

## ILGIN LİNYİT İŞLETMELERİ GÖLETLERİNDE ASİT MADEN DRENAJİ VE REHABİLİTASYONU

**Mahmut Suat DELİBALTA<sup>1\*</sup>, Niğmet UZAL<sup>2</sup>, Abdurrahman LERMİ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye

<sup>2</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Abdullah Gül Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

<sup>3</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 13.07.2015

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 13.11.2015

Kabul / Accepted: 13.11.2015

### ÖZ

Maden yataklarının aranması, üretimi ve zenginleştirilmesi süreçlerinde uygulanan işlemler; hava, toprak, su kaynaklarını, dolayısıyla çevreyi ve çevrede yaşayan canlıları etkilemektedir. Genel olarak kömür açık işletme madenciliğinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri, yeraltı madenciliği ve cevher hazırlama çalışmalarına oranla çok daha fazladır.

Kömür açık işletmeleri sonrası oluşan üretim çukurlarının dekapaj malzemesiyle doldurulmaması halinde, yüzey suları ve yeraltı su seviyesinin yükselmesi ile küçük veya büyük göletler oluşmaktadır. Düşük pH değeri (asidik karakteristik) ve yüksek metal konsantrasyonu (Al, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb) içeren bu göletlerde, baskın halde bulunabilen sülfürlü mineraller ve atık malzemeler en önemli çevresel sorunlardan birini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, TKİ-GLİ Ilgın linyit işletmeleri 5 farklı gölette su karakterizasyonu izlemeleri yapılarak; ortalama pH 6,49-7,81, bulanıklık (NTU) 0,12-63,6, sülfat içeriği 0,05-2,67 mg SO<sub>4</sub>/L, kimyasal oksijen ihtiyacı 4-136 mg O<sub>2</sub>/L, elektriksel iletkenlik 285 µS/cm-4,68 mS/cm değerleri ve 1839 ppb Mn, 9777 ppb Fe ile en yüksek ağır metal içerikleri tespit edilmiştir. Saha örneklerine ilişkin analizler üç aylık periyotlarla takip edilmiştir. Belirlenen sonuçlar ilgili yasal yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kömür açık işletmeleri, asit maden drenajı, gölet suyu, iyileştirme.

## ACID MINE DRAINAGE AND REHABILITATION IN ILGIN LIGNITE MINES LAKES

### ABSTRACT

The processes during the search, production and enrichment of mining operations naturally affects the air, soil, water resources in turn the natural environment and living organisms. In general, the environmental impact of coal opencast mining operations is much more significant than that of underground mining and mineral processing.

After stripping of the material filling the holes in coal opencast production, with the rise of surface water and ground water level is composed of large or small ponds. Low pH (acidic characteristic) and high metal concentrations (Al, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb) of these ponds, containing sulfide minerals and the waste materials, for the sustainability of natural resources is one of the biggest environmental problems.

In this study, highest heavy metal contents 1839 ppb Mn and 9777 ppb Fe, the average pH values 6.49-7.81, turbidity (NTU) 0.12-63.6, sulphate content 0.05-2.67 mg SO<sub>4</sub>/L, chemical oxygen demand 4-136 mg O<sub>2</sub>/L and electrical conductivity 285 µS/cm-4.68 mS/cm have been measured during the monitoring study of five different

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel. +90 388 225 23 87; e-mail/e-posta: msdelibalta@nigde.edu.tr

lignite opencast mine post-production lakes of the TKİ–GLİ Ilgın. Analyses were performed in three-month periods. The results were evaluated within the framework of relevant laws and regulations.

**Keywords:** Coal opencast mining, acid mine drainage, pond water, rehabilitation.

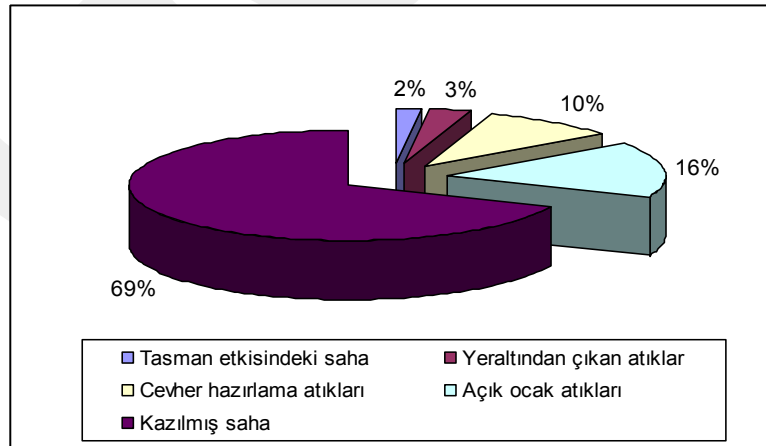
## 1. GİRİŞ

Madencilik, toplumsal yaşamın en önemli faaliyetlerinden birisidir. Madenciliğin amacı, ulusal kalkınma ve ekonomik gelişme için gerekli olan doğal hammaddeleri endüstriye sağlamaktır. Ancak; madencilik faaliyetleri sırasında ve sonrasında kaçınılmaz olarak pek çok arazi bozulmaları, gaz emisyonları, atıklar, toz ve gürültü meydana gelmektedir [1, 2]. Günümüzde sanayileşme ve hızlı nüfus artışına bağlı olarak hammaddelere olan talep sürekli artmakta, bunun neticesinde söz konusu tahribatlar da yaygınlaşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. TKİ-GLİ Ilgın açık işletmesi kömür kazı faaliyetleri

Genel olarak açık işletme madenciliğinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri, yeraltı işletmeleri ve cevher hazırlama çalışmalarına oranla çok daha fazladır. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan araştırmaları yansıtan Şekil 2'ye göre, en büyük tahribata açık işletme faaliyetlerinin neden olduğu görülmektedir [3, 4]. Bu durum; madencilik sektöründeki diğer ileri ülkelerde (Avustralya, Kanada, Almanya vb.) olduğu gibi, ülkemizde de aynı paraleldedir. Öyle ki; arazi rehabilitasyonu ve çevresel etki değerlendirmesi ile ilgili yasal düzenlemelerin büyük bir bölümü açık işletme madenciliği ile ilgilidir.



Şekil 2. Madencilik çevre etkileri ve faaliyet türleri ile ilişkisi [3]

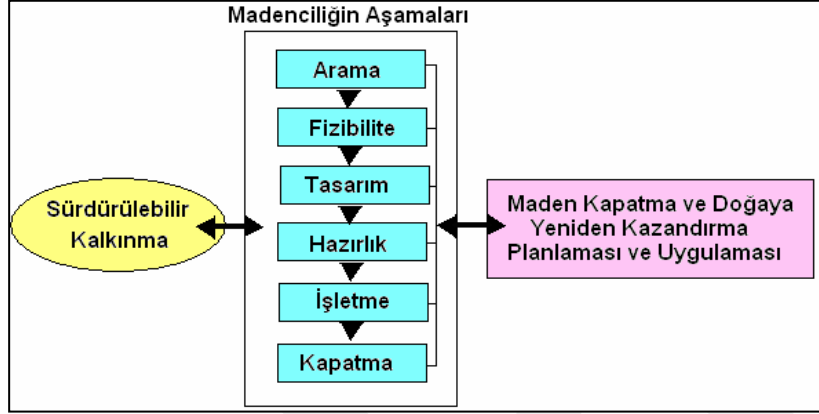
Kömür açık işletmeleri sonrası oluşan üretim çukurlarının dekapaj malzemesiyle doldurulmaması halinde, yüzey suları ve yeraltı su seviyesinin yükselmesi ile küçük veya büyük göletler oluşmaktadır. Düşük pH değeri

**ILGIN LİNYİT İŞLETMELERİ GÖLETLERİNDE ASİT MADEN DRENAJİ VE REHABİLİTASYONU**

ve yüksek metal konsantrasyonu içeren bu göletlerde baskın halde bulunabilen sülfürlü mineraller ve atık malzemeler, doğal kaynakların sürdürülebilirliği için en önemli çevresel sorunlardan birini oluşturmaktadır.

Konya-İlgın kömür açık işletmelerinde üretim sırasında ve sonrasında oluşan göletlerinin su karakterizasyonu, mevcut su kirlilik durumunun belirlenmesi ve gerekli görülmesi halinde aktif veya pasif arıtma yönteminin tespiti, araştırmanın esas hedefini oluşturmaktadır. Bu amaçla; bölgede beş farklı lokasyondan üç aylık periyotlarla anlık su örnekleri alınarak analiz edilmiştir.

Madencilik faaliyetleri sırasında ve sonrasında çevreye verilen zararları en aza indirmek için, bütünsel bir maden işletme ve kapatma planlaması uygulamak gerekmektedir (Şekil 3). Söz konusu arazi rehabilitasyon çalışmaları, mutlaka üretim süreci ile eş zamanlı planlanmalı ve uygulanmalıdır. Ancak bu durumda, madencilik faaliyetleri sürdürülebilir ve doğal çevre ile uyumlu hale getirilebilir.



Şekil 3. Entegre bir maden kapatma planlaması ve uygulaması [5]

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırma sahası olarak Türkiye Kömür İşletmeleri-TKİ Kurumuna bağlı Garp Linyitleri İşletmesi-GLİ Müessesesi Ilgın Linyit İşletmeleri-İLİ Gölyaka bölgesinde (Şekil 4), açık işletme sırasında ve sonrasında oluşmuş üç farklı gölet, doğal çeşme ve Çavuşçugöl'den anlık su örnekleri alınmıştır.



Şekil 4. Ilgın linyitleri işletmesi coğrafi konumu [6]

### 2.1. Ilgın İşletme Sahasının Jeolojik ve Kömür Özellikleri

Ilgın kömür işletmesi faaliyetlerini sürdürdüğü ruhsatı TKİ'ye ait yaklaşık 5,6 bin hektarlık alanda, alt ısı değeri 2091 kcal/kg olan toplam 20 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır [6]. 2012 yılında 123 personelle

M.S. DELİBALTA, N. UZAL, A. LERMİ

yaklaşık 127 bin ton kömür üretilerek, başta şeker fabrikaları olmak üzere sanayi ve yörenin kömür talebini karşılamaktadır. Açık işletme (ekskavatör + kamyon) yöntemiyle üretim yapılan ocakta, dekapaj oranı 1/5 ve ortalama damar kalınlığı 5 m civarındadır. İşletmenin Ilgın ilçe merkezine uzaklığı 25 km'dir [10]. Çalışma alanının, temeli Paleozoik yaşlı şistler ve kuvarsitlerden oluşmuştur. Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları havzanın kuzeyini boydan boya çevreleyerek bölgenin yüksekliklerini teşkil etmektedir. Saha Neojen yaşlı kumlu, killi, marnlı, linyitli formasyonlar ile temsil edilmektedir [6].

Ocaktan kamyonlarla taşınan tüvenan kömür, eleküstü ızgaraya (400x400mm) boşaltılmakta, ızgara üzerinde kalan iri parçalar hidrolik bir kırıcı vasıtası ile 400 mm'ye düşürülmektedir. Buradan geçen kömür, sarsıntılı elek vasıtası ile 0-50 mm ve + 50 mm boyutuna ayrılmaktadır. 0-50 mm toz kömür silosuna, + 50 mm ise önce yavaş devirli bant konveyörlere alınıp triyaja tabi tutulmakta, daha sonra parça silosuna verilmektedir. Tüvenan (orijinal) kömürün en belirgin özelliği; nem oranının yüksek, kül oranının düşük olmasıdır (Tablo 1). Kömür açık havada kuruyunca kalorisini önemli ölçüde yükseltmektedir.

## 2.2. Uygulanan Analizler

Gölet su numuneleri, kıyıdan 1 metre uzaktan ve yüzeyden 30 cm derinlikten standart metoda göre alınmıştır (Şekil 5). Söz konusu göletlerden alınan anlık su numuneleri, korumalı seyyar soğutucu (termos) içerisinde Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden / Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilmiştir.

Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi laboratuvar çalışmalarında pH 7110SET2 Model pH-metre, bulanıklık (NTU) SM2130 B Türbidimetre, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ, mg O<sub>2</sub>/L kapalı reflux titrimetric metot 5220c) ve sülfat içeriği (mg SO<sub>4</sub>/L) SM4500 SO<sub>4</sub>-2 E Spektrofotometre, elektriksel iletkenlik (mS/cm) SM2510 B İletkenlik-ölçer cihazları ile analizler yapılarak, üç aylık periyotlarda su karakterizasyonundaki değişimler izlenmiştir. Söz konusu su numunelerinin ağır metal içeriklerinin (Al, Ca, Mn, Fe, Zn, Pb) tespiti için, Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi ICP-MS Laboratuvarından (7500ce Agilent Marka Spektrometre) analiz hizmeti alımı yapılmıştır. Tespit edilen bulgular; ilgili yasal yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilerek, çözüm önerileri sunulmuştur.

**Tablo 1.** TKİ-GLİ Ilgın işletmesi kömür kimyasal analizi [6]

Kısa Analiz (%)	Orijinal Kömür	Havada Kuru	Kuru Kömür	Kuru Külsüz
Nem	42,41	17,18	-	-
Kül	13,45	19,34	23,35	-
Uçucu madde	23,64	33,99	41,04	53,54
Sabit karbon	20,50	29,49	35,61	46,46
<b>TOPLAM</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Saf kömür	44,14	63,48	76,65	100,00
Kok	33,95	48,83	58,96	46,46
Gaz	66,05	51,17	41,04	53,54
Kok hassası	Tozlu ve siyah			
Yanar kükürt	0,74	1,06	1,28	-
Külde kükürt	0,60	0,86	1,04	-
Toplam kükürt	1,34	1,92	2,32	-
<b>Isı Değeri (kcal/kg)</b>				
Üst ısı değeri	2477	3562	4301	5611
Alt ısı değeri	2091	3270	4073	5314

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

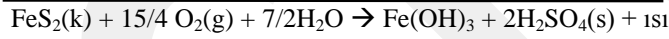
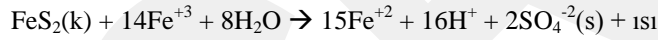
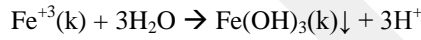
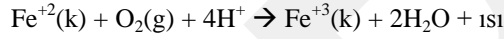
Madencilik faaliyetlerinden etkilenen suların genel fiziksel, jeokimyasal özellikleri işletilen madenin türüne bağlı olarak değişmektedir. Kömür, baz metal, değerli metal veya bir endüstriyel hammadde olmasına göre, suların niteliklerinde büyük farklılıklar görülebilmektedir. Yüksek veya düşük pH, metal ve anyon içeriği yüksek olabilmektedir (Şekil 6). Ayrıca; sulara çözülmüş katı, askıda katı konsantrasyonları artabilmekte ve organik kimyasallar bulunabilmektedir.

## ILGIN LİNYİT İŞLETMELERİ GÖLETLERİNDE ASİT MADEN DRENAJ VE REHABİLİTASYONU



Şekil 5. TKİ- Ilgın açık işletme sonrası oluşan göletlerden bir görünüş

Asidik maden göletlerinin oluşmasındaki en önemli faktör, kayaç içerisinde bulunan demir sülfürlerin (pirit, pirotin, markazit vb.) su ve hava ile teması sonucu okside olmasıdır. Aşağıdaki reaksiyonlara göre oksidasyona uğrayan pirit sonucunda ortaya çıkan sülfürik asit nedeniyle ortamın pH seviyesi düşmektedir [8, 9].



Asidik göllerin tipik özelliklerinden olan koyu kahverengi/kırmızı rengi veren ise, reaksiyon sonucu çöken demir oksit-hidroksitlerdir. Yukarıdaki reaksiyonların oluşması için oksijen ve suyun varlığı ön şarttır.  $\text{Fe}^{+3}$ 'ün kuvvetli bir oksitleyici olması bu reaksiyonlarda büyük bir önem taşımaktadır. Ayrıca, mikroorganizmaların varlığı da reaksiyonları hızlandırmaktadır. Bazı sülfürler asit üretimine yardımcı olurken, kimi karbonat mineralleri (kalsit ve dolomit gibi) nötrleştirici rol oynamakta, bazı silikatlar da tampon etkisi yapmaktadır.



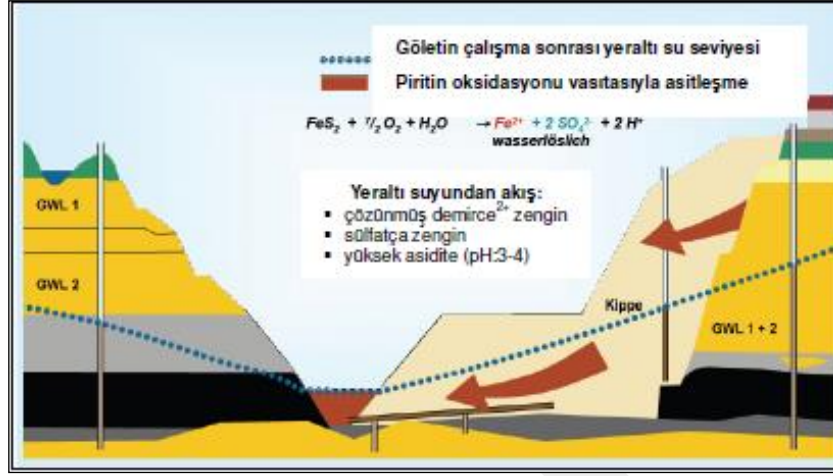
Asidik ortam oluşumu ve nötralizesi burada verilen kimyasal süreçten çok daha karmaşık bir olgudur. Çünkü reaksiyonları jeomorfolojik olarak hızlandıran, yavaşlatan ve engelleyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Maden yatağının jeokimyasal yapısı, işletmeyle teması olan suların asit karakter kazanıp kazanmaması bakımından önemlidir. Dolayısıyla; sahanın Asit Maden Drenajı (AMD) üretip üretmeyeceğinin saptanabilmesi için, öncelikle yakın çevresiyle birlikte maden sahasının jeolojik, hidrolojik, topoğrafik ve iklim özelliklerine ait veri tabanının oluşturulması gerekmektedir. Bu maksatla, Ilgın kömür işletmesi göletlerinde su karakterizasyonu izlemeleri yapılmıştır.

### 3.1. Ilgın İşletmesi Gölet Su Karakterizasyonu

Konya-Ilgın kömür açık işletmesi üretim sırasında ve sonrasında oluşan göletlerinin su karakterizasyonu, mevcut su kirlilik durumunun belirlenmesi ve gerekli görülmesi halinde optimum aktif veya pasif arıtma yönteminin tespiti, araştırmanın esas kısmını oluşturmaktadır. Bu amaçla; bölgede beş farklı lokasyondan üç aylık periyotlarla anlık su örnekleri alınmış olup, bu örneklerin analizlerine ait ölçüm değerleri Tablo 2-5'de verilmiştir.

Asit maden göletlerindeki su karakterizasyon tespit çalışmalarında en önemli parametrelerden olan sülfat değerlerine bakıldığında, en yüksek değerler 1,33 mg/L olarak Gölyaka 1. Gölet ve 1,29 mg/L olarak Gölyaka 2. Göletten alınan örnekler için tespit edilmiştir. Bu değerleri 0,48 mg/L olarak Ocakiçi Göletten alınan örnekler takip etmektedir. KOİ, bulanıklık ve iletkenlikte de benzer sıralama gözlenmektedir. Ayrıca; en düşük pH değeri

7,24 ile Ocakiçi gölette ölçülmüştür. Araştırmanın ilerleyen aşamalarında, bu üç göletten alınan örnekler daha dikkatli izlenmiştir (Tablo 3-5).



Şekil 6. Kömür açık işletmelerinde yeraltı suyu etkileşimi [7]

Tablo 2. Ilgın açık işletme göletleri su analiz sonuçları (1. Ölçüm, Mart 2014)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler				
	pH	İletkenlik (mS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Sülfat (mg SO <sub>4</sub> /L)	KOİ (mg O <sub>2</sub> /L)
Gölyaka 1. Gölet, L1	7,89	4,56	14,20	1,33	-
Gölyaka 2. Gölet, L2	7,65	3,16	29,70	1,23	-
Doğal Çeşme Su, L3	7,74	2,05	1,34	0,16	-
Çavuşçugöl, L4	8,07	0,44	0,12	0,05	-
Ocakiçi Gölet, L5	7,52	1,34	12,89	0,30	-

Tablo 3. Ilgın açık işletme göletleri su analiz sonuçları (2. Ölçüm, Haziran 2014)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler				
	pH	İletkenlik (mS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Sülfat (mg SO <sub>4</sub> /L)	KOİ (mg O <sub>2</sub> /L)
Gölyaka 1. Gölet, L1	7,80	4,65	13,70	2,66	68
Gölyaka 2. Gölet, L2	7,82	2,64	6,72	1,52	4
Doğal Çeşme Su, L3	7,84	0,43	9,43	0,06	-
Çavuşçugöl, L4	8,37	0,53	55,70	0,08	40
Ocakiçi Gölet, L5	6,49	2,28	63,60	1,15	-

Tablo 4. Ilgın açık işletme göletleri su analiz sonuçları (3. Ölçüm, Eylül 2014)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler				
	pH	İletkenlik (mS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Sülfat (mg SO <sub>4</sub> /L)	KOİ (mg O <sub>2</sub> /L)
Gölyaka 1. Gölet, L1	7,93	4,27	40,20	2,67	136
Gölyaka 2. Gölet, L2	8,04	4,26	75,20	2,67	120
Doğal Çeşme Su, L3	8,19	285 µS/cm	9,55	0,13	64
Çavuşçugöl, L4	8,31	438 µS/cm	47,00	0,16	16
Ocakiçi Gölet, L5	7,56	2,56	14,10	1,50	20

## ILGIN LİNYİT İŞLETMELERİ GÖLETLERİNDE ASİT MADEN DRENAJ VE REHABİLİTASYONU

**Tablo 5.** Ilgın açık işletme göletleri su analiz sonuçları (4. Ölçüm, Aralık 2014)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler				
	pH	İletkenlik (mS/cm)	Bulanıklık (NTU)	Sülfat (mg SO <sub>4</sub> /L)	KOİ (mg O <sub>2</sub> /L)
Gölyaka 1. Gölet, L1	7,95	4,28	9,09	2,67	80
Gölyaka 2. Gölet, L2	7.84	4,29	17,60	2,67	96
Doğal Çeşme Su, L3	8,05	463 µS/cm	2,35	1,16	20
Çavuşçugöl, L4	7,93	407 µS/cm	20,60	0,11	32
Ocakiçi Gölet, L5	7,38	2,48	7,36	0,15	10

Ayrıca aynı lokasyonlardan alınan su örneklerinin üç aylık (Mart, Haziran, Eylül, Aralık 2014) periyodik dönemlere göre, metal konsantrasyonlarındaki (Al, Ca, Mn, Fe, Zn, Pb) değişimlerine ait ICP-MS analiz ölçüm değerleri ise Tablo 6-9'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Ilgın açık işletme göletleri metal konsantrasyon analizleri (1. Ölçüm)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler (ppb)					
	Al	Ca	Mn	Fe	Zn	Pb
Gölyaka 1.Gölet, L1	46,98	399,10	5,30	9114,00	28,85	2,77
Gölyaka 2.Gölet, L2	169,20	380,70	18,47	9777,00	8,61	2,88
Doğal Çeşme Su, L3	41,89	34,09	2,85	932,70	26,02	1,97
Çavuşçugöl, L4	55,03	31,06	5,98	847,20	11,19	2,08
Ocakiçi Gölet, L5	54,71	174,80	34,88	3671,00	11,38	2,70

**Tablo 7.** Ilgın açık işletme göletleri metal konsantrasyon analizleri (2. Ölçüm)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler (ppb)					
	Al	Ca	Mn	Fe	Zn	Pb
Gölyaka 1.Gölet, L1	65,15	134,40	135,70	4043,00	9,03	2,30
Gölyaka 2.Gölet, L2	56,27	130,30	26,15	3803,00	18,94	2,07
Doğal Çeşme Su, L3	45,67	25,26	2,95	830,50	24,63	2,25
Çavuşçugöl, L4	154,50	11,40	39,33	810,60	15,07	2,73
Ocakiçi Gölet, L5	237,00	130,70	1823,00	6008,00	193,20	2,40

**Tablo 8.** Ilgın açık işletme göletleri metal konsantrasyon analizleri (3. Ölçüm)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler*					
	Al	Ca	Mn	Fe	Zn	Pb
Gölyaka 1.Gölet, L1	155,98	152,50	55,44	414,05	10,73	<1
Gölyaka 2.Gölet, L2	163,90	225,40	55,68	475,80	17,06	<1
Doğal Çeşme Su, L3	80,46	30,98	<1	147,84	11,02	<1
Çavuşçugöl, L4	130,07	35,07	11,49	220,97	11,19	<1
Ocakiçi Gölet, L5	107,80	277,30	1839,00	1120,28	24,58	<1

\*Ca (ppm) hariç tüm değerler ppb birimidir.

**Tablo 9.** İlgin açık işletme göletleri metal konsantrasyon analizleri (4. Ölçüm)

Örnek Adı	Ölçülen Parametreler*					
	Al	Ca	Mn	Fe	Zn	Pb
Gölyaka 1.Gölet, L1	199,48	475,3	65,33	827,78	18,81	<1
Gölyaka 2.Gölet, L2	141,51	485,6	38,90	610,35	30,95	<1
Doğal Çeşme Su, L3	84,81	44,2	1,22	138,94	13,32	<1
Çavuşçugöl, L4	189,47	49,7	20,31	277,45	14,03	<1
Ocakiçi Gölet, L5	349,52	311,8	1098,00	1197,30	116,00	<1

\*Ca (ppm) hariç tüm değerler ppb birimidir.

İlgin açık işletme göletleri metal iyon analiz sonuçlarına göre, en yüksek değerler 1839 ppb Mn ve 9777 ppb Fe ile Mangan ve Demir parametrelerinde ölçülmüştür (Tablo 6-9). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği-SKKY tablosuna göre yapılan değerlendirmelerde, ağır metal değerleri tehlike arz edecek konsantrasyonlarda olmadığı tespit edilmiş olup, bu suların yine aynı yönetmeliğin Tablo 1: Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri; Demir, Mangan parametrelerine göre II. Sınıf su kalitesi, pH açısından III. Sınıf su kalitesi ve Sülfat, KOİ parametreleri açısından IV. Sınıf su kalitesi özellikleri gösterdiği belirlenmiştir [11, 12, 13].

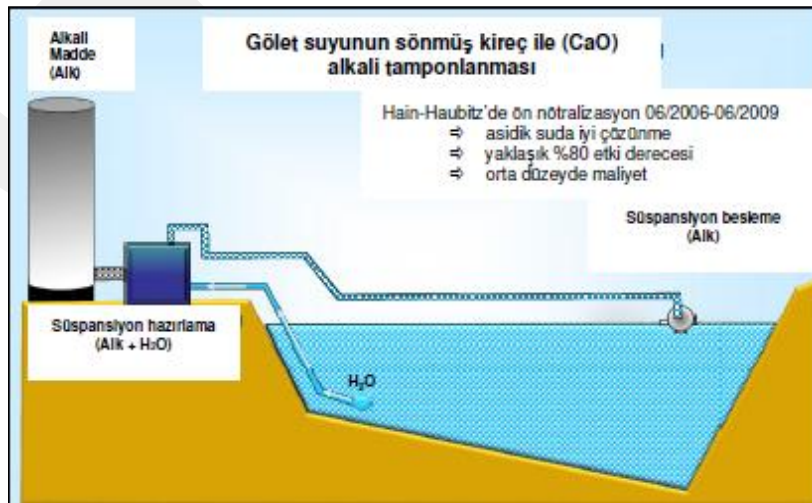
### 3.2. Asit Maden Drenajı Rehabilitasyon Yöntemleri

Madencilik faaliyetlerinden etkilenen suların niteliklerinin saptanması, doğal kaynakların sürdürülebilirliği ve tekrar kullanımı için hayati önem taşımaktadır. Özellikle çevre mevzuatlarıyla getirilen kısıtlamalara uyulması, seçilecek arıtma yöntemleri için güvenilirlik ve etkin maliyet, ancak bu şekilde sağlanabilmektedir.

Asidik maden drenajı ve göletlerin arıtılmasında iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan aktif arıtma sistemleri olarak adlandırılan birinci yöntemde, suyun asiditesinin nötralize edilmesi ve çözünmüş metallerin giderimi için suya kimyasal eklenmesi yapılmaktadır. Bu kimyasallar arasında en yaygın olarak kullanılanları, kireç, kostik, dolomit, soda külü ve termik santral külleridir (Şekil 7).

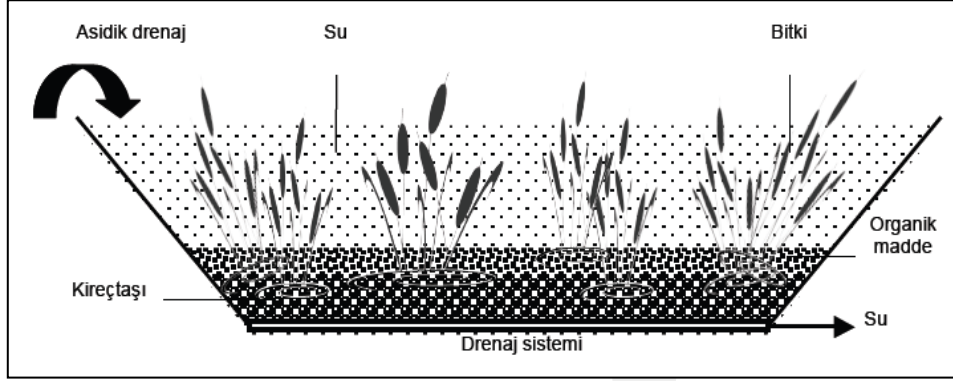
Pasif arıtma sistemleri olarak adlandırılan diğer yöntemde ise, asidik suyun doğal olarak sulak alanlar vb. sistemler içerisinde iyileştirilmesi hedeflenmektedir [14]. Benzer olarak anoksik kireç drenleri olarak adlandırılan bu kireçtaşının açılan hendeklere doldurulması ve asidik suların bu hendeklerden geçirilmesi prensibine dayanan teknikler de mevcuttur (Şekil 8).

Araştırma yapılan TKİ-GLİ İlgin açık işletme göletlerinde herhangi bir asidik durumla karşılaşmadığı için, aktif veya pasif arıtma yöntemi uygulaması planlanmamaktadır. Söz konusu gölet suyu analiz parametreleri mevzuat bakımından II. ile IV. Sınıf su kalitesi (kirlenmiş ve çok kirlenmiş su) özellikleri göstermektedir. Bu maksatla, gölet sularının toplumsal amaçlı kullanımı kesinlikle önerilmemektedir.



Şekil 7. Gölet suyu aktif arıtma sistemlerinden bir görünüş [7]

## ILGIN LİNYİT İŞLETMELERİ GÖLETLERİNDE ASİT MADEN DRENAJ VE REHABİLİTASYONU



Şekil 8. Gölet suyu pasif arıtma sistemlerinden bir görünüş [15]

#### 4. SONUÇLAR

Maden yataklarının aranması, üretimi ve zenginleştirilmesi süreçlerinde uygulanan işlemler; hava, toprak, su kaynaklarını, dolayısıyla çevreyi ve çevrede yaşayan canlıları etkilemektedir. Genel olarak, açık işletme madenciliğinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri, yeraltı işletmesi ve cevher hazırlama çalışmalarına oranla çok daha fazladır. Kömür açık işletmeleri sonrası oluşan üretim çukurlarının dekapaj malzemesiyle doldurulmaması halinde, yüzey suları ve yeraltı su seviyesinin yükselmesi ile küçük veya büyük göletler oluşmaktadır. Düşük pH değeri (asidik karakteristik) ve yüksek metal konsantrasyonu (Fe, Mn, Al, Cu, Pb, Zn vs.) içeren bu göletlerde, baskın halde bulunabilen sülfürlü mineraller ( $SO_4$ ) ve atık malzemeler, doğal kaynakların sürdürülebilirliği için en önemli çevresel sorunlardan birini oluşturmaktadır. Bu maksatla; Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumuna bağlı Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Ilgın Linyit İşletmesi sahasındaki 5 farklı lokasyondan alınan gölet su örneklerinin karakterizasyon ve kirlilik düzeyi analizleri yapılarak, belirlenen sonuçlar ilgili yasal yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Asit maden göletlerindeki su karakterizasyon tespit çalışmalarında en önemli parametrelerden olan sülfat değerlerine bakıldığında, en yüksek değerler 1,33 mg/L olarak Gölyaka 1.Gölet ve 1,29 mg/L olarak Gölyaka 2.Göletten alınan örnekler için tespit edilmiştir. Bu değerleri 0,48 mg/L olarak Ocakiçi Göletten alınan örnekler takip etmektedir. Ayrıca; en düşük pH değeri 7,24 ile Ocakiçi gölette ölçülmüştür. KOİ, bulanıklık ve iletkenlik ölçüm değerlerinde de benzer sıralama gözlenmiştir. Yapılan tüm analizlerde 5 lokasyona ait parametrelerin alt ve üst sınır ölçüm değerleri pH 6.49-7.81, bulanıklık (NTU) 0.12-63.6, sülfat içeriği 0.05-2.67 mg/L, KOİ 4-136 mg/L ve elektriksel iletkenlik değerleri 285  $\mu S/cm$ -4.68 mS/cm arasında olduğu tespit edilmiştir. Metal iyon konsantrasyonları analizlerinde ise, en yüksek ölçüm değerleri 1839 ppb Mn Ocakiçi Gölet ve 9777 ppb Fe Gölyaka 2.Gölette Mangan ve Demir parametrelerinde tespit edilmiştir.

Ilgın kömür açık işletmesi göletlerinde herhangi bir asidik durumla ( $pH \leq 3-4$ ) karşılaşılmadığı ve mevcut suların toplumsal amaçlı kullanımı planlanmadığı için, aktif veya pasif arıtma işlemlerine gerek olmadığı uygun görülmüştür. Ayrıca; kömür yapısındaki %1.34-2.32 toplam kükürt içeriği, piritin oksidasyonu sonucu oluşan kısmen yüksek  $Fe^{2+}$  konsantrasyonu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği-SKKY tablosuna göre yapılan değerlendirmelerde tehlike arz edecek konsantrasyonlarda olmadığı tespit edilmiş olup, gölet sularının yine aynı yönetmeliğin Tablo 1: Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri; Demir ve Mangan parametrelerine göre II. Sınıf su kalitesi, pH açısından III. Sınıf (kirlenmiş su) kriteri ve Sülfat, KOİ parametreleri açısından IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) kalitesi özellikleri gösterdiği belirlenmiştir.

Sürdürülebilir ve çevre uyumlu bir madencilik faaliyeti için, Asit Maden Drenajı (AMD) oluşmadan önce tahmin edilmesi, gereken önlemlerin maden arama döneminden maden kapatma dönemine kadar uygulanması ve izlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde; hem çevresel hem de ekonomik açıdan öngörülemeyen problemler yaşanabilmekte, tüm bu sorunlar ilgili çevreyi, bölge halkını ve faaliyet sahibini olumsuz etkilemektedir. Madencilik faaliyetleri sırasında ve sonrasında kısmen bozulan doğal çevrenin yeniden düzenlenmesi ve iyileştirilmesinde temel amaç; bu arazilerin güzel bir peyzaj görünümüne ulaşması kadar, önceki toplumsal kullanım ve ekonomik değerine yeniden kavuşturulması veya daha da geliştirilmesidir. Çok yönlü disiplinler arası çalışmayı gerektiren bu faaliyetler; ancak mevcut yasal, ekonomik ve bölgedeki tüm tarafların ortak sorumluluk duygusu ölçüsünde gerçekleştirilebilir.

M.S. DELİBALTA, N. UZAL, A. LERMİ

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma; Niğde Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince FEB 2013/14 No'lu Proje kapsamında mali yönden desteklenmiştir. Ayrıca, TKİ Kurumu Ar-Ge Daire Başkanlığı tarafından saha çalışmalarını izni verilmiştir. Yazarlar, verilen destekten dolayı her iki kuruma da teşekkürlerini sunar.

## KAYNAKLAR

- [1] PIETSCH, W., Landschaftsgestaltung im Bezirk Cottbus, Dargestellt am Beispiel des Senftenberger Sees, Umweltgestaltung in der Bergbaulandschaft, Akademie Verlag GmbH, Berlin, Germany, 1991.
- [2] ÜNVER, Ö., KARA, D., "Türkiye'de Kömür Madenciligi ve Çevre", TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Madencilik, XXXIII, 3-9, 1994.
- [3] KUZU, C., ÖKTEN, G., NASUF, E., Kömür Ocaklarının Çevre Düzenlemesi, O. KURAL (Editör), Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, (s. 585-601), Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş., İstanbul, Türkiye, 1998.
- [4] DELİBALTA, M.S., UZAL, N., "Kömür Açık İşletme Göletlerinde Su ve Çevresel Etkilerin Analizi", Pamukkale Üniversitesi, Uluslararası V. Jeokimya Sempozyumu, 1-2, Denizli, Türkiye, 2012.
- [5] DÜZGÜN H.Ş., "Maden Kapatma Planlaması ve Doğaya Yeniden Kazandırmanın Temel İlkeleri", 3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 1-16. Ankara, Türkiye, 2009.
- [6] <http://www.ili.gov.tr> (erişim tarihi 14.09.2013).
- [7] ZSCHIEDRICH, K., "Wasserwirtschaftliche Sanierung in der Bergbaufolgelandschaft Mitteldeutschland", LMBV 5. Fachkonferenz, 1-29, Senftenberg, Germany, 2012.
- [8] GÜNDÜZ, O., BABA, A., "Asidik Maden Gölleri ve Çevresel Etkileri", 3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 95-106. Ankara, Türkiye, 2009.
- [9] KARADENİZ, M., "Madencilikte Su Yönetimi", Madencilikte Çevre Yönetimi Semineri, 307-338. Afyonkarahisar, Türkiye, 2012.
- [10] DELİBALTA, M.S., "TKİ-GLİ İlgın Linyitleri İşletmesinin Ekonomik ve Ekolojik Önemi", II. Ulusal İlgın Sempozyumu, 10. Konya, Türkiye, 2013.
- [11] AKKÖZ, Ç., "Çavuşcu Gölü'nün (İlgın/Konya) Bazı Ağır Metal Parametrelerinin Araştırılması", II. Ulusal İlgın Sempozyumu, 40. Konya, Turkey, 2013.
- [12] OSİB, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB), Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, [www.ormansu.gov.tr](http://www.ormansu.gov.tr), Ankara, 33s, 2012.
- [13] TÜBİTAK MAM, TKİ'ye Bağlı İşletmelerde Çevresel Durum Değerlendirme Projesi, İlgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü-ÇE.12.92, 210s., Gebze-Kocaeli, 2012.
- [14] ÇİFTÇİ, H., AKÇIL, A., "Asit Maden Drenajının (AMD) Giderilmesinde Uygulanan Biyolojik Yöntemler", Madencilik, 45, 35-45, 2006.
- [15] KARADENİZ, M., "Sülfürlü Madenlerin Çevre Sorunu: Asit Maden Drenajı", MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 10, 36-43, 2010.