

KURŞUNLU-DAĞDERE (KONYA) ARASINDAKİ BÖLGENİN JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE CEVHER POTANSİYELİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Fetullah ARIK¹, Zahide Seher ATEŞ², Yeşim ÖZEN¹

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

²Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Konya

farik@ktun.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-0833-7778>

zahideseherates@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-0272-4494>

yozen@ktun.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0003-2302-1958>

Anahtar Kelimeler	Öz
Jeokimya Kurşunlu Dağdere Konya	<i>Kurşunlu ve Dağdere (Konya) civarında yaklaşık 132 km² lik bir alanın cevher potansiyeli araştırılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanında Ladik Metamorfikleri'ne ait Silüriyen (?) -Permien yaşlı Sızma grubunda, rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan Bozdağ formasyonu, fillit, metakumtaşı, rekristalize kireçtaşı, metaçört, şist ve metakarbonat olistolitlerinden oluşmuş Bağrıkurt formasyonu ve bu birimlerle yer yer ara seviyeli yer yer de dayklar şeklinde kesen Karadağ metamagmatikleri yer almaktadır. Ardıçlı grubunda ise, metakonglomera, fillit, metakumtaşı ve rekristalize kireçtaşlarıyla temsil edilen Bahçecik formasyonu ve bu birimle dereceli geçişli metakarbonat ve metakırıntılardan oluşan Ertuğrul formasyonu yer almaktadır. İnceleme alanındaki jeokimyasal analiz sonuçları bu birimler içerisinde yer alan cevherli numuneler içinde başlıca iki mineralizasyon grubu olduğunu göstermiştir. Bunlar, yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık mineralizasyonları olarak tanımlanmıştır. Üst Devoniyen-Permien döneminde gerçekleşen magmatizma ile ilişkili olduğu düşünülen yüksek sıcaklık mineralizasyonunda yer alan Fe₂O₃, Cu, Pb, Zn ve Mo, bazı örneklerde oldukça yüksek olup Fe₂O₃ % 56.62'ye, Cu 255 ppm'e, Pb 685 ppm'e, Zn 1426 ppm'e ve Mo 72 ppm'e ulaşmaktadır. İkinci önemli mineralizasyon ise düşük sıcaklıklı mineralizasyon grubu olup Hg başta olmak üzere, Sb, As, Tl, Ag ve Au ile temsil edilmektedir. Bazı örneklerde Hg 100 ppm'e, Sb 182 ppm'e, As 951 ppm'e, Tl 20 ppm'e, Ag 3.3 ppm'e ve Au ise 63 ppb'ye ulaşmaktadır.</i>

GEOCHEMICAL FEATURES AND STATISTICAL EVALUATION OF THE ORE POTENTIAL OF THE REGION BETWEEN KURŞUNLU AND DAĞDERE (KONYA)

Keywords	Abstract
Geochemistry Kurşunlu Dağdere Konya	<i>The ore potential of an area of approximately 132 km² around Kurşunlu and Dağdere (Konya) was investigated and statistically evaluated. In the study area, in Silurian (?) -Permian aged Sızma group belonging to Ladik Metamorphics, Bozdağ formation consisting of recrystallized limestone, dolomitic limestone, and dolomites, Bağrıkurt formation consisting of phyllite, metasandstone, recrystallized limestone, metachert, schist and metacarbonate olistoliths, and Karadağ metamagmatics, which cut in the form of dykes and intermediate levels with these units are located. In the Ardıçlı group, Bahçecik formation represented by metaconglomerate, phyllite, metasandstone and recrystallized limestones and Ertuğrul formation consisting of gradual transitional metacarbonate and metaclastics with this unit are located. The results of the geochemical analysis in the study area showed that there are two main mineralization groups among the ore samples in these units. These are defined as high-temperature and low-temperature mineralizations. Fe₂O₃, Cu, Pb, Zn, and Mo, which take place in the high-temperature mineralization thought to be related to magmatism in the Upper Devonian-Permian period, are quite high in some samples, and Fe₂O₃ reaches up to 56.62%, Cu reaches 255 ppm, Pb reaches 685 ppm, Zn reaches 1426 ppm, and Mo reaches 72 ppm. The second important mineralization is the low-temperature mineralization group, represented primarily by Hg, as well as by Sb, As, Tl, Ag, and Au. In some samples, Hg reaches 100 ppm, Sb reaches 182 ppm, As reaches 951 ppm, Tl reaches 20 ppm, Ag reaches 3.3 ppm, and Au 63 ppb.</i>

Başvuru Tarihi : 16.04.2022
Kabul Tarihi : 26.08.2022

Submission Date : 16.04.2022
Accepted Date : 26.08.2022



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

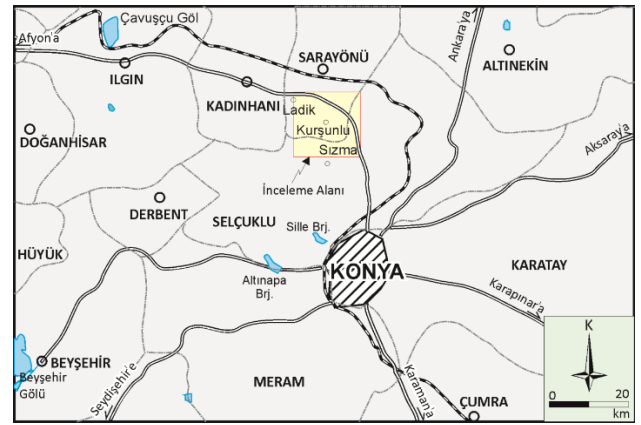
1. Giriş

İnceleme alanı Sızma Mahallesi'nin kuzeyindeki Ladik, Kurşunlu, Dağdere ve Bahçesaray Mahallelerini kapsamaktadır. Çalışma alanında bilinen en önemli metalik cevherleşmesi sahanın GB sınırında yer alan, Bağrıkurt ve Bozdağ formasyonlarının sınırında bulunan Türkiye'nin en önemli civa yataklarından biri olan Sızma-Ladik (Konya) civa yatağıdır. Bölgede civa yataklarının işletilmesi M.Ö. 6000'li yıllara kadar uzanan yaklaşık 8000 yıllık bir geçmişe sahiptir (Akçay, 1998). Bu nedenle Türkiye'nin bilinen ilk civa yatağıdır. Sızma-Ladik-Kurşunlu (Konya) civarında bir milyon tondan fazla civa rezervi olduğu bilinmektedir (Bekişoğlu, 1968). İnceleme alanındaki civa oluşumları nedeniyle 1900'lü yılların başından itibaren inceleme ve alanı ve çevresi, yerli ve yabancı birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Sharpless, 1908; Pilz, 1937; Schumacher, 1937; Kovenko, 1939; Murdock, 1958; Kuru ve Yıldız, 1963; Petrascheck, 1964; Wiesner ve Lehnert, 1964; Maucher, 1964, Holl, 1965; Yıldız ve Bailey, 1978; Motorcu, 1988; Akçay, 1998; Horasan, 2005; Horasan ve Temur, 2006; Arık ve Öztürk, 2011; Ateş, 2014; Kaya, 2018). Bölge aynı zamanda jeolojik, mineralojik ve petrografik çalışmalara da konu olmuştur (Niehoff, 1961, Kaaden, 1966; Bayıç, 1968; Wiesner, 1968; Doğan, 1975, Pehlivan, 1976; Üstündağ, 1987; Banger, 1987; Özcan, Göncüoğlu, Turhan, Uysal, Şentürk ve Işık, 1990; Eren, 1993; Kurt, 1994; Eren, 1996; Kurt, 1996; Hekimbaşı, 1997; Kurt ve Eren, 1998; Eren, Kurt, Rosselet ve Stampfli, 2004; Koçak, 2008; Arık, 2016).

İnceleme alanındaki cevherleşmelerin, eski magmatik kayalara yakın şist - rekristalize kireçtaşı kondağında ve kireçtaşının içinde damarcıklar, iri kristal saçınımları ve küçük kümelenmeler halinde gözlemlendiği belirtilmiştir (Sharpless, 1908). Civa cevherleşmesinin hidrotermal kökenli olduğunu belirten araştırmacıların yanı sıra (Kuru ve Yıldız, 1963; Petrascheck, 1964; Wiesner ve Lehnert, 1964) cevherleşmenin "denizaltı ekshalatif sedimanter" kökenli olduğu belirten araştırmacılar da (Maucher, 1964; Holl, 1965) bulunmaktadır. Cevherleşmenin bir kırık hattına bağlı olarak geliştiği ve andezit volkanizması ile ilgili epitermal özellikte bir

cevherleşme olduğu belirtilmiştir (Wiesner, 1968).

Bu çalışma ile Kurşunlu-Dağdere arasındaki 132 km²lik alandan (Şekil 1) derlenen kayaç ile dere sedimanı numunelerinin kimyasal analizleri yapılarak bölgede bilinen yatakların dışında bulunması muhtemel farklı metalik maden potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır.



Şekil 1. İnceleme Alanının Yer Bulduru Haritası

2. Materyal ve Metot

Saha çalışmalarında bölgedeki farklı nitelikteki kayaçlardan petrografik çalışmalar için alınan örneklerden 23 adet ince kesit ve 13 adet parlatma kesit hazırlanarak incelenmiştir. Jeokimyasal analizler için ise 33 adet numune analiz edilmiştir. Petrografik analizler için seçilen numuneler yaklaşık 10 cm kalınlığında bloklar şeklinde kesilmiştir. Kayaç numunelerinin ince kesitleri Pamukkale Üniversitesi (Denizli) Jeoloji Mühendisliği Bölümü petrografi laboratuvarında hazırlanmıştır.

Parlatma kesitleri ise MTA Genel Müdürlüğü (Ankara)'nde hazırlanmıştır. Hazırlanan kesitler, MTA Orta Anadolu 2. Bölge Müdürlüğü (Konya) laboratuvarlarındaki Leica marka polarizan mikroskopta incelenmiş ve görüntülenmiştir.

İnceleme alanındaki kayaçlarda yer alan cevherleşmelerin dağılım alanlarının belirlenmesi için alınan dere sedimanı numuneleri, bitkisel

kalıntılarından ve diğer organik bileşenlerinden ayrılması için yıkanarak 80 °C etüvde 12 saat kurutulmuş ve 80 mesh boyutuna düşürülen numunelerden 200'er gr'lık bölümü alınmış ve kalan kısmı şahit numune olarak saklanmıştır. Daha sonra bu numunelerden iki tanesinde kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

Kimyasal analiz için öncelikle kırıcıdan geçirilen kayaç numuneleri öğütülerek analize hazırlanmıştır. Dere sedimanı ve kayaç numuneleri ana oksit, iz element ve Nadir Toprak Elementi (NTE) analizi için ACME Analitik Laboratuvarları (Vancouver-Kanada)'na gönderilmiştir. ICP-MS ile gerçekleştirilen analizlerde ana oksitler (SiO₂, Al₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃ LOI, TOT/C, TOT/S, Sum) %, ppb olarak analiz edilen Au dışındaki diğer iz elementler ve nadir toprak elementleri (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, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se) ise ppm cinsinden analiz edilmiştir. Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Ta, Th, W ve Bi gibi bazı iz elementler ile Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu gibi NTE'leri herhangi bir anomali göstermemeleri veya bütün numunelerde deteksiyon limitinin altında kalmaları nedeniyle değerlendirmeye alınmamıştır. Böylece bütün örnek gruplarında SiO₂, Al₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃, Ni, Sc, Ba, Be, Co, Sn, Sr, U, V, Zr, Y, La, Ce, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se olmak üzere 39 bileşen değerlendirmeye alınmıştır.

Yeterli sayıda örnek analizine sahip formasyonlarda, temel istatistiksel analizler, bileşenler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılabilmesi için basit korelasyon analizleri ve küme (cluster) analizleri ve bu bileşenlerin sahada bulunuşlarının açıklanabilmesi amacıyla faktör analizleri gerçekleştirilerek yorumlanmıştır. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Genel Jeoloji

İnceleme alanında Bozdağlar Masifi'ne ait Paleozoyik'ten günümüze kadar farklı yaş ve ortam koşullarında oluşan magmatik, metamorfik ve sedimanter birimler yüzeylemektedir. Bozdağlar Masifi taban kesiminde Ladik Metamorfiklerine ait Silüriyen (?) -Devoniyen Permiyen yaşlı Sızma grubu ve üstte ise Sızma grubunu açılı uyumsuz olarak örten Permo (?) -Mesozoyik yaşlı Ardıçlı grubundan oluşmaktadır (Eren, 1993; Şekil 2).

Sızma grubu, en altta rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitlerden oluşmuş Silüriyen-Alt Karbonifer yaşlı Bozdağ formasyonu; fillit, metakumtaşı, rekristalize kireçtaşı, metaçört, şist ve metakarbonat olistolitlerinden oluşmuş Devoniyen-Alt Permiyen yaşlı Bağrıkurt formasyonu ile yer yer ara seviye yer yer de dayklar şeklinde izlenen Devoniyen-Permiyen yaşlı Karadağ metamagmatiklerinden oluşmaktadır. Sızma grubu üzerinde açılı uyumsuz olarak yer alan Ardıçlı grubu ise, en altta metakonglomera, fillit metakumtaşı ve az oranda rekristalize kireçtaşlarıyla temsil olunan Bahçecik formasyonu ile metakarbonat ve metakırıntılılar şeklindeki Ertuğrul formasyonundan oluşmuştur. Tüm bu birimler, yörede yaygın olarak izlenen Kuvaterner-Güncel yaşlı alüvyonlar tarafından açılı uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2).

Kuvaterner - Güncel yaşlı kırıntılı kayaçlardan oluşan alüvyon dışında inceleme alanında bulunan kayaçların tamamı Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı olup geçirdikleri yapısal jeolojik olaylar ve metamorfik süreçlere bağlı olarak kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmışlardır.

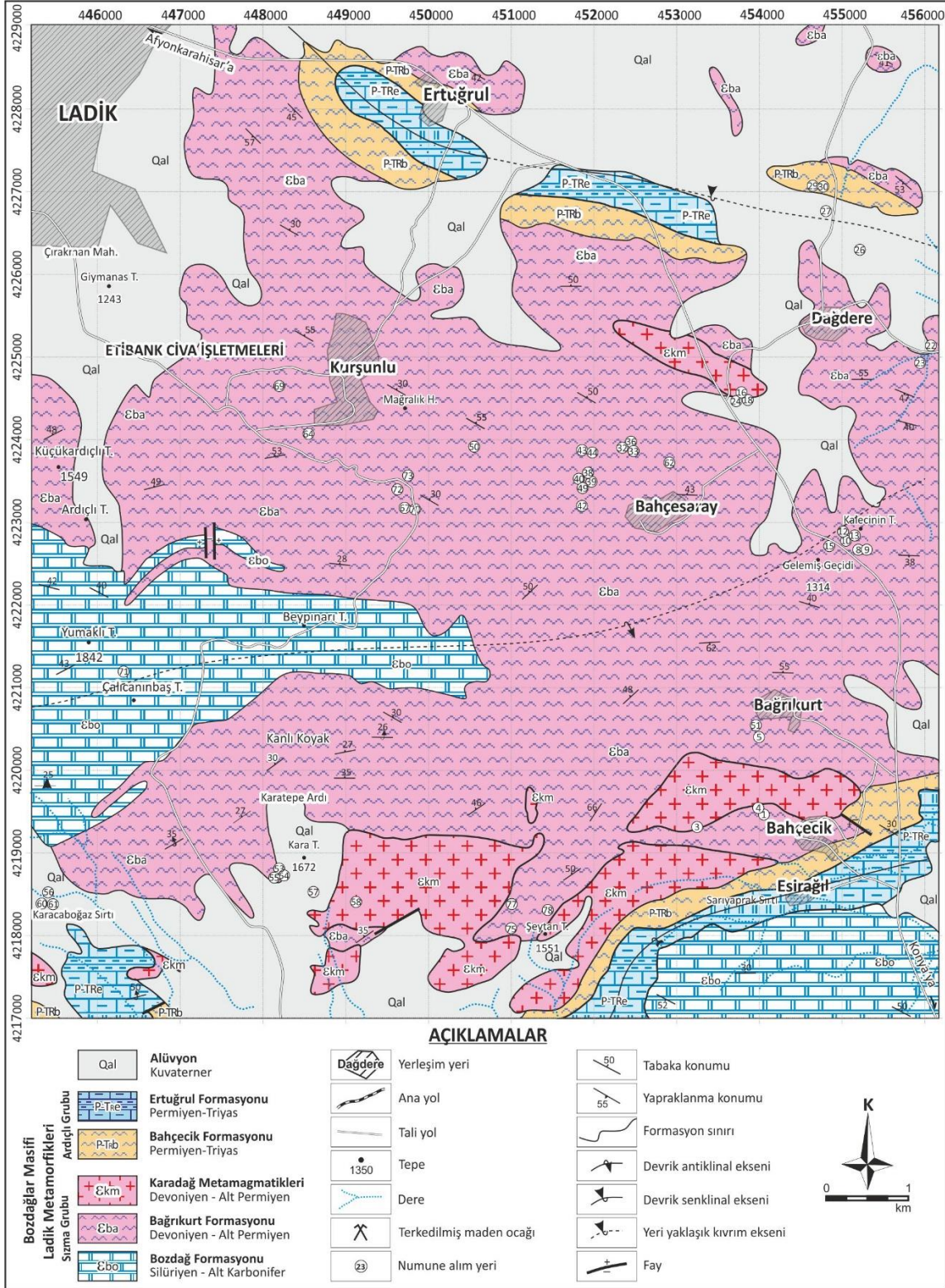
İki evreli olduğu düşünülen metamorfizmanın birinci evresi Hersiniyen Orojenezi'ne bağlı olarak yeşilist fasiyesinde gerçekleşen hidrotermal alterasyon ve/veya okyanus tabanı metamorfizmasıdır (Özcan ve diğ., 1990; Eren ve diğ., 2004). İnceleme alanında Hersiniyen Orojenezi'nin izleri Silüriyen-Alt Permiyen yaşlı birimlerin litolojik gelişimi ve Üst Permiyen-Mesozoyik yaşlı Ardıçlı grubunun bu birimleri açılı uyumsuzluk ile örtmesi şeklinde belirlenebilmektedir (Eren ve diğ., 2004). Silüriyen - Üst Permiyen yaşlı metakırıntılı ve metakarbonatlı kayaçlardan oluşan Bağrıkurt formasyonu Hersiniyen hareketlerle ilişkili gelişen bir magmatik yayın ürünü olan Karadağ metamagmatikleri tarafından kesilmiştir. Erken Triyas öncesinde gerçekleşen Hersiniyen Orojenezi'nin izleri daha sonra Alpin Orojenezi ile büyük ölçüde silinmiştir (Eren ve diğ., 2004).

Bölgedeki gerçekleşen ikinci metamorfizma evresi ise Alpin Orojenezine bağlı olarak muhtemelen Kretase'de meydana gelen mavişist metamorfizmasıdır. Maestrihtiyen-Paleosen döneminde hem Sızma hem de Ardıçlı grubuna ait kayaçlar toplu olarak Alpin Orojenezine bağlı olarak ikinci metamorfizmaya uğramışlardır (Eren, 1996; Eren ve Kurt, 2000). Dolayısıyla Ladik metamorfiklerine ait Sızma ve Ardıçlı grubu kayaçlar, Alpin orojenezinin çeşitli fazlarından etkilenerek metamorfizmaya uğramış, yapraklanmış ve

yeniden kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmışlardır (Eren, 1993).

Horasan ve Temur (2006), inceleme alanındaki civa cevherleşmelerine ait yan kayaların metamorfizma geçirmiş olmasına karşın cevher ve buna bağlı

alterasyon minerallerinde metamorfizma izlerinin gözlenemediğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla civa cevherleşmelerinin oluşum yaşı metamorfik kayalardan ve onları kesen Karadağ metamagmatiklerinden daha gençtir.



Şekil 2. İnceleme Alanının Jeolojik Haritası (Umut, 2009'dan Güncellenerek Alınmıştır).

3.2. Maden Yatakları

İnceleme alanının bilinen en önemli metalik cevherleşmesi, sahanın güneybatı sınırında ülkemizin en önemli civa yataklarından biri olan Sızma-Ladik civa yataklarıdır. Sızma Kasabası'nın kuzeybatısındaki Büyük Maden ve Çırakman Tepe civarında bulunan Sızma - Ladik civa yatakları tarihi devirlerden bu yana uzun zamandır bilinen ve geçmişte Etibank tarafından metalik civa üretimi için işletme yapılan Türkiye'nin bilinen ilk civa yatağıdır. İnceleme alanındaki

Çalıcınbaş Tepe, Kurşunlu ve Ardıçlı Tepe'de de daha küçük ölçekli civa oluşumları vardır (Şekil 2 ve 3). Civa oluşumları Bağrıkurt ve Bozdağ formasyonlarının sınırında ve daha çok Bozdağ formasyonu içinde yer almaktadır. Bölgedeki civa oluşumları başlıca gri, koyu-gri renkli, rekristalize kireçtaşı, mermer ve dolomitik mermerlerden oluşan Bozdağ formasyonu ile metakonglomera, metakumtaşı, kuvarsit, metaçört, fillit, mikaşist, mika-kuvarşist, metakarbonatlı kayaçlar ve karbonat bloklarından oluşan Bağrıkurt formasyonunun sınırlarında gözlenmektedir.



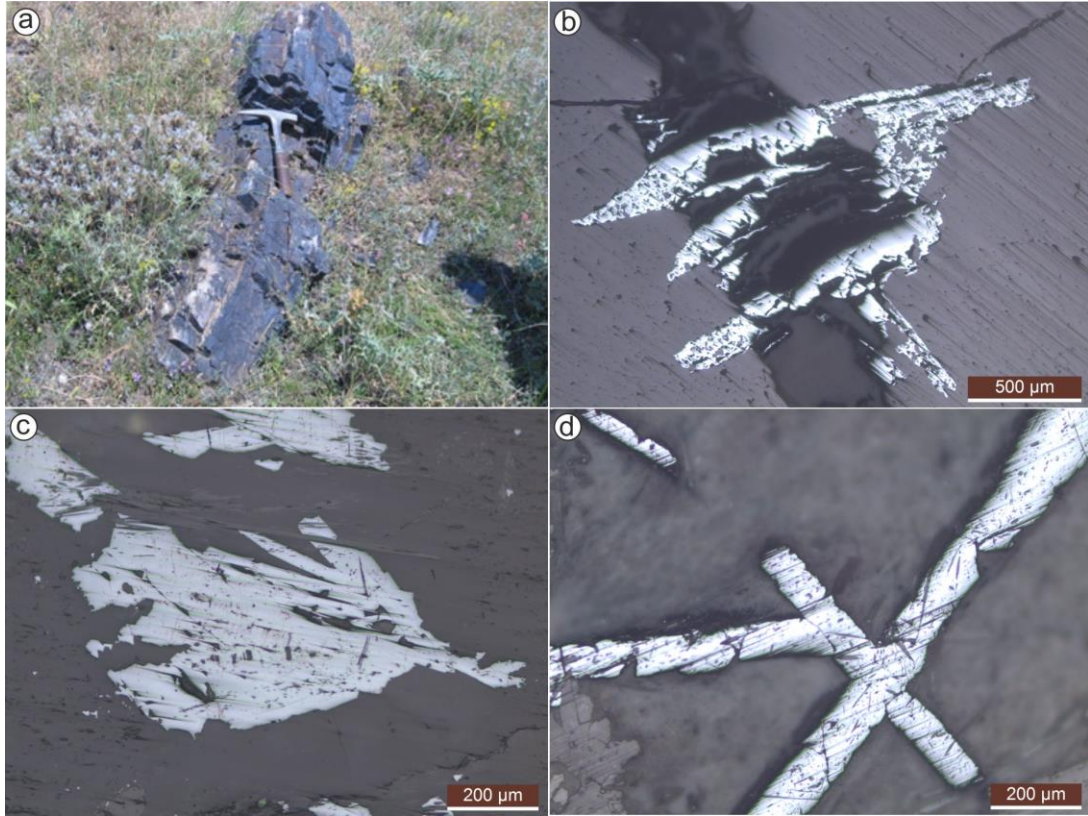
Şekil 3. Bağrıkurt ve Bozdağ Formasyonlarının Sınırında Görülen Civa Oluşumları (Yer: Büyük Ocak, Sızma kuzeyi)

İnceleme alanındaki civa yataklarında cevherleşmeler daha çok benekler ve 1 cm'den kalın ağsal yapıli damarcıklardan oluşmaktadır. Hidrotermal kuvars ve kalsit yoğun olarak cevherli zonlara eşlik etmektedir. Bu durum, yatakların epijenetik kökenli olduğunu ve olasılıkla kuvars mikrodiorit ve diyabaz dayklarına bağlı olduğunu göstermektedir (Akçay, 1998). Gerek bu daykların ve gerekse cevherli zonların KB-GD doğrultusunda yerleşmiş olmaları da bu düşüneyi desteklemektedir. Cevherli zonlar 15-200 cm kalınlığında, 1-3 m genişliğinde ve 3-25 m uzunluğunda olup, çoğunlukla faylı ve breşik yapıli karbonatlı kayaç-fillit (ve/veya şist) dokanakları boyunca ve dokanaktan birkaç m uzakta karbonatlı kayaçlar içerisinde kırık zonlarında yer almaktadır. İnceleme alanında yapılan maden jeolojisi çalışmalarından sonra ETİBANK tarafından başta Büyük Ocak olmak üzere bölgedeki Çırakman ve Çalıcınbaş Tepe zuhurlarında galeriler açılarak işletme yapılmıştır.

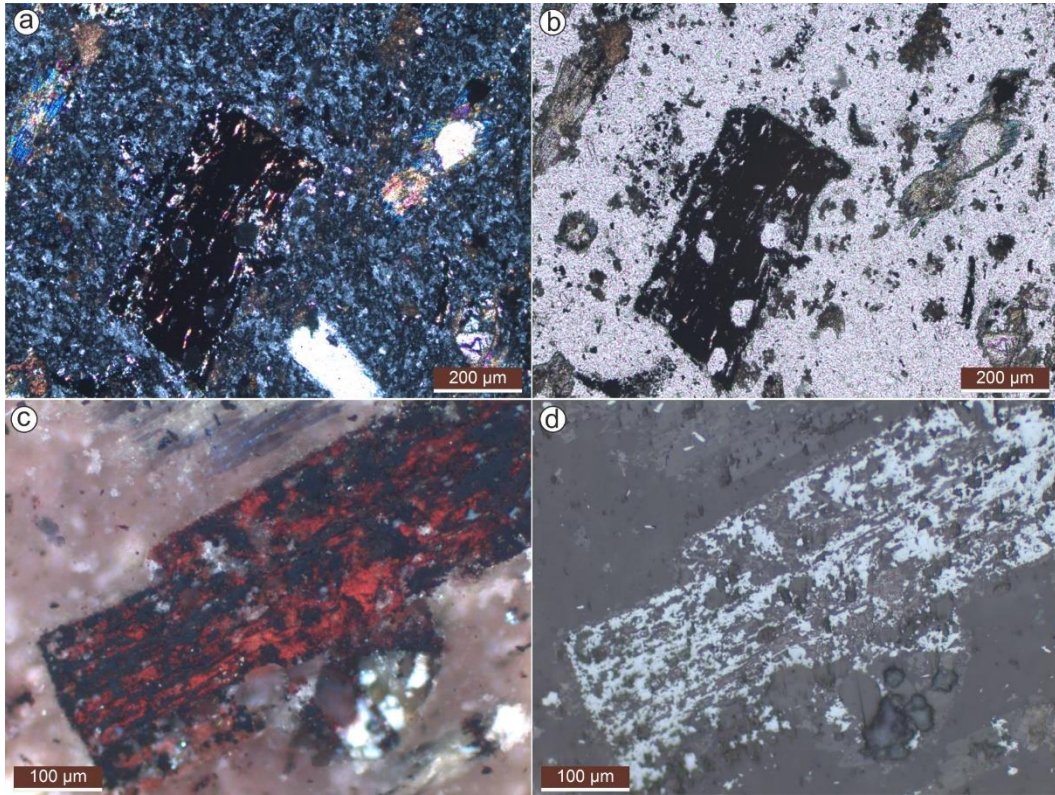
Sızma-Ladik civa yataklarında makro olarak zinober, antimonit, pirit, kalsit, kuvars, florit ve realgar gözlenebilmektedir. Akçay (1998) bölgede esas cevher mineralinin zinober olduğunu ve az miktarda antimonit, pirit, realgar, orpiment ve arsenopiritin buna eşlik

ettiğini belirtmektedir. Gang mineralleri ise kuvars, florit ve kalsit olup ayrıca yoğun alterasyon izleri gözlenmektedir. İnceleme alanında özellikle Bağrıkurt formasyonunda damarcıklar halinde spekülartik hematit oluşumları gözlenmektedir. İnceleme alanındaki demir zenginleşmeleri kısmen yoğun olarak gözlenmekte olup Bahçesaray'ın batısında metamorfik kayaçların önemli bir bölümünde demir oksitlere dönüştükleri görülmüştür. Karadağ metamagmatikleri ve Bozdağ formasyonunda da yer yer demir oksit damarları gözlenmektedir (Şekil 4a).

Dağdere Pelitli Tepe ve Karacaboğaz Sırtı'ndan alınan numunelerde özellikle kuvarsit, çört ve metakuvarslarda çatlak dolgusu veya saçılımlı şekilde ince kristalli hematitler belirlenmiştir (Şekil 4b-d). Saraybahçe Tepe'de pirit, kalkopirit ve kuvars dolgulu damarlara rastlanmıştır. Bahçesaray'ın batısındaki Saraybahçe Tepe civarında Bağrıkurt formasyonuna ait kayaçlar yine demir oksit sıvamarları, çatlak dolguları ve bazen tümüyle demiroksite dönüşmüş cevherleşmeler olarak izlenmektedir. Bağrıkurt formasyonuna ait muskovit-kuvarşistlerdeki muskovitlerin çoğunlukla hematite dönüştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. a) Bağlıkurt Formasyonunda Demir Oksit Zenginleşmeleri (Yer: Saraybahçe Tepe), (b) Karacaboğaz Sırtı, (c) Karatepe Batısı ve (d) Şeytan Tepe Kuzeyinde Bağlıkurt Formasyonu İçinde Yer Alan Çatlak Dolgusu Şeklinde Gelişmiş Hematit Kristalleri (Parlak Kesit; +N).



Şekil 5. Bağlıkurt Formasyonuna Ait Muskovit-Kuvarşistlerdeki Muskovitlerde Meydana Gelen Hematit Oluşumlarının İncekesit (A,B) ve Parlak Kesit (C, D) Görüntüleri (Yer: Şeytan Tepe batısı, a ve c: +N, b ve d: //N).

3.3. Jeokimya

Kimyasal analizi yapılan 33 örneğin 6'sı Karadağ metamagmatikleri, 2'si Bozdağ formasyonu, 23'ü Bağrıkurt formasyonu, 2'si ise dere sedimanı örneğidir. Civa dışındaki demir ve sülfütlü cevherleşmeler genellikle Bağrıkurt formasyonu olmak üzere Karadağ metamagmatikleri ve Bozdağ formasyonu içinde yer almaktadır. Jeokimyasal değerlendirmeler, yankayaç jeokimyası ve cevher jeokimyası olarak ele alınmıştır.

3.3.1. Yankayaç Jeokimyası

Bölge cevherleşmelerinin içinde buldukları yan kayaçlarının jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi için 2'i Bozdağ formasyonuna, 10'u Bağrıkurt formasyonuna, 6'sı ise Karadağ metamagmatiklerine ait olmak üzere 19 numunenin kimyasal analizi gerçekleştirilmiştir. Cevhersiz numune sayısı sadece 1 olan Bozdağ formasyonu ve Karadağ metamagmatiklerine ait bazı cevherli numuneler de yankayaç jeokimyası içinde değerlendirilmiştir.

3.3.1.1. Bozdağ Formasyonu

Sızma - Ladik civa yatakları Bozdağ formasyonu ve Bağrıkurt formasyonunun sınırında ve daha çok Bozdağ formasyonuna ait karbonatlı kayaçların içinde yer almaktadır. Bozdağ formasyonundan alınan kayacın ortalama % 95'inden fazlasını CaO (% 52.79) ve kızdırma kaybı (KK: % 42.40) ile temsil edilen karbonatlı bileşenler oluşturmaktadır (Tablo 1).

Bozdağ formasyonuna ait kayaçlarda SiO₂ içeriği %2.43 ile %4.34 arasında değişmektedir. Yine bu formasyon içerisinde en yüksek değerler; 291.6 ppm Sr, 62.6 ppm Pb, 239.7 ppm As, 182 ppm Sb, 100 ppm Hg ve 70.5 ppm Se'dur (Tablo 1).

Bazı analizlerde iz elementlerin yüksek içeriği, civa cevherleşmesi ile ilişkili bulunmuştur. Cevherli numune ve kontrol amaçlı alınan cevhersiz numune arasında özellikle Sr, Pb, As, Sb, Au, Hg, Tl ve Se bakımından ciddi fark görülmüştür.

3.3.1.2. Bağrıkurt Formasyonu

Bağrıkurt formasyonuna ait kayaçların ortalama SiO₂ içeriği % 94.01'dur (Tablo 1). SiO₂'in kaynağı kayaç

oluşturan mineraller ile ikincil silisleşmelere bağlanmıştır. Ortalama Al₂O₃ içerikleri % 0.17 ile % 7.43 arasında değişmektedir. Mikakuvarşistlerde daha yüksek olan Al, metaçörtlerde %1'in altına düşmektedir. Ortalama Fe₂O₃ miktarı %1.84 olup diğer ana bileşenler % 1'den daha düşüktür. Bağrıkurt formasyonunda N42 numaralı önekte 7974 ppm Ba ile N58 numaralı örnekte 713 ppm Sr dikkati çekerken diğer iz elementler normal metakırıntılı ve metakarbonatlardaki aralıklar içinde bulunmaktadır (Tablo 1).

Örneklerin basit korelasyon analizlerine göre SiO₂; Al₂O₃, MgO, K₂O, TiO₂, P₂O₅ ve Sc ile çok kuvvetli, MnO, LOI, Zr, Y ve As ile kuvvetli, Na₂O, Cr₂O₃, Co, V, La, Ce ve Pb ile zayıf ve Fe₂O₃, U ve Zn ile çok zayıf negatif korelasyona sahip olup hiçbir bileşenle anlamlı pozitif korelasyon göstermemektedir. Buna göre SiO₂'in herhangi bir bileşenle paralel davranmadığı ve ikincil zenginleşme ile miktarının yükseldiği ortaya çıkmaktadır (Tablo 2). Bu kayaçlarda önemli bir bileşen olan Al₂O₃ ise; MgO, K₂O, TiO₂, P₂O₅, Zr ve Sc ile çok kuvvetli, Cr₂O₃, LOI, Y ve As ile kuvvetli, Na₂O, Co, V, La, Ce ve Pb ile zayıf ve Al₂O₃ ile çok zayıf pozitif korelasyona sahiptir. Buna göre Al₂O₃'ün SiO₂ dışındaki diğer ana oksitlerle benzer davrandığı görülmektedir (Tablo 2). Fe₂O₃ sadece Zn ile çok kuvvetli pozitif korelasyona sahip olup Pb ve As ile gösterdiği kuvvetli pozitif korelasyon dışında diğer bileşenlerden K₂O, TiO₂, P₂O₅, Ce, Zr, Sc, Y ve Ni ile zayıf ve çok zayıf pozitif korelasyona sahiptir. Fe₂O₃ ayrıca CaO ve Ba ile çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Korelasyon katsayılarına göre Fe₂O₃ bu kayaçlarda ikincil zenginleşme mekanizması ile yerleşmiş olup bu olay aynı zamanda Zn, Pb ve As gibi bileşenleri de zenginleştirmiştir (Tablo 2).

MgO; K₂O, TiO₂, P₂O₅, MnO, Cr₂O₃, LOI, Zr, Sc ve Y ile, CaO; Ba ve LOI ile, Na₂O; MnO, Ce, U, V, La ve Cu ile, K₂O; TiO₂, P₂O₅, Cr₂O₃, Zr, Sc, Y, Pb ve As ile, TiO₂; P₂O₅, Cr₂O₃, Zr, Sc, Y, Pb ve As ile, P₂O₅, LOI, Zr, Sc ve Y ile, MnO; U, V, La ve Ce ile, Cr₂O₃; Zr, Sc ve Y ile çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyona sahiptirler. Ana oksitlerin bu ilişkileri SiO₂ dışındaki diğer bileşenlerin jeokimyasal ortamlarda birlikte davrandıklarını göstermektedir.

Tablo 1. Bozdağ ve Bağrıkurt Formasyonlarından Alınan Numunelere Ait Kimyasal Analiz Sonuçları (A.O.: Aritmetik Ortalama, KK: Kızdırma Kaybı)

Bileşen	Birim	Bozdağ Formasyonu				Bağrıkurt Formasyonu									
		N1	N2	A.O	N15	N18	N32	N42	N49	N54	N56	N58	N61	N67	A.O.
SiO ₂	%	4.34	2.43	3.39	96.43	84.77	98.53	94.55	93.58	96.3	95.88	97.23	96.51	86.36	94.014
Al ₂ O ₃	%	0.80	0.39	0.60	0.19	7.43	0.17	0.44	1.58	0.83	0.91	0.48	0.78	5.53	1.834
Fe ₂ O ₃	%	0.15	0.40	0.28	2.52	2.8	0.69	1	3.02	0.68	2.29	1.67	1.87	1.86	1.84
MgO	%	0.30	0.11	0.21	0.01	0.38	0.01	0.05	0.02	0.1	0.05	0.04	0.03	0.33	0.102
CaO	%	51.70	53.87	52.79	0.03	0.14	0.07	2.07	0.09	0.1	0.06	0.05	0.05	1.05	0.371
Na ₂ O	%	0.01	0.02	0.02	0.01	0.2	0.01	0.01	0.61	0.45	0.49	0.14	0.36	1.54	0.382
K ₂ O	%	0.24	0.10	0.17	0.03	1.86	0.03	0.1	0.06	0.04	0.05	0.08	0.14	0.66	0.305
TiO ₂	%	0.01	0.02	0.02	0.01	0.54	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.16	0.083
P ₂ O ₅	%	0.01	0.03	0.02	0.06	0.11	0.01	0.02	0.04	0.03	0.01	0.03	0.03	0.08	0.042
MnO	%	0.03	0.06	0.05	0.01	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.51	0.07
Cr ₂ O ₃	%	0.00	0.00	0.00	0.002	0.007	0.004	0.002	0.004	0.003	0.002	0.005	0.003	0.004	0.0036
KK	%	42.30	42.50	42.40	0.7	1.6	0.5	1.8	1	0.6	0.2	0.3	0.2	1.9	0.88
Ba	ppm	15.00	80.00	47.50	15	252	37	7974	43	22	615	107	2510	3712	1528.7
Co	ppm	0.50	0.90	0.70	2.6	6.2	0.7	0.9	5.5	0.7	12.5	0.7	6.5	11.1	4.74
Sr	ppm	291.6	19.50	155.55	1.7	24.9	11.9	138.3	6.2	1.7	65.1	713	154.9	151.3	126.9
U	ppm	2.10	0.10	1.10	0.2	2.3	0.7	0.1	0.2	0.1	1.8	0.8	10.3	11.7	2.82
V	ppm	8.00	8.00	8.00	8	31	8	8	8	8	55	8	83	115	33.2
Zr	ppm	5.70	5.80	5.75	2	423.3	22.8	3.2	6.6	3.4	19.7	4.2	239.6	259	98.38
Sc	ppm	1.00	1.00	1.00	1	6	1	1	3	1	1	1	1	4	2
Y	ppm	8.60	0.40	4.50	1.1	22.6	3.7	0.6	5.7	0.4	5.4	8.2	19.7	23.1	9.05
La	ppm	4.60	2.90	3.75	0.2	24.8	8.3	0.7	1.4	0.2	2.4	3.8	59.3	61.7	16.28
Ce	ppm	5.90	5.00	5.45	0.4	51.5	16.4	1.3	4.7	0.7	4.7	7.1	129.9	124.4	34.11
Mo	ppm	0.10	0.60	0.35	1.3	0.5	0.3	1.1	0.6	0.6	13.2	0.5	0.3	0.2	1.86
Cu	ppm	2.60	3.20	2.90	8.7	8.7	5.8	5.6	7.9	2.8	38	7.9	21.8	32.9	14.01
Pb	ppm	62.60	1.10	31.85	1.5	21.2	5.4	5.9	13	1.4	16.1	3.1	4.5	4.8	7.69
Zn	ppm	1.00	4.00	2.50	35	38	6	9	43	4	35	13	17	16	21.6
Ni	ppm	10.10	11.30	10.70	17.9	16.4	10.5	11.2	17.6	11.2	48.5	12.1	13.3	14.5	17.32
As	ppm	239.70	1.60	120.65	6.1	45.3	2.4	3.8	23	1.7	20.7	0.9	2.9	4.5	11.13
Cd	ppm	0.30	0.10	0.20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1	0.16
Sb	ppm	182.00	0.40	91.20	0.9	0.2	0.4	0.6	0.8	0.6	42.9	2.7	0.2	0.2	4.95
Ag	ppm	3.30	0.10	1.70	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.11
Au	ppb	63.10	0.50	31.80	1.1	1.4	2.3	2.5	3.1	1.7	0.5	0.5	0.5	1	1.46
Hg	ppm	100.00	0.00	50.00	0	0.1	0.1	0	0.2	0.1	28.2	29.2	1.6	0.8	6.03
Tl	ppm	19.90	0.10	10.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.1	0.15
Se	ppm	70.50	0.50	35.50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.51
Toplam	%	99.91	100.03	99.97	100.0	99.91	100.03	99.14	100.02	100.04	99.92	99.88	99.59	99.42	99.78

İz elementlerin durumuna bakıldığında; bu çalışmada incelemelere dahil edilen Sc, Y, La ve Ce ile temsil edilen lantanitlerin birbirleri ve Cu ile kuvvetli pozitif korelasyona sahip oldukları görülmektedir. İz elementler ve diğer metalik elementlerle negatif korelasyona sahip olan Au ve metalik elementlerle anlamlı korelasyona sahip olmayan As dışındaki Mo, Cu, Cd, Ag, Hg ve Se ise diğer metalik elementlerle kuvvetli ve çok kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedirler (Tablo 2). Korelasyon katsayıları kullanılarak hazırlanan küme analizinde ortaya çıkan ilişkilerin gösterimi için hazırlanan cluster analizi dendrogramında ilk bakışta 4 grup ayırt edilebilmektedir (Şekil 6). Birinci grup aralarında çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyonlar bulunan K₂O, TiO₂, Al₂O₃, MgO, P₂O₅ ve Cr₂O₃ ile temsil edilmektedir. Ana bileşenlerden SiO₂, Fe₂O₃, Na₂O, MnO ve CaO başka gruplar içinde yer almakta olup ikincil süreçlerle

değişim gösterdikleri için bu grup **“Ana bileşenler grubu”** olarak tanımlanmıştır. Buna göre esasen silikathlı minerallerle temsil edilen Bağrıkurt formasyonu içinde kayaların ortalama % 94'ünü oluşturan SiO₂ zaten birincil mineraller içinde zengin iken ikincil süreçlerle yeniden zenginleşmiştir.

Küme analizi dendrogramında ikinci grup Na₂O - MnO çiftine uzaktan eklenen CaO ile temsil edilmekte olup **“Na-Ca grubu”** olarak adlanmıştır (Şekil 6). Formasyon içinde kalkıştelerin içinde yaygın olan Ca ve Mg yüzey şartlarında ayrışarak ortamdaki uzaklaşmıştır.

Dendrogramda üçüncü grup Fe₂O₃, Zn, Pb ve As ile temsil edilmekte olup bu grup **“Fe-Pb-Zn grubu”** olarak adlanmıştır (Şekil 6). Kayalar içinde oldukça düşük değerlerde olan bu bileşenlerin ortak davranışı özellikle demirli minerallerin bünyesindeki bu bileşenlerin birlikte hareket ettiklerini göstermektedir.

faktör yükü dikkati çekmektedir. Kuvvetli pozitif yüklerin dağılımına bakıldığında SiO_2 hariç tutulursa küme analizi dendrogramındaki iz element grubu (ikincil mineralizasyon) ile tam olarak örtüşmektedir. Birinci faktör Bağrıkkurt formasyonu içinde kayaç oluşumu süreçlerini yansıtmaya rağmen daha sonra gerçekleşen orojenik hareketler, metamorfizma ve hidrotermal alterasyonlarla birincil süreçlerin izleri silinmiştir.

Tablo 3. Bağrıkkurt Formasyonundan Derlenen Numunelere Ait Faktör Analizinde İlk 5 Faktörün Değişime Etkisi ve Toplam Değişim İçindeki Payları

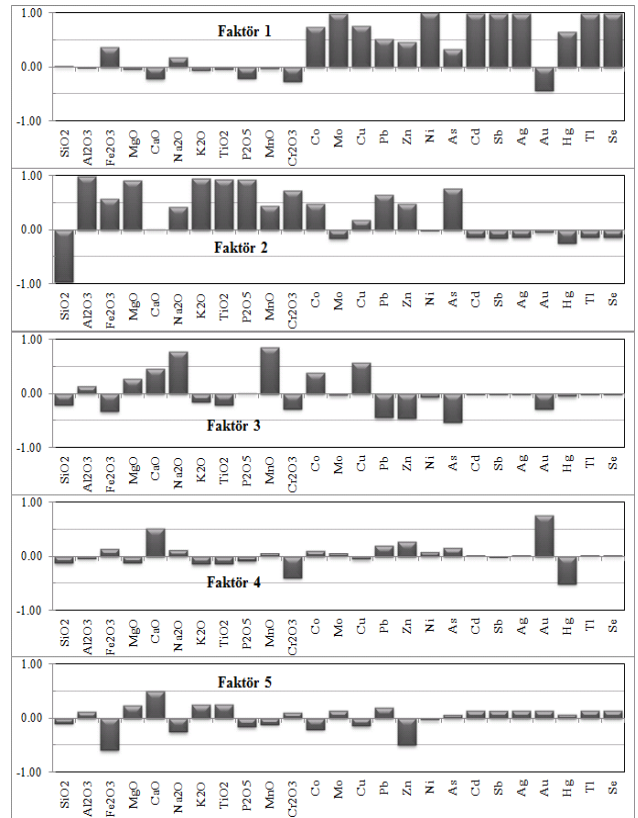
Faktör	Toplam Değişim	% Değişim	Kümülatif Değişim (%)
1	9.33	37.32	37.32
2	8.17	32.70	70.02
3	3.15	12.59	82.61
4	1.52	6.09	88.70
5	1.41	5.63	94.32

Değişimin % 32.7'sini karşılayan ikinci faktör ise SiO_2 'in önemli negatif faktör yüküne karşılık ana oksitlerden Al_2O_3 , MgO , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 ve Cr_2O_3 'ün önemli pozitif yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 8). Bu faktör de ayrıca Fe_2O_3 , Pb , Zn ve As 'te pozitif yüklere sahiptir. Pozitif yüklerin dağılımına bakıldığında küme analizi dendrogramındaki ana bileşenler ve Fe-Pb-Zn grupları ile örtüşmektedir. SiO_2 'in önemli negatif faktör yükü yine diğer bileşenlerin çoğuyla negatif korelasyona sahip olan SiO_2 'in ikincil süreçlerle ciddi değişime uğradığını ve zenginleştiğini göstermektedir. Bu faktör Bağrıkkurt formasyonunu oluşturan metakırıntılı kayaçlarda litolojik farklılıkları ve bu farklılıklardan kaynaklanan element zenginleşmelerini göstermektedir. Fe-Pb-Zn ve As ise genel olarak ana oksitlerle birlikte davranış göstermiş olup formasyonu oluşturan ilksel kayaçlardan konglomera, kumtaşı, şeyl ve çörtlerin içinde detritik taneler halinde bulunmalarına bağlanabilmektedir.

Değişime etkisi % 12.6 olan üçüncü faktör Na_2O , MnO , Cu ve CaO 'in pozitif Pb-Zn-As ve Fe_2O_3 'ün zayıf negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 8). Bu faktörde pozitif yükler küme analizi dendrogramındaki Ca-Na grubu negatif yükler ise Fe-Pb-Zn grubu ile örtüşmektedir. Dolayısıyla bu faktör Bağrıkkurt formasyonu içinde ara seviyeler ve mercekler şeklinde gözlenen metakarbonatlar ile bu kayaçların yüzey koşullarında ayrışmasını göstermektedir. Pb , Zn , As ve Fe metamorfik kayaçlar içinde dolaşan magmatik kökenli çözeltilerden itibaren kısmi bir cevherleşmeye işaret etmektedir. Bu faktörde diğer iz elementlerden farklı olarak önemli pozitif yüke sahip olan Cu 'ün asidik

atmosferik şartlar altında kayaçların ayrışması esnasında açığa çıkıp yanal ve düşey yönde uzun mesafelerde taşınması ile açıklanabilmektedir.

Değişim içindeki payı % 6.1 olan dördüncü faktör Au ve CaO 'in pozitif ve Hg 'nin negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 7). Au , küme analizi dendrogramında da diğer bileşenlerden farklı davranmış olup gruplara uzaktan eklenmiştir. CaO 'in pozitif faktör yükü yüzey koşulları ve yöredeki magmatik faaliyetlere bağlı olarak ortamda dolaşan hidrotermal çözeltilerin karbonatlı kayaçları ayrıştırması ile açıklanabilmektedir.



Şekil 7. Bağrıkkurt Formasyonuna Ait İlk Beş Faktörde Bileşenlerin Faktör Yük Grafikleri

Değişim içindeki payı % 5.6 olan beşinci ve son faktör ise Fe_2O_3 ve Zn 'nin negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 7). Bu durum küme analizindeki Fe-Zn-Pb grubunun asıl bileşenleri olan Fe-Zn ikilisi ile örtüşmektedir. Bu faktörde de CaO 'in pozitif faktör yüküne sahip olması asidik yüzey koşulları ile magmatik hidrotermal süreçlerin devam ettiğini ve bölgede Zn ve Fe 'in nisbi olarak zenginleştiklerini göstermektedir.

3.3.1.3. Karadağ Metammatikleri

Karadağ metammatiklerinden derlenen 6 numunede gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarına göre örneklerin ortalama SiO_2 miktarı % 51.14 olup N73 kodlu

numunenin yüksek Fe₂O₃ ve nispeten düşük SiO₂ içeriği dikkati çekmektedir. Metamagmatiklerde Al₂O₃ miktarı % 1.34 ile % 14.89 arasında değişirken kayaçtaki mika, feldispat, piroksen, amfibol ve epidot grubu gibi Al silikatlar Al₂O₃ miktarını yükseltmiştir. Karadağ metamagmatiklerinin bileşimi, asidik, ortaç ve bazik arasında değişmektedir.

İncelenen metamagmatik kayaçların Fe₂O₃ miktarı % 1.54 ile % 48.24 arasında değişmekte olup cevherli örneklerin bu kayaçlar içine dahil edilmesinden dolayı oran yükselmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Karadağ metamagmatiklerine Ait Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (A.O.: Aritmetik ortalama; KK: Kızdırma kaybı)

Bileşen	Birim	N3	N73	N74	N76	N78	N79	A.O.
SiO ₂	%	62.32	24.54	46.86	61.81	55.05	56.23	51.14
Al ₂ O ₃	%	14.89	8.04	12.09	14.01	14.20	1.34	10.76
Fe ₂ O ₃	%	7.18	48.24	13.68	6.09	7.55	1.54	14.05
MgO	%	3.08	0.22	11.55	1.53	2.98	0.20	3.26
CaO	%	3.46	0.69	8.00	2.90	4.74	21.96	6.96
Na ₂ O	%	5.45	2.86	2.84	2.91	1.08	0.11	2.54
K ₂ O	%	0.23	0.68	0.06	7.54	10.14	0.41	3.18
TiO ₂	%	0.36	0.53	0.44	0.83	1.00	0.05	0.54
P ₂ O ₅	%	0.14	1.44	0.11	0.71	0.86	0.04	0.55
MnO	%	0.11	0.37	0.21	0.06	0.09	0.11	0.16
Cr ₂ O ₃	%	0.008	0.009	0.064	0.027	0.043	0.002	0.026
KK	%	2.70	12.10	3.80	1.20	1.70	17.90	6.57
Ba	ppm	28.0	165.0	436.0	167.0	446.0	202.0	240.7
Co	ppm	3.50	1.50	17.30	5.10	5.00	1.90	5.72
Sr	ppm	2.70	93.10	200.70	22.10	34.30	166.30	86.53
U	ppm	0.80	1.70	3.30	2.00	3.10	1.10	2.00
V	ppm	8.00	20.00	110.00	151.00	26.00	8.00	53.83
Zr	ppm	5.20	362.20	178.70	10.80	180.80	19.00	126.12
Sc	ppm	24.00	10.00	43.00	17.00	19.00	2.00	19.17
Y	ppm	3.60	19.70	22.90	14.80	23.80	45.80	21.77
La	ppm	0.90	19.30	41.20	5.20	34.00	10.00	18.43
Ce	ppm	1.60	38.60	80.20	11.70	67.50	23.10	37.12
Mo	ppm	0.50	0.30	0.70	5.90	1.00	2.40	1.80
Cu	ppm	11.80	9.40	29.90	104.80	15.60	5.30	29.47
Pb	ppm	14.00	254.20	21.70	10.70	23.10	12.80	56.08
Zn	ppm	79.00	212.00	124.00	64.00	87.00	12.00	96.33
Ni	ppm	24.10	12.60	43.80	46.90	15.80	11.90	25.85
As	ppm	44.80	241.60	9.30	50.10	15.30	4.30	60.90
Cd	ppm	0.10	0.30	0.10	0.70	0.10	0.10	0.23
Sb	ppm	1.10	0.40	1.20	2.60	0.30	0.40	1.00
Ag	ppm	0.10	0.30	0.10	0.30	0.10	0.10	0.17
Au	ppb	4.30	1.50	2.20	2.00	1.10	0.80	1.98
Hg	ppm	0.10	2.70	0.30	1.30	0.10	0.70	0.87
Tl	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Se	ppm	0.50	0.50	0.50	0.70	0.50	1.00	0.62
Toplam	%	100.01	99.88	99.82	99.97	99.89	99.95	

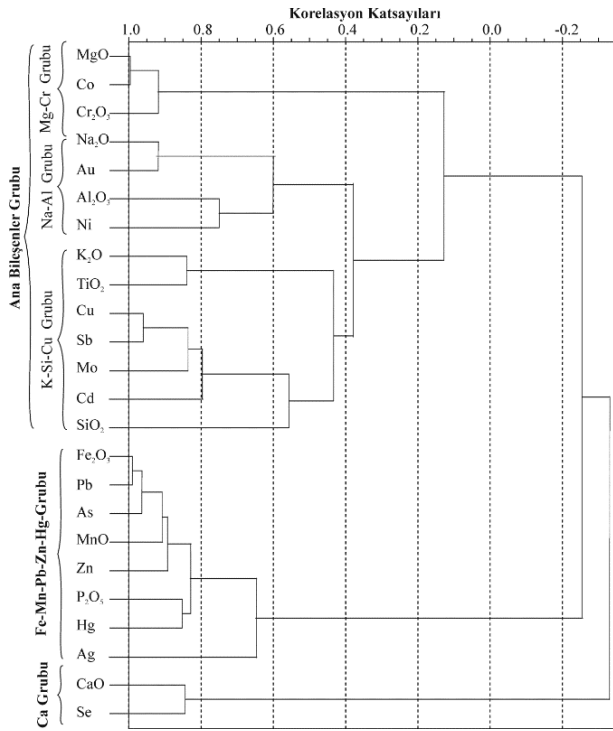
Metamagmatikler gerek kayaç oluşturan minerallerde bulunan Fe ve gerekse daha sonraki süreçlerde kayaç içindeki damarlarda bulunan Fe ile zenginleşmiştir. Karadağ metamagmatiklerinde ortalama % 3.26 MgO, % 6.96 CaO, % 2.54 Na₂O ve % 3.18 K₂O bulunmaktadır (Tablo 4). Kayaçların içerisindeki Al-silikatların yanı sıra Ca, Mg, Na ve K silikatlar (mika, piroksen, amfibol ve

epidot grupları vb.) bu bileşenlerin miktarını kontrol etmektedir. Ana oksitlerden TiO₂, P₂O₅, MnO ve Cr₂O₃ ise sırasıyla ortalama % 0.54, % 0.55, % 0.16 ve % 0.026 oranında yer almaktadırlar. Kızdırma kaybı CaO miktarına paralel olarak % 6.57'dir. Karadağ metamagmatiklerinde maksimum 446 ppm Ba, 200.7 ppm Sr, 151 ppm V, 362.2 ppm Zr, 104.8 ppm Cu, 254.2 ppm Pb, 212 ppm Zn ve 241.6 ppm As dikkati çekmektedir (Tablo 4). Bu bileşenlerden Zr, Pb, Zn, As ve Fe₂O₃ miktarı % 48.24 olan N73 numaralı örnekte en yüksek değerlerini göstermektedirler. Dolayısıyla bu kayaçların ilksel kayaç oluşumundan sonra cevherli çözeltilerle epijenetik cevherleşmeye bağlı olarak bu bileşenlerce zenginleştikleri düşünülmektedir.

Basit korelasyon analizlerine göre birçok bileşenle zıt yönde davranış gösteren SiO₂; Fe₂O₃, MnO, Zr, Pb ve Zn ile çok kuvvetli, P₂O₅, As ve Hg ile kuvvetli, LOI, Sr, La, Ce ve Ag ile çok zayıf negatif korelasyona sahip iken Mo ile zayıf, Al₂O₃, K₂O, Cu, Ni, Sb, Au ve Se ile çok zayıf pozitif korelasyona sahiptir. Bu ilk tespitlere göre SiO₂ diğer ana bileşenlerden farklı davranışlar göstermiştir. Karadağ metamagmatik kayaçlarının önemli bir bileşeni olan Al₂O₃ ise Y ile çok kuvvetli, CaO, Sr ve Se ile kuvvetli negatif, Na₂O, TiO₂ ve Sc ile kuvvetli, K₂O, Cr₂O₃, Ni, Sb ve Au zayıf pozitif korelasyona sahiptir (Tablo 5). Al'un bu durumu bu kayaçların önemli bileşenleri olan feldispatlarla (albit ve ortoklas) ilişkisini yansıtmaktadır.

Çalışma alanındaki en önemli cevherleşmeleri oluşturan Fe₂O₃; MnO, Zr, Pb ve Zn ile çok kuvvetli, P₂O₅ ve Hg ile kuvvetli, Ag ile zayıf pozitif, CaO ile zayıf negatif, Mo ve Se ile de çok zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Çoğunluğu bazik olan metamagmatik kayaçlarda zaten yüksek olan Fe₂O₃ kayaçların oluşumundan sonra gerçekleşen hidrotermal aktivitelerle biraz daha zenginleşmiş ve diğer ana bileşenlerden farklı olarak Pb, Zn ve Mn ile paralel hareket etmiştir.

MgO; Co ve Sc ile çok kuvvetli, Cr₂O₃, U, La ve Ce ile kuvvetli Ba, Sr ve Ni ile zayıf pozitif; Hg, P₂O₅, LOI, Pb, As, Cd, Ag ve Se ile zayıf negatif korelasyonlara sahiptir (Tablo 5). MgO ilk bakışta Mg silikatlar içinde bulunabilen Co, Cr, Ni gibi bileşenlerle ortak davranışlar sergilemektedir. Kayaçlarda ortalama % 6 oranında yer alan CaO ise Y ile çok kuvvetli, KK (LOI), Sr ve Se ile kuvvetli pozitif, Na₂O, TiO₂, P₂O₅ ve Zn ile kuvvetli, K₂O, Zr, Sc, Cu, Pb, Cd, Sb, Au ve Hg ile zayıf negatif korelasyon göstermektedir. Na₂O ise Au ile çok kuvvetli pozitif korelasyonun dışında diğer bileşenlerle genel olarak negatif ve Y ile çok kuvvetli negatif korelasyona sahiptir. TiO₂; LOI ile gösterdiği kuvvetli zayıf negatif



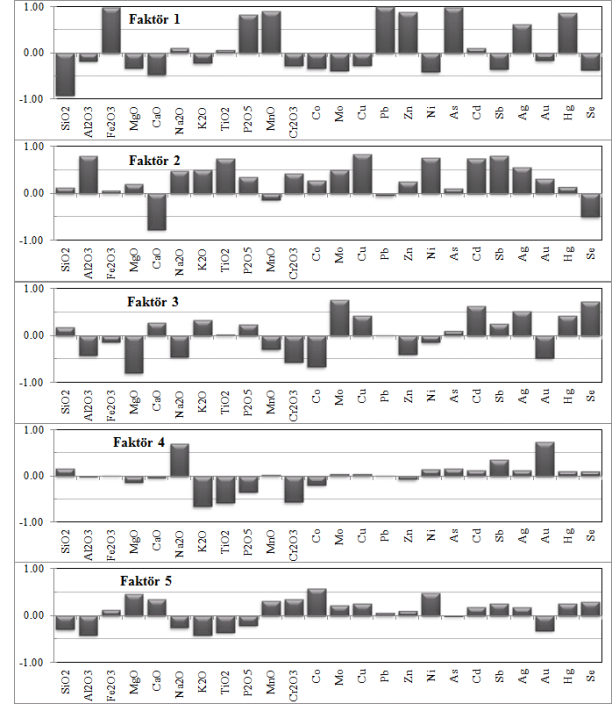
Şekil 8. Karadağ Metamagmatiklerinde Gerçekleştirilen Basit Korelasyon Katsayıları Kullanılarak Hazırlanan Küme (Cluster) Analizi Dendrogramı

Karadağ metamagmatiklerinde alınan örneklerdeki incelenen bileşenlerin bulunuşlarına etki eden faktörlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen faktör analizinde 6 numunedeki 24 bileşene ait ilk beş faktör toplam değişimin tamamını karşılamaktadır (Tablo 6).

Tablo 6. Karadağ Metamagmatiklerinden Derlenen Numunelere Ait Faktör Analizinde İlk 5 Faktörün Değişime Etkisi ve Toplam Değişim İçindeki Payları

Faktör	Toplam Değişim	% Değişim	Kümülatif Değişim (%)
1	8.39	34.96	34.96
2	6.06	25.25	60.21
3	4.72	19.68	79.89
4	2.55	10.61	90.51
5	2.28	9.49	100.00

Toplam değişime etkisi % 35 olan birinci faktör Fe_2O_3 , P_2O_5 , MnO , Pb , Zn , As ve Hg 'nin önemli pozitif faktör yüklerine karşılık SiO_2 'in önemli negatif faktör yükü ile temsil edilmektedir (Şekil 10). Pozitif yüke sahip olan bileşenler küme analizi dendrogramındaki Fe-Mn-Pb-Zn-Hg grubu ile tam olarak örtüşmektedir. Negatif yüke sahip olan SiO_2 ise dendrogramdaki Si-Cu-K grubu içinde yer almaktadır. Birinci faktör cevherleşmenin etkisiyle gelişmiştir.



Şekil 9. Karadağ Metamagmatiklerine Ait İlk Beş Faktörde Bileşenlerin Faktör Yük Grafikleri

Karadağ metamagmatiklerinde ikinci faktörün toplam değişime etkisi % 25.3 olup Al_2O_3 , TiO_2 , Ni , Cu , Cd ve Sb 'in önemli pozitif, CaO ve Se 'un önemli negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir. Bu faktörde ayrıca Na_2O , K_2O , P_2O_5 , Cr_2O_3 , Co , Mo ve Ag 'de pozitif faktör yüklerine sahiptir (Şekil 10). Pozitif faktör yüklerinin dağılımına bakıldığında küme analizi dendrogramındaki ana bileşenler grubu ile örtüşmektedir. Negatif faktör yüküne sahip olan bileşenler ise yine küme analizindeki Ca grubu ile örtüşmektedir. Dolayısıyla bu faktör metamagmatik kayaların oluşumunu yani magmatik süreçleri göstermektedir.

Değişime etkisi % 19.7 olan üçüncü faktör ise Mo , Cu , Cd , Ag , Hg ve Se 'un önemli pozitif, MgO , Cr_2O_3 ve Co 'ın önemli negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 9). Bu faktördeki pozitif faktör yüküne sahip olan bileşenler küme analizi dendrogramındaki ana bileşenler grubunun içindeki Si-Cu-K alt grubunda yer alan ((Cu-Sb)-Mo)-Cd topluluğu ile örtüşmektedir. Negatif faktör yüküne sahip olan bileşenler ise yine ana bileşenler grubu içindeki Mg-Cr alt grubu ile örtüşmektedir. Mg-Cr gibi elementlerin negatif faktör yüklerine karşılık Mo-Cu-Sb gibi elementlerin pozitif faktör yüklerine sahip olmaları koyu renkli minerallerin ayrışmasına ve adı geçen elementlerin nisbî zenginleşmesine neden olan hidrotermal alterasyonu göstermektedir.

Faktör analizinde değişime etkisi % 10.6 olan dördüncü faktör ise Na₂O ve Au'nun önemli pozitif ve K₂O, TiO₂ ve Cr₂O₃'ün önemli negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir. Pozitif ve negatif faktör yüklerinin dağılımına göre pozitif yükler küme analizi dendrogramındaki "Ana bileşenler grubunun" alt grubu olan "Na-Al grubu"nun içindeki Na₂O-Au çiftine karşılık gelirken negatif yükler ise yine "Ana bileşenler grubu"ndaki "Si-Cu-K grubu" içinde bulunan K₂O-TiO₂ element çiftine karşılık gelmektedir. Bu durum Au'nun Na ile birlikte özellikle kayaç yapıcı bileşenlerden plajiyoklaslar içinde hareket ettiğini buna karşılık K-feldispatların farklı hareket ettiklerini göstermektedir.

Değişimin % 9.5'ine karşılık gelen son faktör ise MgO, Cr₂O₃, Co, Ni ve CaO pozitif yükleri ile temsil edilmektedir. Kayaç yapıcı diğer birçok bileşen ise negatif faktör yüküne sahiptir. Bu durum koyu renkli minerallerle açık renkli minerallerin hidrotermal

alterasyon esnasında farklı davrandıklarını göstermektedir.

3.3.2. Cevher Jeokimyası

Kimyasal analiz sonuçlarına göre ön değerlendirmesi yapılan numuneler başlangıçta demirli ve demir dışı metalik zenginleşmeler şeklinde ayrılmaya çalışılsa da Fe₂O₃ oranı yüksek olan birçok numunede diğer metallerin de yüksek olması nedeniyle bütün numuneler birlikte değerlendirilmiştir. Dolayısıyla alınan numunelerden 19 adedi cevher numunesi olarak ayrılmıştır. Cevher numuneleri içinde bir örnek Sızma-Ladik civa yataklarındaki Büyük Ocak'ta Bozdağ formasyonundan alınırken 5 örnek Karadağ metamagmatikleri ve 13 örnek ise Bağrıkkurt formasyonundan alınmıştır (Tablo 7). Ayrıca 2 adet dere sedimanı numunesi de cevherli numune olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 7. Cevherli Örneklerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Bileşen	Birim	Formasyon																		
		Bozdağ		Karadağ metamagmatikleri						Bağrıkkurt										
		N1	N3	N73	N74	N76	N78	N9	N10	N13	N24	N29	N38	N39	N43	N50	N64	N69	N70	
SiO ₂	%	4.34	62.32	24.54	46.86	61.81	55.05	93.83	23.08	89.93	8.01	86.77	23.99	89.03	23.88	88.82	6.06	95.11	84.77	
Al ₂ O ₃	%	0.80	14.89	8.04	12.09	14.01	14.20	1.49	6.52	1.12	1.82	5.33	6.39	0.56	22.45	1.88	8.42	0.81	2.54	
Fe ₂ O ₃	%	0.15	7.18	48.24	13.68	6.09	7.55	2.25	56.62	6.32	54.29	2.14	55.51	8.40	36.84	6.39	2.13	1.10	7.56	
MgO	%	0.30	3.08	0.22	11.55	1.53	2.98	0.10	0.40	0.08	0.11	0.38	0.25	0.03	0.12	0.07	0.73	0.07	0.34	
CaO	%	51.70	3.46	0.69	8.00	2.90	4.74	0.48	0.45	0.27	14.62	1.35	0.39	0.04	0.41	0.18	43.13	0.37	0.07	
Na ₂ O	%	0.01	5.45	2.86	2.84	2.91	1.08	0.02	0.09	0.01	0.11	0.11	0.23	0.01	2.92	0.06	0.34	0.01	0.03	
K ₂ O	%	0.24	0.23	0.68	0.06	7.54	10.14	0.39	1.78	0.32	0.32	1.24	1.14	0.10	0.74	0.24	0.54	0.22	0.62	
TiO ₂	%	0.01	0.36	0.53	0.44	0.83	1.00	0.06	0.37	0.04	0.07	0.42	0.39	0.01	0.23	0.05	0.10	0.03	0.11	
P ₂ O ₅	%	0.01	0.14	1.44	0.11	0.71	0.86	0.10	0.51	0.20	0.08	0.04	0.38	0.10	0.07	0.08	0.03	0.03	0.09	
MnO	%	0.03	0.11	0.37	0.21	0.06	0.09	0.03	0.10	0.03	0.01	1.01	0.11	0.03	0.02	0.03	1.94	0.88	1.45	
Cr ₂ O ₃	%	0.004	0.008	0.009	0.064	0.027	0.043	0.003	0.009	0.004	0.005	0.017	0.011	0.002	0.045	0.004	0.018	0.003	0.002	
Ba	ppm	15.0	28.0	165.0	436.0	167.0	446.0	221.0	413.0	222.0	30.0	186.0	242.0	119.0	588.0	223.0	2804.0	78.0	51.0	
Co	ppm	0.5	3.5	1.5	17.3	5.1	5.0	12.8	167.4	16.4	1.4	26.4	63.6	14.9	44.9	52.7	9.0	0.5	4.0	
Sr	ppm	291.6	2.7	93.1	200.7	22.1	34.3	32.4	14.3	38.2	11.0	727.4	24.7	13.2	136.8	145.1	30.6	26.5	22.1	
U	ppm	2.1	0.8	1.7	3.3	2.0	3.1	1.0	7.9	2.2	0.1	6.6	4.8	2.2	4.7	0.3	1.8	0.5	0.4	
V	ppm	8.0	8.0	20.0	110.0	151.0	26.0	17.0	54.0	10.0	8.0	107.0	88.0	156.0	80.0	193.0	20.0	8.0	33.0	
Zr	ppm	5.7	5.2	362.2	178.7	10.8	180.8	152.7	111.1	24.4	6.3	105.0	83.5	8.5	99.9	28.3	11.1	21.2	12.1	
Sc	ppm	1.0	24.0	10.0	43.0	17.0	19.0	2.0	17.0	1.0	4.0	2.0	25.0	2.0	171.0	5.0	33.0	1.0	4.0	
Y	ppm	8.6	3.6	19.7	22.9	14.8	23.8	10.7	57.4	13.0	2.1	264.4	79.9	15.0	28.0	11.4	10.6	4.0	16.5	
La	ppm	4.6	0.9	19.3	41.2	5.2	34.0	8.4	19.1	8.6	0.3	132.2	32.7	3.0	15.2	6.3	11.2	6.7	5.0	
Ce	ppm	5.9	1.6	38.6	80.2	11.7	67.5	16.2	37.9	21.7	0.5	154.4	55.1	6.5	32.4	12.6	15.7	12.3	6.8	
Mo	ppm	0.1	0.5	0.3	0.7	5.9	1.0	3.9	71.6	1.1	0.8	7.0	7.7	13.1	47.9	0.4	1.7	0.4	1.1	
Cu	ppm	2.6	11.8	9.4	29.9	104.8	15.6	20.5	76.3	52.3	5.2	254.5	110.0	71.6	113.2	23.3	95.3	4.9	49.8	
Pb	ppm	62.6	14.0	254.2	21.7	10.7	23.1	5.6	78.9	16.3	1.9	160.8	685.4	9.4	496.4	4.9	3.6	6.1	190.5	
Zn	ppm	1.0	79.0	212.0	124.0	64.0	87.0	27.0	1426.0	69.0	24.0	504.0	728.0	122.0	199.0	79.0	19.0	11.0	103.0	
Ni	ppm	10.1	24.1	12.6	43.8	46.9	15.8	24.9	1219.0	33.4	12.8	391.4	219.8	61.7	187.9	83.5	45.4	11.1	33.0	
As	ppm	239.7	44.8	241.6	9.3	50.1	15.3	6.8	322.0	7.7	54.9	950.8	912.9	13.9	115.0	1.7	2.6	4.9	209.1	
Cd	ppm	0.3	0.1	0.3	0.1	0.7	0.1	0.1	0.4	0.7	0.2	10.7	0.4	0.3	2.7	0.1	0.1	0.1	0.3	
Sb	ppm	182.0	1.1	0.4	1.2	2.6	0.3	0.3	3.0	0.6	0.9	6.3	7.5	1.7	6.0	0.1	0.6	0.8	1.7	
Ag	ppm	3.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.9	0.1	0.1	0.1	
Au	ppb	63.1	4.3	1.5	2.2	2.0	1.1	0.5	3.5	0.9	19.5	33.3	6.4	1.0	9.5	0.6	2.8	1.1	20.4	
Hg	ppm	100.0	0.1	2.7	0.3	1.3	0.1	0.1	0.5	0.8	0.4	1.2	2.7	0.8	9.3	3.8	0.5	0.1	1.1	
Tl	ppm	19.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	
Se	ppm	70.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	2.1	2.2	0.5	16.7	0.9	0.5	2.4	0.5	1.4	0.5	0.7	
Toplam	%	99.91	100.01	99.88	99.82	99.97	99.89	99.97	99.64	99.96	100.04	99.55	99.68	99.96	99.76	99.72	99.60	100.03	99.98	

Cevherli numunelerde farklı litolojik özelliklere sahip olan numunelerin birlikte değerlendirilmesi nedeniyle SiO₂ % 4.34 ile % 96.57 arasında değişmektedir (Tablo 7). SiO₂ kayaç yapıcı bileşenlerde olduğu gibi kayaç oluşumundan sonra gerçekleşen cevherleşme, alterasyon gibi süreçlerle de zenginleşmiştir. İncelenen örneklerin Al₂O₃ miktarları, % 0.56 ile % 22.45 arasında değişirken; Fe₂O₃ miktarları % 0.15 ile % 56.62 arasında değişim göstermektedir. Birçok örnekteki Fe₂O₃ miktarı % 4.41 olan yerkaşu ortalama değerlerinden (Iskandar ve Birkam, 2001; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Komatina, 2004; Selinus, Alloway, Centeno, Finkelman, Fuge, Lindh, ve Smedly, 2004; Essington, 2005; Mirsal, 2008; Köksoy, 1991; Gümüş, 1979; Krauskopf, 1979; Çağatay, Erler, Güleç, Savaşçın ve Tokel, 1993) yüksek olup bazı örneklerdeki % 50'nin üzerindeki Fe₂O₃ değerleri kayaç içindeki damar ve çatlaklarda bulunan hematit ve spekülarit oluşumlarına bağlı olup doğrudan işletilebilecek niteliktedir. Dolayısıyla inceleme alanındaki en önemli cevherleşmenin damar tipte demiroksit cevherleşmesi olduğu düşünülmektedir.

İncelenen örneklerdeki diğer ana bileşenlerin ortalaması MgO % 1.18, CaO % 7.01, Na₂O % 1.01, K₂O % 1.41, TiO₂ % 0.27, P₂O₅ % 0.26, MnO % 0.35 ve Cr₂O₃ % 0.01'dir. Bu bileşenlerden CaO beklenenden biraz yüksek olup Bozdağ formasyonundan alınan karbonatlı kayaç numunesindeki % 51.7'lik CaO değeri ortalamayı yükseltmektedir. Bazı numunelerdeki Ca-silikatlar da CaO ortalamasının yükselmesine katkı sağlamıştır. Kayaçlardaki Cr₂O₃ ise bazı numunelerde 640 ppm'e kadar yükselmiştir. Cr₂O₃, özellikle Karadağ metamagmatiklerinde daha yüksek değerler göstermektedir (Tablo 7). Cevher örneklerinde en yüksek Ba 2804 ppm ile Bağrıkkurt formasyonundadır. Ba'un bazı örneklerde yerkaşu ortalama değerinden (485 ppm; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Selinus ve diğ., 2004; Essington, 2005; Mirsal, 2008; Köksoy, 1991; Krauskopf, 1979) çok fazla zenginleştiği görülmektedir (Tablo 7). Sr ise Bağrıkkurt formasyonundan alınan bir numunede 727 ppm olarak belirlenmiştir.

Bağrıkkurt formasyonundaki Co miktarının (167.4 ppm) yerkaşu ortalama değerlerinin (11.5 ppm; Iskandar ve Birkam, 2001; Essington, 2005; Mirsal, 2008; Köksoy, 1991; Krauskopf, 1979; Çağatay ve diğ., 1993) oldukça üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 7). Ni ise yine Bağrıkkurt formasyonunda 1219 ppm'e kadar görülmektedir (Tablo 7).

Analiz edilen örneklerde U, V, Zr, Sc, Y, La ve Ce'un genel olarak yerkaşu ortalama değerlerine yakın olduğu

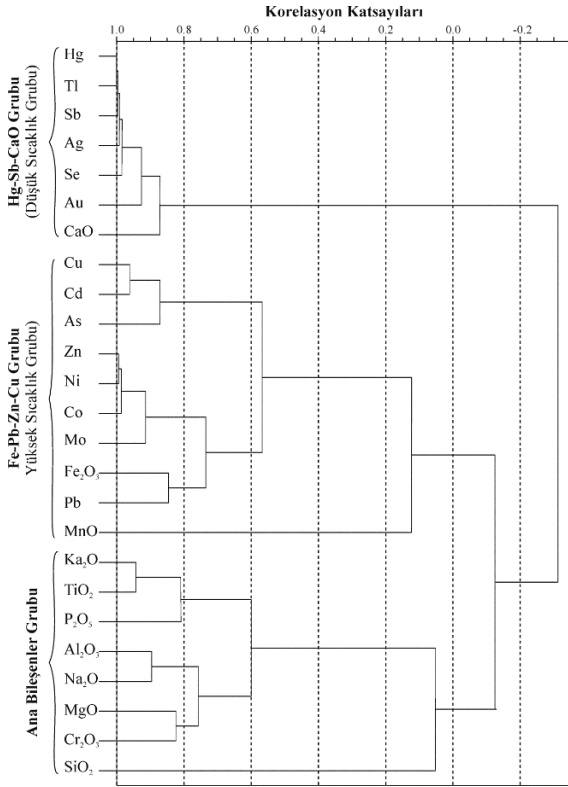
görülmektedir. Ancak bazı numunelerde bu elementler oldukça yüksek değerlere ulaşmakta olup bu konuda yapılacak araştırmalarda dikkate alınmasında yarar vardır.

Bağrıkkurt formasyonundan alınan iki numunede sırasıyla 48 ve 72 ppm Mo ölçülmüştür. Analizi yapılan örneklerde, yerkaşu ortalamasına göre (1.8 ppm; Iskandar ve Birkam, 2001; Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Komatina, 2004; Selinus ve diğ., 2004; Essington, 2005; Mirsal, 2008; Köksoy, 1991; Krauskopf, 1979; Çağatay ve diğ., 1993) Mo zenginleşmesi söz konusudur. Bağrıkkurt formasyonunda ortalama Cu içeriği 254.5 ppm, Pb içeriği 685.4 ppm, Zn içeriği 1426 ppm'e kadar zenginleşmiştir. Genellikle düşük sıcaklıklı hidrotermal çözeltilerle zenginleşen Hg, Sb ve As ile birlikte Se hemen hemen bütün numunelerde yerkaşu ortalama değerlerinden daha yüksek değerlere sahiptir. Bozdağ formasyonu içinden alınan civalı karbonatlı kayaç numunesi içinde 63 ppb Au ile birlikte üst deteksiyon limiti 100 ppm'i geçen Hg önemli görülmektedir. Arsenik ise 8.3 ppm yerkaşu ortalamasına göre 23 kat zenginleşmiş olup birkaç numune dışında diğer numunelerde yüksektir.

Cevher numunelerinde yapılan basit korelasyon analizlerinde SiO₂ bütün bileşenlerle negatif korelasyona sahiptir. Buna göre SiO₂ kayaç oluşumundan sonra gerçekleşen süreçlerle değişime uğramıştır (Tablo 8). Cevher numunelerinde Al₂O₃; Na₂O, TiO₂, Cr₂O₃ ve Sc ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. Bazı numunelerde işletme değerlerine ulan Fe₂O₃ ise Co, U, Y, Ce, Pb, Zn, Ni ve As ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. MgO ise sadece Cr₂O₃ ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. Ana oksitlerden CaO; kızdırma kaybı (LOI) ile göstermiş olduğu çok kuvvetli pozitif korelasyona ek olarak Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile kuvvetli, Na₂O ve Ba ile zayıf pozitif korelasyona sahiptir. K₂O-TiO₂, TiO₂-P₂O₅, P₂O₅-Zr, MnO-Ba ve Cr₂O₃-Sc arasında da kuvvetli pozitif korelasyon vardır.

Cevher numunelerinde Ba; MnO ile sahip olduğu kuvvetli pozitif, Sr; La ve Cd ile çok kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. Co; Zn ve Ni ile çok kuvvetli, U ile kuvvetli korelasyon göstermektedir (Tablo 8).

U; Nadir Toprak Elementleri (NTE), Pb ve Zn ile kuvvetli pozitif korelasyon göstermektedir. NTE'den Sc yukarıda belirtilen korelasyonlar dışında Mo ve Pb ile zayıf pozitif, Y; La, Ce ve Cd ile çok kuvvetli Cu ile kuvvetli pozitif, La; Ce ve Cd ile çok kuvvetli, Cu ve As ile kuvvetli pozitif ve Ce ise Cu ve Cd ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. Cevher numunelerinde Mo; Zn ve Ni ile, Cu; As ve Cd ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir.



Şekil 10. Cevher Numunelerinde Gerçekleştirilen Basit Korelasyon Katsayıları Kullanılarak Hazırlanan Küme (Cluster) Analizi Dendrogramı

Tablo 9. Cevher Numunelerinde Gerçekleştirilen Faktör Analizinde İlk 7 Faktörün Değişime Etkisi ve Toplam Değişim İçindeki Payları

Faktör	Toplam Değişim	% Değişim	Kümülatif Değişim (%)
1	6.95	27.79	27.79
2	5.59	22.35	50.14
3	3.87	15.47	65.61
4	2.41	9.65	75.26
5	1.59	6.37	81.63
6	1.29	5.14	86.77
7	1.00	4.02	90.79

Cevher numunelerinde değişime etkisi % 27.8 olan birinci faktör Sb, Ag, Au, Hg, Tl ve Se ile CaO'in önemli pozitif faktör yükleri ve ana bileşenlerle sülfidli elementlerin negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 11). Bu faktörde önemli pozitif faktör yüklerine sahip olan bileşenler küme analizi dendrogramındaki Hg-Sb-CaO (düşük sıcaklık) grubu ile tam olarak örtüşmektedir. Bu faktörde bulunan elementlerden Hg, Sb ve As'in genellikle düşük sıcaklıklı epitermal çözeltilere bağlı olarak zenginleştikleri bilinmektedir. Ayrıca Ag ve Au'nun da bu şartlarda zenginleşmesi olağandır. Bu faktörde CaO'in de pozitif faktör yüküne sahip olması Bozdağ formasyonu içindeki

civa zenginleşmeleri ile ilişkili olduklarını göstermektedir. Dolayısıyla bu faktör epitermal mineralizasyon faktörü olarak tanımlanmalıdır. Yörede gerçekleşen hidrotermal aktivitelerin son evrelerinde gerçekleşmiş olup civa oluşumları ile ilişkili oldukları düşünülmektedir.

Cevher numunelerinde değişim etkisi % 22.4 olan ikinci faktör Fe₂O₃, Co, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As ve Cd'un önemli pozitif faktör yüklerine karşılık SiO₂'in önemli negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 11). Pozitif faktör yüklerine sahip olan bileşenler MnO dışında küme analizinde belirtilen Fe-Pb-Zn-Cu (yüksek sıcaklık) grubu ile tam olarak örtüşmektedir. Negatif faktör yüküne sahip olan SiO₂ ise dendrogramda "Ana bileşenler grubu"na oldukça düşük bir katsayı ile eklenmektedir. Bu faktör bölge kayalarında SiO₂'in nisbi olarak zenginleşmesine neden olan düşük sıcaklıklı magmatik - hidrotermal aktiviteleri temsil etmektedir. Bu faktörde pozitif faktör yüküne sahip olan Mo, Cu gibi elementler birinci faktördeki elementlerden daha yüksek sıcaklıklarda oluşmaktadır. Dolayısıyla bu faktör hipotermal veya mezotermal evre koşullarını yansıtmaktadır.

Cevher numunelerinde değişim içindeki payı 15.4 olan üçüncü faktör Al₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, TiO₂, P₂O₅ ve Cr₂O₃'ün önemli pozitif faktör yüklerine karşılık SiO₂ ve MnO'in negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 11). Pozitif faktör yüklerine sahip olan bileşenler SiO₂ dışındaki ana bileşenler grubu ile tam olarak örtüşmektedir. Bu faktör farklı litolojik özelliklere sahip olan cevher numunelerinin içinde buldukları yan kayaların oluşumunu göstermektedir. MnO, Fe₂O₃, CaO ve SiO₂'in ana bileşenler grubu içinde yer almamasının temel nedeni litolojik farklılıklar ve oluşumdan sonra uğradıkları hidrotermal alterasyonun etkisini göstermektedir.

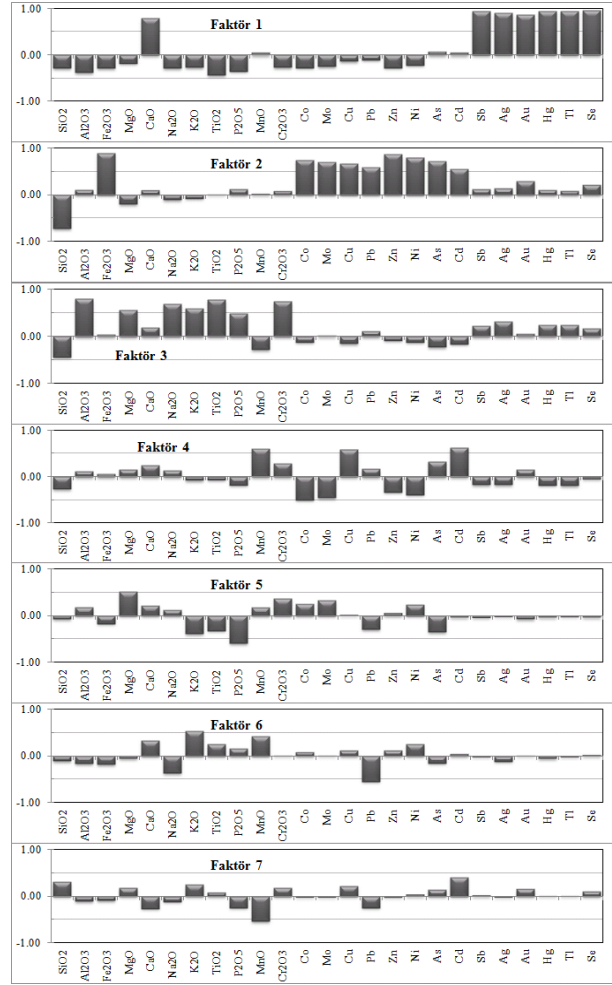
Değişimin % 9.7'sini karşılayan dördüncü faktör de MnO, Cu ve Cd'un önemli pozitif, Co ve Mo'in negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 11). Bu bileşenler küme analizi dendrogramında yüksek sıcaklık mineralizasyonu içinde yer almakta olup özellikle mafik minerallerin bünyesinde yoğunlaşmaktadırlar. Yüzey koşullarında oldukça hareketli olan Cu, Cd ve Mn kayalar içinde yanal ve düşey yönde uzun mesafelerde taşınırken Co ve Mo yerlerinde kalarak zenginleşmişlerdir.

Cevher numunelerinde değişimin % 6.4'ünü karşılayan beşinci faktör MgO'in pozitif ve P₂O₅'in negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 11). Bu faktörde

ayrıca Cr₂O₃, Ni ve Co'ta pozitif faktör yüklerine sahiptir. İnceleme alanının güneyindeki ofiyolitik kayaların içinde önemli magnezit zenginleşmeleri bulunmaktadır. Bu faktör bünyesinde Mg bulunduran silikatlı minerallerin hidrotermal çözeltilerle ayrıştırılması ve ilerleyen süreçte MgO'in kireçtaşlarında dolomitleşmeye katkı sağlamasını kontrol etmektedir. Ni, Co ve Cr'un da pozitif faktör yüklerine sahip olmaları bu teoriyi desteklemektedir.

Değişimin % 5.1'ine karşılık gelen 6. Faktör K₂O'in pozitif Pb'un negatif faktör yükleri ile temsil edilmektedir (Şekil 11). İlerleyen ayrışmalarla mafik minerallerin ve mikaların ayrışmasını takip eden süreçte K-feldispatların ayrışması ve özellikle mikaların bünyesinde olağan olan Pb'un kısmen zenginleşmesini sağlamıştır.

Son faktör olan 7. Faktör MnO'in önemli negatif faktör yükü ile temsil edilmektedir (Şekil 11). Küme analizi dendrogramında da yüksek sıcaklık grubuna uzaktan eklenen MgO'in negatif faktör yükü asidik yüzey koşullarında ayrışmaya uğrayan silikatlı minerallerden itibaren gelişen ikincil karbonatlarla dolomit ve dolomitik kireçtaşlarının oluşumunu göstermektedir.



Şekil 11. Cevher Numunelerinde Gerçekleştirilen Faktör Analizinde Ortaya Çıkan Faktörlere Göre Faktör Yük Dağılımı Grafikleri

3.3.3. Dere Sedimanı Jeokimyası

Dağdere yol ayrımındaki kuru dere den alınan 14 no'lu dere sedimanı numunesinde Ba, Co, Sr, NTE, Pb, Zn, Ni, As ve Tl dikkati çekecek derecede yüksektir (Tablo 10). Bu bölgede yapılacak genel prospeksiyonlarda dere sedimanlarının da ayrıntılı olarak örneklenmesi ve uygun boyutlara ayrılarak analizlerinin yapılmasında yarar görülmektedir. N20 numaralı dere sedimanı numunesi ise Kurşunlu – Bahçesaray arasından alınmış olup V ve Cu bakımından dikkati çekmektedir. Saraybahçe Tepe civarında Cu bakımından detaylı araştırmalar yapılması gerekmektedir.

Tablo 10. Dere Sedimanlarından Alınan Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları (A.O.: Aritmetik Ortalama)

Bileşen	Birim	N14	N20	A.O
SiO ₂	%	76.14	50.47	63.31
Al ₂ O ₃	%	11.58	12.17	11.88
Fe ₂ O ₃	%	3.86	4.90	4.38
MgO	%	0.69	2.13	1.41
CaO	%	0.30	12.73	6.52
Na ₂ O	%	1.13	1.15	1.14
K ₂ O	%	3.09	2.25	2.67
TiO ₂	%	0.34	0.60	0.47
P ₂ O ₅	%	0.06	0.10	0.08
MnO	%	0.02	0.07	0.05
Cr ₂ O ₃	%	0.01	0.01	0.01
LOI	%	2.70	13.20	7.95
Ba	ppm	1622.00	97.00	859.50
Co	ppm	17.30	17.10	17.20
Sr	ppm	476.40	86.80	281.60
U	ppm	2.30	0.50	1.40
V	ppm	29.00	209.00	119.00
Zr	ppm	75.00	26.40	50.70
Sc	ppm	8.00	14.00	11.00
Y	ppm	49.00	10.30	29.65
La	ppm	35.20	9.60	22.40
Ce	ppm	45.80	19.20	32.50
Mo	ppm	5.30	0.20	2.75
Cu	ppm	30.90	136.80	83.85
Pb	ppm	22.20	1.30	11.75
Zn	ppm	45.00	53.00	49.00
Ni	ppm	210.80	17.95	114.40
As	ppm	28.40	1.70	15.05
Cd	ppm	4.50	0.10	2.30
Sb	ppm	1.40	4.80	3.10
Ag	ppm	1.10	0.10	0.60
Au	ppb	0.50	1.50	1.00
Hg	ppm	0.25	0.03	0.10
Tl	ppm	4.00	0.10	2.05
Se	ppm	1.10	0.50	0.80
Toplam	%	99.68	99.88	99.78

4. Sonuçlar ve Öneriler

Selçuklu ve Sarayönü (Konya) ilçeleri arasındaki Kurşunlu ve Dağdere mahallelerini içine alan bölgede gerçekleştirilen bu çalışma, kuzeyde Dağdere Mahallesi ile güneyde Sızma Mahallesi'nin kuzeyi arasında yaklaşık 132 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Bölgenin iki büyük dağ oluşumundan etkilenmesi nedeniyle oluşan kırık ve çatlaklarda hem Paleozoyik hem de Senozoyik yaşlı magmatik aktivitelere bağlı hidrotermal çözeltiler etkin olmuştur. Fe, Hg, Pb ve Zn daha çok damar tipi cevherleşmeler şeklinde zenginleşmiştir. Bağrıkurt formasyonunda çok sayıda damarcık şeklinde spekülartik hematit oluşumları gelişmiştir. Genellikle Bağrıkurt formasyonunda olmak üzere yer yer Bozdağ formasyonu ve Karadağ metamagmatikleri içinde hematit damarları ve demir oksit zenginleşmeleri oldukça yoğundur. Bahçesaray'ın batısında metamorfik

kayaçlar yer yer tümüyle demiroksite dönüşmüştür. Demiroksit oluşumları ile birlikte ve yine yer yer ayrı damar ve damarcıklar şeklinde bakır, çinko ve kurşun zenginleşmeleri de bulunmaktadır. Bahçesaray'ın batısındaki Saraybahçe Tepe'de pirit, kalkopirit ve kuvars dolgululu damarlara rastlanmıştır.

İnceleme alanından derlenen numunelerin jeokimyasal incelemeleri sonucunda cevherli numuneler içinde başlıca iki cevherleşme grubu tespit edilmiş olup bunlar yüksek sıcaklık ve düşük sıcaklık cevherleşmeleri olarak tanımlanmıştır. Yüksek sıcaklık cevherleşmelerinde yer alan Fe₂O₃, Cu, Pb, Zn ve Mo, bazı örneklerde oldukça yüksek olup Fe₂O₃ % 56.62'ye, Cu 255 ppm'e, Pb 685 ppm'e, Zn 1426 ppm'e ve Mo 72 ppm'e ulaşmaktadır. Bu cevherleşmenin Üst Devoniyen-Permiyen döneminde gerçekleşen magmatizma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Jeokimyasal incelemeler kapsamında yapılan küme analizinde tespit edilen ikinci önemli cevherleşme ise CaO-Hg-Sb grubu veya diğer adıyla düşük sıcaklıklı cevherleşme grubu ise Hg başta olmak üzere, Sb, As, Tl, Ag ve Au ile temsil edilmektedir. Litolojik farklılıklardan dolayı bazı örneklerde ortalama değerleri düşük olan Hg 100 ppm'e, Sb 182 ppm'e, As 951 ppm'e, Tl 20 ppm'e, Ag 3.3 ppm'e ve Au 63 ppb'ye kadar ulaşmaktadır.

Bozdağ formasyonu ile Bağrıkurt formasyonunun sınırlarında gözlenmekte olan civa oluşumları, Çalıcınbaş Tepe güneyinde D-B yönünde uzanan kıvrımın kuzey kanadında yer almakta olup kireçtaşının kırık sistemlerinin içine veya kireçtaşı-fillit sınırlarına yerleşmiştir. İnce damarcıklar ve saçılımlar halinde gözlenen cevherleşmeler daha çok benekler ve 1 cm'den kalın ağsal yapılu damarcıklardan oluşmaktadır. Hidrotermal kuvars ve kalsit ise cevherli zonlarda yoğun olarak görülmektedir.

Sızma-Ladik civa yataklarında makro olarak zinober, antimonit, pirit, kalsit, kuvars, florit, realgar, orpiment ve arsenopirit, damar, saçılımlı ve yığılımlar şeklinde gelişmiş olup epijenetik karakter göstermektedir. İnceleme alanındaki cevherli zonların çevresindeki karbonatlı kayaçlar, fillit ve şistler çoğunlukla silisleşmiş ve killeşmişlerdir. Aşağı doğru hareket ederek ısınan veya doğrudan magmatik kaynaktan gelen çözeltiler gerek magmatik kaynaktan gerekse yan kayaçlarından çözmüş olduğu metalleri genellikle rahat hareket ettikleri çatlak, fay veya sınırlar boyunca çökeltilmektedirler.

İnceleme alanında hidrotermal eriyikler halinde taşınan cevherler, metakarbonatlar ve metakırıntıların sınırlarında görülen düzensizlikler boyunca ve kireçtaşı-şist ardalanmalı bölgelerde fay zonlarının ezik kısımları boyunca çökelmiş ve zenginleşmişlerdir. Cevherleşmenin düzensiz ve breşik zonlarda bulunmaları fay kontrollü olduklarını göstermektedir. Kayaç geçirgenliği cevher eriyiklerinin dolaşabilmesi ve cevherin yerleşmesi bakımından önemlidir. Birçok cevherleşme, geçirimsiz formasyonlar altında bulunan yüksek poroziteli kayaçlar içinde gelişmiştir. Bölgedeki alterasyon zonları tektonizma ile uyumlu olup 100 m genişliğe kadar değişen yaklaşık D-B yönlü zonlar şeklinde görülmektedir.

Metamorfizma içerisinde yer alan civa oluşumlarında metamorfizma izlerinin bulunmayışı, civa oluşumlarının metamorfik kayaçlardan ve onları kesen Karadağ metamagmatiklerinden daha genç olduklarını göstermektedir. İnceleme alanının çevresinde epitermal bir cevherleşmeye kaynaklık edebilecek genç magmatik aktivitenin, Konya'nın batısında geniş alan kaplayan, ignimbirit, aglomera, tuf, dasit, andezit, trakiandezit ile temsil edilen Üst Miyosen - Alt Pliyosen yaşlı Erenlerdağ-Alacadağ volkaniti olduğu düşünülmektedir.

İnceleme alanındaki Çalıcınbaş Tepe ve civarındaki karbonatlı kayaçların içinde civa oluşumları beklenebilir. Dolayısıyla bu bölgede, epitermal cevherleşme ve bunlarla ilişkili Au gibi kıymetli metal yatakları aranmalıdır.

Fe₂O₃ ile MnO, Zr, Pb, Zn, Hg ve Ag arasındaki pozitif korelasyon, bu bileşenlerin bazik metamagmatiklerden sonra meydana gelen hidrotermal aktivitenin bu kayaçlarla ilişkisi sonucu zenginleştiklerini göstermektedir. Fe₂O₃ içeriği %50 den fazla olan cevher numunelerinde Cu, Pb, Zn, Mo ve As değerlerinin de yüksek olması aramalarda birlikte değerlendirmeyi gerektirir.

Çalışmada dere sedimanlarının bazı elementlerce yüksek içerikli olması, aramalarda dikkat edilecek önemli bir durumdur.

İnceleme alanındaki cevherleşmelerin daha çok Sızma Grubu'na ait olan Bozdağ ve Bağrıkkurt formasyonları ile Karadağ metamagmatiklerinde yer alması nedeniyle yüzeyde yapılacak örneklemelerin bu birimlerin yaygın olarak görüldüğü alanlarda yoğunlaştırılması uygun olacaktır.

Çalıcınbaş Tepe, Saraybahçe Tepe ve Dağdere yol ayrımında sistematik sondaj ve yarmalarla arama yapılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma yazarlardan Zahide Seher ATEŞ'in yüksek lisans tez çalışmasından hazırlanmıştır. Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (BAP Proje: 11201044) desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Fetullah ARIK, arazi çalışması, istatistiki analizler, makalenin oluşturulması, makalenin sonuçlarının hazırlanması; Zahide Seher ATEŞ, arazi çalışması, laboratuvar çalışmaları, makalenin oluşturulması; Yeşim ÖZEN, arazi çalışması; laboratuvar çalışmaları ve değerlendirme, istatistiki analizler, makalenin oluşturulması, makalenin sonuçlarının hazırlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Akçay, M. (1998). Ladik-Sızma (Konya) civa yatakları çevresinde element dağılım profilleri ve altın-gümüş ve baz metal potansiyeli; Jeokimyasal ve istatistiksel bir yaklaşım; *Türkiye Jeol. Bült.*, 41, 1, 37-47. Erişim adresi: https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/97e382cfd25b07a_ek.pdf?dergi=T%D0CRK%D0DYE%20JEOLOJ%D0%20B%D0DCLTEN%DD
- Arık, F. ve Öztürk, A. (2011). Konya'nın yeraltı kaynakları ve potansiyeli, I. Konya Kent Sempozyumu, TMMOB Konya Kent Konseyi, Konya, Bildiriler, 161-174. Erişim adresi: http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/4b3deab20a432ca_ek.pdf?tipi=68&turu=X&sube=14
- Arık, F. (2016). Geochemical Features of the Major Rock Units in the Western Side of Konya (Turkey), 2nd International Conference on Science, Ecology and Technology (ICONSETE'2016 - Barcelona), Spain, 68.
- Ateş, Z.S. (2014). Kurşunlu- Dağdere (Selçuklu, Konya) Arasındaki Bölgenin Maden Yatakları Potansiyelinin Araştırılması, Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 138 s.

- Banger, N., (1987). Karadağ (Sızma-Konya) çevresinin jeolojik - petrografik incelemesi; Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, 60 s.
- Bayıç, A. (1968). Sızma-Konya metaporfiriterleri hakkında, M.T.A dergisi, 70, 214-228. Erişim adresi: https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20151013162817_824_227ae988.pdf
- Bekişoğlu, K.A. (1968). Türkiye civa yatakları ve bunların ekonomik önemi, M.T.A Raporu, 19-30.
- Çağatay, N., Erler, A., Güleç, N., Savaşçın, Y. ve Tokel, S. (1993). Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler, İkinci Baskı, (Ed: N. Çağatay, A. Erler), Ankara, 291 s.
- Doğan, A. (1975). Sızma - Ladik (Konya) civa sahasının jeolojisi ve maden yatakları sorunlarının incelenmesi; İstanbul Üniv. Fen Fak. Yük. Müh. Dipl. Çalış. 39 s.
- Eren, Y. (1993). Konya Kuzeybatısında Bozdağlar Masifinin Otokton ve Örtü Birimlerinin Stratigrafisi; Türkiye Jeoloji Bülteni, 36, 7-23. Erişim adresi: https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/baa271bc35fe054_ek.pdf
- Eren, Y. (1996). Ilgın - Sarayönü (Konya) güneyinde Bozdağlar masifinin yapısal özellikleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 39/2 49-64. Erişim adresi: https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/2bbd31f8e0e43a7_ek.pdf
- Eren, Y. & Kurt, H. (2000). Stratigraphical, geochemical and geodynamical modelling of the northeast margin of Menderes-Taurus Block, Selçuk Üniv. Müh.-Mim. Fak. Derg., 15 (1), 25-41.
- Eren, Y., Kurt, H., Rosset, F. & Stampfli, G. (2004). Paleozoic Deformation and Magmatism in the Northern Area of the Anatolide Block (Konya), Witness of the Palaeotethys Active Margin, Eclogae Geol. Helv. 97, 293-306. <https://doi.org/10.1007/s00015-003-1131-8>
- Essington, M.E., (2005). Soil and water chemistry: an integrative approach, ISBN: 0-8493-1258-2, CRC Press, Boca Raton London New York Washington D.C., 534 pp.
- Gümüş, A., (1979). Metalik maden yatakları; Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 548 s.
- Hekimbaşı, E.B. (1997). Sızma - Kadınhanı dolaylı petrografi incelemesi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 217 s.
- Holl, R. (1965). Türkiye civa ve antimon yatakları, Doktora tezi (yayınlanmamış).
- Horasan, B.Y. ve Temur, S. (2006). Sızma (Konya) Civa Yataklarıyla ilişkili epitermal çözeltilere bağlı yankayaç alterasyonu, TMMOB, JMO, Türkiye Jeoloji Bülteni, 49 (3) 41-65. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/28453/303126>
- Horasan, B.Y. (2005). Sızma (Konya) civa yataklarıyla ilişkili hidrotermal alterasyon, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniv. Fen. Bil. Enst., 61 s.
- Iskandar, I.K. & Birkham, M.B., (2001). Trace elements in soil: bioavailability, flux, and transfer, ISBN 1-56670-507-X, Lewis Publishers, Boca Raton London New York Washington, D.C., 286 pp.
- Kaaden, V.D.G., (1966). significance and distribution of glaucophane rocks in Turkey. M.T.A. Bulletin, 67, 36-67.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. (2001). Trace Elements in Soils and Plants, 3.th. edition, CRC press LLC, 413 p.
- Kaya, T.E. (2018). Tarihi Sızma-Lâdik (Konya) Hg Madeni ve Bölgedeki Atıkların Çevreye Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, , 85 s.
- Koçak, K. (2008). Mineralogical and Petrographical Characteristics of the Rock Fragments in Phyllites of Bağrıkkurt (Konya) Formation, S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 23, (4), 57-63. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/215863>
- Komatina, M.M. (2004). Medical Geology - Effects of Geological Environments on Human Health, developments in earth Environmental Sciences, Elsevier Academic Press, 488 pp. Erişim adresi: <https://www.elsevier.com/books/medical-geology/komatina/978-0-444-51615-2>
- Kovenko, V. (1939). Konya mıntikasındaki Sızma Köyü civa madeninde yapılan gezintiye dair kısa not; Maden Teknik ve Arama Rapor No: 919, 9 s.
- Köksoy, M. (1991). Uygulamalı Jeokimya, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, A 64, Ankara 368 s.
- Krauskopf, K.B. (1979). Introduction to Geochemistry (2. Baskı), McGraw-Hill, 617 s.

- Kurt, H. (1994). *Petrography and Geochemistry of Kadınhanı (Konya) area, Central Turkey*. PhD., Glasgow University (Unpublished), U.K., 191 pp.
- Kurt, H. (1996). Geochemical characteristics of the meta-igneous rocks near Kadınhanı (Konya), Turkey. *Geosound*, 28, 1-22.
- Kurt, H. & Eren, Y. (1998). Petrographical and geochemical characteristics of metacarbonates in the Bozdag Formation, northwest Konya. *Min. Mag.* 62 A, 834-835.
- Kuru, D. ve Yıldız, M. (1963). 373/200 sayılı Sızma-Konya civa madeni ruhsat sahası incelemeleri neticesi, Konya-İlgın-Sızma Maden Teknik ve Arama Rap. No: 3837, 49 s, (Yayınlanmamış).
- Maucher, A. (1964). Konya vilayeti Ladik ve Sızma çevrelerinde bulunan civa zuhurlarının gezilmesine ait rapor. M.T.A. Rapor No:3695 (Yayınlanmamış).
- Mirsal, I.A. (2008). *Soil Pollution, Origin, Monitoring and Remediation*, 2nd Edition, ISBN: 978-3-540-70775-2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 311 pp.
- Motorcu, A. (1988). Ladik - Sızma civa yataklarının incelenmesi; Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, 63 s.
- Murdock, T.G. (1958). Mercury deposits of the Konya region; U. S. Bur. Mines. Mineral Trade Notes, 47, 3, 47-57.
- Niehoff, W. (1961). 1/100.000 ölçekli Akşehir 90/2 paftası, Ilgın 91/1, 91/3 ve 91/4 paftası üzerinde 1961 yaz mevsiminde yapılmış revizyon çalışmaları hakkında rapor; Maden Teknik ve Arama Derleme Raporu, No: 3387, 34 s.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K., ve Işık, A., (1990). Konya - Kadınhanı - Ilgın dolayının temel jeolojisi; M.T.A. Rap., No: 9535.
- Pehlivan, A. N., (1976). Etibank Konya civa işletme Sızma-Ladik sahalarına ait rapor. Maden Teknik ve Arama Rap. No: 5757, 43 s.
- Petrasccheck, W.E., (1964). Konya vilayeti Ladik civa madeninin 1/25.000 ölçekli harita etüdü hakkında ara rapor; Maden Teknik ve Arama Raporu, No: 3788, 111 s.
- Pilz, R. (1937). Konya -Sızma civa ve bakır madenleri hakkında rapor, Maden Teknik ve Arama Raporu, No: 544, 12 s.
- Schumacher, F. (1937). Sızma madenindeki civa zuhurlarına ait rapor, Maden Teknik ve Arama Raporu, No: 545, 73 s.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., & Smedly, P. (2004). *Essentials of Medical Geology, Impacts of the Natural Environment on Public Health*, Elsevier Academic Press, 812 p.
- Sharpless, F.F. (1908). Anadolu Konya civa madenleri; Maden Teknik ve Arama Raporu, No: 542, 41 s.
- Umut, M. (2009). 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ilgın L-28 paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi, MTA, Ankara, Rapor No:121.
- Üstündağ, A. (1987). *Sızma - Kurşunlu - Meydan - Bağrıkurt köyleri arasında Karadağ çevresinin jeolojisi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst. 65 s.
- Wiesner, K. (1968). Konya civa yatakları ve bunlar üzerine etütler. MTA Dergisi sayı. 70, s. 178.213.
- Wiesner, K. ve Lehnert, T.K.L. (1964). Sızma - Ladik civa yatakları, Maden Teknik ve Arama Raporu, No: 551, 60 s.
- Yıldız, M., & Bailey, E. H. (1978). Mercury Deposits in Turkey (80 p.). U.S. Geological Survey Bulletin 1456. Erişim adresi: <https://pubs.usgs.gov/bul/1456/report.pdf>