

6-MADENCİLİK AMA NASIL? 6-MINING BUT HOW?

Ali YILMAZ, ylmazali06@gmail.com

ÖZ

Madencilik konusu irdelenirken, 'Genel Giriş' bölümünde, öncelikle bu konunun neden gerekli olduğu, amacı, gerekçesi ve madencilığe dair çerçevenin ortaya koyulmuştur. Genel Giriş bölümünden sonra, madencilığın mevcut durumu çeşitli açılardan değerlendirilmektedir. Bunun için en azından maden kaynaklarının sınıflandırılması/türleri, ülkemiz açısından önemli madenler, bunların potansiyelleri ve ekonomiye katkıları, arama ve işletmelerde yaşanan sorunlar irdelenmektedir. Daha sonra maden politikaları ve bu politikaların maden mevzuatına yansımaları, madencilığın çevresel etkileri ve denetimi ile 'Genel Sonuçlar ve Öneriler' ele alınmaktadır. Sonuç olarak, amaç, sadece sorunları belirlemek değil, aynı zamanda bilim ve teknolojinin eriştiği düzey içinde çevrenin korunması açısından çözüm önerilerini de ortaya koymaktır. Göz ardı edilmemesi gereken önemli bir husus daha vardır: Madencilik, yapıldığı alanda yaşayan halkların refahına bir katkı sağlamıyorsa, yapılan işin hiçbir değeri de olamaz.

Tüm doğal kaynaklar, ancak tüm insanlığın yararı gözetilerek sahiplenilebilir. Bu durum ise ancak, dünya ölçeğindeki çevre bilinci ile sermayenin kâr dürtüsü arasındaki dengenin özenle sağlanması ile gerçekleştirilebilir.

Anahtar sözcükler: madencilik, türleri, çevre, sorunlar, öneriler

ABSTRACT

While scrutinizing the mining topic, first of all, why this issue is necessary, its purpose, reason and the framework for mining should be revealed in the 'General Introduction' section. After the General Introduction, the current state of mining is evaluated from various perspectives. For this, at least the classification/types of mineral resources, important mines for our country, their potentials and their contributions to the economy, problems in exploration and operations are investigated. Then, mining policies and the reflections of these policies on mining legislation, environmental effects and control of mining, and 'General Conclusions and Recommendations' are discussed. As a result, the aim is not only to identify the problems in the mining, but also to propose solutions in the framework of environment within the level reached by science and technology. There is another important point that should not be ignored: If mining does not contribute to the welfare of the people living in the area, the work done do not have any value.

All natural resources can only be taken ownership for the benefit of all humanity. This can only be achieved by maintaining a balance between environmental awareness in the framework of world scale and the profit motive of capital, carefully.

Key words: Mining, types, environment, problems, proposals

GİRİŞ

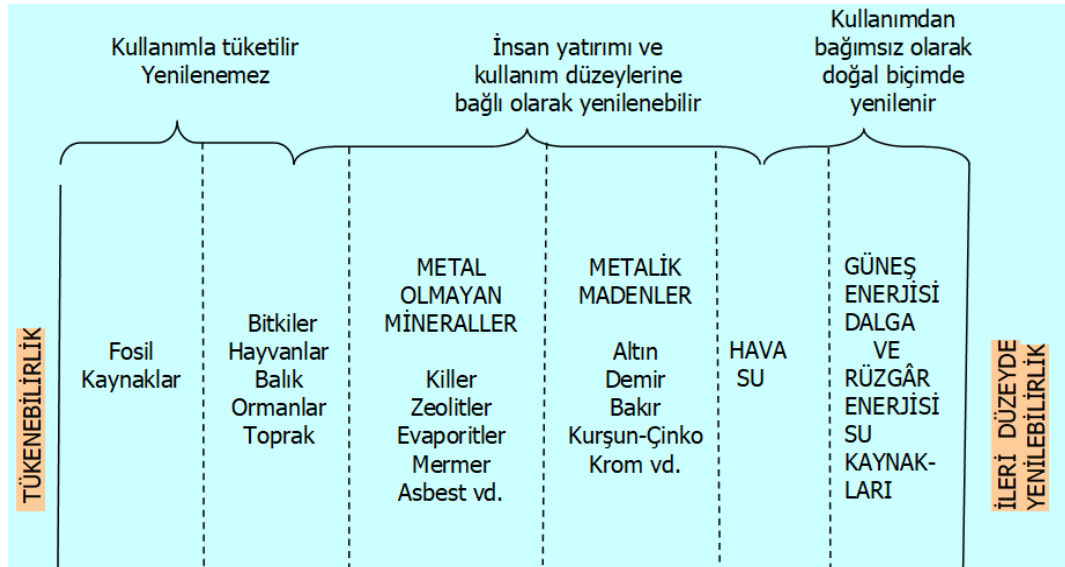
Küreselleşme sürecinde, emperyalist-kapitalist çıkarlara göre biçimlendirilen sosyoekonomik politikalar, doğayı ve yaşam çevremizi derinden etkilemiştir. Bu etkileşimin olduğu alanlardan biri de, ne yazık ki geçmişte ve günümüzde bilinçsiz bir şekilde yürütülen madencilik faaliyetleridir. Yaşadığımız sorunlar, madencilığın en azından doğayı ve çevremizi yaşanamaz bir konuma getirmeden sürdürülmesi için gerekli önlemleri almayı gerektirmektedir. Bir ülkenin kalkınması da, doğayı ve çevreyi korumayı önceleyen madencilik faaliyetlerinin geliştirilmesinden geçmektedir.

Tüm doğal kaynakların uygarlığın gelişmesine olan katkıları yadsınamaz. Ne var ki, söz konusu katkıları sağlamanın yolu, günümüzdeki sömürü dünyasından farklı, yaşanabilir bambaşka bir dünyanın var olduğunun gösterilmesi gerekmektedir. Bunun için çevresel politikaların tarihsel gelişimi, çevre mevzuatında yaşanan sorunlar, çevre sorunlarının ortaya çıkışı ve çeşitli sektörlerdeki boyutları günümüzde izlenen çevre politikalarının siyasal, ekonomik ve sosyal sonuçları açısından değerlendirilmesi, çevre mücadelesini ve çevrenin geleceğini içeren bir değerlendirmenin yapılması zorunludur. Böylesi bir zorunluluğu yerine getirme amacıyla **'Doğa ve Çevre Sorunları'**na ilişkin bir

ana raporun hazırlanmasına gereksinim vardır. Böylesi bir raporda, ortaya çıkan sorunların çözümüne yönelik önerilerin de ortaya koyulması hedeflenmektedir.

Sunulan bu metinde madenler, çevresel etkilerinin boyutları açısından iki kategoride irdelenmiştir. Bunlar metalik madenler ve sanayi hammaddeleridir. Her kategoride, yaygın olan ve ülkemizin kalkınmasına önemli katkısı olan kaynak türleri de ayrıca değerlendirilecektir. Bu çerçevede maden kaynaklarının sınıflandırılması/türleri, ülkemiz açısından önemli madenler, bunların potansiyelleri ve ekonomiye katkıları, arama ve işletmelerde yaşanan temel çevresel sorunlar irdelenecektir.

Şekil 1’de, genel çerçevede bir tarafta, yenilenemez ve tükenebilir nitelikte fosil kaynaklar, diğer tarafta güneş enerjisi ve su kaynakları gibi ileri derecede yenilenebilir kaynaklar yer almaktadır. Ayrıca, doğal kaynaklara dair, kökenini, işletme biçimlerini ve kullanım alanlarını yansıtan bir sınıflama örneği de oluşturulabilir. Ancak, sunulan raporda Enerji kaynakları, ayrı bir başlık halinde irdelenmektedir. Bu bölümde ise, kömürün de bir maden olduğunu göz ardı etmeden, ağırlıklı olarak Metalik madenler ve Sanayi hammaddeleri ele alınacaktır.



Şekil 1. Doğal kaynakların süreklilik içinde yenilenebilirlik derecesini ve geçişini sunan sınıflama (Mather ve Chapman, 1998).

Metalik madenler denilince, başlıca altın, demir, krom, bakır, kurşun, çinko, nikel, tungsten gibi kaynaklar anlaşılmaktadır. Bu kaynakların uygarlığın gelişmesine olan katkıları yadsınamaz. Ancak metalik madenlerin aranması (özellikle galeri açma ve sondaj çalışmaları), işletilmesi ve cevher zenginleştirme evrelerinde çevrenin önemli boyutlarda kirlendiği görülmektedir. Dolayısıyla, çevre açısından metalik madenlerin değerlendirilmesine yönelik tepkiler diğer kaynakların değerlendirilmelerine de yansımıştır.

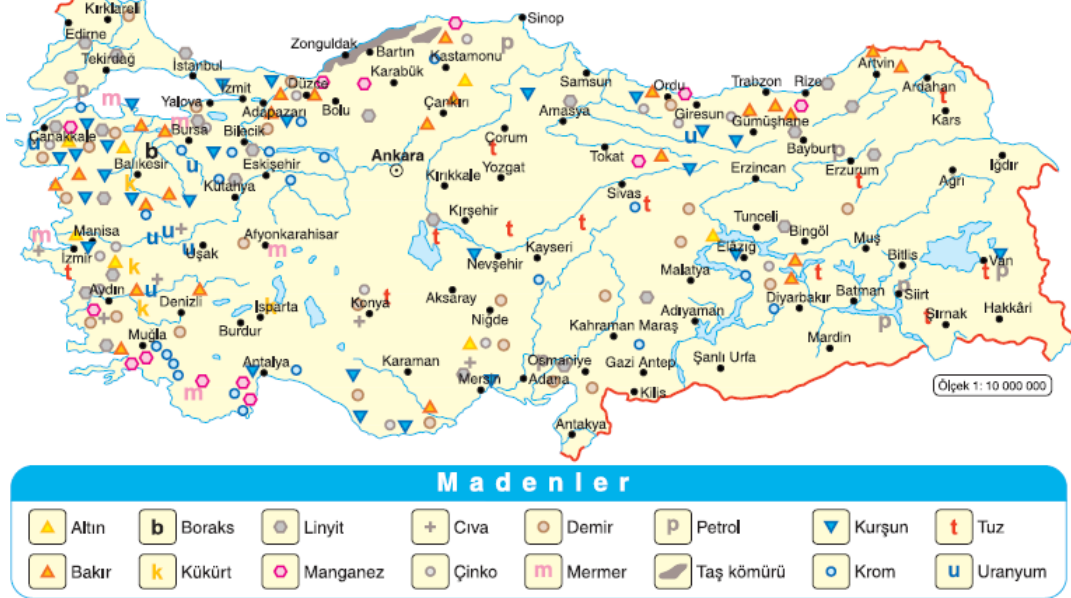
Sanayi hammaddelerinin başlıca örnekleri, killer (özellikle kaolen ve bentonit), zeolitler, evaporitler (özellikle alçıtaşı, bor ve trona), mermer, diatomit, pomza, perlit, asbest ve diğerleri sayılabilir. Sanayi hammaddelerinin aranması, işletilmesi ve zenginleştirme evrelerinde önemli çevresel sorunlar yaşanmamaktadır. Dolayısıyla çok büyük işletmeler hariç, diğer işletmeler için ÇED’in Seçme - Eleme ölçütleri uygulanmaktadır.

Sanayi hammaddelerinin üretim süreçlerinde ortaya çıkan çevresel sorunlar büyük ölçüde denetlenebilmektedir. Ancak asbest gibi, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler olan sanayi hammaddeleri, doğrudan temel ÇED süreçlerine titizlikle uyarak değerlendirilmelidir. Killer ve özellikle zeolitler ise çevre sorunlarını yaratmaktan çok, çevre sorunlarının çözümünde kullanılan önemli kaynaklardır.

ÜLKEMİZ AÇISINDAN ÖNEMLİ MADENLER, BUNLARIN POTANSİYELLERİ VE EKONOMİYE KATKILARI

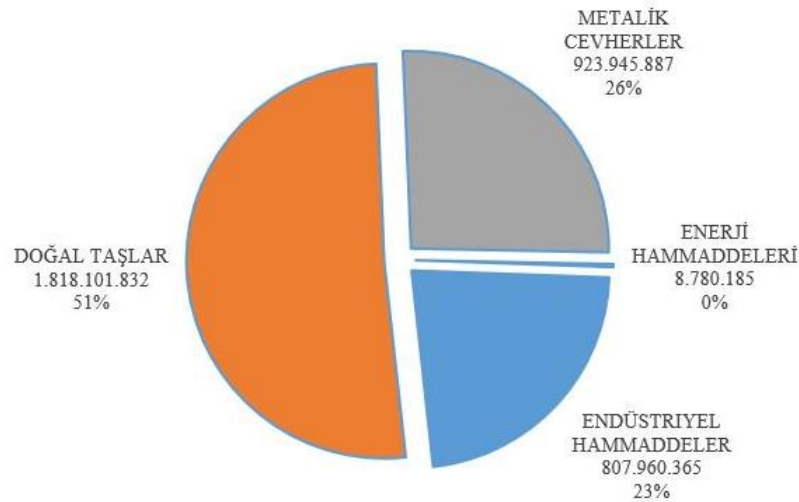
Anadolu'da madencilik binlerce yıl önce başlamış, M.Ö. 7000 yıllarında saf bakır, M.Ö. (3000-1200) yılları arasında tunç yaygın olarak kullanılmıştır. Daha sonra Hititler, Urartular, Frigyalılar ve Lidyalılar Anadolu'da çeşitli maden yataklarını işletmiş, metallere yapıları para basıp kullanmışlardır.

Ülkemizde en çok bor, linyit, krom, demir, bakır ve alüminyum gibi madenler çıkarılmaktadır. MTA başta olmak üzere, Türkiye'de yapılan çalışmalar, çok eski çağlardan bu yana maden yatakları yönünden zengin bir ülke olduğumuzu göstermektedir (Şekil 2).



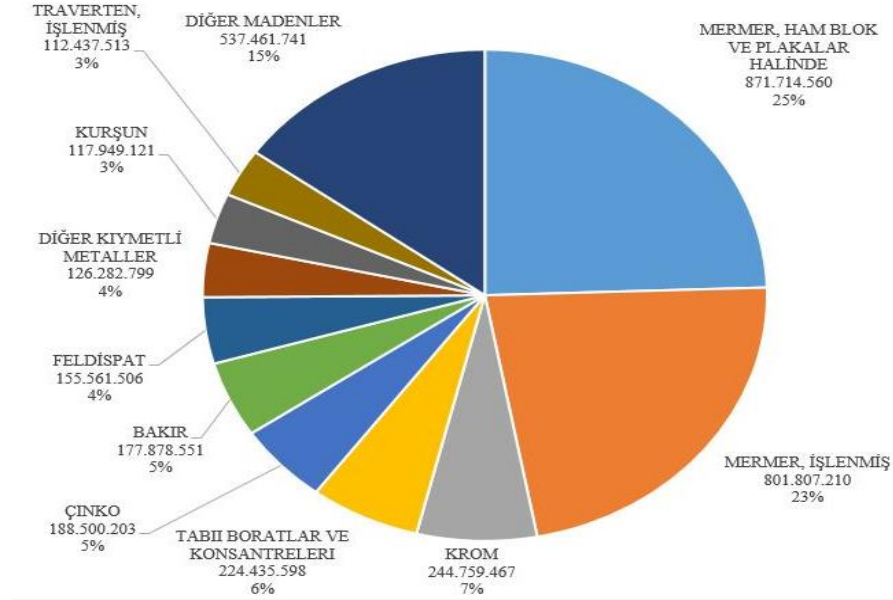
Şekil 2. Türkiye'de en çok bulunan madenler haritası (<https://cografyatir.com/haber/75/turkiyede-en-cok-cikarilan-madenler-ve-madenlerin-cikarildiklari-yerler.html>; 01 Haziran 2019, saat 11.35).

TÜİK verilerine göre 2016 yılında 143.557.354.654 \$ olarak gerçekleşen ülkemiz toplam ihracatından %2,49 pay alan madencilik sektörü ihracatı, bir önceki yıla göre %1 düşüşle 3.558.788.269 \$ olarak gerçekleşmiştir. İhracatın % 51,08'i doğal taşlar, %25,95'si metalik madenler, %22,7'si endüstriyel hammaddeler ve geri kalan %1'den az bir kısmı ise enerji hammaddelerinden oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. İhracatın maden gruplarına göre dağılımı (değer \$)
(<http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/2016-maden-ihracat-degerleri>
31 Mayıs 2019, saat 12.10).

Maden ihracat ürünlerini değer (\$) bazında ilk 10 ürünü incelediğimizde sıralama; Mermer ve Traverten ham blok ve plakalar halinde, İşlenmiş Mermer, Krom, Tabii boratlar ve konsantreleri, Çinko, Bakır, Feldspat, Diğer kıymetli metal cevherleri ve zenginleştirilmiş kıymetli metal cevherleri, Kurşun, İşlenmiş Traverten şeklindedir (Şekil 4). İlk 10 üründe toplam 3.021.326.528 \$ ihracat geliri elde edilmiştir. Toplam maden ihracatımızın 3.558.788.269 \$ olduğu durumda ilk 10 ürün %84,89 paya sahiptir.



Şekil 4. *İhracatta ilk on maden (değer \$)*
(<http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/2016-maden-ihracat-degerleri>
31 Mayıs 2019, saat 12.10).

1996-2016 yılları arasında madencilikğin ithalat ve ihracattaki payları Çizelge 1'de görülmektedir. Buna göre, Türkiye'nin toplam ihracatında madenlerin payı %1 ile %2 civarındadır. Bu nedenle bazı madenler ithal edilmektedir. 2015 yılı ithalatımızda madenlerin payı %13 civarındadır. Buna göre madencilik alanında ülkemiz, dış ticaret açığı vermektedir.

Çizelge 1. *Bazı yıllara göre ithalat ve ihracatta madencilikğin payı*
(<https://www.cografyaci.gen.tr/madenciligin-turkiye-ekonomisindeki-payi-nedir/>. 31 Mayıs 2019)

Yıllar	Toplam İhracat (Milyon \$)	Toplam Madencilik İhracatı (Milyon \$)	İhracatta Madencilik Payı (%)	Toplam İthalat (Milyon \$)	Toplam Madencilik İthalatı (Milyon \$)	İthalatta Madencilik Payı (%)
1996	23.224.465	368.625	1,58	43.626.642	5 081 960	11,64
1998	26.973.952	363.652	1,34	45.921.392	3.747.471	8,16
2000	27.774.906	400.269	1,44	54.502.821	7.096.767	13,02
2002	36.059.089	387.193	1,07	51.553.797	7.192.305	13,95
2004	63.167.153	649.237	1,02	97.539.766	10.980.937	11,25
2006	85.534.676	1.146.326	1,34	139.576.174	22.033.762	15,78
2008	132.027.196	2.155.150	1,63	201.963.574	35.649.704	17,65
2010	113.883.219	2.687.124	1,89	185.544.332	25.932.549	13,97
2012	152.461.737	3.160.765	2,07	236.545.141	42.246.825	17,85
2016	142.529.584	2.676.815	1,87	198.618.235	19.008.899	9,57

Türkiye, ihraç ettiği madenlerden elde ettiği gelirin yaklaşık yarısını mermerden elde etmektedir. Elde edilen gelir bakımından mermeri bakır, krom ve çinko izlemektedir. Ayrıca Türkiye dünya bor yataklarının %73'üne sahiptir. Özelleştirme odağındaki bu kaynağın kullanım alanları oldukça geniş olup, ülkenin geleceği açısından stratejik bir öneme sahiptir (JMO, 2010). En çok ithal edilen madenler ise taş kömürü ve demirdir. Ancak, madencilikte giderek dışa bağımlılık artmakta ve her geçen yıl daha büyük bir bedel ödenmektedir.

Yukarıda öz olarak sunulan bilgilere göre, madencilğin beşiği olan ülkemizde, madencilğin doğru dürüst bir politikasının da olmadığı ve maden potansiyelimizi değerlendirmede ciddi sorunlar yaşandığı söylenebilir. Stratejik madenlerimize ilişkin politikaların ulusal ve bilimsel bir yaklaşımla oluşturulması zorunludur. Aksi halde, zengin kaynakların üzerinde ser sefil yaşamak gibi olumsuz koşullarla karşı karşıya kalma olasılığımız vardır.

MADENCİLİK FAALİYETLERİNDE KARŞILAŞILAN TEMEL SORUNLAR

JMO (2017) tarafından gerçekleştirilen 1. Çevre Jeolojisi Çalıştay'ında Madencilik faaliyetlerinin çeşitli evrelerinde yaşanan sorunlar üç başlık altında irdelenmiştir:

- 1-Teknik sorunlar,
- 2-Yasal sorunlar,
- 3-Eğitimden kaynaklanan sorunlar.

Teknik Sorunlar

Arama Evresi

İleride karşılaşılabilecek çevresel ve sosyal sorunlarla baş edebilmek için daha işin başından itibaren hazırlıklı olmak üzere yararlanılması gereken en önemli evrelerden biri de madencilik faaliyeti arama dönemidir. Bunun yolu da maden arama ile görevli jeoloji mühendislerinin sahadaki ilk halkla ilişkiler çalışmalarını ve ÇED hazırlıklarına yönelik olarak asit kaya drenajı (AKD), yeraltı suyu ve jeoteknik hakkında ilk gözlemleri yapmasından geçer.

Bir maden, maden jeolojisi ve maden işletmeciliğine ait teknik özellikler bakımından uygun olsa bile, kimi zaman, çevresel ve sosyal nedenlerle işletilemeyecek bir keşif "cevherleşmeden" öteye "maden yatağı" kavramına geçemez. Bu nedenle, ileride bir madencilik projesine dönüşebilecek olan bir sahada, daha arama evresinde mevcut çevresel durumun belirlenmesi gerekmektedir.

Planlama ve Hazırlık (Fizibilite) Evresi

ÇED süreci, ilerideki maden işletmesine yönelik teknik hazırlıkların yapıldığı bu evrede ve kesinlikle fizibilitenin sonlanmasıyla önce tamamlanmalıdır. Bir genellemeyle ÇED ne yazık ki madencilik faaliyetlerindeki taraflar, madenciler de bunun içinde, tarafından tam olarak anlaşılamamaktadır. Bir projenin yatırımı aşamasında veya işletme döneminde ÇED Raporu'na yazılmış olanlar belirleyici olmaktadır. ÇED kararını alalım diyerek gerçek olmayan bilgilerin rapora koyulması ve uygulanamayacak veya uygulanmayacak taahhütlerin verilmesi de yatırımcıyı ilerideki aşamalarda sıkıntıya sokmaktadır.

Özellikle yer seçimi, yöredeki hem yüzey hem de yeraltı suyunun rejimi, sahanın jeoteknik özellikleri, maden atıklarının karakterizasyonu ile depolanacağı yer ve kimyasal kirlenmelerin çevreye nerede ve nasıl sızabileceği hakkında bilgi toplamak, incelemek ve değerlendirmek bakımından çevre jeolojisi birikimlerinden zorunludur. Bu nedenle ÇED sürecinde, farklı uzmanlık alanlarındaki jeoloji mühendislerinin katkısından yeterince yararlanılması gerekmektedir.

Ocak İşletme, Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme Evreleri

Bu evrelerde çevre jeolojisi bakımından en önemli sorunlar, yüzey ve yeraltı suyu kirlenme riski ile jeoteknikten ve maden atıklarının depolanmasından ileri gelmektedir.

Hem projenin geleceği hem de çevreye olabilecek ters etkiler açısından bir maden işletmesinde daha planlama aşamasından itibaren dikkate alınması gereken en önemli konuların başında su yönetimi gelmektedir. Yüzey sularının maden sahasına girmesinin önlenmesi, maden işletmesinin gereksinim duyduğu suyun temini, maden işletmesi nedeniyle yüzey ve yeraltı suyu rejimine müdahale

edilmesi, bu suların azalması veya kirlenerek kullanılamaz hale gelmesi su yönetiminin önemini belirten hususlardan birkağıdır.

Jeoteknik bakımından dikkat edilmesi gereken en önemli nokta işletme nedeniyle çevredeki kayaların fiziksel stabilitesinin bozulması ve maden tesislerinin tehdit altına girmesidir. Bu nedenle, tesis yerleşim yerinin seçilmesinde yöredeki kayaların özellikleri ile yörenin yapısal ve zemin özellikleri dikkate alınmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer konuda yörenin depremselliğidir. Öte yandan aşırı yağış hem zeminde hem de pasa ve atık yığınlarında hem fiziksel hem de kimyasal stabiliteyi bozarak kirlenmeye ve aşırı erozyona yol açarak maden sahalarında sorun çıkarabilir.

Ülkemiz 2014 yılında Soma ve Ermenek'te iki büyük iş kazası yaşamıştır. Manisa Soma'da Soma holding'e bağlı Soma kömür işletmeleri AŞ.'nin işlettiği Eynez Karanlıkdere yeraltı kömür ocağında 13 Mayıs 2014'de meydana gelen faciada resmi rakamlara göre aralarında 5 mühendisin de olduğu 301 maden emekçisi yaşamını yitirdi. Facianın, eski ocak panolarında kömürün oksitlenmesi sonucu kızışmasına bağlı gerçekleştiği, bu durumun işletmede izleme ve denetimin yeterince ve sağlıklı olarak yapılmadığı ve bu sürecin zamanla büyümesinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (JMO, 2014). Diğer önemli bir neden de, TKİ tarafından yapılan rödovans anlaşmalarında işletme sahiplerinde 'kömür alım garantisı' verilmesinin işverenleri işletmelerde gerekli güvenlik önlemlerini almaksızın aşırı üretim yapmaya teşvik ettiği, bu durumun da güvenlik-üretim miktarı arasındaki zincirin kırılmasına yol açmasıyla ilgili olabilir. Bu facianın unutulmaması için her yıl anılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Soma faciasının ikinci yıldönümü

(<http://www.haber7.com/guncel/haber/1946213-soma-maden-faciasinin-yil-donumu-soma-sehitleri-aniliyor>; 01 Haziran 2019, saat 15.30).

Kahramanmaraş Afşin-Elbistan B Termik Santraline kömür sağlayan Çöllolar Kömür Sahasında meydana gelen heyelan sonucu, 9 maden emekçisinin heyelan sonucu kayan malzemenin altında kaldığı faciayla ilgili olarak teknik bir inceleme yapılmıştır (Şekil 6). Yapılan incelemede sonuç olarak, iş cinayetlerine dönüşen maden facialarının yaşanmasının kader olmadığını belirtiyor ve insanı merkezine alan politikalara, jeoloji bilim ve mühendisliğine, gerekli önemin verilmesi halinde jeolojik tehlike ve risklerin engellenmesinin mümkün olduğu ifade edilmiştir (JMO, 2011).

Bu kazaların en önemli nedeninin, devletin denetleme görevini gerektiği şekilde yerine getirememesi ya da getirmemesi olduğu açıktır. Bir ülke düşünün ki, yetkililer, iş kazalarını 'işin fitratıyla' ilişkilendirirken, nükleer enerji santralinin patlama riski ile mutfak tüpünün patlama riskini karşılaştırabilmektedir. Oysa madencilik faaliyetlerini hem insani hem de doğa kaynaklı riskleri gözeterek planlamak gerekmektedir.



Şekil 6. Çöllolar sahasındaki batı şevindeki yüksek ve oldukça dik açılmış basamaklardan bir görünüm (JMO, 2011).

Maden işletmesinden kaynaklanan maden atıkları da bu evrede önemli bir sorundur. Gerek fiziksel stabilite gerekse yöredeki suya ve kayalarla sızıntı bakımından maden ocağı atıkları ile proses atıklarının depolanacağı yerlerin yer seçiminde kesinlikle çevre jeolojisi bilgisinden yararlanılmalıdır. Maden atıkları konusundaki en büyük sorunlardan birisi olan ve kimyasal stabilitenin bozulduğu anlamına gelen Asit Kaya Drenajı (AKD), başladıktan sonra bitirilmesinin çok güç olması ve geniş bir alana zarar vermesi nedeniyle arama evresinden itibaren özel önem verilmelidir. Bir maden işletmesinde AKD'ye neden olabilecek S-2 içeren cevher veya kayanın varlığının belirlenmesi açısından atık karakterizasyonu son derece önemlidir.

Her işletmesinin mutlaka bir acil eylem planı olmalıdır. İşletme evresinde, ÇED taahhütlerine uyulması ve madencilik çalışmaları sırasında gerekli ölçümler yapılmalıdır. Özellikle tesislerin oturduğu zemin özelliklerindeki değişimler sürekli izlenmeli ve kayıt altına alınmalıdır.

Kapatma, Doğaya Kazandırma ve Geri Dönüşüm Evresi

Madencilik her ne kadar toplumun ihtiyaçlarının temininde temel sanayi dalı ise de diğer sanayi dallarının olmadığı kadar büyük güçlükler ile karşı karşıyadır. Madencilik "kirli, tehlikeli ve uzak durulması gereken" bir faaliyet olarak kamuoyuna sunmaktadırlar. Madencilikğin çevre ile uyumsuz bir sanayi dalı olduğu algısının temelindeki nedenlerden birisi geçmişte işletilmiş maden tesislerinin hiçbir önlem almaksızın olduğu gibi terk edilmesidir.

Bir madenin kapatılması ve sahanın terk edilmesi uygun ve etkin bir biçimde yapılmaz ise o maden, ilerideki birçok yıllar boyunca tehlike ve kirlilik kaynağı olmayı sürdürecektir. Maden kapatma planının bütün hedefi uzun vadeli çevresel, fiziksel, sosyal ve ekonomik olumsuz etkileri önlemek ya da en aza indirmek ve sahayı, işletme sonrasındaki kullanıma uygun bir duraylı arazi biçimine getirmektir. Üretimi tamamlanmış bir maden tesisinin nasıl kapatılacağı ve doğaya kazandırılacağı sorusunun yanıtı da çevre jeolojisi bilgisinde saklıdır.

Bu evreye ait sorgulanması gereken önemli konulardan birisi de "Terk Edilmiş Madenler" konusudur. Bu tür madenler ve atıkların bir ekonomik potansiyele sahip olup olmadıkları ve bu durumda ekonomiye kazandırılması için ne yapılabileceğinin araştırılması önemlidir. Ülkemizdeki terk edilmiş madenler ve bunların cüruf ile pasaları konusunda en sağlıklı çalışmanın, kapasite açısından, MTA Genel Müdürlüğü uzmanları tarafından yapılabileceği açıktır.

Yasal Sorunlar

Yine TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından 2015 yılında düzenlenen Madencilik ve Madencilik Sektöründe Yaşanan Sorunlar Çalıştay'ının Madencilik ve Çevre oturumunda ele alınan

konulardan birisi Madencilik ve Çevre Mevzuatı olmuştur. Katılımcıların görüşlerini belirtmesinden sonra mevcut çevre mevzuatının tercüme edilerek alınması yerine, ülkemiz koşullarına uygun hazırlanmasının esas olduğu vurgulanmıştır. Uygulamada bazı tutarsızlık ve çelişkiler olduğu ve denetimlerde yetersizlikler bulunduğu rapor edilmiştir. Yine bu çerçevede olmak üzere kamu kurumları arasında iletişimsizlik ve koordinasyon eksikliği olduğu ile görev, yetki ve sorumluluk karmaşası bulunduğu da belirlenmiştir. Bu konu, bir sonraki alt bölümde ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Eğitimden Kaynaklanan Sorunlar

Çevreyle ilgili tüm sorunların temelinde eğitim eksikliğinin önemli bir payı vardır. İzinleri veren ve denetlemekle görevli kamu kurumlarındaki görevlilerin, madencilik faaliyetini yürüten şirketin bünyesindeki çalışanların, STK'lardaki gönüllü hizmetlilerin ve yöre halkının eğitim eksikliği bir araya geldiğinde korkutucu bir görüntü ortaya çıkmaktadır. Eğitimdeki bu eksikliği giderebilmek için üniversitelerde, hem lisans hem de lisansüstü evrelerde, kurumlarda meslek içi eğitim düzeyinde ve halka yönelik olarak kurslar biçiminde programlar düzenlenmelidir.

Jeoloji eğitiminde çevrenin yerinin ne olması ve hem temel eğitim hem de meslek içi eğitim programlarının nasıl düzenlenmesi gerektiğinin belirlenmesi bu çalıştayın en önemli kazanımlarından birisi olacaktır.

MADEN POLİTİKALARI VE BU POLİTİKALARIN MADEN MEVZUATINA YANSIMALARI

Madencilik ve Madencilik Sektöründe Yaşanan Sorunlar Çalıştay'ında (JMO, 2015) tanımlandığı gibi, 3213 sayılı Maden Kanunu'nda "Yer kabuğunda ve su kaynaklarında tabii olarak bulunan, ekonomik ve ticari değeri olan petrol, doğalgaz, jeotermal ve su kaynakları dışında kalan her türlü gereç **"maden"** olarak kabul edilmektedir. Madencilik beşiği kabul edilen Anadolu'da madencilik faaliyetleri, Neolitik dönemde başlamış ve günümüzde de kum-çakıl ocaklarından altın aramalarına kadar çok farklı sektörlerde geniş bir çalışma alanını oluşturmaktadır.

JMO'nun (2015) Madencilik ve Madencilik Sektöründe Yaşanan Sorunlar Çalıştay'ında belirlediği tespitlere göre, mevcut sorunlar ve bu sorunların çözümüne dair öneriler, öz olarak ortaya koyulmuştur:

1-Büyük maden işletmelerinin önünü açacak düzenlemelerin yapılması (tesisleşmenin, yüksek mali ve teknik kapasitelerin madencilik yöneltmesinin sağlanması amacıyla geniş alanlarda arama yapılması ve işletme ruhsatı verilmesi gerekmektedir),

2-Aramaların kamu yararı faaliyetler olarak görülmesi (Maden arama ruhsatları kolayca verilmeli ve teşvik edilmelidir. Çünkü görünür rezervi tespit edilen madenin yerüstünde bulunan değerler ile kıyaslanarak hangisinde kamu yararı olduğuna karar vermek mümkündür),

3-Tek bir yerden izinlerin alınması (Maden ruhsat sahiplerinin MİGEM'den ruhsat aldıktan sonra en az 20 yerden daha izin alması gerekmektedir. Bu durum madencilik yatırımlarını geciktirmekte, emek ve mali israfa neden olmaktadır. Bunu önlemek amacıyla ÇED, işyeri açma ve çalışma ruhsatı, iş sağlığı ve güvenliği, çevre, mülkiyet ve benzeri konuları inceleyip değerlendirmesi ve tek bir otorite tarafından karar verilmesi yönünde düzenleme yapılmalıdır),

4-Aynı konuları inceleyip değerlendiren ÇED ile işyeri açma ve çalışma ruhsatı uygulamalarının tek bir çatı altında toplanarak özellikle ÇED Olumlu Belgesi alan işletmelerin işyeri açma ve çalışma ruhsatı almış olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

5-İhtisas mahkemelerinin kurulması (Maden Kanununun özel bir Kanun olması nedeniyle uzmanlığı olmayan mahkemelerde madencilik biliminin bilinmeyen yönlerinin çok olması ve bir davanın en az beş yılda sonuçlanması nedeniyle daha hızlı ve doğru karar verilmesinin İhtisas mahkemeleri kurularak sağlanması gerekmektedir),

6-İzin süreçlerinin eş zamanlı yürütülmesine olanak sağlanması (Maden ruhsat sahipleri, mera tahsis değişikliği yapmak, orman izni ve iş yeri açma ve çalışma ruhsatı almak üzere başvuru yaparken ÇED belgesi istenilmektedir. Bu durumda ruhsat sahibi ÇED için yaptığı başvurunun sonuçlandırılarak alınmasını müteakip diğer izinlere başvurabilmektedir. Uzun zaman alan Bu durum yerine, ÇED ve izin süreçlerinin eş zamanlı olarak başlatılması suretiyle daha kısa sürede izinlerin alınması sağlanmalıdır.

7-2012/15 sayılı Başbakanlık Genelgesinin yürürlükten bir an önce kaldırılması, (Söz konusu genelge Anayasa ve Kanunları hiçe saymakta, normlar hiyerarşisine aykırılık teşkil etmekte, keyfi

uygulamalara, iş ve işlemlerin gecikmesine neden olmakta, ayrıca ruhsat sahiplerine eşitlik ilkesi çerçevesinde uygulanmamaktadır) gerekmektedir,

8-Ruhsat güvencesinin sağlanması kapsamında ruhsat sahasından üretilen madene yönelik bir tesis var ise ruhsat iptalleri kaldırılmalı, aykırı faaliyetler için mali yaptırımlar uygulanmalıdır,

9-Madencilik faaliyetleri teşvik edilmelidir (Petrol Kanunundaki gibi aramalara teşvik kapsamında KDV istisnası getirilmelidir. Sanayide kullanılan madenler teşvik edilmelidir. Maden grubuna bakılmaksızın uç ürün haline getirilebilen madenlerin hepsinin teşvik kapsamında değerlendirilmesi zorunludur),

10-Maden Kanununda beyanın etkinliğinin sağlanması zorunludur (Maden ruhsat sahiplerince yapılan beyanların aksi ispat edilene kadar doğru kabul edilmesi gerekmektedir), Maden projelerindeki ve denetimlerdeki eksiklik ve yetersizlik MİGEM'in güçlendirilmesi ve standardının yükseltilmesi ile sağlanmalıdır,

11-Kamu ya da özel ayrımı yapılmadan hak edene buluculuk hakkı verilmelidir. Üzerinde tesis bulunan ruhsatlarda bu tesisin ekonomik ömrü göz önünde bulundurularak ruhsat süreleri buna göre belirlenmelidir. Maden Kanununda proje değişikliğinden kastedilen niyet belli değildir. Bunun yönetmelikte açıklanması gerekir,

12-Kamu yatırımları ile madencilik faaliyetlerinin çakışması halinde maden arama ruhsat sahibine görünür rezervi ortaya çıkarabilmesi için bir yıl süre verilmelidir,

13-Maden işletmelerinde MİGEM tarafından; kaçış yolu, havalandırma, tahkimat, alev sızdırmazlık, gaz durumu ve degaj sondajlarının denetimini yapmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği kapsamındaki diğer hususlar Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca denetlenmelidir,

14-MİGEM'in yer altı ocaklarını denetleyen mahallinde tetkik heyetlerinde görevlendirilen maden ya da jeoloji mühendislerinden en az birinin A sınıfı iş güvenliği uzmanı olması zorunlu kılınmalıdır. MİGEM'de özellikle iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili denetimleri yapmak ve koordine etmek üzere ayrı bir birim oluşturulmalıdır,

15-Ülkemizde maden sahalarında olan kazalar göz önünde bulundurulduğunda jeoloji mühendisi eksikliğinin tamamlanması gerektiği görülmektedir. Bu nedenle yeraltı işletmelerinin denetimlerinde maden mühendisi ile birlikte jeoloji mühendisinin yer alması zorunlu olmalıdır,

16-MTA'nın, MİGEM'in ihale programındaki sahaları istediği gibi alması sahaların arama yapılmadan uzun yıllar atıl kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, MTA özel sektörle aynı şartlara haiz olarak ruhsat alabilmelidir,

17-İhalelik sahalar, havza bazında ihale edilmelidir. İhale programı hazırlanırken mevsim şartları ve coğrafik bölgeler göz önünde bulundurulmalıdır. Maden sahalarının ihalesinde amaç, sahada arama yaparak bulunan madene yönelik işletme yapacak kişiye vermek olmalıdır. Bunun için taban ihale bedeli düşük olmalıdır,

18-Hükümden düşen sahalar, belirli bir sürede ihale edilmez ise aramalara açık hale gelmelidir. Rödövanşçılar, Maden Kanunu karşısında ruhsat sahibi ile müteselsilen sorumlu olmalıdır.

19-Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı içinde madencilik, enerjinin gölgesinde kalmaktadır. Bu nedenle, Jeoloji ve Madencilik Bakanlığının kurulması zorunludur.

20-Maliye Bakanlığında vadesi geçmiş borç durumunu gösteren belge istenilmesi, sürelerle bağlı olarak uygulanan Maden Kanununun uygulanmasını engellemektedir. Bu belgenin ruhsat sahibinden istenilmesinden vazgeçilmelidir.

Özellikle son yıllarda istatistiklere göçükler, grizu patlamaları ve/veya iş kazası olarak geçen ve ne yazık ki birçoğu gerçekte "iş cinayetleri" olan, her yıl onlarca emekçinin hayatına mâl olan trajik kazalarla ve çevre sorunları ile karşı karşıyayız. Ne var ki, kamuoyunun dikkatini çeken madencilik; meşakkatli ve yoğun emek isteyen, ülke ekonomisine büyük katkıları olan ve geniş istihdam alanları yaratan bir sektördür. Yukarıda sunulan tespitler ve öneriler irdelendiğinde, ülkenin maden yasasının bir türlü mevcut sorunları çözemediği ve doğru dürüst bir maden politikasının olmadığı açıkça görülmektedir.

MADENCİLİĞİN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE BU ETKİLERİN DENETİMİ

Nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve buna bağlı sanayileşmenin yanı sıra kentleşme ve turizm alanlarındaki gereksinimler dolayısıyla doğal kaynakların kullanımını giderek artırmaktadır. Doğal kaynakların ürüne dönüşmesi genel olarak madencilik faaliyetleri sayesinde olmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin üretim süreçlerinde doğal olarak çevreyi olumsuz yönde etkilenmektedir. Ancak bu etkilerin denetimi kısmen de olsa mümkündür.

Madencilik, sahada aranıp bulunan bir madenden, evimizde kullandığımız ürüne dönüşüncüye kadar birçok evreleri kapsamaktadır. Bu evrelerin irdelenmesi ise çok disiplinli ve çok yönlü bir çaba gerektirmektedir. Dolayısıyla, bu bölümde, madencilik faaliyetlerinin arama, planlama ve hazırlık, ocak işletmesi, cevher zenginleştirme ve izabe (metalürjik) ile işletme sonrası iyileştirmeye dair evrelerin ayrı ayrı tanıtılmasında yarar görülmektedir. Çünkü her evrede çeşitli çevresel etkiler ortaya çıkmakta ve bu etkilerin denetimi de gereklidir. Bu çerçevede üretilen bilgiler, kaynaklara ilişkin faaliyetlere dair Çevresel Etki Değerlendirmesi raporlarının hazırlanmasında, bir temel olarak kullanılabilirler.

ARAMA VE ÜRETİM SÜREÇLERİNİN EVRELERİ, ÇEVRESEL ETKİLER VE DENETİM ÇALIŞMALARI

Madencilik çalışmalarının bir düzen içinde yapılması gerekir. Madenler ancak bulundukları yerde işletilebilirler ve madencilik, toprağın geçici bir süre için kullanımına yönelik bir süreçtir. Madencilik faaliyetleri, başlangıcından maden üretimine son verilmesine kadar çeşitli evrelerde sürdürülür. Madenin öncelikle aranıp bulunması ve ekonomik olup olmadığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Planlama ve hazırlık evresinde (fizibilite) ÇED ve ÇED' e dayalı tüm işlemlerin tamamlanmasında yarar vardır. Daha sonra sıra ile işletme evresi yani ocak işletmesi evresi (açık işletme ya da yeraltı işletmesi), cevher zenginleştirme evresi (gravite, flotasyon, manyetik seperasyon gibi), İzabe (Metallurjik) evresi ile işletme sonrası iyileştirme evresi (Kapatma, doğaya kazandırma ve geri dönüşüm) izlenir. Bu evreler sıra ile aşağıda sunulmuştur (JMO, 2017):

- 1- Arama,
- 2- Planlama ve hazırlık (fizibilite),
- 3- İşletme (açık ocak, yeraltı ve çözelti işletme),
- 4- Cevher hazırlama ve zenginleştirme,
- 5- İzabe (Metallurji),
- 6- İşletmeler sonrası iyileştirme (Kapatma, doğaya kazandırma ve geri dönüşüm).

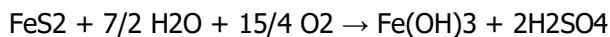
Söz konusu evrelerin her birinin tanıtılmasında yarar vardır. Çünkü bu evreler hakkında bilgi sahibi olmadan çevrenin korunmasına yönelik adımlar atılamaz. Örneğin, bu evrelerin her birinde de toprak, su ve hava kirlenebilir. Ekolojik sistem, doğal ve kültürel yapılar ile sosyoekonomik sistem zarar görebilir. Bu evrelerin tamamında yürütülen çalışmalar sırasında çevre jeolojisi bilgisi dikkate alınmadığı takdirde çevreye kalıcı zararların verilmesi olasıdır. Bu bakımdan, henüz maden üretiminin başlamadığı ilk iki evrede, yani arama ve fizibilite evrelerinde, çevre jeolojisine dayalı bilgi üzerine kurulacak bir işletme planlaması ile söz konusu çevresel sorunları belirlemek mümkündür.

Arama evresi

Yukarıda da belirtildiği gibi, ileride karşılaşılabilecek çevresel ve sosyal sorunlarla baş edebilmek için daha işin başından itibaren hazırlıklı olmak üzere yararlanılması gereken en önemli evrelerden biri de madencilik faaliyeti arama dönemidir. Bunun yolu da maden arama ile görevli jeoloji mühendislerinin sahadaki ilk halkla ilişkiler çalışmalarını ve ÇED hazırlıklarına yönelik olarak **asit kaya drenajı (AKD), yeraltı suyu ve jeoteknik** hakkında ilk gözlemleri yapmasından geçer. Asit Kaya Drenajı oluşumunu yansıtan su akışından bir görüntü Şekil 7'de görülmektedir.

İleride bir madencilik projesine dönüşebilecek olan bir sahadaki arama evresinde, asit kaya drenajı oluşumu ile ilişkili çevresel durumun belirlenmesi gerekmektedir (JMO, 2017). Cevherleşmenin potansiyelini belirlemek üzere yolların ve ilk galerinin açılması ile ilk sondajların yapılması arama evresinin bileşenleridir.

Madencilik faaliyetinin çevreye olabilecek en önemli ve ciddi olumsuz etkisi, Asit Kaya/Maden Drenajı (AKD/AMD) sırasında olmaktadır. Bu evrede, cevher ve yan kayada bulunan sülfid minerallerindeki (özellikle pirit olmak üzere, sırasıyla kalkopirit, bornit, galenit, sfalerit, arsenopirit, markazit vb) toplam kükürt (S-2) içeriğinin oksijen (hava) ve nem (su) ile aynı anda teması sonucunda sülfürik asit oluşturmaktadır (Environment Australia, 1997; JMO, 2017'den):





Şekil 7. *Asit Kaya Drenajı oluşumunu yansıtan bir su akışı* (Environment Australia, 1997; JMO, 2017'den).

Bu sırada ortamın pH'sı 2,5-3 düzeyindedir. Kaya bünyesinde bulunan karbonat ve kil mineralleri ise oluşan asiti absorbe ederler. Oluşan sülfürik asit çevreye yayılarak su, toprak ve bitki örtüsünü olumsuz olarak etkiler (JMO, 2017).

Madencilikte bu ilk evre, maden yatağının bulunması ve boyutlarının belirlenmesi için yapılan arama ve geliştirme faaliyetleridir. Bunlar, temel jeolojik incelemelerden başlayarak, jeofizik çalışmaları, sondaj, galeri, yarma ve kuyu açma, jeokimyasal örnekleme gibi çalışmaları içerir. Tüm bu faaliyetler madenin bulunduğu çevrenin doğal yapısını ister istemez değiştirmektedir. 2012 tarihinde yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasasına (İSG, 2015) göre sondaj çalışmaları da tehlikeli işler sınıfına girmektedir. Dolayısıyla bu konularda yeni eğitimlerin verilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Bir maden sahası için yapılan arama çalışmaları evreler halinde gerçekleştirilir. Bu nedenle de aramanın bütün evrelerinde arazinin ne kadar etkileneceğini belirlemek çok zordur. Ancak iyi bir planlama ve denetim ile etkilenecek verimli arazi miktarı en alt düzeyde tutulabilir. Pek dikkat edilmeyen bu evredeki çalışmalara gerekli özen gösterilirse çevrenin korunması daha da kolaylaşır.

Bu evre çoğu kez küçümsenir. Ancak madencilik faaliyetlerinde işletilecek olan maden ocağının işletmeye hazırlama evresi çok önemlidir. Örneğin ocağa ilişkin yolların açılması, rezerv belirlemek üzere yapılan sondaj çalışmaları ve aynı amaçla galerilerin açılması planlama ve arama evresi içinde irdelenmelidir. Örneğin bu çalışmalar sırasında ekosistemin ne ölçüde zarar göreceği, sıyrılan verimli toprağın nasıl değerlendirileceği, ortaya çıkan atıkların (pasanın) ve makinelerden çıkacak gürültünün nasıl bertaraf edileceği; yani yönü ile ortaya çıkan risklerin nasıl aşılabacağı daha önceden planlamalıdır. Yapılacak çalışmalar tüm doğal ortamı etkiler. Sondaj için yerin hazırlanması ve kullanılan (katı ve sıvı) malzemeler ile çevresel etkileri, galerilerin açılması sırasında ortaya çıkan atıkların uzaklaştırılması ile partikül düzeyinde hava kirliliği gibi sorunların göz ardı edilmesi mümkün değildir.

Açılacak kuyunun derinliğine, çapına ve amacına göre çeşitli tipte sondaj makineleri kullanılır. Her makine için kullanılan malzemeler ve yapılacak işlemler farklıdır. Benzin, buhar, tazyikli hava, elektrik dizel ile çalışan motorlar vardır. Çevre dostu bir enerji türünün kullanılması tercih edilmelidir. Sondaj için gerekli olan su, sondaj makinesi üzerine yerleştirilmiş pompa ile kuyuya verilir. Ancak, kullanılmış olan suyun da arıtılarak doğaya verilmesinde yarar vardır. Sonuç olarak, hazırlık ve planlama evresinde çevreyi etkileyecek işlemlerin olabileceği dikkate alınır, diğer önemli evreler için de geçerli alışkanlıklar kazanılabilir.

Planlama ve hazırlık evresi (Fizibilite)

ÇED süreci, ilerideki maden işletmesine yönelik teknik hazırlıkların yapıldığı bu evrede tamamlanmalıdır. Bu da kesinlikle fizibilitenin sonlanmasıyla önce gerçekleşmelidir. ÇED, aslında bir izin olmayıp, yapılması planlanan proje ve ona ilişkin çalışmaların ne gibi çevresel etkilerinin olabileceğinin ve bu etkileri ortadan kaldırmak veya azaltmak amacıyla hangi önlemlerin alınacağını incelenildiği ve değerlendirildiği bir planlamadır. Proje konusuna bağlı olarak belirlenen kamu kurum ve kuruluşları, ÇED sürecinde bu çevresel etkileri ve önlemleri inceleyerek uygunlukları hakkında görüş

verirler. Yöre halkı da Halkın Katılımı Toplantısında projenin yöreye olabilecek etkileri hakkındaki görüşlerini ortaya koyarlar. ÇED Olumlu ya da ÇED Gerekli Değildir kararından sonra ÇED Raporu'nda geçen çevresel önlemler birer taahhüt haline gelir ve yatırımın başlaması için gereken çeşitli izinlerin alınması aşamasında bu taahhütlerin mutlaka yerine getirilmesi istenir (JMO, 2017).

Dolayısıyla, bir projenin yatırımı aşamasında veya işletme döneminde ÇED Raporu'nda taahhüt edilen hususlar, belirleyici olmaktadır. Ne olursa olsun ÇED kararını alalım diyerek gerçek olmayan bilgilerin rapora konulması ve uygulanamayacak veya uygulanmayacak taahhütlerin verilmesi de yatırımcıyı ilerideki aşamalarda sıkıntıya sokmaktadır.

Bir maden işletmesinin geleceğini tasarlayan ÇED sürecinde ve raporunda mutlaka çevre jeolojisi bilgisine yer verilmelidir. Böylelikle, yatırımcı ÇED sonrasında, ÇED Raporu'nda yer aldığı halde uygulanması mümkün olmayan taahhütlerden ve işletme sırasında görülebilecek sıkıntılardan kurtulmuş olacaktır. Özellikle yöredeki hem yüzey hem de yeraltı suyunun rejimi, sahanın jeoteknik özellikleri, maden atıklarının karakterizasyonu ile depolanacağı yer ve kimyasal kirlenmelerin çevreye nerede ve nasıl sızabileceği hakkında bilgi toplamak, incelemek ve değerlendirmek için çevre jeolojisinin birikimlerinden yararlanılmalıdır. Bu çerçevede ÇED sürecinde, farklı uzmanlık alanlarındaki jeoloji mühendislerinin katkısından da yararlanılması gerekmektedir.

İşletme: Ocak işletmesi

Söz konusu faaliyete ilişkin tesislerin yapılması ve maden çıkarma sırasında ortaya çıkan çevresel etkilerdir. Bu evrede ortaya çıkan çevresel etkiler, yapıların büyüklüğüne, işlevine ve kullanılacak enerji türüne göre değişmektedir. İnşaat evresinde, hem çevredeki diğer yapıların hem de inşaat sırasında çalışan personelin sağlığı gözetilmelidir.

Arama ve geliştirme faaliyetleri sonucu bulunmuş olan maden yatağında üretime geçmek üzere gerçekleştirilen ve cevher zenginleştirme sürecine kadar uzanan faaliyetlerin tümü ocak işletmesi olarak tanımlanır. Ocak işletmesi, açık ocak işletmesi ve yeraltı işletmesi olmak üzere iki türde yapılmaktadır.

Açık ocak işletmesinin çevre üzerindeki etkileri yeraltı işletmesinden farklıdır. Açık ocak işletmesinin genel etkileri aşağıda sunulmuştur.

- Arazinin doğal görünümünün bozulması,
- Verimli üst toprağın kaybolması,
- İşletme sahasındaki suyun drenajı nedeniyle yeryüzü su kaynaklarının kirlenmesi,
- Dekapaj ve üretim sırasında yapılan patlatmanın ve iş makinelerinin oluşturduğu toz, gürültü ve titreşimlerin etkisi,
- Yeraltı su düzeyinin düşmesi ya da değişmesi.

Topografyanın değişime uğraması dışındaki tüm etkiler iyi bir planlama ve uygulama ile denetlenerek önlenabilir ve olumsuz etkiler en alt düzeyde tutulabilir. Verimli üst toprak tekrar kullanım için saklanabilir veya gereksinim duyulan başka bir bölgeye götürülebilir. Drenaj edilen suyun olumsuz etkileri varsa, kontrol altına alınarak atık su barajlarında biriktirilerek ıslah edilebilir. Üretim esnasında oluşacak toz, gürültü ve titreşimler denetlenerek zararsız düzeylerde tutulabilir. Ancak topografyanın değişimi engellenemez. Çünkü faaliyetin özü topografyayı geçici bir süre değiştirmektir. Fakat topografyada yapılan değişiklik işletme sonunda giderilebilir, hatta istenirse orijinal halinden daha kullanışlı ve verimli hale getirilebilir (Fuerstenau ve diğerleri, 1974).

Açık ocak işletmesine örnek olarak İzmir- Bergama Ovacık işletmesi Şekil 8'de sunulmuştur. Dikkat edilirse açık ocak işletmesinin kimi zaman geniş bir alanı etkileyebileceği açıkça görülür. Yani bu tür işletmeler yalnızca işletmenin yakın dolayını değil geniş bir alanı etkilemektedir.



Şekil 8. Açık ocak işletmesi (İzmir- Bergama, Ovacık Madeni işletme ve depo sahası) (Dilek, 2009).

Yeraltı ocak işletmesi açık ocak işletme ile üretim yapılamayan maden yataklarına uygulanan bir yöntemdir. Şekil 9, yeraltı ocak işletmesinin genel görünümüne bir örnek olarak sunulmuştur.



Şekil 9. Bir yeraltı ocak işletmesi (www.blogcu.com).

Yeraltı ocak işletmesi, günümüzde birkaç yüz metreden birkaç bin metreye kadar olmakta, maden yatağının oluşumuna, yayılımına ve yapısına bağlı olarak birbirinden farklı yöntemler uygulanmaktadır.

Uygulanan yöntemle ilgili olarak çevre üzerinde olabilecek etkiler de farklılık göstermektedir. Ancak bu etkileri genel olarak üç grupta toplayabiliriz. Yeraltında açılan boşlukların zaman içinde göçme ile dolması sonucu yeryüzünde oluşan tasman olayıdır. Tasman nedeniyle tarım ve ormanlık alanlarda bozulmalar, yüzeyde bulunan binalarda çatlamalar ve yıkılmalar meydana gelir. Başka bir ifade ile tasman sonucu topografya değişime uğramaktadır.

Yeraltında açılan boşluklara akan sular nedeniyle, yüzeyde tarım üretimi yapılan yerlerin ekolojisi bozulabilir. Çünkü yeraltı sularının akışlarının değişimi yerüstü su kaynaklarını da etkiler. Ayrıca, yeraltından çıkan atık kayaların stoklanması yaratabileceği etkiler de vardır.

Jeoteknik bakımından dikkat edilmesi gereken en önemli nokta işletme nedeniyle çevredeki kayaların fiziksel stabilitesinin bozulması ve maden tesislerinin tehdit altına girmesidir (Şekil 10). Bu nedenle, tesis yerleşim yerinin seçilmesinde yöredeki kayaların özellikleri ile yörenin yapısal ve zemin özellikleri dikkate alınmalıdır. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer konuda yörenin depremselliğidir. Öte yandan aşırı yağış hem zeminde hem de pasa ve atık yığınlarında hem fiziksel

hem de kimyasal stabiliteyi bozarak kirlenmeye ve aşırı erozyona yol açarak maden sahalarında sorun çıkarabilir (JMO, 2017).



Şekil 10. Fiziksel ve kimyasal (AKD başlamış) stabilitesini yitirmiş bir pasa yığını (JMO, 2017).

Maden işletmesinden kaynaklanan maden atıkları da bu evrede önemlidirler. Gerek fiziksel stablitate gerekse yöredeki suya ve kayalara sızıntı bakımından maden ocağı atıkları ile proses atıklarının depolanacağı yerlerin yer seçiminde kesinlikle çevre jeolojisi bilgisinden yararlanılmalıdır. Maden atıkları konusundaki en büyük sorunlardan birisi olan ve kimyasal stabilitenin bozulduğu anlamına gelen Asit Kaya Drenajı (AKD), başladıktan sonra bitirilmesinin çok güç olması ve geniş bir alana zarar vermesi nedeniyle arama evresinden itibaren özel önem verilmelidir. Bir maden işletmesinde AKD'ye neden olabilecek S^{-2} içeren cevher veya kayanın varlığının belirlenmesi açısından atık karakterizasyonu son derece önemlidir (JMO, 2017).

Öte yandan ocak işletmeleri sırasında çeşitli iş kazalarının önlenmesi için çeşitli önlemler alınmalıdır. İş kazaları kişisel kusurlar ve ortamda geçerli olan koşullardan meydana gelmektedir. Kişisel kusurlar, başlıca sorumsuz biçimde görev verilmeden iş yapmak, güvenlik uyarılarına uymamak, uygun ekipman kullanmamak, kişisel koruyucu malzemeyi kullanmamak, hızlı ve tehlikeli bir şekilde çalışmak ve ani irkilme gibi davranış şekillerini sergilemek biçiminde sıralanabilir. Çalışma ortamını etkileyen koşullar için uygun ekipmanların olmaması, yetersiz bakım ve tıkanıklıklar, yetersiz havalandırma ve aydınlatma, oluşan gazların uygun teknolojilerle izlenememesi, işe özgü eğitimin yetersizliği sayılabilir.

Yukarıda sayılan kazaların önlenmesi için Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı öncülüğünde hazırlanan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG, 2015) Kanunu'nda öngörülen koşullara eksiksiz uymak zorunludur.

Cevher hazırlama ve zenginleştirme

Belki de madencilğin çevre üzerindeki en yoğun etkilerinin ortaya çıktığı, dolayısıyla işletme süreçlerinin ve denetiminin zorunlu olduğu bir evredir. Özellikle cevher zenginleştirme süreci önemlidir. Ayrıca ortaya çıkan katı, sıvı ve gaz atıkların nasıl uzaklaştırılacağı ortaya konulmalıdır. Bu evrede madenin türü ve nitelikleri belirleyicidir. Örneğin metalik madenlerle, sanayi hammaddelerinin çevresel etkileri bile farklılıklar sunar. Dolayısıyla, bu evrede madenin türü özelinde çevrenin korunmasına yönelik bir değerlendirme yapılmalıdır.

Bütün madencilik faaliyetleri sonrası elde edilen cevher, satılabilir ürün elde edebilmek için birtakım zenginleştirme öncesi ve zenginleştirme işlemlerine tabi tutulmaktadır. Cevher zenginleştirme amacıyla başlıca **gravite, flotasyon, ve manyetik seperasyon gibi yöntemler** sıkça uygulanmaktadır.

Zenginleştirme işlemi tamamlandığında genellikle konsantre ürün olarak alınan kıymetli mineraller, cevherin ekonomik değer taşımayan kısmından çok azdır. Değer taşımayan bu kısım atık

olarak tanımlanır ve bertaraf edilmesi gerekmektedir. Böyle bir durumda gerekli önlemler alınmazsa cevher zenginleştirme tesislerinin çevre üzerindeki etkileri aşağıda sunulmuştur (Elevli, 1998):

Toz ve Gürültü: Özellikle zenginleştirme öncesi işlemler olarak adlandırılan kırma, öğütme ve boyutlandırma faaliyetleri sırasında gerekli önlem alınmazsa çok miktarda toz ve gürültü oluşabilir ve bunlar çevreye zarar verebilir.

Sıvı Atıklar: İstisnalar hariç tüm zenginleştirme işlemlerinde su kullanılmaktadır. Tesise girişte genellikle doğal olan bu su, tesisin içine birçok çözünmüş iyonlar, ağır metaller, çeşitli organik reaktifler ve değişik katılar almış olarak terk eder. Ayrıca bu suyun pH değeri çok düşük veya yüksek olabilir. Bu şekildeki suyu arıtmadan çevredeki diğer ortamlara vermek zararlı olacaktır.

Katı Atıklar: Cevher zenginleştirme faaliyetleri sonucunda madenin değerli kısmı alındıktan sonra geri kalan ve katı atık da denilen kısmın atılması gerekir. Bu katı atıkların düzensiz depolanması ve atmosferik şartlarda bozunabilmeleri çevreyi olumsuz etkiler.

Gaz Atıklar: Pirometalurjik ve hidrometalurjik işlemler sonucunda oluşan gazlar atmosfere kirletici etki yapmaktadırlar.

Gerek açık işletmelerde, gerekse yer altı işletmelerde katı, sıvı ve gaz atıkların ortaya çıkması önemli çevresel sorunlar yaratırlar. Dolayısıyla bu atıkların yere özgü en uygun yöntemlerle bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Katı atıkların uzaklaştırılmasında doğal olarak maliyetin olabildiğince düşük kalması arzu edilir. Bu düşünce doğrultusunda, atıkların uzaklaştırılması yerine onları bir şekilde kullanarak kazanç sağlama akla gelen seçenektir. Böylelikle, bir yandan bertaraf edilmeleri sorunu ortadan kalkarken, öte yandan da işletme için yeni bir gelir kaynağı elde edilmiş olacaktır. Yani yeniden kullanımın ve geri kazanımın yanı sıra düzenli depolama, sıvı atıkların arıtılıp alıcı ortama verilmesi ve atık barajlarının yapılması gibi seçenekler de değerlendirilmektedir.

Atıklarının kullanımı ve yeniden kazanımı: Atıkların uzaklaştırılmasının tartışmasız en iyi çözümü onların yararlı hale getirilebilmeleridir. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, Dünya'nın birçok ülkesinde araştırmacılar bu konuda yoğun çaba harcamaktadır. Şimdiye dek elde edilen sonuçlar, atıkların tamamen olmasa bile kısmen istenen doğrultuda kullanımlarının mümkün olduğunu göstermiştir. Aşılması gereken en büyük engel üretilen atık malzemenin miktarı ve ne işe yarayacağıdır.

Hiçbir zenginleştirme süreci, % 100 verimle çalışmaz. Atıklar belirli oranlarda kıymetli mineraller içerebilir. Atık miktarının azaltılmasında büyük katkı yapmasa da, bu değerlerin kazanılması yoluna gidilebilir. Bir başka olanak, atıkların inşaat sektörü hammadde olarak kullanılma şansıdır. Bu olasılık yalnızca inşaat sektörü ile de sınırlı değildir. Atıklar başka sanayi dalları için de girdi olabilir. Burada değinilen üç ayrı değerlendirme şekli sınırlı da olsa kullanılmakta ve konu ile ilgili araştırmalar devam etmektedir.

Atıktaki değerli unsurların geri kazanılmasının bir diğer faydası daha vardır. Yeniden zenginleştirme yapıldığında, elde edilen ekonomik kazanın yanında, atık bünyesinde bulunan metallerin ya da endüstriyel hammaddelerinin derişimi de azalmış olur. Bu da bir başka yolla kirliliğin denetim altına alınması anlamına gelir.

Düzenli depolama ve yer seçimi: Atıkların bertaraf edilmesi konusunda en yaygın uygulama, yeraltı maden işletmelerinde madenin kazılıp çıkarılmasıyla oluşan boşluklara tesis atıklarının çeşitli yöntemlerle boşaltılmasıdır. Yeraltı işletmesi sonucu damar kalınlığı, üretim miktarı, cevher özellikleri ve işletme büyüklüğü gibi faktörlere bağlı olarak yeraltında, değişik hacimlerde boşluklar açılır. Açılan boşluklar **tasman** adını alan yeryüzeyindeki çöküntü ve kaymalara yol açar. Bu da yeraltında çalışanların güvenliği bakımından bazı riskler taşır. Dolayısıyla oluşan boşluklara dolgu yapılır. Madencilikte dolgu işlemine **ramble** adı verilir. Ramble malzemesi işletme faaliyetleri sonucu açığa çıkan malzemelerden ya da dışarıdan sağlanır.

Katı atıkların uzaklaştırılmasında düzenli depolama için yer seçimi çalışmalarında amaç, teknik, ekonomik ve çevresel faktörleri dikkate alarak, en uygun yeri seçmektir. Bu seçim temelde bir mühendislik çalışmasıdır. Ancak, en uygun yer seçim için çevresel hususların göz ardı edilmemesi zorunluluğu vardır. Seçilen yer, günlük ve yıllık üretim miktarı ve maden ömrü dikkate alınarak yeterli kapasitede olmalıdır. Yeraltı suları yığınlardan kirlenen sularla karışıp kirlenmemelidir. Erozyon veya yığın korozyonu kaynaklı çözünmüş katılar ve silt yükleri yüzey sularını etkilememelidir.

Topoğrafya, hidrojeolojik çevre, yeraltı jeolojisi, depresel koşullar, rüzgâr yönü ve hızı ile yağışlara ait ortalama ve maksimum değerler ile ilgili veriler toplanıp değerlendirilmelidir. Seçilecek yere ait veriler kabul edilebilir sınırlar içinde olmalıdır. Seçilen yer, yasa ve yönetmeliklerde belirtilen ölçütlere uygun olmalıdır. Ayrıca katı atıkların uzaklaştırılmasında tercih edilen seçeneklerin bazıları da, bu atıkların denizlere ya da göllere boşaltılması, akarsulara ya da karasal alıcı ortamlara verilmesi gibi seçenekler de vardır.

Denizlere boşaltma: Tesis atıklarının deniz veya okyanuslarda kıydan uzaktaki derin yerlere boşaltılması, bazı maden işletmelerinin tercih ettiği yöntemlerden biridir. Birçok maden işletmesi için başvurulması ihtimal dışı iken, bazıları için de tek çözüm yoludur.

Bu yöntemin uygulanması için ilke olarak, atıkların kimyasal bakımdan zararsız olması gerekir. Tane boyutu hızla çökelerek, bulanıklığa meydan vermeyecek kadar iri olmalıdır. Ancak kıyı zonları biyolojik açıdan üretkendir. Bu nedenle, atıklar yeterince uzakta ve derinlikteki noktalara bırakılmalıdır. Yöntemin seçiminde önceden incelenmesi ön koşul niteliğindeki parametreler ise, atıkların bırakıldığı zonun taban topoğrafyası, derinlerde ya da tabana yakın kısımlarda yaşayan organizmaların türü, çökellerin bileşimi ve özellikleri, alıcı ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik durumudur.

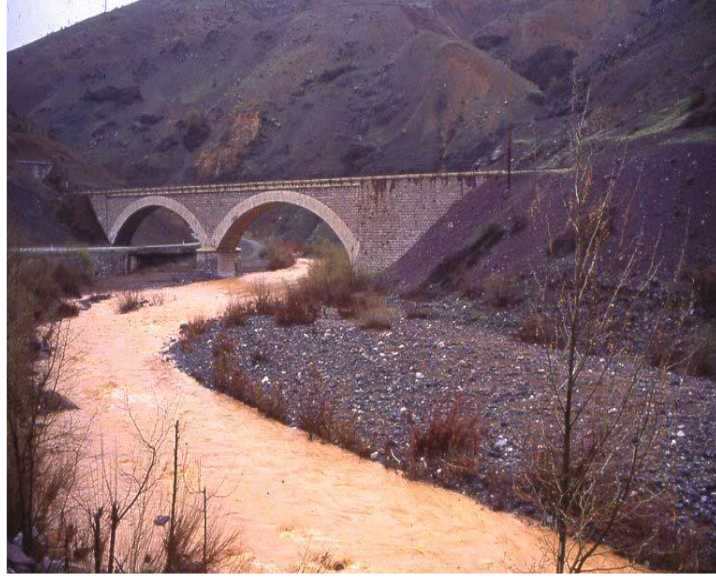
Göllere boşaltma: Tesis atıkları için diğer bir alternatif yöntem, atıkların göllere boşaltılmasıdır. Ancak göller, denizler ve okyanuslar kadar büyük hacimli değildir. Bu nedenle göllerin bünyelerine kabul edebilecekleri yabancı madde miktarı son derece sınırlıdır.

Göllerin alıcı ortam olarak kullanılmasında atıkların içeriklerine bağlı iki ciddi sorun vardır. Bunlardan birincisi, atıkların çoğu zaman bazı ağır metalleri bünyesinde bulundurmasıdır. Atıklar göllere bırakıldıklarında, ağır metal birikimi olacaktır. Zehirli gereçler, özellikle balıklar ve diğer organizmalar için çok düşük oranlarda olması dahi öldürücüdür. İkinci sorun, atıkların çeşitli sülfür bileşiklerini içermesidir.

Sülfürler sudaki oksijenle reaksiyona girip tükenmesine sebep olurlar. Ortamdaki canlılar için hayati önemi olan oksijenin geri kazanılması da yavaş olduğundan risk artar. Sülfürlü atıkların oksijenle reaksiyon yapması ile oluşan asitler de başka bir sorundur. Asitler yalnızca canlıları tehdit etmekle kalmaz, ağır metallerin çözünmesini kolaylaştırarak tehlikeyi büyütürler. Göllerin tesis atıklarının atılmasına pek uygun olmadıkları aşikârdır. Yöntemin uygulanabilmesi için tesis boyutlarının büyük ve gölün işletmeye yeterince yakın olması gerekir.

Akarsulara boşaltma: Atıkların akarsulara boşaltılması, geçmişte yaygın bir uygulama iken, günümüzde sınırlı sayıda bazı işletmeler hariç tutulursa, pek tercih edilmemektedir. Atıklar nehirlerle atıldıklarında, nehir kenar ve ağızlarında birikim yaparak alüvyon oluştururlar. Akarsular ciddi olarak kirlendiği gibi, bu kirliliği doğal çevresel döngülerin çalışması sonucu uzak noktalara da ulaştırırlar.

Ayrıca, akarsular kimi zaman tesislerin atık yükünü taşıyamamaktadır. Örneğin, Şekil 11'de Diyarbakır'ın Ergani ilçesinde yer alan bakır işletmesinin Dicle nehrinin yukarı mecralarına verdiği kirlilik görülmektedir. Böyle bir akarsuda bir canlının yaşama şansı yoktur. Tüm olumsuzluklara karşın, akarsuların alıcı ortamlar olarak kullanıldığı tesisler vardır.



Şekil 11. *Diyarbakır-Ergani bakır işletmesinde Dicle nehrine boşaltılan katı atıkların yarattığı kirlilik* (Kalender, 2009).

Atık havuzları: Tesislerin katı atıkları günün koşulları içinde ekonomik bakımdan değerlendirilemiyorsa ve okyanus, deniz, göl ve nehir gibi alıcı su ortamlarına boşaltılamıyorsa, geriye kalan tek çözüm yolu atık barajları ya da atık havuzlarıdır. Atık barajları ile atık havuzları birbirlerinin benzeridirler. Bir atık havuzu oluşturmak gereği doğduğunda, bir de atık barajı inşa etmek gerekebilir. Bu faaliyetler, işletme açısından ciddi bir mali yük demektir. Dolayısıyla, en düşük maliyetle tamamlanması istenir.

Ne yazık ki en düşük maliyetle tamamlamak da çoğu zaman zordur. Çünkü atık havuzu ya da baraj tasarımında, mevcut mühendislik yaklaşımlarını sınırlayan çok sayıda faktör vardır. Maden işletmesinin bulunduğu yer, bölgenin iklim karakteri, nüfus durumu, coğrafik koşullar, jeolojik yapı, atık havuzu ve barajının kurulacağı alan ve yakın çevresinde yeraltı ve yerüstü su durumu, üretilen madenin cinsi, seçilen zenginleştirme süreçleri ile mevcut yasa ve yönetmelikler başlıca sınırlayıcı faktörlerdir.

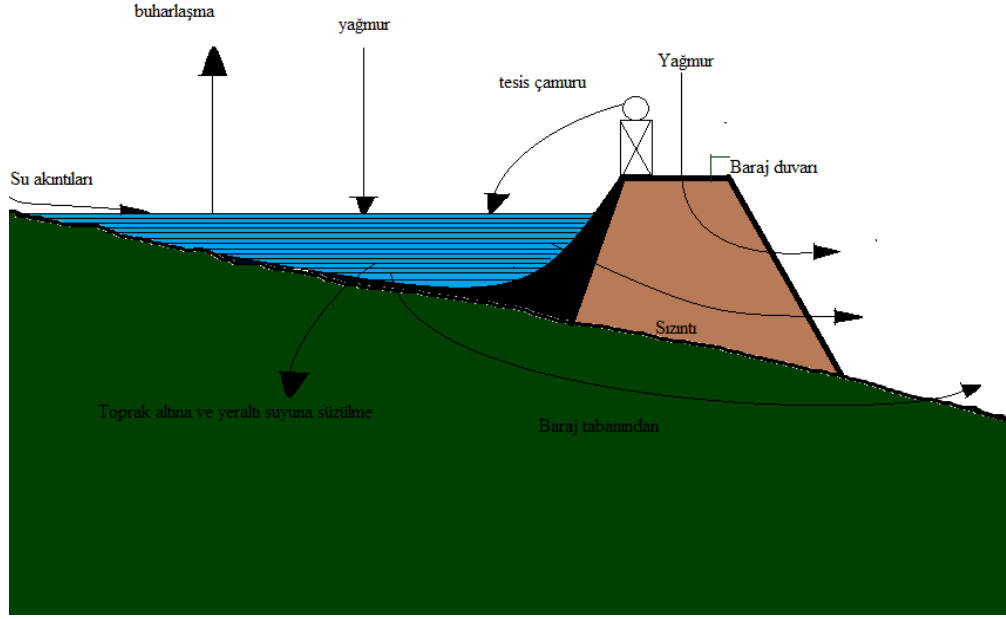
Atık barajlarının planlanması ve tasarımında üstesinden gelinmesi gereken birçok engel vardır. Atık barajının kurulacağı yerin seçimi, tipinin ve boyutlarının tespiti, inşaatla kullanılacak gereçlerin seçimi ve yasal sınırlamalar bu engellerin bazılarıdır. Atık barajları genel anlamda klasik barajlardan farklı değildir. Atık barajlarını diğerlerinden ayıran üç temel fark vardır. Öncelikle, baraj gerisinde depolanan atık yığını yumuşak, gevşek ve göreceli olarak geçirimsizdir. İkincisi, genellikle atık barajları atıkların iri taneli kısımları kullanılarak inşa edilir. Üçüncüsü, atık barajı inşaatları atık atma işleminin bir parçası olarak madenciler tarafından gerçekleştirilir. Bu farklılıklara rağmen, tasarım ilkeleri açısından büyük bir benzerlik söz konusudur.

Atıklara dair baraj tasarımında üç önemli unsur; atıkların temel mühendislik özellikleri, barajın temelini oluşturan zeminin özellikleri ve suyun denetimidir.

Kimi katı atıkların baraj dolgusunda veya yapımında kullanım olanağı büyük bir ekonomik avantajdır. Üretim esnasında ortaya çıkan yan kayaların istenen nitelikte olmaması veya gerekli malzemenin dışarıdan başka yollarla teminin güç olması durumunda, atıkların önemi daha da artar. Atıklar baraj dolgusunda veya inşaatında kullanılacaksa bazı özelliklerinin belirlenmesi elzem olur. Bu doğrultuda, atıkların kesme dayanımı, pekişme, geçirgenlik, yoğunluk, sedimentasyon ve inşaat özellikleri gibi fiziksel nitelikleri ile kil içeriği ve kimyasal bileşimi belirlenmelidir.

Atık havuzu ve baraj tasarımında su denetimi en önemli faktördür. Sızma ve diğer yollarla kirliliğin yeraltı ve yerüstü sularına karışma (Şekil 12) olasılığına karşı gerekli önlemlerin alınabilmesi

için, tesisi terk eden suyun pH değeri, metal iyonu ve çözünmüş katı içeriği ve radyoaktivitesi gibi özelliklerinin bilinmesi zorunludur.



Şekil 12. Atık havuzuna giren ve çıkan suların akış yönleri (Swaisgood ve Toland, 1973).

Barajın oturtulacağı alanda ve yakın çevresinde bulunan zeminlerin özellikleri, barajın geleceği üzerinde birinci derecede etkilidir. Testlerle zemini oluşturan toprak ve kayanın cinsi, süreksizliklere ve boşluklara ait bilgiler (varlıkları, yerleri, yer değiştirmeleri ve boyutları) ve diğer özellikler belirlenir. Bir kaya türünde fiziksel ve mekanik niteliklerin değişime uğradığı yapısal unsurlar "süreksizlik" adını alır. Süreksizliklerin varlığı, yerleri ve boyutları baraj duraylılığını olumsuz yönde etkiler. Bazı önlemler almayı gerekli kılar.

Yapılan araştırmalar, baraj yıkılmalarının doğal nedenlerden, yapım hatalarından ve her ikisinin birlikte etkisi ile meydana geldiğini ortaya koymuştur. Doğal nedenleri fazla yağış, heyelan, deprem, aşınma, dalga ve buz etkisi oluştururken, yapım hatalarını yetersiz malzeme, inşaat hatası, yapıda çatlama ve bozulma ile kaymalar oluşturmaktadır (Tarhan, 1989).

Atık barajlarında rastlanan en yaygın hatalar:

- Temel bozuklukları (foundation failure),
- Eğimlerde görülen hatalar (slope failure),
- Taşma (overtopping failure),
- Erozyon (erosion failure),
- Borulanma (akıntı kanalları oluşumu – piping failure),
- Su toplama sistemleri (decant conduit failure)
- Sıvılaşma (liquefaction failure), şeklinde sıralanabilir.

Sıvı atıkların uzaklaştırılması madencilik faaliyetlerinin önemli bir sorunudur. Özellikle cevher zenginleştirme süreçlerinde kayda değer kirlenmiş sular ortaya çıkar. Yeraltı işletmesi, açık işletme ya da diğer yöntemlerle madenlerin cevher zenginleştirilmesi sırasında kullanılan sular önce atık havuzuna daha sonra da bir şekilde bu ortamlara giren sular ya da yağmur suları ile doğal ortama çeşitli yollarla taşınabilirler. Ya da sızma ve süzülme yoluyla sadece yeraltı su sistemlerine değil, akarsu ve dereler gibi yerüstü sularına da karışabilirler. Böylece yakın çevredeki ya da daha düşük oranlarda uzak yerlerdeki suların ve tarım alanlarının kirlenmesine yol açabilirler.

Madencilik faaliyetleri ile bağlantılı sıvı atıkların üç ana kaynağı vardır. Bunlar tesis proses atk suları, doğrudan madenden gelen sular ve atık yığınının sızarak gelen sulardır. Tesis proses sularının başlıca niteliği, çamur kıvamında yüksek oranda katı gereç içermesidir. Yapısında çözünmüş metal

iyonları, prosese ilave edilen reaktif kalıntıları, proses ve taşınma süresince meydana gelen kimyasal bileşikler ve çözünmüş diğer katılar mevcuttur. Genellikle pH değeri alkalın sınırlar içindedir.

Kirlenmiş olan suların miktarlarının azaltılması akla gelen ilk önlemlerden biridir. Bu amaçla yapılacak çalışmalar madenlerdeki sızıntı ve süzölmelerin önlenmesi, maden sahalarının yakın çevresinde yer alan dağ ve tepelerin yamaçlarında su akışını yönlendirmek için kanalların açılması ve tesislerin dışına su verilmemesi veya bu imkânsız ise, verilen su miktarlarının olabildiğince azaltılması gibi tedbirleri kapsar.

Tesis dâhilinde, ortaya çıkan kirlı suların fizikokimyasal ve biyolojik niteliklerinin analizlerle belirlenmesi ve elde edilen sonuçlardan suların taşıdığı risklerin boyutlarının ortaya konması önlemlerin ilk adımıdır. Prosesler üzerinde sınırlı değişikliklere gidilmesi tabiidir ki, soruna kesin bir çözüm getirmez. Ancak, yine de kayda değer faydalar sağladığı bir gerçektir. Alınabilecek bir başka önlem, tesis çıkış suyunu tesise geri döndürerek artık suyun hacmi ve şiddeti azaltılabilir. Kesin çözüm için suların uygun bir yöntemle arıtılması zorunludur.

Öğütme, sınıflandırma, koyulaştırma, filtrasyon, salkımlaştırma ve aglomerasyon gibi prosesler ile gravite, manyetik ve flotasyon gibi zenginleştirme prosesleri, kullanılan suyun niteliğini değiştirirler. Proses sularının bazı iyonları, organik maddeleri, çeşitli çözünmüş ve askıda katıları bünyesinde bulundurması minerallerin yüzey özelliklerini değiştirebilir. Mineralın yüzey yükü ve kimyasal karakterinde farklılaşma görölebilir. Bu sular ortamın pH değerini de yükseltebilir veya aşağı çekebilir. Böylece, dağılma, salkımlaşma ve adsorpsiyon olaylar meydana gelebilir. Proseste performans düşüklüğü ve hatta bir prosesin tamamen ters yönde gerçekleşmesi mümkün olabilir. Kısacası, hazırlama ve zenginleştirme sürecinde su kalitesi büyük bir faktördür. Dolayısıyla, suyun geri döndürölüp tesise beslenmesi öncesinde arıtılarak istenen nitelikleri taşıması sağlanır. Tesisin bulunduğu yerin imkânları paralelinde suyun tesise geri beslenmesi gerekli veya ekonomik olmayabilir. Ancak, buna rağmen arıtma işlemi uygulanmak zorundadır. Çünkü çevresel kısıtlamalar nedeniyle, artık suyun doğal ortamlara bırakılabilmesi için yönetmeliklerde belirtilen değerlerin üzerinde yabancı madde taşımaması koşulunun yerine getirilmesi gerekir.

Suda bulunan kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler **fiziksel, kimyasal ve biyolojik** olmak üzere üç sınıfta toplamak mümkündür. Askıdaki katıların ve ayrışabilen maddelerin uzaklaştırılmasında kullanılan fiziksel yöntemler koyulaştırma, filtrasyon, berraklaştırma, buharlaştırma, ters osmoz, dializ, elektrodializ, membran prosesleri, ultrafiltrasyon ve sıcaklık değişimi gibi çok çeşitli işlemleri kapsar. Suyun içerdığı çözünmüş katılar, iyonlar, ağır metaller, reaktif kalıntıları ve diğer organik maddelerin uzaklaştırılması ile pH ayarlaması gerektiğinde ise değişik kimyasal yöntemlerden biri seçilir. Havalandırma, oksitleme, klorlama, ozonlama, peroksit veya permanganat ilave etme, indirgeyici kullanma, iyon değişimi ve solvent ekstraksiyon prosesleri ve soğurma yaygın kimyasal yöntemlerdir.

Bir arıtma yönteminin su içinde bulunan kirleticileri bertaraf ederek, istenen kalitede su sağlaması şarttır, ancak yeterli değildir. Ortaya çıkacak çamur hacminin minimum olması arzulanır. Azami sistem güvenilirliği beklenir. Ayrıca, yatırım ve işletme giderlerinin makul seviyede gerçekleşmesi seçimde belirleyicidir. Geliştirilen arıtma teknikleri arasında, her türlü arıtma sorununa çare olan biri yoktur. Bir reaktif ya da bir metal iyonunun uzaklaştırılmasında fevkalade olumlu sonuçlar veren bir yöntem, bir başka problemin çözümünde son derece etkisiz kalabilmektedir. Bazı yöntemler teknik açıdan istenen nitelikleri taşımasına rağmen, maliyetlerinin yüksekliği onları alternatif konumundan çıkarmaktadır. Bundan dolayı laboratuvarlar uygulama imkânı bulamamış birçok yöntem vardır.

Sıvı atık havuzları: Tesisten gelen sıvı atıkların bünyesinde taşınan kirlı suların ve diğer kirlı akıntıların toplandığı atık havuzları, aynı zamanda arıtmaya katkı sağlayan bir işlevi de yerine getirir.

Atık havuzları basit yapıda olmalarına karşın, aynı anda arıtma açısından birçok fonksiyonu yerine getirir. Suların artık havuzunda kalış süreleri genellikle birkaç haftadır ve bu süre bu fonksiyonlar için yeterlidir. Organik malzemeler burada bozuşur veya adsorbe olur. Ağır metal buharlaşması ile çökeleklerin oluşumu da atık havuzunda gerçekleşir. Bu çökelekler ve diğer katılar sedimantasyonla sıvı kısımdan ayrılır. Asit karakterli sıvılar geniş hacim içinde nötr hale gelir. Atık havuzlarının dengeleyici bir fonksiyonu vardır. Yağmur sularını depolar ve sistemin akış dengesine

yardımcı olur. Şekil 13’de ABD’ nin Missouri eyaletinde tasarlanmış olan bir sıvı atık havuzu görülmektedir. Bu tür havuzların denetimi için, öncelikle uygun yer seçimi yapılmalı ve bir kaza halinde acil eylem planı oluşturulmalıdır.



Şekil 13. *Atık havuzu, Missouri (A.B.D.)* (www.altinmadencileri.org).

Atık havuzlarının özellikle etkili olduğu arıtma prosesleri, başlıca sedimantasyon, oksidasyon ve katıların atılmasıdır. Her üç proses de yüksek verimle gerçekleştirebilir. Bunun için, havuzun yeterince büyük ve iyi tasarlanmış olması ve iyi işletilmesi zorunludur. Ancak, kimi zaman bu gereklerin yerine getirilmesi de yeterli olmayabilir. Çünkü atık havuzlarının doğal yapısından kaynaklanan iki dezavantajı vardır. Sistemin boyutları ve doğal karakteri, her bir prosesin ayrı ayrı denetiminde eksikliklere neden olabilir. Proseslerin devam edebilmesi için gerekli koşullar yoksa, proseslerin her birini optimize etmek olanaksız hale gelebilir. Metallerin değişik hidrojen iyonu derişimindeki davranışları büyük farklılıklar gösterir. Dolayısıyla, metallerin ayrımı, sıkı bir pH kontrolü ile mümkündür. Hâlbuki oksitlenmeye uygun olan bileşenlerin karalı hale gelmesi için ortamın pH değeri düşük olmalıdır. Bu ise, asit üretimine katkı yapar ve pH kontrolünü güçleştirir.

Sedimantasyonun olması, ortamın hareketsizliğine bağlıdır. Bu durum, özellikle çok ince boyutlu tanelerde önem kazanır. Buna karşın, atık havuzlarında katıların tane boyutu şlam mertebesinde. Öte yandan biyokimyasal oksidasyon için ortamın türbülanslı olması ve rüzgâr hareketinin varlığı olumlu sonuçlar verir. Görüldüğü gibi, her iki proses de farklı koşullarda ve birbirine engel olacak yönde meydana gelmektedir.

Arıtma: Sedimantasyon (Çöktürme), Salkımlaştırma (Flocculation), Pıhtılaştırma (Coagulation), pH Kontrolü, Koyulaştırma (Thickening), Filtrasyon, Havalandırma, Flotasyon, İyon değışimi, Solvent ekstraksiyon, Ters ozmoz, Soğurma ve biyolojik arıtma gibi pek çok yöntem uygulanmaktadır.

Çökeltme (Sedimentation): Temelde bir katı sıvı ayırma işlemi olan çöktürme, katı taneleri ile sıvı arasında büyük yoğunluk farkı olduğunda etkili olur. Tane boyutu da diğer önemli etkindir. Bu yöntemde atık sularda bulunan askıdaki katı tanelerin gravite kuvvetinden yararlanılarak ayrılması sağlanır. Tanelerin sıvı ortamda çökme hızları tane boyutuna, katı tanelerin ve sıvı ortamın yoğunluğuna ve sıvının viskozitesine bağlıdır.

Sedimantasyonun olabilmesi ortamın hareketsizliğine bağlıdır. Bu durum, özellikle çok ince boyutlu tanelerde önem kazanır. Buna karşın, atık havuzlarında katıların tane boyutu şlam mertebesinde. Öte yandan biyokimyasal oksidasyon için ortamın türbülanslı olması ve rüzgâr

hareketinin varlığı olumlu sonuç verir. Görüldüğü gibi, her iki proses farklı koşullarda ve birbirine engel olacak yönde meydana gelmektedir.

Salkımlaştırma (Flocculation): Atık su arıtımında kimyasal yöntemlerle askıdaki maddelerin uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlemde, bir katkı maddesi vasıtasıyla çok sayıda taneciğin bir araya gelmesi ve salkım oluşturmalarının bir sonucudur. Böylece, bireysel olarak zorlukla çöken tanecikler, birleşip tek bir iri taneler kütesine teşkil ettiklerinde kolayca ve hızla çökerler. Tane çapı büyürken, çökme hızı da parabolik olarak artar. Taneciklerin salkımlaştırılması için ortama uzun zincirli organik polimerler ilave edilir. Reaktif molekülleri askıdaki ayırık taneler arasında köprü görevi görmek suretiyle onları birleştirir.

Pıhtılaştırma (Coagulation): Bir fiziko-kimyasal arıtma yöntemi olup demir klorid ya da alüminyum sülfat solusyonlarının atıksuya katılmasıyla bazı katı ve kolloidal maddelerin çözündürülüp duraylı katılara dönüştürülmesi işlemidir. Pıhtılaştırmada, son derece ince kolloidal taneciklerin doğrudan birbirlerine yapışması sağlanır.

pH Denetimi: Tesislerden çıkan suların iyileştirilmesinde, pH denetimi önemli bir yer tutar. Sular, maruz kaldıkları prosesler ve geliş kaynaklarına göre değişik özellikler sergilerler. Proses atıkları ile gelen suların pH'ı genellikle yüksektir. Buna karşılık, yüzey drenajı kaynaklı olanlar ise asidiktir.

Koyulaştırma (Thickening): Bazen çamur kıvamındaki proses artıklarının su içerikleri çok fazladır ve bu durum yer problemi doğurur. Bazen de, fazla su yapısal denge açısından sınırlayıcı bir etmendir. Her iki halde de kısmi susuzlandırma veya koyulaştırma ile belirli miktar su uzaklaştırılır. Koyulaştırıcılar gravite kuvvetinden yararlanarak katı taneleri hızla çöktürüp, süspansiyonun katı konsantrasyonunu arttıran ve aynı zamanda berrak su üreten tanklardır.

Filtrasyon: Filtrasyon, sıvı geçişine izin verirken katıları tutan poroz bir ortam yardımıyla, katı-sıvı ayrımı yapan bir süreçtir. Taneli ortamlardan faydalanarak su filtrasyonu, bilinen en eski ve en basit su arıtma şeklidir. Tane şekli ve boyut dağılımı önemli faktörlerdir. Yuvarlak şekli ve eşit çaplı taneler daha küçük boşluklu ortam oluştururlar. Bu ise daha büyük miktarda katı malzeme tutulmasını sağlar. Ancak, çok az boşluk tıkanmaya neden olur.

Havalandırma: Nötralizasyon ile birlikte uygulanan bir işlemdir. Nötralizasyon ile birlikte yapılmasının nedeni, havalandırma prosesi esnasında ortamın pH'ının 8-11 arasında olması gereğidir. Havalandırmada genel amaç çözünmüş halde bulunan +2 değerlikli demir ve +4 değerlikli mangana yükseltgemektir. pH 8-11 aralığında iken demir ve mangan yüksek verimle oksitlenebilir. Oksitlenen demir ve mangan çözünmez hale geçerler.

Flotasyon: Arıtma esnasında flotasyondan seçimli yüzdürme beklenmez ve tüm katılar birlikte yüzdürülür. Bu yönüyle flotasyon, arıtmada alternatif konumuna gelir. Flotasyon yöntemi sıkı bir pH kontrolü gerektirir. Bu zorunluluk, katı maddelerin uzaklaştırılmasında flotasyon tercihini güçleştirir.

İyon Değişimi (Ion-exchange): Günümüzde, etkin bir metalurjik proses olarak zenginleştirme amacıyla birçok tesiste kullanılan iyon değişim, prosesi su arıtmada ilk kez 1908'de sert suların yumuşatılmasında kullanılmak üzere bu alana sokulmuştur. İlk iyon değiştiriciler alüminyum tuzları ve silikatların karıştırılması ile üretilen yapay zeolitlerdir. Katyon değişimi uygulamalarının genişlemesine öncülük eden reçineler 1930'lu yıllarda geliştirilmiştir. Suyun minerallerinin çözümünde etkili olan anyon değiştirici reçineler ise, 1949'da bu alana girmiştir.

Solvent Ekstraksiyon: Solvent ekstraksiyonu ya da diğer adıyla sıvı-sıvı ekstraksiyonu, birbirine karışmayan iki faz arasında bir kütle transferi söz konusu olan bir denge prosesidir. Metallerin kazanılmasında metalurjik yöntemlerin kullanıldığı bazı tesislerde, atık sudaki asitler ve diğer çözücülerin temizlenmesi bu şekilde yapılmaktadır.

Ters Ozmoz: Ozmoz prosesi, farklı konsantrasyonlardaki iki çözeltinin aynı çözücü (solvent) içerisinde, bir membran vasıtasıyla birbirinden ayrıldığı sistemlerde gerçekleştirilir. Eğer membran ideal bir yarı geçirgen ise, bir başka ifade ile çözücü için geçirgen değilse, seyreltik çözeltiden yüksek konsantreli çözeltiye çözücü akışı olur. Her iki çözeltinin konsantrasyonları eşit oluncaya veya

konsantresi yüksek çözelti tarafında basınç belirli bir değere ulaşıncaya dek akış sürer. Bu olaya ters ozmoz adı verilir.

Soğurma: Soğurma (sorption), mekanizmaları çok iyi anlaşılamamış olmasına karşın, arıtma teknolojisi alanında umut beslenen yöntemlerden biridir. Soğurma olayı yüzey yüküne bağlı elektriksel çekim, yükseltgenme, indirgenme, hidroliz, bileşik meydana getirme, kenetlenme ve yeterince anlaşılamayan veya tanımlanamayan diğer birçok alt oluşumu içerir (Fuerstenau, 1976). Sorbent olarak katı, sıvı veya kabarcık halinde gaz kullanılmaktadır. Fenol içeren reaktifler, alkoller, aminler, asitler ve diğer birçok organik madde aktif karbona soğurularak ortamdan ayrılabilir.

Biyolojik arıtma: Biyolojik bozunma, su arıtmada uzun süreden beri bilinen bir yöntemdir. Doğadaki oksidasyonun bir tür yapay tekrarıdır. Doğal oksidasyondan farkı, denetimli ve daha hızlı gerçekleştirilmesidir. Bunun için önce gerekli koşullar hazırlanır. Ardından da, organik ve inorganik kirlenmelerle mikroorganizmaların temas etmeleri sağlanır. Mikroorganizmalar ortamda bulunan bu maddeleri metabolizmaları vasıtasıyla tüketirler. Mikroorganizmaların diğer bir fonksiyonu da bazı potansiyel kirlenmeleri kimyasal değişikliklere uğratmasıdır. Onları sülfatlara, karbonatlara ve nitratlara dönüştürerek zararsız hale getirir. Bu çerçevede sıkça kullanılan nitrifikasyon (nitrification), bakteri faaliyetleri ile amonyum ya da amonyağın oksitlenerek nitrit ya da nitrate dönüşümü; denitrifikasyon (denitrification) ise nitratın bakteriler tarafından indirgenmesi olarak tanımlanır.

Arıtma yöntemlerinde kullanılan gereçler: Silis kumu, diatomit, zeolit, perlit, kireç, soda, magnezyum hidroksit, manyezit, kil mineralleri gibi gereçler kullanılmaktadır.

Silis Kumu: Rezervlerinin fazlalığı sayesinde kolayca temin edilebilmesi ve ucuzluğu, silis kumunun mekanik filtrasyonda kullanımını yaygınlaştırmıştır. Kristal silis kumu, boyut aralığı 10-20 µm. olan katıların filtrasyonu için uygun bir filtre ortamıdır. Kumdaki silis yüzdesi, kumun tane şekli, tane boyutu dağılımı, mekanik dayanımı (aşınmaya direnci) ve kimyasal açıdan inert olması önemlidir. Ayrıca, yoğunluk ve homojenlik dikkate alınması gerekli olan diğer hususlardır.

Diyatomit: Gözenekli yapısı, geniş süzme yüzeyi sağlaması, yağ ve bazı mikroorganizmaları absorbe etmesi ve boşluklu olması nedeniyle filtrasyon hızını ve randımanını arttıran diatomit, esas olarak opal silisidir. Doğal diatomit kimyasal bakımdan inerttir. Bu özellikleri diatomiti mükemmel bir filtre malzemesi haline getirir. Filtre ortamı niteliklerini iyileştirmek amacıyla, diatomit bazı proseslerden de geçirilmektedir. Böylece, tane boyutu ve içerdiği safsızlıklar açısından da istenen özellikleri taşınması sağlanır.

Zeolit: Genel formülü $(Na_2, K_2, Ca, Ba)((Al, Si)O_2)_x \cdot nH_2O$ olan zeolit mineralleri çeşitli kirlenmelerin uzaklaştırılması amacıyla, bir süredir arıtma teknolojisinin gündemindedir. Zeolitlerin arıtma ile ilgili özelliklerinin temelini, yapıyı oluşturan alüminosilikat çerçeve, su molekülleri ve iyon değişimini sağlayan katyonlar teşkil eder. Bu iyonlar Ca^{+2} , Na^+ veya K^+ olup, yapıdaki boşluk ve kanallarda yer alırlar. Zeolit suyu ve değişim iyonları bu kanallarda hareket ederler.

Perlit: Sulu alüminyum silikat olan perlit, amorf yapıda ve su içeren camsı volkanik kayadır. Hızla ısıtılırsa bünyesindeki su buharlaşarak uzaklaşır. Bu esnada genleşir ve yapısında ince küresel çatlaklar ağı meydana gelir. Yalıtım sağlaması nedeniyle, özellikle inşaat sektöründe aranan bir madde olan perlit, diatomite benzer filtrasyon özellikleri gösterir. Yoğunluğu çok düşük bir maddedir.

Kireç: Kireç, şüphesiz, su arıtımında en önemli malzeme konumundadır. Suların sertliğinin giderilmesi, çöktürülmesi, dezenfekte edilmesi, kokusunun giderilmesi ve oluşan küflerin öldürülmesi kirecin fonksiyonlarından birkaçıdır. Kolay bulunması ve ucuzluğu avantajıdır. Yüksek hacimli çamur üretmesi ve cilt ile temas ettiğinde yakması ise dezavantajlarıdır.

Kostik Soda ve Soda Külü: Sıvı atıkların pH'ının kontrolünde, kostik soda ve soda külü ile sonuçlar alınmaktadır. Kostik soda sıvı halde olduğundan kullanımı kolaydır. Reaksiyon hızının yüksekliği nedeniyle de tercih edilmektedir. Ayrılan malzemenin çözünmüş toplam katı içeriği kirece oranla fazladır. Göz ve cilt tahrişine neden olması ve pahalılığı dezavantajlarıdır.

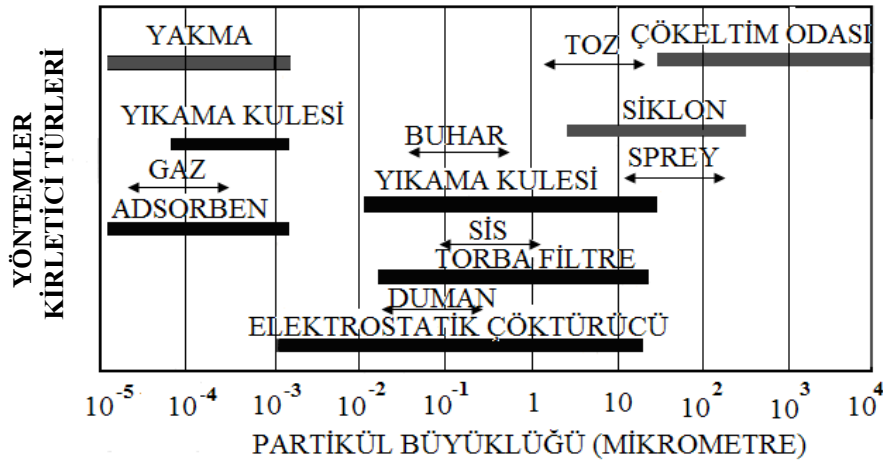
Magnezyum hidroksit: Sıvı atıklarda, arıtma için, magnezyum hidroksit kullanımı oldukça yeni bir uygulamadır. Kireç ile kıyaslandığında birkaç kat daha pahalı olmasına karşın, birçok avantajı vardır. Öncelikle daha emniyetlidir ve çok az hacimde çamur üretimine neden olur. Alkali içeriği yüksektir. Kireç ve diğerleri yüksek reaksiyon hızları dikkate alındığında avantajlı görünseler de, aşırı ilave yapılması ihtimaline bağlı olarak pH değerinin 11-12'ye kadar çıkması söz konusudur. Bu durumun gerçekleşmesi halinde de aşırı alkalilik problem yaratacaktır.

Manyetit: Sıvı atıkların arıtılmasında ince taneli manyetitin kullanıldığı teknoloji, son yıllarda yapılan araştırmalarla geliştirilmiştir. Sıvı atık içinde askıda ve çözünmüş halde bulunan fosfatlar, florürler, organik maddeler, mikroplar ve ağır metallerin ayrılmasında yararlanılan bir yöntemdir (Lin, Spevakova, 1994). İnce tane boyutundaki manyetit sıvı atık içine ilave edilir. Manyetik olmayan kirleticiler bu taneciklere tutunur. Yüklü taneler manyetit ayırma işlemine tabi tutularak ayrılma sağlanır.

Kil mineralleri: Pıhtılaştırma ve salkımlaştırma proseslerinde, katkı maddesi olarak eklenen kil minerallerinin büyük çoğunluğunda iyon değişim ve soğurma özelliği vardır. Kaolen, anyon değişim özelliği fazla olan bir kil mineralidir. Pıhtılaştırmanın yoğun gerçekleşmesine yardım eder. Çamurun susuzlandırılması işleminde performansı artırır.

Gaz atıklarının uzaklaştırılması için de çeşitli önlemler öngörülebilir. Bu önlemler planlanan faaliyet sonucunda hava kirliliği standartlarının aşılabacağı ortaya çıkarsa alınmalıdır. Öncelikle gaz ya da hava kirleticilerinin türü belirlenmelidir. Çeşitli gaz ve partikül emisyonları sonucunda oluşan kirliliği önlemek için uygulanabilir genel teknolojik önlemler, Şekil 14' de partikül büyüklüğüne bağlı olarak sunulmuştur (Vesilind, 1978).

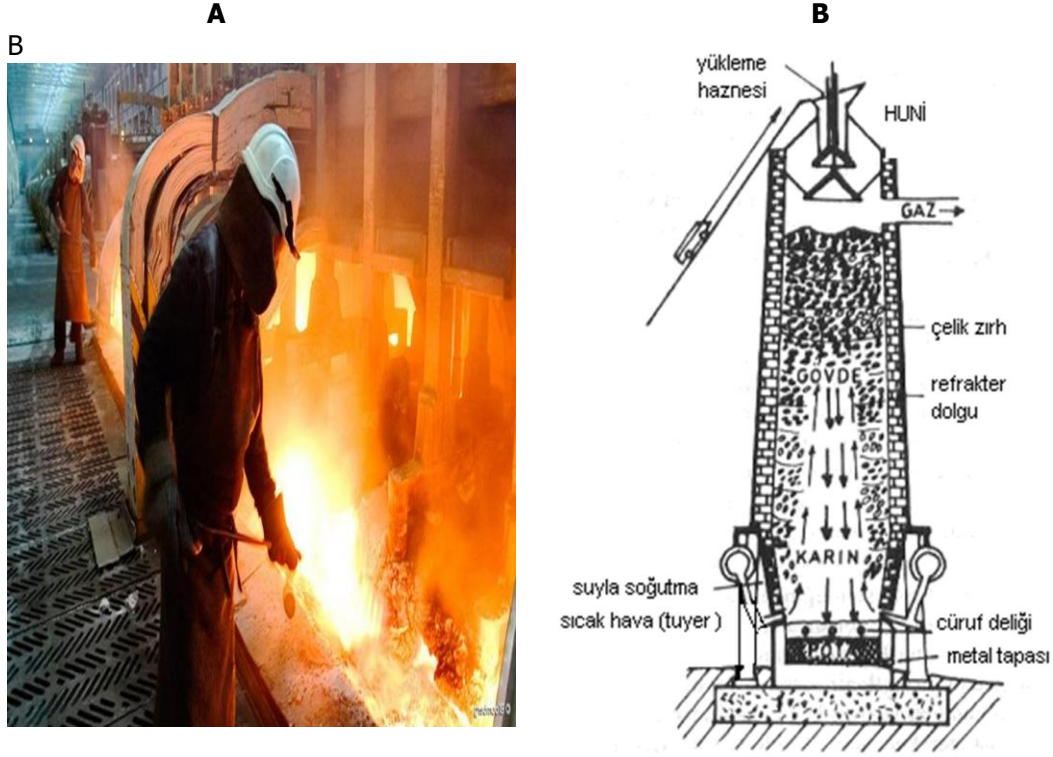
Genellikle çöktürme odaları, siklonlar, tekstil filtreler (torba filtreler), ıslak tutucular (yıkama kuleleri) ve elektrostatik çöktürücüler kullanılmaktadır. Gaz halindeki kirleticilerin tutulması için ise yakma, katalitik yakma, soğurma (adsorpsiyon) ve yıkama yöntemleri uygulanabilmektedir. Burada söz konusu teknolojik önlemlerin ayrıntılarına girilmeyecektir. Önlemlere ilişkin çağdaş kimi kaynaklara da başvurulabilir. Hava kirliliğini önlemek için alınacak teknolojik önlemlerin seçiminde bunların ekonomisi ve işletme sorunları gibi hususlar da dikkatle gözden geçirilmelidir.



Şekil 14. Teknolojik önlemlerin kirleticilerin boyutlarına göre sınıflandırılması (Vesilind, 1978; Yılmaz, 2008' den).

İzabe (Metalurjik) evresi

İzabe evresi, zenginleştirilmiş olan cevherin, kullanılabilir bir forma dönüştürülmesi için gereken tüm çalışmaları içermektedir. Dolayısıyla, bu evrede, izabe tesislerinin yer seçiminden, yönetimine değin tüm faaliyetler yaşanmaktadır. İzabe evresi, başlı başına çok disiplinli ve çok yönlü bir planlama ile gerçekleştirilmektedir. Bu evre layıkıyla gerçekleştirilmeden, madenciliğin bir anlamı yoktur. Örneğin, en azından zenginleştirilen metalik madenlerin özellikle demir cevherlerinin çoğu, cevher işletildiğinde yüksek sıcaklıkta (Şekil 15A) fırında izabe edilebileceği beklentisiyle değerlendirilir. Dünya demir üretiminin %1'inden azı diğer yollarla izabe edilir. İzabe iki aşamalı bir işlemdir (Higgins, 1976):



Şekil 15. **A**, Kitimat izabe tesisi, alüminyum izabe işlemlerinden bir görüntü "Madencilik Türkiye Dergisi'nden alınmıştır"(<http://www.madencilik-turkiye.com>); **B**, Bir yüksek fırının şematik görünümü (Higgins, 1976).

1. Metalik cevherin, kok ve bundan çıkan karbon monoksit gazıyla kimyasal olarak indirgenmesi;
2. Fırından dışarı atılacak biçimde ergimeye elverişli bir cüruf oluşturmak üzere, katık eklenmesi ile gangın ayıklanması.

İzabe işleminde kullanılan yüksek fırın üst üste oturmuş iki koniden oluşur. Fırının boyutları 10 m yükseklikten 30 metreye kadar değişir (Şekil 15B). Fırın kapasitesi günde 100 ile 4000 ton sıvı demirdir (1970). Yüksek fırının etkinliği ve verimi, boyutlarının bir fonksiyonudur.

Metalik cevhere, kok ya da odun kömürü ve gerektiğinde katkı maddeleri (flux) üstten yüklenir, yanma için gerekli hava ise alttan verilir. Katkı maddesi olarak genellikle kireçtaşı, bazı özel durumlarda ise, silis, florit ya da tuz kullanılabilir. Bu karışıma **Möller** adı verilir (Scheer, 1971). Katkı gereçlerini kullanmanın amacı, cevherin ve kokun bütün pisliklerini toplayan ve kolay ergiyen bir cüruf oluşturmaktır. İzabe işlemleri sırasında yoğunlaştırılmış cevherden ayrılan gerece **gang** ya da **cüruf** adı verilir.

İzabe evresinde mutlaka bir enerji türünü kullanma zorunluluğu vardır. İşte böylesine önemli bir işlemde, enerji girdisi olarak çeşitli fosil yakıtları kullanma zorunluluğu da ortaya çıkmaktadır. İzabe işlemi, hem kullanılan yakıtlar dolayısıyla hava kirliliğine neden olabilir, hem de ortaya çıkan cürufun uzaklaştırılması gibi yeni bir sorun da yaratmaktadır. İzabe tesislerinin yer seçiminde gerekli özenin gösterilmesi gerekir. Ayrıca bu tesislerin planlama, hazırlık, tasarımı ve inşaat evresi, işletme evresi ve işletme sonrası evrede çeşitli çevresel sorunların yaşanabileceği göz ardı edilmemelidir. Çünkü bu evrelerin her birinde toprak, su ve hava kirlenebilir, doğal ekosistem ve kültürel miras ile sosyoekonomik ortam etkilenebilir.

İşletme sonrası izleme ve iyileştirme evresi (Kapatma, doğaya kazandırma ve geri dönüşüm)

Madencilikte genellikle unutulmuş bir evredir. Madenci, ilgili cevher yatağını işletmiş ve parasını cebine koymuştur. Bundan sonrası artık Allah'a havaledir. Oysa madencilik faaliyetinin sonunda çevrenin eski konumuna getirilmesi işletme sırasında ortaya çıkan sorunların denetim altına alınıp alınmadığının izlenmesi zorunludur. Dolayısıyla işletme sonrası evrenin en çok ciddiye alınması gereken bir evre olduğu unutulmamalıdır.

Ancak yukarıda sunulan çeşitli evrelerde ortaya çıkan etkiler, günümüzde çevre bilimlerinin ve teknolojilerinin ulaştığı bilgi düzeyinde tümüyle ortadan kaldırılmasa bile, denetim altına alınmaları mümkündür. Bunun için ciddiyet ve sorumluluk yeterlidir. Gerçekten uzman kişilerin hazırladığı ÇED raporlarında ortaya koyulan öneriler uygulanırsa, hem madenciliğin hem de çevrenin birlikte korunması kolaylaşır. Ancak, bunun için önce samimi olmak gerekir.

Bir maden alanında, üretim öncesi ya da üretim sürecinde ortaya çıkan atık malzemenin atılması amacıyla alınan önlemler, şüphesiz ki gereklidir. Ancak, çevre koruma açısından ele alındığında, bunlar yalnız başına yeterli değildir. Üretimin her evresinde ve ocağın kapanmasından sonraki dönemlerde de gündeme gelebilecek sorunların da önlenmesi zorunluluğu vardır. Örneğin hazırlık evresinde yolların açılması, sondaj, kuyu ve yarmaların açılması ve diğer hazırlıkları içeren kazılar, gerekli tesislerin inşası (idari binalar, zenginleştirme tesisi ve araç parkları gibi) ve atıkların atılması kapsamındaki faaliyetlerin tümü çeşitli çevre sorunlarını yaratır.

Atık barajları, gerekli önlemlerin alınmaması halinde, emniyetli konumunu uzun süre devam ettiremez. Baraj tasarımında hatalar varsa, drenaj yeterli değilse ve bunlara yağmur ve deprem gibi dış etkenler katkıda bulunursa, duraylılığını kaybeden baraj yıkılabilir.

Ömrünü tamamlamasıyla birlikte terk edilen bir maden alanı, önlemler alınmazsa fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal çevrede sorunlara yol açabilir. Onun için bazı iyileştirme çalışmaları gerekmektedir. Bu çalışmaların bazıları aşağıda sunulmuştur.

Fiziksel iyileştirme

En tercih edilen iyileştirme yöntemi, işletme alanı kapatıldıktan sonra, bu bölgede çeşitli bitkilerin yetiştirilmesidir. Ancak koşullar doğrudan bitki yetiştirmeye olanak vermiyorsa, yani erozyon olasılığı yüksek ise, böyle bir yer, bitkinin büyümesine elverişli olmadığından, önce ıslah edilmesi gerekebilir. Bu durumla karşılaşıldığında, en uygun seçenek ortamın fiziksel olarak iyileştirilmesidir.

Bu işlemin temel amacı, yağışların ve rüzgârın neden olacağı erozyonu önlemek veya geciktirmek, yüzeyden tane kayıplarına meydan vermemek ve bitki yetiştirme öncesinde toprağın ıslahına yardımcı olmaktır. Bunun için, atık yığınının yüzeyi çeşitli tarıma uygun gereçlerle örtülür. Atık yığınlarının örtülmesinde kullanımı en yaygın olan malzeme, yerli kaya, taş ve topraklardır. Bilhassa topraklar, iyi bir örtü görevi yapar.

Kimyasal iyileştirme

Kimyasal iyileştirme mineral atıkları ile kimyasal reaksiyon yapabilen gereçlerin atık yüzeyine uygulanmasıdır. Kimyasal iyileştirmenin bir amacı da, sülfürik asit gibi kirleticilerin çevreye zarar vermeyecek hale getirilmesidir. Mineral atıkları, bitkiler için zehirli ya da büyümelerini geciktirici unsurlar içerirler. Bu, bitkisel iyileştirme öncesinde toprağın ıslah edilmesini gerektirir. Kimyasal iyileştirme, toprağın ıslah edilmesi dışında, bitkilerin büyümelerinin ilk evresinde, tahrip olmalarını önler. Hangi gereçlerin kullanılacağına karar verilmeden önce, geçirgenlik, pH ve tuzluluk gibi atığa ait bazı özelliklerin bilinmesi gerekir. Bunlar, işlem sonrasında oluşacak bağların etkinliğini belirleyen faktörlerdir.

Bitkisel iyileştirme

Bitkisel iyileştirme, atık yığınının üzerini ve kazı yapılan maden alanını tümüyle bitki örtüsü ile kaplama işlemidir (Şekil 16). Yapılan uygulamalar, söz konusu madenciliğin yapıldığı alanlara ekolojik değer kazandırır. Estetik bakımdan bozulan saha düzeltilmiş olur. Yağışlardan ve rüzgârlardan kaynaklanan erozyona direnci artırır. Bilhassa, eğimi fazla olan yüzeylerde bunun önemi büyüktür. Ekin alanları meydana getirmek suretiyle, üretkenliğe katkı yapar.

Suyun toprak içinde süzülmesi ve depolanması, atığın mineral içeriği ile ilgili olan tane yoğunluğuna ve sıkışması oranında artan yığın yoğunluğuna bağlıdır. Birim hacimdeki tanenin ağırlığı, tane yoğunluğu olarak tanımlanır. Birim hacimdeki toprağın toplam ağırlığı da yığın yoğunluğudur. Bu iki faktör ile porozite arasında yakın bir ilişki vardır. Toprağın porozitesi, yığın yoğunluğunun tane yoğunluğuna oranının yüzde olarak ifadesidir. Sıkıştırılmış bir malzemenin yığın yoğunluğu yüksektir. Buna göre, sıkışma oranı yüksek olan atıkların yığın yoğunluğu daha büyük bir değere ulaşırken,

porozitesi düşecektir. Neticede, toprağın ısı iletkenliği, mekanik direnci ve nem tutma kapasitesi artar. Ancak, bitki büyümesinde gerekli olan havalandırma, porozite, süzülme ve oksijen difüzyonu azalır (Morrey, 1995).



Şekil 16. *İstanbul-Kemerburgaz'daki eski kömür madeni sahalarnın üretim (A), ve doğaya yeniden kazandırma çalışmaları bittikten sonraki görünümü (B)* (Orman ve Su İşleri Bakanlığı-Maden Sahaları Rehabilitasyon Eylem Planı, 2015; JMO, 2017'den).

Tuzluluk, bitki büyümesinde engel oluşturan önemli bir kimyasal sorundur. Kalsiyum, potasyum, magnezyum ve sodyumun, sülfatlar ve klorürlerle yaptıkları bileşikler, toprağın tuzluluk düzeyini belirler. Atığın tuz oranını yükselten faktörler; atık barajlarında kullanılan suyun geri beslenmesi, kurak bölgelerde artık yüzeyinde birikmesi, pirit-karbonat reaksiyonunun meydana gelmesi ve boşaltma öncesinde, pH ayarlamak için atık havuzlarına kimyasal maddeler ilave edilmesidir.

Fiziksel özellikleri istenen nitelikleri taşımayan atıklar, belirli bir derinlik çerçevesinde ıslah edilebilir. Eğer çevreden yeterince sağlanabilirse, atık yüzeyi bitkiler için elverişli toprakla örtülebilir. Sıkışma meydana gelmişse, yüzey kazılır veya çapalanır. Böylelikle, gevşetilmiş olur. Ayrıca, sulama, havalandırma, drenaj ve toprak yapısını iyileştirme bitkinin büyümesine katkı yapar. Organik maddelerin ilave edilmesi, atığın su ve besleyici maddeleri tutma kapasitesini artırır. Bu maddelerin bir başka faydası, toprak yapısını değiştirerek yüzey stabilitesini, havalandırma koşullarını ve suyun toprak içinde nüfuzunu iyileştirmesidir. Zenginleştirme esnasında, eğer mümkünse, uygun boyut küçültme metodu ve boşaltma şekli seçilerek, tane boyut dağılımı düzeltilebilir. Bitki türünün doğru tercih edilmesi de önemli bir faktördür.

Atıkların besleyici eksikliğini gidermek için tercih edilen yöntem, suni gübre kullanımıdır. Doğal gübre kaynakları, çiftliklerde beslenen büyük ve küçükbaş hayvanlar ile kümes hayvanlarıdır.

Alternatif kullanımlar amacıyla iyileştirme

Fiziksel ve kimyasal iyileştirme uygulamaları, madencilik faaliyetleri ile bozulan sahaların olası zararlarını önleme temeline dayalıdır. Bu sahalar başka bir katkısı yoktur. Bitkisel iyileştirme diğer iki yöntemin bir adım ileri olup, kıyas kabul etmeyecek üstünlükleri vardır. Bununla beraber, sahadan gerçek anlamda yararlanma söz konusu değildir. Halbuki, alternatif kullanım için iyileştirme ve düzenleme yapıldığında, saha belli ölçüde de olsa, daha önceki ekolojik değerini geri kazanır.

Yeraltı üretim yöntemleri uygulanan madenlerde, bozulan sahalar, genellikle geniş alanlar kapsamaz. Küçük alanlar ise, alternatif kullanım amaçlı düzenleme ve iyileştirme çalışmaları gündeme gelmez. Konu daha ziyade, geniş alanların tahrip edilmesine yol açan, büyük çaplı açık ocak işletmeciliğini ilgilendirir.

Alternatif kullanıma yönelik iyileştirme ve düzenleme çalışmaları 4 ana başlıkta toplanabilir. Bunlar da başlıca *yaban hayatı kazandırma, tarıma hazırlama, ormanlaştırma, dinlenme ve eğlenme amaçlı alanlar yaratma* biçiminde sıralanabilir.

Bunların dışında, balıkçılık amaçlı göletler yapılması, yerleşim alanlarının kurulması ve ticari veya endüstriyel tesisler inşa edilmesi de mümkündür. Tahrip olan bölgeye yaban hayatının kazandırılması, öncelikle yabani hayvanların yaşam tarzına uygun bir mekân hazırlanmasını ve ardından bu canlıları ortama çekebilmeyi kapsar. Üç önemli unsur; su, besin maddesi ve bitki örtüsüdür. Göletlere ve sulak alanlara, su bitkileri ve hayvanları yerleştirilebilir veya yumurtaları konulabilir. Böylece ek besin gereksinimi giderilmiş olur.

Tarımsal kullanıma yönelik iyileştirme bazı güçlükleri içerir. Böylesi bir iyileştirme, atığın kimyasal ve fiziksel karakterini sınırlayıcı faktörler içerir. Atığın pH değerinin çok yüksek veya düşük olması, kabul edilebilir düzeyin üzerindeki ağır metal varlığı ya da besleyici eksikliği, tarımsal faaliyetleri engeller.

Terk edilen bir maden alanında, dinlenme ve eğlenme alanlarının kurulması, sahanın bir yerleşim alanına yakın olmasına veya ziyaretçilerin ilgisini çekecek bir özellik taşımasına bağlıdır. Düzenleme ve iyileştirme maliyetlerinin yüksekliği ve yapılan harcamaların geri dönüş ihtimalinin zayıflığı, bu şekilde kullanıma yönelik çalışmaların önündeki en büyük engellerdir. Eğer bu engeller aşılabılırsa, park alanları, golf sahaları, muhtelif spor tesisleri ve kamp yerleri kurulabilir. Göletler, balık yetiştirme havuzlarına dönüştürülebilir. Hatta yeterince büyük havuzlar iseler, marinalar oluşturulabilir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsanoğlu bulunduğu her yerde ve yaptığı her faaliyet ile çevresinde bir değişime neden olmuştur. İnsanların, doğal gereksinimlerini karşılamak için yaptığı faaliyetlerin çevreye olan etkileri de büyüktür. Madenciliğin her evresinde katı, sıvı ve gaz atıklar ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan atıkların türleri ve nitelikleri gözetilerek bertaraf edilmeleri yönünde çaba harcanmalıdır. Kirlenmiş bir çevrede yaşama şansı yoktur. Üstelik kısmen de olsa kirlenmiş bir çevreyi yaşanabilir hale getirmek için bazen çok büyük bedeller ödeme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Ülkenin doğal kaynakları, sınırlı olup en verimli şekilde değerlendirilmeli ve halkın refahı için kullanılmalıdır. Ancak, her sektörde üretim yapılırken, üretimin yanı sıra çevresel kaygılar da gözetilmelidir. Madencilik sektöründe, tüm teknolojik gelişmelere karşın çevresel sorunlar yıllar geçtikçe artmaya devam edecektir. Bu nedenle çevrenin geleceğe yönelik planlaması giderek önem kazanmakta ve zorunlu bir hale gelmektedir.

Maden atıklarının uzaklaştırılması sırasında ortaya çıkan yüksek maliyetlerin minimize edilmesi gerekmektedir. Buna yönelik ilk seçenek atıkların uzaklaştırılması yerine, onları bir şekilde geri dönüşüm yolu ile yeniden değerlendirilmesi yoluna gidilmelidir. Böylece işletme için yeni bir gelir kaynağı da elde edilmiş olur. Öte yandan katı, sıvı ve gaz atıklarının uzaklaştırılmasında çevre teknolojileri belli bir düzeye ulaşmıştır. Bu teknolojilerin yardımı ile çevrenin korunması kısmen de olsa mümkündür. Ancak bu teknolojilerin uygulanması da, madencilığe ek bir yük getirdiği açıktır. Ne var ki söz konusu önlemler alınmazsa, çevresel sorunlar daha da büyüyecek ve bu sorunları çözmek için, çok daha yüksek bedeller ödeme zorunluluğu ortaya çıkabilir. Bu dünyada yaşamının bedeli, yaşam serüveni nedeniyle ortaya çıkan çevresel sorunlarının çözümü ile ödenebilir.

Madencilik faaliyetleri dolayısıyla doğan hakları savunabilmek için, çevre hukukunu örselemeden, doğa ve çevre haklarını göz ardı etmeden bir yol izlemek gerekmektedir. Çevre hakkının, işçi sağlığının ve güvenliğinin güvence altına alınması zorunludur. Bu da zorunlu olarak yeni bir anlayışla madenciliğin yapılmasını gerektirmektedir.

Siyasal iktidarların kamusal olan her anlayış ve varlığa yönelik sistematik saldırganlığı karşısında, kamusal olanın savunusu amacıyla hem özelleştirme süreçlerini mümkün kılan yasal düzenlemelere, hem de özelleştirme uygulamalarına karşı mücadele alanlarının genişletilmesi için fikri ve pratik araçların geliştirilmesi, TMMOB'nin ve tüm toplumsal muhalefetin görevlerindendir (TMMOB, 2019).

Sonuç olarak, doğal kaynaklarımızı çok uluslu şirketlerin beklentileri yönünde değil, ülkemizin ve halkımızın gereksinimleri gözetilerek değerlendirilmelidir. Doğal kaynaklar, ancak tüm insanlığın yararı gözetilerek sahiplenilebilir. Bu durum ise ancak,

dünya ölçeğindeki doğa ve çevre bilinci ile sermayenin kâr dürtüsü arasındaki dengenin akılcı bir şekilde sağlanması ile gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Alpan, S., 1969a, Maden işletme metotları. MTA yayını, Eğitim serisi, No 2, Ankara, 21 s.
- Alpan, S., 1969b, Sondaj tekniği. MTA yayını, Eğitim serisi, No 3, Ankara, 27 s.
- Alpan, S., 1969 c, Cevher zenginleştirme. MTA yayını, Eğitim serisi, No 4, Ankara, 15 s.
- Dean, K.C., 1972, Reclamation of Mineral Milling Wastes, Proceedings of the 3rd Mineral Waste Utilization Symp., Schwartz, M.A. (Edit.), Chicago, s. 140-142.
- Dean, K.C. ve Havens, R., 1973, Comparative Costs and Methods of Stabilization of Tailings, Aplın, C.L., Argall, G.O. (Co-Edit), Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, s. 45-76.
- Dilek, S., 2009, Yüzey Madencilik ve Çevresel Etkiler, TMMOB Mad. Müh. O., Altın Pol. Sim., s. 12-13.
- Doğan, M.Z., Özbayoğlu, G. ve Atalay, Ü., 1981, Çinkur Tesislerinde Elde Edilen Liç Atıklarının Zenginleştirilmesi, Türkiye Madencilik ve Bilimsel Teknik Kongresi 7, Ankara, s. 231-238.
- Down, C.G. ve Stocks, J., 1977, Methods of Tailings Disposal, Mining Magazine, s. 345-359.
- Down, C.G. ve Stocks, J., 1977, Environmental Problems of Tailings Disposal, Mining Magazine, s. 25-33.
- Down, C.G. ve Stocks, J., 1977, Positive Uses of Mill Tailings, Mining Magazine, s. 213-223.
- Easton, J., 1991, Mining Rehabilitation in South Africa, Success by Cooperation, Min. Tech. 91, s. 197-198.
- Elevli, B., 1998, Madencilik, Çevre ve ÇED Raporu, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları No:78, s. 43-49.
- Emery, J.J. ve Kim, C.S., 1974, Trends in the Utilization of Wastes for Highway Construction, Proc. 4th. Mineral Waste Utilization Symposium, Aleshine, E. (Edit), U.S.B.M., I.T.T. Research Institute, Chicago, s. 23-32.
- Emrullahoğlu, F., Kara, M., Çelik, M.S. ve Tolun, R., 1993, Kalsine Kolemanit Atıklarının Sarsıntılı Masa ile Zenginleştirilmesi, Türkiye 13. Madencilik Kongresi, İstanbul, s. 629-638.
- Environment Australia, 1997, *Managing Sulphidic Mine Wastes and Acid Drainage*, Best Practice Environmental Management in Mining,
- EPA, 1994a, *Acid Mine Drainage Prediction*, US Environmental Protection Agency, EPA 530-R-94-036.
- EPA, 1994b, *Design and Evaluation of Tailings Dams*, US Environmental Protection Agency, EPA 530-R-94-038.
- Erkal, İ.F. ve Girgin, İ., 1992, Etibank Emet Kolemanit İşletmesi Kaba Atıklarının Konsantre Üretimi Amacıyla Değerlendirilmesi, 4th Int. Min. Proc. Symp., Antalya, s. 599-608.
- Güney, A., Önal, G., Doğan, M.Z. ve Altaş, A., 1994, Flotation of Fine Chromite Tailings Using Novel Techniques, Progress in Mineral Processing Technology Proceedings of 5th Int. Min. Proc. Symp., Demirel, H., Ersayın, S. (Co-Edit), A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, s. 473-478.
- Hinesly, T.D., Jones, J.K. ve Sosewitz, B., 1972, Use of Waste Treatment Plant Solids for Mined Land Reclamation, Mining Congress Journal, s. 66-73.
- <http://www.haber7.com/guncel/haber/1946213-soma-maden-faciasinin-yil-donumu-soma-sehitleri-aniliyor>; 01 Haziran 2019, saat 15.30.
- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/2016-maden-ihracat-degerleri> (31 Mayıs 2019, saat 12.10).
- <https://cografyatr.com/haber/75/turkiyede-en-cok-cikarilan-madenler-ve-madenlerin-cikarildiklari-yerler.html>; 01 Haziran 2019, saat 11.35.
- <https://www.cografyaci.gen.tr/madenciligin-turkiye-ekonomisindeki-payi-nedir/>. 31 Mayıs 2019, saat 12.00.
- İSG, 2015. 28 Nisan 2015 tarihinde güncellenen 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası (İlk çıkış, 30.06. 2012 tarih 28 339 sayılı Resmi Gazete).
- JMO, 2010, Özelleştirmenin odağındaki BOR. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO), Ankara, 65 s.
- JMO, 2011, Afşin elbistan çöllolar açık ocağı heyelenları inceleme komisyonu raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 19 s.
- JMO, 2014, Soma iş cinayeti/İş kazası Raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın no:120, Ankara, 32s.
- JMO, 2015, Madencilik ve Madencilik Sektöründe Yaşanan Sorunlar Çalıştay, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 16-17 Ocak 2015, Gürkent Otel/ Sıhhiye, ANKARA.
- JMO, 2017, 1. Çevre Jeolojisi Çalıştay Sonuç Raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO), 3-4 Kasım 2017, Gürkent Otel, Yayın No:133, Ankara, 217s.
- Jones, J.D., 1980, Design and Construction of Tailings Ponds and Reclamation Facilities – Case Histories, Mineral Processing Plant Design, Mular, A.L., Bhappu, R.B. (Co-Edit), A.I.M.E., New

- York, s. 703-732.
- Kalender, L. Kirat, G., Bölücek, C. ve Sağıroğlu, A., 2009, Görgü (Malatya-Türkiye) Pb-Zn yatağının eski imalat pasalarının jeokimyası: Türkiye Jeoloji Bülteni, 52/2, s. 49-56.
- Karadeniz, M., 1996, Cevher Zenginleştirme Tesis Atıkları, Çevreye Etkileri ve Önlemler, MTA Genel Müdürlüğü Cevher Zenginleştirme Servisi Raporu, İstanbul, s. 21-37, 174-325.
- Mather, A.S. ve Chapman, K., 1998, Environmental Resources: Addison Wesley Longman Edinburg Gate Harlow Essex CM 20 2 JE, England, 279s.
- Morrey, D.R., 1995, Using Metal-Tolerant Plants to Reclaim Mining Wastes, Mining Engineering, s. 247-249.,
- OSİB, 2015, *Maden Sahaları Rehabilitasyon Eylem Planı 2014-2018*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Özbayoğlu, G., Akkurt, S., Topkaya, Y. ve Karakaya, İ., 1992, Recovery of Germanium and Other Metal Values from the Electrolyte Purification Precipitates of Çinkur Zinc Plant, 4th Int. Min. Proc. Symp., Antalya, s. 679-690.
- Peterson, J.R. ve Gschwind, J., 1972 Leachate quality from acidic mine spoil fertilized with liquid digested sewage sludge, Journal of Environmental Quality, s. 410-412.
- Pettibone, H.C. ve Kealy, C.D., 1972, Engineering Properties and Utilization Examples of Mine Tailings, Proc. 3rd. Mineral Waste Utilization Symposium, Schwarz, M.A. (Edit), U.S.B.M., I.T.T. Research Institute, Chicago, s. 161-169.
- Swaigood, J. R. ve Toland, G. C., 1973. The control of water in tailing structures, in 1st Int. Symp. Tailing Disposal Today, Tuscon, s. 138-163.
- Sutton, P., 1973. Establishment of vegetation on toxic coal mine spoils. Presented at the research and applied technology symposium on mined-land reclamation, s. 245-267.
- Tarhan, F., 1989, Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, KTÜ Basımevi Trabzon, 255s.
- TMMOB, 2019. TMMOB Kamucu Politikalar Sempozyumu (İlk Duyuru), İMO Teoman Öztürk Salonu, 22-23 Kasım, 2019, Kızılay, Ankara.
- Toland, G.C. ve Swaigood, J.R., 1973, The Control of Water in Tailings Structures, Aplin, C.L., Argall, G.O. (Co-Edit), Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, s. 138-163.
- Uslu, O. ve Türkman, A., 1987, Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, Ankara, 162s.
- Uzkut, İ. ve Tuncer, F., 1981, Samsun İzabe Tesisi Curuf ve Flotasyon Atıklarının Metal İçeriği ve Değerlendirilmesi, Türkiye Madencilik ve Bilimsel Teknik Kongresi 7, Ankara, s. 295-318.
- Ünal, E., Kara, D. ve Vatan, B., 1992, Açık Ocak Kömür Madenciliği Sırasında Bozulan İşletme Sahalarının Yeniden Düzenlenmesi ve İyileştirilmesi, Madencilik Dergisi, s. 5-16.
- Valsaraj, K.T. ve Thibodeaux, L.J., 1993, Non-Foaming, Adsorptive Bubble Process for Waste Water Treatment, Minerals and Metallurgical Processing, s. 24-29.
- Vesilind, P. A., 1979, "Environmental Pollution and Control"; Ann Arbor Science Pubhishers Inc.; Ann Arbor, Michigan.
- Williams, R.E., 1975, Waste Production and Disposal in Mining-Milling-Metallurgical Industries, Miller Freeman Publication Inc., San Francisco, s. 124-136.
- Williamson, N.A., Johnson, M.S. ve Bradshaw, A.D., 1982, Mine Waste Reclamation, Chandlers Ltd., East Sussex, England, s.6-14.
- Wood, P.A., 1991, Meeting the Environmental Challenge, Min. Tech. 91, 190-192.
- www.blogcu.com.
- www.altinmadencileri.org.
- www.mta.gov.tr.
- Yılmaz, A. 2008, Çevresel Etki Değerlendirmesi: Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayını no: 111, Sivas, 275 s.
- Yılmaz, A. 2009, Çevre Kaynakları: Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayını no: 117, Sivas, 348 s.
- Yuva, H., Bilen, B., Eroğlu, O., Harmanşah, H. ve Seyhan, S., 2011, Madencilikte ortaya çıkan atıkların çevresel etkileri ve alınması gereken önlemler: Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre mühendisliği Bölümü, Bitirme Ödevi, Sivas, 92 s.