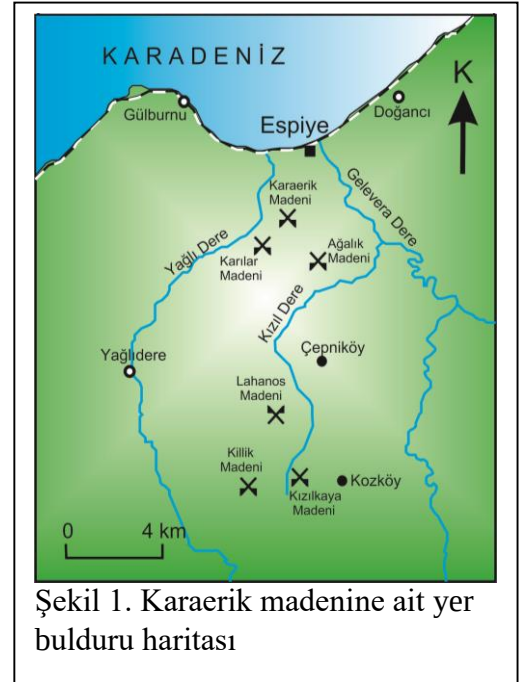


KARAERİK MASİF SÜLFİT TİP BAKIR MADENİ

Espiye yakın yöresi jeolojik özellikleri dolayısıyla çok sayıda masif sülfid tip cevherleşmenin oluştuğu bir bölgedir. Karaerik, Ağalık, Karılar, Lahanos, Killik ve Kızılkaya bu cevherleşmeler arasında ekonomik değeri olan sahalardır. Bunlardan sadece Lahanos günümüzde işletilmeye devam eden bir madendir. Diğerlerinin tamamı geçmiş yıllarda işletilmiş ve günümüzde terkedilmiş sahalardır.

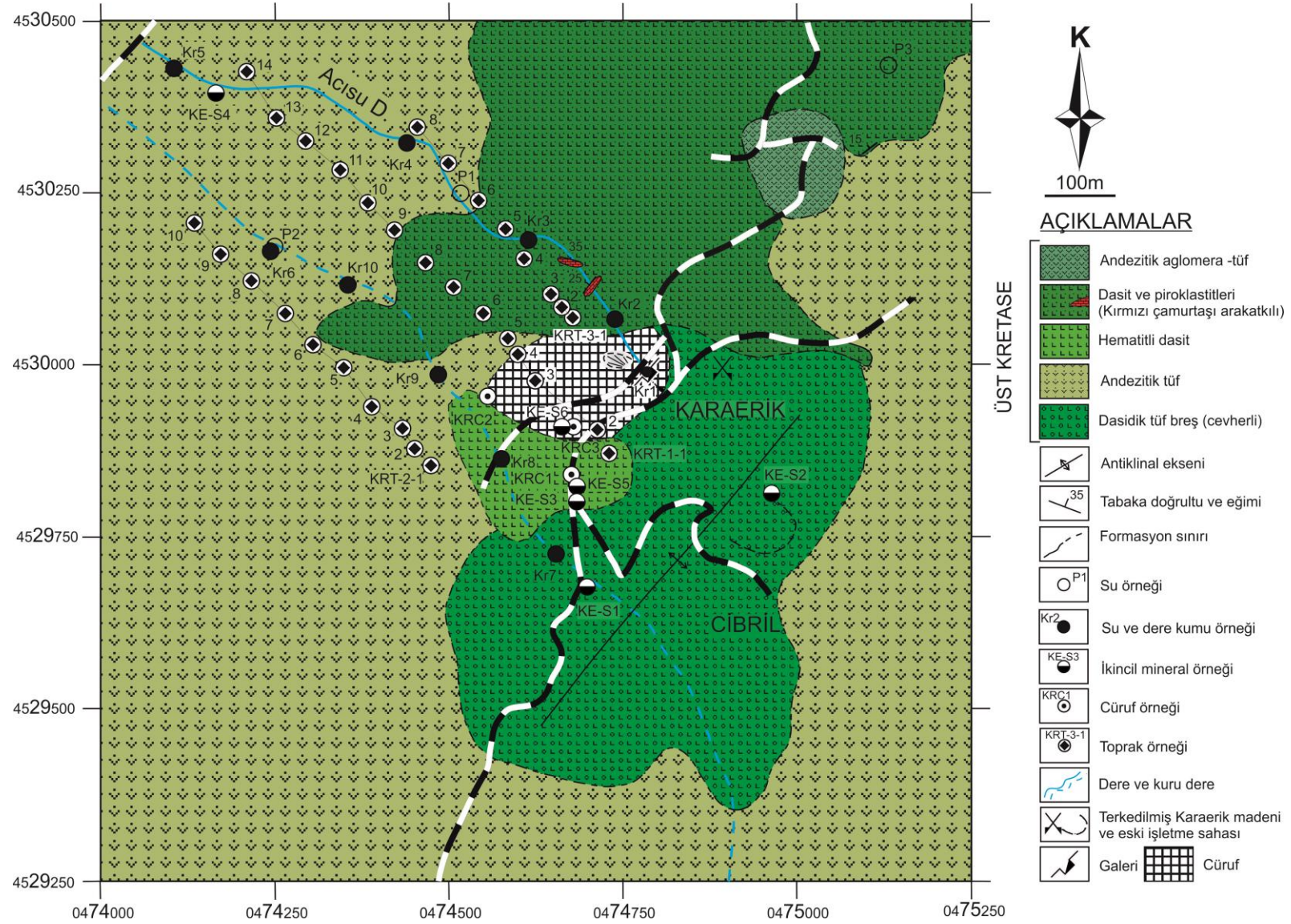
Terkedilmiş eski maden işletmeleri çevresel açıdan gerekli önlemler alınarak oluşması muhtemel problemlerin önüne geçilmelidir. Ancak Espiye yöresindeki eski maden işletmelerinin hiç birinde gereken önlemler alınmamış ve gerek atıklar ve gerekse maden sahasının kendisi doğal ortamda olduğu gibi bırakılmıştır. Haliyle, bu durumda maden sahalarından kaynaklanan sülfürlü mineraller ile atıkların bünyesinde bulunan sülfürlü mineraller yüzeysel sularla tepkimeye girerek asit maden suları oluşturma yönünde bir eğilim gösterir.

Karaerik Madeni bu tür sahalardan biri olup, Espiye ilçesinin 4 km güneyinde, Giresun G41-a2 paftası içinde yer almaktadır (Şekil 1). Saha ve çevresinde Üst Kretase yaşlı dasitik tüf breşler (*masif sülfid tip cevherleşmeleri içeren dasit*) ile bunların üzerine cevherleşmelerin üzerine örtü teşkil eden dasitler (*hematitli dasit*) görülmektedir (Şekil 2). Masif sülfid tip cevherleşme 300x300 m'lik bir alanda gelişmiş olup, cevherli zonun derinliği 30-40 m civarındadır. Cevher mineral parajenezinde pirit, markazit, kalkopirit, sfalerit, galen, fahlerz, bornit ve kovellin bulunmaktadır. Bunlardan kalkopirit ekonomik değeri dolayısıyla bakır için işletilmiş olan

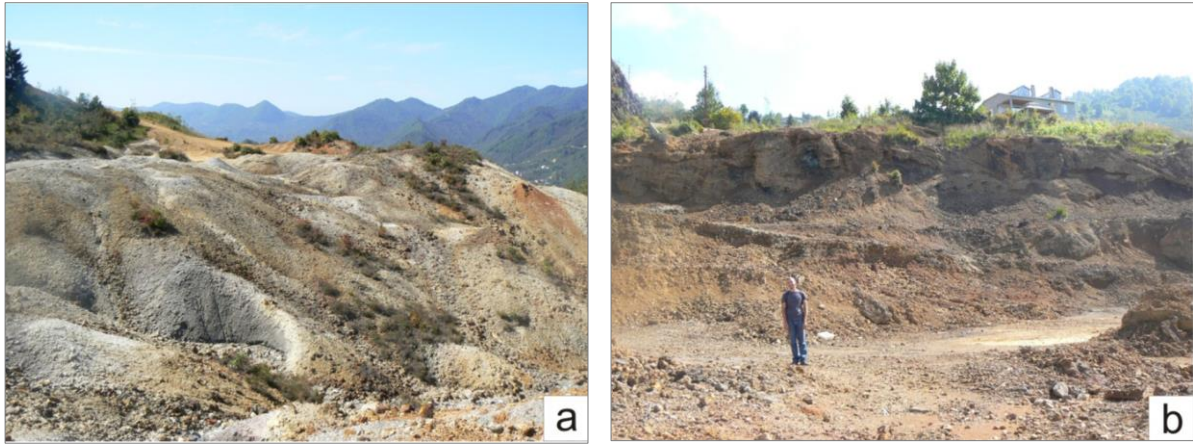


Şekil 1. Karaerik madenine ait yer bulduru haritası

minerallerdir. Maden bünyesinde tenör değeri yüksek olan kısımlar eski yıllarda işletilmiştir. Etibank 1970 yılında sahada sondajlı aramalar yapmış, bu çalışmalar sonucunda ekonomik bir cevherleşme bulunamamıştır. Yapılan işletme sonucunda alınan cevher sahada yerinde işlenmiş ve dolayısıyla oluşan atıklar (cüruf) da saha çevresinde her hangi bir önlem alınmadan vadilere dökülmek ve çevreye depolanmak suretiyle atılmıştır (Şekil 3a ve b). Toplamda yaklaşık 400.000 tonluk bir cüruf kütlelerinin maden sahası çevresine atıldığı hesaplanmıştır.



Şekil 2. Karaerik Madeni çevresinin detay jeoloji (Yılmaz ve Türkmen, 1983) ve örnek alım haritası



Şekil 3. Karaerik Madeni eski işletme sahası (a) ve sahaya depolanmış olan cüruflar (b)

Cürufların Bileşimi

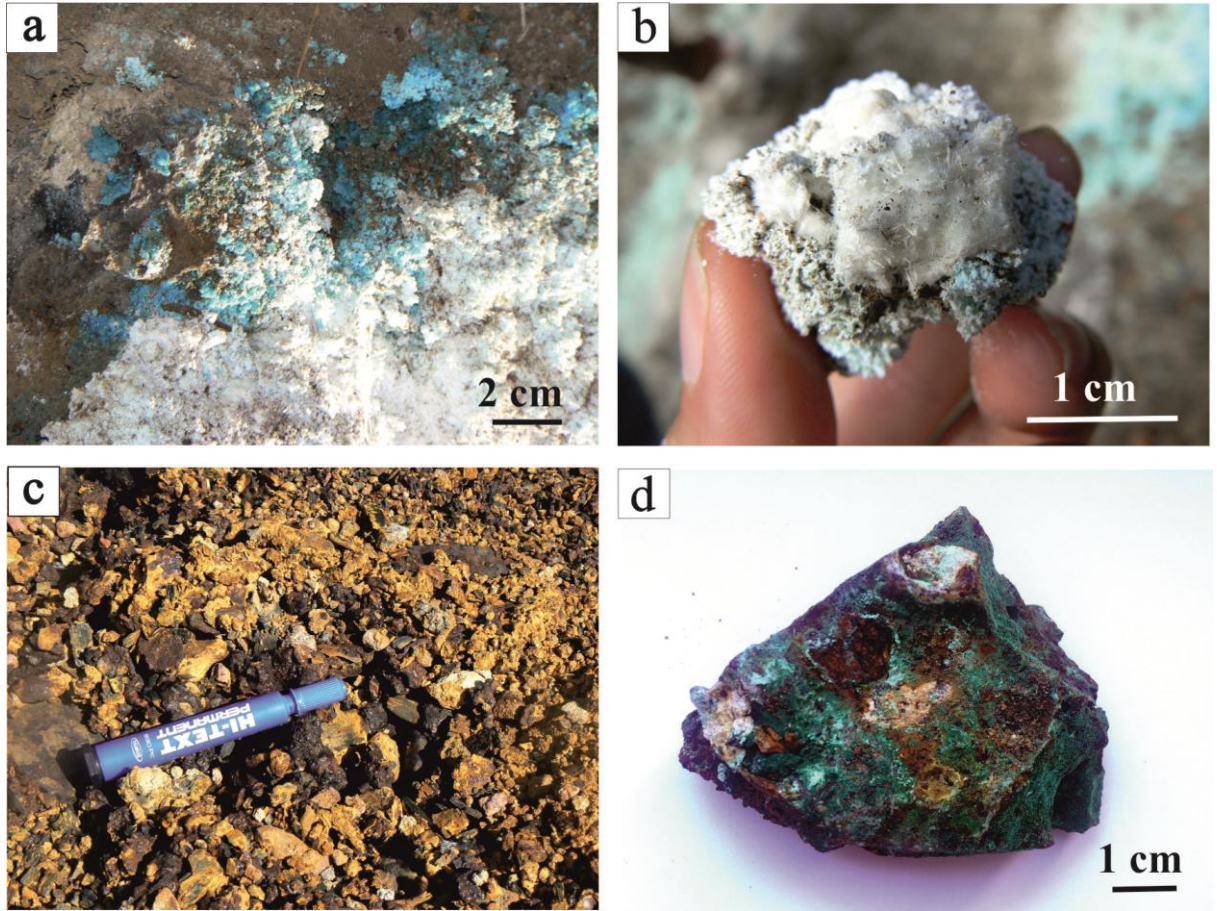
Karaerik sahasında depolanmış olan cüruflar başlıca silikat, oksit, sülfid ve metalik fazlar ile ayrışma sonucu gelişen ikincil mineral fazlarını içermektedir (Tablo 1). Silikatlar, başlıca olivin grubu mineralleri, Ba-K' lu feldispat grubu mineralleri (selsian, cimrit) ile andremeyerit minerallerini içermektedir. Belirlenen başlıca oksit fazı wüstit iken sülfürlü fazlar olarak da pirotin, kalkopirit, idayit, dijenit, kovellin, kalkozin ve pirit belirlenmiştir.

Tablo 1. Cüruf örneklerinde XRD, petrografik incelemeler EPMA ve SEM kullanılarak belirlenen mineraller ve bolluk dereceleri. **4:** En baskın, **3:** Yoğun, **2:** Orta, **1:** Az, **iz:** Çok çok az (iz) oranda

Grup	Mineral adı	Kimyasal Bileşim	Karaerik
Silikatlar	Fayalit	Fe_2SiO_4	4
	Andremeyerit	$\text{BaFe}(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_7$	1
	Selsian	$\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	3
		$\text{K}_{0.18}\text{Ba}_{0.81}\text{Al}_{1.90}\text{Si}_{2.11}\text{O}_8$	
	Cimrit	$\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}(?)$	2
Oksitler	Wüstit	FeO	3
Sülfidler	Pirotin	$\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$	1
	Kalkopirit	CuFeS_2	1
	İdayit	Cu_5FeS_6	1
	Dijenit	Cu_9S_5	1
	Kovellin	CuS	1
	Kalkozin	Cu_2S	1
	Pirit	FeS_2	iz
Nabit metaller	Bakır	Cu	iz

Cüruflar depolandıkları zamandan bu zamana kadar ayrışma ve oksidasyona maruz kalmıştır. Bu nedenle, yüzeylerinde bir dizi ikincil mineral oluşmuştur. Bu mineraller, yüzeyler üzerinde ve çatlaklar boyunca kaplamalar olarak veya sızıntı noktalarında çökeller olarak gelişmiştir.

Tüm çökeller kristalin değildir ve bazıları cüruf yüzeyinde amorf Fe ve Al oksî-hidroksitler şeklindedir. Karaerik madeni cüruf örneklerinde beyaz, mavi, açık mavi, sarımsı kahverengi ve yeşil renkli olarak gelişmiş olan ikincil minerallerin kalkantit, bonatit, halotrikrit, jarosit, götit ve brokantit olduğu (Şekil 4) XRD ve SEM/EDX çalışmaları ile belirlenmiştir (Sağlam, 2015). Haliyle oluşan bu ikincil mineraller bileşimlerinin sülfat olması ve kolaylıkla çözülebilir olması dolayısıyla yüzeysel sularla etkileşim neticesinde çözeltiye yüksek oranda metal ve kükürt vererek çevresel problemlere neden olabilir. Zaten, sülfat bileşimli ikincil minerallerin varlığı bölgede asit maden drenajlarının geliştiğinin göstergesidir.



Şekil 4. Karaerik madeni cüruf örnekleri üzerinde gelişen ikincil mineraller. a) mavi renkli kalkantit ($\text{CuSO}_4 \cdot 5(\text{H}_2\text{O})$), açık mavi renkli bonatit ($\text{CuSO}_4 \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$); b) beyaz renkli halotrikrit; c) sarımsı-kahve renkli götit ($\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$) ve jarosit ($\text{KFe}^{3+}3(\text{SO}_4)2(\text{OH})_6$); d) yeşil renkli brokantit ($\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$)

Toprak Profili

Karaerik maden sahası çevresinde mevcut olan atıkların çevreye yayılmış olması dolayısıyla toprak zonunun kimyasal bileşiminin değişmiş olması kaçınılmazdır. Toprak profili yörede genel olarak iyi gelişmiştir. Tüm toprak zonlarını gözleyebilmek mümkündür. Koyu renkli

toprak zonunun derinliği değişken olup, yer yer 30 cm'e kadar ulaşabilmektedir. Sarımsı-kahvemsı toprak zonu (B zonu) her zaman gelişmemiş olup, geliştiğinde yaklaşık 30 cm derinlikten başlayıp yer yer 70 cm derinliğe kadar devam edebilmektedir. Maden sahasının tam ortasından başlayarak alınan bir profilde aşağıdaki tabloda verilen elementsel değişimler elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Toprak profili boyunca bazı elementlerin zenginleşme dereceleri (Sağlam 2015'den).

Profil No	Örnek No	Boylam	Enlem	Ag (ppb)	As (ppm)	Au (ppb)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Hg (ppb)	Pb (ppm)	S (%)	Zn (ppm)
1. Profil Örnekleri	KRT-1-1	474730	4529870	46795	1440.4	2642	2.63	2476	11.64	6659	4903	1.24	566.4
	KRT-1-2	474712	4529906	21956	988.6	1427	1.39	2134	10.34	615	2431	0.09	481.9
	KRT-1-3	474624	4529976	5284	304.4	198	0.83	2520	5.52	815	476	0.17	331.1
	KRT-1-4	474599	4530015	203	11.8	10	0.08	117	3.88	60	63	<0.02	76.9
	KRT-1-5	474585	4530038	31	5.2	7	0.22	201	3.3	76	39	<0.02	120.6
	KRT-1-6	474550	4530074	107	12.5	6	0.19	120	4.38	54	18	<0.02	82.5
	KRT-1-7	474506	4530112	124	17.2	8	0.17	187	4.19	83	38	<0.02	92.6
	KRT-1-8	474466	4530149	678	27.8	31	0.29	404	4.31	150	88	<0.02	103.6
	KRT-1-9	474422	4530196	911	25.7	54	0.35	363	3.84	275	88	0.03	147.1
	KRT-1-10	474383	4530235	430	20.5	18	0.26	120	2.89	121	53	0.03	86

Asit Maden Drenajı

Karaerik madeni galerisinden çıkan su doğrudan Acısudereye bağlanıp onu beslemektedir. Atıkların önemli bir kısmı da bu vadiye atılmıştır. Bu nedenle Acısudere boyunca su örnekleri son derece kirletilmiştir. Vadi boyunca alınan su örneklerinde pH yüksek düzeyde asidik koşullardadır ve asidik maden drenajı oluştuğunun göstergesidir (Tablo 3 ve 4). Zira vadideki su örnekleri tabanda çökelen demir oksitler dolayısıyla kırmızı-kahvemsı bir renge sahiptir. Demir içeriği galeriden itibaren kuzeye doğru azalmakta ve giderek oksitlenip götit olarak çökelmektedir.

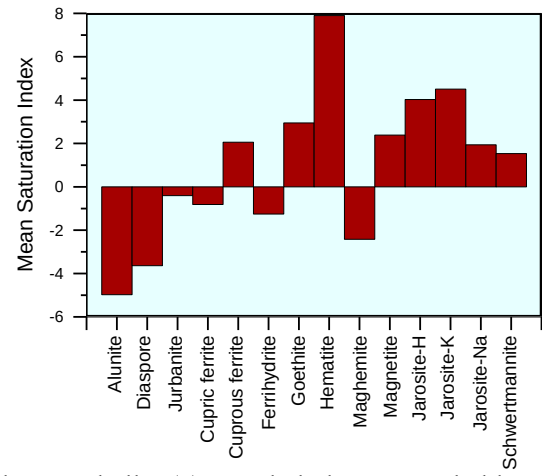
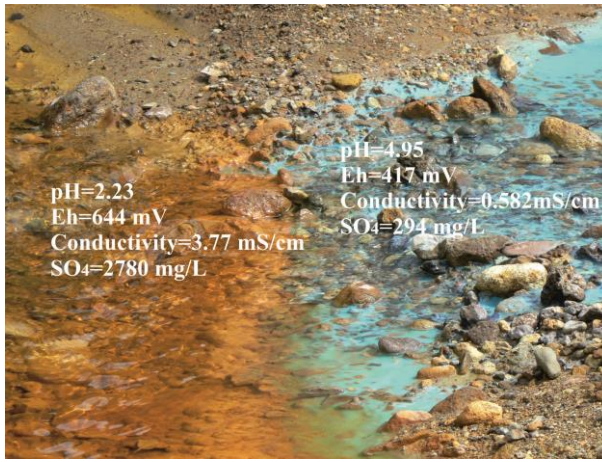
Tablo 3. Acısudere boyunca alınan su örneklerinin bileşimsel özellikleri (Sağlam, 2015'den).

Örnek	pH	Eh (mV)	İletkenlik (µS/cm)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	As (µg/L)	Cd (µg/L)	Cu (mg/L)	Fe ⁺² (mg/L)	Fe ⁺³ (mg/L)	Pb (µg/L)	Zn (mg/L)
KR-1	2.23	470	6650	4125	938	209	71.37	1116.34	13.78	100	53.08
KR-2	2.51	572	3860	5410	2153	187.4	65.91	90.39	963.01	86	47.33
KR-3	2.51	680	3770	3340	1626	166.5	57.89	229.63	696.56	55	42.21
KR-4	2.54	686	3710	3095	838	147.5	50.4	106.04	581.05	26	36.6
KR-5	2.23	644	3770	2780	498	138.2	48.82	44.4	528.55	18	35.12

Tablo 4. Acısudere boyunca alınan dere kumlarının kimyasal bileşimi (Sağlam, 2015'den). Ana oksitler %, iz elementler ppm olarak verilmiştir. Au ise ppb olarak verilmiştir.

Örnek	As	Ag	Au (ppb)	Ba	Cu	Hg	Pb	Zn	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	S
KR-1	2265	21	992	34036	1062	2	1554	394	55.2	21.0	1.7
KR-2	679	15	1471	1491	1112	4	1419	1170	63.0	6.0	7.9
KR-3	933	13	721	48701	823	3	1109	704	55.3	15.1	3.0
KR-4	756	7	350	9379	665	1	603	376	50.3	15.1	1.0
KR-5	1974	6	324	10832	686	1	533	304	35.5	27.9	2.1

Vadi boyunca yüksek düzeyde devam eden metaller vadi suyunun seyrelmesine ve pH düzeyinin nötürleşmesine bağlı olarak çökelerek ikincil sülfatları, Fe-oksi-hidroksi sülfatları oluşturmaktadır. Bu bağlamda ferrihidrit, jarosit, kalkantit, şvermannit gibi minerallerin çökmesi gerçekleşmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Acısudere boyunca suyun seyrelmesine bağlı oluşan çökeltiler (a) ve çökel oluşumunu beklenen mineraller (b)

KAYNAK

Sağlam, E.S. 2015. Doktora Tezi

PROGRAM

Hareket saati: 08.30

Sahaya varış: 10.45

Saha hakkında bilgilendirme: 10.45 – 11.00

Uygulamanın yapılması: 11.00-13.00

Yemek molası ve dönüş: 13.00

NOT:

Çekiç ve gerekli yazı-çizim araçları olmayan öğrenciler araçlara alınmayacaktır.

YAPILACAK UYGULAMA

Tüm öğrenciler üç gruba ayrılacaklardır. Her bir grup da kendi içinde uygulama sahasında alt gruplara ayrılacaklar ve her bir alt grup kendilerine sunulan aşağıdaki üç ayrı uygulamayı yapacaklardır. Uygulamalar esnasında her öğrenci yapılan uygulamaya ilişkin yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçları ve bu esnada yapılan gözlemlere ilişkin notları tedarik edilecek olan bir şablon üzerine yazacaklar ve gün sonunda teslim edeceklerdir.

- 1) Asit maden drenajı tespiti için su örnekleme: 10'ar kişilik üç ayrı grup ayrı bir su noktası belirleyerek ayrı birer pH metre yardımıyla aşağıdaki uygulamayı yapacaklardır
 - a. Su örneğinin pH, Eh, iletkenlik gibi parametrelerin ölçümü ve sonuçların her bir öğrenciye verilecek olan şablon üzerine yazılması
 - b. Su örneğinin 0.2 mikron gözenek çaplı selüloz asetat membran filtreden filtrelenmesi; plastik şişelere konulan su örneği ile ilgili notların şablona yazılması

Süre: 45 dakika

Görevliler: Bilgehan Kul Yahşi, M. Oğuz Sünnetçi, Simge Oğuz

Sorumlu: Doç. Dr. Fatma Gültekin

- 2) Dere kumu örnekleme yapılması: Üç ayrı örnek noktasında 10'ar kişilik üç alt grup oluşturulacak ve aşağıdaki iki uygulamayı da grup halinde birlikte yapacaklardır.
 - a. Düşük hız zonundan yüzeyin hemen altından alınacak olan kumun 2 mm'lik elekten elenmesi ve örnek lokasyonu ile gerekli bilgilerin şablona yazılması
 - b. Vadinin taban yakın kesiminden alınacak olan kumun 2 mm'lik elekten elenmesi ve elek altı malzemenin batelenmesi ve örnek lokasyonu ile gerekli bilgilerin şablona yazılması

Süre: 45 dakika

Görevliler: Oğuzhan Gümrük, Mert Samet Erdoğan, Kübra Akbulut, Merve Yıldız

Sorumlu: Prof. Dr. Miğraç Akçay

- 3) Toprak örnekleme yapılması: Üç alt grup oluşturulacaktır.
 - a. Örnekleme yapılacak profilin belirlenmesi, seçilecek olan bir noktada toprak profilinin kazılması, toprak zonlarının gözlenmesi ve farklı zonların derinliklerinin not edilmesi
 - b. B zonundan yaklaşık 0.5 kg örnek alınması ve poşetlenerek üzerinin yazılması

Süre: 45 dakika

Görevliler: Ufuk Celal Yağcıoğlu, Samet Saka, Murat Karahan

Sorumlu: Doç. Dr. Gülten Yaylalı Abanuz

SAHA BİLGİSİ II DERSİ
KARAERİK MASİF SÜLFİT MADENİ AMD SAHASI UYGULAMASI ÖLÇÜM ŞABLONU

UYGULAMA 1	Alt Uygulama	Örnek No	Eh (mv)	pH	İletkenlik	Notlar (Litoloji, alterasyon, vs.)
	1-a					
	1-b	Örnek No	Notlar			

UYGULAMA 2	Alt Uygulama	Örnek No	Litoloji	Alterasyon	Mineraller	Diğer Notlar
	2-a					
	2-b	Örnek No	Litoloji	Alterasyon	Mineraller	Diğer Notlar

UYGULAMA 3	Alt Uygulama	Örnek No	Litoloji	Alterasyon	Mineraller	Diğer Notlar
	3-a					
	3-b	Örnek No	Litoloji	Alterasyon	Mineraller	Diğer Notlar

İmza :

İsim :