



**İnlice (Konya-Türkiye) Yüksek Sülfidasyon Epitermal Altın Yatağının Jeolojisi,
Alterasyonu ve Jeokimyasal Karakteristikleri**
Geology, Alteration and Geochemical Characteristics of İnlice (Konya-Turkey)
High Sulphidation Epithermal Gold Deposit

Mustafa Haydar Terzi¹ , Erkan Yılmaz¹ , İlkyay Kuşcu² , Sercan Bozan³ 

¹ *Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aksaray*

² *Ortaköy Mah. Diğer Küme Evleri No: 349/7 Muğla*

³ *ESAN Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş., Girne Mahallesi Nehir Sokak
No: 1-3/33 Maltepe/İstanbul*

• Geliş/Received: 16.06.2022

• Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 19.08.2022

• Kabul/Accepted: 06.10.2022

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 15.12.2022

• Baskı/Printed: 31.01.2023

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: İnlice yüksek sülfidasyon epitermal altın yatağı, Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (EAVK) içerisinde ve Konya ilinin yaklaşık 40 km güneybatısında yer almaktadır. Çalışma alanında stratigrafik konumlarına göre alttan üste doğru andezit, blok ve kül akıntısı, bazaltik andezit lav akıntısı ve andezit lav akıntısı olmak üzere dört birime ayrılan volkanik ve volkano-sedimanter kayalar, yamaç molozu ve alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülürler. Andezitler içerisinde gözlenen alterasyonların merkezinden dışa doğru sırasıyla kovuklu-şeker ve kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarlarından oluşan silisleşmeler, ileri arjilik, ortaç arjilik ve piropilitik alterasyon zonları tanımlanmıştır. Bu alterasyon topluluklarına ek olarak sadece Merkez Zonun derin kesimlerinde gözlenen manyetit, kuvars, biyotit ve anhidrit içerikli potasik bir alterasyon zonu da tanımlanmıştır. Cevherleşmeler, yaygın olarak pirit daha az oranda enarjit, kalkopirit, kalkosin, kovellin, sfalerit ve markazit gibi sülfid mineralleri ile temsil edilmektedir. Petrografik olarak altın taneleri özellikle sülfid minerallerinin oksidasyona maruz kaldığı kesimlerde saçınımlı olarak 2 ile 6 µm arası boyutlarda gözlenmektedir.

Alterasyon zonlarındaki jeokimyasal değişimin derecesi silisleşmelerden piropilitik alterasyona doğru azalmakta olup, bu değişim, alterasyon zonlarında gözlenen mineralojik değişimle uyumludur. Bununla birlikte taze andezitlerden ileri arjilik alterasyon ve silisleşmelere doğru özellikle As, Sb, Bi, Ag ve Au gibi elementler zenginleşme gösterirken, Zn ve Ni'deki fakirleşmeler belirginleşmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarlarındaki Pb ile ileri arjilik alterasyon ve silisleşmelerdeki düşük Rb/Sr değerlerinin en azından İnlice bölgesi için jeokimyasal bir kılavuz olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Alterasyon, altın, cevherleşme, İnlice, jeokimya, yüksek sülfidasyon.

Abstract: İnlice high sulphidation epithermal gold deposit is located in the Erenlerdağ-Alacadağ Volcanic Complex (EAVC), approximately 40 km southwest of Konya city centre. The volcanic and volcano-sedimentary rocks seen in the study area are andesite, block and ash flow, basaltic andesite lava flow and andesite lava flow, from oldest to youngest. The youngest units unconformably covering the volcanic and volcano-sedimentary rocks are talus and alluvium. Four different alteration zones in the andesites moving from the centre of the alteration toward fresh rock are i) silicified zones (consisting of vuggy-sugary and chalcedonic/opaline quartz veins), ii) advanced argillic alteration, iii) intermediate argillic and iv) propylitic alteration. In addition, a potassic alteration zone consisting

of magnetite, quartz, biotite and anhydrite was identified in the deep part of the Merkez Zone. The mineralisation is commonly represented by pyrite, and to a lesser extent enargite, chalcopyrite, covellite, chalcocite, sphalerite and marcasite. Petrographically, the fine-grained gold grains (between 2-6 μm) are only observed in areas where sulphide minerals are oxidised.

The degree of geochemical variation in the alteration zones decreases from silicified zones to propylitic alteration, and this variation is largely consistent with the mineralogies observed in these zones. Moreover, enrichment in As, Sb, Bi, Ag and Au, and depletion in Zn and Ni are especially notable from fresh/least altered andesites towards advanced argillic alteration and silicified zones. In addition, studies showed that the high Pb value in chalcedonic/opaline textured quartz veins and low Rb/Sr value in advanced argillic alteration and silicified zones can be used as a geochemical guide, at least for the İnce region.

Keywords: Alteration, geochemistry, gold, high sulphidation, İnce, mineralisation.

GİRİŞ

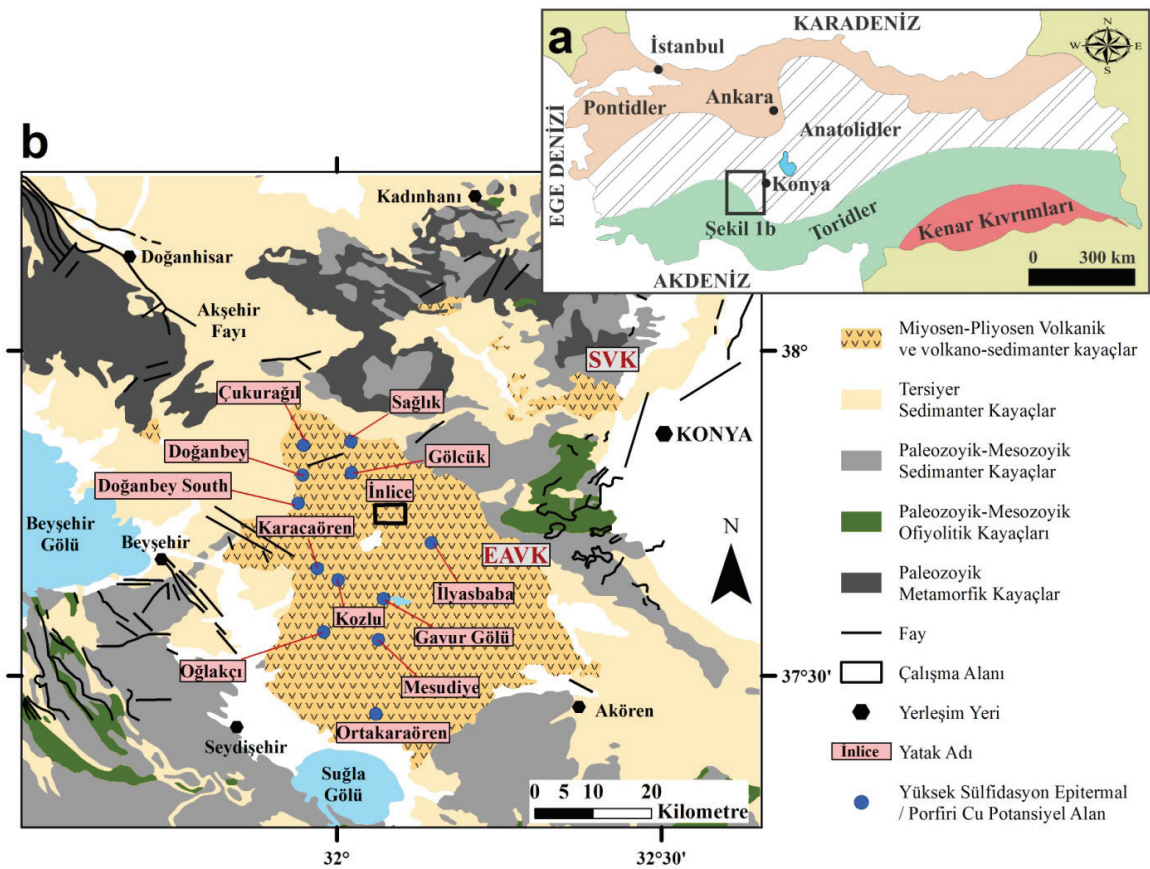
İnce yüksek sülfidasyon epitermal altın yatağı, Konya şehir merkezinin yaklaşık 40 km güneybatısında, Toros kuşağının kuzeyinde (Şekil 1a) Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (EAVK; Gençoğlu Korkmaz vd., 2017) olarak tanımlanan alan içerisinde yer almaktadır (Şekil 1b). Bu yatak, 2017 yılından bu yana açık ocak işletme yöntemi ile ESAN Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş tarafından oksitli zonlarda işletilmektedir. İleriki dönemlerde sülfidli zonların da işletilmesi amacı ile tesis içerisinde planlamalar yapılmaktadır. Sınır tenörü (cut-off grade) 0,3 gr/t olan yatakta 2,36 gr/t Au tenörlü 629.000 ton yerinde oksitli cevher ve 0,79 gr/t Au tenörlü 466.000 ton talus malzemede (yamaç molozu/döküntü) cevher mevcut olup, toplam altın rezervi 59.600 oz olarak hesaplanmıştır. Oksitli zonlar altında yer alan sülfidli zonlarda ise 164.000 oz Au kaynağının olduğu tahmin edilmektedir (URL-1). İnce epitermal altın yatağının keşfinden önce EAVK içinde daha önce herhangi altın cevherleşmesi tanımlanmadığı için bu bölge, bu ve benzer cevherleşmelerin aranabileceği bir maden arama bölgesi olarak da değerlendirilmemiştir. Bu yatağın keşfi 2003 yılında Konya-Seydişehir karayolu üzerindeki mostralardan (daha sonraları Keşif Zon olarak tanımlanan) alınan örneklerden elde edilen altın değerleri sayesinde özel bir madencilik şirketi (Stratex International PLC) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu keşif, bölgeye ilginin

artmasına ve arama çalışmalarının bu bölge ve civarında yoğunlaşmasına neden olmuştur. İnce epitermal altın yatağının keşfiyle birlikte EAVK üzerinde yapılan uzaktan algılama çalışmaları, maksimum 838 ppm Mo (Ortalama: 20 ppm), maksimum 0,567 ppm Au (Ortalama: 0,05 ppm Au) ve maksimum 1841 ppm Cu (Ortalama: 53 ppm) değerlerine sahip Doğanbey porfiri Au-Cu-Mo oluşumları ile Doğanbey South, Çukurağıl, Sağlık, Gölcük, İlyasbaba, Gavur Gölü, Mesudiye, Oğlakçı, Ortakaraören, Karacaören ve Kozlu gibi birçok yüksek sülfidasyon epitermal-porfiri potansiyel sahalarının keşfine de ön ayak olmuştur (Stratex International PLC, 2006; Hall vd., 2007; Davidson vd., 2008; Esan Arşiv, 2022) (Şekil 1b). Bu gelişmeler, EAVK'nın ve ilişkili Tersiyer volkanizmasının epitermal-porfiri sistemler açısından önemli bir potansiyeli olduğunu ortaya koymuştur.

İnce (Konya) epitermal altın yatağının bulunduğu bölgenin jeolojisi, kil oluşumları, volkanik kayalar ve petrojenezine yönelik, bölgenin maden jeolojisine ve altın cevherleşmesinin zenginleştirilmesi ile ilgili çok sayıda çalışmalar mevcuttur (Göğür ve Kırıl, 1973; Ota ve Dincel, 1975; Özgül, 1976; Besang vd., 1977; Keller vd., 1977; Görmüş, 1984; Ercan, 1986; Eren, 1993; Çelik vd., 1994; Ulu vd., 1994; Kasapoğlu vd., 1997; Özkan, 1998; Temel vd., 1998; Platzman vd., 1998; Kadir ve Karakaş, 2000; Karakaya vd., 2001; Tatar vd., 2002; Bozoğlu, 2003; Dinç, 2004; Kurt vd., 2003

ve 2005; Uysal, 2008; Çömlekçiler, 2009; Arık ve Öztürk, 2011; Koç vd., 2012; Asan ve Ertürk, 2013; Koç, 2013; Ay, 2015; Aydar vd., 2015; Gençoğlu Korkmaz, 2015; Koçak ve Zedef, 2016; Uyanık ve Koçak, 2016; Gençoğlu Korkmaz vd., 2017; Gündüz, 2017; Döğme, 2018; Rabayrol vd., 2019a; Selçuk ve Güney, 2020). Bu altın yatağını konu edinen çalışmalar mevcut olmasına rağmen (Hall vd., 2007; Kuşcu vd., 2011; Rabayrol, 2018; Rabayrol vd., 2019b; Kuşcu vd., 2019; Georgatou ve Chiaradi, 2020) yatağın alterasyonu ve cevherleşmeleri barındıran volkanik kayalarla olan ilişkileri ve ayrıca yan kayaç alterasyon

tiplerinin belirlenmesini ve bunlardaki jeokimyasal değişimleri ortaya koyan mineralojik-petrografik ve jeokimyasal çalışmalar yeterli detaya sahip değildir. Bu çalışma kapsamında İnlice bölgesi ve yakın çevresinde varolan jeoloji ve 1/1.000 ölçekli alterasyon haritalarının revizyonu, petrografik incelemeler, mineralojik (XRD, Terraspec ve SEM) ve jeokimyasal analizler (WD-XRF ve ICP-MS) gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda cevherleşmelere yan kayaçlık eden volkanik kayalar ile alterasyonların mineralojik-petrografik özellikleri ile jeokimyasal karakteristikleri ve yatağın genel özellikleri ortaya konmuştur.



Şekil 1. a) Türkiye'nin tektonik birlikleri (Ketin, 1966), **b)** Çalışma alanı ve yakın çevresine ait jeoloji haritası (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) 1/500000 Türkiye Jeoloji haritasından basitleştirilmiş ve değiştirilmiştir; SVK: Sulutaş Volkanik Kompleksi, EAVK: Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi).

Figure 1. a) The tectonic units in Turkey (Ketin, 1966), **b)** Geological map of the study area (Simplified and modified from 1/500,000 Turkey Geological Map of the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA); SVK: Sulutaş Volcanic Complex, EAVK: Erenlerdağ-Alacadağ Volcanic Complex).

BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanında gözlenmesi de EAVK'nın temelinde, Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfik, ofiyolitik ve denizel kökenli sedimanter kayaçlar bulunmaktadır (Eren, 1993; Temel vd., 1998). Bozdağlar Masifi olarak tanımlanan temel kayaçlar otokton ve allokton konumları açısından i) otokton veya paraotokton konumlu Permo-Mezozoyik yaşlı Gökçeyurt grubu (alttan üstte doğru; Derbent, Aladağ ve Lorasdağ formasyonları), ii) Gökçeyurt grubunu ve ofiyolitik kayaçları tektonik olarak üzerleyen allokton konumlu Lâdik metamorfikleri (alttan üstte doğru; Sızma ve Ardıçlı grupları) ve iii) Ladik metamorfiklerinin altında çok dar bir alanda yüzlek veren ve tektonik pencerede görülen allokton konumlu Çayırbağı ofiyoliti olmak üzere 3 grup olarak adlandırılmıştır (Eren, 1993). Bu kayaçlar, Konya'nın batı-güneybatısı yönünde Akören, Seydişehir ve Beyşehir bölgeleri arasında yaygın olarak gözlenen Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik, volkano-sedimanter ve sedimanter kayaçlar tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir (Keller vd., 1977; Eren, 1993; Temel vd., 1998; Kadir ve Karakaş, 2000) (Şekil 1b). Volkanik ve volkano-sedimanter kayaçlar yaklaşık 1200 km²'lik bir alan kaplamakta olup, Sulutaş Volkanik Kompleksi (SVK) ve Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (EAVK) olmak üzere iki volkanik kompleksten oluşmaktadır (Gençoğlu Korkmaz vd., 2017) (Şekil 1b). Bu kompleksler, Miyosen'de Anadolu levhasının altına dalan Afrika plakasının yitim zonunda 14 farklı evrede oluşan kalkalkalen karakterli kayaçları içermektedir (Keller vd., 1977; Ercan, 1986; Temel vd., 1998). Bu kayaçlar ile birlikte SVK'nin içerisinde bölgenin temel kayaçlarını keserek yerleşen subvolkanik minet tip potasik alkanin lamprofirlerin varlığı da bilinmektedir (Asan ve Ertürk, 2013). Bölgedeki volkanik ve volkano-sedimanter kayaçlar, Keller vd. (1977) tarafından bulunış şekilleri itibariyle 4 farklı gruba ayrılmış olup, bunlar genel

olarak; i) andezitik-dasitik karakterdeki domlar, ii) kökensel olarak dom oluşumları ile ilişkili piroklastik çökellere geçiş gösteren kızgın bulut çökelleri (nuees ardentes), iii) yer yer kaynaşmış ve kaynaşmamış şekilde bulunan ignimbiritler (piroklastik kayaçlar), iv) petrografik olarak domlara benzeyen, kısa akıntılar halinde iki piroksenli andezitik lav akıntılarıdır (Kasapoğlu vd., 1997). Bölgedeki volkanik ve volkano-sedimanter kayaçlara ait literatürde bulunan K-Ar, Ar-Ar ve U-Pb radyometrik yaş verileri, SVK ve EAVK volkanizmalarının Miyosen-Pliyosen zaman aralığında geliştiğini göstermektedir (Besang vd. 1977; Keller vd., 1977; Platzman vd., 1998; Koç vd., 2012; Koç, 2013; Asan ve Ertürk, 2013; Gençoğlu Korkmaz vd., 2017; Gündüz, 2017; Rabayrol, 2018; Rabayrol vd., 2019b; Kuşcu vd., 2019). EAVK'nin içerisinde yer alan İnce epitermal altın yatağının yan kayaçlarını oluşturan volkanik kayaçlar, $8,67 \pm 0,13 - 8,98 \pm 0,11$ milyon yıl (My) yaşlara sahip olup, Geç Miyosen dönemine işaret etmektedir (Rabayrol vd., 2019b; Kuşcu vd., 2019).

MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada İnce epitermal altın yatağı ve çevresinde bulunan taze ve altere kayaç grupları sistematik olarak örneklenmiş ve jeolojik haritalama çalışmaları yapılmıştır. Alınan örneklerin mineralojik-petrografik analizleri için hazırlanan ince ve parlak kesitler, Aksaray Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında bulunan Leica DM750P marka alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop ve Zeiss Axio Scope A1 marka alttan-üstten aydınlatmalı mikroskoplar ile incelenmiş olup, mineral birliktelikleri ve dokusal ilişkiler ortaya konmuştur.

X-ışını kırınımı (XRD) analizleri, mineraloji-petrografi analizleri ile bileşimleri belirlenemeyen ve/veya tanımlanamayan minerallerin (özellikle kil minerallerinin) belirlenmesi amacıyla

gerçekleştirilmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığında bulunan Panalytical Xpert Powder marka ve model cihazı ile tüm kayaç analizleri, Bruker D8 Advance marka ve model cihazı ile de kil minerali analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm kayaç analizleri Ni filtreli Cu X-ışın tüplü cihazlar ile 2-70 °C derece arasında yapılmışken, tüm kayaç analizlerinde tanımlanamamış kil grubu minerallerince zenginleştirilmiş numuneler 2-40 °C derece arasında normal, etilen glikollü ve fırınlama (350 °C ve 550 °C) yöntemleri kullanılarak analizler edilmiştir. Elde edilen ham XRD pikleri, Match yazılımı bünyesindeki index pikler ile karşılaştırılmış, kayaçların içerdiği mineral türleri belirlenmiştir.

XRD çalışmalarına ek olarak alterasyon zonlarından derlenen kayaçların içerdiği baskın kil mineral bileşimleri ve minerallerin birbirilerine göre göreceli olarak bollukları için ESAN Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de bulunan ASD TerraSpec Hi-Res cihazı ile yüzey kayaç ve karot örneklerinden ölçümler alınmıştır. Elde edilen Terraspec pikleri, TSG8 yazılımı bünyesindeki index pikler ile karşılaştırılmış, mineral türleri ve görece baskınlıkları belirlenmiştir.

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri ile alterasyon zonlarındaki mineraller üzerinde görüntüleme ve mikrokimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, MTA Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığında bulunan FEI Inspect Plus marka SEM cihazı ile EDAX Octane Plus marka EDS dedektörü kullanılarak yapılmıştır.

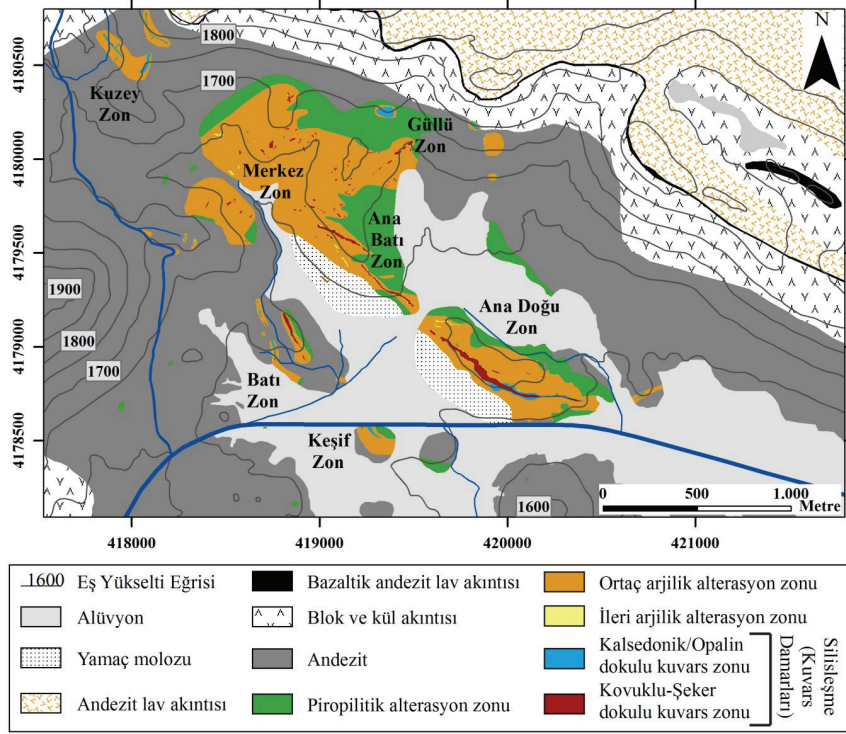
Ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri, Merkez Zonun derin kesimlerinde sondajlarla belirlenen potasik alterasyon hariç tüm alterasyon zonlarından derlenen yüzey kayaç ve karot örnekleri üzerinde yapılmıştır. Seçilen örneklerin boyutları çekiç ile küçültüldükten

sonra çeneli kırıcı yardımıyla daha ufak boyutlara indirgenmiş ve sonra Fritsch marka bilyeli öğütücüde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler, selüloz içerikli bağlayıcı ile homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra hidrolik pres yardımıyla sıkıştırılarak pres-pastil (pelet) haline dönüştürülmüştür. Ana oksit element analizleri, Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (ASÜBTAM) Jeokimyasal Analiz Laboratuvarında (JAL) bulunan PanAnalytical Axios marka Dalga Boyu Dağılımlı X-Işınları Floresans Spektrometresi (WD-XRF) ile yapılmıştır. WD-XRF analizlerinde, Fluxana marka onaylı jeolojik referans materyaller kullanılmıştır. İz ve nadir toprak element analizleri ise ACME (Kanada) Analytical Laboratuvarlarındaki ICP-MS yöntemi ile yapılmıştır. ICP-MS analizlerinde, USGS standartlarından SO-19 standardı kullanılarak cihazın kalibrasyonu sağlanmıştır.

ÇALIŞMA ALANI JEOLJİSİ

EAVK'nın temelini oluşturan Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfik, ofiyolitik ve denizel kökenli sedimanter kayaçlar çalışma alanında yüzlek vermemektedir. İnlice ve civarında, yaygın olarak Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik ve volkano-sedimanter kayaçlar gözlenmektedir (Şekil 2). Volkanik ve volkano-sedimanter kayaçlar, mineralojik-petrografik özellikleri ve stratigrafik konumlarına göre alttan üste doğru andezit, blok ve kül akıntısı, bazaltik andezit lav akıntısı ve andezit lav akıntısı olarak tanımlanmıştır. Bunlar yamaç molozu ve alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülürler (Şekil 2, 3a ve 3b).

Andezitik kayaçlar, yoğun kırık-çatlaklı (Şekil 3c), yer yer içerisinde anklavların (Şekil 3d) ve plajiyoklaz kümelenmelerinin (Şekil 3e) gözleendiği, porfiro-afanitik dokulu gri, koyu gri ve pembemsi gri renklerde gözlenirler.

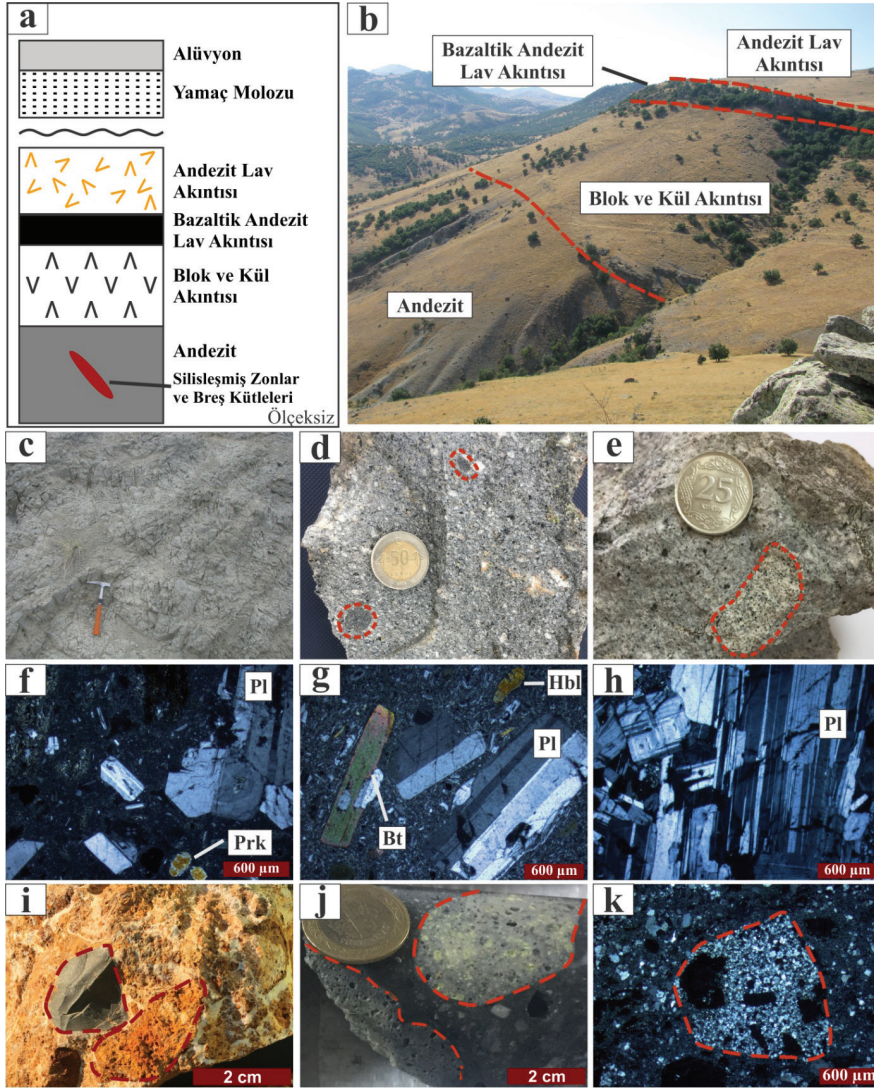


Şekil 2. İnlice epitermal altın yatağına ait alterasyon jeolojisi haritası (Hall vd., 2007 ve Terzi, 2020'den revize edilmiştir).

Figure 2. Alteration geology map of the Inlice epithermal gold deposit (Modified from Hall et al., 2007 and Terzi, 2020).

Bu kayalar, yoğun killeşme etkisiyle beyazımsı-krem, günlenme ve oksidasyon nedeniyle de sarımsı-kırmızımsı renklere de gözlenebilmektedir. Mikroskopik olarak hipokristalen porfirik dokulu, plajiyoklaz, biyotit, hornblend, yer yer piroksen ve opak minerallerden oluşmaktadır (Şekil 3f-h). Plajiyoklaz, yarı özşekilli-özşekilli, yer yer zonlu doku ve polisentetik ikizli olup (Şekil 3f ve 3g), plajiyoklaz fenokristallerinin kümelenmesi ile glomeroporfirik dokuda yer yer gözlenmektedir (Şekil 3h). Biyotit ve hornblend, özşekilli-yarı özşekilli (Şekil 3g), çoğunlukla opasitleşmiş ve iskeletleri kalmış yalancı kristaller şeklinde (pseudomorph) olup, yaygın şekilde opak mineral kapanımları içermektedir. Biyotit ve hornblendlerde yaygın opasitleşmenin yanında, epidotlaşma ve kloritleşme yaygındır. Yer yer gözlenen piroksenler genellikle ince taneli

olmalarıyla ayrılmaktadır (Şekil 3f). Andezitlerin hamur kısmını ise yaygın plajiyoklaz mikrolitleri ve volkan camları oluşturmaktadır (Şekil 3f-h). Andezitler, cevherli silisleşmiş zonlara ve yer yer breşik kütlelere ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 2). Bölgede yapılan yüzey gözlemleri ve karot incelemelerine göre sınırlı alanlarda özellikle Ana Doğu ve Ana Batı Zon'nun kuzey batı kesimlerinde, Keşif Zon ve Merkez Zon'da breşler yüzeylenmektedir. Genellikle polimiktik ve matriks destekli olan breşlerin klastları, taze ve altere volkanik kayalardan oluşmaktadır (Şekil 3i-k). Kısmen yuvarlak-yarı köşeli şekilli ve kötü boylanmaya sahip olan klastların tane boyları, birkaç mm ile 30-40 mm arasında değişmektedir. Klastları bir arada tutan matriks ise çok ince taneli silisleşmeler, oksidasyon (demiroksit-hidroksit mineral oluşumları) ile pirit ve enarjit gibi sülfid minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 3i-k).



Şekil 3. a) Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti ve altın cevherleşmesinin pozisyonu, **b)** Çalışma alanındaki kayaçların arazi görüntüsü, **c)** Volkanik kayaçlarda gözlenen kırık ve çatlaklar, **d)** Anklav içeren andezitik kayaç (kırmızı kesikli çizgili poligonlar), **e)** Andezitlerde plajiyoklaz kümelenmesi gösteren örnek (kırmızı kesikli çizgili poligonlar), **f)** Andezitler içerisindeki piroksen ve plajiyoklaz fenokristalleri, **g)** Hornblend, biyotit ve plajiyoklaz birlikteliği, **h)** Glomeroporfirik doku gösteren andezit, **i** ve **j)** Farklı tipte klast ve çimento içeren breşik örnekler (kırmızı kesikli çizgili poligonlar), **k)** Silika-pirit çimentosu içerisinde gözlenen kovuklu-şeker dokulu kuvarsin mikrofotograf görüntüsü (kırmızı kesikli çizgili poligonlar) (Mineral kısaltmaları: Bt: Biyotit; Hbl: Hornblend; Pl: Plajiyoklaz; Prk: Piroksen).

Figure 3. a) The stratigraphic columnar section for the study area and the location of the gold mineralisation, **b)** Field view of rocks in the study area, **c)** Fractures and cracks observed in volcanic rocks, **d)** Andesite containing an enclave (red dashed polygons), **e)** Sample showing plagioclase cluster in andesite (red dashed polygons), **f)** Pyroxene and plagioclase phenocrystals in andesite, **g)** Photomicrograph showing assemblages of hornblende, biotite and plagioclase, **h)** Andesite with glomeroporphyric texture, **i** and **j)** Brecciated samples with various types of clasts and cements (red dashed polygons), **k)** Microphotograph of vuggy-sugary textured quartz observed in silica-pyrite cement (red dashed polygons) (Mineral abbreviations: Bt: Biotite; Hbl: Hornblende; Pl: Plagioclase; Prk: Pyroxene).

Andezitik kayaçların üzerine gelen blok ve kül akıntıları (Şekil 3a ve 3b), çoğunlukla iyi tutturulmamış ve boylanma göstermeyen, ince taneliden (kum+kil boyu) iri taneliye (80 cm'ye varan bloklar) kadar değişen boyutlarda volkanik kayaç parçaları içermektedir (Şekil 4a). Volkanik kayaç parçaları andezitik bileşiminde olup, genellikle köşeli bazen az yuvarlaklaşmış olarak gözlenmekte, hamur kısmı ise volkanik kül ve tuf bileşimli malzemelerden oluşmaktadır (Şekil 4a ve 4b). Hamur kısmı, hipohiyalin dokuda yer yer zonlu ve polisentetik ikiz gösteren plajiyoklazlar, kuvars, yoğun bir şekilde opasitleşme-opaklaşma gösteren yarı özşekilli-özşekilli biyotit ve amfiboller, andezitik kayaç parçaları ve yaygın bir şekilde volkan camı içermektedir (Şekil 4c). Çalışma alanında alttaki andezitik kayaçlar ile olan dokanakları her yerde net olarak gözlenemiyorken, stratigrafik olarak üstünde bulunan bazaltik andezit lav akıntısı olarak tanımlanan kayaçlar ile dokanakları belirgindir (Şekil 4d).

Çalışma alanında görece yüksek kotlarda gözlenen ve blok ve kül akıntılarının stratigrafik olarak hemen üzerinde yer alan bazaltik andezit lav akıntıları, blok ve kül akıntısından yapısal ve dokusal olarak farklılıklar sunması nedeniyle sahada kolaylıkla ayrılabilir (Şekil 3a, 3b ve 4d). Bu kayaçların kalınlıkları birkaç metreden 10-15 metre kalınlıklara kadar ulaşabilmektedir. Makroskobik olarak porfiro-afanitik dokulu koyu grimsi-siyahımsı renklerde olup, yataya yakın çatlak sistemleri (soğuma çatlağı) katmansı bir yapıda gözlenmesine neden olmaktadır (Şekil 4d ve 4e). Bu kayaçlar hipokristalin dokuda plajiyoklaz, hornblend, yer yer piroksen ve opak mineraller içermektedir (Şekil 4f). Plajiyoklazlarda ikiz lamelleri belirgin olup, hornblendlerde opasitleşme yaygındır. Hamur kısmında ise volkan camı ve yönlenme gösteren yaygın plajiyoklaz mikrolitleri mevcuttur (Şekil 4f).

Çalışma sahası içerisinde stratigrafik olarak tüm volkanik birimlerin üzerinde bulunan ve altında yer alan bazaltik andezit bileşimli kayaçlardan renk ve dokusal olarak özellikleri

ile ayırt edilebilen andezit lav akıntısı kayaçları porfiro-afanitik dokulu ve grimsi renkler ile karakteristiktir (Şekil 3a, 3b, 4g ve 4h). Bunlar petrografik analizlere göre hipokristalin dokuda ve plajiyoklaz, hornblend, yer yer piroksen ve opak minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 4i). Mafik minerallerde opasitleşme yaygındır. Hamur kısmında ise volkan camı ve yönlenme gösteren yaygın plajiyoklaz mikrolitleri mevcuttur (Şekil 4i).

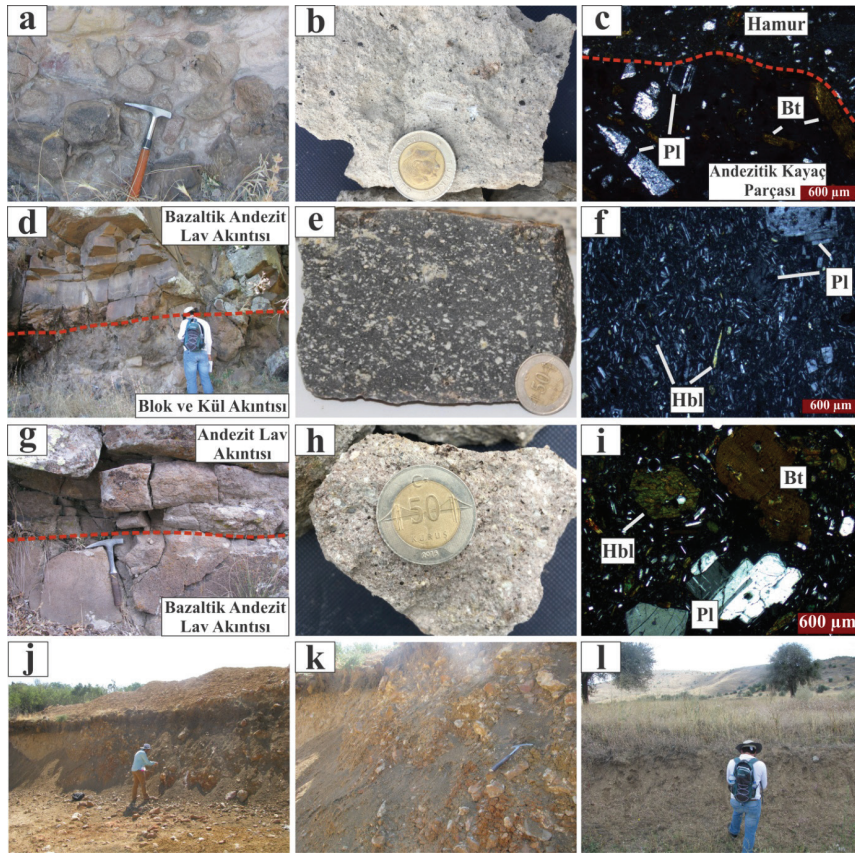
Tüm volkanik ve volkano-sedimanter birimler, yamaç molozu ve alüvyonlar tarafından örtülmektedir (Şekil 2 ve 3a). Ana Doğu ve Ana Batı Zonların güney-güneybatı yamaçlarındaki yamaç molozları, altere ve cevherli zonlara ait çok ince taneliden 50-60 cm boyutlarına kadar değişen kırmızımsı-sarımsı renklerde kayaç parçaları içermektedir. Gevşek dokulu yamaç molozlarında tabakalanma ve boylanma gözlenmemekte ve yamacın alt kotlarına doğru inildikçe birim kalınlıkları artmaktadır (Şekil 4j ve 4k). Çalışma alanının en genç birimi ise kendisinden daha yaşlı birimlere ait malzemelerden oluşan alüvyondur (Şekil 2, 3a ve 4l).

ALTERASYON JEOLJİSİ ve MİNERALOGİSİ

İnce epitermal altın yatağı, andezitik volkan domları içerisinde gelişmiş (Hall vd., 2007) ve birbirlerine komşu olan Ana Doğu Zon, Ana Batı Zon, Batı Zon, Keşif Zon, Güllü Zon, Merkez Zon ve Kuzey Zon olmak üzere yedi cevherli silisleşmiş zondan oluşmaktadır (Şekil 2). Bu zonlardan alınan örnekler üzerinde yapılan mineralojik-petrografik analizler ile alterasyon zonlarına ait mineral birliktelikleri ve dokusal özellikler belirlenmiştir. XRD, TerraSpec ve SEM-EDX analizleri ile elde edilen kil mineral bileşimleri (Çizelge 1), ve baskın mineral birlikteliklerine göre İnce epitermal altın yatağındaki alterasyon zonları genel olarak taze/az altere olmuş andezitik kayaçlardan itibaren piropilitik, ortaç arjilik, ileri arjilik ve kovuklu-şeker ve kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarlarından oluşan

silisleşmeler olarak tanımlanmıştır. Alterasyon zonlarının adlandırılmasında mümkün merite Hall vd. (2007)'nin yaptığı isimlendirmelere sadık kalınmıştır. Alterasyon zonları arasındaki sınırlar keskin olmayıp, alterasyon zonları içerisindeki baskın mineral birlikteliklerinin ve bolluklarının değişimine göre oluşturulmuş ve haritalara aktarılmıştır (Şekil 2). Bu alterasyon topluluklarına ek olarak Merkez Zon'un derin kesimlerini test

eden sondaj karot örneklerinde tespit edilen ve baskın olarak manyetit, kuvars, biyotit ve anhidritten oluşan potasik bir alterasyon zonu da tanımlanmıştır. Bu zon yüzey ve sığ derinlerde gözlenen ve tanımlanan KB-GD doğrultulu yapısal hatları takip eden alterasyonlardan farklı olup, yanal ve düşey devamları hakkında net bilgi bulunmamaktadır.



Şekil 4. a) Blok ve kül akıntısı arazi fotoğrafı, b) Blok ve kül akıntısının hamur kısmından alınan kayaç örneği, c) Blok ve kül akıntısının hamur kesimi ve içerisindeki andezitik kayaç parçasına ait mikroskop görüntüsü, d) Blok ve kül akıntısı ile bazaltik andezit lav akıntısı dokanağı, e) Bazaltik andezit lav akıntısı kayaç örneği, f) Bazaltik andezit lav akıntısında akma dokusu gösteren plajiyoklaz mikrolitleri, g) Bazaltik-andezit ile andezit lav akıntısı dokanağı, h) Andezit lav akıntısı örneği, i) Andezit lav akıntısı örneğinde biyotit, plajiyoklaz ve hornblend birlikteliği, j-k) Yamaç molozu arazi görüntüleri, l) Alüvyon çökelleri (Mineral kısaltmaları: Bt: Biyotit; Hbl: Hornblend; Pl: Plajiyoklaz)

Figure 4. a) Field photographs of the block and ash flow, b) Sample taken from the matrix of the block and ash flow, c) Microphotograph from the matrix of the block and ash flow containing fine-grained andesitic rock fragments, d) The boundary between block and ash flow and basaltic andesite lava flow, e) A hand specimen from the basaltic-andesite lava flow, f) Plagioclase microlites showing flow texture in basaltic-andesite lava flow, g) The boundary between basaltic-andesite lava flow and andesite lava flow, h) A hand specimen from the andesite lava flow, i) Biotite, plagioclase and hornblende association in andesite lava flow, j-k) Field views of talus, l) Alluvium deposits (Mineral abbreviations: Bt: Biotite; Hbl: Hornblende; Pl: Plagioclase)

Piropilitik Alterasyon Zonu

Piropilitik alterasyon zonu, İnce epitermal altın yatağındaki alterasyon zonlarının en dış kesimini oluşturmakta ve cevher içeren silisleşmelere doğru kil minerallerinin artışı ile ortaç arjilik alterasyona geçiş yapmaktadır (Şekil 2 ve 5a). Piropilitik alterasyonun, alterasyon şiddetinin düşük olduğu çoğu yerde taze/az altere kayalardan ayırt edilmesi petrografik gözlemlerle yapılmıştır. Piropilitik alterasyon, ortaç arjilik alterasyonlara yakın kesimlerde çoğunlukla koyu yeşilimsi (Şekil 5b), az altere olmuş/taze andezitik kayalara yakın kesimlerde ise açık yeşilimsi renklerde gözlenir. Piropilitik alterasyona maruz kalan andezitik kayacın ilksel dokusu diğer alterasyon zonlarındakine göre daha fazla korunmuştur (Şekil 5b ve 5c). Bu alterasyon zonu içerisinde saçınımlı pirit kristalleri kolaylıkla ayırt edilebilmektedir (Şekil 5c). Piropilitik alterasyona ait örneklerde plajiyoklazlarda karbonatlaşma ve yer yer epidotlaşma, hornblendlerde epidotlaşma ve yer yer kloritleşme, biyotitlerde kloritleşmeler gelişmiştir (Şekil 5d). Yapılan mineralojik-

petrografik incelemeler, XRD ve SEM analizler sonucu piropilitik alterasyonun dolomit, epidot, illit, kaolinit, kalsit, klorit, kristobalit, montmorillonit ve pirit minerallerinden oluştuğu, Terraspec analizleriyle de siderit, montmorillonit, kaolinit ve klorit minerallerini içerdiği ortaya konmuştur (Çizelge 1; Şekil 5e-g).

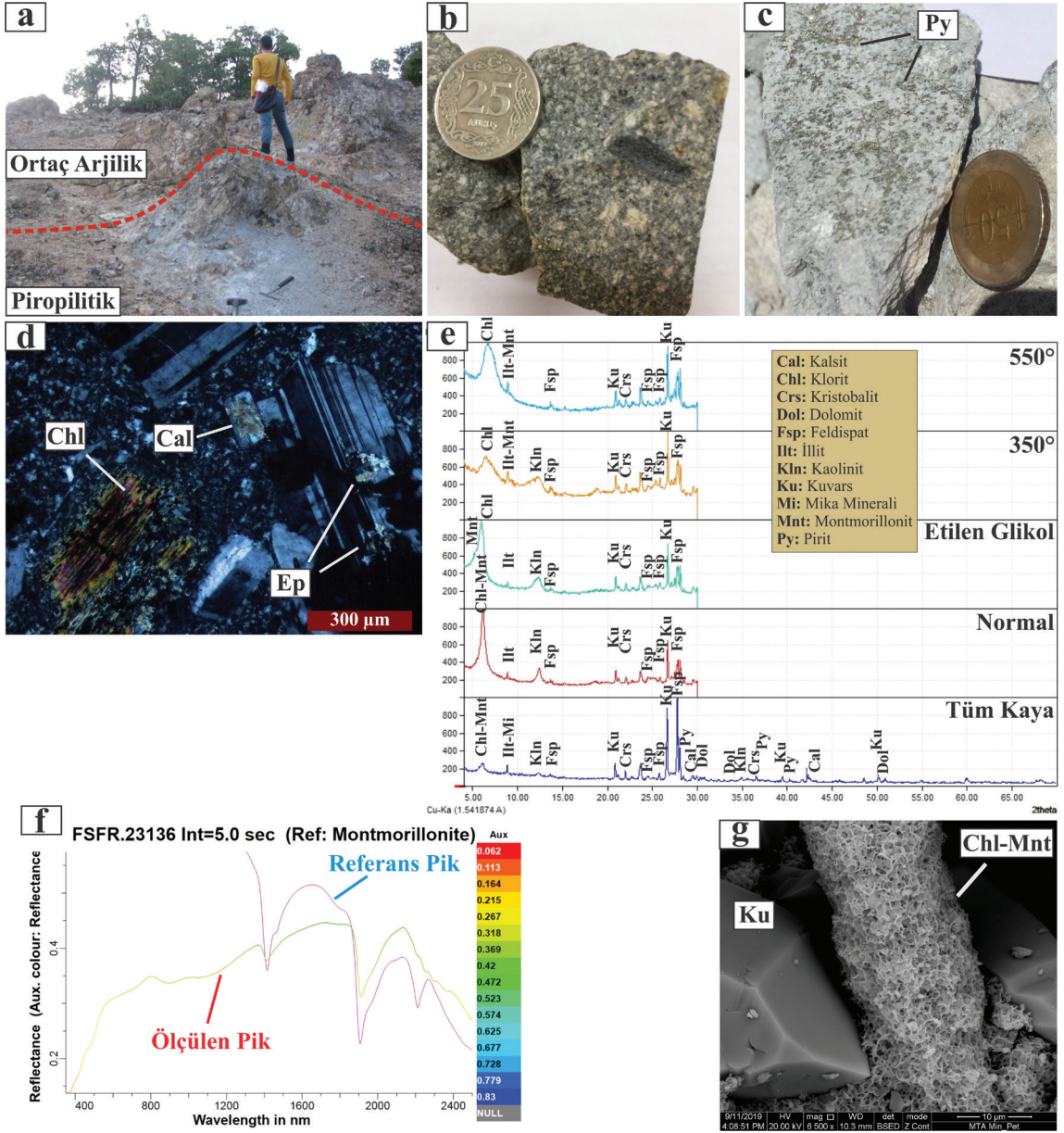
Ortaç Arjilik Alterasyon Zonu

Ortaç arjilik alterasyon zonu, altın cevherleşmesini barındıran ileri arjilik alterasyon ve silisleşmeleri çepeçevre sarar (Şekil 2 ve 6a). Bu alterasyon zonu killeşmeler nedeniyle beyazımsı-krem, oksitlenme etkisi ile sarımsı, kırmızımsı ve kızıl renkleri ile kolayca ayırt edilebilen çalışma alanının en geniş alterasyon zonedir (Şekil 2, 6b ve 6c). İleri arjilik alterasyon zonu ve silisleşme dokanıklarına doğru ortaç arjilik alterasyona uğramış kayaların ilksel andezitik kayaç dokusu korunamamış, neredeyse tamamen kil minerallerine dönüşmüştür (Şekil 6b).

Çizelge 1. Alterasyon zonu örneklerine ait temsili XRD ve Terraspec analiz sonuçları (* Sondaj örnekleri).

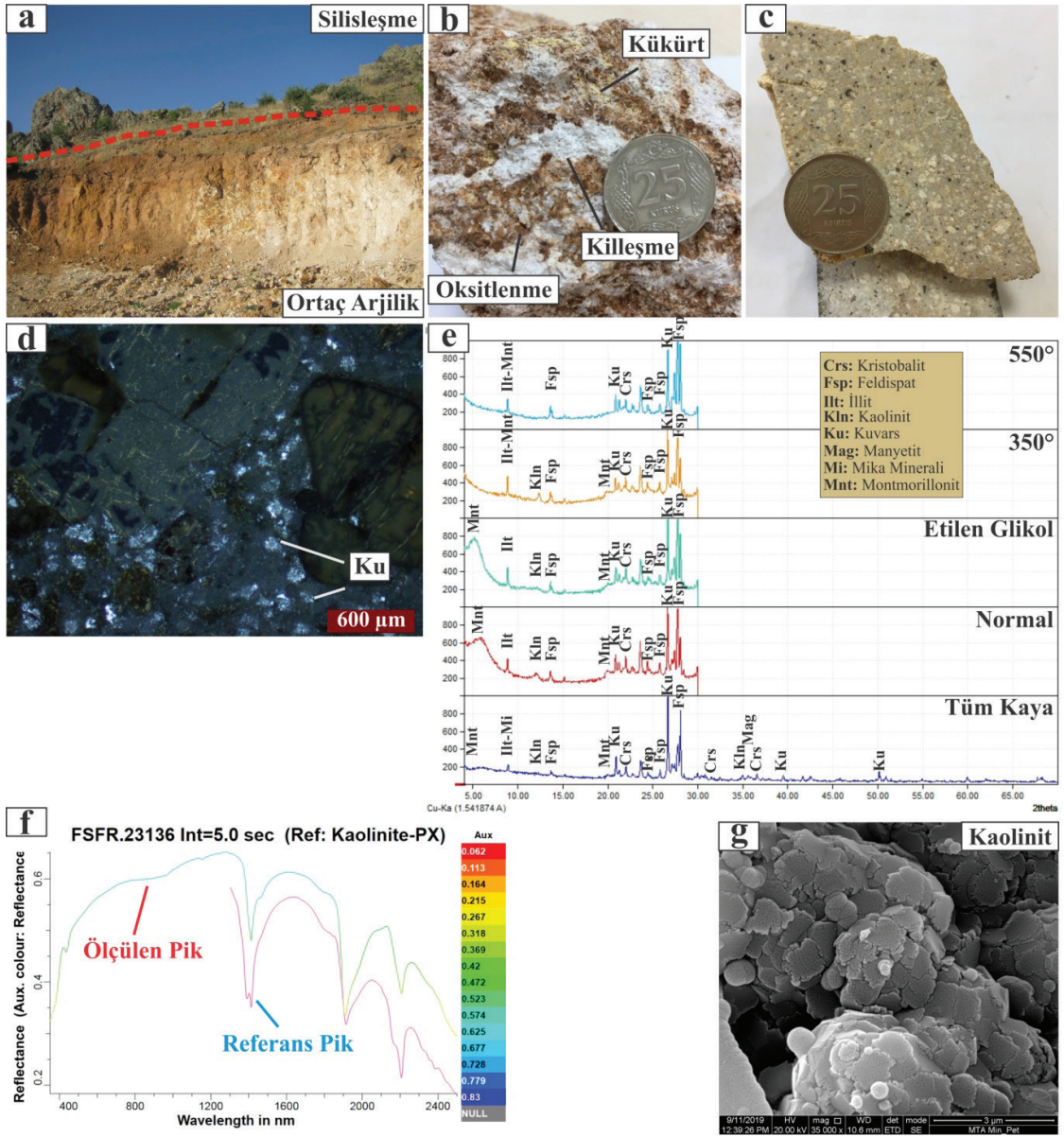
Table 1. Representative XRD and Terraspec analysis results for alteration zones(* Drill core samples).

Örnek No	Mineral İçeriği (XRD)	Mineral İçeriği (Terraspec)	Alterasyon Zonu
IN-16-11	Kuars, Kristobalit, Alunit, Illit, Pirit	Alunit-K	Silisleşme
IN-16-97	Montmorillonit, Illit, Kaolinit, Kuvars, Kristobalit	Montmorillonit, Kaolinit-PX	Ortaç Arjilik
IN-16-164	Montmorillonit, Kaolinit, Kuvars, Kristobalit	Kaolinit-PX, Montmorillonit, Jarosite	Ortaç Arjilik
IN-16-196	Alunit, Kuvars, Kristobalit,	Alunit-K	İleri Arjilik
IN-16-314	Alunit, Kuvars, Kristobalit, Pirofillit,	Alunit-K, Pirofillit	İleri Arjilik
IN-17-112	Montmorillonit, Illit, Kaolinit, Kuvars, Kristobalit	Montmorillonit, Kaolinit-PX	Ortaç Arjilik
IN-18-127	Klorit, Montmorillonit, Illit, Kalsit, Dolomit, Kuvars, Kristobalit, Kaolinit, Pirit	Siderit, Montmorillonit	Piropilitik
IN-18-134	Montmorillonit, Illit, Kaolinit, Kuvars, Kristobalit	Montmorillonit, Kaolinit-PX, Paragonitik-Illit	Ortaç Arjilik
IN-S-18-26*	Kuars, Alunit, Enarjit, Pirit	Alunit-K, Ankerit, Dikit	Silisleşme
IN-S-18-86*	Alunit, Kuvars, Kristobalit, Pirofillit, Illit, Kaolinit, Pirit	Pirofillit, Alunit-K, Dikit	İleri Arjilik
IN-S-18-103*	Montmorillonit, Illit, Kaolinit, Kuvars, Kristobalit	Kaolinit-PX, Montmorillonit, Nontronit	Ortaç Arjilik
IN-S-18-127*	Alunit, Kuvars, Kristobalit, Pirit	Alunit-Na, Dikit	İleri Arjilik
IN-S-18-135*	Klorit, Illit, Kalsit, Dolomit, Kuvars, Kristobalit, Kaolinit, Pirit	Siderit, Klorit-FeMg, Montmorillonit	Piropilitik



Şekil 5. a) Ana Doğu Zon'da piropilitik-ortaç arjilik alterasyon zonu arasındaki dokanak, **b)** Koyu yeşilimsi renklere sahip piropilitik alterasyona uğramış örnek, **c)** Piropilitik alterasyon zonunda saçınımlı piritler, **d)** Piropilitik alterasyonda gözlenen klorit, kalsit ve epidot oluşumları, **e)** Piropilitik alterasyona uğramış bir örneğe ait tüm kayac, normal, etilen glikol ve ısıtılarak (350 °C ve 550 °C) yapılan XRD analizleri, **f)** Piropilitik alterasyona ait Terraspec mineral ölçümlerine ait referans ve ölçülen pik grafikleri, **g)** Piropilitik alterasyona ait SEM-EDX görüntüsü (Mineral kısaltmaları: Cal: Kalsit; Chl: Klorit; Ep: Epidot; Ku: Kuvars, Mnt: Montmorillonit Py: Pirit).

Figure 5. a) The contact between propylitic and intermediate argillic alteration in Ana East Zone, **b)** A hand specimen of dark greenish coloured propylitized altered andesite, **c)** Disseminated pyrites in propylitic alteration, **d)** Chlorite, calcite and epidote observed in propylitic alteration, **e)** Representative XRD result for propylitized altered andesite, **f)** Representative Terraspec result for propylitized altered andesite, **g)** SEM-EDX image from propylitic alteration (Mineral abbreviations: Cal: Calcite; Chl: Chlorite; Ep: Epidote; Ku: Quartz, Mnt: Montmorillonite Py: Pyrite).



Şekil 6. a) Ana Doğu Zon'da ortaç arjilik ve silisleşme zonlarını ayıran dokanak, **b)** Killeşme, oksitlenme ve kükürt sıvamaları içeren arjilik alterasyon kayac örneği, **c)** Arjilik alterasyona uğramış andezit örneği, **d)** Ortaç arjilik alterasyonda opasitleşmiş ve killeşmiş mineraller, **e)** Arjilik alterasyona uğramış bir örneğe ait tüm kayac, normal, etilen glikol ve ısıtarak (350 °C ve 550 °C) yapılan XRD analizleri, **f)** Arjilik alterasyona ait Terraspec mineral ölçümlerine ait referans ve ölçülen pik grafikleri, **g)** Arjilik alterasyona ait SEM-EDX görüntüsü (Mineral kısaltmaları: Ku: Kuvars).

Figure 6. a) The contact between intermediate argillic alteration and silicification in Ana East Zone, **b)** A hand specimen of intermediate argillic alteration containing argillization, oxidation and sulphur coatings, **c)** Sample from intermediate argillised altered andesite, **d)** Photomicrograph of the intermediate argillic alteration containing opaque and argillised minerals, **e)** Representative XRD result for intermediate argillic altered andesite, **f)** Representative Terraspec result of intermediate argillic alteration, **g)** SEM-EDX image of intermediate argillic alteration (Mineral abbreviations: Ku: Quartz).

Piropilitik alterasyon zonuna yakın kesimlerde ise ilksel kayaç dokusunun nispeten korunduğu gözlenir. Bu kesimlerde genellikle plajiyoklaz üzerinde kil minerallerinin oluşumları ile karakteristiktir (Şekil 6c). Petrografik olarak bu zona ait kayaçların hamur kısmında ve plajiyoklazlarda aşırı derecede killeşmelerin geliştiği, mafik minerallerin ise opasitleşme-opaklaşmadan dolayı iskelet kalıntılarının kaldığı gözlenmektedir (Şekil 6d). Bu alterasyon zonunda yer alan ve ilksel andezitik kayaç dokusunun nispeten korunduğu kayaçlarda ise plajiyoklaz ve mafik mineraller kalıntılarının kayaç içerisinde yer yer muhafaza edildiği gözlenir. Yapılan mineralojik-petrografik incelemeler, XRD ve SEM analizleri sonucu ortaç arjilik alterasyonun illit, kaolinit, kristobalit, kuvars ve montmorillonit minerallerinden oluştuğunu, Terraspec analizleriyle de kaolinit, montmorillonit, paragonitik-illit, siderit, nakrit ve nontronit minerallerini içerdiği tespit edilmiştir (Çizelge 1; Şekil 6e-g).

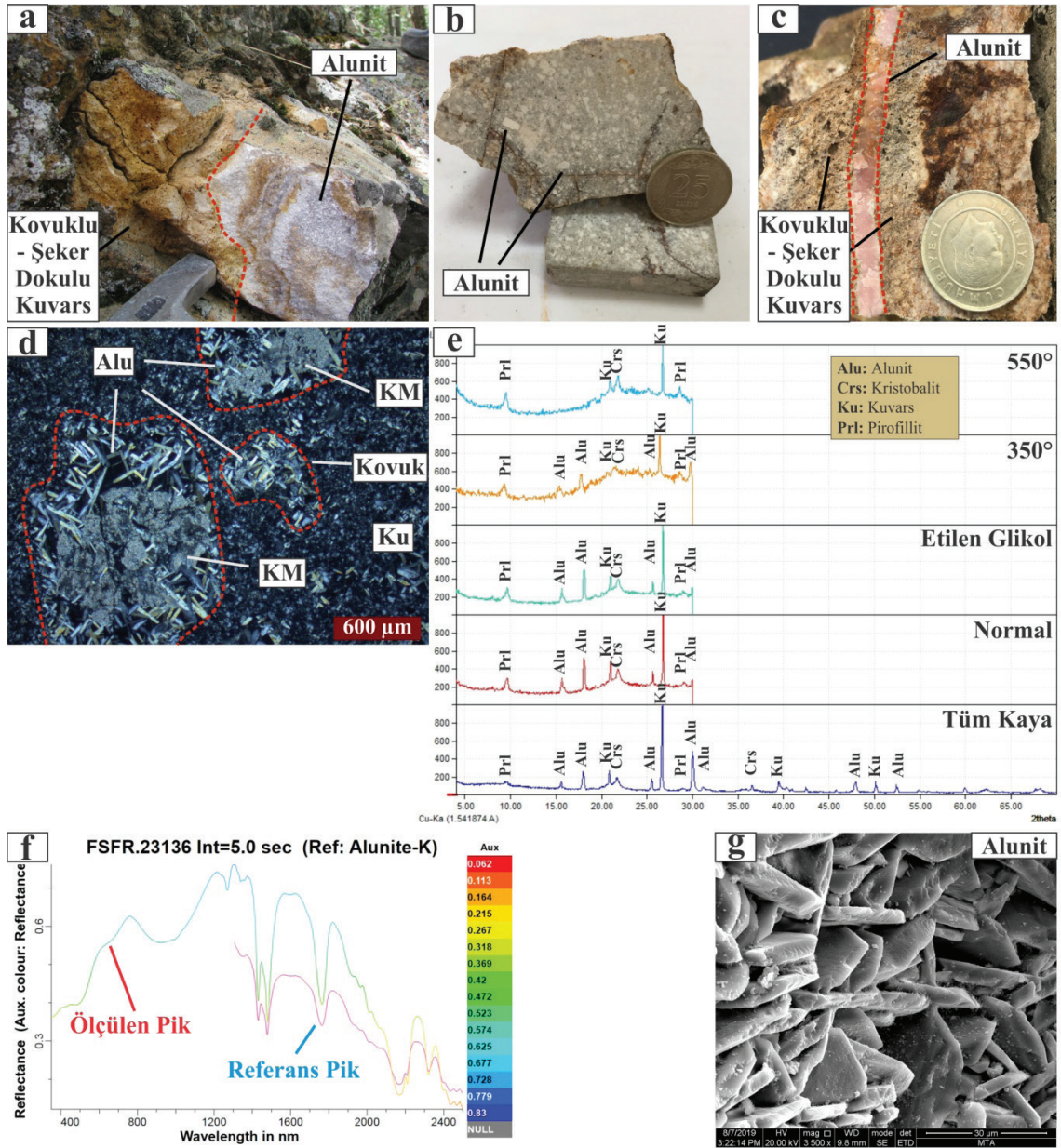
İleri Arjilik Alterasyon Zonu

İleri arjilik alterasyon zonu, kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarını içeren silisleşmelerin dokanaklarında gelişen ve ortaç arjilik alterasyon zona göre alunit ve kuvars miktarının artışıyla ayırt edilen zondur. Bu zonun genişliği birkaç metreden 10 metreye kadar değişir (Şekil 2 ve 7a). Bu alterasyon zonunda alunit kristalleri, kovuklu kuvarsların kovuklarını doldurur şekilde beyazımsı, grimsi ve pembemsi renkli olabildiği gibi (Şekil 7b) yer yer de kovuklu-şeker dokulu kuvarsları kesen pembemsi-gri renklerde damarcıklar (Şekil 7c) şeklinde gözlenmektedir. Mikroskobik olarak alunit genellikle çok ince-ince taneli ve ince-uzun prizmatik kristaller şeklinde gözlenir (Şekil 7d). Bu zonda ayrıca ince taneli kuvars, opak mineraller (pirit), demiroksit-hidroksit ve kil mineralleri ile kükürt sıvımaları görmek mümkündür (Şekil 7d). Yapılan mineralojik-petrografik incelemeler, XRD ve SEM analizleri sonucu ileri arjilik alterasyon

zonunun alunit, alüminyum-fosfat-sülfat (APS) mineralleri, illit ve kaolinit gibi kil mineralleri, kuvars, kristobalit, pirit, pirofillit, rutil ve zirkon minerallerinden oluştuğu, Terraspec analizleriyle de K-alunit, Na-alunit, pirofillit, kaolinit, dikit ve nakrit minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir (Çizelge 1; Şekil 7e-g).

Silisleşme

Silisleşme, çalışma alanında alterasyonların merkez kısmını oluşturan ve altın cevherleşmesini barındıran düzlemsel kütleler (kuvars damarları, cevher kütlesi) olarak yer alır. Kuvars damarları ile karakteristik olan bu zon, madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü alterasyon zonu olarak tanımlanır. Bu damarlar erozyona/aşınmaya karşı dirençli oldukları için topografyada belirgin çıkıntılar şeklinde görülmektedir (Şekil 8a). Baskın olarak kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu olan silisleşmiş zonlar, kuzeydoğu-güneybatı ve doğu-batı doğrultularında da gözlenir (Şekil 2). Ana Zon olarak tanımlanan damar sistemi, Ana Doğu ve Ana Batı Zon olarak iki ayrı sektöre bölünmüş olup, her iki sektördeki damar sistemleri K50°-80°B doğrultulu ve 60°-70° GB eğimlidir. Batı Zon ve Keşif Zon'da gözlenenler ise K20°-40°B doğrultulu ve 70°-80° GB eğimlidir (Hall vd., 2007). Bununla birlikte Ana Doğu Zon'un GD'sunda, Kuzey, Merkez ve Güllü Zonlarda KD-GB ve D-B gidişli kuvars damarları da bulunmakta olup, cevherleşme açısından çok önemli gözükmemektedir (Şekil 2). Yapılan mineralojik-petrografik ve XRD analizleri sonucu silisleşmiş zonların, alunit, enarjit, illit, kuvars, kristobalit ve pirit içerdiği ortaya konmuştur (Çizelge 1). Terraspec analizleri ile de silisleşmelerin yer yer alunit, kaolinit, nakrit ve montmorillonit gibi mineralleri içerdiği tespit edilmiştir (Terzi, 2020) (Çizelge 1). Silisleşmiş zonlar üzerinde gerçekleştirilen petrografik analizler sonucu kuvarsların oluşum zamanlarına göre genel olarak: i) kovuklu-şeker dokulu kuvars



Şekil 7. a) Ana Batı Zon'da silikleşme alterasyonundaki kovuklu-şeker dokulu kuvars damarı ile ileri arjilic alterasyon zonunu ayıran dokanak, **b)** İleri arjilic alterasyon zonu örneği, **c)** Kovuklu-şeker dokulu kuvarsları kesen alunit damarcığı, **d)** İnce taneli kuvarslar ve kovuklarda dolgu şeklinde alunit ve kil mineralleri, **e)** İleri arjilic alterasyonuna ait tüm kayaç, normal, etilen glikol ve ısıtarak (350 °C ve 550 °C) yapılan XRD analizleri, **f)** İleri arjilic alterasyonuna ait Terraspec mineral ölçümlerine ait referans ve ölçülen pik grafikleri, **g)** İleri arjilic alterasyonuna ait SEM-EDX görüntüsü (Mineral kısaltmaları: Alu: Alunit; Ku: Kuvars; KM: Kil Mineralleri).

Figure 7. a) The contact between advanced argillic alteration and vuggy-sugary textured quartz vein in Ana West Zone, **b)** A hand specimen of advanced argillic alteration, **c)** Alunit veinlet cutting the vuggy-sugary textured quartz, **d)** Photomicrograph of alunit and clay minerals in the vugs, and fine-grained quartz, **e)** Representative XRD result of advanced argillic alteration, **f)** Representative Terraspec result of advanced argillic alteration, **g)** SEM-EDX image from advanced argillic alteration (Mineral abbreviations: Alu: Alunit; Ku: Quartz; KM: Clay Minerals).

(Kuars-I) (Şekil 8b), ii) kovuklarda dolgu veya kovukları keser şekilde ince taneli kuvars (Kuars-II) (Şekil 8c) ve iii) kalsedonik/opalin dokulu kuvars (Kuars-III) (Şekil 8d) olmak üzere 3 farklı tipte olduğu belirlenmiştir.

Kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarından oluşan birinci faz silisleşme, bölgedeki ilksel volkanik kayaçların asidik (düşük pH'lı) akışkanlar tarafından yıkanması (leaching) sonucu oluşan farklı boyutlarda boşluklar/kovuklar ve şeker dokulu kuvars oluşumlarının geliştiği fazdır (Şekil 8b). Petrografik analizler, kovukların ilksel minerallere ait yarı özşekilli/özşekilli boşluklar olduğunu, şeker dokulu kuvarsların ise ince-orta ve yer yer iri taneli kristallerden oluştuğunu ortaya koymaktadır (Şekil 8e ve 8f). Şeker dokulu kuvarsların tane boyutları büyüdükçe bunların opak mineral miktarı azalmaktadır. Farklı boyutlardaki kuvars kristalleri arasında ve kovuklarda yer yer alunit, rutil, barit, pirit, enarjit, jarosit, hematit ve götit gibi mineraller aksesuar olarak izlenir. Barit kristalleri, yer yer kovukları doldurur veya keser şekilde hem mikroskobik hem de makroskobik olarak gözlenir (Terzi, 2020). Kovuklu kuvarslar veya psödomorf-mineral boşlukları (ilksel mineral boşlukları, vuggy texture), makro olarak da gözlenebilen ince taneli kuvars kristallerinden oluşan ikinci faz silisleşme ile doldurulur ve/veya kesilirler (Şekil 8c, 8g ve 8h). Bu faza ait kuvars oluşumlarına ince taneli alunitler, opak (pirit, enarjit) ve hematit, götit gibi demiroksit-hidroksit mineralleri eşlik etmektedir. Kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarlarını oluşturan üçüncü faz silisleşmeler, Ana Doğu Zon'un doğu kesiminde, Batı Zon'un batı kesimi, Keşif Zon, Kuzey Zon ve Güllü Zon'da yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 2). Kalsedonik/opalin dokulu kuvarslar birinci ve ikinci faz silisleşmeleri kesmekte, makroskobik olarak, masif, amorf, yer yer kolloform dokular sergileyen beyazımsı, grimsi ve mavimsi renk tonlarında gözlenir (Şekil 8d). Petrografik olarak ise kriptokristalen, sfelüritik ve kolloform dokular sunar (Şekil 8i).

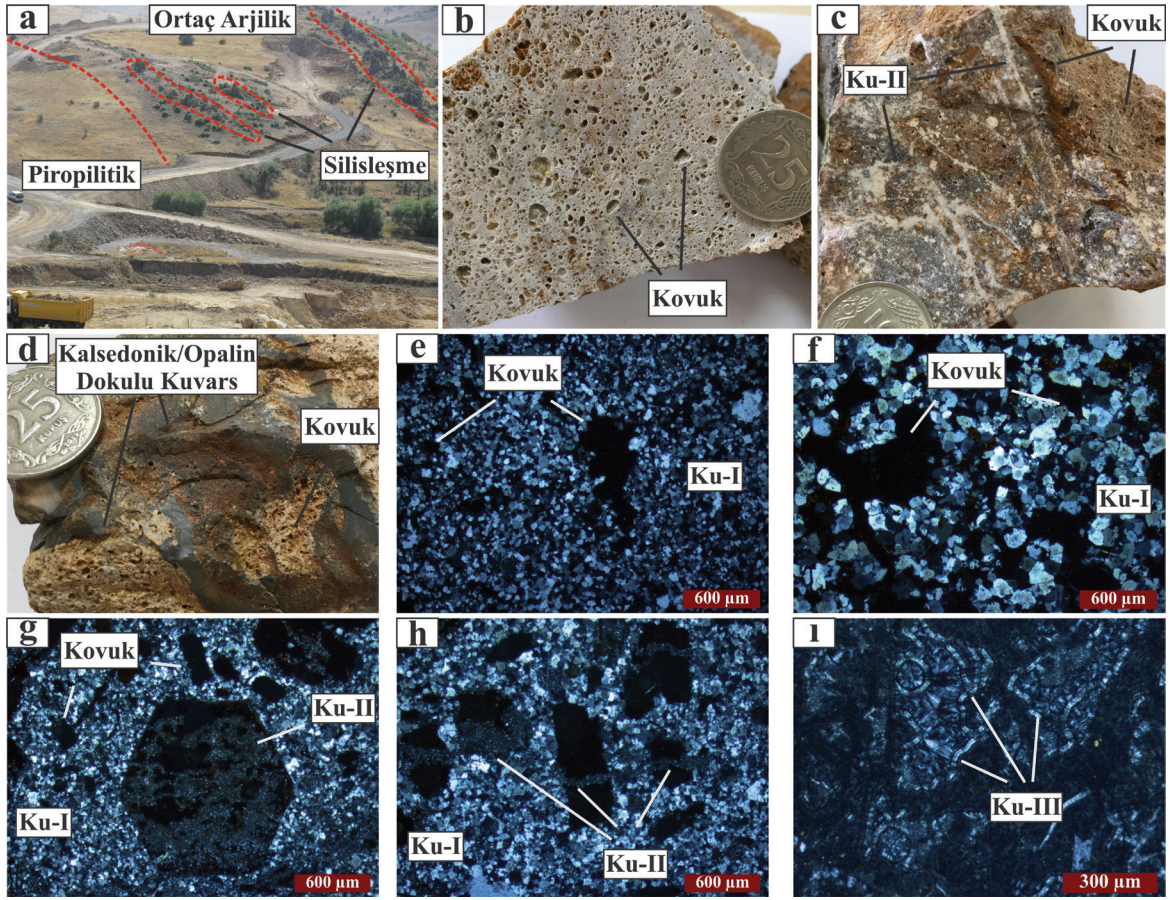
Potasik Alterasyon Zonu

Potasik alterasyon yüzeyde mostra vermeyen ve ana zondaki kuvars damarlarının yanal ve düşey devamını test eden derin sondajlarda çok geniş bir fay zonundan sonra tespit edilen bir alterasyondur. Bu alterasyon baskın olarak manyetit, kuvars, biyotit ve anhidrit içeren bir mineral topluluğuna sahiptir.

Manyetit, potasik alterasyona uğramış andezitler içinde masif kümeler, saçınımlar ve manyetit=kuvars damarcıkları halinde bulunur (Şekil 9a-d). Manyetitler, biyotit (Şekil 9b ve 9d), kuvars (Şekil 9c) ve pirit ile birlikte gözlenmekte olup, kalsit damarcıkları tarafından kesilmektedir (Şekil 9b). Manyetit=kuvars damarcıkları birkaç mm kalınlığa ulaşan ince damarlar halinde gözlenir (Şekil 9a ve 9c). Biyotitler ise petrografik olarak ince taneli, özşekilsiz benekli (spotted) ve yer yer düzensiz dağılmış, parçalı mineraller şeklindedir (Şekil 9d). Anhidrit, damar, damarcıklar ve açık boşluk dolgusu şeklinde gözlenir. Pirit saçınımlı kristaller halinde olup, manyetitle mekânsal birteliktelik sunmaktadır. Bazı kesitlerde anhidriti de üzerler şeklinde gözlenirler (Şekil 9e ve 9f).

CEVHERLEŞME

İnlice bölgesindeki cevherleşmeler, KB-GD doğrultulu kırık sistemleri ile kontrol edilen birinci faz kovuklu-şeker dokulu kuvarslar ve bunların kovuklarını dolduran ve/veya kesen ikinci faz silisleşme ve alunit oluşumları ile karakterize olan silisleşmiş zonlar içinde yer alır. Bölgedeki cevherleşmeler, sülfid ve oksit cevherleşmeleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Mineraloji ve petrografi analizlerine göre cevher ve gang minerallerine ait parajenetik sekans dizilimleri Şekil 10'da verilmiştir.

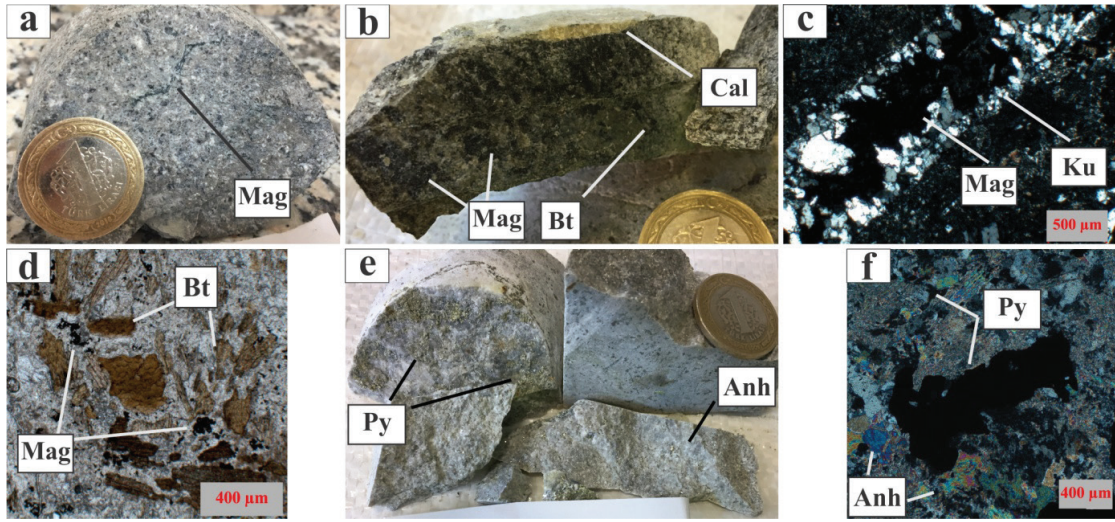


Şekil 8. a) Ana Doğu Zon'un kuzeybatı yamacındaki alterasyon topluluklarını gösteren fotoğraf, b) Kovuklu-şeker dokulu kuvars örneği, c) Kovuklu-şeker dokulu kuvarsları kesen ikinci faz kuvars damarcıkları, d) Kovuklu-şeker dokulu kuvarsları kesen kalsedonik/opalin dokulu kuvarslar, e) İnce taneli şeker dokulu kuvarsların çevrelediği kovuklar, f) Orta-iri taneli şeker dokulu kuvarsların çevrelediği kovuklar, g ve h) İnce taneli şeker dokulu kuvarsların çevrelediği kovukları dolduran ve kesen çok ince-ince taneli ikinci faz kuvarslar, i) Kalsedonik/opalin dokulu kuvarslara ait mikroskop görüntüsü (Mineral kısaltmaları: Ku: Kuvars).

Figure 8. a) Photograph showing the alteration zones on the northwest part of the Ana East Zone, b) A hand specimen from vuggy-sugary textured quartz, c) Second phase quartz veinlets cutting the vuggy-sugary textured quartz, d) Chalcedonic/opaline textured quartz cutting the vuggy-sugary textured quartz, e) Vugs surrounded by fine grained vuggy-sugary textured quartz, f) Vugs surrounded by medium to coarse grained vuggy-sugary textured quartz, g and h) Microphotograph of the second phase quartz veinlets filling and cutting the vuggy-sugary textured quartz, i) Microphotograph of chalcedonic/opaline textured quartz (Mineral abbreviations: Ku: Quartz).

Sondaj karotlarında yapılan incelemelere göre oksit cevherleşmeleri genel olarak yüzeyden 20-25 m, bazen 40-45 metre derinliklere kadar ulaşmakta, hematit ve götit gibi demiroksit-hidroksitler ile malakit ve nabit bakır gibi süperjen cevherleşmelerle temsil edilmektedir. Sülfid cevherleşmeleri daha derin kesimlerde ve oksitli cevher zonu tabanında başlayıp daha

alt kotlarda gözlenir. Ayrıca sülfidli cevher zonu Ana Doğu ve Ana Batı Zon arasında kalan bazı lokasyonlarda yüzey ve yüzeye çok yakın (1-4 metre) derinliklerde görmek mümkündür. Yapılan sondajlar, sülfid cevherleşmelerinin yaklaşık 200-250 metre derinlere kadar devam ettiğini göstermektedir.



Şekil 9. a) Altere andezitleri kesen manyetit damarcığı, b) Manyetit ve biyotit birlikteliğini kesen kalsit damarcığı, c) Manyetit±kuvars damarcığını gösteren mikrofotograf, d) Manyetit ve biyotit mikrofotografı, e-f) Alterasyona uğramış andezitlerde saçınımlı pirit taneleri tarafından üzerlenen anhidrit (Mineral kısaltmaları: Anh: Anhidrit; Bt: Biyotit; Cal: Kalsit; Ku: Kuvars; Mag: Manyetit; Py: Pirit).

Figure 9. a) Magnetite veinlet cutting through potassic altered andesite, b) Calcite veinlet cutting the magnetite and biotite association, c) Microphotograph showing magnetite±quartz veinlet; d) Microphotograph of magnetite and biotite; e-f) Anhydrite and disseminated pyrite grains in potassic altered andesites (Mineral abbreviations: Anh: Anhydrite; Bt: Biotite; Cal: Calcite; Ku: Quartz; Mag: Magnetite; Py: Pyrite).

Mineral	Erken Evre	Orta Evre	Geç Evre
Manyetit		
Kuvars		
Biyotit		
Anhidrit		
Kuvars-I		
Kuvars-II		
Kuvars-III		
Rutil		
Alunit		
Kil Mineralleri*		
Kalsit, Epidot		
Barit		
Pirit-I		
Pirit-II		
Sfalerit		
Kalkopirit		
Markazit		
Enarjit		
Altın		
Kovellin		
Kalkosin		
Nabit Bakır		
Nabit Sülfür		
Malakit		
Hematit		
Götit		

* Kil Mineralleri: Pirofillit, Kaolinit, İllit, Montmorillonit, Klorit

Şekil 10. İnlice epitermal altın yatağına ait mineral topluluklarının parajenetik sekans dizilimi.

Figure 10. Paragenetic sequence for the mineral assemblages in the Inlice epithermal gold deposit.

İnce epitermal altın yatağındaki sülfid cevherleşmeleri pirit ve daha az oranda enarjit, kalkopirit, kovellin, kalkosin, sfalerit ve markazit ile temsil edilir. Pirit, sülfidli cevher zonunun en baskın mineralidir ve kabaca iki gruba ayrılabilir. Birinci grup piritler (Py-I) alunit oluşumundan önce; i) şeker dokulu kuvars boşlukları arasında ve kovukları doldurur şekilde çok ince-ince taneli, yarı özşekilli-özşekilsiz, saçınımlı şekilde ve ii) damarcık şeklinde gelişen orta-iri taneli, yarı özşekilli-özşekilli olmak üzere iki farklı şekilde gözlenmektedir (Şekil 11a-c). İkinci grup piritler (Py-II) ise kovuklardaki alunit oluşumundan sonra; i) damarcık ve ii) kümelenmiş şeklinde gelişen orta-iri taneli, yarı özşekilli-özşekilli olmak üzere iki farklı şekilde gözlenmektedir (Şekil 11d ve 11e). Petrografik analizlere göre piritlere yer yer markazit de eşlik etmekte ve markazit kuvvetli mavimsi anizotropi göstermesi ile piritten ayrılmaktadır (Şekil 11f). Markazit çoğunlukla tek kristal halinde olup, pirit fazları ve diğer mineraller ile ilişkileri net olarak gözlenmemektedir. Parlak kesitlerde nadir olarak tespit edilen sfalerit, Py-I tarafından ornatılmış ve Py-II ve diğer mineraller ile ilişkisi ise kesitlerde gözlenmemiştir (Şekil 11g). Enarjit, piritten sonra gelişmiş en yaygın görülen sülfid minerali olup, görece olarak Py-II ve kalkopiritin geç evresinde oluşmuştur (Şekil 11h ve 11i). Kalkopirit ise Py-II'yi ornatmakta, enarjit tarafından ornatılmaktadır (Şekil 11i). Turuncu kahve renklerde tipik anizotropi sergileyen kovellin ve açık mavimsi renklerde olan kalkosin, kalkopirit ve enarjit üzerinde yaygın şekilde izlenmektedir (Şekil 11i ve 11i).

Oksit cevherleşmelerde en yaygın gözlenen mineraller hematit ve götit gibi demiroksit-hidroksitlerdir. Bunlara ek olarak nabit bakır kahvemsî-kızıl renklerde ince damarcıklar olarak, malakitler ise kırık-çatlak düzlemlerinde sıvamalar olarak izlenir (Şekil 11j, 11k ve 11l). Piritin oksidasyonu ile oluşan hematitler grimsî beyaz renkli, kuvvetli anizotropi ve kırmızı iç yansıma ile karakteristiktir.

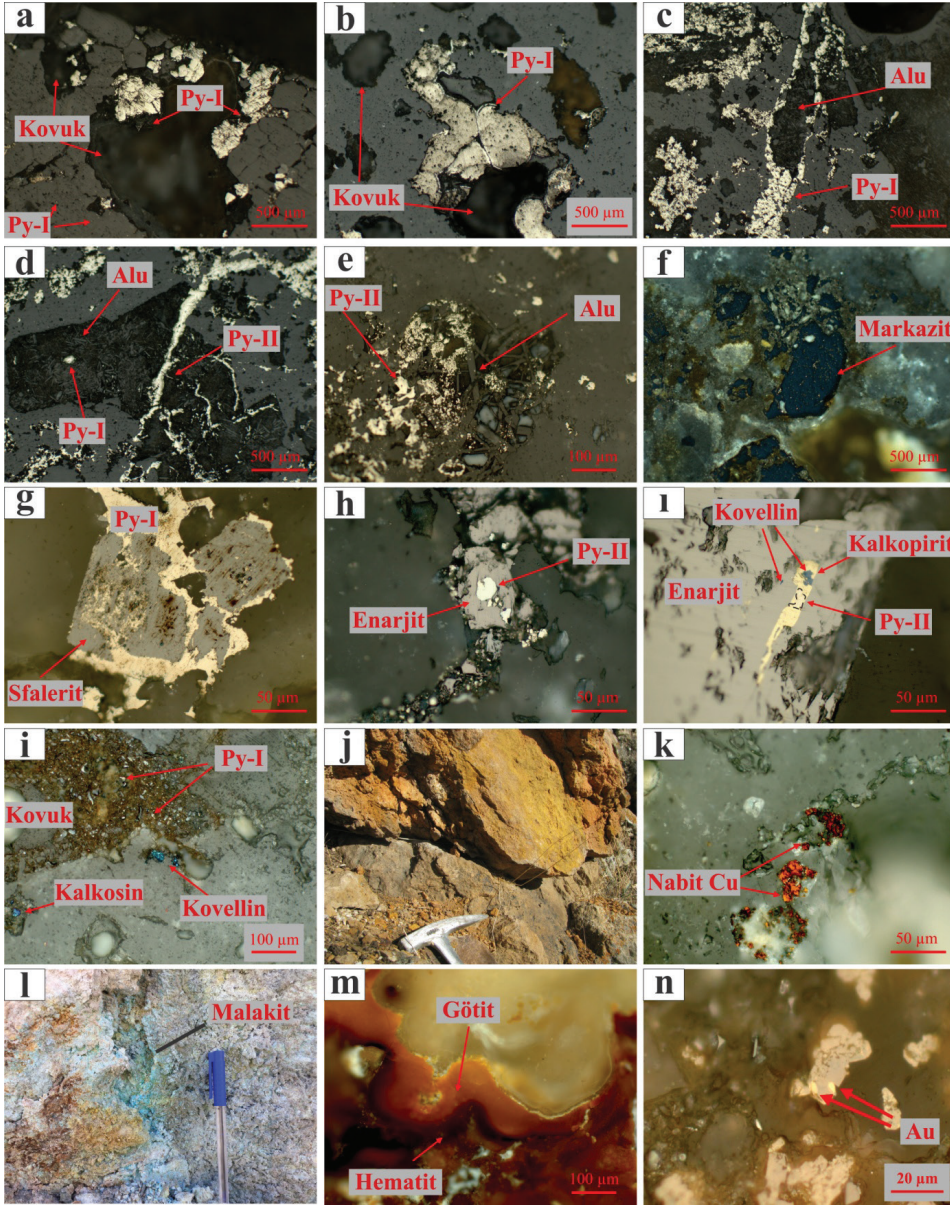
Götit mineralleri ise grimsî beyaz renklerde, sarımsî kahve iç yansıma özelliğine sahip, yer yer kolloform şekildedirler (Şekil 11m). Altın taneleri

sülfidli zonda gözlenememiş ancak oksitli zonda demiroksit-hidroksit mineralleri içinde saçınımlı olarak 2 ile 6 µm arası boyutlarda gözlenmektedir (Şekil 11n). Ancak enarjitler içerisindeki 600 ppm'e kadar olan Au içerikleri (Terzi, 2020; Terzi vd., 2022) altının enarjitler içerisinde submikroskopik olarak bulunduğunu göstermektedir.

ALTERASYON JEOKİMYASI

Ana Oksit Elementler

İnce epitermal altın yatağında alterasyon zonlarının jeokimyasal özelliklerini ortaya koymak amacıyla potasik alterasyon hariç tüm alterasyon zonları ele alınmıştır. Potasik alterasyon zonunun sondaj karotları ile sınırlı kalması ve karotlardan yeterli örnek alınmasına izin verilmediği ve bunların diğer alterasyon topluluklarıyla olan ilişkileri tam olarak belirlenemediği için alterasyon jeokimyası çalışmalarına dâhil edilmemiştir. Bu kapsamda, piropilitik alterasyondan 22 adet (3'ü karot), ortaç arjilik alterasyondan 43 adet (7'si karot), ileri arjilik alterasyondan 38 adet (14'ü karot), kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarlarından 20 adet (3'ü karot) ve kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarından 27 adet (3'ü karot) olmak üzere toplam 150 adet örneğin ana oksit element analizi yapılmıştır (Çizelge 2). Bahse konu alterasyon zonlarına ait örneklerin ana oksit element içerikleri, cevherleşme ile ilişkili taze andezitik kayaların ana oksit element içeriklerinin ortalama değerlerine göre nasıl değiştiğini (zenginleşme ve fakirleşme süreçleri) görmek amacıyla normalize edilmiştir (Şekil 12). Bununla birlikte yüzey kayaç ve karot örneklerinin grafiklerde gösterimi ayrı ayrı yapılmış olup, yüzeyden toplanan örnekler ile sondaj karotlarından alınan örnekler arasında derinliğe bağlı farklılığın olup-olmadığı incelenmiştir. İleri arjilik ve kovuklu-şeker dokulu kuvars alterasyonlarındaki Fe₂O₃ (toplam demir) içerikleri dışında derinlik ile ana oksit elementler açısından değişen önemli bir kimyasal değişim olmadığı, yüzey kayaç ve karot örneklerinin büyük ölçüde benzer kimyasal bileşimlerde oldukları görülmüştür (Çizelge 2; Şekil 12).



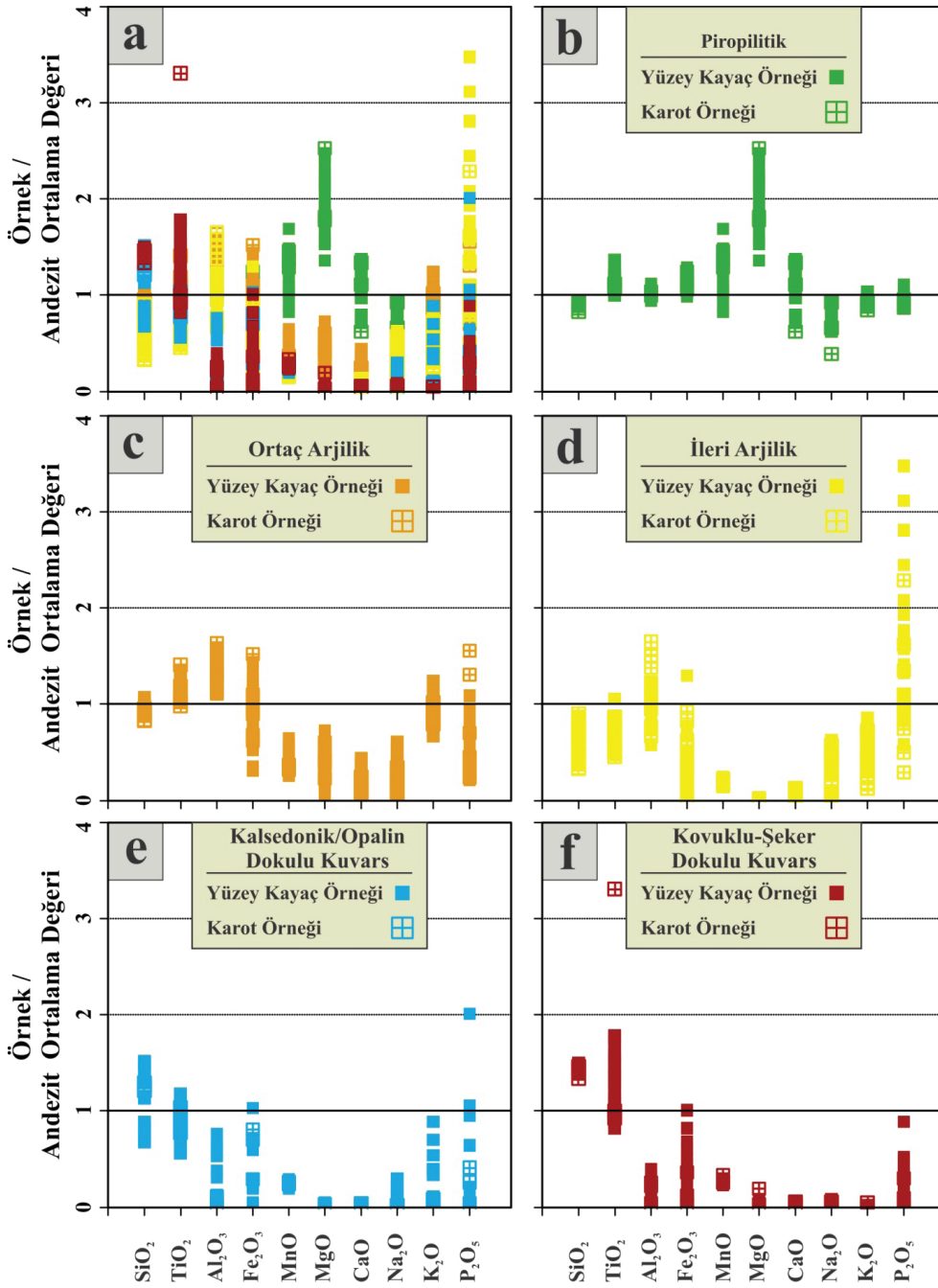
Şekil 11. a-b) Kovuklarda Py-I oluşumları, c) Kovuklarda Py-I'den sonra yerleşen alunit, d) Kovuklardaki alunit dolgu fazını keserek yerleşen Py-II damarcığı, e) Aluniti üzerleyen Py-II fazı, f) Tek bir kristal olarak gözlenen markazit, g) Py-I'in ornattığı sfalerit, h) Py-II'yi ornatan enarjit, i) Py-II ve kalkopiriti ornatan enarjit ve dönüşüm ürünü kovellinler, j) Py-I, kalkosin ve kovellin birlikteliği, k) Nabit bakır oluşumları, l) Ana Batı Zon'da gözlenen malakit sıvamaları, m) Hematit ve götit oluşumları, n) Oksidize zon içerisinde saçınımlı gözlenen altın taneleri (Mineral kısaltmaları: Alu: Alunit; Py: Pirit).

Figure 11. a-b) Py-I formations in vugs, c) Alunites after Py-I in vugs, d) Py-II veinlets cutting the alunite in the vugs, e) Alunites replaced by Py-II phase, f) Photomicrograph of marcasite, g) Sphalerite replaced by Py-I, h) Enargite replacing Py-II, i) Enargite replacing Py-II and chalcopyrite, and supergene covellite, j) The association of Py-I, chalcocite and covellite, k) The formation of native copper, l) Coatings of malachite in Ana West Zone, m) Photomicrograph of goethite and hematite, n) Disseminated gold grains in the oxidised zone (Mineral abbreviations: Alu: Alunite; Py: Pyrite).

Çizelge 2. Alterasyon zonları ve taze andezitik kayalara ait ana oksit element istatistiksel değerleri (Cevherleşme ile ilişkili taze andezitik kayalara ait istatistiksel jeokimyasal değerler, Terzi (2020)'den alınmıştır).

Table 2. Major oxide statistical values for alteration zones and fresh/least altered andesite (Statistical geochemical values of fresh/least altered andesite associated with mineralisation were taken from Terzi (2020)).

Alterasyon	Örnek	Değerler	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Andezit (Taze)	Kayaç (n=62)	Maksimum	65,84	0,82	16,29	5,41	0,12	3,53	5,22	3,42	3,80	0,31
		Minimum	60,54	0,52	14,33	4,26	0,05	1,42	3,21	2,71	2,90	0,19
		Ortalama	63,54	0,65	15,34	4,85	0,085	2,29	3,74	3,04	3,46	0,241
		Ortanca	63,82	0,63	15,34	4,82	0,083	2,20	3,68	3,06	3,47	0,239
		St. Sapma	1,23	0,05	0,40	0,27	0,02	0,47	0,32	0,16	0,15	0,02
Piripilitik Alterasyon	Kayaç (n=19)	Maksimum	59,63	0,88	17,24	6,25	0,14	5,62	5,18	2,81	3,61	0,27
		Minimum	55,76	0,64	14,43	4,81	0,07	3,12	2,65	1,89	3,01	0,21
		Ortalama	57,71	0,74	15,66	5,53	0,101	4,563	4,02	2,35	3,340	0,24
		Ortanca	57,73	0,76	15,65	5,54	0,100	4,562	4,01	2,32	3,344	0,23
		St. Sapma	1,22	0,07	0,76	0,39	0,02	0,72	0,76	0,22	0,14	0,02
	Karo t (n=3)	Maksimum	59,29	0,73	16,00	6,03	0,124	5,80	5,01	2,84	3,19	0,231
		Minimum	52,66	0,70	15,33	5,16	0,109	4,07	2,33	1,19	2,93	0,209
		Ortalama	55,61	0,72	15,70	5,55	0,116	4,67	3,83	2,01	3,07	0,218
		Ortanca	54,88	0,73	15,76	5,45	0,116	4,14	4,14	2,00	3,08	0,214
		St. Sapma	3,37	0,01	0,34	0,44	0,007	0,98	1,37	0,82	0,13	0,011
Ortaç Arjilik Alterasyon	Kayaç (n=36)	Maksimum	67,97	0,88	24,46	7,00	0,05	1,67	1,65	1,86	4,28	0,26
		Minimum	56,33	0,66	17,14	1,50	0,02	0,12	0,21	0,29	2,31	0,05
		Ortalama	60,85	0,764	20,28	4,22	0,032	0,71	0,70	0,85	3,11	0,12
		Ortanca	61,35	0,758	19,83	3,97	0,028	0,61	0,59	0,77	3,10	0,10
		St. Sapma	2,44	0,06	2,00	1,35	0,01	0,39	0,37	0,41	0,36	0,06
	Karo t (n=7)	Maksimum	61,26	0,91	25,10	7,38	0,032	1,37	0,90	1,05	3,53	0,38
		Minimum	52,50	0,64	17,05	3,01	0,027	0,52	0,22	0,24	2,72	0,06
		Ortalama	56,10	0,71	20,93	4,74	0,029	0,90	0,54	0,61	3,09	0,17
		Ortanca	55,98	0,67	20,36	4,56	0,029	0,95	0,51	0,62	3,07	0,11
		St. Sapma	3,44	0,10	2,80	1,46	0,002	0,30	0,27	0,29	0,33	0,12
İleri Arjilik Alterasyon	Kayaç (n=24)	Maksimum	55,67	0,68	18,78	6,31	0,020	0,05	0,51	1,90	2,99	0,84
		Minimum	22,86	0,30	8,90	0,22	0,013	0,001	0,09	0,25	1,01	0,14
		Ortalama	37,39	0,43	14,43	2,32	0,016	0,02	0,26	1,25	1,83	0,38
		Ortanca	36,67	0,42	14,62	2,18	0,016	0,02	0,24	1,29	1,78	0,33
		St. Sapma	9,17	0,08	2,01	1,55	0,002	0,01	0,11	0,34	0,50	0,18
	Karo t (n=14)	Maksimum	57,35	0,56	25,37	4,48	0,020	0,04	0,50	1,73	2,54	0,55
		Minimum	21,23	0,29	10,27	0,10	0,013	0,001	0,08	0,15	0,40	0,07
		Ortalama	37,95	0,44	18,26	2,06	0,016	0,012	0,20	0,76	1,45	0,25
		Ortanca	39,48	0,43	17,15	1,98	0,017	0,007	0,16	0,54	1,49	0,23
		St. Sapma	10,92	0,09	4,60	1,34	0,002	0,013	0,12	0,54	0,65	0,12
Kalsedonik/ Opalin Dökulu Kuvars	Kayaç (n=17)	Maksimum	96,31	0,76	11,69	4,98	0,025	0,12	0,19	0,91	3,09	0,48
		Minimum	43,35	0,36	0,30	0,05	0,016	0,03	0,09	0,01	0,00	0,01
		Ortalama	77,03	0,55	3,82	1,46	0,020	0,06	0,12	0,29	1,10	0,12
		Ortanca	84,81	0,53	1,20	1,21	0,021	0,07	0,12	0,21	1,27	0,04
		St. Sapma	19,97	0,12	4,13	1,25	0,002	0,02	0,03	0,29	1,03	0,13
	Karo t (n=3)	Maksimum	82,90	0,67	1,62	3,92	0,022	0,07	0,14	0,06	0,26	0,10
		Minimum	76,75	0,49	0,36	1,38	0,020	0,059	0,10	0	0	0,01
		Ortalama	79,93	0,59	0,84	2,91	0,0211	0,0626	0,12	0,030	0,09	0,057
		Ortanca	80,14	0,59	0,55	3,41	0,0213	0,0631	0,11	0,026	0	0,063
		St. Sapma	3,08	0,09	0,68	1,34	0,001	0,004	0,02	0,032	0,15	0,04
Kovuk-Şeker Dökulu Kuvars	Kayaç (n=24)	Maksimum	95,41	1,16	6,13	4,91	0,03	0,18	0,21	0,23	0,06	0,21
		Minimum	87,84	0,53	0,32	0,08	0,019	0,06	0,09	0	0	0,01
		Ortalama	91,32	0,83	2,55	1,41	0,023	0,10	0,12	0,05	0,025	0,063
		Ortanca	90,91	0,82	2,03	0,96	0,024	0,09	0,11	0,04	0,019	0,055
		St. Sapma	2,26	0,18	1,69	1,35	0,001	0,03	0,03	0,06	0,03	0,05
	Karo t (n=3)	Maksimum	93,30	2,14	3,86	1,75	0,028	0,42	0,23	0,19	0,18	0,07
		Minimum	85,18	0,60	0,63	0,15	0,022	0,05	0,09	0,19	0,01	0,01
		Ortalama	89,94	1,13	2,63	0,82	0,024	0,18	0,14	0,19	0,09	0,04
		Ortanca	91,32	0,65	3,41	0,56	0,022	0,07	0,10	0,19	0,09	0,02
		St. Sapma	4,23	0,88	1,75	0,83	0,004	0,21	0,08	-	0,12	0,03



Şekil 12. Alterasyon topluluklarının cevherleşmenin yan kayacı olan taze andezitik kayaların ortalama ana oksit bileşimlerine göre normalize edilmiş diyagramları: a) tüm örnekler, b) piropilitik, c) ortaç arjilik, d) ileri arjilik, e) kalsedonik/opalin dokulu kuvars, f) kovuklu-şeker dokulu kuvars.

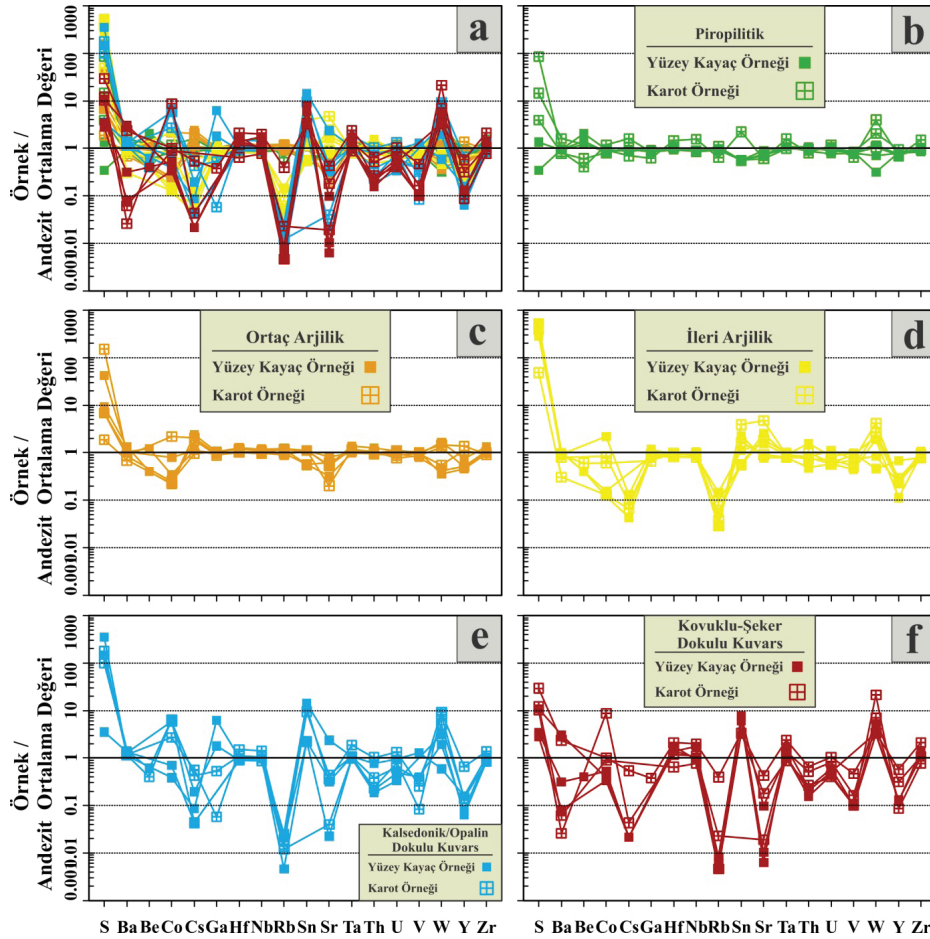
Figure 12. Diagrams for the altered samples normalised to the average major oxide element content of fresh/least altered andesite: a) all the samples, b) samples of propylitic alteration, c) samples of intermediate argillic alteration, d) samples of advanced argillic alteration, e) samples of chalcedonic/opaline textured quartz alteration, f) samples of vuggy-sugary textured quartz alteration.

şekilde fakirleşme göstermektedir (Şekil 12). Bu durum ileri arjilik alterasyonda gözlenen APS mineral oluşumları ile alakalıdır (Terzi, 2020).

İz ve Nadir Toprak Elementler

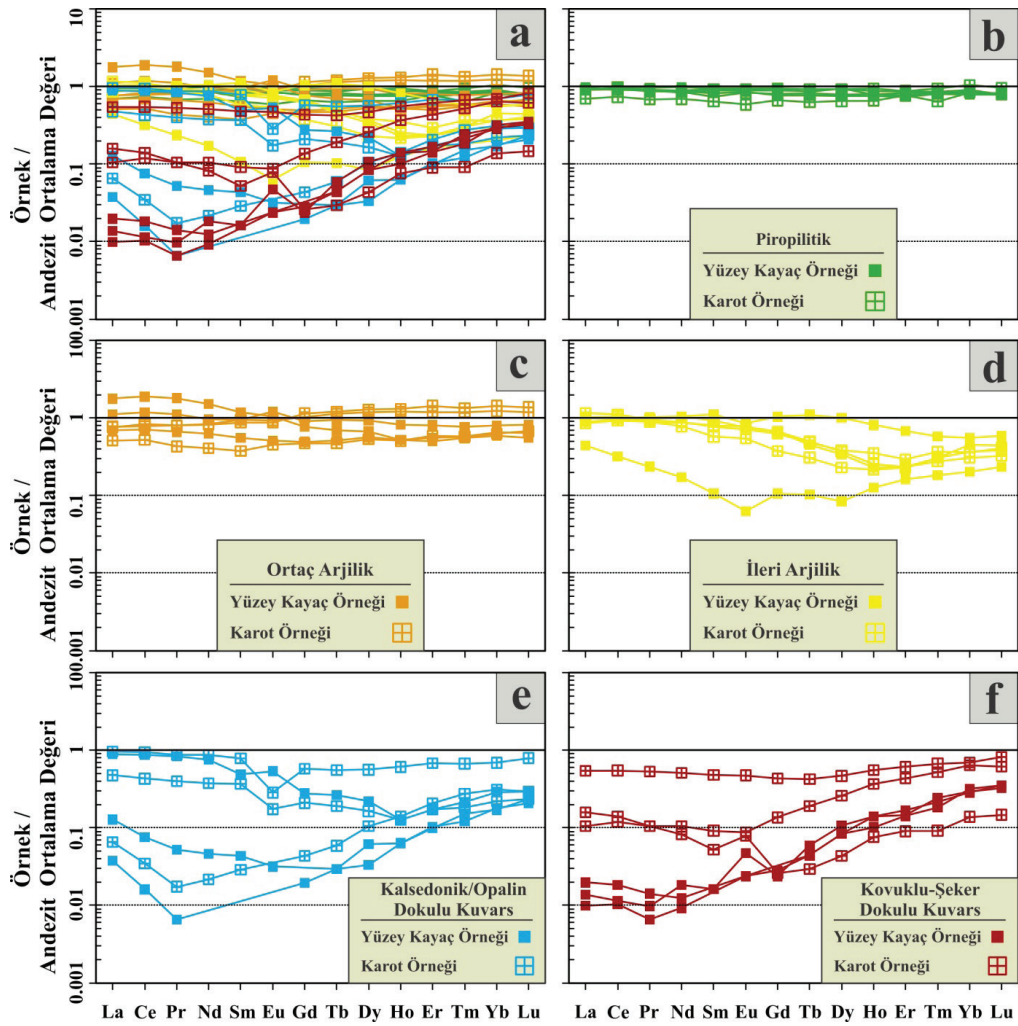
İz ve nadir toprak element analizleri kapsamında, piropilitik alterasyondan 6 adet (3'ü karot), ortaç arjilik alterasyondan 6 adet (3'ü karot), ileri arjilik alterasyondan 6 adet (3'ü karot), kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarlarından 6 adet (3'ü karot) ve kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarından 6 adet

(3'ü karot) olmak üzere toplam 30 adet örneğin iz ve nadir toprak element değerleri belirlenmiştir (Çizelge 3). Bahse konu alterasyon zonlarına ait örneklerin iz ve nadir toprak element içerikleri, cevherleşme ile ilişkili taze andezitik kayaların iz ve nadir toprak element içeriklerinin ortalama değerlerine göre normalize edilmiştir (Şekil 13, 14 ve 15). Bununla birlikte kükürt içerikleri dışında yüzey kayaç ve karot örneklerinin iz ve nadir toprak element içerikleri açısından büyük ölçüde benzer kimyasal bileşimlerde oldukları görülmüştür (Çizelge 3; Şekil 13 ve 14).



Şekil 13. Alterasyon topluluklarının cevherleşmenin yan kayacı olan taze andezitik kayaların ortalama iz element bileşimlerine göre normalize edilmiş diyagramları: **a)** tüm örnekler, **b)** piropilitik, **c)** ortaç arjilik, **d)** ileri arjilik, **e)** kalsedonik/opalin dokulu kuvars, **f)** kovuklu-şeker dokulu kuvars.

Figure 13. Diagrams for the altered samples normalised to the average trace element content of fresh/least altered andesite: **a)** all the samples, **b)** samples of propylitic alteration, **c)** samples of intermediate argillic alteration, **d)** samples of advanced argillic alteration, **e)** samples of chalcedonic/opaline textured quartz alteration, **f)** samples of vuggy-sugary textured quartz alteration.



Şekil 14. Alterasyon topluluklarının cevherleşmenin yan kayacı olan taze andezitik kayaların ortalama nadir toprak element bileşimlerine göre normalize edilmiş diyagramları: **a)** tüm örnekler, **b)** piropilitik, **c)** ortaç arjilik, **d)** ileri arjilik, **e)** kalsedonik/opalin dokulu kuvars, **f)** kovuklu-şeker dokulu kuvars.

Figure 14. Diagrams for the alteration assemblages normalised to the average rare earth element content of fresh/least altered andesite: **a)** all the samples, **b)** samples of propylitic alteration, **c)** samples of intermediate argillic alteration, **d)** samples of advanced argillic alteration, **e)** samples of chalcedonic/opaline textured quartz alteration, **f)** samples of vuggy-sugary textured quartz alteration.

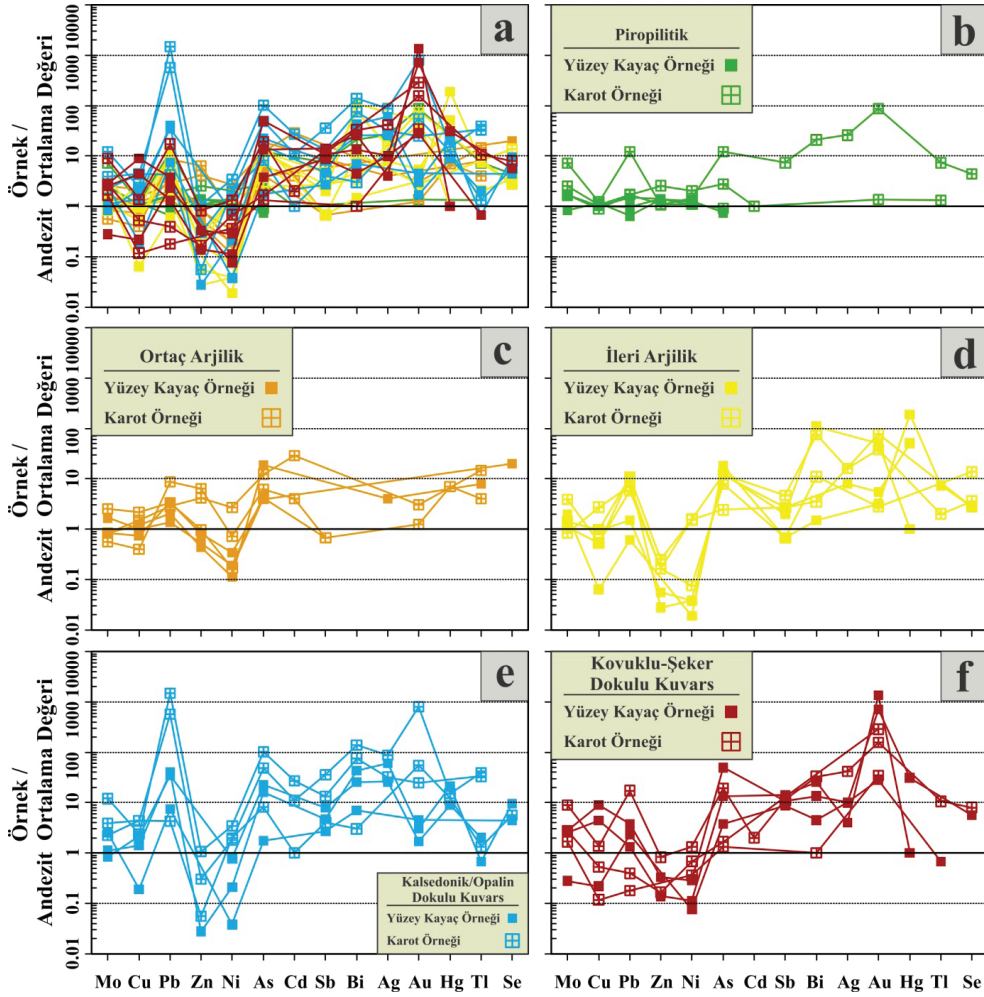
Taze andezitlere göre normalize edilmiş değişim diyagramlarında iz ve nadir toprak element açısından taze andezitik kayalara en yakın kimyasal bileşimi ana oksit diyagramlarında olduğu gibi piropilitik alterasyona ait örnekler vermektedir (Şekil 13b ve 14b). Piropilitik alterasyon zonu, büyük ölçüde taze andezitik kayalar ile uyumlu iz ve nadir toprak element

dağılımı sergilemektedir. Piropilitik alterasyondan sonra andezitik kayalara iz ve nadir toprak element bileşimleri açısından benzerlik sergileyen ortaç arjilik alterasyon, piropilitik alterasyona göre genel olarak iz ve nadir toprak elementleri açısından daha çok tüketilmiş olup, özellikle Sr ve Y açısından fakirleşmiştir (Şekil 13c ve 14c). İleri arjilik alterasyon, andezitik kayalara göre birçok

element açısından fakirleşmiş olup (özellikle Rb, Y, orta ve ağır nadir toprak elementleri), daha yüksek Sr değerleri ile karakteristiktir (Şekil 13d ve 14d). Bu zonda hafif nadir toprak elementleri ise andezitik kayalarla nispeten daha uyumlu desenler sergilemektedir (Şekil 14d).

Kalsedonik/opalin ve kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarını içeren silisleşmelerdeki S,

Sn ve W hariç neredeyse tüm iz ve nadir toprak elementlerin taze andezitik kayalara göre fakirleştiği görülmektedir (Şekil 13e-f ve 14e-f). Baryum (Ba) özellikle kovuklu-şeker dokulu kuvarslarda hem zenginleşme hem fakirleşme göstermektedir (Şekil 13f). Bu zondaki Ba zenginleşmeleri, aksesuar mineral olarak gözlenen baritlerin bazı örneklerde kovuklu kuvarsların boşluklarını doldurmasıyla ilgilidir.



Şekil 15. Alterasyon topluluklarının cevherleşmenin yan kayacı olan taze andezitik kayaların ortalama metalik element bileşimlerine göre normalize edilmiş diyagramları: **a)** tüm örnekler, **b)** piropilitik, **c)** ortaç arjilik, **d)** ileri arjilik, **e)** kalsedonik/opalin dokulu kuvars, **f)** kovuklu-şeker dokulu kuvars.

Figure 15. Diagrams for the alteration assemblages normalised to the average metallic element content of fresh/least altered andesite: **a)** all the samples, **b)** samples of propylitic alteration, **c)** samples of intermediate argillic alteration, **d)** samples of advanced argillic alteration, **e)** samples of chalcedonic/opaline textured quartz alteration, **f)** samples of vuggy-sugary textured quartz alteration.

Şekil 13 ve 14’te diyagramlarda göze çarpan diğer bir husus ise taze andezitlerden silisleşmelere doğru hidrotermal alterasyon şiddetinin artmasına bağlı olarak iz ve nadir toprak element tüketilme derecelerinin artmasıdır. Metalik elementler için hazırlanmış ve taze andezitlere göre normalize edilmiş değişim diyagramlarında ileri arjilik alterasyon ve silisleşmelere doğru metalik elementlerin çoğu zenginleşme göstermekte, Zn ve Ni’deki fakirleşme oranları ise daha da belirginleşmektedir (Şekil 15). İleri arjilik, kalsedonik/opalin ve kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarını içeren silisleşmelerde özellikle As, Sb, Bi, Ag ve Au gibi elementlerde zenginleşme göze çarparken, kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarlarında ayrıca kurşun da önemli derecede zenginleşme göstermektedir (Çizelge 3; Şekil 15d, 15e ve 15f).

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışmada, Hall vd. (2007) tarafından genel olarak tanımlanan alterasyon zonları mikroskobik ve mineralojik (XRD, Terraspec ve SEM) analizler ışığında, taze andezitik kayalardan itibaren piropilitik, ortaç arjilik ve ileri arjilik alterasyonlar ile silisleşmeler (kovuklu-şeker dokulu ve kalsedonik/opalin dokulu kuvars damarları) olarak detaylandırılmıştır. Bu alterasyonlara ek olarak sadece Merkez Zonun derin kesimlerinde ve sondaj karotlarında tespit edilmiş potasik alterasyonda tanımlanmıştır. Manyetit, kuvars, biyotit ve anhidritden oluşan bu mineral birlikteliği, tipik olarak porfiri Cu yataklarının potasik alterasyon zonunda gözlenenlere (Sillitoe, 1979 ve 2010; Gaibor vd., 2013; Hedenquist vd., 2017) benzemektedir. Bu zonun varlığı, İnlice’de yüksek sülfidasyon epitermal sistemin zamansal ve mekansal olarak daha derinde bulunan porfiri alterasyon ve cevherleşmeleri ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (Arribas, 1995; Hedenquist vd., 1998 ve 2018; Sillitoe ve Hedenquist, 2003; Sillitoe, 1999 ve 2010). Nitekim İnlice’nin 14 km kuzeybatısında yer alan Doğanbey porfiri $Au \pm Cu \pm Mo$ cevherleşmelerinde

tanımlanmış olan kuvars-sülfid damarcıklarının varlığı ve Karacaören, Kozlu, Gölcük, Oğlakçı gibi porfiri bakır tip yatak potansiyeli olduğu vurgulanan cevherleşmelerden de bahsedilmesi (Stratex International PLC, 2006, 2008a, 2008b ve 2009; Hall vd., 2007), bölgede porfiri tip cevherleşmelerin aranması gerektiğini ve bölgenin bu yönüyle ele alınması gerektiğini göstermektedir. Öte yandan, potasik alterasyona kalın bir deformasyon ve breşik zonlarından sonra geçildiği için potasik alterasyonun ilksel konumunda olmaması gerektiği; bu alterasyonun doğrudan İnlice epitermal altın yatağını barındıran kuvars damarları altında yer alamayacağı düşünülmektedir.

Yatakta görülen sülfid mineral parajenezleri yaygın olarak pirit (I ve II), daha az oranda enarjit, kalkopirit, kalkosin, kovellin, sfalerit ve markazit ile temsil edilmektedir. Py-I oluşumunun kovuklu-şeker doku gösteren kuvars kristallerinin aralarında olması ve kovuk kenarlarında gözlenmesi nedeniyle kovuklu-şeker dokulu kuvars (Ku-I) oluşumları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu oluşumları, kovukları dolduran ve/veya kesen ince taneli ikinci faz kuvars (Ku-II) ve alunit oluşumları takip etmektedir (Şekil 11a-c). İkinci faz kuvars ve alunit oluşumlarını keserek ve üzerleyerek yerleşen Py-II’lerde her ne kadar altın içeriğinin belirlenemediği belirtilse de, Py-II ve kalkopiritin geç evresinde oluşan enarjitlerin mineral kimyası analizlerinde 600 ppm’e kadar altın değerlerinin elde edilmesi (Terzi, 2020; Terzi vd., 2022), zamansal ve mekansal olarak birbirleri ile ilişkili olan birincil sülfid minerallerinin (Py-II, kalkopirit, enarjit) altın cevherleşmesinin oluşumu ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle bahse konu sülfid mineralleri ile zamansal ve mekansal olarak birlikte gözlenen ve kovuklu-şeker dokulu kuvarsların kovuklarını dolduran ve/veya kesen ikinci faz silisleşmeler (Ku-II) ve alunit oluşumlarının, İnlice’deki altın cevherleşmeleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca petrografik olarak demiroksit-hidroksit minerallerince zengin oksitli zonlardaki görünür altın taneleri (Şekil 11n), mineral kimyası analizlerinden elde

edilen altın değerleri ve parajenetik ilişkiler doğrultusunda altın cevherleşmesinin, birincil sülfid mineral oluşumlarının bir parçası olduğunu ve sülfid minerallerinin oksidasyon süreçlerinin bir sonucu olarak kararsız duruma gelmesi ile süperjen süreçlerle daha da zenginleştiğini söylemek mümkün gözükmemektedir.

İnce epitermal altın cevherleşmesini barındıran kovuklu-şeker dokulu kuvars damarları, yüksek sülfidasyon epitermal altın yatak oluşumunda sistemin besleyici (feeder) zonunu temsil eden kovuklu ve kalıntı kuvars içerikli silisleşmelerdir. Bunlar, derinlik azaldıkça veya dışa ve yukarı doğru ileri arjilik, ortaç arjilik ve piropilitik alterasyonlara doğru geçiş yaptığı için İnce epitermal altın yatağı literatürde yer alan yüksek sülfidasyon epitermal altın yataklarıyla (Hedenquist ve Arribas, 2017) benzer alterasyon topluluk ve desenine sahiptir. Bununla birlikte yüksek sülfidasyon epitermal altın yataklarında olduğu gibi İnce'de kuvars en yaygın gang minerali olup, değişen oranlarda alunite, dikit ve/veya kaolinit, pirofillit, barit ve alumina-fosfat-sülfat (APS) mineralleri içermektedir (Simmons vd., 2005). Yüksek sülfidasyon epitermal altın yatakları, ileri arjilik alterasyon halesi kılıfı ile sarılmış silisleşmiş kayaçlar (kuvars damarları) içinde daha çok pirit, enarjit, luzonit, famantinit ve kovellin gibi yüksek sülfidasyon/oksidasyon koşullarını temsil eden sülfid minerallerini (Sillitoe ve Hedenquist 2003) daha az oranlarda kalkopirit, sfalerit, tellüridler ve lokal olarak kalkosin ve bornit gibi sülfidleri barındıran cevherleşmelerdir (Simmons vd., 2005). İnce epitermal altın yatağı luzonit, famantinit, tellüridler ve bornit mineralleri dışında yukarıdaki cevher mineralojisine büyük ölçüde sahiptir. Bununla birlikte, yüksek sülfidasyon epitermal altın yataklarının büyük çoğunluğunda olduğu gibi (Simmons vd., 2005) İnce'de cevher dokusunu baskın olarak kovuklu ve/veya masif kuvars kütleler oluşturmuştur. İnce epitermal altın yatağındaki cevherleşmeler EAVK'ya ait andezitik volkanik domu içine dike yakın eğimlerde yerleşen yapısal kontrollü ve KB-GD doğrultulu silisleşmiş zonlardaki kovuklu-

şeker dokulu kuvars kütleleri ile ilişkilidir (Hall vd., 2007). Cevherleşme her ne kadar EAVK'ya ait volkanizma ve andezitik domlarla ilişkili olsa da aynı zamanda EAVK'nın kuzeyinde yer alan KB gidişli Akşehir fay zonuna uyumlu belirgin yapısal hatları da tercih ettiği vurgulanmaktadır (Rabayrol vd., 2019b; Terzi, 2020). Bunların yanında çoğu yüksek sülfidasyon epitermal altın sistemlerinde olduğu gibi (Arribas, 1995; Hedenquist vd., 2000; Simmons vd., 2005), İnce cevherleşmeleri de kalk-alkalen karakterli andezitik bileşimlerde ve yay magmatizması ile benzer bir tektonik ortamda oluşmuştur (Hall vd., 2007; Terzi, 2020; Terzi vd., 2022). Yukarıda belirtildiği gibi, İnce cevherleşmelerinin volkanik yan kayaç özellikleri, alterasyon deseni ve mineral birliktelikleri, cevher mineral birliktelikleri ve doku/yapı karakteristikleri, bu cevherleşmelerin literatürde tanımlanan yüksek sülfidasyon epitermal altın cevherleşmeleri ile eş ve benzer özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

Yüksek sülfidasyon epitermal altın yataklarında damar merkezindeki alterasyonda yan kayaçtaki silika (SiO_2) hariç kayacın hemen hemen tüm birincil minerallerinde yer alan elementler yıkanmakta ve ortamdaki uzaklaştırılmaktadır (Steven ve Ratte, 1960; Stoffregen, 1987). Bu da kayacın giderek SiO_2 bakımından doygunluğa erişmesine ve yeni kuvars oluşumuna neden olmaktadır. İnce'de kovuklu-şeker dokulu kuvars damarları olarak tanımlanan silisleşmelerdeki örneklerin SiO_2 içeriklerinin %95,41-85,18 (Ort. %91,16) ve Al_2O_3 içeriklerinin %6,13-0,32 (Ort. 2,56) arasında olması, cevherleşme ile ilişkili taze andezitik kayacın (%65,84-60,54 Ort. %63,54 SiO_2 ; %16,29-14,33, Ort. 15,34 Al_2O_3) uğradığı alterasyonun şiddetini ve yukarıdaki süreçlerin çalıştığı göstermesi açısından önemlidir (Çizelge 2). Taze andezitik kayaçların Al_2O_3 , MnO, MgO, CaO, Na_2O , K_2O , P_2O_5 gibi ana oksit bileşenleri ile Co, Cs, Rb, Sr, Th, V ve Y gibi iz ve nadir toprak element içerikleri, alterasyon şiddetinin en yüksek olduğu damar merkezindeki alterasyon topluluğu olan kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarında önemli miktarlarda

tüketilmiştir (Çizelge 2 ve 3; Şekil 12f, 13f ve 14f). Buna karşın bu zonda taze andezitik kayalara göre SiO_2 ve TiO_2 bileşenlerinde oransal olarak bir zenginleşme gözlenmektedir (Çizelge 2; Şekil 12f). Bu durum, yüksek sülfidasyon epitermal altın sistemlerini oluşturan süreçler sırasında Mn, Mg, K, P, Co, Rb, Sr ve Y elementlerinin yüksek oranda hareketli ve Ti, V ve La elementlerinin de düşük hareketliliği ile ilişkili olmalıdır (Petrov ve Popov, 2015). Kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarında TiO_2 içeriğinin diğer alterasyonlara göre hafif zenginleşme göstermesi, cevherleşmeye ev sahipliği yapan taze andezitik kayacın yıkanmasından sonra oluşan kovuklarda kalıntı olarak gözlenen rutil oluşumu ile ilişkili olabilir (Steven ve Ratte, 1960; Stoffregen, 1987) (Çizelge 2; Şekil 12f). Ek olarak tüm alterasyon zonlarında Hf, Nb ve Ta element içerik ve desenlerinin de taze andezitik kayalarınkilere benzer olması ve çok değişmemesi, bu elementlerin bolluklarının Zr ve Ti ile ilişkili mineraller ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Şekil 13). Taze andezitlere göre silisleşmiş zonlara doğru itriyum fakirleşmesi artmakta olup, bu durum taze andezitlerdeki hornblendin artan alterasyon şiddeti ile orantılı olarak bozunması ile ilişkili olabilir. Tüm alterasyon zonlarında andezitlere göre zenginleşmiş olarak gözlenen kükürt içerikleri ise ilksel/değişmemiş andezitik kayalarda neredeyse hiç bulunmayan bir bileşenin ilavesini temsil etmekte olup, özellikle ileri arjilik ve silisleşme alterasyonlarında yüksek zenginleşme oranlarına ulaşmaktadır (Çizelge 3; Şekil 13). Bu zonlardaki yüksek kükürt içerikleri, yaygın olarak bulunan alunit ve sülfid mineral parajenezlerinin varlığı ile alakalıdır.

Sr içerikleri, taze andezitik kayalara göre ortaç arjilik alterasyonda ve silisleşmiş zonlarda önemli derecede fakirleşme göstermektedir. Bununla birlikte ileri arjilik alterasyon zonu Sr zenginleşmesi ile karakterize olmaktadır (Şekil 13). İleri arjilik alterasyondaki zenginleşmiş Sr içerikleri APS minerallerinin bünyesindeki Sr ile açıklanabilir (Arribas vd., 1995). Nitekim APS mineralleri, Colorado'daki Summitville

(Stoffregen ve Alpers, 1987), İspanya'daki Rodalquilar (Arribas vd., 1995), Bulgaristan'daki Assarel, Petelovo, Pesovets, Klisoura, Spahievo (Hikov, 2004), Chelopech (Georgieva vd., 2012; Georgieva ve Hikov, 2016), Breznik (Hikov vd., 2017), Panama'daki Cerro Quema (Corral vd., 2016), Filipinler'deki Far Southeast (Hedenquist vd., 2017), Yunanistan'daki Konos Hill (Mavrogonatos vd., 2018) gibi birçok porfiri bakır ve yüksek sülfidasyon epitermal altın yataklarında ileri arjilik zonunun karakteristik minerallerindedir. SEM analizlerine göre de çalışma alanındaki alunitlerin içerisinde %4,4-5,99 P, %1,73-4,42 Ca, %0,06-0,59 Ba ve %1,65 Sr gibi yüksek element içerikleri tespit edilmiştir. Her ne kadar yapılan analizlerle bu çalışma kapsamında APS minerallerinin varlığı ortaya konamamış da olsa bu elementlerin alunitler içinde tespit edilmiş olması ileri arjilik alterasyonlar içinde APS minerallerinin de bulunması gerektiğini düşündürmektedir (Terzi, 2020). Yüksek Sr içeriğine bağlı olarak ortaya çıkan düşük Rb/Sr değerlerinin, yüksek sülfidasyon epitermal sistemlerdeki ileri arjilik ve silisleşmiş zonların tespiti için iyi bir kriter olduğu ve dolayısıyla yeni ve hedef arama bölgelerini belirlemek için önemli bir kılavuz olduğu belirtilmektedir (Arribas vd. 1995; Hikov, 2004; Georgieva vd., 2012; Georgieva ve Hikov, 2016; Hikov vd., 2017) (Çizelge 3). İnlice'de, Rb/Sr oranları piropilitik ve ortaç arjilik alterasyonlarda sırasıyla 0,22 ve 0,35 iken, ileri arjilik (0,005) ve silisleşmiş zonlarda (0,005-0,1) ise önemli derecede düşmektedir (Çizelge 3). Bu durum da Rb/Sr oranlarının en azından İnlice bölgesi için jeokimyasal bir kılavuz olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Çizelge 3).

İnlice'de taze andezitik kayalara doğru sırasıyla ileri arjilik, ortaç arjilik ve piropilitik alterasyon zonları ve merkezde kovuklu-şeker dokulu kuvarslardan oluşan silisleşmelerin gelişmesi ve her zonun farklı mineralojiler ve dolayısıyla farklı kimyasal izler ile karakterize ediliyor olması, hidrotermal sistemdeki akışkanların kanal yollarından uzaklaştıkça

fiziksel ve kimyasal (sıcaklık, pH gibi) koşullarının değişmesiyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Neticede İnlice’de alterasyon şiddetine bağlı olarak, alterasyon zonlarındaki jeokimyasal değişimin derecesi kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarından piropilitik alterasyona doğru azalmaktadır. Buna ek olarak taze andezitlere göre piropilitik alterasyondaki MgO ve S zenginleşmesi; ortaç arjilik alterasyonda S zenginleşmesine karşın Sr ve Y fakirleşmesi; ileri arjilik alterasyonda S ve Sr zenginleşmesi ile Rb, Y, orta ve ağır nadir toprak elementleri açısından fakirleşme; silisleşmiş zonlarda özellikle kovuklu-şeker dokulu kuvars damarlarında TiO₂, S, Sn ve W zenginleşmeleri ile Co, Cs, Rb, Sr, Th, V, Y ve nadir toprak elementleri açısından fakirleşmelerin olduğu belirlenmiştir. İnlice’de alterasyon zonlarında gözlenen bu kimyasal değişimler, EAVK içinde başka ve yeni potansiyel yüksek sülfidasyon epitermal altın cevherleşmelerinin aranması ve keşfi için önemli jeokimyasal kılavuzlar olarak kullanılabilir.

EXTENDED SUMMARY

Inlice high sulphidation epithermal gold deposit is found approximately 40 km southwest of Konya city centre (Figure 1). It is located within the Erenlerdağ-Alacadağ Volcanic Complex in the north of the Taurides belt (EAVC; Gençoğlu Korkmaz et al., 2017). The deposit is operated by ESAN Eczacıbaşı Industrial Raw Materials Industry and Trade Inc. using conventional open pit mining since 2017. Using a cut-off grade of 0.3 g/t Au, the total proven mineral reserves are 629,000 tonnes of in-situ oxide material averaging 2.36 g/t Au plus 466,000 tonnes of talus material averaging 0.79 g/t Au, for a total gold reserve of 59,600 oz Au. An underlying sulphide resource is estimated to contain 164,000 oz Au (URL-1). The scope of this study is to define the alteration and mineralisation pattern of İnlice deposit at a scale of 1/1000 and to reveal the mineralogical and geochemical characteristics by using XRD, Terraspec and SEM, and WD-XRF and ICP-MS

instruments, respectively. Within the scope of the study, an alteration map was prepared based on mineralogical and petrographical studies, and alteration zones were evaluated with respect to major oxide, trace and rare earth element content using enrichment and depletion characteristics.

The basement rocks, which are not observed in the study area, are Palaeozoic-Mesozoic metamorphic, ophiolitic and marine sedimentary rocks (Eren, 1993; Temel et al., 1998). These rocks are overlain by the Upper Miocene-Pliocene volcanic, volcano-sedimentary and sedimentary rocks, known as the EAVC, commonly outcropping between Akören, Seydişehir and Beyşehir west-southwest of Konya (Keller et al., 1977; Eren, 1993; Temel et al., 1998; Kadir and Karakaş, 2000) (Figure 1b). According to the published K-Ar, Ar-Ar and U-Pb age data from the volcanic and volcano-sedimentary rocks, the timing of volcanism in the region is Miocene-Pliocene (Besang et al., 1977; Keller et al., 1977; Platzman et al., 1998; Koç et al., 2012; Koç, 2013; Asan and Ertürk, 2013; Gençoğlu Korkmaz et al., 2017; Gündüz, 2017; Rabayrol, 2018; Rabayrol et al., 2019b; Kuşcu et al., 2019).

The volcanic and volcano-sedimentary rocks are andesite, block and ash flow, basaltic andesite lava flow and andesite lava flow, from the oldest to the youngest, based on their mineralogical-petrographic features and stratigraphic positions. The youngest units unconformably covering the volcanic and volcano-sedimentary rocks are talus and alluvium (Figure 3 and 4). Ore-bearing silicified zones controlled by NW-SE trending fault systems are hosted by andesite, which were interpreted to be a part of a volcanic dome by Hall et al. (2007). Radiometric ages of andesitic host rock are between 8.67±0.13-8.98±0.11 Ma (Rabayrol et al., 2019a; Kuşcu et al., 2019). There are seven mineralised zones named Ana East Zone, Ana West Zone, Batı Zone, Discovery Zone, Güllü Zone, Merkez Zone and Kuzey Zone (Figure 2). Four alteration zones from the silicified zones in the centre to the fresh/least altered andesite were

defined. These zones are characterised by four different mineralogical, textural and chemical responses of the andesitic host rock. In addition, a potassic alteration zone, identified as a magnetite, quartz, biotite and anhydrite mineral assemblage, is only encountered in the deep part of the Merkez Zone (Figure 9). This alteration is mineralogically and texturally different from the alteration zones observed at the surface and at shallow depths. It was not evaluated in this study as there is no obvious relationship with the shallow level alteration zones. This zone was named potassic alteration, which may indicate a relationship with the temporally and spatially deeper porphyry system(s) (Arribas, 1995; Hedenquist et al., 1998; 2018; Sillitoe and Hedenquist, 2003; Sillitoe, 1999, 2010; Terzi, 2020).

Mineralisation in the deposit is divided into two groups of sulphide and oxide. The oxide mineralisation that reaches depths of about 40-45 metres from the surface is represented by iron oxide-hydroxide mineral occurrences such as hematite and goethite and to a lesser extent supergene mineralisation such as malachite and native copper (Fig. 10). The sulphide mineralisation below the oxide mineralisation can be at a depth of approximately 200-250 metres or more. The sulphide mineralisation is commonly represented by pyrite, and to a lesser extent by enargite, chalcopyrite, covellite, chalcocite, sphalerite and marcasite. Gold grains between 2 and 6 μm are petrographically observed in the oxide-rich zone (Figure 11n). However, the presence of gold content up to 600 ppm in enargite identified with mineral chemistry studies suggests that gold is found submicroscopically in sulphide-rich zones (Terzi, 2020; Terzi et al., 2022).

In order to reveal the geochemical characteristics of the alteration zones, all alteration zones, except potassic alteration, were evaluated (Table 2 and 3). The major oxide, trace and rare earth element contents of the samples taken from alteration zones were normalised to the average values of the fresh/least altered

andesite, in order to determine geochemical changes in alteration zones. These studies showed that hydrothermal alteration processes resulted in significant depletion of i) Na_2O in all alteration zones, ii) MnO , MgO and CaO in all alterations except propylitic alteration, and iii) K_2O in advanced argillic alteration and silicified zones (Figure 12). The high MgO content in propylitic alteration is due to minerals such as chlorite, montmorillonite and dolomite in this zone (Table 1, Figure 12). The CaO and K_2O contents, which do not change or slightly change in propylitic alteration, may characterise the preserved feldspars in this zone (Steven and Ratte, 1960) or the secondary carbonate (dolomite?) formation in the paragenesis of this alteration (Table 1, Figure 12). The destruction of feldspar crystals is quite common in the intermediate argillic alteration, whereas they were completely destroyed in the advanced argillic alteration and silicified zones. Increasing destruction of feldspars towards silicified zones also supports the depletion of CaO , Na_2O and K_2O contents reflecting the decrease in pH and increase in temperature of the hydrothermal fluid. In addition, the fact that the K_2O contents in intermediate argillic alteration are relatively preserved compared to advanced argillic alteration and silicification could be related to potassium retained by illite or kaolinite in this zone (Tables 1 and 2; Figure 12). P_2O_5 contents are enriched in advanced argillic alteration but depleted in silicification zones especially (Figure 12). This implies the existence of APS mineral formations associated with advanced argillic alteration (Terzi, 2020). One point seen in vuggy-sugary textured quartz veins is the depletion of most elements, apart from SiO_2 and TiO_2 (Tables 2 and 3; Figures 12f, 13f and 14f). This is related to the high mobility of Mn, Mg, K, P, Co, Rb, Sr and Y and the low mobility of Ti, V and La during the processes that form the high sulphidation epithermal gold systems (Petrov and Popov, 2015). The slight enrichment of TiO_2 in vuggy-sugary textured quartz veins compared to other alteration zones

may be related to rutile formation, observed as a residue in vugs formed after the leaching of fresh/least altered andesite (Steven and Ratte, 1960; Stoffregen, 1987; Table 2; Figure 12f). Moreover, Hf, Nb and Ta contents of all altered samples and their patterns on normalised diagrams are similar to those of fresh/least altered andesite, indicating that the abundances of these elements are related to immobile Zr and Ti-related minerals. Yttrium depletion increases towards silicified zones from fresh/least altered andesite, which suggests the destruction of hornblende based on increasing degree of alteration (Figure 13).

In the normalised diagrams, the chemical composition the closest to fresh/least altered andesite indicates propylitic alteration (Figures 13b and 14b). The intermediate argillic alteration also shows a similarity to fresh/least altered andesite in terms of trace and rare earth element compositions after propylitic alteration. This zone is especially depleted in terms of Sr and Y (Figures 13c and 14c). Advanced argillic alteration is depleted in many elements (such as Rb, Y, medium and heavy rare earth elements) and is characterised by high Sr values (Figure 13d and 14d). The silicified zones are depleted of almost all trace and rare earth elements except S, Sn and W (Figures 13e-f and 14e-f). In addition, depending on the increase in hydrothermal alteration intensity from fresh/least altered andesite to silicified zones, the degree of depletion of trace and rare earth elements increases (Figure 13 and 14).

Sr contents show significant enrichment in advanced argillic alteration, and depletion in intermediate argillic alteration and silicified zones compared to fresh/least altered andesite (Figure 13). This could be associated with the APS mineral occurrences within alunite as evidenced by high contents of P (4.4-5.99%), Ca (1.73%-4.42%), Ba (0.06-0.59%) and Sr (1.65%) based on SEM analysis (Terzi, 2020). Although the presence of APS minerals could not be revealed by the analyses in the scope of this study, the fact that these elements were detected in alunite


suggests that APS minerals should also be present in advanced argillic alteration (Terzi, 2020). APS minerals are characteristic for advanced argillic alteration zones in many porphyries and high sulphidation epithermal systems such as Summitville in Colorado (Stoffregen and Alpers, 1987), Rodalquilar in Spain (Arribas et al., 1995), Assarel, Petelovo, Pesovets, Klisoura, Spahievo (Hikov, 2004), Chelopech (Georgieva et al., 2012; Georgieva and Hikov, 2016), Breznik (Hikov et al., 2017) in Bulgaria, Cerro Quema in Panama (Corral et al., 2016), Far Southeast in the Philippines (Hedenquist et al., 2017), and Konos Hill in Greece (Mavrogenatos et al., 2018). Apart from the Sr content of alteration zones, Rb/Sr ratios can be noteworthy in the advanced argillic alteration and silicified zones with values as low as 0.05 and 0.1, whereas propylitic and intermediate argillic alteration zones have relatively high Rb/Sr values (0.22 and 0.35) (Table 3). The low Rb/Sr value is a significant criterion for advanced argillic and silicified zones to identify new and target regions in high sulphidation epithermal systems (Arribas et al. 1995; Hikov, 2004; Georgieva et al., 2012; Georgieva and Hikov, 2016; Hikov et al., 2017) (Table 3). Therefore, the Rb/Sr ratio can be used as a geochemical guide in Inlice, as well as other prospects in the EAVC. Moreover, the fact that Pb shows significant enrichment in the chalcedonic/opaline textured quartz veins can be used as a definitive indicator. In addition to Pb, enrichment in As, Sb, Bi, Ag and Au, and depletion in Zn and Ni are especially notable moving from fresh/least altered andesites towards silicified zones.

KATKI BELİRTME


Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK; Proje No: 117Y018) tarafından desteklenmiş olup, yazarlar finansal destekleri için TÜBİTAK'a, arazi çalışmalarında sağladıkları lojistik - teknik destek ve göstermiş oldukları yakın ilgileri için ESAN Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş yönetici ve çalışanlarına

ve bu çalışmanın ilk versiyonu üzerinde yapıcı eleştiri ve katkıları bulunan hakemlere (Selman Aydoğan ve diğer anonim hakemler) ile dergi editörü Erdinç Yiğitbaş'a teşekkür ederler.

ORCID

Mustafa Haydar Terzi  <https://orcid.org/0000-0003-4224-6482>

Erkan Yılmaz  <https://orcid.org/0000-0001-9921-9237>

İlkay Kuşcu  <https://orcid.org/0000-0003-4037-5002>

Sercan Bozan  <https://orcid.org/0000-0001-7315-6071>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Anık, F. ve Öztürk, A. (2011). Konya'nın yeraltı kaynakları ve potansiyeli. *I. Konya Kent Sempozyumu* (s. 161-174). TMMOB Konya Kent Konseyi, Konya, Bildiriler.
- Arribas, A. (1995). Characteristics of high-sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluid. In J. F. H. Thompson (Ed.) *Mineralogical Association of Canada Short Course*, 23, 419–454.
- Arribas, A., Cunningham, C. G., Rytuba, J. J., Rye, R. O., Kelly, W. C., Podwysoki, M. H., McKee, E. H. & Tosdal, R. M. (1995). Geology, Geochronology, Fluid Inclusions and Isotope Geochemistry of the Rodalquilar Gold Alunite Deposit, Spain. *Economic Geology*, 90, 795-822.
- Asan, K. & Ertürk, M. A. (2013). First Evidence of Lamprophyric Magmatism from the Konya Region, Turkey: a Genetic Link to High-K Volcanism. *Acta Geologica Sinica English Edition*, 87, 6, 1617-1629.
- Ay, B. (2015). *Yatağan-Kozlu-Gökyurt-Erenkaya (Konya Batısı) arasındaki bölgede yer alan volkanik kayaların maden potansiyelinin araştırılması* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aydar, A., Bozan, S. ve Kuşcu, İ. (2015). İç Anadolu Volkanik Kuşağındaki Gölcük Bölgesinde (Konya) Epitermal Mineral Oluşumu. K. Sayıt (Ed.), *68. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı* (s. 341-342). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/00f7c1630b6e86b_ek.pdf
- Besang, C., Eckhardt, F. J., Harre, W., Kreuzer, H. & Müller, P. (1977). Radiometrische altersbestimmungen an Neogenen eruptivgesteinen der Türkei. *Geologisches Jahrbuch*, 25, 3-36.
- Bozoğlu, M.S. (2003). *Konya batı-güneybatısındaki ignimbiritlerin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Corral, I., Cardellach, E., Corbella, M., Canals, A., Gómez-Gras, D., Griera, A. & Cosca, M. A. (2016). Cerro Quema (Azüero Peninsula, Panama): Geology, alteration, mineralization, and geochronology of a volcanic dome-hosted high-sulfidation Au-Cu deposit. *Economic Geology*, 111, 2, 287-310.
- Çelik, M., Temel, A., Tunoğlu, C. ve Orhan, H. (1994). *Konya-Akören-Seydişehir-Doğanbey arasında yer alan kil oluşumlarının özelliklerinin incelenmesi ve ekonomik öneminin araştırılması* (Proje no: YBAG 0040/DPT). TÜBİTAK.
- Çömlekçiler, F. (2009). *Sızma-Hatip (Konya) Arasında Gelişen Pliyosen-Kuvaterner Yaşlı Alüvyal Yelpazelerin Sedimentolojik Özellikleri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Davidson, A., Rose, P. & Lucas, I. (2008). *Stratex International Initiating Coverage*. 02 Dec 2008.
- Dinç, S. (2004). *Kızılören Dağı ve civarındaki (Konya) karbonatlı kayaların sedimentolojik ve petrografik özelliklerinin araştırılması* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Döğme, A. N. (2018). *Konya İnce Epitermal Altın Cevherlerinin Zenginleştirilmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ercan, T. (1986). Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizması. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107, 119-141. https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20150624111727_491_2272cb91.pdf
- Eren, Y. (1993). *Eleş-Gökçeyurt-Derbent-Söğütözü (Konya) arasının jeolojisi* [Doktora Tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Esan Arşiv (2020). *Annual Technical Report*. ESAN Eczacıbaşı Industrial Raw Materials Industry and Trade Inc. İstanbul, pp. 1-8.
- Gaibor, A., Dunkley, P., Wehrle, A., Lesage, G., Boer, D. D. & Froilan, C. (2013). The discovery and understanding of the Far Southeast copper-gold porphyry, Luzon, Philippines. In *Proceedings*,

- New Gen Gold conference (pp. 233-247)*. Pay Dirt Media, Perth.
- Gençoğlu Korkmaz, G. (2015). *Yükselen (Konya) Bölgesi Volkanik Kayaçlarının Petroğrafisi, Jeokimyası ve Petrolojisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gençoğlu Korkmaz, G., Asan, K., Kurt, H. & Morgan, G. (2017). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology, elemental and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of the Neogene bimodal volcanism in the Yükselen area, NW Konya (Central Anatolia, Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, 129, 427-444.
- Georgatou, A. A. & Chiaradia, M. (2020). Magmatic sulfides in high-potassium calc-alkaline to shoshonitic and alkaline rocks. *Solid Earth*, 11, 1-21.
- Georgieva, S., Hikov, A. & Stefanova, E. (2012). Mobility of major and trace elements during hydrothermal alteration of volcanic rocks from the Chelopech high-sulphidation epithermal Cu-Au deposit, Central Srednogie, Bulgaria. *National conference with international participation - Geosciences 2012 (p. 47-48)*. Bulgarian Geological Society.
- Georgieva, S. & Hikov, A. (2016). Geochemistry of hydrothermally altered rocks from the Chelopech high-sulphidation Cu-Au deposit, Bulgaria. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 69, 761-768.
- Göğer, E. ve Kırıl, K. (1973). *Kızılören dolayının (Konya'nın Batısı) genel stratigrafisi*. MTA Genel Müdürlüğü, Arşiv No: 5204.
- Görmüş, M., (1984). *Kızılören (Konya) dolayının jeoloji incelemesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gündüz, M. (2017). *Sarayköy-Sille-Tatköy-Küçükmuhsine (Konya Kb'si) Çevresinde Yüzeyleyen Neojen Yaşlı Volkanik Kayaçların Jeokronolojisi, Mineral Kimyası, Element ve İzotop Jeokimyası*, [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hall, D. J., Foster, R. P., Yıldız, B. & Redwood, S.D., (2007). The Inlice High-sulphidation Epithermal Gold Discovery: Defining a Potential New Gold Belt in Turkey. *Proceedings of the Ninth Biennial SGA Meeting (p. 113-116)*. Dublin.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. Jr. & Reynolds, T. J. (1998). Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: Far Southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines. *Economic Geology*, 93, 373-404.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A. Jr. & Gonzalez-Urien, E. (2000). Exploration for epithermal gold deposits. *Reviews in Economic Geology*, 13, 245-277.
- Hedenquist, J. W. & Arribas, R. A. (2017). Epithermal ore deposits: first-order features relevant to exploration and assessment. *Mineral Resources to Discover-14th SGA Biennial Meeting 2017*, Quebec, Canada, 1, 47-50.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A. & Aoki, M. (2017). Zonation of Sulfate and Sulfide Minerals and Isotopic Composition in the Far Southeast Porphyry and Lepanto Epithermal Cu-Au Deposits, Philippines. *Resource Geology*, 67, 2, 174-196.
- Hedenquist, J. W., Taguchi, S. & Shinohara, H., (2018). Features of Large Magmatic-Hydrothermal Systems in Japan: Characteristics Similar to the Tops of Porphyry Copper Deposits. *Resource Geology*, 1-17.
- Hikov, A. (2004). Geochemistry of strontium in advanced argillic alteration systems – possible guide to exploration. *Bulgarian Geological Society, Annual Scientific Conference Geology 2004 (p. 29-31)*.
- Hikov, A., Velinova, N., Lerouge, C. & Kunov, A. (2017). Geochemistry of advanced argillic altered rocks in the area of Breznik, Western Srednogie Unit, Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 46, 93-108.
- Kadir, S. ve Karakaş, Z. (2000). Konya Miyosen yaşlı volkanik birimlerin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelenmesi ile neofom kil mineral oluşumlarının irdelenmesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 122, 95-106. https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20150527142936_341_22758f4f.pdf
- Karakaya, M, Karakaya N. & Temel A. (2001). Kaolin Occurrences in the Erenler Dagı Volcanics, Southwest Konya Province, Turkey. *International Geology Review*, 43, 711-721.
- Kasapoğlu, E. K., Temel, A., Yürür, T., Aydar, E., Lyberis, N., Gourgau, A., Chorowicz, J., Froger, J.L., Deniel, C., Vidal, P., Aksoy, H., Gillot, P. ve Olanca, K. (1997). *Orta Anadolu'da Volkanizma-Tektonik İlişkileri (Toros Kenet Kuşağı Kuzeyi)*, (Proje no: YBAG-0078/DPT). TÜBİTAK.

- Keller, J., Jung, D., Burgath, K. & Wolff, F. (1977). Geologie und petrologie des Neogenen kalkalkali vulkanismus von Konya (Erenlerdağı-Alacadağ Massiv, Zentral Anatolien). *Geol., Jahrbuch, Reihe B, Heft, 25*, 37-117.
- Ketin, I. (1966). Anadolunun tektonik birlikleri (Tectonic units of Anatolian Asia Minor). *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 66, 20-34 (in English: 23-34). https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/eng/20151020143258_862_227ff53f.pdf
- Koç, A., Kaymakçı, N., Hinsbergen, D. J. J. V., Kuiper, K. F. & Vissers, R. L. M. (2012). Tectono-Sedimentary evolution and geochronology of the Middle Miocene Altınapa Basin, and implications for the Late Cenozoic uplift history of the Taurides, southern Turkey. *Tectonophysics*, 532-535, 134-155.
- Koç, A., (2013). *Tectono-Stratigraphic Evolution of The Continental Miocene Basins in Southwest Anatolia* [Unpublished Phd Thesis]. Middle East Technical University, Ankara.
- Koçak, K. & Zedef, V. (2016). Geochemical Characteristics of the Lava Domes in Yatağan Village and Sağlık Town, From Erenlerdağı (Konya, Central Turkey) Volcanites. *Acta Geobalkanica*, 2, 7-19.
- Kurt, H., Özkan, M. ve Koçak, K. (2003). Orta Anadolu'da Konya'nın batısındaki dalma-batma ile ilişkili volkanik kayalar jeolojik, petrografik ve jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 46(2), 39-51. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/d0f74b5955dc87f_ek.pdf
- Kurt, S., Akgül, B. ve Kurt, H. (2005). Sağlık-Erenkaya (Konya Batısı) yöresi volkanik kayalarının petrografik ve jeokimyasal özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 190-204.
- Kuşcu, İ., Gençlioğlu-Kuşcu, G., Tosdal, R.M., Ullrich, T. D. ve Friedman, R. (2011). Batı Anadolu Altın-Bakır Cevherleşmelerinin Yaşı ve Magmatizma ile olan Jeokronolojik İlişkisi. 64. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 25-29 Nisan 2011, Ankara. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/75c525912387f05_ek.pdf
- Kuşcu, İ., Tosdal, R. M. & Gençlioğlu-Kuşcu, G. (2019). Episodic porphyry Cu (-Mo-Au) formation and associated magmatic evolution in Turkish Tethyan collage. *Ore Geology Reviews*, 107, 119-154.
- Mavrogonatos, C., Voudouris, P., Spry, P. G., Melfos, V., Klemme, S., Berndt, J., Baker, T., Moritz, R., Bissig, T., Monecke, T. & Zaccarini, F. (2018). Mineralogical study of the advanced argillic alteration zone at the Konos Hill Mo-Cu-Re-Au porphyry prospect, NE Greece. *Minerals*, 8, 479.
- MTA (2002). 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Ankara, Paftası, (M. Şenel (Editör.), N. Turhan (Düzenleyen)).
- Ota, R. & Dincel, A. (1975). Volcanic Rocks of Turkey. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 26, 8, 393-419.
- Özgül, N. (1976). Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65-78. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e4b4ed9f5a0b921_ek.pdf
- Özkan, A. M. (1998). *Konya Batısındaki Neojen Çökellerinin Stratigrafisi ve Sedimentolojisi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi], Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Petrov, D. & Popov, K. (2015). Correlations between elements in ores from the gold-copper deposit Chelopech, Bulgaria. *Ann. Univ. Min. Geol.*, 58, 93-98.
- Platzman, E. S, Tapırdamaz, C. & Sanver, M. (1998). Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey): preliminary palaeomagnetic and geochronological Results. *Tectonophysics*, 299, 175-189.
- Rabayrol, (2018). *Late Cenozoic Post-Subduction Tectonic, Magmatic and Metallogenic Evolution of the Anatolide – Tauride Orogenic Belt, Turkey* [Unpublished PhD Thesis]. The University of British Columbia.
- Rabayrol, F., Hart, C. J. R. & Thorkelson, D. J. (2019a). Temporal, spatial and geochemical evolution of late Cenozoic post-subduction magmatism in central and eastern Anatolia, Turkey. *Lithos*, 336-337, 67-96.
- Rabayrol, F., Hart, C. J. R. & Creaser, R.A. (2019b). Tectonic Triggers for Postsubduction Magmatic-Hydrothermal Gold Metallogeny in the Late Cenozoic Anatolian Metallogenic Trend, Turkey. *Economic Geology*, 114(7), 1339-1363.
- Selçuk, A. N. D. & Güney, A. (2020). Comparison of different methods on the enrichment of Konya Inlice epithermal gold ores. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 56(1), 147-160.
- Sillitoe, R. H. (1979). Some thoughts on gold-rich porphyry copper deposits. *Mineralium Deposita*, 14, 161-174.

- Sillitoe, R.H., (1999). Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments, *Pacrim '99 Congress, Bali, Indonesia, Proceedings* (p. , 29–44.). Melbourne, Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Sillitoe, R.H., (2010). Porphyry Copper Systems, *Economic Geology*, 105, p. 3–41.
- Sillitoe, R.H. & Hedenquist, J.W., (2003). Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits, In: Simmons SF, Graham IJ (Eds.) *Volcanic, geothermal, and ore-forming fluids: rulers and witnesses of processes within the Earth, Soc. Econ. Geol. Spec. Pub.*, 10, 315–343.
- Simmons, S.F., White, N.C. & John, D.A., (2005). Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits, *Economic Geology One Hundredth Anniversary, 1905-2005*, 485-522.
- Steven, T. A. & Ratté, J. C., (1960). *Geology and ore deposits of the Summitville district, San Juan Mountains, Colorado*. US Government Printing Office, Washington.
- Stoffregen, R. E., (1987). Genesis of acid-sulfate alteration and Au-Cu-Ag mineralization at Summitville, Colorado, *Economic Geology*, 82, 1575-1591.
- Stoffregen, R. E & Alpers, C. N., (1987). Woodhouseite and svanbergite in hydrothermal ore deposits: products of apatite destruction during advanced argillic alteration, *Canadian Mineralogist*, 25, 201-211.
- Stratex International PLC, (2006). *Stratex Defines New Gold Target in Turkey*. 12 Haziran 2006.
- Stratex International PLC, (2008a). *Stratex Announces New Gold Discovery in Konya Belt*. 28 Şubat 2008.
- Stratex International PLC, (2008b). *Stratex's Pipeline of Discoveries Grows and Drilling to Start on Priority Targets*. 21 Temmuz 2008.
- Stratex International PLC, (2009). *Konya Update*. 30 Mart 2009.
- Tatar, O., Gürsoy, H. & Piper, J. D. A. (2002). Differential neotectonic rotations in Anatolia and the Tauride Arc: palaeomagnetic investigation of the Erenlerdağ Volcanic Complex and Isparta volcanic district, south-central Turkey. *Journal of the Geological Society*, 159, 281–294.
- Temel, A., Gündoğdu M.N. & Gourg, A. (1998). Petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 327-354.
- Terzi, M. H. (2020). İnce (Konya) Epitermal Altın Yatağının Jeolojisi, Jeokimyası ve Kökensele İncelenmesi [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Terzi, M.H., Yılmaz, E., Kuşçu, İ. ve Oyman, T. (2022). İnce (Konya, Türkiye) Yüksek Sülfidasyon Epitermal Altın Yatağının Jeolojisi, Mineralojisi ve Kökensele İncelenmesi. K. Esat ve S. Akıska (Ed.ler), *Uluslararası Katılımlı 74. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı* (s. 366-366). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/6ab8ae54dfdaf8_ek.pdf
- Ulu, Ü., Öcal, H., Bulduk, A. K., Karakaş, M., Arbas, A., Saçlı, L., Taşkıran, M. A., Ekmekçi, E., Adır, M., Sözeri, Ş. ve Karabıyıkoglu, M. (1994). İç Anadolu güneyindeki Tersiyer-Kuvaterner volkanizması. *47. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı* (s. 108-108). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/c7dcef4ea90b05c_ek.pdf
- URL-1.<<https://www.marketscreener.com/quote/stock/ORIOLE-RESOURCES-PLC-4005802/news/Stratex-International-Plc-Provides-Updates-on-the-Company-s-Inlice-and-Altintepe-Development-Project-39341340/>>, Erişim Tarihi: 15.06.2022.
- Uyanık C. & Koçak K. (2016). Geochemical Characteristics Of The Erenlerdağı Volcanics, Konya, Central Turkey, *Bulletin of the Geological Society of Greece, L*, 4, 2057-2067.
- Uysal, F., (2008). *Hatip-Pamukçu-Dikmeli-Karadığın (Konya) Civarının Jeolojisi ve Yöredeki Karbonatlı Kayaçların Yapıtaşı Olarak Kullanılabilir Özellikleri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi], Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.