

Pontid Adayayı'nda Carlin tipi Kaletaş(Gümüşhane) Altın Zuhuru

*A Carlin type gold occurrence in the Pontide island arc: the Kaletaş Gold Occurrence
(Gümüşhane, NE-Turkey)*

Necati TÜYSÜZ
Kemal ÖZDOĞAN
Murat ER
Zeki YILMAZ
Ahmet AĞAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, 61080- Trabzon
Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Bölge Müdürlüğü 61200, Trabzon
Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Bölge Müdürlüğü 61200, Trabzon
Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Bölge Müdürlüğü 61200, Trabzon
Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Bölge Müdürlüğü 61200, Trabzon

Öz

Kaletaş saçınımlı altın zuhuru, ince tabakalı, siltli-kumlu kireçtaşları içinde, fay ve kırık zonları ile tabaka düzlemleri gibi, süreksizlik zonları boyunca yer alan silis merceklerinden oluşur. Bu zonlar hidrotermal sıvılar için akış kanalları oluşturmuştur. Silisleşme yoğun ornatmalar ve ince ağsı damarcıklar şeklindedir. Altın, karbonat kaybının etkin olduğu kesimlerde, silisleşmeyle birlikte zenginleşmiştir. Karbonat kaybı ve silisleşme iki ayrı sıvının varlığına işaret eder. Çünkü, sadece karbonat kaybının gözlemlendiği kısımlarda altın değerleri çok düşüktür. Silisleşmeyi en son evrede killeşme izler. Yüzeysel alterasyona bağlı olarak oluşan alunit, natrojarosit, nabit kükürt, limonit ve kaolinit gibi ikincil mineraller kireçtaşlarındaki erime boşluklarını doldurur. Altına; pirit, realgar ve orpiment eşlik eder. Realgar ve orpiment hidrotermal aktivitenin en son evresini temsil eder. Kaletaş sahasındaki altının çökelişi genel olarak silisli kısımlardaki organik malzemede altının tutulması şeklindedir. Ayrıca, ısı azalması ya da silisleşmeyi oluşturan sıvılarla geçiren zonlar boyunca dolaşan meteorik suların karışması da altının çökelişine etki etmiş olabilir. Bütün bu özellikleri ile Kaletaş altın cevherleşmesi Carlin tipi altın yataklarına oldukça benzemektedir. Ancak, bu zuhur, kıtasal ortamda oluşmuş Carlin-Cortez zonundakilerin aksine adayayında gelişmiştir.

Abstract

The Kaletaş disseminated gold occurrence, hosted by thin-bedded, silty to sandy limestones, consists of siliceous lenses developed along permeable zones such as fault, fracture and bedding planes. These were initially major inflow zones for hydrothermal fluids. Silicification occurs as replacement bodies and tiny veinlets. Gold is enriched in silicified limestones, especially along zones of extensive carbonate removal. Carbonate dissolution and silicification are two separate processes, both of which are resulted from different hydrothermal solutions. Carbonate removal is intensified along highly permeable zones. Argillic alteration characterized by dominance of illite is formed subsequent to mineralization. Oxidation of ore minerals and altered rocks are resulted in the formation of alunite, natrojarosite, kaolinite, limonite and native sulfur which eventually fill the pores of dissolved limestones. Realgar and orpiment postdate gold mineralization and are related to late-stage quartz veining. The gold deposition in the area of interest is mainly a factor of adsorption of gold on organic matter in silicified zones. Temperature decrease or mixing of gold-bearing hydrothermal fluid with meteoric fluid may also be an effective mechanism in gold precipitation. The Kaletaş gold occurrence is similar to Carlin-type deposits in carbonate hostrocks, alteration, geochemical signature and ore mineralogy, but is different in tectonic setting, being located in an island arc environment rather than a continental setting in which the Carlin gold deposits occur.

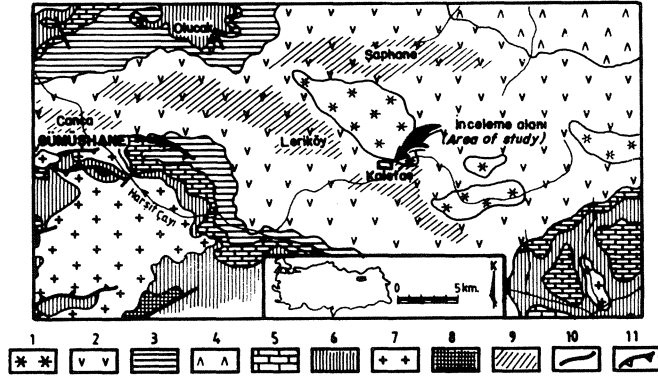
GİRİŞ

Çalışma sahası Doğu Pontid ada yayında, Gümüşhane ilinin yaklaşık 23 km doğusunda Kaletaş köyü civarında yer alır (Şekil 1). Yöre, jeolojisi, tektonik konumu ve eşlik eden yaygın hidrotermal alterasyonu ile altın aramaları için çeşitli yerli ve yabancı kuruluşların ilgisini çekmiştir. Bilinen cevherleşme ve alterasyonlar daha ziyade volkanik kayalarda görülmektedir. Ancak, inceleme sahasında alterasyon ve cevherleşme kireçtaşları içinde yer alır. Kireçtaşlarında olduğu bilinen en tipik epitermal altın yatakları Carlin-Cortez (A.B.D.) bölgesinde bulunmaktadır (Wells ve diğ., 1969; Radtke ve diğ., 1972; Radtke, 1985; Bakken ve Einaudi, 1986; Kuehn ve Rose, 1992). Kaletaş sahası benzer özellikler açısından ilginç bulunmuştur. İnceleme alanının ayrıntılı jeoloji haritası yapılmış, petrografik ve mineralojik incelemeler; kimyasal ve jeokimyasal analizler için örnekler toplanmıştır. Alterasyon mineralleri daha ziyade

X-ray difraktometre yöntemi ile saptanmıştır. Toplam organik karbon miktarı Leco-analizatörü ile ölçülmüştür.

BÖLGESEL JEOLOJİ

Yöredeki en eski kayaç birimleri gnays, mika-şist, klorit-şist, kalk-şist, mermer, metagabro ve metabazalttan oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfittlerdir (Korkmaz ve Baki, 1984; Korkmaz ve diğ., 1992) (Şekil 1). Permian yaşlı (Çoğulu, 1975) Gümüşhane granitoyidi bu metamorfittleri keser ve onlarla birlikte Doğu Pontidlerin temel kayaçlarını oluşturur. Liyas yaşlı bazalt, andezit ve bunların piroklastları bu temel üzerine açısız uyumsuzlukla oturur. Üst Jura - Alt Kretase kireçtaşları adı geçen volkanitlerin üzerine gelir. Üst Kretase bazalt ve andezitleri kireçtaşlarını örter ve üste doğru volkanotortul bir seriye geçerler. Bütün bu seriler Eosen yaşlı Kaçkar granitoyidi tarafından kesilir.



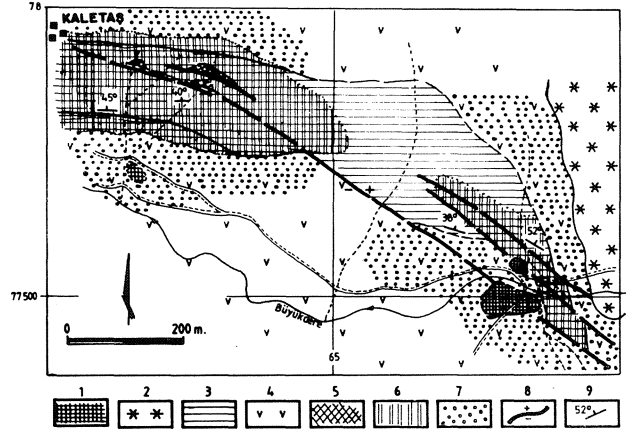
Şekil 1. İnceleme alanının yer buldum ve bölgesel jeoloji haritası (1-Kaçkar II granitoidi, 2-Eosen volkano-sedimanter seri, 3- Üst Kretase volkano-sedimanter seri, 4-Üst Kretase bazalt ve andezitleri, 5-Üst Jura - Alt Kretase kireçtaşı, 6-Lias volkano-sedimanter seri, 7-Gümüşhane granitoidi 8-Metamorfitletler,

9-Hidrotermal alterasyonu 10-Normal fay, 11-Bindirme fayı)

Figure 1. Location and regional geologic map of the study area (1-Kaçkar II granitoid, 2-Volcano-sedimentary series (Eocene), 3-Volcano-sedimentary series (Upper Cretaceous), 4-Basalt and andesite lavas (Upper Cretaceous), 5-Limestone (Upper Jurassic - Lower Cretaceous), 6-Volcano-sedimentary series (Liassic). 7-Gümüşhane granitoid, 8-Metamorphics, 9-Hydrothermal alteration, 10-Normal fault, 11-Thrust fault).

SAHA JEOLJİSİ

İnceleme alanında Eosen yaşlı volkano-tortul seri ve onu kesen kaçkar granitoidi yer alır (Şekil 2). Volkano-tortul seri andezit ve piroklastları ile bunlarla arakatmanlı kireçtaşlarından oluşur. Andezitler uğradıkları alterasyonun cinsine göre yeşilimsi gri renkten açık bej renge kadar değişen çeşitli renklindedir. Altere olmamış kısımlarda ise gri renklidirler. Mikrolitik porfirik doku gösterirler. Mafik mineralleri başlıca hornblend olup çok az miktarda ojit içerirler. Kireçtaşları çeşitli bileşimdedir. Kalın tabakalı kireçtaşları ince siltli ve kumlu kireçtaşları ile arakatlıdır. Kalın tabakalılar daha fazla bitümlüdür. Kaçkar granitoidi sadece andezitlerle dokanak oluşturmuş ve bu zonlar boyunca zayıf dokanak metamorfizmasına neden olmuştur. Sahada izlenen en genç oluşuklar ise fay zonları boyunca dizilen travertenlerdir. Kireçtaşları oldukça faylanmış ve kırılmıştır. Faylar K55-60B doğrultulu olup genelde birbirine paralel bir set oluştururlar. Bunlar muhtemelen derin kökenli normal faylardır.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji ve alterasyon haritası (1-Travertlen, 2-Kaçkar II granitoidi, 3-Kireçtaşı (Eosen), 4-Andezit (Eosen), 5-Silisleşme, 6-İllitleşme, 7-Propilitleşme, 8-Fay, 9-Tabaka eğim ve doğrultusu).

Figure 2. Geologic and alteration map of the study area (1-Travertine, 2-Kaçkar II granitoid, 3-Limestone (Eocene), 4-Andesite (Eocene), 5-Silicification, 6-Ilitization, 7-Propylitization, 8-Fault, 9-Bedding attitude).

Kireçtaşlarının genel özellikleri

Petrografik incelemeler sonucunda kireçtaşlarının genel olarak; %5-40 biyoklast, % 10-30 intraklast, %20-30 pellet, % 5-35 kuvars ve %0.1-1 pirit içerdikleri görülmüştür. Buna göre, incelenen örnekler biyomikrosparit, biyointrapelsparit, intrabiyopelsparit ve siltli-kumlu biyosparit olarak adlandırılmıştır. Bu kireçtaşları büyük ölçüde rekristalize olmuşlardır. Bu rekristalizasyon sonucu kireçtaşlarının porozitesi azalmıştır. Çünkü, farklı bileşimli kireçtaşlarının yoğunluğu hemen hemen aynıdır (Tablo 1). Genel olarak görünen poroziteleri % 5-10 civarındadır. Kireçtaşla, *Nummullites* sp., *Discoeyclina* sp., Ekinit plakası, Pelesipod kavkısı içerirler. Biyoklastların bol olduğu zonlar diğerlerine göre daha fazla dekalsifiye olmuştur. Bu da bu zonların başlangıçta yüksek permeabilite oluşturduğunu gösterir.

JEOKİMYASAL EVRİM

Kaletaş altın cevherleşmesi birbirini takip eden 4 ana jeokimyasal evre sonucu oluşmuştur (Şekil 3). Bunlar; 1) organik madde (bitümlü) içeren kireçtaşlarının çökmesi, 2) dekalsifikasyon, 3) altın çökelişi ve eşlik eden hidrotermal alterasyon, 4) oksidasyon olarak tanımlanmıştır.

Kireçtaşlarının organik karbon içermeleri (toplam organik karbon miktarı= %0.57) bunların anerobik or-

tam koşullarında çökeldiğini gösterir. Organik olgunlaşma muhtemelen Kaçkar granitoidin ısıtması sonucu tamamlanmıştır. Kireçtaşlarındaki 1-5 cm açıklıktaki kırık ve çatlaklar daha sonra yer altı ve yağmur sularının kayca içindeki döngülerinin etkisiyle organik maddeler tarafından doldurulmuştur. Karbonat erimesi sonucu kireçtaşlarının porozitesi artmıştır. Çözülme daha çok fay ve kırık zonları boyunca yoğunlaşmıştır. Çözünme yer yer oldukça etkin olmuş ve kireçtaşlarında 2-3 cm civarında karstik erime boşlukları gelişmiştir (Şekil 4). Bu boşluklar daha sonra ikincil minerallerle dolmuş ve kayaca breşik bir görünüm vermiştir. Silis-

Tablo 1. Kireçtaşlarının major oksit analizleri ve yoğunluk değerleri.

Table 1. Major oxide analyses and bulk density values of the limestones.

Örnek No	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	N-6
SiO ₂	87.81	9.52	7.35	29.63	6.31	12.80
TiO ₂	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.12
Al ₂ O ₃	4.60	1.74	1.38	9.01	1.08	1.43
Fe ₂ O ₃ *	3.80	0.27	0.15	0.35	0.25	0.45
MgO	0.16	0.47	1.97	0.80	0.60	0.41
CaO	0.82	48.40	48.46	32.47	50.82	47.15
Na ₂ O	0.04	0.08	0.11	0.12	0.04	0.08
K ₂ O	0.47	0.38	0.22	0.53	0.02	0.18
MnO	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.15
P ₂ O ₅	0.38	0.22	0.11	0.11	0.04	0.05
H ₂ O	0.74	0.50	0.40	1.00	0.30	0.50
CO ₂	0.50	37.40	39.30	23.70	40.30	37.60
Toplam	99.77	99.02	99.49	97.88	100.4	100.9
Yoğunluk(g/cm³)	2.76	2.72	2.71	2.69	2.74	2.73

* : Toplam Fe, Fe₂O₃ olarak verilmiştir.

leşme kalsit çözünümünü izlemiş ve özellikle fay ve kırık zonları boyunca yan kayacı ornatmıştır. Bu yaygın silisleşmeyi ikinci bir silisleşme fazı damarcıklar şeklinde izler. Bu silis damarcıkları da geç safha illit damarcıkları tarafından katedilmiştir. Oksidasyon evresi, alunit, natrojarosit ve kaolinit oluşumları ile karakteristiktir.

JEOKİMYASAL DEĞİŞİMLER

Kireçtaşlarında yapılan ana oksit element analizleri (Tablo 1) sonucu, bu kayaçların % 6.31-12.80 arasında SiO₂ içerdiği buna karşılık karbonat kaybının yüksek olduğu zonlarda SiO₂ içeriklerinin nispeten artarak % 29.63 e çıktığı görülür. Şiddetli silisleşmiş kısımlarda ise SiO₂ içerikleri % 87.81 civarındadır. CaO içerikleri başlangıçta % 37.40-40.90 arasında iken karbonat kaybına uğradıkları kısımlarda % 23.7 ve şiddetli silisleşmiş kısımlarda ise % 0.5 e kadar düşmektedir. Bu da silisleşmenin dekalsifikasyonu izlediğini gösterir. Ayrıca, SiO₂ ile CaO arasındaki negatif iyi korelasyon (r=-0.99) bu olayı yansıtır. Al₂O₃ egöre örnekler iki lükli

alterasyon grubuna ayrılabilir; a) illite fakir, karbonatça zengin (düşük Al₂O₃ içerenler), b) dekalsifiye ve şiddetli silisleşmiş (yüksek Al₂O₃ içerenler). K₂O, Al₂O₃ ile iyi korelasyon gösterir (r= 0.80); yani yüksek K₂O ve Al₂O₃ değerleri karbonat kaybı ile doğru orantılıdır. Fe₂O₃ ile SiO₂ arasında çok iyi bir pozitif korelasyonun (r= 0.97) ve CaO ile çok iyi bir negatif korelasyonun (r= -0.95) bulunması Fe₂O₃ ün silisleşme ile arttığını gösterir. Bu da dolaylı olarak, diyajenetik olanların yanısıra önemli oranda piritin hidrotermal faaliyetler sonucunda oluştuğunu gösterir. Mikroskopik incelemeler de bunu doğrular. Zira, cevherleşmiş kireçtaşlarında, hidrotermal faaliyetten etkilenmemiş kireçtaşlarına göre daha fazla miktarda ve daha sarımsı renkte ikinci bir pirit topluluğuna rastlanılmıştır.

	Cevherleşme Öncesi Pre-Ore Stage	Cevherleşme Evresi Ore Stage	Cevherleşme Sonrası Post-Ore Stage	Oksidasyon Evresi Oxidation Stage
BHümlü Kıt. Çökelimi, Diyajenetik Evre/ Bituminous Lmst., Diagenetic Stage				
Rekristalizasyon/ Recrystallization				
Karbonat Kaybı/ Carbonate Loss				
Silisleşme/ Silicification				
Ağır İnce Silis Dmrc., Genelde gri-kirli beyaz/ Fibroid Siliceous Veins				
Kalsit Dmrc., Beyaz/ Calcite Veins				
Silis Damarcıkları/ Siliceous Veins				
Ox. Şekli Kıvraklı Krsit/ Undeformed Quartz Crs.				
Reajen Tanecikli Dmrc./ Reajen Grains-Veins				
Natrojarosit/ Natrojarosite				
Alunit/ Alunite				
Boşluklarda Nabir S/ Nabite S in Cavities				
Çatlaklarda-Kırıklarda Fe-O ve Kaolinit/ Fe-O-Kaolinite Within The Fractures				
Opal/ Opale				
Traverten/ Travertine				

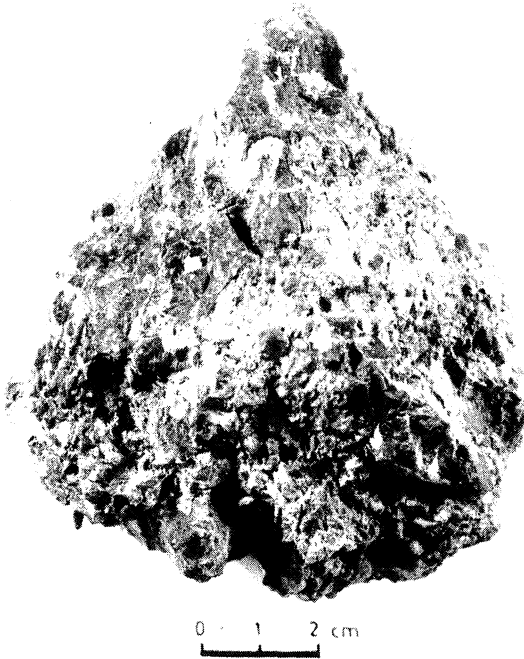
Şekil 3. Kaletaş altın zuhurunun genelleştirilmiş parajenezi.

Figure 3. Generalized paragenesis of the Kaletaş gold occurrence.

HİDROTERMAL ALTERASYON

Hidrotermal alterasyon yüksek altın değerlerinin olduğu kısımlardan dışa doğru belirgin bir zonlanma gösterir (Şekil 5). Zonlanmanın en dışında kalsit damarcıkları ve opal dolgularına rastlanır. Cevherleşmiş

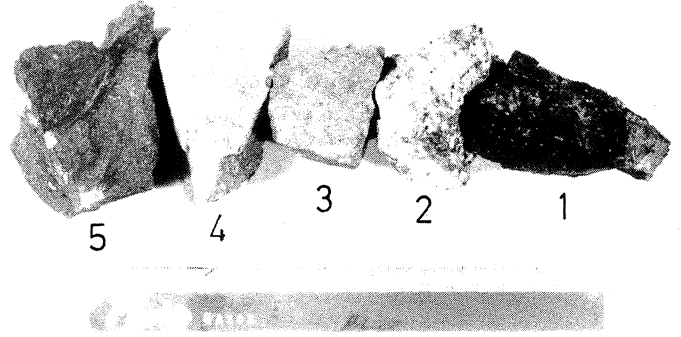
kısımlarda alterasyon daha ziyade silisleşme, illitleşme ve serizitleşme şeklinde iken, dışa doğru propilitleşme egemendir. Propilitleşme daha ziyade kireçtaşlarını çevreleyen andezitlerde illetleşmeyi çevreler durumdadır. Bu kısımlarda, altın ve gümüş değerleri son derece düşüktür. Silisleşme fay ve kırık zonları boyunca yaygın ornatmalar şeklinde gelişmiş olup merceğimsi zonlar oluşturur. Bu zonlar ve silisleşmemiş dış zonlar daha sonra, yer yer ağsal kuvars ve kalsedon damarları tarafından kesilmiştir. Ayrıca erime boşluklarında, ikincil, öz şekilli kuvarslara rastlanılır. Yer yer yaygın olan serizitleşme geç evre kuvars damarlarını keser ve öz şekilli kuvarslar ile realgar taneleri arasını doldurur ve realgarları belli ölçüde kemirir.



Şekil 4. Erime boşuklu ve boşukları kısmen kaolinit dolgulu kireçtaşı.

Figure 4. A limestone sample showing solution cavities partially filled by kaolinite.

Kayaçta illitleşmenin yoğun olduğu kısımlar siyah plastik malzeme özelliğindedir; bunun da muhtemel nedeni kireçtaşlarındaki organik malzemedir. Altın, karbonat kaybindan dolayı oluşan boşlukların silisle doldurulmuş olduğu kısımlarda birikmiştir. Silisleşmenin zayıf ya da hiç olmadığı komşu zonlar boşuklu ve breşik kireçtaşı görünümündedir. Bu boşuklar daha sonra yer yer, yüzeysel olarak oluşmuş alunit, natrojarosit, kaolinit ve nabit kükürt ile dolmuştur (Şekil 4 ve 5). Karbonat kaybına uğramış ancak silisleşmemiş kısımlarda altın değerleri çok zayıftır. Bu da karbonat çözülmesine neden olan sıvının altın taşıyan sıvıdan farklı bir sıvı olduğunu gösterir. Hidrotermal çözeltilerin kaynağı muhtemelen Kaçkar II granitoyitidir.



Şekil 5. Kireçtaşlarındaki silisli merceklere dışa doğru alterasyon zonlanması ve bileşim değişimi (1-silisli ve altınlı, boşlukları realgar ve nabit kükürt dolgulu, 2-illitli, boşlukları kaolinit dolgulu, 3-4-kumlu kireçtaşları, 5-bitümlü kireçtaşı)

Figure 5. Alteration zonation and composition variation away from silicified lenses in the limestones (1-silicified and Au-bearing sample, vugs filled with realgar and native sulphur, 2-illitized sample, vugs filled with kaolinite, 3-4-porous sandy limestone samples, 5-bitumenous limestone)

CEVHERLEŞME

Yüksek altın değerlerine, faylar, kırıklar ve tabaka düzlemleri boyunca gelişmiş, 25-100 m uzunlukta 10 m genişlikteki silis merceklere rastlanılır. Bu kısımlardan hazırlanan parlak kesitlerde altına rastlanılamamıştır. Ancak, jeokimyasal analizlerde elde edilen yüksek Au değerleri (9.72 ppm gibi), altının mikroskopta görülemeyecek kadar küçük boyutlarda olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Nevada yöresindeki benzer yataklarda hidrotermal piritler içerisinde altının saptanmış olması (Arehart ve diğ., 1993), inceleme sahasındaki hidrotermal piritlerde de altının bulunabileceği ihtimalini kuvvetlendirmektedir. Piritler genelde çok küçük boyutlardadır. Ancak, bazıları 0,193x0,147 mm boyutunda gözükür. İri ayrı pirit jenerasyonu ayırt edilebilir. Bunlardan birisi, küçük boyutlu, öz şekilli ve cevherleşmelerden uzak kısımlardaki kireçtaşlarında da gözlenen ve muhtemelen diyajenez esnasında oluşmuş piritlerdir. Diğerleri ise daha yuvarlak ve daha sarı renkli ve özellikle silisleşmiş kısımlarda bol bulunan hidrotermal piritlerdir. Ayrıca, silisleşmiş kısımlardaki pirit miktarının normal kireçtaşlardakine göre iki üç kat daha fazla arttığı görülür. Diğer cevher mineralleri ise realgar, orpiment ve nabit kükürttür. Realgar taneleri makroskopik olarak da rahatlıkla ayırt edilebilecek boyuttadır. Parlak kesitlerde öz şekilsiz, genelde 2,32x1,33 mm boyutunda, boşlukları doldurur vaziyette izlenen

Tablo 2. Kireçtaşlarından ve silisli zonlardan alınan örneklerle ait bazı iz element analizleri.

Table 2. Some trace element analyses of samples collected from limestones and silici fled Z(>nc)

Örnek no	Au ppm	Ag ppm	Sb ppm	As ppm	Cd ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
1	9.72	2.7	240	>2000	<10	95	33	49
2	0.184	1.0	80	>2000	<10	21	14	18
3	1.38	1.4	32	>2000	<10	61	10	16
4	<0.1	7.2	4	20	<10	14	80	36
5	3.2	1.6	115	320	<10	60	18	28
6	4.07	1.1	84	300	<10	49	40	32
7	2.99	2.3	260	500	<10	63	20	28
8	3.61	3.0	220	>2000	<10	35	12	108
9	1.2	1.3	80	>2000	<10	37	16	15
10	<0.1	<1.0	26	250	<10	68	20	32.5
11	<0.1	1.9	<4	150	<10	46	20	2.2
12	<0.1	1.1	<4	10	<10	15	14	14
13	<0.1	1.5	<4	250	<10	210	20	18
14	<0.1	1.3	<4	15	<10	24	12	<10
15	<0.1	<1.0	5	30	<10	8	18	19
16	<0.1	4.0	<4	120	<10	11	60	19
17	<0.1	4.3	<4	30	<10	10	60	20
18	<0.1	<1.0	9	300	<10	18	20	17
19	<0.1	4.4	9	10	<10	15	80	29
20	<0.1	1.5	4	100	<10	34	22	47
21	<0.1	1.7	4	15	<10	34	34	32
22	<0.1	<1.0	<4	130	<10	184	178	190
23	<0.1	2.8	10	60	<10	9	44	11
24	<0.1	1.2	<4	>2000	<10	105	29	47
25	<0.1	<1.0	<4	120	<10	13	12	11
26	<0.1	1.3	<4	>2000	<10	59	18	14
27	<0.1	3.5	<4	400	<10	26	15	18

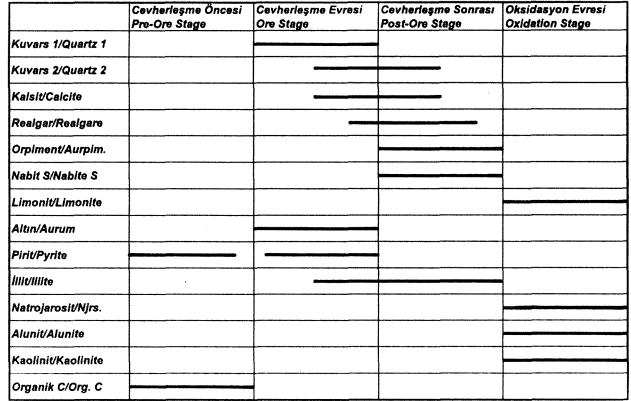
realgar yer yer orpimente dönüşmüştür. Nabit kükürt de makroskopik olarak gözlenebilecek büyüklükte ve öz şekilsizdir.

Mikroskopik veriler, altının silisle beraber çökelmesini ve arda kalan boşlukların ve kırık zonlarının daha geç evrede realgar ve nabit kükürtle dolduğunu göstermektedir. Kaletaş sahasına ait parajenez Şekil 6'da özetlenmiştir.

Kireçtaşları ve altere andezitlerden alınan 36 kayaç örneği Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cd, Sb ve As için analiz edilmiş, 0.1 - 9.72 ppm arasında Au, 1-7.2 ppm arasında Ag değerlerine rastlanmıştır (Tablo 2). Baz metallerin düşük değerlerde olması ve parlak kesitlerde bunlara ait herhangi bir mineralin görülmemesi altının baz metallerden ayrı bir ortamda çökelmiş olması gerektiğini gösterir. Au, Ag ile kötü korelasyon gösterirken (Tablo 3), en iyi korelasyonu Sb ile ve daha zayıf oranda da As ile gösterir. Ag ise Pb ile, çok iyi olmasa da, bir korelasyon gösterir.

TAŞINMA VE ÇÖKELME MEKANİZMASI

Karbonat çözünümü asidik çözeltilerle gerçekleşir. pH'nin düşmesine neden sıvıdaki çözünmüş CO₂ lir. CO₂ sıvıda yüksek konsantrasyonda karbonik asidin



Şekil 6. Kaletaş altın cevherleşmesinin parajenezini.

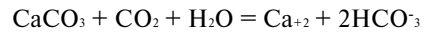
Figure 6. Paragenesis of the Kaletaş gold mineralization.

Tablo 3. Analiz edilen elementlerin korelasyon matrisi.

Table 3. Correlation matrix of the elements analyzed.

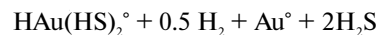
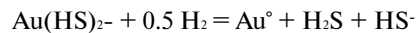
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb
Au	1	.02	.22	.06	.01	.59	.72
Ag	.02	1	-.14	.55	.26	-.24	-.10
Cu	.22	-.14	1	.41	.40	.17	.21
Pb	.06	.55	.41	1	.68	-.21	-.03
Zn	.01	.26	.40	.68	1	-.10	.04
As	.59	-.24	.17	-.21	-.10	1	.53
Sb	.72	-.10	.21	-.03	.04	.53	1

varlığını işaret eder. Kalsit çözünümü aşağıdaki yolla oluşur.



Altının taşınması ve karbonat çözünümü daha öncede bahsedildiği gibi ayrı sıvılarla gerçekleşmiştir.

Bu tür sistemlerde altın genelde bisülfid kompleksi şeklinde taşınmaktadır. Nötr veya zayıf asidik ortam koşullarında hakim kompleks Au(HS)₂ dir (Seward, 1973). Bununla beraber, Hayashi ve Ohmolo (1991), düşük pH larda ve indirgeyici koşullarda H₂Au(HS)₂ nin önemli altın taşıyıcı kompleks olduğunu belirtirler. Bu iki durumda kimyasal tepkimeler aşağıdaki gibidir.



Silisleşmenin pH ya karşı duyarsız olması ve karbonatları çözen sıvılarla altın taşıyan sıvıların farklı olması ve dolayısıyla karbonat çözümü sonucu altın taşıyan sıvıların pH larının nötr olması söz konusu olamayacağından, Kaletaş sahasında altının çökelişi başlıca, organik maddeler tarafından tutulmasına bağlıdır. Ayrıca, ısı azalması veya altın taşıyan sıvılarla yüzeydeki alunitleşmeyi ve kaolinitleşmeyi oluşturan ve yüksek permeabiliteye sahip zonlar boyunca sirkülasyon yapan sıvıların karışması da altın çökelişinde rol oynamış olabilir.

Archart ve diğ. (1993) Au'nun As ile birlikte yan duvarlı piritte Fe'nin yerinde veya Au'nun Fe'nin yerinde As'in ise S ün yerinde çökelbileceğini göstermişlerdir. Bu durumda Arsenik lioarsenid bileşikler şeklinde taşınmaktadır.

SONUÇLAR

Kaletaş yöresindeki altın cevherleşmesi, ince tabakalı siltli-kumlu kireçtaşlarında, fay ve kırık zonları ile tabaka düzlemleri boyunca gelişmiş olup, 25-100 m uzunlukta ve 5-10 m genişlikteki silis mercekleri içerisinde yer alır. Silis mercekleri, karbonatlarda gelişen ana erime boşluklarını doldurmuştur. Bu boşlukların boyutları süreksizlik zonlarından uzaklaştıkça küçülmekte olup bunlar yer yer ikincil minerallerle dolmuştur. Erime boşluklarının içinde bulunduğu siltli-kumlu kireçtaşları dışa doğru kalın tabakalı kireçtaşlarına geçerler. Siltli-kumlu kireçtaşları bej ve açık kahve renklerinde olup karbonat kaybının yüksek olduğu zonları içerirler. Karbonat kaybı yer yer karstik breşleşme şeklinde gelişmiştir. Karbonat kaybını yoğun bir silisleşme, ornatmalar ve ağsı damarcıklar şeklinde takip eder. Hidrotermal alterasyon en son evrede killeşme şeklinde gelişmiştir. Yüzeysel alterasyon, alunit, natrojarosit ve kaolinit oluşumuna neden olmuştur. Bu mineraller daha ziyade boşluk dolguları şeklinde izlenir. Altın, silisleşmiş kısımlarda, mikroskopta dahi görülemeyecek kadar küçük tane boyutundadır. Altına, pirit, realgar orpiment ve nabit kükürt eşlik eder. Pirit diyajenetik ve hidrotermal olarak iki ayrı evrede oluşmuştur. Realgar ve nabit kükürt hidrotermal aktivitenin en son evresini temsil ederler. Yüzeysel alterasyonun düşük ısıda oluşmuş realgar, orpiment ve nabit kükürt kristallerinin bulunmasının yanı sıra yüksek Sb ve As ve düşük baz metal değerlerinin varlığı, sistemin az aşındığını ve dolayısıyla derine doğru daha yüksek oranlarda altın içerilebileceğini göstermektedir. Kaletaş altın cevherleşmesi, alterasyonuna, cevher mineralojisine, jeokimyasal özelliklerine ve içinde bulunduğu yan kayacına göre Carlin tipi altın yataklarına oldukça benzemektedir. Pontid ada yayında ilk defa Carlin tipi bir altın zuhurunun bulunması, bu tip yatakların sadece kıtasal ortamlara özgü olmadığını, ada yaylarında da oluşabileceğini göstermektedir.

KATKI BELİRTME

Toplam organik karbon analizleri, Yrd. Doç. D. Orhan Özçelik tarafından Cumhuriyet Üniversitesi'nde yapılmıştır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Archart, G.B., Chrissoulis, L.S. ve Keşler E.S.,1993, Gold and arsenic in iron sulfides from sediment-hosted disseminated gold deposits: implications for depositional processes. *Econ. Geol.*, 88. 171-185.
- Bakken, B.M. ve Einaudi, M.T.,1986, Spatial and temporal relations between wall-rock alteration and gold mineralization, main pit, Carlin gold mine, Nevada, in Macdonald, A.J., ed.. *Gold' 86: Willowdale, Ontario, Konsult Internal.*, 388-403.
- Çoğulu, E., 1975. Gümüşhane ve Rize bölgelerinde petrolojik ve jeokronolojik araştırmalar: İ.T.Ü yayını. 1034, 112 s.
- Hayashi, K.I. ve Ohmoto. H., 1991. Solubility of gold in NaCl - and H₂S-bearing aqueous solutions at 250-350: *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 55, 21 11-2126.
- Koikmaz, S. ve Baki, Z., 1984, Demirözü (Bayburt) güneyinin stratigrafisi: *T.Jeol.Kur. Bült.*5,107-115.
- Korkmaz, S., Er, M., Van, A., Musaoğlu, A., Keskin, I. ve Tüysüz, N., 1992, Stratigraphy of the Eastern Pontides, NE-Turkey: Intern. Symp. on the Geology of the Black Sea Region, abstracts, 17.
- Kuehn, C.A. ve Rose A.W., 1992, Geology and geochemistry of wall-rock alteration at the Carlin gold deposit: Nevada.*Econ.Geol.*,87, 1697-1721.
- Radtke, A.S., 1985, Geology of the Carlin gold deposit. Nevada: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1267, 124 p.
- Radtke, A.S., Heropoulos. C, Fabbri, B.P., Scheiner, B.J. ve Essington. M. 1972. Data on major and minor elements in host rocks and ores. Carlin gold deposit, Nevada: *Econ. Geol.* 67. 975-978.
- Seward, T.M., 1973, Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions: *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 37, 379-399.
- Wells, J.D., Stoisor, L.R. ve Elliot. J.E., 1969. Geology and geochemistry of the Cortez, gold deposit, Nevada: *Econ. Geol.* 64,526-537.