi % 90.13 olup geri kalan 20 faktörün değişime etkisi ihmal edilebilecek derecede düşüktür (Çizelge 6).

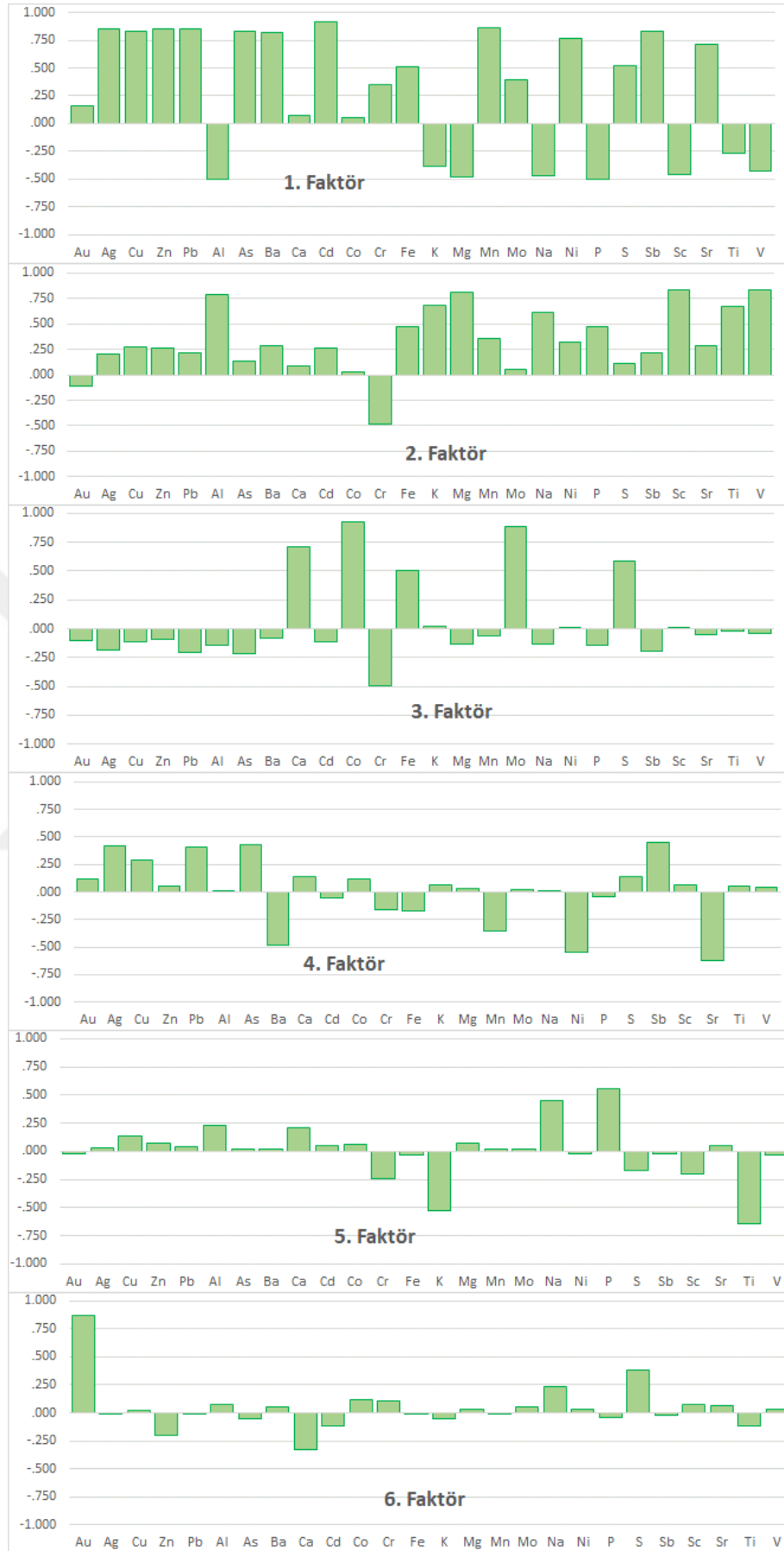
Çizelge 6. Gadir cevherleşmesinden yapılan faktör analizinde ilk altı faktörün başlangıç eigen değerleri, değişim içindeki payları ve kümülatif değişim tablosu.

Faktör No	Başlangıç Eigendeğerleri		
	Başlangıç değişim	Değişim içindeki payı (%)	Kümülatif değişim (%)
1	10.03	38.56	38.56
2	5.45	20.97	59.53
3	3.28	12.63	72.16
4	2.00	7.69	79.846
5	1.48	5.69	85.54
6	1.19	4.60	90.13

Faktör analizine göre birinci faktörün değişim içindeki payı % 38.56 olup Al, K, Mg, Na, P, Sc, Ti ve V'un negatif faktör yüklerine karşılık Au, Ag, Pb, Zn, Cu, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, S, Sb ve Sr'nin pozitif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 28). Birinci faktör ile küme analizi dendrogramı karşılaştırıldığı zaman pozitif faktör yüklerine sahip olan elementler iz elementler kümesi, negatif faktör yüküne sahip olan elementler ana elementler kümesi ile örtüşmektedir. Bu faktörde Al, K, Mg, Na ve P gibi ana bileşenlerin negatif faktör yüklerine sahip olmaları analiz setinde yer lamayan Si ile birlikte kayaç oluşturan minerallerin ana bileşenleridir. Dolayısıyla bu faktör cevherleşmeye ev sahipliği yapan volkanik kayaçların oluşum evresini göstermektedir.

İkinci faktörün değişime etkisi % 20.97 olup Au ve Cr dışındaki bütün elementler pozitif faktör yüklerine sahiptir. Bu faktöre göre bütün elementler ortamdan uzaklaşırken küme analizi dendrogramında iz elementle grubuna uzaktan eklenen Cr ile birlikte Au'nın ortamda zenginleşmesine neden olan magmatik sokulum dönemine işaret ettiği söylenebilir.

Faktör analizinde 3. faktör toplam değişimin % 12.63'ünü karşılamakta olup Ca, Co, Fe, K, Mo, Ni, S ve Sc'un pozitif yükleri ve iz elementlerin negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir. Negatif faktör yüküne sahip iz elementlerin ilk alt grubu ila bunlara uzaktan kuvvetli pozitif yük ile eklenen ikinci alt grubu temsil eden Mo-S-(Fe) ila Ca-Co çiftinin oluşturduğu kümeyi göstermektedir.



Şekil 28. Gadir cevherleşmesinde 34 numuneye ait faktör analizinde ilk 6 faktöre ait faktör-yük grafiği

Gadir cevherleşmesinde 3. faktörde iz elementlerin çözülmesine karşın Mo-S-(Fe) ile Ca-Co kümesinin birikme eğiliminde olması ilk olarak bölgede molibdenit ve piritin oluşumunu işaret etmekte olup bu durum bölgede pnömatolitik-hidrotermal çözeltilerin etkileriyle ikinci evrede gelişen sülfid mineralizasyonun çözünmesi ve yerine Au, Ag, Zn, Pb, Cu, As, Ba, ve Sb gibi düşük sıcaklıkta mineral oluşturan elementlerin geliştiği epitermal koşullara işaret etmektedir.

Gadir cevherleşmesi içerisinde değişimin % 7.69'unu karşılayan dördüncü faktör ve % 5.69'ni karşılayan beşinci faktör Au, Ag, Cu, Zn, Pb, As ve Sb'nin değişken pozitif faktör yükleri ile temsil edilmektedir Bu faktör pirit, kalkopirit, bornit, sfalerit ve galenit gibi sülfidli minerallerin oluşum evresi olarak değerlendirilmekte ve yöredeki polimetallik cevherleşmenin baskın olarak bu aşamada geliştiğini göstermektedir (Şekil 28).

Altıncı ve son faktörün toplam değişime etkisi % 4.59 olup Au önemli pozitif yükü ile Cu'nın zayıf pozitif yükü ile temsil edilmektedir. Kükürdün de pozitif yüke sahip olması yüzey koşullarında birincil sülfidli minerallerin ayrışması ve Au'nın da bu evrede ortamdan uzaklaşmasını sağlayan yüzeysel ayrışma ve taşınma koşullarını yansıtmaktadır.

4.3.4.2. Yan kayaç jeokimyası

Gadir cevherleşmesinden yapılan yan kayaç (temel değerler topluluğu) istatistiksel çalışmasında örneğe dahil edilen toplam 32 karot numunesi değerlendirilmiştir. (Çizelge 7).

Yan kayaç numunelerinin ortalama Cu içeriği 53 ppm olup bu örneklerin ait oldukları anakitlede % 95 anlamlılık düzeyinde 21 – 85 ppm aralığında Cu beklenmektedir (Çizelge 7). Temel değerler topluluğunun ortalama Ag içeriği 0.44 ppm olup anakitlede 0 – 0.96 ppm aralığında Ag beklenmektedir. Yine bu temel değerler topluluğundaki Zn ve Pb için ortalama değerler sırasıyla 72 ppm ve 12.4 ppm olup bu anakitle içerisinde 53-91 ppm aralığında Zn, 8.6-16.1 ppm aralığında Zn ve 0-6270 ppm aralığında Pb beklenmektedir.

Gadir cevherleşmesinde yer alan kayaçlarda temel değerler topluluğundaki ana bileşenlerden Al: 42028 ppm (% 4.2), Ca: 26466 ppm (% 2.65), Fe: 56484 ppm (% 5.65), K: 4653 ppm (% 0.47), Mg: 17819 ppm (% 1.78), Na: 2453 ppm (% 0.25) ve Ti: 1253 ppm ortalama değerlere sahiptir. (Çizelge 7).

Çizelge 7. Gadir cevherleşmesinde yan kayaç numunelerinin (temel değerler) ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_h) ve bu anakitleden alınacak nünunelerin değer aralığının alt (μ_1) ve üst (μ_2) sınırları (element değer birimi: ppm; tablo t değeri: 1.7).

Numune No	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Fe
G-1	0.01	0.2	0	0	5	18200	1	10	37200	0.25	9	72	69800
G-2	0.01	0.1	0	0	1	23600	6	20	22900	0.25	21	64	77300
G-3	0.01	0.1	0	0	5	13100	1	10	14600	0.25	6	67	35800
G-4	0.04	0.1	100	100	1	29100	2	10	14100	0.25	22	43	76300
G-5	0.01	0.1	0	0	1	36300	2	10	34600	0.25	24	24	51200
G-6	0.02	0.3	0	100	1	50100	4	30	23900	0.25	70	18	69300
G-7	0.01	0.1	0	100	2	37200	2	10	26600	0.25	31	8	62100
G-8	0.01	0.2	0	100	2	32100	4	10	16000	0.25	75	32	64400
G-9	0.01	0.8	200	100	3	42700	3	60	20600	0.25	18	47	56500
G-10	0.01	0.1	0	100	13	47300	3	110	24100	0.25	11	101	27100
G-11	0.01	0.1	200	0	6	44300	2	300	20100	0.25	8	95	37700
G-12	0.01	0.1	100	0	9	39800	2	210	19900	0.25	7	94	29700
G-13	0.02	0.2	0	0	8	48800	9	280	27700	0.25	9	82	40700
G-41	0.01	0.2	100	100	14	32500	7	80	27600	0.25	17	55	25200
G-42	0.01	0.2	0	100	6	32100	2	160	31300	0.25	10	67	30800
G-43	0.01	0.2	0	100	3	10200	3	60	32400	0.25	4	30	26400
G-44	0.01	0.1	0	100	2	13800	4	50	31400	0.25	6	25	30100
G-45	0.01	0.1	100	100	22	37400	10	100	30200	0.25	11	43	41700
G-46	0.02	0.1	100	200	38	57200	6	100	28300	0.25	13	63	76400
G-47	0.02	0.1	0	100	29	56300	7	80	30600	0.25	13	38	68200
G-48	0.01	0.1	0	100	27	53000	8	50	32900	0.25	12	219	82000
G-49	0.01	0.1	100	100	27	56700	12	70	29600	0.25	32	266	103500
G-50	0.01	0.1	0	100	18	63200	11	60	32800	0.25	18	251	104000
G-51	0.02	0.1	0	0	13	33400	1	30	47000	0.25	9	82	27900
G-52	0.01	0.1	100	100	25	52800	8	60	33400	0.25	27	225	62100
G-53	0.02	0.1	100	100	30	51300	4	80	27700	0.25	56	188	66800
G-54	0.04	7.9	400	100	23	65600	7	440	25200	0.25	44	186	69400
G-55	0.03	1.9	100	100	14	64200	10	460	22100	0.25	25	137	53100
G-56	0.03	0.6	0	100	16	75900	9	160	40100	0.25	39	197	56300
G-57	0.01	0.2	0	0	11	42900	14	250	14600	0.25	20	256	90300
G-58	0.02	1.1	0	0	8	42900	18	410	11100	0.25	17	220	58900
G-59	0.09	1.3	0	100	13	40900	10	130	16300	0.25	41	198	36500
n	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
ort	0.00	0.44	53.13	71.88	12.38	42028.13	6.00	121.88	26465.63	0.00	22.66	109.16	56484.38
Standart Sapma	0.00	1.46	87.93	52.27	10.39	15991.51	4.25	129.45	8224.93	0.00	18.06	82.18	22499.92
Standart Hata	0.00	0.26	15.54	9.24	1.84	2826.93	0.75	22.88	1453.98	0.00	3.19	14.53	3977.46
t_h (Hesaplanan t)		1.70	3.42	7.78	6.74	14.87	7.99	5.33	18.20		7.10	7.51	14.20
μ_1 (Alt Sınır)		-0.09	21.42	53.03	8.63	36262.57	4.47	75.20	23500.22		16.15	79.53	48372.29
μ_2 (Üst Sınır)		0.96	84.83	90.72	16.12	47793.68	7.53	168.55	29431.03		29.17	138.78	64596.46

Çizelge 7. (devam). Gadir cevherleşmesinde yan kayaç (temel değerler) numunelerinin ortalama, standart sapma, standart hata, hesaplanan t (t_h) ve bu anakitlerden alınacak nünunelerin değer aralığının alt (μ_1) ve üst limitleri (μ_2) (element değer birimi: ppm; tablo t değeri: 1.7).

Numune No	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Sb	Sc	Sr	Ti	V
G-1	1000	15200	401	0.5	1100	10	320	100	2	15	26	1100	165
G-2	1300	18100	622	0.5	1000	4	410	100	2	8	55	1100	87
G-3	500	14600	282	1	1700	0.5	2780	100	2	7	41	2800	56
G-4	900	21500	498	0.5	3600	4	620	700	2	18	63	1400	221
G-5	1200	27300	828	0.5	500	6	620	400	4	12	73	1200	147
G-6	3700	30300	808	0.5	3300	7	440	2400	5	15	122	1300	258
G-7	800	28500	1020	0.5	600	5	290	700	4	12	83	1000	183
G-8	900	25200	779	0.5	700	4	340	2300	2	10	59	1200	178
G-9	4100	25400	610	0.5	1800	3	470	600	4	10	100	1300	132
G-10	4600	23000	508	1	2200	2	480	200	2	9	112	1500	98
G-11	4400	18800	461	0.5	2500	2	300	500	4	10	114	800	105
G-12	3400	18700	494	0.5	2800	3	320	300	6	8	117	700	64
G-13	2700	16700	718	1	4100	9	640	500	7	8	183	900	151
G-41	3100	19700	664	0.5	2300	16	970	1900	4	8	111	600	93
G-42	2200	20300	901	1	2900	19	980	400	1	1300	157	1000	158
G-43	800	5700	1290	1	1500	2	940	200	1	3	136	300	23
G-44	800	3700	875	1	1600	2	940	200	1	3	131	300	24
G-45	3900	14500	767	1	3000	17	540	700	1	18	139	700	214
G-46	8300	23800	695	0.5	3500	22	370	1200	1	31	129	1500	429
G-47	6200	29100	767	0.5	2300	23	290	400	1	26	110	2000	355
G-48	4600	10900	532	0.5	3400	14	300	1200	2	21	160	1700	270
G-49	5700	11800	530	0.5	3300	11	200	7900	1	26	151	1600	148
G-50	7700	10600	538	0.5	3700	12	210	1900	1	30	190	1700	172
G-51	3100	17300	425	0.5	1700	16	100	1100	1	19	83	600	141
G-52	4600	13100	460	0.5	3200	16	110	2200	1	24	147	1200	214
G-53	4700	16500	492	0.5	2400	21	230	4200	1	20	126	1300	285
G-54	12200	22200	606	0.5	2400	22	190	3800	1	25	210	1600	314
G-55	14000	18700	492	0.5	3300	12	120	1900	1	30	183	1800	381
G-56	9700	14800	535	0.5	5000	12	210	3500	1	35	243	2100	533
G-57	8500	10000	431	0.5	2200	11	110	3200	1	18	96	1400	257
G-58	12200	12400	473	0.5	1900	9	190	4100	1	15	108	1300	347
G-59	7100	11800	444	1	3000	8	70	9300	1	18	156	1100	297
n	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
ort	4653.13	17818.75	623.31	0.25	2453.13	10.13	471.88	1818.75	2.16	56.63	122.31	1253.13	203.13
Std. Sapma	3672.74	6668.77	209.64	0.44	1072.23	6.87	497.31	2187.12	1.67	227.05	49.30	526.70	120.37
Standart Hata	649.25	1178.88	37.06	0.08	189.54	1.21	87.91	386.63	0.29	40.14	8.71	93.11	21.28
t_h	7.17	15.11	16.82	3.21	12.94	8.34	5.37	4.70	7.31	1.41	14.04	13.46	9.55
μ_1 (Alt limit)	3328.96	15414.40	547.73	0.09	2066.55	7.65	292.58	1030.21	1.55	-25.24	104.54	1063.23	159.73
μ_2 (Üst limit)	5977.29	20223.10	698.90	0.41	2839.70	12.60	651.17	2607.29	2.76	138.49	140.09	1443.02	246.52

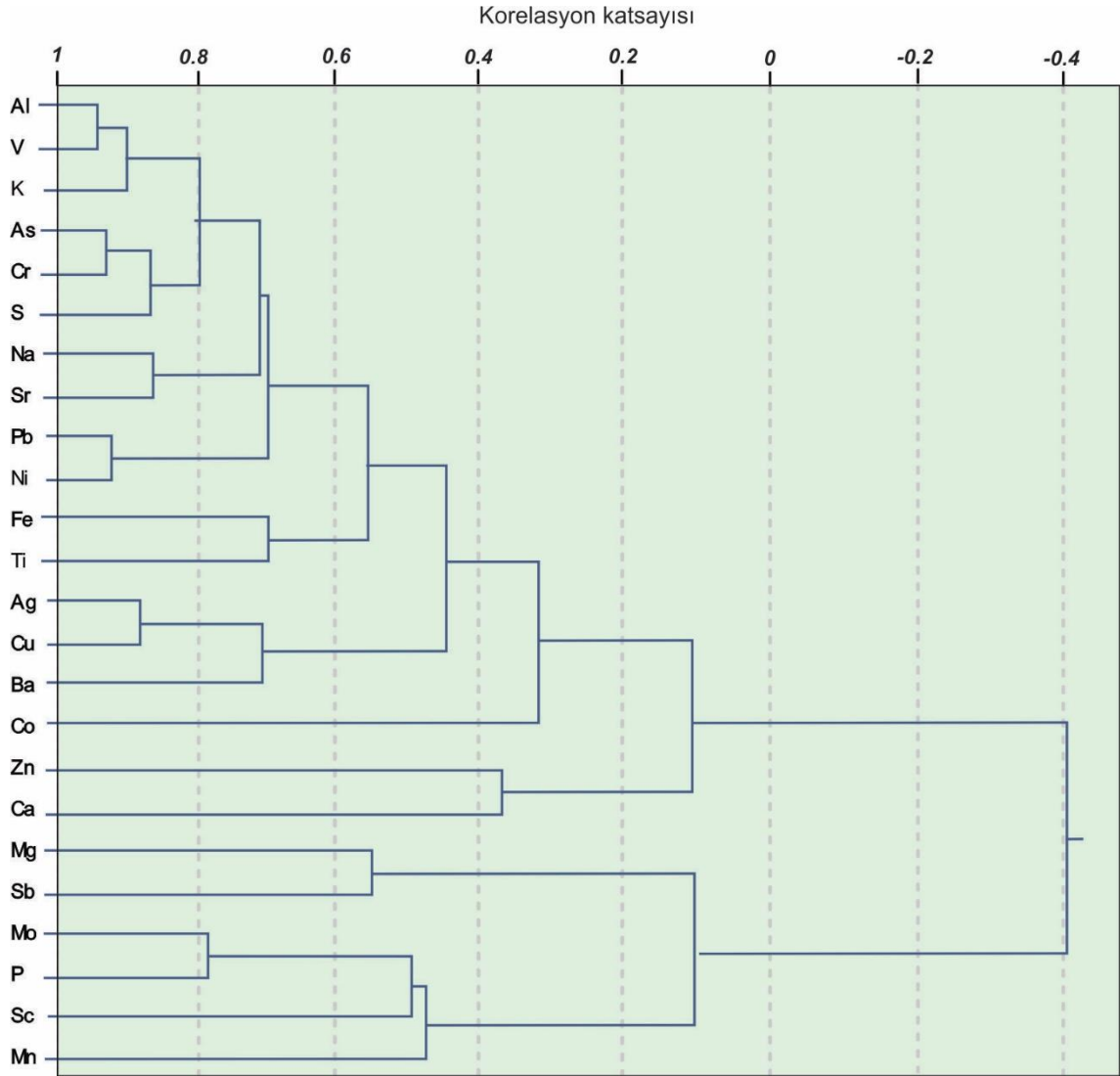
Gadir cevherleşmesine ait kayaçlardan yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre elementler arasında herhangi korelasyon ilişkisinin olup olmadığının belirlenmesi ve eğer varsa kuvvetinin belirlenmesi amacı ile basit korelasyon analizleri yapılmıştır. Buna göre Gadir cevherleşmesinde kayaçlarda sadece kuvvetli pozitif korelasyonlar saptanmıştır (Çizelge 8). Yapılan korelasyon analizlerinde Ag; Cu ile, Pb; Al ve Ni ve As; Cr ve K ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Ayrıca ana bileşenlerden sayılan Al; K, Na, Sr ve V ile, Cr; K ve S ile ve K; Sr ve V ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Gadir cevherleşmesinden analizi yapılan elementler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.

	Ag	Cu	Zn	Pb	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Sb	Sc	Sr	Ti	V
Ag	1.00	0.72	0.12	0.17	0.37	0.17	0.60	-0.10	0.24	0.24	0.08	0.56	0.10	-0.09	-0.13	0.07	0.29	-0.17	0.27	-0.17	-0.04	0.42	0.20	0.32
Cu		1.00	0.20	0.28	0.33	-0.03	0.45	-0.16	0.11	0.13	0.07	0.35	0.18	-0.16	-0.27	0.13	0.26	-0.17	0.13	0.03	-0.10	0.26	0.01	0.10
Zn			1.00	0.49	0.36	0.06	-0.16	0.13	0.30	-0.01	0.18	0.20	0.14	0.34	0.04	0.35	0.39	-0.15	0.20	-0.36	0.11	0.42	0.10	0.38
Pb				1.00	0.63	0.39	0.13	0.29	0.02	0.51	0.34	0.50	-0.09	-0.24	-0.19	0.48	0.79	-0.32	0.34	-0.43	-0.09	0.46	0.31	0.53
Al					1.00	0.49	0.45	0.12	0.33	0.57	0.44	0.76	0.21	-0.26	-0.42	0.65	0.52	-0.58	0.40	-0.08	-0.08	0.71	0.45	0.73
As						1.00	0.50	-0.21	0.09	0.70	0.41	0.70	-0.39	-0.21	-0.10	0.40	0.31	-0.38	0.57	-0.31	-0.15	0.47	0.20	0.49
Ba							1.00	-0.32	-0.05	0.39	-0.08	0.76	-0.10	-0.22	-0.04	0.30	0.20	-0.27	0.22	-0.01	0.06	0.50	0.07	0.37
Ca								1.00	-0.19	-0.04	-0.06	-0.14	-0.11	0.23	-0.03	0.10	0.41	-0.17	-0.19	-0.16	0.12	0.27	-0.19	0.03
Co									1.00	0.12	0.34	0.15	0.36	0.03	-0.34	0.02	0.10	-0.31	0.52	-0.02	-0.12	0.10	0.18	0.38
Cr										1.00	0.48	0.64	-0.51	-0.56	-0.23	0.46	0.31	-0.41	0.66	-0.40	-0.07	0.50	0.35	0.39
Fe											1.00	0.29	0.03	-0.20	-0.60	0.18	0.25	-0.40	0.30	-0.25	-0.19	0.05	0.46	0.39
K												1.00	-0.08	-0.35	-0.29	0.46	0.46	-0.47	0.49	-0.37	-0.10	0.61	0.39	0.74
Mg													1.00	0.16	-0.35	-0.18	0.09	-0.09	-0.24	0.42	0.07	-0.26	0.18	0.18
Mn														1.00	0.28	-0.26	-0.05	0.09	-0.29	0.12	0.23	0.08	-0.47	-0.20
Mo															1.00	0.03	-0.23	0.53	-0.10	-0.05	0.29	0.11	-0.20	-0.37
Na																1.00	0.35	-0.19	0.29	-0.04	0.10	0.74	0.28	0.51
Ni																	1.00	-0.34	0.22	-0.40	0.26	0.41	0.15	0.58
P																		1.00	0.11	0.17	-0.31	0.21	-0.46	
S																			1.00	-0.32	-0.10	0.37	0.17	0.41
Sb																				1.00	-0.15	-0.16	-0.25	-0.35
Sc																					1.00	0.15	-0.07	-0.04
Sr																						1.00	0.11	0.47
Ti																							1.00	0.49
V																								1.00

Gadir cevherleşmesinde kayaçlarda korelasyon analizleri ile ortaya çıkan ilişkiler açısından elementlerin oluşturdukları kümelerin belirlenmesi amacı ile küme (cluster) analizleri yapılmıştır (Şekil 29).

Ortak korelasyon katsayıları kullanılarak hazırlanan küme analizi dendrogramında alt kümeler oluşmuş ancak korelasyon katsayılarının düşük olmasından dolayı anlamlı sonuçlar yüklenebilecek büyük gruplar oluşmamıştır. Dendrogramda özellikle Pb-Ni, Fe-Ti, (Ag-Cu)-Ba ve bu alt kümelerin oluşturduğu gruba uzaktan eklenen Co yan kayaçlarda da belirgin bir element zenginleşmesine işaret etmektedir.



Şekil 29. Gadir cevherleşmesinde temel değerler topluluğuna ait kayaç örneklerinde ortak korelasyon katsayıları kullanılarak hazırlanan cluster (küme) analizi dendrogramı

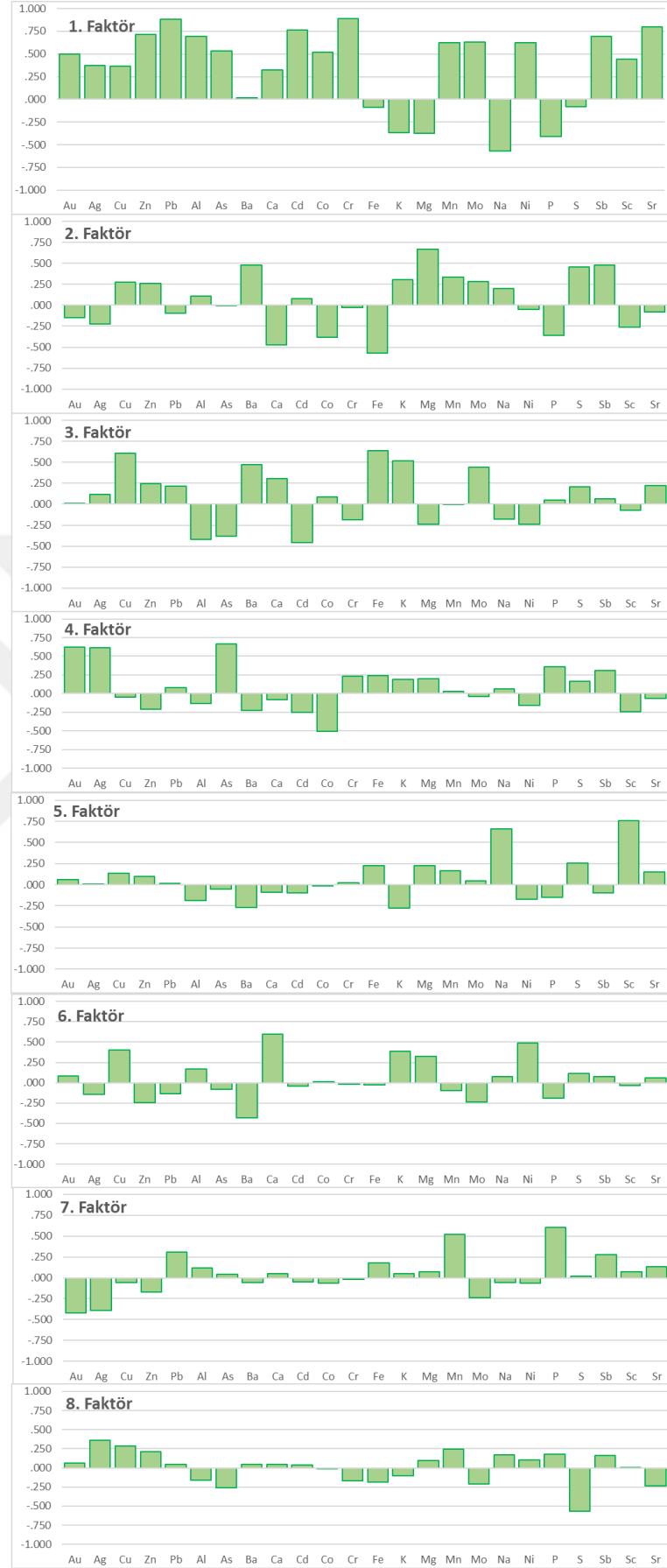
Gadir cevherleşmesinden alınan 32 yan kayaç numunesinden gerçekleştirilen 26 elementin herbirinin değişimi ayrı bir faktör olarak kabul edilerek faktör analizi gerçekleştirilmiştir. Faktör analizine göre başlangıç eigen değerleri 1'in üzerinde olan ilk 8 faktör toplam değişimin % 84.26'sını karşılamaktadır. Geri kalan 18 faktörün değişime etkileri düşük olduğu için değerlendirmeye alınmamıştır (Çizelge 9). Faktör analizinde belirlenen faktörler yan kayaçların oluşumu, magmatik sokulum ve magmatizmaya bağlı alterasyon süreçlerini yansıtmaktadır.

Birinci faktörde K, Mg, Na ve P'un negatif diğer bileşenlerin pozitif faktör yükü kayaç oluşumu esnasında yaygın mineraller olan K-feldispatların oluşumu, ikinci faktördeki negatif Ca yükü ise plajyoklasların oluşumunu karakterize etmektedir. Diğer

faktörler ise mika minerallerinin oluşumunu, 7. Faktör ise cevherleşmeyi göstermektedir.

Çizelge 9. Gadir cevherleşmesine ait kayalardan yapılan faktör analizinde ilk sekiz faktörün başlangıç eigen değerleri, değişim içindeki payları ve kümülatif değişim tablosu.

Faktör No	Başlangıç Eigendeğerleri		
	Başlangıç değişim	Değişim içindeki payı (%)	Kümülatif değişim (%)
1	7.58	31.57	31.57
2	2.60	10.82	42.39
3	2.50	10.42	52.80
4	2.20	9.12	61.93
5	1.53	6.39	68.31
6	1.47	6.12	74.43
7	1.33	5.53	79.96
8	1.03	4.29	84.26



Şekil 30. Gadir cevherleşmesind yan kayaç numunelerinin faktör analizinde ilk 8 faktöre ait yük grafiği

4.3.5. İzotop çalışmaları

4.3.5.1. Duraylı izotop (kükürt izotopu) çalışması

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesini oluşturan çözeltinin kaynağının belirlenmesi amacı ile mostra örneklerinden derlenen sülfid minerallerinden (sfalerit, kalkopirit ve pirit) kükürt izotop analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre 2 adet pirit, 4 adet kalkopirit ve 4 adet sfalerit olmak üzere toplamda 10 adet sülfid minerali S izotop analizi yapılmıştır.

Gadir cevherleşmesinde $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -2.5 ile ‰ 5.1 arasında değişmektedir (Çizelge 10). Kalkopirit (SM-30) negatif $\delta^{34}\text{S}$ değerine (‰ -2.5) sahipken, diğer 9 numunenin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri (‰ 1.4 – ‰ 5.1) pozitiftir. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesindeki piritin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰2.7 ile ‰ 3.5, kalkopiritin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ‰ -2.5 ile ‰ 3.5 ve sfaleritin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri ise ‰ 1.4 ile ‰ 5.1 arasında değişmektedir.

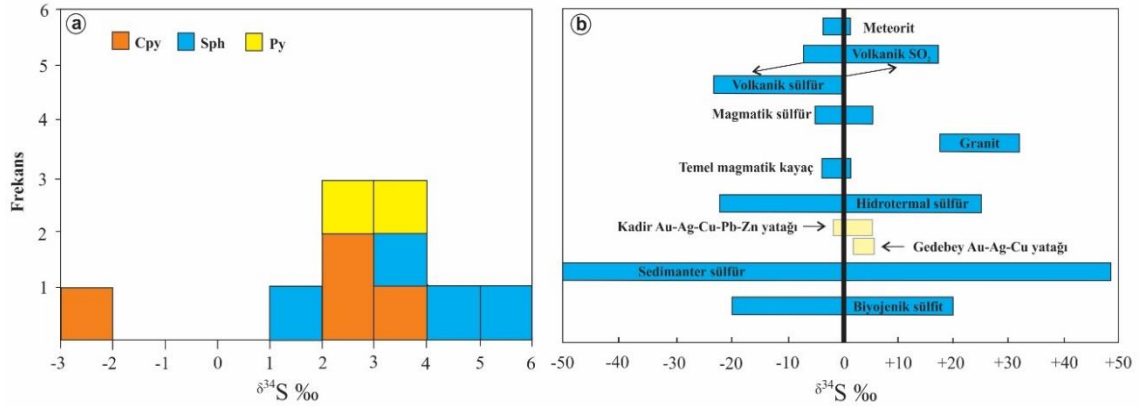
Çözeltinin $\delta^{34}\text{S}$ değerleri, sülfid minerallerinin $\delta^{34}\text{S}$ değerinden ve pirit, kalkopirit ve sfalerit için verilen ve çözeltideki ana kükürt türü H_2S varsayılarak mineral- H_2S denge izotopik fraksiyonlama faktöründen hesaplandı (Çizelge 10; Ohmoto ve Rye, 1979). Gadir yatağından gelen sülfid ile dengede olan H_2S için $\delta^{34}\text{S}$ 'nin ‰ -2.2 ila 4.4 olduğu hesaplanmıştır (Şekil 11a). Bu nedenle $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ değerleri pirit için ‰ 0 ile ‰ 0.8 arasındadır. $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ değerleri kalkopirit için -2.2 ‰ ila 3.8 ‰; sfalerit için ise 0.7 ‰ ila 4.4 ‰ arasında değişmektedir. $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin dağılımı magmatik-hidrotermal yataklarınki ile benzerlik göstermektedir ($\delta^{34}\text{S} = \pm 5$; Jensen, 1967; Gökçe, 1993; Allen, 2008; Özen ve Arık, 2015; Özen ve Arık, 2019; Şekil 11b).

Çizelge 10. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağına ait pirit, kalkopirit ve sfalerit minerallerinden yapılan kükürt izotopu sonuçları ve H_2S değerleri (sfalerit için hesaplama- $\text{H}_2\text{S} = 1000\ln\alpha = 0.10(10^6/T^2)$; pirit için hesaplama - $\text{H}_2\text{S} = 1000\ln\alpha = 0.40(10^6/T^2)$; kalkopirit için hesaplama - $\text{H}_2\text{S} = 1000\ln\alpha = -0.05(10^6/T^2)$ Ohmoto and Rye (1979)); sıcaklık = 114°C (İsmayıl ve ark., 2021).

Mineral	Numune No	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)	$\delta^{34}\text{S}$ (‰)
		Mineral	H_2S
Kalkopirit	SM-27	2.8	3.1
	SM-30	-2.5	-2.2
	QR-03	3.5	3.8
	QR-06	2.1	2.4
Pirit	QR-02	3.5	0.8
	QR-03	2.7	0
	SM-27	4.1	3.4
Sfalerit	QR-04	5.1	4.4
	QR-05	1.4	0.7
	QR-06	3.1	2.4

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesindeki sfalerit, kalkopirit ve piritlere ait $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin oldukça yakın olması bu minerallerin oluşum kaynağının aynı olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca aynı numunelerde farklı minerallerin benzer

sonuçlar göstermesi mineral çiftleri arasında izotopsal bir dengenin olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 27. a. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağındaki sülfür mineralleri için $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin frekans histogram grafikleri (Cpy: kalkopirit, Sph: sfalerit, Py: pirit), **b.** Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağından elde edilen $\delta^{34}\text{S}$ değerlerinin ana karasal kaynaklar ve Gedebeş (Azerbaycan) Au-Ag-Cu yatağı ile karşılaştırılması (İsmayıl ve ark., 2021, 2022).

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesindeki sülfür-sülfür çiftlerine göre kükürt izotop sıcaklıkları hesaplandı. Sülfür-sülfür jeotermometresine bağlı olarak hesaplanmış sıcaklık değeri kalkopirit-sfalerit çiftinin kükürt izotopik fraksiyonundan elde edilmiştir. Hesaplama sonucunda sfalerit-kalkopirit çifti için sıcaklık 114°C olarak belirlenmiştir (Çizelge 11, İsmayıl ve ark., 2021).

Çizelge 11. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının sülfür izotopik jeotermometresi (°C) and $\delta^{34}\text{S}$ değerleri.

Nümune	Kalkopiritin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) değeri	Sfaleritin $\delta^{34}\text{S}$ (‰) değeri	Sülfür izotopik jeotermometre sıcaklığı (°C)*
QR-06	2.1	3.1	114

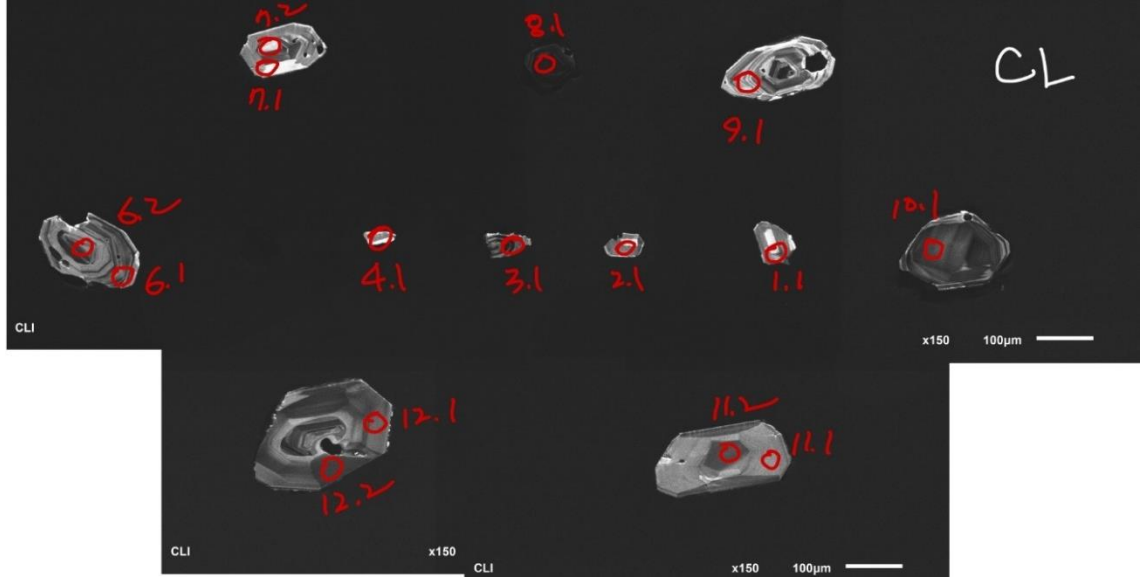
* Ohmoto and Rye (1979) tarafından önerilen ilgili denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

4.3.5.2. Radyojenik izotop (U-Pb izotopu) çalışması

Gadir cevherleşmesinin yer aldığı bölgede daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından Sovyet SSCB döneminde yaşlandırma çalışmaları yapılmış olup bölgenin genellikle Jura ve Kretase yaşlı kayalardan oluştuğu ortaya konulmuştur. Daha sonra bölgedeki sokulum kayaları ile ilgili çalışmalar güncellenmiş, volkaniklere sokulum yapmış granitoidik kayaların Erken Kretase yaşlı olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak güncel literatürde bölgedeki volkanik kayalara ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığından, Gadir cevherleşmesinin oluştuğu bölgeye yakın alanlardan seçilen bir adet andezit ve bir adet riolit örneğinden yaş analizi yapılmıştır.

Güney Kore Bilimler Enstitüsü tarafından yapılan çalışmada andezit örneğinden zirkon ayırımı yapılamadığından sadece riolit örneğine ait 11 zirkon ayırımı

yapılabilmiş ve totalde 15 adet ölçüm yapılmıştır. A2 numaralı riyolit örneğine ait katodoluminesans (CL) ile ortaya çıkan zirkonların iç yapılarına ait görüntüler aşağıda gösterilmektedir (Şekil 27).



Şekil 28. Gadir cevherleşmesinden alınan riyolit örneğinden ayrılmış zirkonların katodoluminesans (CL) görüntüleri.

Toplamda 15 adet zirkonun U içeriği 41 ppm ila 475 ppm, Th içeriği ise 13 ppm ila 239 ppm arasında değişmektedir. Zirkonlardan yapılan $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ izotopu analiz sonuçlarına göre A2 numaralı riyolit örneğinin yaşı 164 ± 4 milyon yıl ila 194 ± 5 milyon arasında değişmekte olup, genel olarak zirkonların yaş aralığı 165-180 milyon yıl arasında değişmektedir olup Gadir cevherleşmesinin oluşumu ile ilişkili riyolitinin yaşının Erken-Orta Jura olduğunu göstermektedir. (Çizelge 12)

Çizelge 12. Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riyolit örneğinden yapılan radyojenik U-Pb yaşlandırmasının sonuçları

Spot	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm\%$	Raw Calib const	7-corr $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	% $^{206}\text{Pb}_c$	Ppm U	Ppm Th
A2_re-1.1	0.0003	71	0.051	4.2	0.13	9.8	0.057	1.4	0.0028	0.000080	0.16	82	36
A2_re-2.1	0.0032	23	0.058	4.1	0.15	5.0	0.053	1.4	0.0028	0.000602	1.11	81	37
A2_re-3.1	0.0003	38	0.054	4.6	0.28	1.8	0.060	1.6	0.0028	0.000325	0.60	280	239
A2_re-4.1	0.0032	24	0.099	11.9	0.26	4.7	0.052	3.2	0.0033	0.003330	6.13	87	54
A2_re-6.1	0.0006	41	0.048	3.4	0.19	3.4	0.065	1.1	0.0029	-0.000090	-0.17	111	67
A2_re-6.2	0.0002	58	0.051	3.0	0.24	2.8	0.061	1.6	0.0029	0.000112	0.21	142	108
A2_re-7.1	-0.0005	71	0.052	5.6	0.13	11.3	0.068	1.8	0.0029	0.000180	0.33	41	15
A2_re-7.2	-0.0011	45	0.049	5.4	0.14	6.2	0.050	1.7	0.0027	-0.000040	-0.09	66	27
A2_re-8.1	0.0000	---	0.053	1.3	0.11	1.8	0.096	2.3	0.0051	0.000030	0.07	475	165
A2_re-9.1	0.0021	36	0.051	10.2	0.09	8.5	0.066	1.9	0.0029	0.000080	0.15	40	13
A2_re-10.1	0.0000	---	0.051	4.1	0.28	3.5	0.050	2.7	0.0027	0.000080	0.15	97	82
A2_re-11.1	0.0012	45	0.054	5.3	0.20	5.5	0.053	1.7	0.0028	0.000331	0.61	50	30
A2_re-11.2	0.0017	28	0.048	4.1	0.28	3.5	0.060	1.4	0.0030	-0.000116	-0.21	79	70
A2_re-12.1	0.0002	71	0.049	3.8	0.15	4.4	0.056	2.7	0.0028	0.000001	0.00	96	46
A2_re-12.2	0.0003	58	0.050	6.2	0.28	2.8	0.063	1.1	0.0030	0.000004	0.01	115	100

Çizelge 12 (devam). Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riyolit örneğinden yapılan radyojenik U-Pb yaşlandırmasının sonuçları.

Spot	7-corr ppm ²⁰⁶ Pb*	7-corr Ppm ²⁰⁸ Pb*	²³² Th/ ²³⁸ U	±%	(1) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Age	(2) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Age	(3) ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Age	(1) ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb Age
A2_re-1.1	1.9280	0	0.461	0.67	174.1 ±2	175 ±2	176.035 ±2	27.0 ±192
A2_re-2.1	1.8832	0	0.471	0.68	165.0 ±4	173 ±4	174.641 ±4	#NUM! #NUM!
A2_re-3.1	6.6347	2	0.883	0.47	175.8 ±2	176 ±2	176.142 ±2	216.4 ±134
A2_re-4.1	2.2941	0	0.636	1.48	194.7 ±5	194 ±5	200.582 ±5	293.2 ±761
A2_re-6.1	2.7846	1	0.620	0.57	183.7 ±2	186 ±2	185.967 ±2	-333.3 ±241
A2_re-6.2	3.5077	1	0.786	0.54	182.7 ±2	183 ±2	184.043 ±2	104.9 ±120
A2_re-7.1	0.9946	0	0.388	0.86	181.3 ±3	179 ±3	178.861 ±3	589.9 ±214
A2_re-7.2	1.4801	0	0.429	0.75	168.9 ±4	166 ±3	164.912 ±4	767.7 ±244
A2_re-8.1	20.3756	---	0.359	0.49	314.5 ±3	314 ±3	315.025 ±3	337.7 ±30
A2_re-9.1	0.9383	0	0.326	0.93	168.6 ±6	175 ±5	176.082 ±6	#NUM! #NUM!
A2_re-10.1	2.1516	---	0.870	0.58	163.8 ±4	164 ±4	163.079 ±5	220.5 ±95
A2_re-11.1	1.1089	0	0.623	0.72	162.2 ±3	165 ±2	165.987 ±3	-647.1 ±686
A2_re-11.2	1.9243	1	0.918	0.58	174.7 ±3	181 ±2	181.153 ±3	#NUM! #NUM!
A2_re-12.1	2.1354	0	0.498	0.62	164.3 ±3	165 ±3	166.030 ±3	-9.5 ±165
A2_re-12.2	2.7015	1	0.899	0.53	172.6 ±2	173 ±2	174.029 ±2	-16.4 ±201

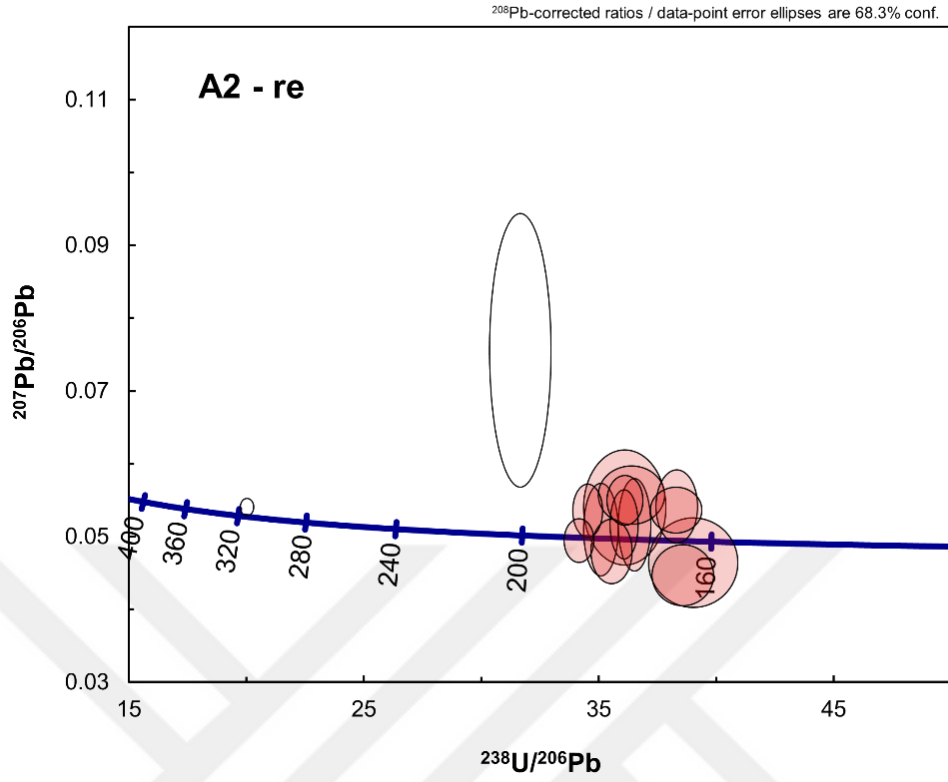
Çizelge 12 (devam). Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riyolit örneğinden yapılan radyojenik U-Pb yaşlandırmasının sonuçları

Spot	(1) ²⁰⁸ Pb Age	(2) ²⁰⁸ Pb Age	(3) ²⁰⁷ Pb Age	% Discor dant	7corr ²⁰⁸ Pb* Age	±%	Total ²³⁸ U Age	±%	Total ²⁰⁷ Pb Age	±%	(1) ²³⁸ U Age	±%	(1) ²⁰⁷ Pb* Age	±%
A2_re-1.1	147.8 ±17	157.2 ±17	435.3 ±89	-552	0.008	10.8	36.3	1.1	0.05	4.2	36.5	1.2	0.05	8.0
A2_re-2.1	38.2 ±33	154.3 ±11	460.7 ±103	#NUM!	0.008	7.4	36.3	2.4	0.06	4.1	38.6	2.7	0.01	129.9
A2_re-3.1	173.2 ±4	171.8 ±5	296.6 ±135	+19	0.009	3.2	36.0	0.9	0.05	4.6	36.2	0.9	0.05	5.8
A2_re-4.1	139.2 ±31	133.6 ±33	1089.3 ±323	+34	0.007	24.9	30.7	2.3	0.10	11.9	32.6	2.7	0.05	33.3
A2_re-6.1	162.0 ±10	185.2 ±8	200.9 ±90	+157	0.009	4.2	34.2	1.1	0.05	3.4	34.6	1.1	0.04	9.4
A2_re-6.2	172.4 ±6	175.6 ±6	377.7 ±98	-75	0.009	3.4	34.6	1.0	0.05	3.0	34.8	1.0	0.05	5.1
A2_re-7.1	221.0 ±32	182.8 ±24	130.0 ±138	+70	0.009	13.0	35.4	1.4	0.05	5.6	35.1	1.5	0.06	9.9
A2_re-7.2	227.1 ±28	177.3 ±14	-31.9 ±145	+79	0.009	8.1	38.4	2.1	0.05	5.4	37.7	2.2	0.06	11.6
A2_re-8.1	305.3 ±6	301.3 ±8	394.2 ±32	+7	0.015	2.7	20.0	0.9	0.05	1.3	20.0	0.9	0.05	1.3
A2_re-9.1	22.4 ±50	153.7 ±27	395.8 ±211	#NUM!	0.008	17.5	36.3	3.0	0.05	10.2	37.7	3.4	0.02	70.0
A2_re-10.1	168.4 ±8	166.5 ±8	54.6 ±203	+26	0.008	4.9	38.9	2.8	0.05	4.1	38.9	2.8	0.05	4.1
A2_re-11.1	125.3 ±19	154.3 ±11	399.7 ±133	+127	0.008	7.0	38.4	1.3	0.05	5.3	39.3	1.7	0.04	25.0
A2_re-11.2	134.3 ±12	178.1 ±7	266.2 ±184	#NUM!	0.009	4.1	35.2	1.1	0.05	4.1	36.4	1.5	0.02	36.0
A2_re-12.1	143.3 ±10	152.8 ±9	379.0 ±85	+1861	0.008	5.8	38.6	1.7	0.05	3.8	38.7	1.8	0.05	6.8
A2_re-12.2	163.7 ±6	169.7 ±7	296.35 ±179	+1166	0.008	4.2	36.7	1.0	0.05	6.2	36.8	1.1	0.05	8.3

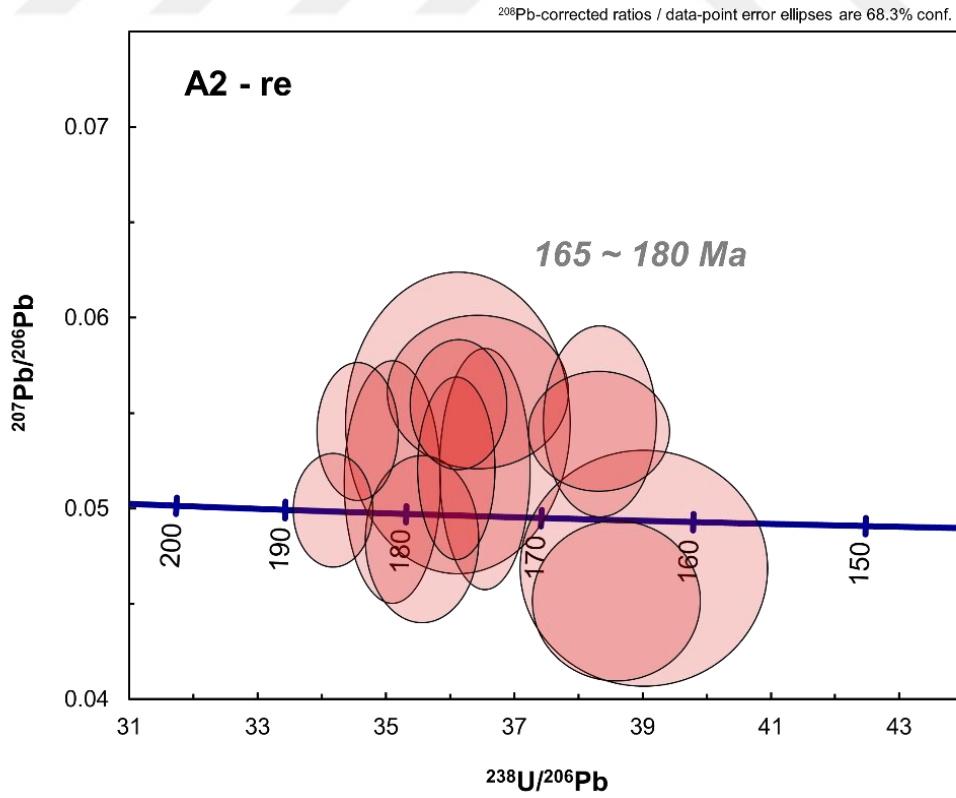
Çizelge 12 (devam). Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riyolit örneğinden yapılan radyojenik U-Pb yaşlandırmasının sonuçları

Spot	(1) ²⁰⁷ Pb* Age	±%	(1) ²⁰⁶ Pb* Age	±%	err corr	(3) ²³⁸ U Age	±%	(3) ²⁰⁷ Pb* Age	±%	(3) ²⁰⁷ Pb* Age	±%	(3) ²⁰⁶ Pb* Age	±%	err. corr.
A2_re-1.1	0.18	8.1	0.027	1.2	0.1	36.12	1.4	0.056	4.0	0.21	4.6	0.028	1.4	0.56
A2_re-2.1	0.03	130.0	0.026	2.7	0.0	36.41	2.6	0.056	4.6	0.21	5.1	0.027	2.6	0.43
A2_re-3.1	0.19	5.9	0.028	0.9	0.2	36.10	1.1	0.052	5.9	0.20	6.2	0.028	1.1	0.34
A2_re-4.1	0.22	33.4	0.031	2.7	0.1	31.64	2.7	0.076	16.1	0.33	16.6	0.032	2.7	0.24
A2_re-6.1	0.16	9.4	0.029	1.1	0.1	34.17	1.2	0.050	3.9	0.20	4.2	0.029	1.2	0.42
A2_re-6.2	0.19	5.2	0.029	1.0	0.2	34.53	1.2	0.054	4.3	0.22	4.7	0.029	1.2	0.45
A2_re-7.1	0.23	10.0	0.029	1.5	0.2	35.54	1.6	0.049	5.9	0.19	6.5	0.028	1.6	0.52
A2_re-7.2	0.24	11.8	0.027	2.2	0.2	38.59	2.3	0.045	6.0	0.16	6.4	0.026	2.3	0.37
A2_re-8.1	0.37	1.6	0.050	0.9	0.6	19.97	0.9	0.055	1.4	0.38	1.6	0.050	0.9	0.48
A2_re-9.1	0.07	70.1	0.026	3.4	0.0	36.11	3.2	0.055	9.4	0.21	9.9	0.028	3.2	0.33
A2_re-10.1	0.18	4.9	0.026	2.8	0.6	39.03	3.3	0.047	8.5	0.17	9.3	0.026	3.3	0.41
A2_re-11.1	0.13	25.0	0.025	1.7	0.1	38.34	1.5	0.055	6.0	0.20	6.5	0.026	1.5	0.46
A2_re-11.2	0.08	36.1	0.027	1.5	0.0	35.09	1.4	0.052	8.0	0.20	8.6	0.028	1.4	0.50
A2_re-12.1	0.16	7.0	0.026	1.8	0.3	38.33	1.9	0.054	3.8	0.20	4.1	0.026	1.9	0.41
A2_re-12.2	0.17	8.4	0.027	1.1	0.1	36.54	1.3	0.052	7.9	0.20	8.3	0.027	1.3	0.40

Yaşlandırma ile ilgili analiz sonuçları ve ilişkili konkordia diyagramları aşağıda gösterilmektedir (Çizelge 5; Şekil 29 ve Şekil 30).



Şekil 29. Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riylit örneğinden yapılan U-Pb yaş analiz sonuçlarını gösteren konkordia diyagramı.



Şekil 30. Gadir cevherleşmesi ile ilişkili riylit örneğinden yapılan U-Pb yaş analiz sonuçlarını gösteren konkordia diyagramı.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

- 1) Tetis Metalojenik Kuşağının bir bölümü olan Küçük Kafkasya'nın Lök-Karabağ kuşağı içerisinde yer alan Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağı (Batı Azerbaycan), Arıkdam volkanitlerinde hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kuvars porfir içerisinde ve bu kuvars porfirlerin hornfelsleşmiş andezit ile dokanağında oluşmuştur.
- 2) Gadir cevherleşmesinden yapılan iz element analiz sonuçlarına göre Au için maksimum içerik 10.3 ppm, Ag için 1133 ppm, Cu için 23780 ppm (~%2.3), Pb için 59810.67 ppm (~%5.9) ve Zn için 424770 ppm (~%42.4) olarak belirlenmiştir. Ayrıca cevherleşmeye ait örneklerde analiz değerleri Sb için 673 ppm ve As için ise 3264 ppm şeklinde ortaya çıkmış olup Gadir cevherleşmesinin yoğun olarak Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb ve As açısından zenginleştiğini, cevher tenörünün derinliğe göre değiştiğini ve cevherleşmenin yaklaşık 219 ila 248 metre derinliklerde yoğun olduğunu göstermektedir.
- 3) Gadir cevherleşmesinden yapılan mineralojik-petrografik incelemeler sonucu belirlenen başlıca cevher mineralleri kalkopirit, sfalerit, galenit, arsenopirit, dijenit, kuvars, pirit, adularia, hessit ve nabit altın şeklinde ortaya çıkmıştır. Ayrıca yapılan XRD analizlerine göre hessit, tetrahedrit, kordiyerit, jasper, titanomanyetit, ojit, kamosit, muskovit, hematit, illit, epidot, klorit, serisit, manyetit, barit, kuvars ve vurtzit mineralleri belirlenmiştir. Cevherleşmeyi ve cevherleşmenin olduğu kayaçların petrografik özellikleri dikkate alındığında zaman Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının propilitik alterasyon, kuvars±adularia damarı ve silisleşme ile ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır.
- 4) Cevher numunelerinde yapılan korelasyon analizlerinde Au'nın diğer bileşenlerden farklı olarak yerleştiği belirlenmiştir. Özellikle Cu, Ag, Pb, Zn, As, Sb, Hg, Ba ve S'ün aynı grupta yer alması düşük sıcaklıklı hidrotermal kökene işaret etmektedir.
- 5) Gadir cevherleşmesine ait kalkopirit, sfalerit ve piritten yapılan kükürt izotopu ile tutarlı olarak hesaplanan H₂S değerlerinin sırasıyla -2.5 ila 5.1 ve -2.2 ila 4.4 arasında değişmesi, altın ve gümüşle ilişkili kalkopirit ve sfaleritin aynı magmatik akışkandan oluştuğunu göstermektedir. Kükürt izotop jeotermometresi verileri,

Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağının 114° sıcaklıkta oluştuğunu göstermektedir; bu da epitermal yatağı gösteren düşük sıcaklığa karşılık gelmektedir.

- 6) Gadir cevherleşmesinin yer aldığı Arıkdam volkanitleri biriminden alınan riyolit örneğinden yapılan $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ radyojenik yaşlandırmanın sonuçları 165-180 milyon yıl olarak ortaya çıkmıştır. Yaşlandırma sonuçlarına göre riyolit yaşı Erken Jura ila Orta Jura arasında geniş bir aralıkta değişmektedir.
- 7) Sonuç olarak, cevher ve alterasyon mineral toplulukları ile kükürt izotop verileri, bölgenin Jura-Kretase tektonik evrimiyle yakından ilişkili magmatik aktivitenin gelişmesiyle oluşan Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn cevherleşmesinin baskın olarak aynı magmatik kaynaktan türediğini göstermektedir. Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn yatağındaki mineral birlikteliği, silika sinteri, kuvars damarları ve breş bacası ve alterasyonlar, porfir sistemi ile ilişkili bir epitermal cevher yatağının varlığını düşündürmektedir.

5.2. Öneriler

- 1) Bu çalışmada kimyasal analizi gerçekleştirilen 66 numuneye göre jeokimyasal yorumlar yapılmış olup daha fazla numuneden yapılacak analizlerle özellikle faktör analizlerinde ortaya konan yorumların tutarlılığı artacaktır.
- 2) Analizlerin ana oksit konsatrasyonu şeklinde yapılması ve özellikle Si analizlerinin eklenmesi gerek yankayaçları oluşturan mineraller gerekse cevherli çözeltilerin hareketi ile ilgili yorumları güçlendirecektir.
- 3) Gadir cevherleşmesine ait kuvars ve sfaleritlerden yapılacak sıvı kapanım analizleri cevherleşmeyi oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının belirlenmesi açısından iyi olacaktır.
- 4) Bölgedeki riyolitten yapılan yaş analizi, zirkon sayısının sınırlı olması nedeni ile geniş yaş aralığı göstermiş olup, ileriki çalışmalarda bir adet riyolit ve bir adet andezitten U-Pb yaşlandırılmasının daha yapılması stratigrafik dizilimin daha net bir şekilde belirlenmesine yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdullayev, A. Z., Aliyev, S. A., 1996, 1962-1963 yılları arasında Gedebeý, *Bakü*, 47-56 (Rusça).
- Abdullayev, R. N., ve ark., 1988, Küçük Kafkasya içerisindeki Mesozoik magmatik formasyonu ve ilişkili endojen cevherleşmesi, *Bakü*, 158s (Rusça).
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monié, P., Meyer, B. ve Wortel, R., 2011, Zagros orogeny: a subduction-dominated process, *Geological Magazine*, 148 (5-6), 692-725.
- Ahundov, F. A., 2003, Küçük Kafkasya'nın Geç Kretase yaşlı volkanik oluşumları, *Bakü*, 231s.
- Aliyev, V. İ., 1976, Küçük Kafkas'ın sülfürlü cevher formasyonu, *Bakü*, 55.
- Alizadeh, A. A., Guliyev, I. S., Kadirov, F. A. and Eppelbaum, L.V., 2017, Economic Minerals of Azerbaijan. Volume II: Economic Geology and Applied Geophysics, In: Geosciences of Azerbaijan., In, Eds: Regional Geology Reviews. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-40493-6_2, Print ISBN978-3-319-40492-9, Online ISBN978-3-319-40493-6, eBook Packages Earth and Environmental Science, Springer, Cham, p. 25-106.
- Allen, M. B. ve Armstrong, H. A., 2008, Arabia–Eurasia collision and the forcing of mid-Cenozoic global cooling, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 265 (1-2), 52-58.
- Aysal, N., Öngen, S., Haniççi, N., Kasapçı, C., Laçin, D., Boroğlu, M. Ş., ... & Azaz, D. (2021). Late magmatic–hydrothermal tourmaline occurrences within leucogranites in NW Anatolia (Turkey): Mineral chemistry and genetic implications. *Geochemistry*, 81(1), 125676.
- Azizbeyov, Ş. A., Alizade, K. A., Şıhalibeyli, E. Ş., Gacıyev, T. G., 1972, Rusya'nın Jeolojisi, Azerbaycan, XLVII, Nedra, *Moskova (Rusça)*.
- Babazade, V. M., 1990, Azerbaycan'ın cevher formasyonu, *Bakü*, 111.
- Babazade, V. M., 2000, Sülfürlü cevher oluşumlarının jeolojik- jenetik genel modellenmesi, Eds, *Bakü*: Bakü Devlet Üniversitesi Yayınevi (Doğa bilimleri serisi), N1, 105-126.
- Babazade, V. M., Ağasıyev, M. A., Ramazanov, V.G., 1989, Küçük Kafkas'ın bakır-porfir yataklarının tipik jeoloji modellenmesi, *Bakü*, 81-123.
- Babazade, V. M., Hüseyinov, G. S., Ekberov Ş. F., Hüseyinov, A. İ., Bağirova, E. Y., 2002, Gedebeý bakır-kuvars filizlerinde altın (Küçük Kafkas), Bakü Devlet Üniversitesi yayınevi, N1, Bakü, 116-126.
- Babazade, V. M., Mahmudov, A. İ., Ramazanov, V. G., 1990, Porfiri bakır ve molibden yatakları, *Bakü*: Azerbaycan Devlet Yayınevi, 377.
- Babazadeh V, Veliyev A, Abdullayeva ShF, Imamverdiyev N, Mammedov S, Ibrahimov J, Bayramov A, 2015. New perspective Gadir mineralization field in Gedabek ore region. The Reports of National Academy of Sciences of Azerbaijan, LXXI, 2, Baku, 8 p.

- Babazadeh V, Mursalov S, Veliyev A, Imamverdiyev N, Abdullayeva S, Bayramov A, Talibov M (2019) Geochemical anomalies in the NW flank of Gedabek mine (Lesser Caucasus, Azerbaijan). *Int J Mining Sci (IJMS)* 5(1):31–42
- Ballato, P., Uba, C. E., Landgraf, A., Strecker, M. R., Sudo, M., Stockli, D. F., Friedrich, A. ve Tabatabaei, S. H., 2011, Arabia-Eurasia continental collision: Insights from late Tertiary foreland-basin evolution in the Alborz Mountains, northern Iran, *Bulletin*, 123 (1-2), 106-131.
- Barrier, E., Vrielynck, B., 2008, Palaeotectonic Maps of the Middle East, CGMW, p.
- Bayramov, A. A., 2014, Gedebeý Au-Cu yatağında intrüzif komplekslerin hidrotermal metasomatik değişilmiş zonların oluşumunda rolü, In: Azərbaycan halkının lideri Haydar Aliyev'in 91. doğum günü sebebi ile düzenlenmiş "Jeolojinin gündemdeki problemleri" başlıklı Cumhuriyet Bilim Konferansı, BDU, Bakü, 122s.
- Bayramov, A. A., 2015, "Petrology and potential mineralization of Gedabek intrusion", Master Thesis, Baku State University, 75.
- Bayramov, A. (2017). Geological setting of the new discovering Gadir low sulfidation epithermal deposit, Gedabek Ore District, Lesser Caucasus, Azerbaijan. *IJSET-International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(12), 21-27.
- Bayramov, A., Mammadov, S., Veliyev, A., Arık, F. ve İsmayıl, C., 2020, Geological Setting and Ore Reserves of Gadir mineralization (Gedabek District) deposit, Azerbaijan, Lesser Caucasus, INSAC congress, Konya, Turkey
- Gökçe, A., 1993, Hidrotermal Maden Yataklarının Köken ve Oluşum Koşullarının Araştırılmasında Kararlı İzotoplar Jeokimyası İncelemeleri ve Türkiye'den Örneker, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, s.42, 89-101.
- Hain, V. E., Alizade. A., 2005, Azərbaycanın'n jeolojisi, Tektonik, Bakü, 505s (Rusça).
- Hain, V. E., Alizade. A., 2007, Azərbaycan'ın jeolojisi, cilt 3, Magmatizma, Bakü, 433s (Rusça).
- Hain, V. E., Alizade. A., , 2001, Azərbaycan'ın jeolojisi, cilt 1, Stratigrafi, Bakü, 297s (Rusça).
- Hedjazi, F. ve Monhemius, A. J., 2014, Copper–gold ore processing with ion exchange and SART technology, *Minerals Engineering*, 64, 120-125.
- Hellstrom, J., Paton, C., Woodhead, J.D. Hergt, J.M. 2008. Iolite: software for spatially resolved LA-(quad and MC) ICPMS analysis. In *Laser Ablation ICPMS in the Earth Sciences: Current Practices and Outstanding Issues* (P. Sylvester, ed.). Mineralogical Association of Canada Short Course series 40, p. 343-348.
- Hemon, P., Moritz, R. ve Ramazanov, V., 2012, The Gedabek Epithermal Cu–Au Deposit, Lesser Caucasus, Western Azerbaijan: geology, alterations, petrography and evolution of the sulfidation fluid states, In: *In Integrated Exploration and Ore Deposits, Proceedings SEG 2012 Conference, Eds, Lima, Peru* p. (p. Poster 50).
- <https://www.angloasianmining.com/operations/gedabek-contract-area/>, 2023 [Ziyaret Tarihi : 05.01.2023]

- <https://www.angloasianmining.com/operations/gedabek-contract-area/>, [Ziyaret Tarihi: 02.01.2023]
- <https://www.mindat.org/loc-206327.html>, [Ziyaret Tarihi: 13.11.2023]
- İsmayıl, C., Arık, F. ve Özen, Y., 2018, Preliminary Geological and Mineralogical Features of Gedabek (Western Azerbaijan) Au-Cu Deposit". Engineering Sciences Journal of Omer Halisdemir University 7, 1153-1158p.
- Ismayıl, C., 2019, Gedebeý (Batı-Azerbaycan) altın-bakır yatağının jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- İsmayıl C, Arık F, Özen Y (2020) Mineralogical and ore petrographic comparison of Gedabey and Gadir deposits in Gedabey region (Western Azerbaijan). Azerbaijan Nat Academic Sci ANAS Transac Earth Sci N2:49–60
- İsmayıl C, Özen Y, Arık F, Veliyev A (2021) Genesis of the Gedabek Au-Ag-Cu deposit (Azerbaijan) in the Lesser Caucasus: Insights from geochemistry, fluid inclusion and sulfur isotope. J Asian Earth Sci 206:104627, 20p
- İsmayıl, C., Arık, F., Özen, Y. and Bayramov, A. (2021). Geochemical, mineralogical and sulfur isotopic evidence on the genesis of the Gadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn deposit (NW Azerbaijan) in the Lesser Caucasus. Arabian Journal of Geosciences, 14(13), 1298.
- Jensen, M. L., 1967, Sulphur isotopes and mineral genesis, H.L. Barnes (Editor), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. Holt, Rinehart and Winston, Inc., 670 p.
- Kerimov, A. D., 1964, Petrology and Ore-Bearing Granitoid Intrusive of Mekhmana, Baku, p.
- Kerimov, A. D. a. K., A. F., 1974, Structure-genetic peculiarities of the copper-molybdenum field in the Gey-Gel region, In: Geological Magazine, Eds, *Izvestiya: Acad. Sci. Azerb., Ser.: Earth Sci., No. 2.*
- Kerimov, A. F., Shekinsky, E. M., Musayev, Sh. D. and Zamanov, Yu. D., 1983, The types of gold mineralization of Azerbaijan, In: Proceed. of the All-Union Geological Conf., Moscow (in Russian), p.
- Kerimov, A. F., Zamanov, Yu. D. and Musayev, Sh. D., 1986, Criterion of mineralization of pyrite-polymetallic deposits in volcanic regions. Trans. of Workshop "Geology. Geochemistry and Ore-Bearings of the Lesser Caucasus and Talysh", Baku (Rusça). p.
- Kerimov, G. İ., 1963, Gedebeý cevher merkezinin petrolojisi ve cevherleşmesi, In, Eds, *Bakü*, p. 211s (Rusça).
- McQuarrie, N., Stock, J., Verdel, C. ve Wernicke, B., 2003, Cenozoic evolution of Neotethys and implications for the causes of plate motions, *Geophysical research letters*, 30 (20).
- Mederer, J., Moritz, R., Zohrabyan, S., Vardanyan, A., Melkonyan, R. ve Ulianov, A., 2014, Base and precious metal mineralization in Middle Jurassic rocks of the Lesser Caucasus: a review of geology and metallogeny and new data from the Kapan, Alaverdi and Mehmana districts, *Ore Geology Reviews*, 58, 185-207.

- Mohajjel, M. ve Fergusson, C. L., 2000, Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj–Sirjan zone, western Iran, *Journal of Structural Geology*, 22 (8), 1125-1139.
- Moritz, R., Melkonyan, R., Selby, D., Popkhadze, N., Gugushvili, V., Tayan, R. ve Ramazanov, V., 2016, Metallogeny of the Lesser Caucasus: from arc construction to post-collision evolution, In: Special publications of the Society of Economic Geologists., Society of Economic Geologists, 157-192.
- Moritz, R., Rezeau, H., Mederer, J., Gialli, S., Hemon, P., Lavoie, J., Calder, M., Hovakimyan, S., Melkonyan, R. ve Tayan, R., 2017, Gold deposits of the Lesser Caucasus: products of successive Mesozoic and Cenozoic geodynamic settings.
- Musayev, A. N., 1995, Gedebeý altın-bakır-porfir yatağı, Bakü, 85-92(Rusça).
- Nağıyev, V. N., 2007, Azərbaycan Cumhuriyyətinin cəvher oluşımları, Bakü, 594s (Rusça).
- Novruzov N, Veliyev A, Bayramov A, Mammadov S, Ibrahimov J, Ebdulrehimli A (2019) Mineral composition and paragenesis of altered and mineralized zones in the Gadir low sulfidation epithermal deposit (Lesser Caucasus, Azerbaijan). *Iranian J Earth Sci* 11(1):14 29
- Ohmoto H, Rye O (1979) Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes HL(ed) *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. Wiley, New York, pp 506–567
- Okay, A. I., Zattin, M. ve Cavazza, W., 2010, Apatite fission-track data for the Miocene Arabia-Eurasia collision, *Geology*, 38 (1), 35-38.
- Özen, Y., 2012, Ahmetli (Simav-Kütahya) – Pınarbaşı (Gediz-Kütahya) arasındaki polimetallik cevherleşmelerin jeenetik modellemesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 302 s.
- Özen, Y. ve Arık, F., 2015, S, O and Pb isotopic evidence on the origin of the İnkaya (Simav-Kütahya) Cu–Pb–Zn–(Ag) Prospect, NW Turkey, *Ore Geology Reviews*, 70, 262-280.
- Özen, Y. and Arık, F., 2019, "Geochemical, stable isotopic (S, O, H, C), microthermometric and geochronological (U-Pb) evidence on the genesis of the Pınarbaşı porphyry Cu-Mo mineralization (Gediz-Kütahya, Western Turkey)." *Journal of Geochemical Exploration* 204 (2019): 142-166.
- Rezeau, H., Moritz, R., Leuthold, J., Hovakimyan, S., Tayan, R. ve Chiaradia, M., 2017, 30 Myr of Cenozoic magmatism along the Tethyan margin during Arabia–Eurasia accretionary orogenesis (Meghri–Ordubad pluton, southernmost Lesser Caucasus), *Lithos*, 288, 108-124.
- Rolland, Y., Perincek, D., Kaymakci, N., Sosson, M., Barrier, E. ve Avagyan, A., 2012, Evidence for~ 80–75 Ma subduction jump during Anatolide–Tauride–Armenian block accretion and~ 48 Ma Arabia–Eurasia collision in Lesser Caucasus–East Anatolia, *Journal of Geodynamics*, 56, 76-85.
- Rolland, Y., 2017, Caucasus collisional history: Review of data from East Anatolia to West Iran, *Gondwana Research*, 49, 130-146.
- Sosson, M., Rolland, Y., Müller, C., Danelian, T., Melkonyan, R., Kekelia, S., Adamia, S., Babazadeh, V., Kangarli, T. ve Avagyan, A., 2010, Subductions, obduction

- and collision in the Lesser Caucasus (Armenia, Azerbaijan, Georgia), new insights, *Geological Society, London, Special Publications*, 340 (1), 329-352.
- Van Hunen, J. ve Allen, M. B., 2011, Continental collision and slab break-off: A comparison of 3-D numerical models with observations, *Earth and Planetary Science Letters*, 302 (1-2), 27-37.
- Valiyev, A., Bayramov, A., Mammadov, S., & Mursalov, S. (2016). Structural Geology, Lithology, Mineralization, and New Perspectives on the Gadir Low-Sulfidation Deposit, Gedabek District; a Newly Discovered Orebody in the Tethyan Metallogenic Belt, Lesser Caucasus, Azerbaijan, Society of Economic Geologists. In Inc. SEG Conference, Chesme, Izmir, Turkey.
- Veliyev, A., Bayramov, A., Ibrahimov, J., Mammadov, S. ve Alizhadeh, G., 2018, Geological Setting and Ore Perspective of the New Discovered GADIR Low Sulfidation Epithermal Deposit, Gedabek NW Flank, Lesser Caucasus, Azerbaijan, *Universal Journal of Geoscience* 6(3): 78-101.
- Vincent, S. J., Morton, A. C., Carter, A., Gibbs, S. ve Barabadze, T. G., 2007, Oligocene uplift of the Western Greater Caucasus: an effect of initial Arabia–Eurasia collision, *Terra Nova*, 19 (2), 160-166.