

Yeraltı Madenlerinde Atık Depolamada Teknolojik ve Yasal Düzenlemeler

A. Özarslan

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Maden Müh, Bölümü, Zonguldak

ÖZET: Bu bildiriye yeraltı madenlerinde atık depolamanın teknolojik ve hukuksal açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Önce, yeraltı madenlerinde atık depolamanın ön koşulları ve uygulanan yöntemler incelenmiştir. Depolama uygulamaları hem atıkların dolgu amaçlı değerlendirilmesi hem de nihai bertarafım kapsamaktadır. Ayrıca yeraltında depolanabilen atık türleri ve bunların sahip olması gereken özellikler tanımlanmıştır. Ardından yeraltı madenlerinde atık depolamanın hukuksal boyutu Avrupa Birliği, Almanya ve Türkiye'deki çevre mevzuatları açısından değerlendirilmiştir. Son olarak da yeraltı madenlerinde atık depolama konusunun geleceği tartışılmış ve bu tür projelerin uygulanabilirliği gelişmekte olan ülkeler açısından değerlendirilmiştir.

ABSTRACT: In this paper, technological and legal aspects of storage of wastes in underground mines have been evaluated. Firstly, principal conditions and applied methods for storage of wastes in underground mines are examined. Waste storage applications include both utilization as fill and final disposal. In addition, types and properties of wastes that can be stored underground are presented. Then, the legal aspects of storage of wastes in underground mines have been evaluated with respect to the environmental legislation in the European Union, Germany and Turkey. Finally, the future of waste storage in underground mines is discussed and the applicability of such projects has been evaluated from the point of view of developing countries.

1

1. GİRİŞ

Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını koruma altına alan sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanması tüm topluluklara ve ülke yönetimlerine önemli sorumluluklar yüklemektedir. Günümüz çevre sorunlarının, bizden sonraki nesiller için yaşamsal öneme sahip su, hava ve hammadde gibi kaynakları tehdit edecek boyutta geleceğe aktarılmasının önlenmesi, bu hedefe ulaşılmasında hayati bir öneme sahiptir. İnsan ve çevre sağlığını tehdit edebilen atıkların uzun vadeli ve güvenli bir şekilde yönetimi de bu sorunların başında gelmektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin atık yönetimi politikalarında öncelikle atık oluşumunun önlenmesi veya atıkların ikincil bir hammadde olarak tekrar değerlendirilmesi öngörülmektedir. Teknolojik alanda günümüze kadar elde edilen tüm gelişmelere ve yasal önlemlere rağmen yine de atıkların oluşması kaçınılmazdır. Özellikle yeniden değerlendirilme olanağı bulunmayan ve uzun süreli olarak insan ve çevre sağlığı üzerinde tehlikeli özelliklerini yitirmeyen endüstriyel atıkların güvenli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Endüstriyel atıkların düzenli depolanması hem yerüstünde hem de yeraltında yapılabilmektedir. Yerüstünde depolama seçeneği genelde daha yaygın ve ekonomik olmasına karşılık; depolama alanlarının azalması, maliyetin artması, uzun süreli güvenliğinin

kanıtlanması vb. sorunları beraberinde getirmektedir. Son yıllarda belirli özelliklere sahip atık türleri için yeraltında atık depolama uygulamaları yerüstünde düzenli depolamaya önemli bir alternatif oluşturmaya başlamıştır. Bu bağlamda, madenlerde üretim çalışmalarını sonucu yaratılan yeraltı açıklıkların, atıkların depolanması için büyük bir potansiyel teşkil etmektedir. Bu açıdan, yeraltında endüstriyel atık depolama konusu, başta Almanya olmak üzere, gelişmiş olan ülkelerdeki atık yönetimi sistemlerinin önemli bir parçası haline gelmiştir.

2 YERALTI MADENLERİNDE ATIKLARIN DEPOLANMASI

Yeraltı maden açıklıklarından, atıkların ikincil bir hammadde olarak dolgu amaçlı değerlendirilmesi veya tehlikeli atıkların doğal çevreye zarar vermeden güvenli bir şekilde nihai olarak bertaraf için faydalanılabilmektedir. Önceden bu amaçla sadece madencilikten kaynaklanan atıklardan faydalanılırken, özellikle son yıllarda bu amaçla kullanılan endüstriyel atıkların miktarlarında önemli artışlar kaydedilmiştir. Bu bağlamda, yeraltında depolama amaçlı kullanılan atıkların önemli bir kısmı da tehlikeli atık sınıfına girmektedir. Yeraltı madenlerinde endüstriyel atıkların dolgu amaçlı değerlendirilmesi ile maden işletmelerinin üretim faaliyetlerinden kaynaklanan çevre ve

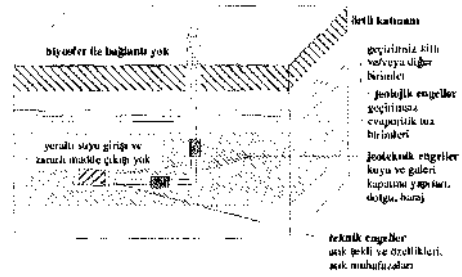
güvenlik sorunlarının en aza indirilmesi (tasman sonucu doğal arazi yapısının değişmesi, katı atık sorunu vb.) hedeflenmektedir. Üretim sonrasında maden işletmelerinin tehlikeli atık bertarafı için kullanılması ile bu tesisler atık bertaraf tesislerine dönüştürülebilmektedir. Yeraltı maden açıklıklarının bu amaçlarla kullanılması tehlikeli atık yönetiminde bertaraf sorununun çözülmesine önemli katkılar ve işletmecilere ekonomik kazanç sağlayabilmektedir. Unutulmaması gereken önemli bir husus ise yeraltı madenlerinde atıkların dolgu amaçlı olarak değerlendirilmesi veya bertarafının ancak özel koşullar altında mümkün olabilmesidir. Aksi takdirde gerçekleştirilecek hatalı uygulamalar, başta yeraltı suyu kirliliği olmak üzere, geri dönüşü olmayan çevre sorunlarına yol açabilmektedir. Bu açıdan yeraltı madenlerinde güvenlik açısından uygulanabilecek atık depolama yöntemleri ile bu tesislerin güvenliklerinin kanıtlanmasında yerine getirilmesi gereken değerlendirmelerin bilinmesi gerekmektedir.

2.1 Yeraltında Atıkların Depolanmasında Uygulanabilen Güvenlik Yaklaşımları

Atıkların düzenli depolanmasındaki ana amaç, bu atıkların sahip olduğu ve insan ile çevre sağlığını tehdit eden zararlı maddelerin, canlıların da üzerinde yaşadığı biyosfer, hidrosfer ve atmosfere kontrolsüz olarak ve izin verilebilen miktarlardan daha fazla iletilmesini engellemektir. Yeraltında depolanacak atıklardan kaynaklanabilen zararlı maddelerin iletimi, başlıca su ve hava akımı aracılığıyla oluşabilmektedir. İşletme ve uzun süreli güvenlik açısından, yeraltında gaz yayma özelliğine sahip atıkların depolanmasına izin verilmediğinden, bu atıklardan bir zararlı madde çıkışı ancak yeraltı suyu aracılığıyla mümkün olabilmektedir. Bu nedenle, yeraltı madenlerinde yapılacak atık depolama faaliyetleri sonucunda çevrenin olumsuz yönde etkilenmemesi için, oluşturulacak atık deposu dış çevreye karşı tamamen yalıtımlı bir ortamda bulunmalı veya atıkların yeraltı suyunu etkileme derecesinin kabul edilebilir sınırlar içinde kalması sağlanmalıdır. Bu hedefler doğrultusunda, yeraltında atıkların depolanması güvenlik açısından ancak "tamamen yalıtım" ve "nötr yayılma" yaklaşımlarına göre mümkün olabilmektedir (Gerhardt et al. 1997, Özarslan ve Gerçek 2004). Yaklaşımların uygulanabilirliği başlıca; depolanacak atık türü, atık özellikleri ve zararlı madde içeriği, incelenen depolama bölgesi çevresinde konuma bağlı olan jeolojik-hidrojeolojik-jeokimyasal koşullar ile talep edilen güvenlik koşullarına bağlıdır.

Tamamen yalıtım yaklaşımı yeraltı suyuyla karşı geçirimsiz olan jeolojik birimlerde yer alan ortamlarda atıkların depolanması ilkesinden oluşmaktadır. Bu güvenlik yaklaşımına göre yeraltı suyu ile depolama ortamı arasında herhangi bir bağlantı bulunmaması nedeniyle, atıkların içerdiği zararlı madde ile bileşik-

lerin, yeraltı suyu aracılığıyla biyosfere iletimi de önlenmektedir. Bu yaklaşımın temel felsefesini çeşitli doğal ve yapay engellerden oluşan "çoklu engel sistemi" güvence altına almaktadır (Gerhardt et al. 1997). Şekil 1'de bu yeraltı atık depolama güvenlik yaklaşımı şematik olarak verilmiştir. Ana engeller jeolojik, jeoteknik ve teknik engellerden oluşmaktadır. Jeolojik engeller, atık deposunu çevreleyen kaya kütleleri birimleri ve zararlı madde çıkışı ile yeraltı suyu girişini engelleyecek olan uygun jeolojik kaya birimlerinden oluşmaktadır. Jeoteknik engeller, çevre koşullarından faydalanılarak gerçekleştirilen mühendislik yapılarıdır ve asıl depolama ile servis açıklıklarının (galeri, kuyu) barajlanması ve doldurulması çalışmaları bu kapsama girmektedir. Jeoteknik engeller, askıda jeolojik birimlerin kuyu ve galeriler ile geçilmesi suretiyle bozulan jeolojik engel yapısının eski doğal özelliklerine yakın olarak yeniden oluşturulması için inşa edilen yapılarıdır. Teknik engel ise, atığın kendisi ve yerleştirildiği muhafazadan oluşmaktadır (DGEG 1994).



Şekil 1. Tamamen yalıtım güvenlik yaklaşımı.

Yeraltı atık depolama projelerinde tehlikeli atık muhafazaları, tesisin güvenliği için göz önünde tutulması gereken zaman aralığına (10 bin yıl) oranla sınırlı ömüre sahip olmaları nedeniyle, uzun süreli güvenliğin kanıtlanmasında değerlendirilememektedir (EC 2003). Atık muhafazaları, özellikle atıkların naklinde ve işletme güvenliğinin sağlanmasında büyük önem taşımaktadır. Çoklu engel sisteminde jeolojik engel bünyesinde yer alan jeokimyasal ve hidrolojik engeller de mevcuttur (Klinger & Thein 1994). Bir yeraltı atık depolama tesisinin güvenlik seviyesi özellikle doğal engellerin yüksek kalitesine bağlıdır. Bundan dolayı tamamen yalıtım güvenlik yaklaşımında jeolojik engel en önemli engeli teşkil etmektedir (DGEG 1994, Gerhardt et al. 1997).

Jeolojik engel genel anlamda yeraltından zararlı madde çıkışını ve yeraltı suyu girişini engelleyecek olan uygun jeolojik birimlerden oluşmaktadır. Jeolojik birimlerin jeolojik engel olarak uygunluğunun belirlenmesinde, değerlendirme ölçütleri olarak açıklan-

nabilecek çeşitli özellikler göz önünde bulundurulmaktadır. En önemli özellikler; geçirgenlik, derinlik, kalınlık ve yayılma boyutları, dayanım ve zararlı madde soğurma yetenekleridir (Özarlan 2002). İlke olarak tüm koşullar yerine getirebilen ideal jeolojik birimler doğada bulunmamaktadır. Her jeolojik birim veya engelin sahip olduğu özellikler açısından özel avantaj ve dezavantajları vardır. Buna rağmen bazı jeolojik kaya birimleri, sahip oldukları özellikler nedeniyle, tercihli olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tercihli jeolojik kaya birimleri; evaporitik tuz birimleri (kaya tuzu, anhidrit vb.), magmatik derinlik kayaları (granit vb.) ve de killi birimlerden (kilaşı, mam, şeyi vb.) oluşmaktadır.

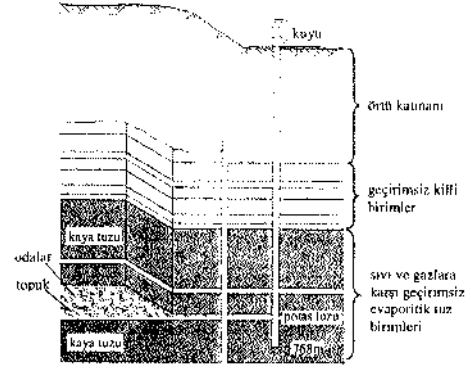
Yeraltında, pratikte sıvı ve gazlara karşı geçirimsiz kabul edilen yeterli kalınlıktaki evaporitik tuz yatakları (kaya tuzu vb.), potansiyel olarak aranan jeolojik engel özelliklerine sahip olabilmektedir. Bu depolama ortamlarının genellikle geçirimsiz killi birimler ile çevrilmiş olması da uzun süreli güvenlik açısından oldukça olumlu etki yaratmaktadır. Bu açıdan, özellikle suya karşı hassas olan tuz yatakları ve dolayısıyla yeraltı tuz madenlerinde (kaya tuzu, potas vb.) üretim çalışmaları sonucunda ortaya çıkan açıklıklar endüstriyel atıkların depolanabilmesi için önemli bir potansiyel teşkil etmektedir. Şekil 2'de oda-topuk üretim yöntemi uygulanan bir tuz madeninde yer alan tehlikeli endüstriyel atık bertaraf tesisine ait atık depolama açıklıkları ile jeolojik birimlerin şematik görünümü verilmiştir. Bu tür tesislerde tehlikeli atıklar depolama açıklıklarında genelde özel saç fiçı (konteynır) veya büyük çuval (big-bag) muhafazalar içerisinde bulunmaktadır.

Yeraltı madenlerinde uygulanmakta olan geleneksel dolgu yöntemlerinin geliştirilmesi ile teknik, güvenlik ve ekonomik açıdan endüstriyel ve madencilik atıklarının yeraltında dolgu malzemesi olarak kullanılması olanaklı hale gelmiştir. Genelde tuz madenleri için geliştirilmiş ve uygulanmakta olan atık değerlendirme ve dolgu yöntemleri basıca; yığın şeklindeki dolgu, üst üste yığma dolgu ve hidrolik dolgu teknolojilerinden oluşmaktadır (Jahn 1998). Şekil 3'te yığın şeklindeki dolgu yönteminin uygulaması verilmiştir. Şekil 4'te ise üst üste yığma ile macun dolgu yöntemleri şematik olarak verilmiştir.

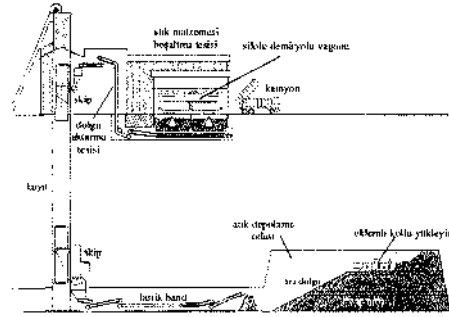
Yeraltı madenlerine ait açıklıkların atık depolama amacıyla kullanılabilmesi, ekonomik ve yasal ölçütlerin yanında, özellikle atık, konum ve madene dayalı mevcut koşullara bağlıdır. Bu koşullara dayalı olarak, yeraltı madenlerinde atık depolama olanaklarının değerlendirilmesinde, göz önünde bulundurulması gereken bazı önemli ölçütler şu şekilde sıralanabilmektedir (Özarlan 2002):

- Yeraltında depolanması düşünülen atıkların türü, miktarı ve özellikleri
- ® Konuma bağlı bölgesel doğal koşullar (jeoloji, hidrojeoloji, yapısal jeoloji, maden yatağının yayılımı ve boyutları, deprem riski vb.)

- Kullanılabilir açıklık hacimleri ve durumları
- Madenin alt yapısı ve tesisler (nakliyat, havalandırma, işletme ekipmanları vb.)
- Yeraltı madeninin depolanması ön görülen atıkların oluşum yerlerine mesafesi ve oluşan atıkların miktarı
- Madenin durumu (işletilmemekte, işletilmekte, terk edilmiş)



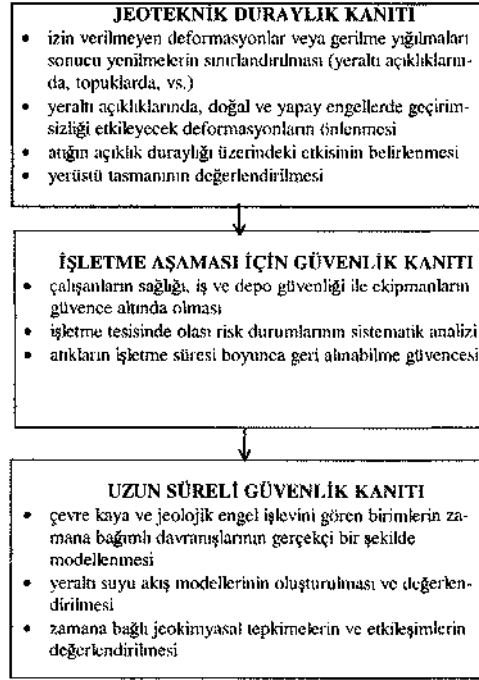
Şekil 2. Yeraltı tuz madeninde yer alan tehlikeli atık bertaraf tesisinin şematik görünümü (Dörhöfer et al. 1993).



Şekil 3. Yığın şeklindeki dolgu amaçlı atık depolama yöntemi (Jahn 1998).

2.2 Yeraltı Atık Depolama Tesislerinin Güvenliğinin Kanıtlanması

Yeraltı madenlerinde atık depolama projelerinin güvenliği, bir yeraltı atık depolama tesisi işletmeye alınmadan, bulunduğu bölgeye dayalı ve "atık-yeraltı yapısı-çevre kaya" birimlerinden oluşan tüm yapı göz önünde bulundurularak yapılacak bir güvenlik değerlendirmesi ile kanıtlanmak zorundadır. Bu değerlendirmenin temelinde hazırlık, işletme ve işletme sonrası aşamalarda meydana gelebilecek risk durumlarının analizi yatmaktadır. Böyle bir güvenlik planında değerlendirmeler başlıca jeoteknik duraylık kanıtı, işletme aşaması için güvenlik kanıtı ve uzun süreli güvenlik kanıtından (10 bin yıl) oluşmaktadır (BMU 1991). Şekil 6'da bir yeraltı tehlikeli atık depolama tesisi için güvenlik değerlendirmesinin kavramsal şeması verilmiştir.



Şekil 6. Yeraltı atık depolama tesisleri için güvenlik değerlendirme (BMU 1991).

Yeraltı madenlerinde depo güvenliğini çok yönlü olarak etkileyen ve birbiriyle ilintili çok sayıda değişik faktörlerin varlığı ve göz önünde bulundurulması gereken uzun zaman aralığı nedeniyle bu tesislerin özellikle uzun süreli güvenliğinin kanıtlanmasında ö-

nemli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu açıdan milyonlarca yıl önce oluşmasına karşın doğal özelliklerini günümüze kadar koruyabilen tuz formasyonları uzun süreli güvenliğinin kanıtlanmasında önemli bir husus olarak değerlendirilmektedir.

3 YERALTINDA DEPOLANABİLEN ENDÜSTRİYEL ATIK TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Yeraltı atık depolama işletmelerinin iş güvenliği, çalışanların sağlığı ve atıkların uzun süreli güvenliğinin teminatı açısından belirli tehlikeli özelliklere sahip atıkların yeraltında depolanmasına izin verilmemektedir. Bu atık özellikleri başlıca şunlardır (BMU 1991, EC 2003):

- Atıklar patlayıcı ve kendiliğinden yanma özelliklerine sahip olmamalıdır
- Ortam koşullarında atıklar kendiliğinden yanmaya meyilli olmamalıdır
- Atıklar dışarı gaz vermemelidir (patlayıcı veya diğer zehirli zararlı gazlar yaratmamalıdır)
- Atıklar çevre ortamı (örneğin çevre kaya) ile tepkimeye girmemelidir
- Atıklar hastalık yapıcı veya taşıyıcı maddeler içermemeli veya oluşturmamalı

Atıkların yeraltında depolanmasında tehlikeli kimyasal-zehirli ile tehlikesiz inert atıklar arasında ayırım yapılmaktadır,

3.1 Tehlikeli Kimyasal-Zehirli Atıklar

Tehlikeli kimyasal-zehirli atıklar yeraltında ancak tamam yalıtım ilkelerine uygun olarak yeraltı suyu bulunmayan ortamlarda depolanabilmektedir. Özellikle yeraltı suyu kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecek ve başlıca su içinde çözünme özelliğine sahip atıklar (örneğin sertleştirme tuzları) ile zararlı madde içerikleri fazla olan (örneğin ağır metaller, anorganik siyanür) tehlikeli katı atıkların yeraltında bertaraf edilmesi önerilmektedir. Bundan dolayı yeraltında depolanma açısından uygun özellik gösteren atıklar ağırlıklı olarak anorganik bileşiklere sahip atıklardan (anorganik tuzlar, vb.) oluşmaktadır. Bir diğer önemli gruba zararlı miktarda ağır metaller içeren atıklardan oluşmaktadır (örneğin krom, kadmiyum, kurşun, civa). Yeraltında bertaraf edilmesi önerilen tehlikeli kimyasal-zehirli atık türlerinden bazıları şunlardır (BMU 1991):

- Atık yakma tesislerinden çıkan küller, cürufalar ve tozlar (Artık gaz temizleme işleminden çıkan filtre tozları ve tepkime ürünleri)
- Mineralojik çamurlar (nitrat-, nitrit-, siyanür içeren çamurlar)

- Demir içermeyen metalik atıklar (nikel-kadmiyum aküleri, civa içeren artıklar, kullanılmış florosan tüpleri)
- Tuzlar (Kalsiyum klorit, amonyum klorit, boraks artıkları, arsenik bileşikleri, ...)

3.2 Tehlikesiz İnert Atıklar

"İnert Atık", fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak önemli derecede herhangi bir değişime uğramayan, çözünmeyen, yanmayan, fiziksel veya kimyasal olarak reaksiyona girmeyen, biyolojik bozulmaya uğramayan veya temas ettiği maddeleri çevreye veya insan hayatına zarar verecek şekilde etkilemeyen ve toplam sızıntı kabiliyeti ve ekotoksitesi önemsiz miktarda olan, özellikle yüzey ve yeraltı suyu kirliliği tehlikesi yaratmayan maddeleri, içeren atıklar şeklinde tanımlanmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı 2005). Yeraltında dolgu amaçlı değerlendirilmesi ön görülen inert atıklar ağırlıklı olarak mineralojik kökenli endüstriyel atıklardan oluşmaktadır. Tehlikeli atıkların yeraltında depolama yönteminde yeraltı suyu bulunmayan ortam koşulundan farklı olarak, bu atıkların "nötr yayılma" ilkesine uygun olarak yeraltı suyu bulunan ortamlarda depolanması ön görülmektedir. Bundan dolayı su kirliliği tehlikesi hiç veya çok zayıf özelliklere sahip zararlı madde içerikli inert atıklar göz önünde tutulabilmektedir. Bu atıkların yeraltında depolanması ile yeraltı suyu kalitesinin olumsuz olarak etkilenmesi kesinlikle olanaklı olmamalıdır (BMU 2002. EC 2003).

Büyük miktarlarda oluşan ve zararlı madde potansiyeli sınırlı olan belirli inert atıklar, malzeme özelliklerinden de faydalanmak suretiyle, yeraltı madenlerinde teknolojik, güvenlik ve ıslah amacıyla kullanılmaktadır. Bu atıkların belirli malzeme özelliklerine sahip olmaları gerekmektedir. En önemlileri atık maddenin dayanımı, sıkışma davranışı ve kendiliğinden bağlayıcı özellikleri ile ilgilidir. Endüstriyel inert atıklardan istenen ayrıntılı koşullar nedeniyle ancak sınırlı sayıdaki atık türleri bu amaçla kullanılabilir. Bu özelliklere sahip atıklar olarak kömür (termik) santrallerinden çıkan filtre tozları, cüruf ve küller ile maden işletme tesislerinde ortaya çıkan cevher hazırlama ve zenginleştirme artıkları örnek olarak verilebilmektedir.

4 YERALTI MADENLERİNDE ATIK DEPOLAMADA YASAL DÜZENLEMELER

Yeraltı madenlerinde atık depolama tesislerinin hazırlanıp işletilebilmesi için en önemli ön koşul bu depolama yöntemin ilgili kanun ve bağlı yönetmeliklerde yasal olarak tanınması ve konu ile ilgili hukuksal ve teknolojik ölçütleri içermesidir. Bu kapsamda yeraltı madenlerinde atık depolamanın hukuksal boyutu sıra-

ıyla Avrupa Birliği, Almanya ve ülkemizdeki mevzuatlar açısından ana hatları ile incelenmiştir.

4.1 Avrupa Birliği'nde Konu ile İlgili Mevzuat

Avrupa Birliği mevzuatlarının üye ülkeler için bağlayıcı özellik taşıması nedeniyle özel öneme sahiptir. Avrupa Birliği, üye ülkelerin atık yönetimi politikalarında temel ilkeleri belirleme işlevine sahiptir ve bu amaçla konuyla ilgili talimatlar (direktif) yayımlanmaktadır. Üye ülkeler de; atık yönetimi, değerlendirme, bertaraf ve depolama alanları konusundaki talimatlara uyum göstermek üzere, kendi mevzuatlarında gerekli değişiklikleri yapmak ve konu ile ilgili ayrıntıları düzenlemekle yükümlüdür. Avrupa Birliği'nde yeraltı madenlerinde atık depolama ile ilgili doğrudan veya dolaylı yoldan ilgili olan bazı önemli talimatlar şunlardır:

- Atıklar ile ilgili çerçeve talimatı (1975/442/EWG)
- Tehlikeli atıklar ile ilgili talimat (1991/689/EWG)
- Atık depolama tesisleri ile ilgili talimat (1999/31/EC)
- Atık depolama tesislerine atık kabulü için ölçütler ve yöntemler konusunda Konsey karar (2003/33/EC)

Atıklar ile ilgili çerçeve talimatı (EWG 1975), ortak ilkeler çerçevesinde oluşturulacak bir atık yönetimi için hazırlanmıştır. Yasal bertaraf ve değerlendirme yöntemleri sınıflandırılmaktadır. Yeraltı açıklıklarında veya madenlerde atıkların depolanması bu talimat ile yasal bir bertaraf yöntemi olarak kabul görmüştür. Tehlikeli atıklar ile ilgili talimatta (EWG 1991), atıkların sahip olabileceği tehlikeli özellikler tanımlanmakta ve sınıflandırılmaktadır. Ayrıca, atıkların sahip olabileceği tehlikeli madde ve bileşikler tanımlanmakta ve tespit yöntemleri açıklanmaktadır.

Atık depolama tesisleri ile ilgili talimatta (EC 1999), atık depolama tesislerinin türleri, yapımı, işletilmesi ve denetimi ile ilgili kurallar yer almaktadır. Madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan tehlikeli olmayan inert atıkların depolanması konusu bu talimatın kapsamı dışında tutulmaktadır. Bu talimatta tuz, potas veya sert kaya gibi madenlere ait açıklıklarda atıkların kesin olarak depolanması, yeraltı atık depolama faaliyeti olarak tanımlanmaktadır. Konu ile ayrıntılar ise atık depolama tesislerine atık kabulü için ölçütler ve yöntemler konusundaki Konsey kararında (EC 2003) yer almaktadır. Atık kabul koşulları başlığı altında yeraltında atık depolama ölçütleri ve standart tespit yöntemleri uyulması gereken sınır değerleri ile birlikte verilmiştir. Ayrıca yeraltı atık depolama tesislerine atık kabul edilmeden yerine dayalı yapılacak güvenlik değerlendirmesinin neler içermesi gerektiğine dair bilgiler bulunmaktadır. Yine hangi özelliklere sahip atıkların yeraltında depolanamayacağı açıklanmaktadır.

Endüstriyel atıkların yeraltı madenlerinde depolanması ile ilgili yaşanan en önemli hukuki sorun, tefit-

likei atıkların dolgu amaçlı olarak depolanmasının bir atık bertaraf veya değerlendirme işlemi sayılıp sayılmayacağıdır. Tesislere lisans alma yöntemi ve dolayısıyla uygulanacak ölçütler açısından önemli olan bu sorun, üye ülkeler arasında görüş ayrılığı bulunması nedeniyle, Avrupa Birliği Adalet Divanına intikal etmiştir. Adalet Divanı 2 Nisan 2003 tarihli kararında, kullanımın öncelikle atık malzemesinin dolgu özelliklerinden faydalanılması ve madenin güvenliği için gerekli olduğunun kanıtlanması koşuluyla, işlemin bir değerlendirme veya geri kazanım işlemi olduğuna karar vermiştir (BMU 2004).

4.2 Almanya'da Konu ile İlgili Mevzuat

Almanya yeraltı madenlerinde endüstriyel atıkların depolanması konusunda teknolojik ve hukuki alanda en gelişmiş ülke konumundadır. Bunun en önemli nedenleri arasında yeraltı tuz ve potas madenlerinde atık depolama amacıyla faydalanılabilen büyük miktarda açıklık hacimlerinin mevcut olması ve konu ile ilgili hukuki mevzuatın geliştirilmiş olmasıdır. Konu ile ilgili Alman çevre ve maden mevzuatları, AB mevzuatının oluşturulmasında kaynak teşkil etmesi nedeniyle, önem arz etmektedir.

Almanya'da yeraltında atıkların depolanması konusunda ilk yasal düzenlemeler 1970'li yılların başında ilgili mevzuatlar içerisinde yer almaya başlamıştır. 1972 yılında faaliyete geçen ilk yeraltı tehlikeli endüstriyel atık depolama tesisinin işletilmesinden edinilen deneyimler ve ilgili yasalarda gerçekleştirilen değişimlere paralel olarak da, konu ile ilgili mevzuat da geliştirilmiştir. Bu süreç günümüzde mevcut olan ayrıntılı yasal altyapıya rağmen tamamlanamamıştır ve değişen koşullar ile uyum içerisinde ilave düzenlemeler gerçekleştirilmektedir.

Almanya'da atıkların yönetiminin kapalı bir döngü şeklinde dönüşümünün sağlanması ve atıkların çevre ile uyumlu olarak depolanmasının güvence altına alınması amacıyla, 1996 yılında yürürlüğe giren "Dönüşüm Ekonomisi ve Atık Yasası (Krw-/AbfG)" çıkarılmıştır. Bu yasanın içerdiği ilkelere göre; önlenemeyen atıkların öncelikle madde ve malzeme özelliklerinden tekrar yararlanma hedeflenmeli veya bu atıklardan enerji elde edilmesi amacıyla faydalanılmalıdır. Yasa gereği ancak tekrar değerlendirme olanağı bulunmayan atıkların çevre ile uyumlu olarak bertaraf edilmesine olanak tanınmaktadır (BMU 1994).

Madencilikten kaynaklanmayan endüstriyel atıklar için yeraltı atık bertaraf tesislerinin hazırlanması ve işletilebilmesi yürürlükte olan atık yasasına göre lisans alınmasıyla mümkündür. Bu lisansın verilmesinde 1991 yılında Federal Hükümet tarafından "Tehlikeli Atıklar ile ilgili Teknik Yönetmelikte" belirtilen hususlar gözetilmek zorundadır. Bu yönetmeliğe göre; yeraltında ancak geçirimsiz evaporitik tuz birimleri içerisinde yer alan madenler ile geniş tuz çözelti a-

çıkıtklarında yeraltı tehlikeli endüstriyel atık bertaraf tesislerinin işletilmesine izin verilebilmektedir (BMU 1991). 2002 yılında endüstriyel atıkların yeraltı madenlerinde dolgu amaçlı değerlendirilmesi ile ilgili olarak yürürlüğe giren yönetmelikte (VersatzV) tehlikeli atıkların ancak geçirimsiz evaporitik tuz birimleri içerisinde yer alan tuz madenlerinde depolanabileceği hükmü getirilmiştir. Bunun gerekçesi olarak da, tehlikeli endüstriyel atıkların tekrar işlenmeye ihtiyaç duyulmadan ancak uygun tuz birimleri içerisinde depolanarak biyosferden kesin olarak yalıtılabileceği belirtilmektedir (BMU 1991, BMU 2002).

Almanya'da yeraltı tuz madenlerinde üç adet tehlikeli atık bertaraf tesisi işletilmektedir. Bunun yanında yirmiden fazla madende endüstriyel atıklar dolgu amaçlı olarak değerlendirilmektedir (Şek. 7). 1999 yılı verileri ile Almanya yılda yaklaşık 240 bin ton tehlikeli endüstriyel atık yeraltı tuz madenlerinde bertaraf edilmiştir. Yine aynı yılda yeraltı madenlerinde yaklaşık 1900 bin ton endüstriyel atık da dolgu amaçlı olarak değerlendirilmiştir. Bu atıkların yaklaşık 850 bin tonu özellikleri itibarıyla tehlikeli atık sınıfında yer almakta olup, tamamen yalıtım güvenlik yaklaşımına uygun olarak yeraltında dolgu amaçlı olarak depolanmıştır (Wiedemann 2000). Almanya'da yeraltı depolama maliyetleri atık türü ve miktarlarına göre değişimler göstermesine karşın; tehlikeli atık bertaraf tesislerinde 200-300 Euro/ton, dolgu amaçlı değerlendirme tesislerinde 25-110 Euro/ton arasında değişmektedir. Buna karşın düzenli yerüstü depolama tesislerinde maliyetler 100-350 Euro/ton civarındadır (Prognos 1998).

4.3 Türkiye'de Konu ile İlgili Mevzuat

Ülkemizde 1995 yılında yürürlüğe giren Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde madenlerde atık depolama konusu "sürekli depolama (D 12)" başlığı altında tehlikeli atıkların bertaraf yöntemleri arasında yer almaktadır (Çevre Bakanlığı 1995). Ancak, yeraltında depolama ile ilgili teknik açıklamalar bu yönetmelikte yer almamıştır. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan yeni Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Taslağında (2005) ise Madde 18'de "Sürekli Depolama" başlığı altında terkedilmiş kapalı maden ocaklarında atıkların konteynerlar içinde depolanmasının mümkün olabileceği ifade edilmektedir. Bu maddeye göre, bu yöntem ile atığı bertaraf etmek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler ocağın uygunluğunun belirlenmesi veya tespiti



- * Yeraltı tehlikeli endüstriyel atık bertaraf tesisleri
- V Yeraltı tehlikeli endüstriyel atık değerlendirme ve dolgu tesisleri
- Yeraltı endüstriyel atık değerlendirme ve dolgu tesisleri

Şekil 7. Almanya'da işletilen yeraltı atık depolama tesisleri (özarslanetal. 2001).

amacıyla üniversite, kurum/kuruluşa fizibilite raporu hazırlatıp Bakanlığa sunmak ve izin almakla yükümlü tutulmaktadır. Sürekli depolama işlemine ilişkin ayrıntılı hususların ise Bakanlıkça çıkarılacak Tebliğ ile belirleneceği belirtilmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı 2005). Bu çalışmalar, konu ile ilgili Avrupa Birliği mevzuatına uyum çalışmaları çerçevesinde, yeraltı madenlerinde atık depolama yönteminin uygulanabilmesi açısından hukuki ve teknik eksikliklerin giderilmesine katkı sağlayacaktır.

5 YERALTI MADENLERİNDE ATIK DEPOLAMANIN GELECEĞİ

Gelişmiş olan ülkelerde, yeraltı madenlerinde endüstriyel atık depolama seçeneği atık yönetimi sistemleri içerisinde yerini almıştır. Gelecekte yerüstünde depolama alanlarında yaşanacak azalmalara ve güçleşen izin alma prosedürlerine paralel olarak, uygun yeraltı madenlerinde depolanan endüstriyel atık miktarında artış olabilecektir.

Unutulmaması gereken önemli bir husus ise yeraltı madenlerinde endüstriyel atıkların dolgu amaçlı ola-

rak değerlendirilmesi veya bertarafının ancak istenen teknolojik, hukuki ve ekonomik koşulların yerine getirilmesi ile mümkün olabileceğidir. Aksi takdirde gerçekleştirilecek hatalı uygulamalar, başta yeraltı suyu kirliliği olmak üzere, onarılmaz çevre sorunlarına yol açabilmektedir. Bir diğer önemli husus ise konunun yalnızca teknik-hukuki-ekonomik değil, aynı zamanda politik ve sosyal içerikli olmasıdır. Günümüzde bir çok proje, toplumsal tepkiler ve politik organların kararsızlığı nedeniyle durma aşamasına gelmiştir. Bu nedenle bu tür projelerde, toplumsal kuruluşların bilgilendirilmesi ve karar verme sürecine dahil edilmesi her zaman büyük önem taşıyacaktır.

Gelişmekte olan ülkelerde atık yönetimi sistemlerinde yeraltı madenlerinde atık depolama faaliyetlerin yer alabilmesi için, öncelikle konu ile ilgili hukuki ve teknolojik ölçütlerin belirlenmesi gerekmektedir. Depolama olanaklarının değerlendirilebilmesi için de, önce endüstriyel atık envanterlerinden yararlanılarak, yeraltı madenlerinde depolanma olanağı bulunan atıklar; miktar, tür, özellikler ve oluşum yerleri açısından sınıflandırılmalıdır. Ardından yeraltı madenlerinde mevcut depolama açıklıkları, faydalanabilir boşluk hacimleri ve özellikleri belirlenip, uygulanabilecek depolama yöntemine göre sınıflandırılmalıdır. Tüm bu bilgilerin ışığında, hukuki ile teknolojik ölçütlerin belirlenmiş olması ve faaliyetin ekonomik olarak gerçekleştirilebilmesi koşuluna bağlı olarak, yeraltında depolama olanakları değerlendirilmelidir.

6 SONUÇLAR

Bu çalışmada, yeraltı madenlerinde atık depolama faaliyetleri teknolojik ve hukuksal açıdan değerlendirilmiştir. Önce, yeraltında atık depolamanın ön koşulları; depolama yöntemleri ve tesislerin güvenliğinin kanıtlanması açısından incelenmiştir. Sonra, yeraltı madenlerinde depolanabilen endüstriyel atık türleri ve özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Ardından atık depolamanın hukuksal boyutu Avrupa Birliği, Almanya ve ülkemiz çevre mevzuatı açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda da yeraltı madenlerinde atık depolamanın geleceği tartışılıp, gelişmekte olan ülkeler açısından uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Belirli atık türleri için gerekli teknolojik, hukuki ve ekonomik ölçütlerin yerine getirilmesi koşullu, yeraltı madenlerinde atık depolama uygulamalarının yerüstünde depolama seçeneğine önemli bir alternatif oluşturabileceği sonucuna varılmıştır.

7 TEŞEKKÜR

Yazar bu araştırmalar için maddi destek sağlayan Alman Akademik Değişim Servisi'ne (DAAD) teşekkürü bir borç bilir.

8 KAYNAKLAR

- BMU 1991. Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. *TASo*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BMU 1994. Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltvertraglichen Beseitigung von Abfällen. *Krw-/AbfG*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BMU 2002 Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage. *VersatzV*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BMU 2004 EU Kommission stellt Vertragsverletzungs-verfahren gegen Deutschland wegen Versatz von Abfällen ein. <http://www.bmu.de>
- Çevre Bakanlığı 1995, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı 2005. Tehlikeli Atıklann Kontrolü Yönetmeliği Taslağı. <http://www.cevreorman.gov.tr>
- DGEG 1994. Felshohlräume zur Verbringung von Rest- und Abfallstoffen. *Bautechnik* Vol.71: s. 242-264.
- Dörhöfer G., Them J. & Wiggering H. 1993. *Untertägige Entsorgung bergbaufremder Rückstände in Deutschland*, Berlin: Emst&Sohn Verlag.
- EC 1999. Council directive on the landfill of waste. 1999/31/EC, European Communities. Brussels.
- EC 2003. Council Decision of establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills. 2003/33/EC. European Communities. Brüssel.
- EWG 1975. Richtlinie des Rates über Abfälle. 75/442/EWG. Europäische Wirtschaftsgemeinschaft. Brüssel.
- EWG 1991. Richtlinie des Rates über gefährliche Abfälle. 91/689/EWG. Europäische Wirtschaftsgemeinschaft. Brüssel.
- Gerhardt H., Sitz P., Wilke F.L. & Wolff, H. 1997. Zum Problem der Langzeitsicherheit von Untertagedeponien. *Glückauf* Vol 133: 337-442.
- Jahn G. 1998. Verwertungstechniken für Industrieabfälle als bergbaulicher Versatz. *Proc. Deponietechnik, Entsorgungsbergbau und Altlastenproblematik* (eds. Hengerer et al.). Rotterdam. Balkema: 213-219.
- Klinger C. & Thein J. 1994. Stoffmobilisation und geochemische Barrieren bei der untertägigen Reststoffverbringung im Fels. *Proc. Deponietechnik, Entsorgungsbergbau und Altlastensanierung* (eds. Hengerer et al.). Rotterdam. Balkema: 53-67.
- Özarlan A. & Gerçek H. 2004. Evaluation of Underground waste storage possibilities for a trona mine at Beypazan-Turkey. *Proc. SWEMP 2004* (eds. Paşamenmetoğlu et al). Ankara. Kozan Ofset: 175-180.
- Özarlan A. 2002. Yeraltı Tuz Madenleri için Endüstriyel Atık Depolama Ölçütlerinin Geliştirilmesi. ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Zonguldak. 420s.
- Özarlan A., Martens P.N., Olbrich T. & Röhrlich M. 2001. Underground disposal of hazardous wastes in German mines. *Proc. J7th Int. Mining Congress and Exhibition of Turkey* (eds. Ünal et al.). Kozan Ofset. Ankara, pp. 479-484.
- Prognos 1998. Abfallmengen- und Marktanalysen sowie Abfallmengenprognosen. Branchenreport Entsorgungswirtschaft Sonderabfälle. Basel.
- Wessling E. & Semprich S. 1998. Berechnungsverfahren für die Abschätzung der Eluierbarkeit von Schadstoffen aus verfestigten Probekörpern. *Geotechnik* Vol 21: 108-111.
- Wiedemann H.U. 2000. Waste reutilization and disposal in underground mines in Germany., Federal Environmental Agency. Berlin.

