



T.C.

KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TOVUZÇAY BARAJI MEMBA KESİMİ
(TOVUZ-AZERBAYCAN) PLASERLERİNİN
JEOLojİK VE JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ**

MİRİSMAYIL AĞHAYEV

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK-2024

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mirismayıl AGHAYEV tarafından hazırlanan "Tovuzçay Barajı memba kesimi (Tovuz-Azerbaycan) plaserlerinin jeolojik ve jeokimyasal özellikleri" adlı tez çalışması 05/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Danışman

Prof.Dr.Fetullah ARIK

Üye

Doç. Dr. Bilgehan YABGU HORASAN

Üye

Doç. Dr. Yeşim ÖZEN

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Lisansüstü Eğitim Enistüsü Müdürü

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) tarafından **231007018** 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

Mirismayıl AĞHAYEV

Tarih:

ÖZET
YÜKSEK LİSANS

**TOVUZÇAY BARAJI MEMBA KESİMİ (TOVUZ-AZERBAYCAN)
PLASERLERİNİN JEOLojİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Mirismayil AĞHAYEV

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fetullah ARIK

2024, 58 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Doç. Dr. Bilgehan YABGU HORASAN

Doç. Dr. Yeşim ÖZEN

Bu çalışmada Azerbaycan'ın batısında Küçük Kafkasya bölgesinde yer alan Tovuzçay Baraj gölü memba kısmındaki Vahidli, Aşağı Öysüzlü ve Yukarı Öysüzlü köyleri arasında yer alan aşağı Tovuzçay nehir yatağındaki dere sedimanı ve plaserlerden derlenen numunelerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizleri yapılarak altın ve ağır element zenginleşmeleri araştırılmıştır.

Tovuzçay plaser altın yatağı, Pakistan'dan, İran, Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye'ye kadar uzanan, dünyanın önemli altın ve bakır provenslerinden biri olan Tetis Tektonik Kuşağı'nın Küçük Kafkaslar bölgesinde yer almaktadır. Tozuv bölgesinde bulunan başlıca akarsular Kür Nehri'ne bağlanan Tovuz Nehri ve onun kolları olan Esrik Nehri ve Akınca Nehri ile doğu kesimdeki Zeyem Nehridir.

Tovuzçay civarında Orta Jura'dan günümüze kadar oluşan sedimanter ve magmatik kayalar yüzeylenmektedir. Yörede temeli oluşturan Orta Jura (Bajosiyen) yaşlı Arıkdam volkanitleri, Vahidli riyolitleri ve Asrikçay piroklastikleri ile örtülmektedir. Bu birimler Üst Jura – Kretase yaşlı Gosha Granitoyidi tarafından kesilmekte ve tüm birimler Kuvaterner-Holosen yaşlı alüvyal malzeme ile uyumsuz olarak örtülmektedir.

Tovuzçay Barajı Memba Kesiminden alınan plaser numunelerinde yapılan XRD çalışmaları ile bölgede belirlenen birincil cevher mineralleri hematit, manyetit, kalkopirit ve pirit oluşumlarıdır. Tovuzçay plaserlerinin cevherleşmesinde gang mineralleri ise yaygınlık sırasına göre kalsit, kuvars, barit, kaolen ve albittir.

Kimyasal analizi yapılan plaser numunelerinin Au değerleri incelendiğinde 4 numunede 0.00-0.125 mm (2 adet) 0.125 -0.250 mm (2 adet) 2 ppm üzerinde Au değerleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plaser altın, Azerbaycan, Tovuzçay, Jeokimya, Tovuz, Küçük Kafkasya.

ABSTRACT

MS THESIS

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TOVUZÇAY DAM UPPER SECTION (TOVUZ-AZERBAIJAN) PLACERS

Mirismayıl AĞHAYEV

Konya Technical University

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Advisor: Prof. Dr. Fetullah ARIK

2024, 58 Pages

January

Prof. Dr. Fetullah ARIK

Assoc. Prof. Dr. Bilgehan YABGU HORASAN

Assoc. Prof. Dr. Yeşim ÖZEN

In this study, gold and heavy element enrichments were investigated by mineralogical, petrographic and geochemical analyzes of samples collected from stream sediments and placers in the lower Tovuzçay river bed, located between Vahidli, Aşağı Öysüzlü and Yukarı Öysüzlü villages in the upstream part of the Tovuzçay Dam lake in the Lesser Caucasus region of Azerbaijan.

Tovuzçay placer gold deposit is located in the Lesser Caucasus region of the Tethys Tectonic Belt, one of the world's important gold and copper provinces, extending from Pakistan to Iran, Azerbaijan, Georgia and Turkey. The main rivers in the Tozuv region are the Tovuz River, which connects to the Kür River, and its tributaries, the Esrik River and Akınca River, and the Zeyem River in the eastern part.

Sedimentary and magmatic rocks formed from the Middle Jurassic to the present day crop out around Tovuzçay. The Middle Jurassic (Bajosian) aged Arıkdam volcanics, which form the basement of the region, are covered by Vahidli rhyolites and Asrikçay pyroclastics. These units are cut by the Upper Jurassic - Cretaceous aged Gosha Granite and all units are unconformably covered by Quaternary-Holocene aged alluvial material.

The primary ore minerals determined in the region by XRD studies on placer samples taken from the Upstream Section of Tovuzçay Dam are hematite, magnetite, chalcopyrite and pyrite formations. The gangue minerals in the mineralization of Tovuzçay placers are, in order of prevalence, calcite, quartz, barite, kaolin and albite.

When the Au values of the placer samples that were chemically analyzed were examined, Au values of 0.00-0.125 mm (2 pieces), 0.125 -0.250 mm (2 pieces) and over 2 ppm were determined in 4 samples.

Keywords: Placer gold, Azerbaijan, Tovuzchay, Geochemistry, Tovuz, Lesser Caucasus.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı 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.

Tez çalışmaları esnasında büyük deteklerini gördüğüm Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sn. Doç. Dr. Yeşim ÖZEN'e ve çalışmalarım esnasında sürekli yardımlarını ve desteklerini gördüğüm Jeoloji Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Alper DÜLGER'e, temel bilgiler ve numune alımı çalışmalarında büyük desteğini gördüğüm Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sn. Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK'e, parlak kesitlerin hazırlanması esnasında yardımlarını gördüğüm Malzeme ve Metalurji Bölümü öğretim üyesi Sn. Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM ve Sn. Arş. Gör. Mehmet ŞAHİN, Jeoloji Mühendisliği bölümü kesitane sorumlusu Teknisyen Sn. Mehmet USLU'ya, Jeoloji Mühendisliği Bölüm Sekreteri Sn. Zülfiye MANGIR'a ve Araştırmanın yapılabilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Konya Teknik Üniversitesi Rektörlüğü ve Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne çok teşekkür ederim.

Tez konusu ile ilgili bilgilerin, kaynakların bulunmasında bana büyük katkısı olan üniversitemizin doktora öğrencileri Sn. Nijat ALİMAMMADOV ve aynı zamanda Azergold CJSC Şirketinin jeoloji yüksek mühendisleri Sn. Coşqun İSMAYIL ve Sn. Samir VERDİYEYEV sonsuz teşekkürler.

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

Mirismayıl AĞHAYEV

KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	2
1.2. Coğrafik Özellikler	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Saha Öncesi Çalışmalar.....	13
3.2. Saha Çalışmaları.....	13
3.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	15
3.3.1. Petrografik incelemeler	15
3.3.2. X-Ray Difraktometre (XRD) analizleri	17
3.3.3 Kimyasal analizler	17
3.4 Büro Çalışmaları	18
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	19
4.1. Genel Jeoloji ve Stratigrafi.....	19
4.1.1. Arıkdam volkanitleri.....	21
4.1.2. Vahidli riolitleri	21
4.1.3. Asrikçay piroklastikleri.....	22
4.1.4. Gosha Granitoyidi.....	22
4.1.5. Tovuzçay plaserleri.....	24
4.1.6. Alüvyon	24
4.2. Magmatizma	25

4.2.1. Magmatizmanın Bajosiyen Aşaması	26
4.2.2. Magmatizmanın Batoniyen Aşaması	26
4.3. Yapısal Jeoloji.....	27
4.3.1. Kıvrımlı yapılar.....	27
4.3.2. Faylar	28
4.4. Jeolojik Evrim.....	28
4.5. Tovuzçay plaserlerinin yayılımı ve konumu	30
4.5.1. Mineralojik-petrografik incelemeler.....	31
4.5.1.1. Cevher mikroskobisi çalışması.....	32
4.5.1.2. X-Işınları Difraktometre (XRD) analizleri.....	36
4.5.2. Plaser jeokimyası.....	36
4.5.3. Plaserlerde NTE jeokimyası	45
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	50
5.1. Sonuçlar	50
5.2. Öneriler	52
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	58

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	1
Şekil 2. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin jeoloji haritası üzerinde önemli maden yatakları ve Tovuzçay bölgesinin yer bulduru haritası	3
Şekil 3. Tetis metalojenik Kuşağı'ndaki porfiri Cu, Au, Mo, Ag yatakları (http://www.angloasianmining.com/operations/overview , 2018)	6
Şekil 4. Küçük Kafkaslar'ın jeolojik yapısı ana tektonik bölgeler ve maden yataklarının yeri A: Agarak, Al: Alaverdi Bölgesi, Am: Amulsar, B: Beqtakari, Bo: Bolnisi bölgesi, C: Çovdar, G: Gosha, Ge: Gedabek İli, K: Kadjaran, Ka: Kapan bölgesi, M: Madneuli, Ben: Mehmana bölgesi, MH: Meghradzor-Hanqavan bölgesi, S: Sakdrisi, Te: Teghout, To: Toukhmanouk, Z: Zod / Sotk. MOP: Meghri-Ordubad plütönu. PSSF: Pambak-Sevan-Sunik fay sistemi (Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016)	7
Şekil 5. Küçük Kafkasya'nın Azerbaycan bölümünde alüvyal altın plaserlerinin yerleri (V.N.Nağıyev., 2007).....	9
Şekil 6. Tovuzçay nehrinde plaser oluşumları.....	14
Şekil 7. Plaser numunelerinde parlak kesit hazırlama aşamaları a) Yıkama, b) Kurutma, c) Eleme, d) Epoksi harcı ile kalıplama.....	16
Şekil 8. Kalıplardan çıkarılan plaser numuneleri.....	17
Şekil 9. Vahidli-Öysüzlü arasında Tovuzçayın jeolojik haritası.....	19
Şekil 10. Vahidli-Öysüzlü arasında Tovuzçayın stratigrafik dikme kesit.....	20
Şekil 11. Gedebe granitoidinde yer alan (a) diyoritler ve onun içerisinde yer alan (b) gabro ksenolitleri (İsmayıl, 2019'dan).	23
Şekil 12. Gedebe granitoidi biriminde yer alan (a) diyorit, (b) andezit daykları (İsmayıl, 2019)	24
Şekil 13. Vahidli-Öysüzlü bölgesinde plaser oluşumları.....	25
Şekil 14. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinde derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında çift nikelde gözlenen tane şeklinde (H), tane şeklinde (M).	32
Şekil 15. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinde derlenen yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen Altın(Au)	32
Şekil 16. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinde derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında çift nikelde gözlenen tane şeklinde (H), tane şeklinde (M).	33
Şekil 17. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinde derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında tek nikelde gözlenen altın (Au)ve pirit (py).	34
Şekil 18. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinde derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında tek nikelde gözlenen pirit (py).	34

Şekil 19. TVc-3 (0.125 mm) Nolu örneğe ait XR-Difraktogramı	35
Şekil 20. TVc-11 (dip) Nolu örneğe ait XR-Difraktogramı.....	35
Şekil 21. TVc-11 (0.125 mm) Nolu örneğe ait XRD grafikleri.....	36
Şekil 22. TVc-5 (0.250 mm) Nolu örneğe ait XR-Difraktogramı	36
Şekil 23. Plaserlerde basit korelasyon katsayıları kullanılarak hazırlanan küme (cluster) analizi dendrogramı	42
Şekil 24. Plaser numunelerine ait ilk beş faktörde bileşenlerin faktör yük grafikleri.....	44
Şekil 25. İnceleme alanından derlenen numunelere ait normalize kondirit diyagramı.....	46
Şekil 26. İnceleme alanından derlenen numunelere ait Primitif manto diyagramı	47
Şekil 27. İnceleme alanından derlenen numunelere ait NASC diyagramı.....	48
Şekil 28. İnceleme alanından derlenen numunelere ait MORP diyagramı	49

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1. Tovuzçay plaserlerinden derlenen örneklerin kimyasal analiz sonuçları ve istatistiksel özeti (Ort.: ortalama, Std. Sp.: standart sapma, Std. Ht.: standart hata, hesaplanan t (th), alt sınır (μ_1), üst sınır (μ_2) Min.: minimum, Max.: maksimum)	38
Çizelge 2. Tovuzçay plaser numunelerine ait basit korelasyon katsayıları	41
Çizelge 3. Derlenen plaser numunelerine ait faktör analizinde 5 faktörün değişime etkisi ve toplam değişim içindeki payları	43
Çizelge 4. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize kondrit oranları	46
Çizelge 5. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize primiti manto oranları	47
Çizelge 6. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize NASC oranları	48
Çizelge 7. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize MORB oranları	49

1.1. Amaç

Alp-Himalaya orojenik kuşağının merkez kesimi boyunca Türk-İran platosu içinde Karadeniz'den başlayarak Gürcistan, Ermenistan ve Azerbaycan'dan Hazar Denizi'ne kadar uzanan bölge Küçük Kafkaslar olarak tanımlanmaktadır. Küçük Kafkasya'nın Batı Azerbaycan bölgesinde çok sayıda birincil altın yatağının yanı sıra önemli plaser yatakları da bulunmaktadır. Tovuzçay, Pakistan'dan, İran, Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye'ye uzanan, dünyanın önemli altın ve bakır provenslerinden biri olan Tetis Tektonik Kuşağı'nın Küçük Kafkasya bölgesinde yer almaktadır. Bu bölgede çok sayıda metalik maden yatağının yanı sıra plaser altın yatakları bulunmuş olmasına karşın doğrudan inceleme alanını konu alan ayrıntılı araştırma bulunmamaktadır. Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında Tovuz (Batı Azerbaycan) ilinin yaklaşık 10 km güneybatısındaki Vahidli, Aşağı Öysüzlü ve Yukarı Öysüzlü Köyleri arasında bulunan Tovuzçay memba bölgesi ile Tovuzçay barajı arasındaki alanda yer alan plaserlerin altın potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.2. Coğrafi Özellikler

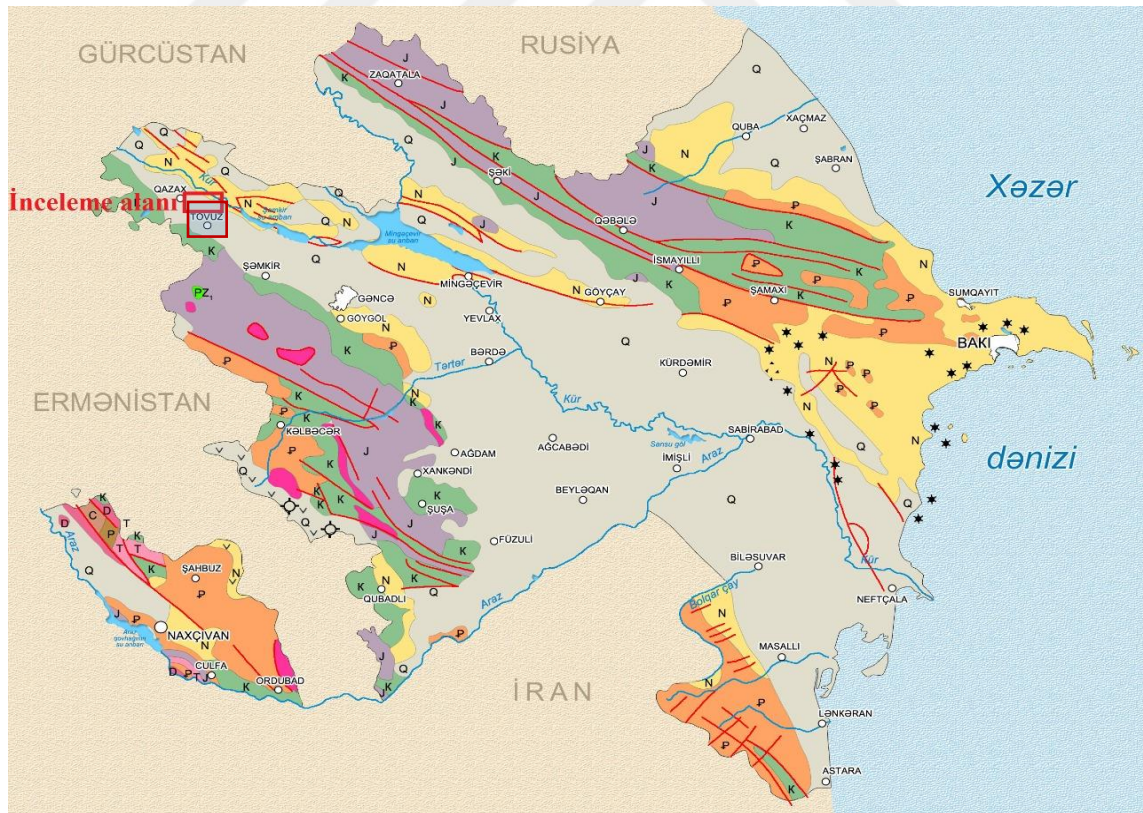
Azerbaycan Cumhuriyeti'nin kuzeybatısında Kür nehri bölgeyi iki kısma ayırmaktadır. Güneybatı yakada hayvancılığın gelişmesi için ana mera olarak kullanılan geniş bir Ceyranchol masifi bulunmaktadır. Nehrin kuzeydoğu kesimi ise İlçenin orman stoğunu ve dağ çayır bölgesini kaplamakta olup tarım için kullanılmaktadır. Tovuz bölgesinde bulunan başlıca akarsular Kür Nehri, Tovuz Nehri ve onun kolu Akınca Nehri, Esrik Nehri ve doğu kesimde Zayam Nehri ve küçük kollarıdır. Yıllık yağış 400-700 mm/m²'dir. Bölgenin toprakları ova kesimdeki kestane (gri kahverengi) topraklardan, dağlık kesimdeki dağ çayırı topraklarına kadar çeşitlilik göstermektedir.

İlçe topraklarının güney kısmı alçak dağlık bölgede, kuzey kısmı ise pozitif ve negatif rölöf formlarının dönüşümlü olarak yer aldığı alçak dağlık ve eteklik bölgede yer almaktadır. Bölgede üç iklim bölgesi vardır:

1. Kuru subtropikal iklim. Bu iklim alanı Kür nehri vadisinde kışları ılık ve sıcaktır.
2. Orta derecede sıcak ve kuru iklim. Bu iklim bölgenin ovalık kesimleri ve rakımı 1000 m'ye kadar olan alanları kapsamaktadır. Kışlar ılık ve yazlar hafif sıcaktır.
3. Hafif soğuk, orman iklimi. Bu iklim bölgesi 1000 - 2000 m yükseklikteki dağlık kısmı kapsamaktadır. Yazlar serin, kışlar ise soğuktur. Tovuz bölgesinin iklimi Güney Kafkasya (Transkafkasya) platosu iklimini yansıtan hafif soğuk iklimdir.

Tovuzçay havzası Tovuzçay, Tovzuçay'ın bir kolu olan Asrikçay ile kuzeydeki Akhıncaçay, Navur ve Norashen nehirleri ile çok sayıda küçük akarsudan oluşmaktadır. Tovuzçay bir geçiş nehridir (Şekil 2). Nehrin kaynaktan Kür Nehrine kadar uzunluğu 42 km, havzasının alanı ise 278 km²'dir. Önemli yan kollarından kuzeyde olan Ermenistan topraklarından, güneyde olanı ise Azerbaycan Cumhuriyeti'nin Tovuz bölgesinden geçmektedir. Kaynağı Murguzdağ'ın kuzeydoğu yamacından (1973 metre yükseklikte) başlamaktadır. Nehirde zaman zaman yıkıcı taşkınlar meydana gelmektedir.

Tovuzçay havzasında alüvyal, delüvyal, alüvyal, alüvyal-prolüvyal çökeller yaygındır. Nehir yatağı memba kısmından msaba doğru genişlemekte olup kaynak bölgesinde genişliği 2-5 m, orta kesimlerde 200-300 m ve mansap kısmında 400-900 m genişliktedir. Tovuzçay güzergahı boyunca çok sayıda teras bulunmakta olup terasların yüksekliği Müllü köyü çevresinde 2 m, 4 m, 20 m, 35 m ve 50 m; Öysüzlü köyü civarında 4 m, 8 m, 16 m, 22 m ve 33 m'dir. Plaser altın yatakları daha çok havzanın orta kesimlerinde Kür Nehri'ne kadar devam etmekte olup daha çok Tovuzçay ve Asrikçay vadilerinde toplanmıştır. Tovuzçay havzasının plaser altınları ağırlıklı olarak sülfürlü cevher ve nabit altın olmak üzere 2 tür zenginleşmeyi kapsar.



Şekil 2. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin jeoloji haritası üzerinde önemli maden yatakları ve Tovuzçay bölgesinin yer bulduru haritası

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Azerbaycan Cumhuriyeti'nin yer üstü ve yer altı kaynakları, zenginliği ve elverişli coğrafi konumu nedeniyle eski çağlardan beri seyyahların ve tarihçilerin ilgisini çekmiştir. Bu bağlamda Mesudi, Marco Polo ve birçok gezgin ve bilim adamı Azerbaycan'ın Hazar Denizi kıyısında yer alan Absheron Yarımadası'ndaki petrol yataklarının varlığı hakkında bilgi vermişlerdir. Bilindiği gibi Azerbaycan hidrokarbon (petrol ve doğalgaz) bakımından zengin rezervlerin yanı sıra, bol miktarda metalik maden ve endüstriyel hammadde yataklarına sahiptir. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin başlıca metalik maden yatakları altın (Au) ve gümüş (Ag) gibi kıymetli metaller, demir (Fe), mangan (Mn), nikel (Ni), krom (Cr), molibden (Mo), wolfram (W), vanadyum (V) ve kobalt (Co) gibi demir ve demir alaşımı metaller, bakır (Cu), kurşun-çinko (Pb-Zn), kalay (Sn) gibi demir dışı veya baz metaller ile antimuan (Sb), civa (Hg) gibi eser elementlerdir. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin önemli metalik maden yataklarının büyük çoğunluğu Küçük Kafkaslar'ın bir bölümünü oluşturan Batı Azerbaycan bölgesinde bulunmaktadır. Özellikle Karabağ bölgesinde altın, bakır, kurşun-çinko ve civa üretimine uygun onlarca maden yatağı keşfedilmiştir. Ayrıca çok sayıda mermer, alçı, vermikulit, süs taşı (agat, volkanik cam, olivin, piroksen), aşındırıcı hammadde, doğal yapı malzemesi, çimento hammaddesi, sodyum sülfat, pomza-pümis, kil vb ekomonik olarak işletilebilecek durumda endüstriyel hammadde yatağı vardır. Ayrıca ülkenin farklı kesimlerinde kum, kil, çakıl, alçı, çimento vb doğal yapı malzemeleri, mermerler ve kaplama taşları, çimento hammaddeleri bulunmaktadır (UN, 2000).

Bu çalışmada incelenen Tovuzçay bölgesi Güneydoğu Asya'dan başlayarak İran, Türkiye ve Avrupa'ya kadar geniş bir kuşakta yayılım gösteren ve başta altın-bakır olmak üzere önemli polimetalik maden zenginleşmeleri içeren Tetis Tektonik Kuşağı'nın ortalarındaki Küçük Kafkasya kesiminde bulunmaktadır (Singer ve ark., 2008; İsmayıl ve ark., 2018; İsmayıl, 2019; İsmayıl ve ark., 2020; İsmayıl ve ark., 2021a,b; Bakshiyev, 2021; Arık, 2021; Arık ve ark., 2022, Arık ve ark., 2023). Küçük Kafkaslar Türkiye'de Doğu Karadeniz'den başlamakta olup güneydoğuya doğru Gürcistan'dan, Ermenistan'a ve Azerbaycan'da Hazar Denizi'ne kadar uzanan geniş bir dağ silsilesidir (Şekil 2; Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016; Rezeau ve ark., 2017; İsmayıl, 2019; Arık, 2019; İsmayıl ve ark., 2020; İsmayıl ve ark., 2021a; İsmayıl ve ark., 2021b; Bakshiyev, 2021; Arık ve ark., 2022; Arık ve Ark., 2023). Küçük Kafkaslar Paleozoyik - Mesozoyik

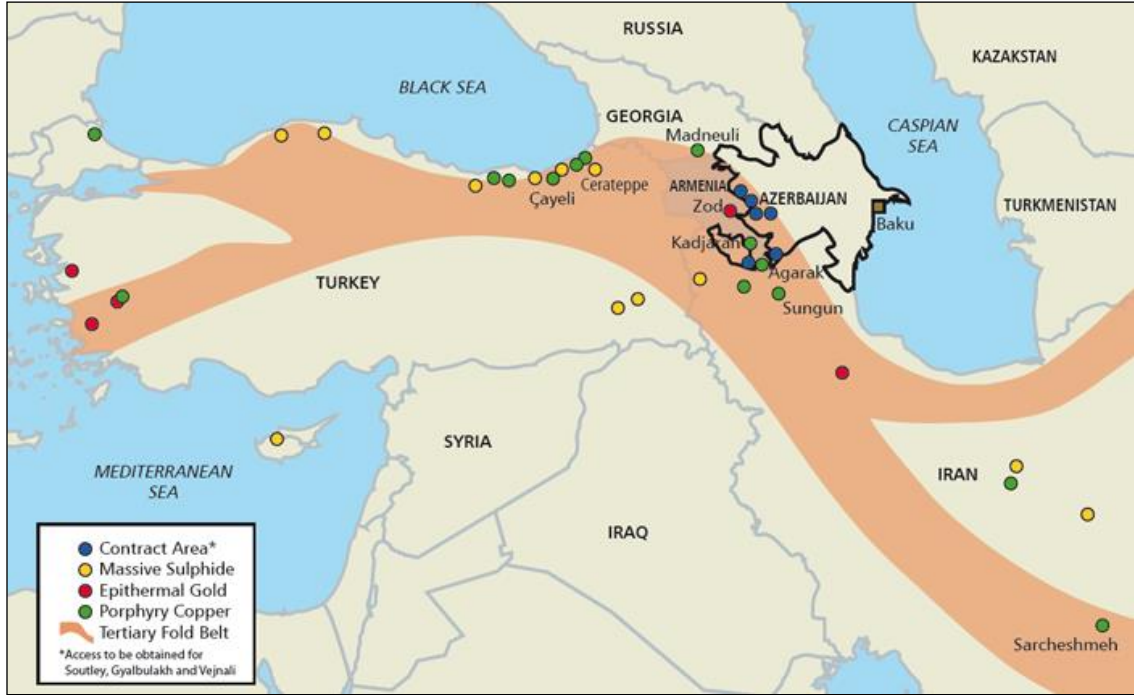
geçiş döneminde Paleotetis'in ve Mesozoyik-Senozoyik geçiş döneminde Neotetis'in kapanması süreçlerinde tekrarlanan çarpışmalara bağlı levha birikimleri ile gelişmiştir (Şekil 3; Barrier, 2008; Sosson ve ark., 2010; Rolland, 2017; İsmayıl, 2019; İsmayıl ve ark., 2020; İsmayıl ve ark., 2021a; İsmayıl ve ark., 2021b).

Küçük Kafkaslar'da Tetis Okyanusu'unun yitimi sonucunda meydana gelen çarpışma ve çarpışmadan sonraki dönemde gelişen jeodinamik olaylar ve bu süreçlerde oluşan magmatik kayaçların kökenleri Rezeau ve ark. (2017)'na göre halen bütün kanıtlarıyla ortaya konulamamıştır. Arap-Avrasya kıtalarının çarpışmasının başlangıcı ile ilgili olarak araştırmacıların bir kesimi Geç Eosen-Oligosen dönemine işaret ederken (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), bazı araştırmacılar çarpışmanın yaşını Erken-Orta Miyosen (McQuarrie ve ark., 2003; Okay ve ark., 2010) ve Mohajjel ve Fergusson (2000) ise Geç Kretase olduğunu belirtmektedirler (İsmayıl ve ark., 2021a; İsmayıl ve ark., 2021b).

Küçük Kafkaslardaki zengin polimetalik yataklar, Mesozoyik başında Paleotetis'in kapanmasıyla meydana gelen çarpışmaya bağlı magmatik yayın, Senozoyik dönemindeki yitimle gelişen birden fazla jeodinamik sürece bağlı olarak değişik yaşlarda ve farklı tiplerde meydana gelmişlerdir (Moritz ve ark., 2017; İsmayıl, 2019; İsmayıl ve ark., 2021a,b; Bakshiyev, 2021, Arık ve ark., 2022; Alimammadov, 2022; Arık ve ark., 2023). Tetis Tektonik Kuşağı'nın Küçük Kafkaslar bölgesinde araştırmalar yapan (Hemon, 2012; Moritz ve ark., 2016) bu kuşak içerisinde önemli miktarda molibden, kalay ve altın içeren büyük rezervli çok sayıda porfir bakır yatağı bulunduğunu belirterek kuzeybatıdan güneydoğuya doğru Türkiye'de Cerattepe (0.8 g/ton Au) ve Çayeli (% 5.1 Cu içinde 0.03 g/t Au), Gürcistan'daki Madneuli (1.03 g/t Au), Ermenistan'da Kadjaran (% 0.27 Cu, % 0.055 Mo ve 0.03 g/ton Au), Agarak (% 0.46 Cu, % 0.027 Mo ve 0.025 g/t Au), Tekhout-Zod (4.3 g/t Au) ile İran'da Sar Chesmeh (% 0.75 Cu) ve Sungun (% 0.01 Mo) yataklarının önemine dikkat çekmişlerdir (Şekil 3).

Babazade ve ark. (2012) ile Alizadeh ve ark. (2017) Küçük Kafkaslar'da çok evreli karmaşık jeodinamik evrime bağlı olarak Cu, Pb, Zn, Mo, Hg, Sb ve Au içeren polimetalik zenginleşmelerin geliştiğini ifade etmişlerdir. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin Küçük Kafkaslar bölgesinde bulunan çok sayıda antik bakır yataklarından Alaverdi, Şenerdere Şamlık, Mishana, Gedebe ve Zengezur'da yeniden maden aramacılığı, rezerv

belirleme ve üretim başlatılmıştır (İsmayıl, 2019; İsmayıl ve ark., 2021 a ve b; Arık ve ark., 2022; Arık ve ark. 2023).

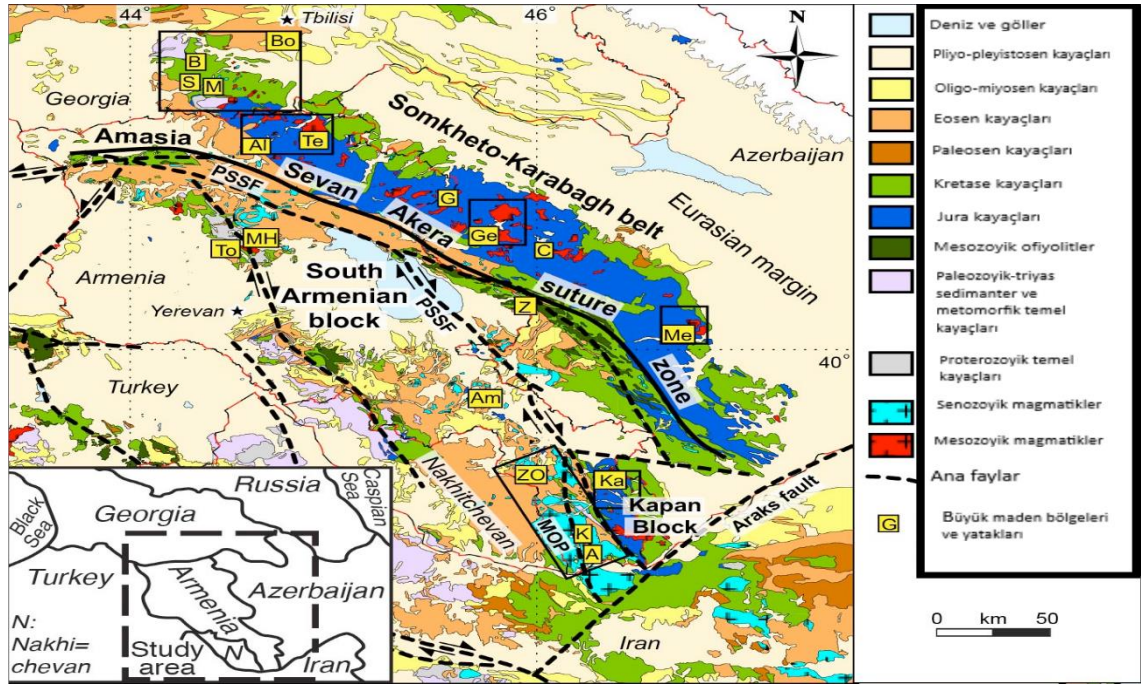


Şekil 3. Tetis metalojenik Kuşağı'ndaki porfiri Cu, Au, Mo, Ag yatakları
(<http://www.angloasianmining.com/operations/overview>, 2018)

Küçük Kafkasya'nın Lök-Karabağ bölgesinde Orta Jura'dan itibaren gelişen çok evreli volkanizmaya bağlı olarak çok sayıda cevher oluşumu meydana gelmiştir. Geç Jura döneminde Daşkesen Fe skarn cevherleşmesi yatağı, Geç Jura-Erken Kretase geçişinde Karadağ porfir Cu yatakları ile Geç Kretase'deki çarpışma öncesinde Au-Cu yatakları oluşmuştur (Babazade; 1990). Bazalt, andezit, dasit ve riolit bileşimli volkanik kayaların içine sokulum yapan gabro, diyorit ve granodiyoritlere bağlı olarak pirit-sülfidlerden, Cu-Zn, Cu-As ve Au-Cu-barit zenginleşmelerine ek olarak doğrudan sokulum kayaları ve alterasyon kuşakları ile ilişkili Co bakımından zengin Fe-skarn, hidrotermal As-Co ve hidrotermal-metazomatik alunit-pirofillit yatakları oluşmuştur (Bakshiyev, 2021).

Babazade ve ark. (1989)'na göre Küçük Kafkaslar'ın en önemli Cu-Zn-Au-pirit-barit-polimetallik cevherleşmeleri Gedebe, Daşkesen ve Kazak yatakları ile Tovuzçay bölgesindeki Jura-Kretase yaşlı volkanojenik piritlerle birlikte önemli metalik zenginleşmelere sahip olan Goşa-İtkırılan yatağıdır. Bölgedeki en büyük Au yatağı Göygöl yükseliminin Buzluk-Başkışlak kesimindeki Çovdar (Daşkesen) yatağıdır.

Azerbaycan Cumhuriyeti'ndeki Mesozoyik magmatizmasına bağlı fasiyesler ve Au yataklarını araştıran Abdullayev ve ark. (1981) Azerbaycan'da altın aramalarının Azerbaycan, Gürcistan ve Ermenistan gibi Kafkas ülkelerinin Rusya ile birlikte hareket etmesinden sonra 1934'ten sistematik altın aramalarının başlatıldığını Aliyev'in öncülüğünde Gence ve komşu bölgelerindeki akarsu havzalarından Goşgarçay, Şemkirçay, Ceyiçay ve Ağstafaçay ile birlikte pek çok akarsu havzasında akarsu yataklarında çok sayıda plaser altın yataklarının bulunduğunu (Aliyev, 1976). belirtmişlerdir (Şekil 4).



Şekil 4. Küçük Kafkaslar'ın jeolojik yapısı ana tektonik bölgeler ve maden yataklarının yeri A: Agarak, Al: Alaverdi Bölgesi, Am: Amulsar, B: Beqtagari, Bo: Bolnisi bölgesi, C: Çovdar, G: Gosha, Ge: Gedabek İli, K: Kadjaran, Ka: Kapan bölgesi, M: Madneuli, Ben: Mehmana bölgesi, MH: Meghradzor-Hanqavan bölgesi, S: Sakdrisi, Te: Teghout, To: Toukhmanouk, Z: Zod / Sotk. MOP: Meghri-Ordubad plütonu. PSSF: Pambak-Sevan-Sunik fay sistemi (Mederer ve ark., 2014; Moritz ve ark., 2016)

(Abdullayev ve ark., 1998)'na göre Küçük Kafkasya'da plaser altının incelenmesi ilk olarak 19. yüzyılın başlarında gerçekleşmiş olup bu dönemde (Musin, 1799), Küçük Kafkasya'da, (Loginov, 1806) ve (Karpovsky, 1821) tarafından plaser altının varlığı hakkında bilgi verilmiştir. Azerbaycan'da keşfedilen ilk Au yatağının (Musin, 1799) tarafından keşfedilen Ağstafaçay'ın (Kazak) sağ sahilindeki altere kuvarsitlerin içindeki Au, Fe oksit, pirit ve malahit zenginleşmelerini içeren Ağstafaçay Au yatağı olduğunu belirtmektedirler. Araştırmacılar Eyfeld ve Loginov (1806-1807)'un yataкта 5.3 g/t-201 g/t Au tenörü hesapladıklarını ifade etmişlerdir. Yataкта daha sonra araştırmalar yapan

Karpinski (1820), 100 pod (1638 kg) cevher içinde en az 227 gr (141.5 gr/ton) Au bulunduğunu ve en zengin Au zonunun Dağkesemen-Şamşaddin yolunun 200-215 m kuzeyindeki plaserlerde yer aldığını belirtmiştir. Bölgedeki bu ilk keşfinden sonra Karpinski (1820) Genceçay plaser Au yatağını bulmuştur. Araştırmacılar; Ağstafaçay ve Hasansu Köyü arasında yer alan Ferehli vadisinde araştırmalar yapan Karamov (1839)'un altın zenginleşmeleri içeren 6-10 m genişlik, 1.5-2.1 m kalınlık ve 1.7 km uzunluğunda plaser yatağını bulduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar daha sonra yine Karamov (1840)'un Tehneli Köyü civarında Şemkirçay'ın her iki sahilindeki kil tabakasının altında 0.7-2.0 m kalınlık ve 1.0-1.2 km uzunlukta, Seyfeli Köyü civarında 0.7–2.1 m derinlik ve 0.7-2.0 m kalınlıkta plaser Au yatağını keşfettiğini ifade etmişlerdir.

Abdullayev ve ark. (1988) bölgede altın aramacılığı yapan İvanitski (1851-1852)'nin Ağstafaçay'da 2.0 m kalınlık, 12-13 m genişlik ve 5 km'nin üzerinde uzunluğa sahip bir zon içinde 15-105 cm kalınlıkta zengin altın bulunduran bir plaser tabakasını keşfettiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar “bölgede bazı antik eşyalar altın parçaları, gümüş parçaları, Parfiya hükümdarı I Horde'a (M.Ö 54-37) kadar uzanan gümüş paralar, cüruf ve tahta parçalarının bulunmuş olmasının bölgedeki altın işletmesinin çok eski devirlere kadar uzandığını” belirtmişlerdir. İvanitski daha sonra çalışmalarını Klemenov'la devam ettirmiş olup Klemenov'un, notlarında Kafkas Dağları ve akarsularında altın yataklarının bulunduğunu ifade etmiştir. Bölgedeki tüm nehirlerdeki (Tovuz, Şemkir, Genceçay'dan Terterçay'a kadar) altının tenör ve rezerv bakımından üretilebilir miktarlarda olduğunu belirtmiştir. Daha sonra Siemens (1892), Gedebev bölgesindeki bakırla birlikte altını üretmiştir.

Abdullayev ve ark. (1988), Transkafkasya altın aramaları kapsamında 1946 yılında Süleymanov'un önderliğinde Terterçay Havzası'nı incelemiş ve plaser örneklerinde altın taneleri olduğunu belirtmiştir. 1951'de, Kafkasya altın maden bakanlığı, Terterçay havzasında derin ve plaser altın aramaya başlamış ve Zod altın yatağı keşfedilmiştir. Zod altın yatağı etrafında akarsu havzalarında alüvyal–prolüvyal tip plaser altın taneleri keşfedilmiştir. Daha sonra Potriyaksın ve ekibi 1954'te Terter, Tutkun ve Zerçay havzalarında yıkama ile zenginleştirdikleri plaserlerde 100'den fazla altın tanesi bulunurken, 1963'te Süleymanov'un öncülüğünde olup Gorançay'da 10 adet altın anomali alanı belirlenmiştir. Efendiyev ve Bayramov 1965 yılında, Esrikçay ve Ağstafaçay havzaları arasındaki Dağkesemen ve Goşa bölgelerinin plaserlerinde altın varlığını tespit etmişlerdir. 1971-1973'te Abdullayev'in liderliğinde Kelbecer maden bölgesinde Zerçay,

Söyütlü ve Tutkun yatakları, 1968-1973 arasında Zeynalov ve İsmayilov tarafından Dağlık Karabağ bölgesinde çok sayıda plaser altın anomalisi belirlenmiştir. Ömerov (1991) bölgedeki akarsularda plaser altının bulunduğu belirtirken Abdullayev ve Hasanov (1993) Daşkesen bölgesinde plaserlerde ekonomik altının varlığını kanıtlamıştır. Daha sonra Azergold şirketinin Küçük Kafkasya'nın çeşitli yerlerinde yaptığı son araştırmalar sonucunda Genceçay, Goşgarçay ve Kürekçay havzalarında umut vaat eden altın varlığı ortaya konulmuştur.



Şekil 5. Küçük Kafkasya'nın Azerbaycan bölümünde alüvyal altın plaserlerinin yerleri (V.N.Nağıyev, 2007)

Azerbaycan'da 20. yüzyılın başından bu yana maden yataklarının araştırılması yaygınlaşmıştır. Ağırlıklı olarak Rus yerbilimciler tarafından Küçük Kafkasya bölgesindeki KB-GB yönünde akan nehirlerle Şahdağ ve Murovdağ sıradağların kuzeydoğusundaki Tovuz, Zeyam, Şemkir, Goşgar, Gence ve Kür nehrine kadar birçok nehirde çok önemli altın yatakları keşfedilmiştir. Küçük Kafkasya'daki altın yatakları genellikle altının doğrudan işletilebileceği yataklar ve yan ürün olarak üretilebileceği yataklar şeklinde endüstriyel ve kökensel olarak iki grupta yoğunlaşmıştır.

Hüseynov (2003) tarafından Ağstafaçay Havzası'ndaki dere sedimanlarında ortalama 1–6 ve 8–10 tane şeklinde iki farklı zenginleşme ve Kosalar köyü yakınlarında yaklaşık 16 adet altın anomalisi tespit edilmiştir (Bakshiyev, 2021). Hüseynov (2012) tarafından Ağstafaçay havzasında dere sedimanlarının altın içeriğini değerlendirmek için daha önce keşfedilen 4 adet yatak test edilmiştir. Bunlar Ağstafa I, II, III (Poylu) ve Musaköy yatakları olup saf altın miktarı 8-10 mg/m³ civarındadır. Ağstafaçay üzerinden alınan bazı numunelerde 20-300 mg/m³ aralığında ortalama 100 mg/m³ altın varlığı dikkat çekicidir. Ağstafaçay'ın aynı isimli sağ kolundaki Dağkesemen bölgesinde polimetalik alandan türeme altere kayaç parçaları içeren prolüvyal–alüvyal malzemelerde bate ile yıkama sonucunda tane boyu 0.5-1.0 mm arasında değişen ortalama 1-7 tane içeren yıkanmış numunenin altın tenörü 20-100 mg/m³ arasındadır (Bakshiyev, 2021).

Kazak grabeninin oluşturan tektonik etkinlik jeolojik zaman boyunca yeniden açılmalar ve Neojen döneminde magmatizma oluşmuştur (Şikhalibeyli, 1972; Babazade ve ark., 2006; İsmayilzade, 2003; Hüseynov, 2003; Bakshiyev, 2021). Dağkesemen Au-Cu yatağı Lök-Karabağ metalojenik kuşağının kuzeybatısındaki Kretase - Paleojen-vulkanosedimanter istif içinde bulunmaktadır (Babazade ve ark., 2015; Bakshiyev, 2021). Dağkesemen polimetalik Au yatağının orta kesiminde faylarla kesilen albitofir volkanikler içinde Dağkesemen yatağının II ve IV cevher taşıyan bölgeleri bulunmaktadır (Ahundov, 2003; İsmayilzade, 2003; Babazade ve ark., 2005; Ramazanov ve ark., 2009; Abdullayev ve ark., 2012; Hüseynov, 2012 a ve b).

Tovuzçay'ın güneydoğusundaki Gedebeş altın bakır yatağında çalışan araştırmacılar (İsmayıl ve ark., 2018; İsmayıl, 2019; Arık ve ark., 2020; İsmayıl ve ark., 2021a ve b) ile bölgenin kuzeybatısındaki Dağkesemen (Gazah) bölgesinde araştırmalar yapan Bakshiyev (2021) ve Arık ve ark. (2022) bölgede madencilik faaliyetlerinin 2000 yıl kadar önce başladığı ve buradaki zengin bakır zuhurlarının ilk yerleşimcilerden sonra dönem dönem el değiştirerek Osmanlı, İran ve Azerbaycan Hanlıkları tarafından

işletildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar Azerbaycan'ın 19. Yüzyılın başından 1991 yılına kadar yaşadığı Rus yönetimi döneminde madencilik faaliyetlerinin Rusya'nın izini ile yapıldığını bu kapsamda 19. yüzyılın başlarında Yunanistan'ın Rusya'dan izin alarak Gedebe Cu-Au yatağını keşfettiklerini 1849'a kadar yatağın % 8'den fazla Cu içeren kütlelerini ürettiklerini ve Cu içeriği % 5-8 arasında olan kısımların ise pasa olarak atıldığını 1849 yılından sonra da, Alman Siemens firmasının 1917'deki Rus Devrimi'ne kadar bu bölgede en az 100.000 ton sülfürlü bakır üretimi yaptığını ifade etmektedir.

Bölgede çalışan araştırmacılara göre (Babazade ve ark., 2005; Babazade ve Abdullayeva, 2012; Kalenderov, 2010; Ramazanov ve ark., 2009) yatağın oluşmasında ana faktör, minerallerce zengin post-hidrotermal magmatik çözeltilerin yan kayaçlar üzerindeki kimyasal etkileridir. Hidrotermal bileşiklerin yukarı doğru hareketi sırasında basınç ve sıcaklıktaki azalan yönde değişimler mineral parajenezini oluşum sırasını belirlemiştir. Mineral oluşumunun ilk aşamaları yüksek termo-barojeokimyasal koşullarda meydana gelmiş, sonraki aşamalarda basınç ve sıcaklık düşmüş ve bu evrede kristalleşebilecek mineraller oluşmuştur.

Küçük Kafkas Göyce-Hekere zonunda ümit verici Cr, Mg, Pt, Au, Cu ve Mo zenginleşmeleri bulunmaktadır (S.Elnur, 2012). Daşkesen bölgesinde yüksek kaliteli demir ve çelik elde etmek için önemli bileşenler olan kobalt yatakları vardır. Bölgede önemli metalik yatlardan biri olan Daşkesen manyetit demir cevheri yatağındaki manyetitlerin kalınlığı 4-5 m ila 60 m arasındadır. Ancak bazı yerlerde manyetit demir cevherinin kalınlığı 100-200 m'ye ulaşmaktadır. Cevherde demir miktarı % 35-50 arasında ve toplam rezerv 200 milyon ton civarındadır. Bölgedeki bir diğer demir yatağı olan Alabaşlı demir cevheri yatağı Jura yaşlı volkanosedimanter istif içinde hematitçe baskın bir demir yatağıdır.

Küçük Kafkasya'da polimetalik Cu ve sülfid yatakları da bulunmaktadır. Özellikle Tatar bölgesindeki Elbekdaş sahasındaki polimetalik Cu ve porfir bakır yatakları önemlidir (Abix ve ark., 1920). Gedebe yatağı da önemli Cu-Au sülfid yataklarından biridir. Küçük Kafkasya'nın orta kısmındaki ultramafik kayaçlar içinde krom yatakları vardır. Nahçıvan'daki Paragaçay molibden yatakları uzun süredir işletilmektedir. Şaril bölgesi ve Yukarı Danzig bölgesinde Paleozoyik yaşlı kayaçlar içinde Pb-Zn yatağı vardır.

Azerbaycan Cumhuriyeti'nin ve tüm Kafkasya bölgesinin en büyük polimetalik cevheri 1958 yılında Balakan bölgesindeki Büyük Kafkas Sıradağları'nın güney

yamacında keşfedilen Filizçay polimetalik Cu-Pb-Zn-Ag yatağıdır (Tağıyev ve ark., 1960). Bu yatak, aynı adı taşıyan nehrin havzasındaki orta dağ bölgesinde yer alan Tufan antiklinoryumu içinde şeyl, volkanojenik kumtaşı ve arjilit katmanları içinde yer almaktadır. Arjilitlerin içinde pirit ve bakır, gümüş, kurşun, çinko sülfidlerle lapis lazuli, antimuan, bizmut, tellür ve diğer bazı önemli elementler zenginleşmiştir. Filizçay polimetalik yatağında oldukça büyük rezerve sahip 80'den fazla mineral zenginleşmesi tespit edilmiş olmasına rağmen halen işletmeye açılmamıştır. Filizçay yatağının yakınlarında kökeni ve cevher bileşimi Filizçay yatağından önemli ölçüde farklı olan damarlı kuvars polimetalik Kasdağ ve Jixix yatakları da keşfedilmiştir.

Küçük Kafkasya'nın Kelbecer ve Zengilan gibi bazı bölgelerinde endüstriyel açıdan önemli değişken kökenli altın yatakları bulunmaktadır. Küçük Kafkasya'nın Gence-Gazakh Maili ovasındaki kuzeydoğu yamacında akan alüvyon nehirleri çökeltilerin dağınık altın içerdiği açıktır (Zamani ve ark., 2019).

Au ağırlıklı olarak Küçük Kafkasya'nın KD Somkht-Ağdam yapısal oluşumunun yamaçlarında zenginleşmiştir. Zeyemçay ve Asrikçay nehirleri Göyçe-Hekere'nin yarık bölgesindeki Şahdağ bloğundan hareket ederek havzanın ortasındaki nehrin kollarında plaser birikimlerine ev sahipliği yapmıştır. Küçük Kafkasya'da bulunan başlıca plaser yatakları İncesu Havzası, Ağstafaçay Havzası, Tovuzçay Havzası ve Zeyemçay Havzası'nda bulunmaktadır. İncesu Havzası Nehri'nin ana yatağı, plaser altın arama işleri için çok uygundur. Altın tanelerinin bulunma oranı % 1 olup nehrin sağ kollarında plaser içinde 92, 98, 165 mg/m³ altın tenörü vardır. Havzanın orta ve alt kısımlarında bulunan Ağstafaçay Vadisi Musaköy çevresindeki daralmasına rağmen, geniş bir ovoiden geçerek geniş bir giriş konisi oluşturur ve Kür Nehri'ne kadar devam eder. Ağstafaçay Vadisi'nde elüvial, delüvyal, alüvyal ve prolüvyal birikimler yaygındır. Cevherlerdeki plaser altının tane boyu, Ağstafaçay boyunca 1-16 mm ve altın tenörü 20 ila 300 mg/m³ arasındadır (Abdullayev, 1999).

Zeyemçay Şahdağ havzasından Kür nehrine, yani kaynaktan gelen kaynak 80 km uzunluğunda ve 26 km eteklerinde yer almaktadır. Havzanın Zeyemçay, Göyçe-Hekere yükselme bölgesinden kaynaklanmakta olup genişliği kaynak kısmında 22 km, orta kısmında 17 km ve dağıtım konisinde daha da fazladır. Zeyemçay havzasının Altın zenginleşmeleri esasen orta kesimde olmak üzere kaynak kesiminde olup mansap kısmında tenör azalmaktadır (Zamani ve ark., 2020).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Giriş bölümünde belirtilen amaç doğrultusunda saha, laboratuvar ve büro çalışmalarından oluşan jeolojik ve jeokimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

3.1. Saha Öncesi Çalışmalar

Bu aşamada çalışma alanının içinde bulunduğu bölgenin jeolojisi ile ilgili önceden hazırlanmış olan raporlar, yayınlar derlenmiş ve arazi ile ilgili ön bilgiler elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında arazi çalışması programı yapılmıştır. Saha çalışmaları 2022 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştirilmiştir. Tovuzçay Nehri vadisi boyuca bir inceleme yapılarak numune alınacak alanların koordinatları not alındı. Arazide su seviyesi yüksek olduğu için bazı bölgeye giriş mümkün olmadığından arazinin uydu görüntüleri ve keşif gezilerinden sonra numune alınacak yerler belirlenmiştir. Bu dönemde ayrıca yörenin jeolojik haritası ile arazi için gerekli olan malzemeler temin edilmiştir. Dere yataklarında numune alınması için hususi giyimler ve kullanılacak malzemeler temin edilmiştir. Numuneler alındıkça onları hususi olarak paketlenip kod isimler verildi ve koordinatları ile beraber yazıldı. Bu aşamada Google Earth ve AlpineQuest programları kullanıldı. Ayrıca ilgili kurumlardan (Güvenlik birimleri, idari birimler ve Devlet kurumlarından) arazi çalışması aşamasında gerekli olabilecek izin belgeleri alınmıştır.

3.2. Saha Çalışmaları

İnceleme alanı ve çevresinde daha önceden çeşitli araştırmacılar tarafından gerek jeolojik gerekse bölgedeki Küçük Kafkasyanın plaser altın yatakları üzerine yapılmış olan birçok çalışma dikkatli bir şekilde gözden geçirilmiş ve bu çalışmalardan yararlanılarak arazi incelemelerine gidilmiştir. Bu çalışmanın yapıldığı alan “Vahidli-Öysüzlü” (Tovuz-Azerbaycan) arasındadır. Arazi oldukça sarp ve araç tarfiğine uygun değildir. Vahidli, Yukarı Öysüzlü veya Aşağı Öysüzlü köylerine kadar araçla gittikten sonra nehir yatağında yaya olarak çalışılabilmektedir. Vadi boyunca nümune almak için yürümek gerekmektedir. Tovuçayın kuzey kolunun başlangıç kısmı Ermenistan arazisinde olduğu için bu çalışmada o bölgeden numune alınamamıştır. Bu çalışmada örnekleme yapılan dönemde henüz Azerbaycan Cumhuriyeti – Ermenistan sınır savaşının etkisi devam ettiği için sınır bölgesine yakın araziler askeri ve tehlikeli arazi olarak değerlendirildiğinden

giriş yasağı uygulanmıştır. Çalışma yaptığımız arazi iyi bir şekilde gözlemlenip notlar alınmıştır. Numuneler alındıkça iyi bir şekilde paketlenip hazırlanmıştır. Alınan her numune için koordinatlar yazılmış ve numunelere isimler verilmiştir. Saha çalışması süresince fotoğraflar çekilmiştir.

Buna göre; dereden plaser numuneleri alınarak mineralojik analiz ve kimyasal analiz (ana oksit ve iz elementleri) için sistematik örneklemler yapılmıştır. Bu amaçla Tovuzçay nehrinden toplam 11 adet numune derlenmiştir.



Şekil 6. Tovuzçay nehrinde plaser oluşumları

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

3.3.1. Petrografik incelemeler

Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay memba kesiminden alınan plaser numunelerinin içerisindeki organik madde, bitki kalıntıları vb. gibi istenmeyen bileşenlerin temizlenmesi için ilk önce plaser numunesine yıkama işlemi uygulanmıştır (Şekil 7 a). Yıkanan numuneler etüvde 100 °C’de 8 saat boyunca kurutma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 7 b). Ardından her bir numuneye çeyreklemeye yöntemi uygulanmış ve ağırlıkları saptanmıştır. Parlatma işleminin ve analiz yapılabilmesi için numuneler 0.125 mm, 0.250 mm, 0.500 mm ve dip kabından oluşan elek düzeneğinde eleme işlemleri yapılmış ve bu işlemler sonucunda plaser numuneleri (>500 mm, 0.250-0.500 mm, 0.125 mm-0.250) mm ve dip kap (<0.125 mm) olacak şekilde 4 farklı tane boyutuna ayrılmıştır (Şekil 7 c). Her bir tane boyutu ayrı ayrı tartılarak numune torbalarına aktarılmıştır.

Araziden derlenerek farklı tane boylarına ayrılan 21 plaser numunesinin parlatma işlemleri Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Jeokimya-Hidrokimya Laboratuvarında yapılmıştır. Numuneler öncelikle 30*30*15 mm boyutlu kalıplara koyulmuştur. Ayrık taneli numunelerin kalıplanması için polyester, dondurucu ve donmayı hızlandıracak kimyasallarla hızlı bir şekilde karıştırılarak bir sıvı karışımı elde edilmiştir (Şekil 7 d). Bu karışım numune doldurulan kaplara eklenerek hiçbir boşluk kalmayacak şekilde hızlıca karıştırılmıştır. Kaptaki kumun karışımı iyice emdiği anlaşıldığı anda donma işlemine tabi tutulmuştur. Yaklaşık olarak 24 saat süre içinde donan numuneler kaptan çıkarılmıştır (Şekil 8). Daha sonra parlatma kesit yapmak için kesilmiştir. Parlatma işlemi için hazırlanan düzenekte kesilen numuneler 120 mesh boyutlu silisyum karbür (SiC) - su solüsyonu ile yatay lap makinesinde aşındırılmıştır. Daha sonra bu numuneler bir cam yüzey üzerine sırasıyla 240, 400, 600, 800, 1000 meshlik silisyum karbür (SiC) - su solüsyonu ile parlatma aşamasına gelecek şekilde aşındırılmıştır. Parlatma aşamasında numuneler keçeli disk üzerine dökülen 9 ve 6 mikron ebatındaki elmas macunlar aracılığıyla parlatılmış ve 3 mikron ebatındaki cila ile son parlatma işlemi yapılmıştır. Parlak kesit yapılan örneklerin, mineralojik bileşimi ve dokusal özelliklerini saptamak amacıyla, Konya Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan Leica marka DM2700P model üstten aydınlatmalı polarizan mikroskobunda 10x, 5x, 2.5x büyütme objektifli mikroskopta incelenmiş ve

fotoğrafları çekilmiştir. Saha çalışmaları ile saptanan bulgular, laboratuvar çalışmaları ile eleştirilmiş ve ince kesitlerin incelenmesi ile elde edilen petrografik sonuçlar litolojilerin belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 7. Plaser numunelerinde parlak kesit hazırlama aşamaları a) Yıkama, b) Kurutma, c) Eleme, d) Epoksi harcı ile kalıplama



Şekil 8. Kalıplardan çıkarılan plaser numuneleri

3.3.2. X-Ray Difraktometre (XRD) analizleri

Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserinin ağır metal ve altın cevherleşmesinde yer alan cevher ve cevherli kayaç numunelerinden 8 numunenin X-ray difraktometre analizi, MTA Genel Müdürlüğü Mineraloji-Petrografi Laboratuvarı (Ankara)'nda yapılmıştır. XRD analizi yapılacak numune, uygun tane boyutunda öğütülerek toz haline getirilerek Bruker D8 Advance, Panalytical X'Pert Powder ve Philips PW 1830 marka model XRD analiz cihazı yaptırılmıştır. X-Işını Kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalen fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalen faz için bu kırınım profilleri o mineral için karakteristik olduğu için minerallerin kolaylıkla tayin edilmesi mümkün olmaktadır. MTA Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında XRD analiz cihazı bakır anotlu X ışını tüpüne sahip olup analizlerde 1.544 Å dalga boyuna sahip Cu-K ışınları kullanılmaktadır. Cihaz maksimum 60 KV ve 50 mA' de çalıştırılmaktadır. Toz ve düzgün yüzeyli katı örneklerin kalitatif mineralojik veya faz analizleri ve kristal yapı tanımlanması yapılmaktadır. Her örnek için elekten elenmiş ve boyutlandırılmış numunelerden belirli aralıktan en az 30-40 gr civarında numune gönderilmiştir.

3.3.3 Kimyasal analizler

Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın plaser yatağından toplam 8 örneğin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacı ile ALS Global Kimyasal Analiz Laboratuvarında ICP-MS yöntemiyle ana oksit ve iz element analizleri yaptırılmıştır. Bu örnekler içerisinde iz elementlerden Au, Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re,

S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Yb, SiO₂, Si içerikleri saptanmıştır.

Analizler sonucunda element konsantrasyonu olarak analiz edilen Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, SiO₂, Si, S ve Ti oksit konsantrasyonlarına dönüştürülerek % olarak verilmiştir. Numunelerde oldukça yüksek değerlere ulaşan Ba, V ve Zn sonuçları da diğer bileşenler ile beraber ppm cinsinden verilmiştir.

3.4 Büro Çalışmaları

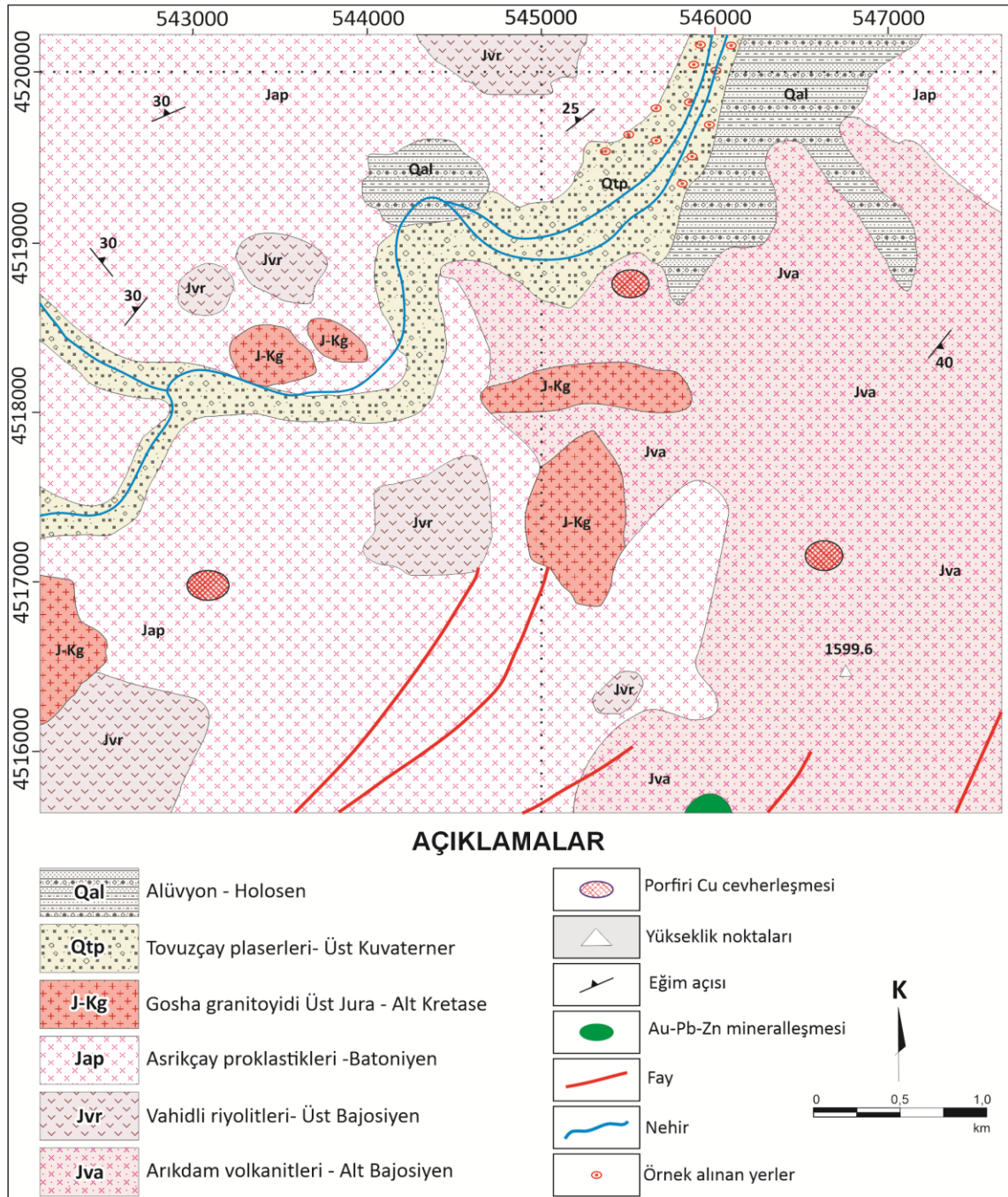
Saha öncesi çalışmalar, saha çalışmaları ve plaser ve cevher numunelerinin analizlerinden (mineralojik, kimyasal, vd.) elde edilen tüm veriler yorumlanarak, daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları istatistiksel yöntemler ile değerlendirilerek örnek gruplarına ait ortalama, medyan, standart sapma, standart hata, anakitle aritmetik ortalamasının güven aralığı gibi değişkenlik ölçüleri ortaya konulmuştur. Arazi, laboratuvar ve istatistiksel analizler sonucunda elde edilen bütün veriler kullanılarak sahadaki plaserlerin birbirleri ve yan kayaçları ile ilişkileri yorumlanmıştır. Son aşamada ise bütün bulgular birleştirilerek tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

Rapor yazımı aşamasında, mineral ve kimyasal analizlerinden elde edilen veriler istatistik, bilgisayar destekli tasarım, kelime işlemci, elektronik hesap ve tablolaştırma ile uzaktan algılama konularındaki hazır bilgisayar paket programlarında (CorelDraw, IBM SPSS Statistics) değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Genel Jeoloji ve Stratigrafi

Tovuzçay civarında Orta Jura'dan günümüze kadar oluşan magmatik ve sedimanter kayalar yüzeylemektedir. Bölgede Orta Jura (Bajosiyeen) yaşlı Arıkdam volkanitleri, Vahidli riolitleri ve Asrikçay piroklastikleri Üst Jura – Kretase yaşlı Gosha Granitoyidi tarafından kesilmekte ve tüm birimler Kuvaterner-Holosen yaşlı alüvyal malzeme ile uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 9 ve 10).



Şekil 9. Tovuzçay (Vahidli ve Öysüzlü-Tovuz) bölgesinin jeolojik haritası

S E N O Z O Y İ K			ÜST SİSTEM
KUVATERNER		GÜNCEL	SİSTEM
M E S O Z O Y İ K			KAT
KRETASE		FORMASYON	
O R T A - Ü S T J U R A		SEMBOLOJİ	
Alt Bajosiye	Üst Bajosiye	Batoniye	Üst Jura Alt Kretase
Arıkdam Volkanitleri	Vahidli Riyolitleri	Asrikçay Proklastikleri	Gosha Granitoyidi
Jva	Jvr	Jap	J-Kg
Alüvyon (Qal): Az tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kil Tovuzçay Plaserleri (Qtp): Dere yataklarında daha eski magmatik kayalardan türeme ayırık taneli plaserler Gosha Granitoyidi (J-Kg): Granit, granodiyorit, kuvars diyorit ve diyoritler ile granit apilitler Asrikçay Proklastikleri (Jap): Volkanik kökenli kum, kil ve az oranda çakıltaşı Vahidli Riyolitleri (Jvr): Tüf arakatlı riyolit ve yer yer porfirik andezitler Arıkdam Volkanitleri (Jva): Pembe renkli yer yer tüf içeren andezit ve dasitik lavlar			

Şekil 10. Tovuzçay (Vahidli ve Öysüzlü-Tovuz) bölgesinin stratigrafik dikme kesit

Bu çalışmada daha çok plaserlere odaklanılmış olup yörenin jeolojik ve stratigrafik özellikleri daha önce yapılan çalışmalardan derlenerek oluşturulmuştur.

4.1.1. Arıkdam volkanitleri

Arıkdam volkanitleri genellikle andezitik lavlar, az miktarda aynı bileşimli damar kayaçları ve yer yer piroklastik kayaçlarla temsil edilmektedir. Birim farklı araştırmacılar tarafından Orta Jura (Bajosiyen) yaşlı volanikler olarak tanımlanırken ilk defa inceleme alanının güneydoğusunda Gedebe bölgesinde çalışan İsmayıl (2019) tarafından litodem birimi olarak adlandırılmış olup litolojik benzerliğinden dolayı aynı adlama benimsenmiştir. İnceleme alanının doğu kesiminde tipik olarak yüzeylenmektedir.

Alt Bajosiyen (Orta Jura) volkanitlerinin farklı bileşimli kayaçları ile temsil edilen Arıkdam volkanitlerinde başlıca andezitik lavlar yer yer bunlarla eş zamanlı olarak yer almaktadır. Tovuzçay ağır metal ve altın potansiyelinin olduğu arazide ince taneli kırıntılı kayalardan oluşan Arıkdam volkanitleri Üst Bajosiyen yaşlı riyolitler ve gabro-diyabaz bileşimli damar kayaçları tarafından kesilmiştir ve riyodasit yüzeyi olgunlaşmıştır. Bu sokulumlardan kaynaklı olarak Alt bajosiyen katının volkanik ve volkanojenik kırıntıları Üst Bajosiyen volkanizması ve Malm yaşlı damar ve volkanik kayaçların etkisiyle şiddetli kontakt metazomatizmaya maruz kalmıştır. Yörede gerçekleşen tektonik aktiviteye bağlı olarak farklı yönlerde gelişen kırıklara bağlı olarak aşırı derecede parçalanmıştır. Kırıklar arasında nispeten zayıf ve geçirgen bölgelerdeki parçalanmış kayaçlar yoğun olarak silisleşmiş olup kaolinleşme, serizitleşme ve ikincil kuvarsit oluşumlar görülmektedir (Mansurov, 2004).

Tovuzçay deresinde Arıkdam volkanitleri Üst Bajosiyen yaşlı subvolkanik kayaçlar ile volkanik ve piroklastik kayaçlarla çoğu zaman yanal düşey geçişli iken bazı yerlerde bu kayaçlar tarafından düşük açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Arıkdam volkanitlerinin yaşı bölgede çalışan Mansurov (2004) tarafından Alt Bajosiyen olarak belirlenmiş olup Üst Bajosiyen yaşlı riyolit ve riyodasitler ile Batoniyen yaşlı volkanikler tarafından kesildikleri ve yer yer uyumsuz olarak örtüldükleri için bu yaş aralığı kabul edilmiştir. Alt Bajosiyen yaşlı bazalt ve andezitik kayaçların inceleme alanındaki kalınlığı 1200 m civarındadır.

4.1.2. Vahidli riyolitleri

Genellikle Arıdam volaniklerini keserek yerleşen riyolitik ve riyodasitik damar kayaçları ile temsil edilmektedir. Daha önceki araştırmacılar (Mansurov, 1998; Mansurov, 2004) tarafından riyolit ve riyodastik damar kayaçları olarak tanımlanan bu

damar kayaçları yoğun olarak gözlendikleri Vahidli köyü çevresine atfen Vahidli riyolitleri olarak adlandırılmışlardır.

Tovuzçay plaserlerinin bulunduğu bölgede Alt Bajosiyen yaşlı Arıkdam volkanikleri Üst Bajosiyen yaşlı riyolit-riyodasit bileşimli damar kayaçları ile kesilmekte olup çok fazlı dayklar ve damar kayaçları şeklinde yerleşmişlerdir. Litolojik ve petrolojik bileşimlerine göre bu fazın kayaları riyolit, riyodasit ve bunların farklı türleri olan kırıntılı tuf, tuf konglomerası ve tuf kumtaşından oluşmaktadır.

Alt Bajosiyen yaşlı Arıkdam volkaniklerini kestikleri için yaşı Üst Bajosiyen olarak kabul edilen Vahidli riyolitlerinin kalınlığı değişken olmakla birlikte yer yer 40 m'ye kadar ulaşabilmektedir.

4.1.3. Asrikçay piroklastikleri

Bu birim esas olarak andezit, andezit-bazalt, az miktarda andezit-dasitik bileşimli kırıntılı tuf, volkanik kökenli kumtaşı, magmatik kayaçlar, lav akıntıları ve örtü kayalarından oluşur. Asrikçay andeziti ilk kez bu çalışmada isimlendirilmiştir.

Asrikçay piroklastikleri volkanik ürünleri esas olarak birincil kırıntılı kayalardır ve bazıları lav akıntıları olup ağırlıklı olarak andezit bileşimli volkanik-piroklastik, volkanojenik-sedimanter oluşumlar şeklindedir. Birimdeki magmatik damarlar, yüzey kayaçlarına benzeyen yaygın andezit-bazalt damarlardan oluşur.

Asrikçay piroklastikleri, Arıkdam volkanitlerini uyumsuz olarak örtmektedir. Arıkdam volkanitleri ile Asrikçay piroklastiklerinin kayaları litolojik ve petrolojik bileşim açısından birbirine çok benzediğinden Arıkdam volkanitlerini örttüğü yerlerde kayaları ayırt etmek kolay olsa da diğer alanlardaki kayaların sınırlarını belirlemek zordur.

Bajosiyen yaşlı birimleri uyumsuzlukla örttükleri için Asrikçay piroklastiklerinin yaşı Batoniyen (Orta Jura) olarak belirlenmiştir. Volkanojenik birimlerin kalınlığı 600 m civarındadır.

4.1.4. Gosha Granitoyidi

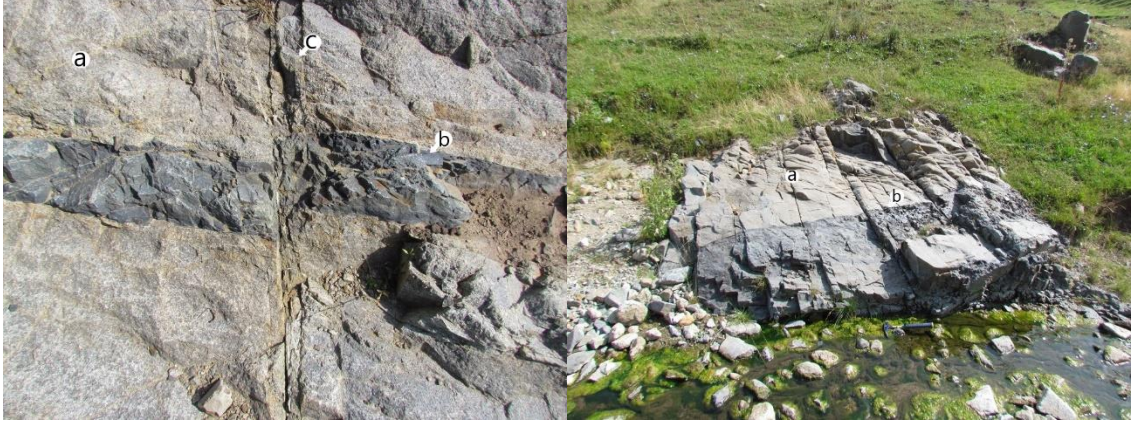
Gosha granitoyidleri inceleme alanında aynı dönemde meydana gelen başlıca granodiyorit ve diyoritlerle birlikte az oranda kuvars diyorit ve gabrolarla temsil edilmektedir. Tovuz bölgesinde magmatik kayaçları genelleştirmek için inceleme

alanının hemen kuzeyindeki Gosha yatağına atfen Gosha granitoyidi olarak adlanmışlardır. Bölgedeki intrüzyonlar ovale yakın düzensiz bir şekle sahiptir ve Bajosiyeen evresinin volkanojenik oluşumlarını kesmektedir. Ayrıca Zeyemçay nehrinin sol tarafındaki Çobansığınağı köyünde küçük gabro oluşumları gözlenmiştir. Geç Kimmericiyeen Evresinin Daşkesen ve Tovuz ana intrüzyonları Kerimov (1963)'a göre üç fazlıdır. İlk evreyi gabro-gabrodiyorit ve diyoritler; ikinci evreyi kuvars diyoritler ve granodiyoritler, üçüncü evreyi ise granit aplitler, aplit benzeri plajiyogranitler temsil etmektedir. Mineralizasyon, kökensel olarak magmatizmanın son aşaması ile ilişkilidir.

Gabroyik faz olarak belirlenen birinci fazda gabro-norit, gabro-piroksenit, plajiyoklaslı piroksenitler gibi ultrabazik kayalarla temsil edilmektedir. İkinci fazın kayaları ise gabroyitlerin kenarlarında yer alan kuvarslı diyorit, tonalit ve granodiyoritlerden oluşmuştur. Kerimov (1963) Gedebe granitoidlerini gabroyid ve granitoid olmak üzere iki faz olarak ayırmış ve bunun yanısıra üçüncü faza benzeyen damar kayalarının da yer aldığını ifade etmiş ve Gosha granitoidleri buna benzerlik göstermektedir. Kuvarslı diyorit ve granodiyoritler, tonalitlere göre daha fazladır. Kuvarslı diyoritler yer yer andezit damarları ile kesilmiştir. Granitoidlerin ikinci fazının sonuncu fasiyesleri kuvars ve kuvars-diyoritler içermektedir (İsmayıl, 2019). İkinci fazda oluşan kuvars-diyoritler gabroyidleri (birinci faz) kesmiş ve aktif temas halinde olan gabroyidlerin ksenolitlerini içine almıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Gedebe granitoidinde yer alan (a) diyoritler ve onun içerisinde yer alan (b) gabro ksenolitleri (İsmayıl, 2019'dan).



Şekil 12. Gedebe granitoyidi biriminde yer alan **(a)** diyorit, **(b)** andezit daykları (İsmayıl, 2019)

Bölgede bulunan damar kayaçlarından granit aplitler, granodiyorid-aplitler ve kuvars-diyorit-aplitler üçüncü fazı oluşturmuşlardır. Dayka benzer yapıda aplitler kuzeybatı yönünde (280-3300) uzanmış ve genellikle granitoyid masifinin güneydoğu kısmında yerleşmiştir (Kerimov, 1963; Babazade, 2007; Bayramov, 2014; İsmayıl, 2019). Gosga granitoyidleri Bajosiye ve batoniye yaşlı volkanosedimanter istif içine sokulum yapmış olan Üst Jura'nın Kalloviye-Oksfordiye ve Kimmerciye katının kayaçlarını da bulundurmaktadır.

4.1.5. Tovuzçay plaserleri

Tovuzçay plaserleri volkanosedimanter istif ve magmatik kayaçların üzerinde daha yaşlı birimlerden türeme alüvyon niteliğinde az tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemelerden oluşmaktadır. Küçük Kafkasya'nın kuzeyinde, Bolnişi çöküntüsünde (Güney Gürcistan) Turoniye, Koniasiyen, Alt Senomaniye yaşlı kayaçlar esas olarak volkanik lav ve piroklastik kayalardan oluşmaktadır.

4.1.6. Alüvyon

İnceleme alanında dere yataklarında halen güncel olarak oluşmaya devam eden tutturulmamış çakıl, kum ve killere temsil edilmektedir.



Şekil 13. Vahidli-Öysüzlü bölgesinde plaser oluşumları

4.2. Magmatizma

Tovuzçay ağır metal ve altın potansiyelinin olduğu bölge Alpin orojenezi ile bağlantılı çeşitli bileşim ve yaştaki magmatik oluşumlarla karakterize edilir. Burada magmatizmanın Üst Bajosiye, Batoniye ve Üst Jura evreleri birbirinden ayrılmıştır. Plaser bölgesinin dışında, hemen yakınında, Alt Kretase ve Alt Bajosiye yaşlı magmatik kayalar da vardır.

Orta Jura volkanizmasının ana hareketi Alt ve Üst Bajosiye ve kısmen Batoniye evrelerindeki magmatik kayaların geniş hacimli birikimi için koşulları oluşturduğu Alt Bajosiye evresinde meydana gelmiştir. Orta Jura volkanizması Batoniye evresinin sonunda tamamlanmış olup sonraki volkanik faaliyetler Üst Jura evresiyle sınırlı kalmıştır.

Magmatik aktivitenin Orta Jura Evresinde aşağıdaki oluşumlar ayrılmıştır:

1. Bajosiye evresi: Sıralı olarak farklılaşmış olup Alt Bajosiye Evresi bazalt-andezit-liparit-dasit oluşumları, Üst Bajosiye Evresi ise bazalt-andezit ve liparit-dasit oluşumları ile temsil edilmektedir.

2. Batoniye evresi: Plajio granitlerle, andezit-bazalt oluşumu.

4.2.1. Magmatizmanın Bajosiye Aşaması

Erken granitoid fazlarının intrüzyonları olan gabro-plajio granit oluşumları ile temsil edilmektedir. Granitoid sokulumundan önce, Bajosiye evresinin volkanojenik oluşumlarını üreten yoğun volkanik aktivite meydana gelmiştir. Söz konusu volkanizmanın ürünleri, ardışık olarak farklılaşmış bazalt, andezit, liparit ve dasitlerdir. Alt Bajosiye'nin Alt Evresinde meydana gelen volkanizmanın erken evreleri ağırlıklı olarak bazalt ve andezit gibi bazik bileşimli kayalarla karakterize edilir. Bazik ve ortaç bileşimli piroklastik kayalar büyük hacimli bir patlama ile yerleşmişlerdir. Patlama denizaltı koşullarında gerçekleşmiştir. Volkanizmanın ilk aşamasında tüf ağırlıklı büyük miktarda piroklastik malzeme püskürmüştür. Daha sonra, piroklastik kaya patlamalarına kalın lav akıntılarının eşlik ettiği volkanizma yoğunluğunda artış meydana gelmiştir. Volkanik aktivite Erken Bajosiye'nin sonunda azalmış; magma bileşimi ortaç bileşime dönüşmüştür. Bajosiye magmatizmasının tamamlanma aşaması, liparit-dasit alt oluşumu ile Tovuzçay, Şemkirçay ve diğer nehir havzalarında yaygın olarak gelişen plajiyogranit oluşumunun genetik olarak bağlantılı intrüzyonları vardır. Bileşim ağırlıklı olarak plajiyogranitler, aplit benzeri plajiyogranitler, alaskitler ve diğerleri ile temsil edilirler. Bajosiye magmatizması hacim, alansal konum ve bileşim çeşitliliği bakımından Jura magmatizması evreleri arasında en yoğun ve bileşik olanıdır.

4.2.2. Magmatizmanın Batoniye Aşaması

Andezit-bazalt oluşumunun volkanik aktivite ürünleri Daşkesen serisinin Batoniye evresi oluşturur. Batoniye volkanizması iki aşamalı volkanik aktivite ile

karakterize edilir. Alt Batoniyen döneminde gelişen 1. evre volkanik aktivitesi büyük miktarda piroklastik malzemenin patlamasıyla başlamıştır. Volkanik aktivitenin daha da yoğunlaşması, bazalt, andezit-bazalt ve andezitlerden oluşan lav akıntılarının eşlik ettiği büyük hacimli piroklastik malzemenin birikmesine neden olmuştur. İlk volkanizma evresine ait kayaçlar Daşkesan serisinin Alt Batoniyen evresi olarak adlandırılır. Alt Batoniyen evresinin sonunda volkanik aktivite sakinleşmiştir. Bu dönemde “manyetit tuf-kumtaşı horizonu”, “tuf-kumtaşı” horizonu” ve “manyetit kumtaşı” olarak adlandırılan karasal-sedimanter çökeller birikmiştir. Üst Batoniyen döneminin başında Batoniyen volkanizmasının kısa süreli ve patlayıcı karakterli 2. faaliyet evresi başlamıştır. Volkanizma Üst Batoniyen sonunda sönmüş olup bantlı ara tabakalanması şeklinde tuf-kumtaşları, tuf-aleurolitler ve tüfitler gibi karasal-sedimanter çökeller oluşmuştur. İkinci volkanizma evresinin kayaçları Daşkesan serisinin Üst Batoniyen alt serileri ile ilişkilidir ve volkanojenik kırıntılı-sedimanter horizonları olarak ayrılır. Tanımlanan volkanizmanın subvolkanik fasiyesleri hafifçe yayılmış stoklar şeklinde meydana gelir, volkanik kubbelerin hemen yakınındaki nekler süreksizlik zonları ve bunların kesişimleri ile sınırlıdır.

4.3. Yapısal Jeoloji

4.3.1. Kıvrımlı yapılar

(Abdullayev, 1963) tarafından bölgenin ana kıvrımlı yapıları basit yapı ile karakterize edilir ve Şemkir yükseltisinin genel bir çizgisine kuzeybatı – güneydoğu yönünde uzanır. Önceki araştırmacılar bir çalışma bölgesi içinde kuzeyden güneye en büyük yapıları Ahmedabad-Gosha Buzovdağ-Ahmedabad, Büyük-Kışlak antiklinal kıvrımları ve bunların arasında yer alan Asrik-Jirdakhan senklinali olarak ayırmışlardır.

Büyük-Kışlak antiklinali, eksen Şemkir yükseltisinin merkez hattı ile hemen hemen örtüşen en büyük yapıdır. Antiklinal çekirdeğinde Paleozoik tortullar açığa çıkar. Tovuz bölgesi Ahmedabad-Gosha antiklinali ile sınırlıdır. Tüm Kafkasya'da kuzeybatı yönünde uzanan kıvrım, Tovuzçay nehrinden kuzeybatıya doğru Ahmedabad köyü, Köroğlu Dağı ve Vahidli köyü üzerinden izlenir ve daha sonra Ermenistan topraklarına geçer. Kıvrımın eksen kısmı, antiklinal çizgisine göre uzanan derin bir fay ile karmaşıktır. Alt-Üst Bajosiye çökellerinden oluşan bileşik bir kompleks, kıvrımın jeolojik yapısına katılmaktadır. Kıvrım yapısı asimetrik; kuzey kolu güney kolundan 25° - 30° nadiren 40°'ye kadar diktir.

Kiliseli antiklinali Kilisaly nehri vadisinde oluşmuştur ve kuzeybatıya doğru 310-315° dorultulu ve 15-20° eğimlidir. Antiklinal, Üst Bajosiyen asit subvolkanitleri tarafından kesilen Alt Bajosiyen yaşlı volkanojenik formasyonlardan oluşmaktadır.

Kiliseli senklinalı: Kiliseli nehrinin sol tarafında 310-320° kuzeybatıya doğru izlenir ve Üst Bajosiyen yaşlı volkanojenik kayalardan oluşur.

Muncuklu senklinali: Muncuklu köyünün 0.4 km güneydoğusunda yer almaktadır. Uzantısı 1.5 km'ye kadar, genişliği ise 1 km'ye kadar izlenmektedir. Asrikçay nehrinin sadece sol tarafında izlenir ve daha sonra sağ tarafta kapanır.

Eldağ-Köroğlu senklinali: Eldağ Dağı'nın zirvesinde oval şekle sahiptir ve çoğunlukla volkanik breşlerle doludur. Orta kısmında Bajosiyen Çağına ait bir volkanik sistem bulunmaktadır. Son araştırmalara göre "Eldağ Dağı'nın büyük volkanik yapısı için boyun kısmının çökme kalderası" olarak kabul edilmektedir.

4.3.2. Faylar

Çalışma bölgesinde çok sayıda fay bulunmaktadır. Kuzeybatı 300-340° doğrultulu doğrultu atımlı faylar 65-80° açı ile kuzeydoğuya eğimlidir. Yoğun breşleşme ile karakterize edilirler ve çevreleyen kayalarda hafif hidrotermal alterasyon eşlik eder. İce çatlakların yanı sıra, yer yer magmatik sokulumlarla sınırlanan kırılmalar, yarıklar ve parçalanma bölgeleri de gözlemlenmiştir.

Tovuzçay ağır metal ve plaser altın potansiyeli alanında bu tür zonlar arasında çatlaklar ve ince süreksizlikler vardır. Bu süreksizlikler içinde kaolinleşme ve 0.2-1.5 m kalınlığında breşleşme ile temsil edilmektedir. Tovuzçay ağır metal ve altın plaseri içindeki faylar, neredeyse her yerde, yer yer yüksek kalitede soy metaller için cevher mineralizasyonu belirtileri göstermektedir.

4.4. Jeolojik Evrim

Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinin olduğu bölge tektonik açıdan, Somkhit-Aghdam yapı-oluşum zonunun bir bileşeni ve en büyük tektonik yapılarından biri olan Şemkir yükselimi içinde bulunmaktadır. Bu yapı-oluşum zonu içerisinde Paleozoyik yaşlı metamorfize, kristalize arduvazlar, Alt ve Orta Jura yaşlı kırıntılı-sedimanter, volkanojenik ve volkanojenik-

sedimanter kayaçlar olarak ortaya çıkan en eski tortullar Gedeбек cevher bölgesinin jeolojik yapısını oluşturmaktadır.

Küçük Kafkasya'nın Hacıkend çöküntüleri, Daşkesen senklinali altındaki çöküntü alanlarında Üst Jura ve Kretase yaşlı sedimanlar tarafından transgresif olarak örtülür. Üst Jura çökellerinin tabanında, yukarıda belirtilen daha yeni yapılarla Şemkir yükseltisinin sınırını oluşturmaktadır. Bu yapının büyük bir kısmı Bajosiyeen volkanojenik formasyonlardan oluşmaktadır. Bunlara sınırlı yerlerde Paleozoik yaşlı düşük metamorfik fillitler ile Asrikçay ve Gazansu Nehirleri'nin kaynak kısımlarında Alt Jura yaşlı kırıntılı-sedimanterler bulunmaktadır. Yükselimin daha az aşınmış kısımlarında Batoniyeen volkano-sedimanter kayaçların bulunduğu küçük alanlar vardır.

Alpin gelişim tarihinde Şemkir yükseltisi için aşağıdaki aşamalar ayrılmıştır (Abdullayev ve Azizbekov, 2017);

1. Erken Jura – Neokomiyeen: Jeosenklinal evresi.
2. Üst Kretase - Orta Eosen: Devrilme aşaması, birincil jeosenklinal çukurların kapanmasına ve ikincil üst üste binmiş çöküntülerin ilk aşamasına yükselen hareketlerle uyum sağlar.
3. Üst Eosen – Miyosen: Konsolidasyon aşaması bu dönemde ana kıvrımlanma süreçleri yaşanmıştır.

Bölgedeki tektonik gelişimin her aşaması, özgün metalojenik zenginleşme, tipik volkanizma, belirli magmatik oluşumlar ve jeokimyasal özelliklerle karakterize edilir. Aralarında Orta Jura Bajosiyeen-Batoniyeen ve Üst Jura Kimmericiyeen Alt Evrelerinin ayrıldığı Jura magmatizma kompleksinin kayaçları cevher varlığı açısından öneme sahiptir. Orta Jura magmatizması, ardışık olarak farklılaşmış bazalt-andezit-dasit-liparitik Alt Bajosiyeen - Üst Bajosiyeen ve kuvars-diorit-granodiyoritik oluşumlar Üst Bajosiyeen - Batoniyeen öncesi ile temsil edilmektedir.

Küçük Kafkasya'nın kuzeydoğu ve doğu yamaçlarında, Jura sonunda Murovdağ, Şemkir ve Karabağ antiklinoryumları oluşmaya başlar ve Daşkesen-Kepez senklinoryumunun temelini Üst Kretase'de Küçük Kafkasya'nın eteklerindeki volkanizma oluşturmaktadır. Paleojen'de Küçük Kafkas Dağları yükselerek karasal koşullara altına girmiştir. Neotektonik dönemde (Oligosen, Neojen ve Kuvaterner) Küçük Kafkasya yükselimi tamamen oluşmuş ve güncel yapıya benzer bir duruma gelmiştir.

Oligosen - Erken Miyosen döneminde Şahdağ, Kelbecer, Zengezur'da birincil çarpışma aktivasyon aşaması zengin bir volkanik-plütonik gelişim dönemi ile karakterize edilir. Miyosen'de yüksek bölgeler aşınarak düzleşmeye başlamıştır.

Pleyistosen'de orojenik süreçler ve yükselme yoğunlaşmış ve Küçük Kafkasya yüksek dağlık bir alan haline gelmiştir. Bu dönemde buzullaşma başlamış, nehir vadileri genişlemiş ve şiddetli erozyon süreçlerine bağlı olarak vadi çökelleri yaygın olarak gelişmiştir. Bu dönemde aşağıda sıralanan ve altın içeren maden yatakları oluşmuştur.

1. Alterasyon zonlarında gelişen sülfidli cevherler:

- Altın-kuvars ve altın-silikat;
- Sülfid-kuvars;
- Sülfid-altın-kuvars;
- Sülfid;
- Silikat (kuvars) - karbonat ve altın-tellurit;
- Altın-Adulyarya-kuvars (altın kalsedon-opal);

2. Altın cevher oluşumları:

- Kalsedon -Bakır-polimetal;
- Bakır-kobalt-skarn;

Listelenen altın ve altın cevherlerinin spesifik oluşumları Küçük Kafkasya'nın çeşitli jeotektonik rejimlerinde oluşan yapısal oluşum bölgelerinde yaygın olarak dağılmıştır.

4.5. Tovuzçay plaserlerinin yayılımı ve konumu

Tovuz bölgesinde Vahidli-Öysüzlü arasında olan Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinin olduğu arazide Arıkdam volkanitleri ve Vahidli riolitleri yüzeylemektedir. Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyeli yatağının içerisindeki cevherleşme $40^{\circ} 57' 49'' - 40^{\circ} 55' 03''$ kuzey enlem ve $45^{\circ} 37' 03'' - 45^{\circ} 35' 07''$ doğu boylamları arasında bulunmakadır.

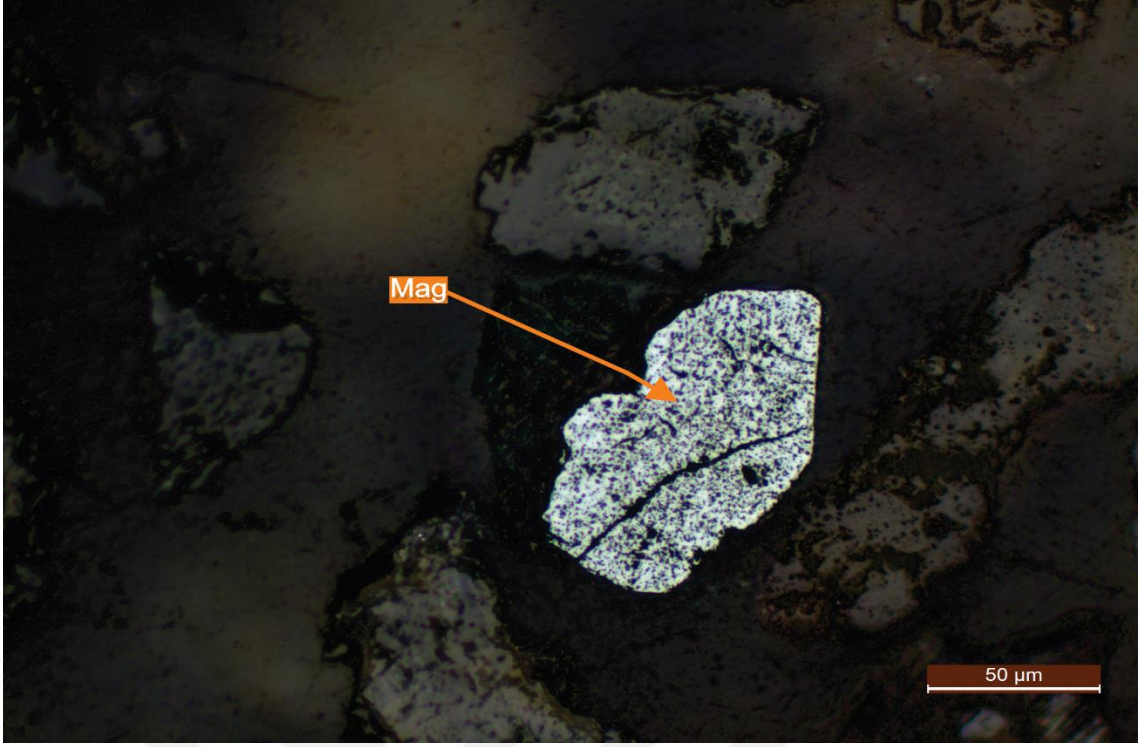
4.5.1. Mineralojik-petrografik incelemeler

Petrografik ve XRD çalışmaları ile yatakta belirlenen birincil cevher mineralleri manyetit, hematit, kalkopirit ve pirit oluşumlarıdır. Tovuzçay plaserlerinin cevherleşmesinde gang mineralleri ise yaygınlık sırasına göre kuvars, kalsit, barit, kaolen ve albit.

4.5.1.1. Cevher mikroskobisi çalışmaları

Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinin araştırılması için yataktan alınan plaserlerden hazırlan 21 numunenin parlatması yapılmıştır. Parlatılan numuneler mikroskobik incelemelerinde tespit edilen metalik mineraller pirit, kalkopirit, sfalerit, hematit, manyetit, seruzit, altın ve kalkozindir. Tovuzçay ağır metal ve altın potansiyelinin olduğu yerden alınan numuneler içerisinde en yaygın görülen birincil mineraller hematit ve manyetittir (Şekil 14). Genellikle öz şekilli bazen de manyetitler kristalli agregatlar şeklinde görülmektedir. Manyetitler genellikle hematitle ve altınla birlikte bulunmaktadır. Plaser numunelerinden yapılan parlatılmış numuneler detaylı olarak incelendiğinde manyetit oranı yaklaşık % 2-10 arası olan numunelerde taneler öz şekilsiz ve yarı öz şekilli olarak değişmektedir. Yer yer hematit oluşumu gözlenmektedir. Hematit ve manyetitler genellikle 0.125-0.250 mm ve 0.250 – 0.500 mm tane boyutunda daha yoğundur.

Parlatılmış plaser numunelerinde çok küçük ve parlak **altın** taneleri gözlenmiştir (Şekil 15). Mikroskobik incelemelerde altının tane boyutu çok küçük olduğu için 20 veya 40 büyütme objektifte incelemeler yapılmıştır. Altın aynı görüntü alanında bulunan diğer minerallere göre çok daha parlak olduğu için kolaylıkla tanınabilmektedir.

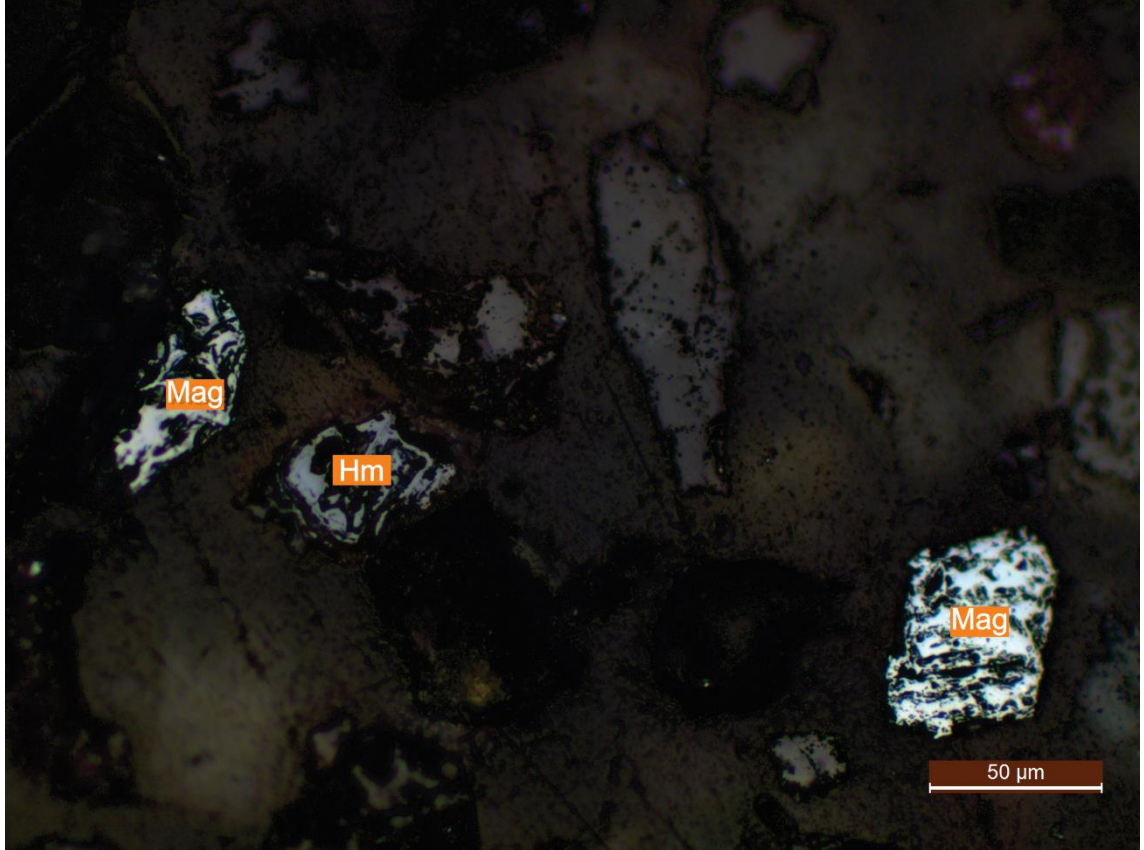


Şekil 14. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azərbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinden derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında çift nikolde gözlenen tane şeklinde Manyetit (Mag). (// N)



Şekil 15. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azərbaycan) arasındaki Tovuzçay plaserlerinden derlenen örneklerden yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında gözlenen Altın (Au) (// N)

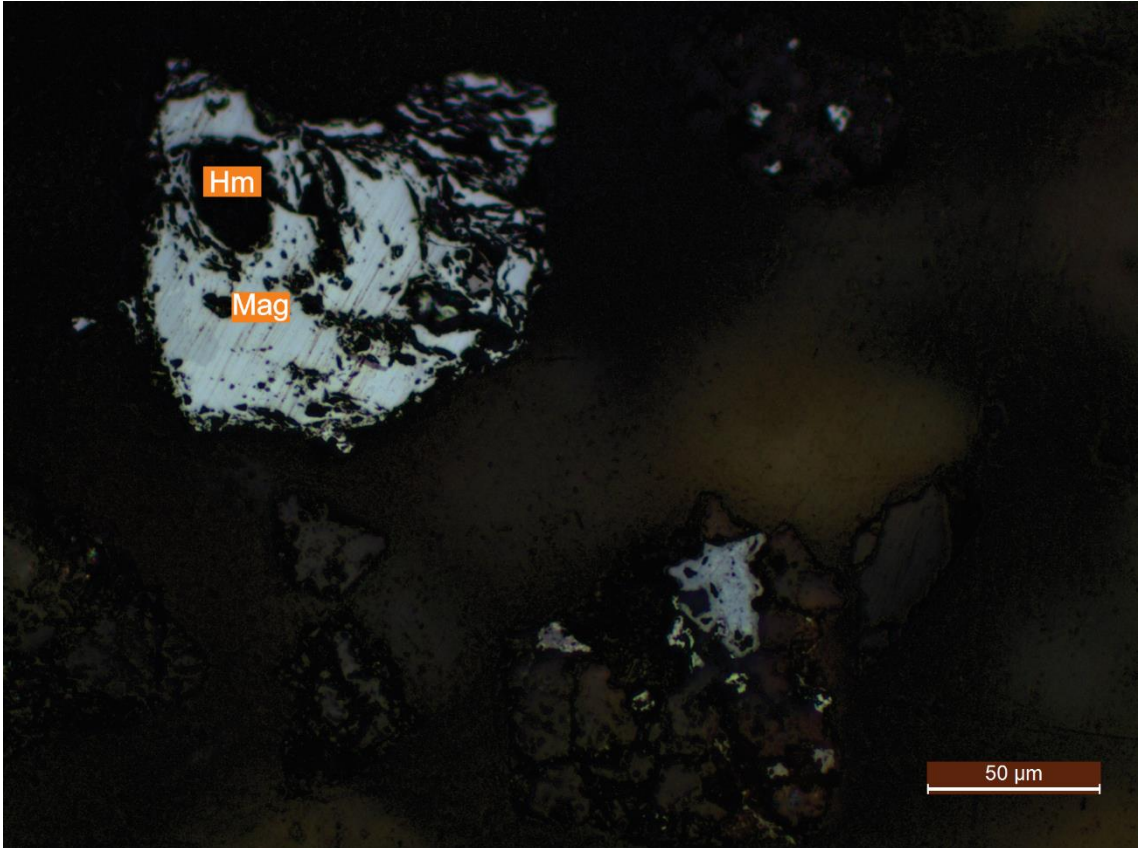
Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinde görülen minerallerden biri de **hematittir**. Cevherleşme içerisindeki hematitler çoğu zaman manyetit ve altınla birlikte bulunmaktadır. Fotoğraflar çift nikol ve tek nikol olarak çekilmiştir. (Şekil 16).



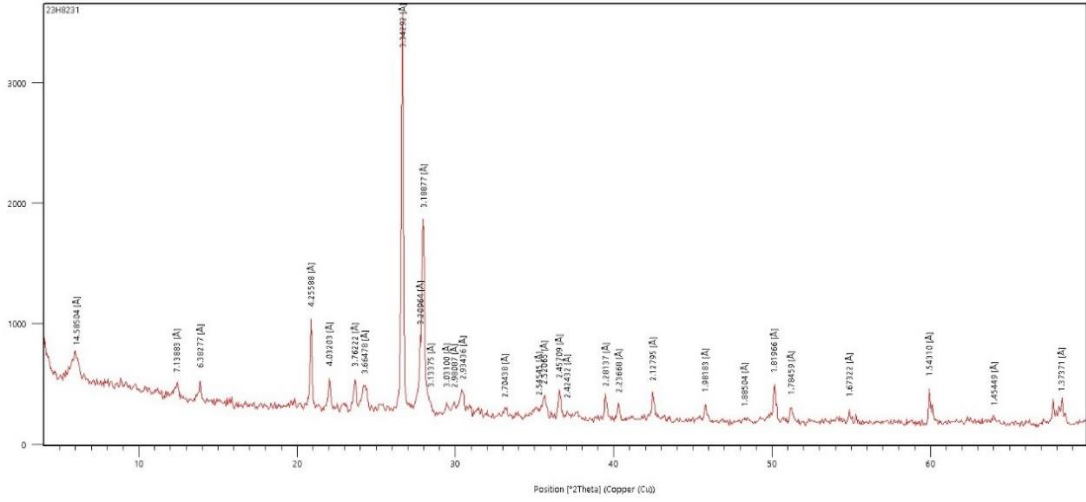
Şekil 16. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinin ağır metal ve altın potansiyelinde derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında çift nikolde gözlenen tane şeklinde (Hm), tane şeklinde (Mag). (// N)



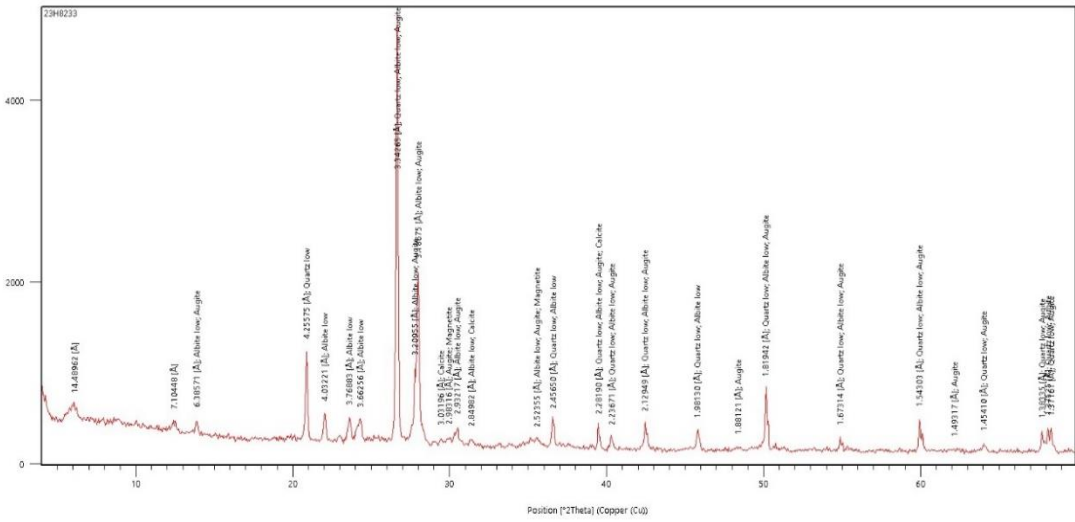
Şekil 17. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinden derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında tek nikolde gözlenen altın (Au) ve pirit (py). (// N)



Şekil 18. Vahidli-Öysüzlü (Tovuz-Azerbaycan) arasında Tovuzçay plaserlerinden derlenen örneklerde yapılan cevher mikroskobu çalışmalarında tek nikolde gözlenen Manyetit (Mag) ve Hematit (Hm). (// N)



Şekil 21. TVc-11 (0.125 mm) nolu örneğe ait XRD grafikleri.



Şekil 22. TVc-5 (0.250 mm) nolu örneğe ait XR-Difraktogramı

4.5.2. Plaser jeokimyası

Saha çalışmaları zamanı bölgede farklı alanlardan toplam 11 adet plaser numunesi alınan 4 farklı tane boyuna ayrılan plaser numunelerinden 8 adedinin kimyasal analizi yapılmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde iz elementler ve nadir toprak elementleri (Au, Ni, Sc, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Hg, Tl, Se) ppm cinsinden analiz edilmiştir. Ana oksitler den sadece SiO₂ ppm cinsinden verilmiştir, diğer ana oksitleri bulmak için Element-stoikiyometrik oksit dönüşüm faktörlerinin değerleri ile çarpılarak Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO ve Cr₂O₃ % biçiminde bir veri tablosu oluşturulmuştur.

Numune grupları öncelikle parametrik istatistiksel analizlere tabi tutulmuş olup aritmetik ortalama, standart sapma, standart hata gibi örneğe ait sonuçlar hesaplanmıştır. Örneklerde yapılan bu analizlerin tutarlılığının denetlenmesi için bütün numune gruplarında student-t testi gerçekleştirilerek ana kitle aritmetik ortalamalarının değişim aralıkları belirlenmiştir.

Kimyasal analizi yapılan Nadir toprak elementleri (NTE), HNTE (Hafif nadir toprak elementleri - Sc, La, Ce, Pr, Nd, Pm ve Sm) ve ANTE (Ağır nadir toprak elementleri- Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu) (Ramos, 2016) olarak birleştirilmiştir.

Analiz edilen örneklerin ortalama SiO_2 miktarı % 64.4 olup yer kabuğu ortalama değerlerinden (% 59.47) yüksektir (Çizelge 1). Bölge plaserlerinden derlenecek aynı sayıda elemandan oluşan herhangi bir örnekte % 95 anlamlılık düzeyinde % 59.55-% 69.27 SiO_2 beklenmektedir.

Plaserlerde ortalama % 1.9 Al_2O_3 bulunmakta olup yer kabuğu ortalama değerlerinden (% 15.47) düşüktür. Numunelerin ait olduğu ana kitlede % 1.7-% 2.02 aralığında Al_2O_3 bulunacaktır.

Plaser örneklerinin Fe_2O_3 değerlerinin aritmetik ortalaması % 7.9'dir. Bu değer yer kabuğu ortalama değerinden (% 3.10) yüksektir ve örnekler Vahidli-Öysüzlünün tam güney kısmında kalmış ve farklı elek aralıklarında elenmiştir. Çalışma alanında Fe_2O_3 bakımından detaylı araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bölgede bazı numunelerdeki % 10'un üzerindeki Fe_2O_3 değerleri inceleme alanının demir bakımından pozitif anaomaliye sahip olduğunu göstermektedir.

Plaser numunelerinin Au değerleri incelendiğinde 4 numunede TVc-3 (0.125 mm) 2 ppm , TVc-5 dip numunesinde 3.53 ppm, TVc-5 (0.250 mm) 2.55 ppm ve TVc-11 (0.250 mm) 2.06 ppm değerleri belirlenmiştir. Numunelerde Au aritmetik ortalaması 1.3 ppm, standart sapma değeri 1.4 sahip olup yer kabuğu ortalama değerlerinden yüksektir. Bu arazide daha fazla sayıda numune alınarak Au analizinin yapılması ile Au cevherleşmesinin tenör ve rezervi ortaya konulabilecektir. Bu çalışmada hedeflenen asıl amaç yöredeki plaserlerin Au potansiyelinin araştırılması olup analizi yapılabilen 8 numunenin 4'ünde yani numunelerin % 50'sinde işletilebilecek tenörde Au bulunması oldukça önemli bir sonuçtur. Bölgeden derlenecek aynı sayıda numuneye sahip herhangi bir plaser örneğinde % 95 olasılıkla 0.09-2.47 ppm aralığında Au bulunması beklenmekte

olup Tovuzçay'ın bu kesimindeki plaserler önemli bir Au zenginleşmesinin tespit edildiğini göstermektedir.

Pb değerlerine baktığımız zaman aritmetik ortalama değeri 13.5 ppm, standart sapma değeri 9.9 olup yer kabuğu ortalama (12.5 ppm) değerlerinden (Krauskopf, 1979) yüksektir. Zn değerlerine ise aritmetik ortalama değeri 134.4 ppm, standart sapma değeri 36.3 olup yer kabuğu ortalama değeri 70 ppm olup bizim değer bu değerden yüksektir. Dip kaptan alınan numunenelerin Zn değeri 143 ppm ile 193 ppm aralığında değişmektedir.

Co değerinin aritmetik ortalaması 15 ppm, standart sapma değeri 3.85 ppm olmuştur ortalama yer kabuğu değeri 22 ppm olarak değerlendirilmektedir. V değerlerinde en yüksek dip kap 426 ppm'e sahiptir. Genel olarak aritmetik ortalaması ise 206.6 ppm değerine sahiptir. Standart sapma değeri 117.5 ppm olup çok yüksek anomaliye sahip değildir.

As değerlerinde ise aritmetik ortalama 5.9 ppm, standart sapma değeri 0.9 ppm olup yer kabuğu değerinden (1.8 ppm) yüksektir. Ba değeri yer kabuğu değerlerinden (500 ppm) çok düşük değere sahiptir. Aritmetik ortalaması 88.9 ppm, standart sapma değeri ise 27.8 ppm'dir. Zr değerinin aritmetik ortalaması 13.9 ppm, standart sapma değeri 3 ppm olup yer kabuğu ortalama değerlerinden (300 ppm) daha düşük bir değere sahiptir.

Hf değeri genel olarak yer kabuğu değerlerinden (3 ppm) çok düşük bir değere sahiptir. Ga aritmetik değeri 7.4 ppm standart sapma değeri ise 1.5 ppm olup yer kabuğu değerlerinden (20 ppm) düşüktür.

Çizelge 1. Tovuzçay plaserlerinden derlenen örneklerin kimyasal analiz sonuçları ve istatistiksel özeti (Ort.: ortalama, Std. Sp.: standart sapma, Std. Ht.: standart hata, hesaplanan t (th), alt sınır(μ_1), üst sınır (μ_2) Min.: minimum, Max.: maksimum)

Bileşen	Numune No								İstatistiksel Özet						
	TVc-11 Dip	TVc-5 Dip	TVc-5 250	TVc-9 Dip	TVc-3 125	TVc-11 125	TVc-11 250	TVc-11 500	Ort	Min	Max.	S.S.	t _h	μ_1	μ_2
SiO ₂	58,20	57,50	67,20	59,30	64,80	65,00	69,30	74,00	64,41	57,50	74,00	5,81	31,34	59,55	69,27
Al ₂ O ₃	1,95	1,97	1,85	2,04	2,05	1,83	1,68	1,50	1,86	1,50	2,05	0,19	27,71	1,70	2,02
Fe ₂ O ₃	10,74	12,22	5,86	10,58	7,16	7,76	4,85	4,15	7,92	4,15	12,22	2,98	7,52	5,43	10,40
MgO	1,51	1,56	1,44	1,56	1,64	1,48	1,38	1,24	1,48	1,24	1,64	0,12	33,72	1,37	1,58
CaO	2,35	1,90	1,48	2,21	1,71	1,90	1,68	1,30	1,82	1,30	2,35	0,35	14,64	1,52	2,11
Na ₂ O	0,13	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,09	0,13	0,01	23,61	0,10	0,12
K ₂ O	0,17	0,12	0,16	0,19	0,13	0,14	0,14	0,13	0,15	0,12	0,19	0,02	18,21	0,13	0,17
TiO ₂	0,51	0,64	0,23	0,49	0,35	0,33	0,19	0,16	0,36	0,16	0,64	0,17	5,97	0,22	0,51
P ₂ O ₅	0,15	0,13	0,11	0,15	0,09	0,12	0,11	0,11	0,12	0,09	0,15	0,02	16,42	0,10	0,14
MnO	1133,67	1187,90	843,15	1133,67	861,23	923,21	688,21	590,08	920,14	590,08	1187,90	218,77	11,90	737,24	1103,04
Cr ₂ O ₃	47,06	46,77	17,39	43,41	19,95	24,99	14,15	11,28	28,12	11,28	47,06	15,17	5,24	15,44	40,81

Au	0,01	3,53	2,55	0,02	2,00	0,01	2,06	0,05	1,28	0,01	3,53	1,42	2,54	0,09	2,47
Ag	0,05	4,62	3,35	0,05	2,60	0,03	2,72	0,08	1,69	0,03	4,62	1,85	2,58	0,14	3,23
As	6,28	7,26	5,60	6,78	6,22	5,94	5,10	4,33	5,94	4,33	7,26	0,93	18,06	5,16	6,72
Ba	107,50	143,50	76,90	105,50	61,70	77,80	73,50	64,90	88,91	61,70	143,50	27,83	9,04	65,64	112,18
Co	17,25	20,60	12,90	17,60	17,15	14,40	11,00	9,09	15,00	9,09	20,60	3,85	11,03	11,78	18,21
Cu	45,20	50,00	43,80	43,80	45,30	40,70	38,50	32,10	42,43	32,10	50,00	5,37	22,33	37,93	46,92
Ga	8,17	9,66	6,55	8,65	8,25	7,01	5,67	5,29	7,41	5,29	9,66	1,53	13,73	6,13	8,68
Hg	0,04	0,02	0,01	0,47	0,02	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,47	0,16	1,32	-0,06	0,21
Mo	1,01	0,87	0,73	0,97	0,59	0,84	0,66	0,49	0,77	0,49	1,01	0,18	11,84	0,62	0,92
Ni	21,90	22,60	13,90	22,10	16,30	15,90	11,50	9,15	16,67	9,15	22,60	5,12	9,20	12,39	20,95
Pb	27,40	8,39	7,68	30,60	6,04	13,75	8,51	5,37	13,47	5,37	30,60	9,94	3,83	5,15	21,78
Rb	4,63	4,27	4,29	4,95	4,34	4,22	3,72	3,24	4,21	3,24	4,95	0,53	22,65	3,77	4,65
Sb	0,32	0,23	0,18	0,33	0,15	0,25	0,16	0,11	0,22	0,11	0,33	0,08	7,61	0,15	0,28
Sn	2,40	1,28	0,62	1,84	0,69	1,00	0,67	0,54	1,13	0,54	2,40	0,67	4,75	0,57	1,69
Sr	72,50	43,40	60,90	66,60	40,50	61,60	61,50	51,90	57,36	40,50	72,50	11,16	14,54	48,04	66,69
Th	1,41	1,25	1,15	1,56	1,10	1,12	1,01	0,90	1,19	0,90	1,56	0,21	15,84	1,01	1,36
V	285,00	426,00	125,00	276,00	189,00	183,00	93,80	75,10	206,61	75,10	426,00	117,50	4,97	108,38	304,84
W	0,07	0,04	0,06	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,07	0,01	13,85	0,05	0,07
Zn	143,00	198,00	97,00	159,00	158,00	94,00	111,50	114,50	134,38	94,00	198,00	36,32	10,47	104,01	164,74
Zr	15,65	19,00	12,15	14,30	15,95	13,00	11,15	9,65	13,86	9,65	19,00	3,00	13,07	11,35	16,36
HNTE	56,37	54,51	51,74	61,13	46,53	53,16	48,35	46,25	52,25	46,25	61,13	5,16	28,67	47,94	56,56
ANTE	21,08	20,90	19,66	21,38	19,71	20,10	19,29	18,94	20,13	18,94	21,38	0,89	63,80	19,38	20,88

Plaserlerde kimyasal analizi yapılan bileşenlerin aralarındaki ilişkilerin şekli, yönü ve kuvvetinin belirlenmesi için basit korelasyonun analizleri yapılmıştır (Çizelge 2).

Ana bileşenlerden SiO₂; Fe₂O₃, CaO, TiO₂, MnO, Cr₂O₃, As, Co, Ca, Ga, Mo, Ni, Rb, Th, V, Zr, ANTE çok kuvvetli negatif korelasyon göstermektedir.

Al₂O₃; MgO, As, Co, Ca, Cu, Ga ve Rb ile çok kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken Fe₂O₃ ise TiO₂, MnO, Cr₂O₃, As, Ba, Co, Ga, Ni, V, Zr, ANTE ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.

MgO ise As, Co, Cu ve Ga ile çok kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken W ile çok zayıf negati korelasyon göstermektedir. CaO; P₂O₅, Cr₂O₃, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Th, ANTE ile çok kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken Au, Ag ile çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir.

Na₂O ; Au ve Ag ile kuvvetli negatif korelasyon gösterirken K₂O; Au ve Ag zayıf korelasyona sahiptir. TiO₂; MnO, Cr₂O₃, As, Ba, Co, Ga, Ni, V, Zr, ANTE ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.

P₂O₅ ile Mo, Pb, Sb, Sn, HNTE ve ANTE çok kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken Au ve Ag çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir. MnO değeri Cr₂O₃, As, Co, Ga, Mo, Ni, Th, V, ANTE çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.

Cr_2O_3 ile As, Ba, Co, Ga, Mo, Ni, Sn, Th, V, ANTE değerlerinde çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.

Au değeri Ag ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermekte olup Pb, Sr ile zayıf negatif korelasyon göstermektedir (Çizelge 2).

Th değeri Mo, Sn, Ni, Pb, Rb, Sb ile çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.

W değeri Zr ile zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Mo, Ni, Rb, Sb, Sn, Th, V ile ANTE değerleri çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir.

Plaserlerde basit korelasyon analizleri ile elde edilen korelasyon katsayıları kullanılarak küme (cluster) analizleri yapılmış ve ortak korelasyon küme grafiği (dendrogram) hazırlanmıştır (Şekil 23).

Farklı kayaçlardan türeyen kırıntıların bulunduğu plaserlerde yapılan küme analizi dendrogramına bakıldığında ilk bakışta SiO_2 ile Au-Ag çiftinin diğer bütün bileşenlerden farklı olarak ayrı bir küme oluşturdukları belirlenmiştir. Aralarında kuvvetli pozitif korelasyonlar bulunan Al_2O_3 - TiO_2 - MgO -Cu-Zr-Co-Ga-As-V ve Zn'nin birlikte bulunduğu küme Al-Ti-Mg-Cu grubu olarak tanımlanmıştır. Al-Ti-Mg-Cu grubu MnO -Ni- Fe_2O_3 - Cr_2O_3 -ANTE ve bu gruba Ba-Rb çifti ile genişlemektedir.

Dendrogramdaki ikinci büyük grup ise ana bileşenlerden CaO ile birlikte Sn-Sb-HNTE-Mo-Th'nin bulunduğu gruba eklenen (P_2O_5 -Pb) ve uzaktan eklenen Hg'nin oluşturduğu karbonat grubuna eklenen (Sr-W)-(K₂O-Na₂O) birlikteliğiyle temsil edilen Alkali bileşenler grubu olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 2. Tovuzçay plaser numunelerine ait basit korelasyon katsayıları

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Au	Ag	As	Ba	Co	Cu	Ga	Hg	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Sn	Sr	Th	V	W	Zn	Zr	HNTE	ANTE	
SiO ₂	1,00	-0,85	-0,98	-0,78	-0,87	-0,22	-0,34	-0,96	-0,72	-0,99	-0,95	-0,11	-0,11	-0,95	-0,82	-0,94	-0,87	-0,93	-0,40	-0,88	-0,99	-0,64	-0,85	-0,81	-0,81	-0,16	-0,87	-0,92	0,06	-0,70	-0,88	-0,79	-0,95	
Al ₂ O ₃		1,00	0,76	0,97	0,69	0,10	0,34	0,74	0,37	0,82	0,68	0,18	0,18	0,90	0,47	0,90	0,88	0,89	0,41	0,63	0,84	0,48	0,92	0,61	0,54	-0,04	0,76	0,70	-0,21	0,62	0,81	0,58	0,76	
Fe ₂ O ₃			1,00	0,70	0,83	0,15	0,25	0,99	0,74	0,98	0,98	0,07	0,07	0,93	0,89	0,93	0,81	0,93	0,40	0,85	0,98	0,61	0,76	0,78	0,80	0,09	0,83	0,97	-0,10	0,76	0,87	0,79	0,95	
MgO				1,00	0,60	0,03	0,16	0,70	0,21	0,74	0,59	0,26	0,26	0,88	0,39	0,89	0,87	0,87	0,29	0,50	0,77	0,32	0,82	0,47	0,41	-0,20	0,62	0,67	-0,37	0,62	0,84	0,43	0,65	
CaO					1,00	0,63	0,58	0,77	0,86	0,85	0,87	-0,31	-0,30	0,72	0,61	0,71	0,58	0,69	0,50	0,92	0,87	0,87	0,81	0,93	0,93	0,50	0,88	0,69	0,33	0,44	0,59	0,82	0,91	
Na ₂ O						1,00	0,56	0,09	0,57	0,17	0,29	-0,71	-0,71	-0,04	-0,07	0,00	-0,11	-0,03	0,17	0,43	0,22	0,70	0,30	0,54	0,67	0,71	0,38	-0,03	0,66	-0,15	-0,07	0,30	0,31	
K ₂ O							1,00	0,14	0,67	0,36	0,37	-0,54	-0,54	0,19	0,09	0,10	0,07	0,12	0,77	0,61	0,37	0,87	0,65	0,73	0,62	0,81	0,74	0,04	0,83	-0,11	-0,11	0,73	0,54	
TiO ₂								1,00	0,66	0,96	0,96	0,14	0,14	0,93	0,90	0,95	0,82	0,95	0,33	0,77	0,96	0,52	0,69	0,69	0,74	-0,03	0,76	0,99	-0,21	0,82	0,92	0,70	0,90	
P ₂ O ₅									1,00	0,75	0,85	-0,43	-0,42	0,51	0,69	0,47	0,33	0,47	0,56	0,91	0,74	0,91	0,63	0,93	0,94	0,69	0,85	0,60	0,58	0,30	0,34	0,91	0,86	
MnO										1,00	0,96	0,07	0,07	0,94	0,85	0,92	0,84	0,92	0,43	0,90	0,99	0,66	0,85	0,84	0,80	0,18	0,88	0,93	-0,03	0,67	0,84	0,84	0,97	
Cr ₂ O ₃											1,00	-0,05	-0,05	0,85	0,89	0,85	0,72	0,86	0,45	0,89	0,97	0,72	0,75	0,84	0,89	0,24	0,87	0,92	0,08	0,70	0,78	0,84	0,97	
Au												1,00	1,00	0,28	0,27	0,27	0,51	0,25	-0,38	-0,19	0,04	-0,58	-0,07	-0,38	-0,39	-0,39	-0,59	-0,20	0,25	-0,72	0,36	0,41	-0,25	-0,12
Ag													1,00	0,28	0,27	0,27	0,51	0,25	-0,37	-0,18	0,04	-0,58	-0,06	-0,38	-0,39	-0,39	-0,58	-0,20	0,25	-0,71	0,35	0,41	-0,25	-0,12
As														1,00	0,77	0,98	0,92	0,97	0,40	0,74	0,94	0,46	0,83	0,67	0,60	-0,08	0,77	0,92	-0,28	0,75	0,92	0,70	0,87	
Ba															1,00	0,76	0,69	0,76	0,27	0,73	0,82	0,42	0,48	0,61	0,64	0,05	0,65	0,93	-0,11	0,72	0,75	0,70	0,80	
Co																1,00	0,92	1,00	0,31	0,68	0,94	0,42	0,78	0,61	0,61	-0,17	0,72	0,94	-0,35	0,82	0,97	0,61	0,84	
Cu																	1,00	0,90	0,13	0,63	0,84	0,26	0,76	0,50	0,47	-0,15	0,63	0,83	-0,41	0,67	0,92	0,51	0,71	
Ga																		1,00	0,36	0,66	0,94	0,42	0,77	0,60	0,61	-0,19	0,74	0,94	-0,35	0,85	0,96	0,62	0,84	
Hg																			1,00	0,48	0,47	0,73	0,60	0,62	0,48	0,36	0,74	0,28	0,52	0,30	0,09	0,73	0,61	
Mo																				1,00	0,87	0,83	0,82	0,97	0,89	0,58	0,90	0,72	0,35	0,34	0,55	0,94	0,93	
Ni																					1,00	0,68	0,86	0,82	0,82	0,15	0,89	0,93	-0,03	0,73	0,86	0,82	0,97	
Pb																						1,00	0,74	0,93	0,90	0,73	0,89	0,41	0,69	0,21	0,23	0,87	0,81	
Rb																							1,00	0,83	0,71	0,34	0,92	0,63	0,17	0,42	0,63	0,81	0,87	
Sb																								1,00	0,90	0,65	0,92	0,62	0,49	0,28	0,44	0,95	0,92	
Sn																									1,00	0,57	0,87	0,66	0,44	0,44	0,43	0,51	0,82	0,89
Sr																										1,00	0,47	-0,12	0,91	-0,43	-0,32	0,57	0,34	
Th																										1,00	0,69	0,37	0,50	0,56	0,94	0,95		
V																											1,00	-0,29	0,84	0,93	0,66	0,85		
W																												1,00	-0,43	0,45	0,19			
Zn																													1,00	0,85	0,35	0,61		
Zr																														1,00	0,43	0,72		
HNTE																															1,00	0,93		
ANTE																																1,00		

Çok kuvvetli pozitif korelasyon

Kuvvetli pozitif korelasyon

Zayıf pozitif korelasyon

Çok zayıf pozitif korelasyon

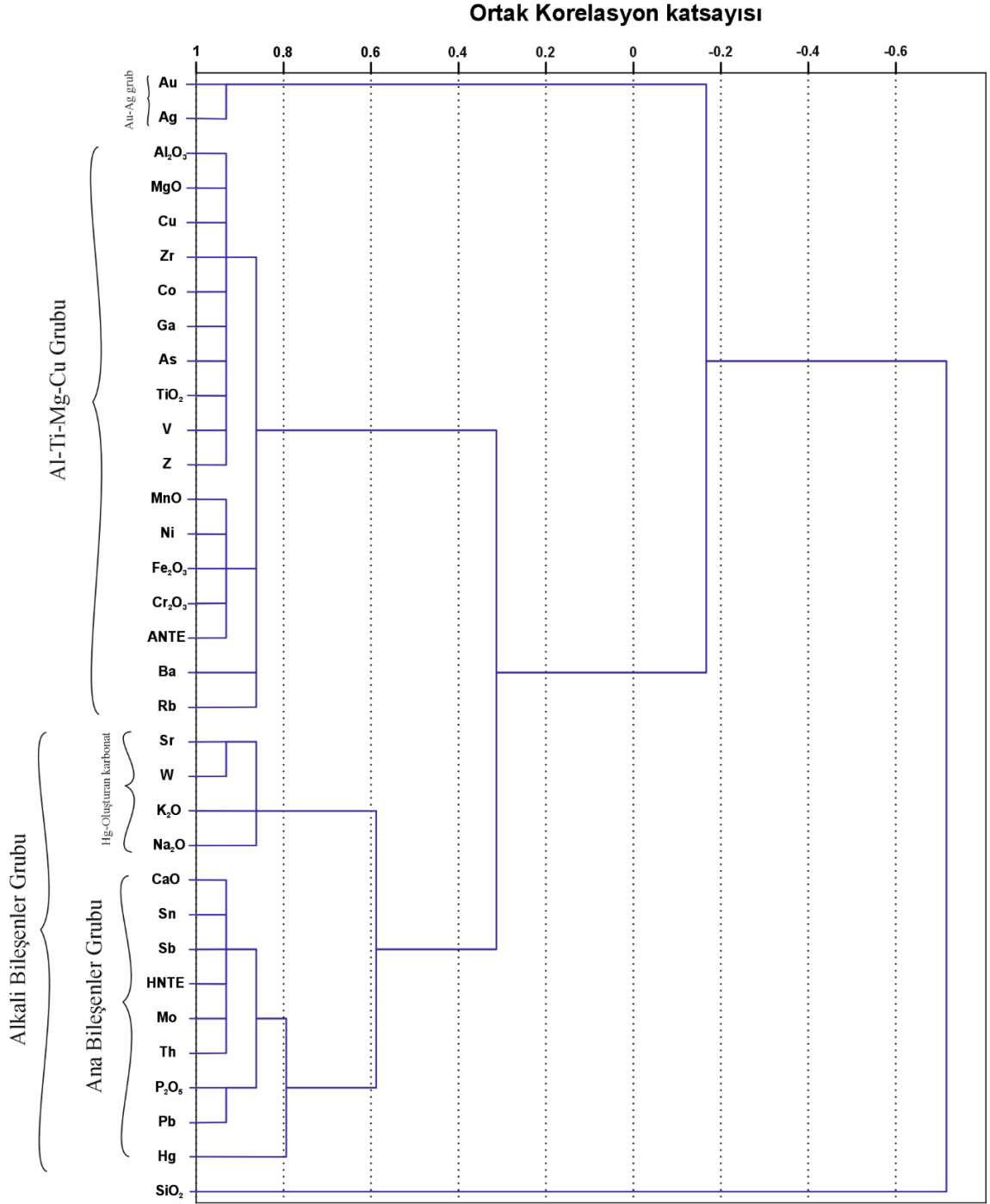
Korelasyon yok

Çok zayıf negatif korelasyon

Zayıf negatif korelasyon

Kuvvetli negatif korelasyon

Çok kuvvetli negatif korelasyon



Şekil 23. Plaserlerde basit korelasyon katsayıları kullanılarak hazırlanan küme (cluster) analizi dendrogramı.

Tovuzçay plaserlerinden alınan 8 numunede analizi gerçekleştirilen 33 bileşenin her birinin farklı bir faktöre bağlı olarak sahaya yerleştikleri varsayılarak faktör sayısının azaltılarak açıklanabilir jeolojik olaylarla ilişkilendirilebilmesi amacıyla faktör analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3). Faktör analizinde ilk 5 faktör değişimin 98.34'ünü karşılamakta olup geri kalan 28 faktörün değişime etkisinin ihmal edilebilecek derecede düşük olduğu varsayılmıştır.

Çizelge 3. Derlenen plaser numunelerine ait faktör analizinde 5 faktörün değişime etkisi ve toplam değişim içindeki payları

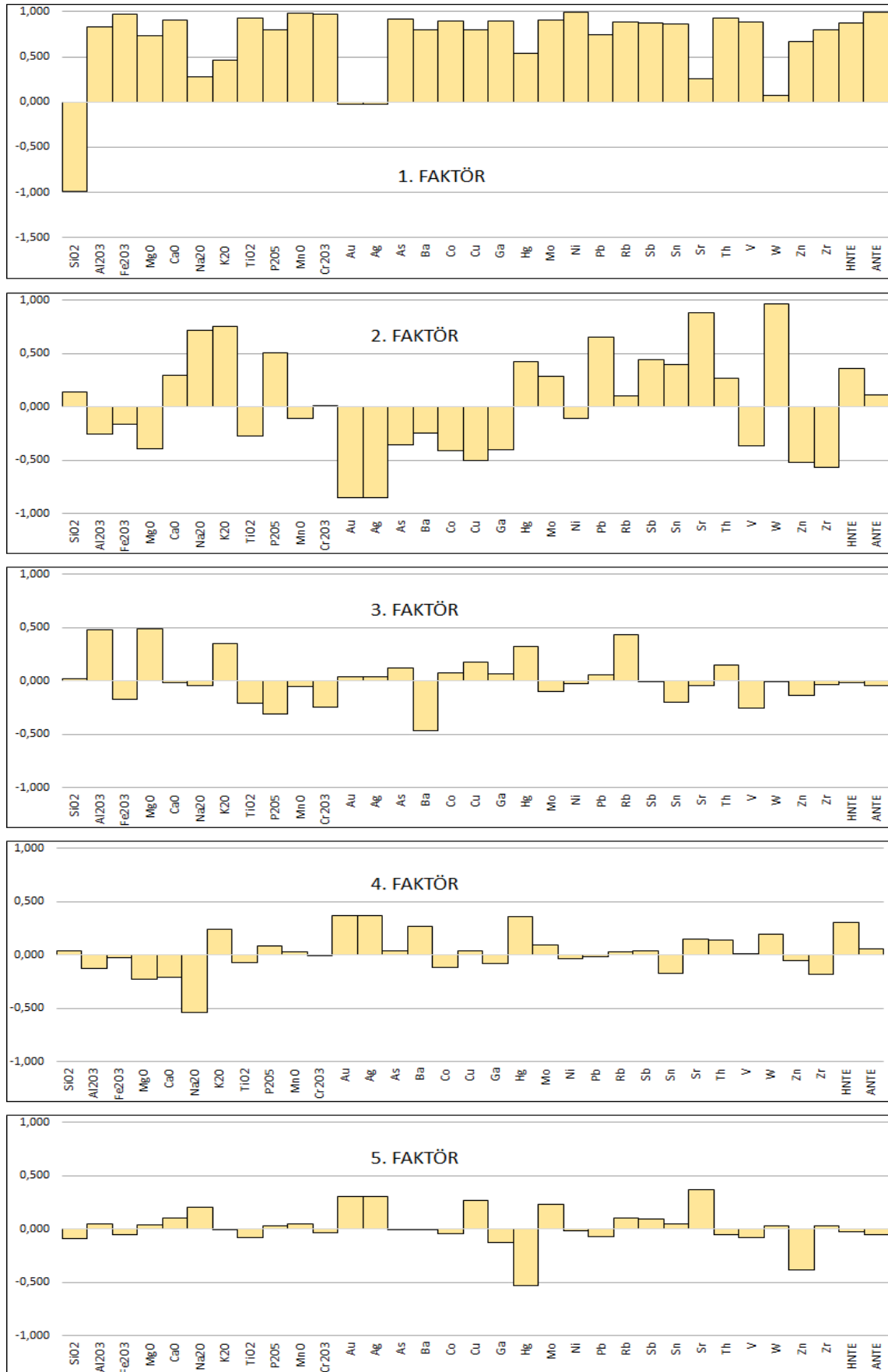
Faktör No.	Toplam değişim	% Değişim	% Kümülatif değişim
1	20.916	63.380	63.380
2	7.741	23.457	86.837
3	1.577	4.780	91.617
4	1.220	3.696	95.313
5	1.015	3.076	98.389

Plaserlerde değişime etkisi % 63.8 olan birinci faktör SiO₂'nin önemli negatif yüküne karşılık diğer bileşenlerin tamamının pozitif faktör yükleri ile temsil edilmektedir. Küme analizi dendrogramında da bütün gruplara uzaktan eklenen SiO₂'in zenginleşmesini sağlayan hidrotermal metazomatizma ile SiO₂ görece zenginleşmiştir.

Değişime etkisi % 23.46 olan ikinci faktör Au ve Ag'ün önemli Cu, As, Ba, Co, Ga, V, Zn ve Zr'un zayıf negatif faktör yüklerine karşılık CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Pb, Sb, Sr, ve W'un önemli pozitif faktör yükleri ile temsil edilmektedir. Negatif ve pozitif faktör yüklerinin dağılımına bakıldığında negatif faktör yüküne sahip olan bileşenler küme analizi dendrogramındaki Au-Ag grubu ve Al-Mg-Ti-Cu grubu ile örtüşürken pozitif faktör yükün esahip olan bileşenler küme analizi dendrogramındaki karbonat grubu ve alkali bileşenler grubu ile örtüşmektedir. Bu durumda Au ve Ag ile Al, Fe, Ti ve Cu ile jeokimyasal olarak az hareketli olan bazı bileşenlerin görece zenginleşmeleri ve karbonat grubuna dahil olan bileşenlerin ortamdan uzaklaşmasını sağlayan atmosferik ayrışma ve bileşenlerin mobilizasyonu ile ilişkilidir (Şekil 24).

Plaserlerde değişimin % 4.8'ini karşılayan 3. faktör Ba'un önemli negatif faktör yüküne karşılık Al ve Mg'un pozitif faktör yükleri ile temsil edilmektedir. Bu faktörde serbest Ba iyonlarının baritleri oluşturarak zenginleşmesi ve Al ile Mg'un nispeten azalmasını sağlıyana indirgen ortam koşullarını yansıtmaktadır (Şekil 24).

Değişime etkisi % 3.7 olan 4. Faktör ve değişim etkisi % 3.08 olan 5. Faktör'de bileşenlerin faktör yükleri belirli bir anlam yüklenemeyecek derece düşüktür. Bu faktörlerden 3. faktörde negatif faktör yüküne sahip olan Na alkali bileşenlerin ortamdan uzaklaştıklarını göstermektedir (Şekil 24).



Şekil 24. Plaser numunelerine ait ilk beş faktörde bileşenlerin faktör yük grafikleri.

4.5.3. Plaserlerde NTE jeokimyası

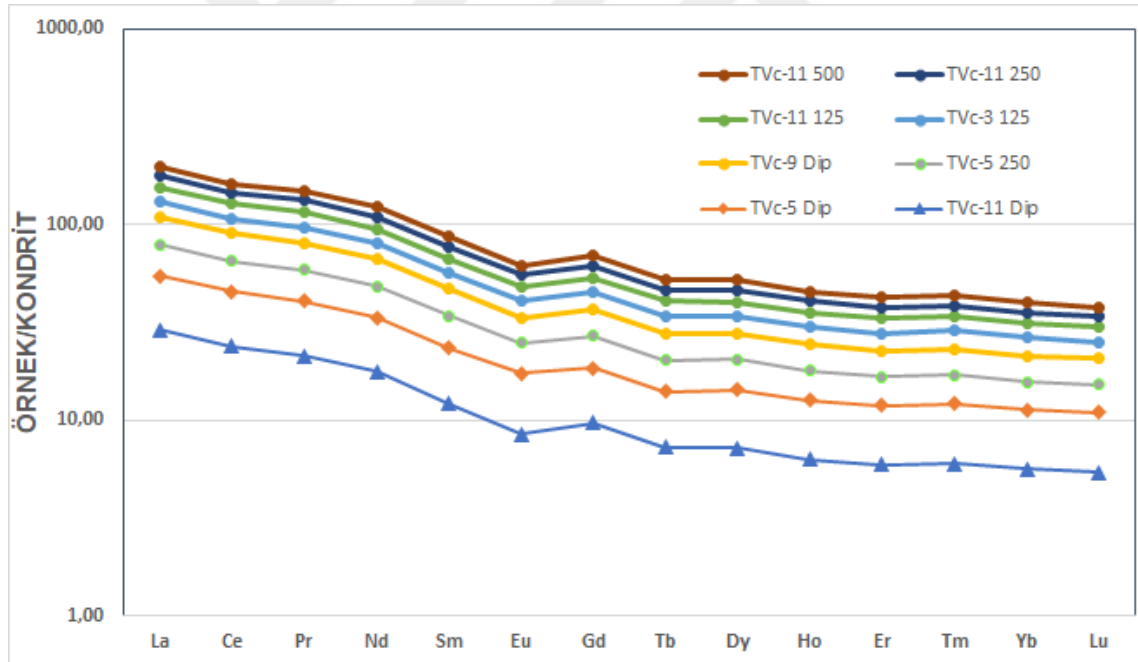
İnceleme alanından derlenen plaser numunelerinde nadir toprak elementi (NTE) analizleri yapılmıştır. Nadir toprak elementleri atom ağırlıklarına göre iki alt gruba ayrılmaktadır (Ramos, 2016). Bunlardan birincisi düşük atom numarası ve atom ağırlığına sahip olan La'dan Sm'a kadar olan (La, Ce, Pr, Nd ve Sm) elementlerdir ve hafif nadir toprak elementleri olarak (**LREE**, **HNTE**) adlanmaktadır. İkincisi ise atom numarası ve atom ağırlığı daha yüksek olan ve Gd'dan Lu'a kadar olan (Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu) elementleri kapsayan ağır nadir toprak elementleridir (**HREE**, **ANTE**).

İncelenen her bir plaser örneğine ait NTE sonuçları kondrit (Wakita ve ark., 1971; Haskin ve ark., 1968; Masuda ve ark., 1973; Nakamura, 1974; Evensen ve ark., 1978), MORB (Pearce, 1996; Saunders ve Tarney, 1984; Sun, 1980) (Çizelge 4; Şekil 28), Primitif manto (Frey, 1984; Çizelge 5; Şekil 26) ve NASC (Kuzey Amerika Şeyllerinin Karışımı) (Çizelge 6; Şekil 27) değerlerine göre normalize edilmiştir. Buna göre incelenen plaser örneklerinin NTE içerikleri kondritlere göre 8-120 kat, primitif mantoya göre 4-100 kat ve MORB'a göre 1-10 kat zenginleşmiş olup NASC ile benzerlik göstermektedir. NTE'nin dağılımı genel olarak normal iken primitif mantoya göre Yb anomalisi göstermektedirler (Çizelge 4-7, Şekil 25-28).

Çizelge 4. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize kondrit oranları

Element	Normalize kondrit							
	TVc-11 Dip	TVc-5 Dip	TVc-5 250	TVc-9 Dip	TVc-3 125	TVc-11 125	TVc-11 250	TVc-11 500
La	29,03	25,70	24,12	30,24	21,30	25,03	22,33	20,79
Ce	23,84	21,57	19,77	25,35	16,92	20,76	17,44	16,10
Pr	21,33	19,08	18,50	22,08	15,96	18,92	17,25	16,63
Nd	17,74	15,56	15,19	17,98	13,13	15,48	14,32	13,87
Sm	12,15	11,20	10,70	12,75	9,45	10,90	10,15	9,70
Eu	8,46	8,83	7,44	8,64	7,50	7,43	6,76	6,23
Gd	9,63	8,85	8,48	10,19	7,67	8,78	8,00	7,70
Tb	7,22	6,78	6,28	7,56	6,10	6,54	5,84	5,56
Dy	7,15	7,18	6,05	7,39	6,15	6,36	5,85	5,56
Ho	6,31	6,26	5,26	6,49	5,51	5,70	5,01	4,76
Er	5,91	5,91	4,86	6,00	5,16	5,18	4,59	4,45
Tm	5,97	6,10	4,90	6,17	5,53	5,37	4,63	4,50
Yb	5,61	5,66	4,44	5,61	5,00	4,93	4,40	4,05
Lu	5,40	5,50	4,27	5,37	4,60	4,80	4,00	4,00
HNTE	21,63	19,35	18,19	22,60	15,74	18,85	16,60	15,61
ANTE	7,16	7,01	6,05	7,39	6,09	6,39	5,77	5,49
NTE	16,17	14,70	13,61	16,86	12,10	14,15	12,51	11,79

Wakita ve diğ., 1971; Haskin ve diğ., 1968; Masuda ve diğ., 1973

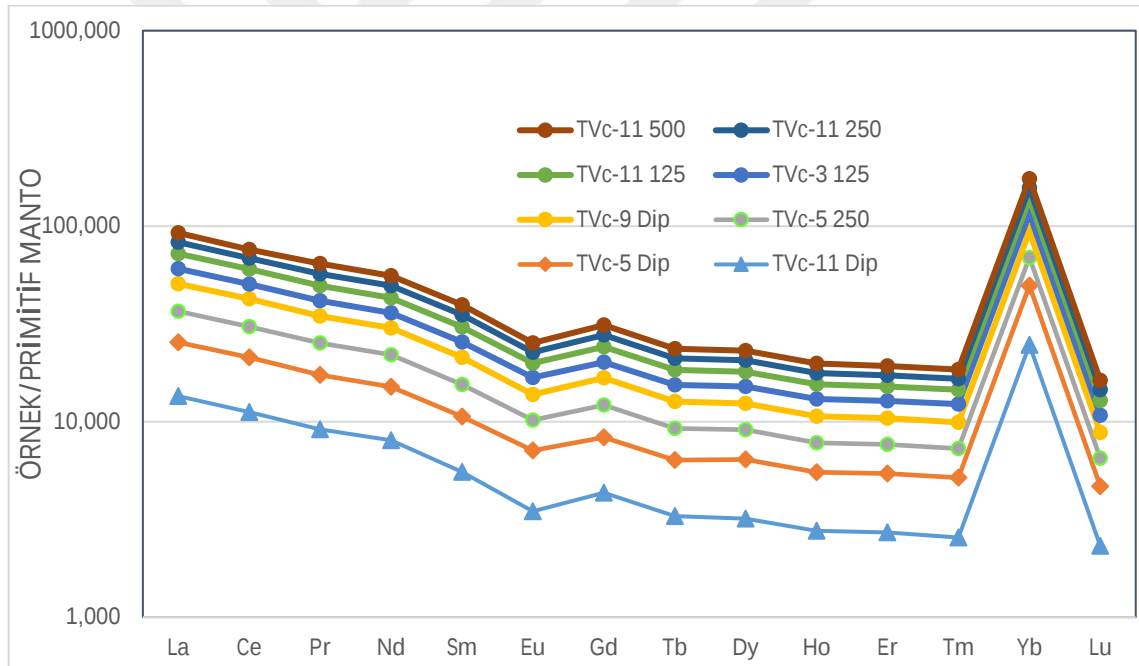


Şekil 25. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE değerlerinin kondrit değerlerine göre normalize logaritmik diyagramı

Çizelge 5. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize primitif manto oranları

Element	Primitif manto							
	TVc-11 Dip	TVc-5 Dip	TVc-5 250	TVc-9 Dip	TVc-3 125	TVc-11 125	TVc-11 250	TVc-11 500
La	13,49	11,94	11,21	14,06	9,90	11,63	10,38	9,66
Ce	11,20	10,14	9,29	11,91	7,95	9,75	8,20	7,57
Pr	9,14	8,18	7,93	9,46	6,84	8,11	7,39	7,13
Nd	8,03	7,04	6,88	8,14	5,94	7,01	6,48	6,28
Sm	5,52	5,09	4,86	5,80	4,30	4,95	4,61	4,41
Eu	3,48	3,64	3,06	3,56	3,09	3,06	2,78	2,56
Gd	4,33	3,98	3,82	4,58	3,45	3,95	3,60	3,47
Tb	3,28	3,08	2,85	3,44	2,77	2,97	2,65	2,53
Dy	3,19	3,20	2,70	3,30	2,74	2,84	2,61	2,48
Ho	2,76	2,74	2,30	2,84	2,41	2,49	2,19	2,08
Er	2,71	2,71	2,23	2,75	2,36	2,38	2,10	2,04
Tm	2,56	2,61	2,10	2,64	2,37	2,30	1,99	1,93
Yb	24,70	24,90	19,54	24,70	22,00	21,70	19,36	17,82
Lu	2,31	2,36	1,83	2,30	1,97	2,06	1,71	1,71
HNTE	9,95	8,90	8,37	10,40	7,24	8,67	7,63	7,18
ANTE	3,77	3,69	3,19	3,89	3,21	3,37	3,04	2,89
NTE	7,81	7,10	6,57	8,14	5,84	6,84	6,04	5,70

Frey (1984)

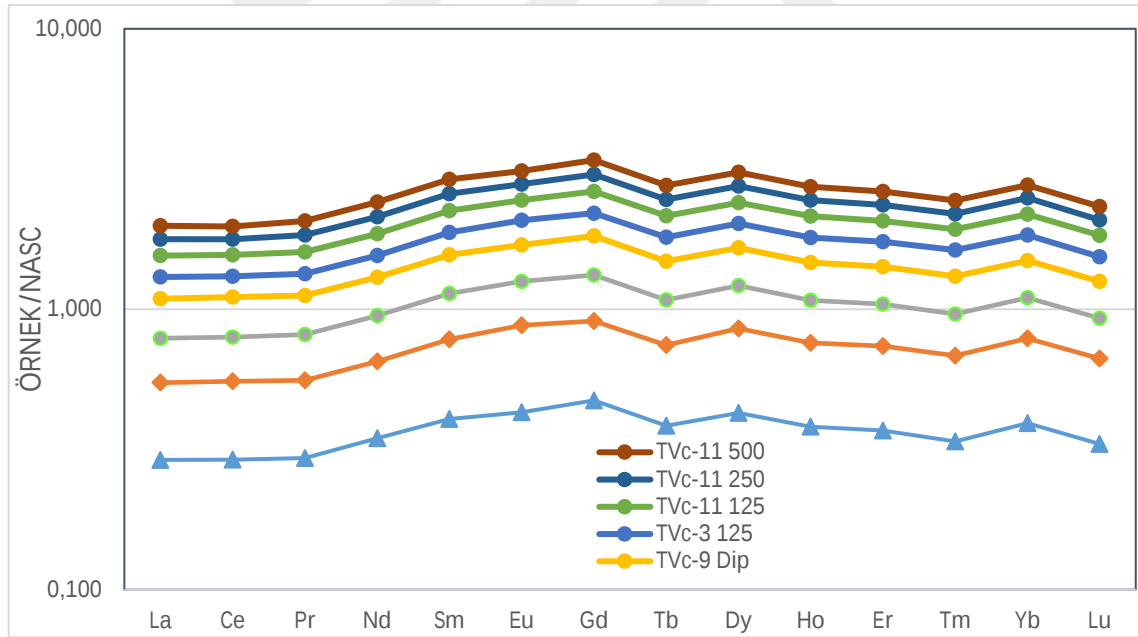


Şekil 26. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE değerlerinin primitif manto değerlerine göre normalize logaritmik diyagramı

Çizelge 6. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize NASC oranları

Element	NASC							
	TVc-11 Dip	TVc-5 Dip	TVc-5 250	TVc-9 Dip	TVc-3 125	TVc-11 125	TVc-11 250	TVc-11 500
La	0,29	0,26	0,24	0,30	0,21	0,25	0,22	0,21
Ce	0,29	0,26	0,24	0,31	0,21	0,25	0,21	0,20
Pr	0,29	0,26	0,26	0,30	0,22	0,26	0,24	0,23
Nd	0,35	0,30	0,30	0,35	0,26	0,30	0,28	0,27
Sm	0,41	0,37	0,36	0,43	0,32	0,36	0,34	0,32
Eu	0,43	0,45	0,38	0,44	0,38	0,38	0,34	0,32
Gd	0,47	0,43	0,42	0,50	0,38	0,43	0,39	0,38
Tb	0,38	0,36	0,33	0,40	0,32	0,35	0,31	0,30
Dy	0,43	0,43	0,36	0,44	0,37	0,38	0,35	0,33
Ho	0,38	0,38	0,32	0,39	0,33	0,34	0,30	0,29
Er	0,37	0,37	0,30	0,38	0,32	0,32	0,29	0,28
Tm	0,34	0,35	0,28	0,35	0,31	0,30	0,26	0,25
Yb	0,39	0,40	0,31	0,39	0,35	0,34	0,31	0,28
Lu	0,33	0,34	0,26	0,33	0,28	0,29	0,24	0,24
HNTE	0,31	0,27	0,26	0,32	0,22	0,27	0,24	0,22
ANTE	0,42	0,41	0,35	0,43	0,35	0,37	0,34	0,32
NTE	0,32	0,29	0,27	0,33	0,24	0,28	0,25	0,23

Wakita ve diğ., 1971

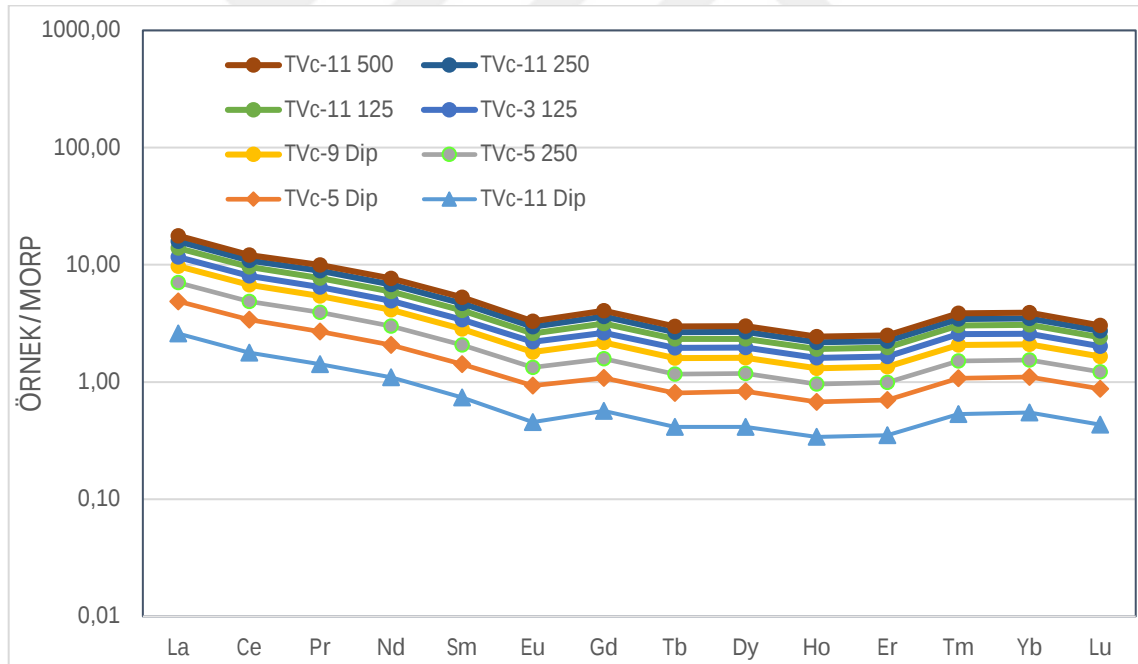


Şekil 27. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE değerlerinin NASC değerlerine göre normalize logaritmik diyagramı

Çizelge 7. Plaser numunelerine ait NTE değerlerinin normalize MORB oranları

Element	MORB							
	TVc-11 Dip	TVc-5 Dip	TVc-5 250	TVc-9 Dip	TVc-3 125	TVc-11 125	TVc-11 250	TVc-11 500
La	2,59	2,29	2,15	2,70	1,90	2,23	1,99	1,85
Ce	1,78	1,61	1,48	1,90	1,27	1,55	1,30	1,20
Pr	1,42	1,27	1,23	1,47	1,06	1,26	1,15	1,11
Nd	1,10	0,97	0,94	1,12	0,81	0,96	0,89	0,86
Sm	0,74	0,68	0,65	0,77	0,57	0,66	0,62	0,59
Eu	0,46	0,48	0,40	0,47	0,40	0,40	0,36	0,34
Gd	0,57	0,52	0,50	0,60	0,45	0,52	0,47	0,45
Tb	0,41	0,39	0,36	0,43	0,35	0,38	0,34	0,32
Dy	0,41	0,42	0,35	0,43	0,36	0,37	0,34	0,32
Ho	0,34	0,34	0,28	0,35	0,30	0,31	0,27	0,26
Er	0,35	0,35	0,29	0,36	0,31	0,31	0,27	0,26
Tm	0,53	0,54	0,44	0,55	0,49	0,48	0,41	0,40
Yb	0,55	0,56	0,44	0,55	0,49	0,48	0,43	0,40
Lu	0,43	0,44	0,34	0,43	0,37	0,39	0,32	0,32
HNTE	1,52	1,36	1,28	1,59	1,11	1,33	1,17	1,10
ANTE	0,45	0,44	0,38	0,47	0,38	0,40	0,36	0,35
NTE	1,09	0,99	0,92	1,14	0,82	0,95	0,84	0,80

Pearce, 1996; Saunders and Tarney, 1984; Sun, 1980



Şekil 28. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE değerlerinin MORB değerlerine göre normalize logaritmik diyagramı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Tovuzçay Barajı memba kesimi (Tovuz-Azerbaycan) plaserlerinin jeolojik ve jeokimyasal özellikleri konulu bu çalışmada başlıca aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Vahidli ve Öysüzlü köyleri arasında bulunan inceleme alanının yakın çevresinde Orta Jura'dan günümüze kadar oluşan magmatik ve sedimanter kayaçlar yüzeylemektedir. Bölgede Orta Jura (Bajosiyen) yaşlı Arıkdam volkanitleri, Vahidli riolitleri ve Asrikçay piroklastikleri Üst Jura – Kretase yaşlı Gosha Granitoyidi tarafından kesilmekte ve tüm birimler Kuvaterner-Holosen yaşlı alüvyal malzeme ile uyumsuz olarak örtülmektedir. Bölgede jeolojik temeli Alt Bajosiyen yaşlı andezit ve bazaltik lavalardan oluşan Arıkdam volkanikleri oluşturmaktadır. Üst Bajosiyen yaşlı riolit-riyodasitik bileşimli damar kayaçları ile temsil edilen Vahidli riolitleri Arıkdam volkaniklerini kesmektedir. Arıkdam volkanikleri ve Vahidli riolitleri Asrikçay piroklastikleri tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Orta Üst Jura yaşlı volkanosedimanter istif yöredeki cevherleşmelere kaynaklık eden ve başlıca granodiyorit, gabro, diyorit ve gabro-diyoritlerden oluşan Gosha Granitoidleri tarafından kesilmektedir. Kuvaterner-Holoen döneminde oluşan Yovuzçay plaserleri ve alüvyonlar daha yaşlı birimlerin üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadır.
2. Azerbaycan'ın Küçük Kafkasya kesiminde yakın bölgelerdeki magmatik kayaçlar ve alterasyon zonlarından taşınan malzeme içinde çok sayıda farklı plaser zenginleşmeleri bulunmaktadır. Güney kolu Azerbaycan topraklarından kuzey kolu ise Ermenistan'da doğan Tovuzçay Barajı memba kesiminde (Tovuz-Azerbaycan) oldukça geniş alanlarda daha yaşlı kayaçlardan türeme plaserler bulunmaktadır. Bölge uzun yıllardır Ermeni işgalinden dolayı maden yatakları bakımından araştırılmamış olduğundan bu çalışmada bu bölgedeki plaserlerin Au ve diğer ağır metaller bakımından araştırılması amaçlanmıştır. Plaserler içinde çakıllı seviyelerin arasında yer yer oldukça iyi yuvarlaklaşmış kum ve ince taneli sedimanlar bulunmakta olup oluşum halen devam etmektedir.
3. İnceleme alanından derlenen plaser numuneleri tartma, yıkama, kurutma ve eleme süreçlerinden sonra >500 mm, 0.250-0.500 mm, 0.125 mm-0.250 mm ve dip kap (<0.125 mm) olacak şekilde 4 farklı tane boyutuna ayrılmıştır. Her bir tane boyu için

mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemeler gerçekleştirilmiştir. Tovuzçay bölgesinden alınan 11 plaser numunesinden ayrılan 4 farklı fraksiyondan toplam 44 numune ayrılmış olmasına rağmen proje bütçe imkanlarından dolayı hedeflenen analizlerin tamamı bütün numunelere uygulanamamış olup temsilen seçilen farklı tane boyutuna sahip numunelerde işlemler gerçekleştirilmiştir.

4. Plaserlerden seçilen 8 numunede gerçekleştirilen X-Işınlı Kırınım (XRD) analizleri sonucu tespit edilen mineraller pirit, kalsit, hematit, manyetit, diyopsit, kalkopirit, ojit, anglezit ve albittir.
5. Plaser numunelerinden hazırlanan 26 adet parlak kesitin cevher mikroskopisi incelemelerinde tekil taneler halinde pirit, kalkopirit, sfalerit, hematit, manyetit, seruzit, altın ve kalkozin tespit edilmiştir.
6. Bölgedeki plaserler içinde çok az sayıda numunede yapılan gözlemlerde altının bulunması bölgenin altın potansiyeli bakımından ayrıntılı olarak araştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.
7. Plaser numunelerinin 8 adedinde ICP-MS yöntemiyle kimyasal analiz yaptırılmış olup analizlerde Au, Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Tm, Yb, SiO₂, Si içerikleri saptanmıştır.
8. Plaser numunelerinin Au değerleri incelendiği zaman 4 numunede TVc-3 (0.125 mm) 2 ppm, TVc-5 dip numunesinde 3.53 ppm, TVc-5 (0.250 mm) 2.55 ppm ve TVc-11 (0.250 mm) 2.06 ppm Au değerleri belirlenmiştir. Seçilen 8 örneğin ortalama 0.9 ppm altın içermesi ve 4 numunede Au'nın 1 ppm üzerinde bulunması bölgenin Au bakımından önemli bir alan olduğunu göstermektedir.
9. Plaser örneklerinde Fe₂O₃ değerlerinin aritmetik ortalaması % 7.9'dır. Bu değer yer kabuğu ortalama değerinden (% 3.1) yüksektir. Arazide Fe₂O₃ bakımından detaylı araştırmaların yapılması gerekmekte olması ve bölgede bazı numunelerdeki %10'un üzerindeki Fe₂O₃ değerleri sahanın demir bakımından pozitif anomaliye sahip olduğunu göstermektedir.

5.2. Öneriler

- Bu yüksek lisans tez çalışmasında araştırma yapılan Tovuzçay Barajı memba kesiminden alınan numunelerde gerek petrografik gerekse jeokimyasal analizlerle Au varlığı kesin bir şekilde belirlenmiştir. Au ile birlikte Fe, Cu, Pb, Zn ve diğer bazı metaller anomali değerlerine sahiptir. Dolayısıyla Ermenistan ve Azerbaycan kısmında ayrıntılı çalışmalar ile diğer metalik zenginleşmelerin oluşum modelleri hakkında ayrıntılı yorum ve değerlendirmeler yapılmalıdır.
- Plaser jeolojisi çalışmasında yan kayaçların özelliklerinin detaylı bir şekilde araştırılması ve metalik zenginleşmelerin kaynağının belirlenmesi gerekmektedir.
- Daha yüksek bütçeli proje ile bölgedeki kayaç ve plaserlerden daha çok sayıda örnek alınarak analizlerinin yapılması, istatistiksel analizlerin tutarlılığın artırılmasının yanında bölgenin Au ve ağır element potansiyelinin ortaya konulmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alizade A.A., Guliyev I.S., Gadirov F.A., Eppelbaum Lev V. Azerbaijan Üzerine Geosciences.// Cilt I "Jeoloji".-2016
- Aliyeva I.S. Küçük Kafkasya peyzajının nehir rejimi üzerindeki etkisi. Coğrafya Adayı derece talebi için sunulan tez. Bakü, 2005
- Arık, F., Özen, Y., Alimammadov, N., 2023, Geochemistry, Fluid Inclusions and Sulfur Isotopes of Goshgarchay Cu-Au Deposit (Western Azerbaijan) in Lesser Caucasus: Implications for the Origins of Ore-forming Fluids, Acta Geologica Sinica - English Edition, September, 2013, <https://doi.org/10.1111/1755-6724.15111>, Accepted Articles
- Arık, F., Özen, Y. and Bakhshiyev, A., 2022, Geochemical, fluid inclusion and sulfur isotope studies of the Daghesemen Au-bearing polymetallic deposit (Northwestern Azerbaijan) in Lesser Caucasus: Implications for ore Genesis, Journal of African Earth Sciences, Volume 196, December 2022, 104694, <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104694>
- Arık, F., 2021, “Dağhesemen (Kuzey-Batı Azerbaijan) polimetallik altın yatağının jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri”, Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Projesi, 201007050, 68 s. Yürütücü, 2021.
- Arık, F., 2021, “Goşgarçay (Batı Azerbaijan) porfir bakır yatağının jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri”, Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Projesi, 211007014, 54 s. Yürütücü, 2021.
- Arık, F., “Gedebey (Batı Azerbaijan) Altın-Bakır Yatağının Jeolojik, Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi”, Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Projesi, 18201084, 91s., Yürütücü, 2019.
- 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.
- 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.
- Aliyev, V. İ., 1976, Küçük Kafkas’ın sülfürlü cevher formasyonu, Bakü, 55.
- Abdullayev, R. N., ve ark., 1998, Küçük Kafkasya içerisindeki Mesozoyik magmatik formasyonu ve ilişkili endojen cevherleşmesi, Bakü, 158s (Rusça).
- Abdullayev, F.F., 2003, Kürəkçay hövzəsində səpinti qızıl karst boşluqlarında. "Tehsil" Cəmiyyəti, "Bilgi" dərgisi, 2003, 1, 85-88. 3.
- Abzalov, M. 2016, Mineral Sands. In Modern Approaches in Solid Earth Sciences, Springer: Heidelberg, Germany, Volume 12, 427–433.
- A.M.Омаров. Отчет о результатах работах по оценке перспектив золотоносности песчано-гравийных отложений в карьерах Азербай-джанской ССР, за 1982-1988 гг. Баку, 1988.
- A.M. Omarov. 1989-1993 yıllarında Küçük Kafkasya'nın alüvyon yataklarındaki altın yataklarının araştırılması ve sonuçları hakkında rapor. Bakü, 1994..
- A.Н.Мусаев, С.А.Бекташи. Россыпообразующие рудные формации Азербайджана. Тезисы докл. VI Всесоюзного совещ. по геологии россыпей. Владивосток, 1981.

- А.Д.Султанов, И.Н. Ситковский. Золото в россыпях. Геология Азербайджана. Полезные ископаемые. Изд. АН Азербайджанской ССР. Баку, 1961, ст. 332-341.
- Atayeva M.A. Küçük Kafkasya'nın Kuzeydoğu Kesiminde Üst Jura Karbonat Oluşumu Litoloji ve derecelerin incelenmesi (Zayamçay ve Terter arası).-1969.
- Azərbaycan Jeolojisi, Cilt I. - Bakü: "Karaağaç" yayınevi, 2015. - 532 s.
- Aliyev O.B. Küçük Kafkasya'nın Kuzeydoğu kısmının Kretase çökelleri Stratigrafi ve Fauna (Goshgarçay-Terterçay Arası).-1961Kalenderov, B.G., 2010, Küçük Kafkasya'nın polimetallik cevher oluşumları, Bakü, 49s.
- А.Билибин. Основа геологии россыпей. Москва: 1935. 7. Г.А.Велиев, Р.Б.Мобили. Экономическая оценка эффективности эксплуатации россыпных месторождений золота в условиях рыночных отношений. "Tahsil" Comiyyoti, "Bilgi" dorgisi, 2003. № 4, 108-109
- А.Байрамов, А.В.Мамедов, 1978, Н.Ш.Ширинов Геология четвертичных отложений Азербайджана. Объяснительная записка к карте четвертичных отложений Азербайджана масштаба 1:500000. Баку: Элм, 1978. 166 с. 5. В.М.Бабазаде, Ш.Д.Мусаев, Т.Н.Насибов, В.Г.Рамзанов Золото Азербайджана. Группа россыпная. Баку: АМЭ, 2003. 355-392 с.
- 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) Paleotectonic Maps of the Middle East., Middle East Basins Evolution Programme, CGMW, Atlas, Maps., pp 1-14,
- Bakshiyev, A., 2021, Dağkesemen (Kuzey-Batı Azerbaycan) altın-polimetallik yatağının jeolojik, minerolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri. Konya Teknik Üniversitesi yüksek lisans tezi, 63s.
- 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). International Journal of Mining Sciences (IJMS) 5 (1), 31-42.
- Babazadeh, V., Veliyev, A., Abdullayeva, S. F., Imamverdiyev, N. A., Mammedov, S. M., Ibrahimov, J. R. ve Bayramov, A., 2015, New Perspective Gadir Mineralization Field in Gedabek Ore Region, ANAS earth science, No 2, 8p.
- Babazadeh, V. M., 1990, Azərbaycan'ın cevher formasyonu, Bakü, 111.
- Babazadeh, V. M., 2000, Sülfürlü cevher oluşumlarının jeolojik- jenetik genel modellemesi, Eds, Bakü: Bakü Devlet Üniversitesi Yayınevi (Doğa bilimleri serisi), N1, 105-126.
- Babazadeh, V. M., Ağasıyev, M. A., Ramazanov, V.G., 1989, Küçük Kafkas'ın bakır-porfir yataklarının tipik jeoloji modellemesi, Bakü, 81-123.
- Babazadeh, V.M., Makhmudov, A.I., Ramazanov, V.G., 1990. Porphyry copper and molybdenum deposits: Baku, Azerbaijan. Publication 377 p.
- Babazade, V.M., Ramazanov, V.G., Mansurov, M.İ., 2005, Azərbaycan'ın mineral-maden kaynakları, Ozan yayınevi, Bakü, 808s.
- Babazade, V.M., Abdullayeva, Ş.F., 2012, Asil metalik-magmatik sistemler, Bakü, Ozan yayınevi, 275s.
- Buck, S.G., Minter, W.E.L. 1985, Placer formation by fluvial degradation of an alluvial fan sequence: The Proterozoic Carbon Leader placer, Witwatersrand Supergroup, South Africa. J. Geol. Soc. 142, 757-764.

- Ф.Ф.Абдуллаев, Т.В.Джафаров. 2003, Геоморфологическое строение и россыпная золотоносность долины р. Кюракчай. "Тəhsil " Cəmiyyəti, "'Bil-gi" dərgisi, 3, 77-82
- 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.
- Hüseynov, A.İ., 2003, Kazak cevheri bölgəsini təhmin etmə beklentiləri üzərinə, Bakü Dövlət Universiteti yayınevi, N 2, 172-173s.
- Hüseynov, A.İ., 2012, Dağkesemen cevheri sahəsinin lokalizasyon şərtləri və altın-polimetallik mineralleşmə yerlərinin düzənləri, Bakü Dövlət Universiteti yayınevi, N 2, 145-149s.
- İsmayıl, C., Arık, F., Özen, Y., 2018. Preliminary Geological and mineralogical features of Gedabek (western Azerbaijan) Au-Cu deposit. Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, Cappadocia Earth Science Symposium Special Issue 7 (3), 1153–1158.
- İsmayıl, C., 2019, Gədəbəy (Bakı Azərbaycan) Au-Cu yatağının jeoloji, mineralojik, petrografik və jeokimyasa xüsusiyyətlərinin incələnməsi, Səlcuk Universiteti Fənbilimleri Enstitüsü, yüksək lisans tezi, 92s.
- İsmayıl C, Arık F, Özen Y, 2020, Mineralogical and ore petrographic, comparison of Gedabek and Gadir deposits in Gedabek region, (Western Azerbaijan). Azerbaijan Nat Academic Sci ANAS, Transac Earth Sci N2:49–60,
- İsmayıl, C., Arık, F. və Özen, Y., 2021, Kadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn Cəvherleşməsində Kükürt İzotopu İncələməsi (Bakı Azərbaycan), Sulfur Isotope Investigation of Kadir Au-Ag-Cu-Pb-Zn Mineralization, (Western Azerbaijan), 24-28 May 2021 / May 24-28, 2021, Çevrimiçi / Online, Bildiriler, 769-771.
- İsmayıl, C., Arık, F., Özen, Y., Bayramov, A., 2021b, 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 (2021) 14: 1298, 20 pp, <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07520-6>
- İsmayıl, C., Özen, Y., Arık, F. and Veliyev, A., 2021a, Genesis of the Gedabek Au-Ag-Cu deposit (Azerbaijan) in the Lesser Caucasus: Insights from geochemistry, fluid inclusion and sulfur isotope, Journal of Asian Earth Sciences, 206, February 2021, 104627, <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2020.104627>
- İsmayıl, C., Arık, F., Özen, Y., 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 (2021) 14: 1298, 20 pp, <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07520-6>
- İsmayıl, C., Özen, Y., Arık, F. and Veliyev, A., 2021, Genesis of the Gedabek Au-Ag-Cu deposit (Azerbaijan) in the Lesser Caucasus: Insights from geochemistry, fluid inclusion and sulfur isotope, Journal of Asian Earth Sciences, 206, February 2021, 104627, <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2020.104627>
- İsmayıl, C., Arık, F. and Özen, Y., 2020, Mineralogical and Ore Petrographic Comparison of Gedabek and Gadir Deposits in Gedabek Region (Western Azerbaijan), ANAS Transactions, Earth Sciences Geology and geophysics 2 / 2020, 49-60
- Kanal və Sulama Şəbəkələri İnşaatı İş Mühəndisi-Jeoloji və Hidrojeoloji Rapor.-2013
- Krauskopf, K.B., 1979, "Introduction to Geochemistry", (2. Baskı), McGraw- Hill, 617 s.

- Mederer, J., Moritz, R., Zohrabayan, S., Vardanyan, A., Melkonyan, R., 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.
- Moritz, R., Selby, D., Ovtcharova, M., Mederer, J., Melkonyan, R., Hovakimyan, S., Tayan, R., Popkhadze, N., Gugushvili, V., and Ramazanov, V., 2012. Diversity of geodynamic settings during Cu, Au and Mo ore formation in the Lesser Caucasus: New age constraints, in *European Mineralogical Conference, Frankfurt, Germany, Proceedings: European Mineralogical Conference*, 1, abstract EMC2012-745.
- Moritz, R., Rezeau, H., Ovtcharova, M., Tayan, R., Melkonyan, R., Hovakimyan, S., Ramazanov, V., Selby, D., Ulianov, A., Chiaradia, M., Putlitz, B., 2016a. Long-lived, stationary magmatism and pulsed porphyry systems during Tethyan subduction to post-collision evolution in the southernmost Lesser Caucasus Armenia and Nakhitchevan. *Gondwana Research* 37, 465–503.
- 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).
- M Mohajjel, CL Fergusson, MR Sahandi. *Journal of Asian Earth Sciences* 21 (4), 397-412, 2003. 870: 2003
- Mederer, J., Moritz, R., Zohrabayan, S., Vardanyan, A., Melkonyan, R., 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.
- M.A.Абасов. 1989.Рельеф среднеаравской депрессии и смежных гор. Баку: Элм, 187
- M.Müseibov, R.Quliyev. Azərbaycan SSR-nin geomorfologiyası. Bakı, 1974C.A.Ализаде, A. Rezeau, H., Moritz, R., Leuthold, J., Hovakimyan, S., Tayan, R., 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.
- M.İ.Mansurov, V.M.Babazadə, E.A.Məmmədova, B.H.Qələndərov. Kosmik geologiyanın əsasları. Ali məktəblər üçün dərslik. Bakı, “ISBN” mərkəzi, 2015. 354 səh.
- Nağıyev, V. N., 2007, Azərbaycan Cumhuriyyətinin cevher oluşumları, Bakü, 594s (Rusça).
- Nağıyev V.N. Küçük Kafkasyanın plaser altın yataklarının toplanma kanuna uyğunluğu. Bakü, 2007
- Nations, U., 2000, *Geology and mineral resources of Azerbaijan*: New York, United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), *Atlas of mineral resources of the ESCAP region*, 15, 216 pp., In, Eds, p.
- Okay, A. I., Zattin, M. ve Cavazza, W., 2010, Apatite fission-track data for the Miocene Arabia-Eurasia collision, *Geology*, 38 (1), 35-38.
- Rezeau, H., Moritz, R., Wotzlaw, J.F., Tayan, R., Melkonyan, R., Ulianov, A., Selby, D., d’Abzac, F.X., Stern, R.A., 2016. Temporal and genetic link between incremental pluton assembly and pulsed porphyry Cu-Mo formation in accretionary orogens. *Geology* 44, 627–630.
- Rolland, Y., Perincek, D., Kaymakçı, N., Sosson, M., Barrier, E., 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. *J. Geodyn.* 56, 76–85.

- Rezeau, H., Moritz, R., Leuthold, J., Hovakimyan, S., Tayan, R., 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.
- Rezeau, H., Moritz, R., Wotzlaw, J.F., Tayan, R., Melkonyan, R., Ulianov, A., Selby, D., d'Abzac, F.X., Stern, R.A., 2016. Temporal and genetic link between incremental pluton assembly and pulsed porphyry Cu-Mo formation in accretionary orogens. *Geology* 44, 627–630.
- Ramazanov, V.G., Kalenderov, B.G., Tahmazova, T.G., Mansurov M.İ., 2009, Azərbaycan Cumhuriyeti topraklarında altın içeriğinin tahmini değerlendirilmesi, Doğa ve teknik bilimler yayınevi, Moskova, N 4, 194-197s.
- Ramos VA, Escayola M, Leal P, Pimentel MM, Santos JOS, 2016, The late stages of the Pampean Orogeny, Cordoba (Argentina): evidence of postcollisional early Cambrian slab break-off magmatism. *J S Am Earth Sci* 64:351–364.
- 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. *Geol. Soc. Lond Special Publications* 340, 329–352.
- Safarov E. Küçük Kafkasyanın maden yatakları. Bakü, 2012
- С.С.Воскресенский. Геоморфология россыпей. Москва 1985. 9. С.Н.Гасанов, Ф.Ф.Абдуллаев. Типоморфные особенности россыпного золота бассейна р. Кюракчай. "Tohsil" Cemiyeti, "Bilgi" dergisi, 2003, No 4, s. 96-99.
- С.М.Сулейманов. Краткий отчет о результатах шлихового опробования в бассейне р. Тутхун. Азгеолфонд. Баку, 1946.
- С.М.Сулейманов. Отчет по работе изучение золотоносности аллювия рек северо-восточного склона Малого Кавказа и прилегающих низ
- Составление карты прогнозов на цветные металлы Азер байджана, за 1991-1996 гг. Азгеолфонд. Баку, 1988.
- Şikhalibeyli, E.Ş., 1972, Küçük Kafkasya'daki Mega antiklinoriler, SSCB Jeolojisi, cilt XLVII (jeolojik tanım), Azərbaycan SSCB, 330-349s.
- Труды ЦНИГРИ. Этапы формирования и коренные источники золото-рудных россыпей. Москва, 1982, вып. 172.
- Труды ЦНИГРИ. Типы районов развития россыпей. Москва, 1986, вып. 211
- 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.
- 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.
- Груды ЦНИГРИ. Условия формирования, методика изучения и поисков россыпных месторождений золота. Москва, 1981.