

**GE-Lİ-
YO-RUM
DİYEN
FACİA**

**BOĞAZİÇİ
ÜNİVERSİTESİ
SOMA
ARAŞTIRMA
GRUBU
RAPORU**

Kömür Madenciliğinin Çevresel Etkileri

FERHAN ÇEÇEN

Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü

Kömür, organik maddelerin milyonlarca yıl boyunca basınç ve ısıya maruz kalmasıyla oluşan bir fosil yakıt olup, insan ömrüyle karşılaştırıldığında oluşumu çok uzun sürede gerçekleştiğinden “yenilenemeyen” bir enerji kaynağı olarak adlandırılmaktadır. Kömür büyük oranda termik santrallerde elektrik enerjisi üretmede kullanılmakla birlikte, çelik endüstrisinde, ziraatte, ulaşırmada, non-metalik endüstrilerde ve ev yakıtı olarak da kullanılmaktadır.

Kömür endüstrisinin çevreye etkileri madenlerden kömür çıkarma, kömür hazırlama işlemleri, kömür nakliyatı, kömür yakma, atık depolama ve atık bertarafı gibi çeşitli aşamalarda görülse de, bu etkileri başlıca iki ana grupta incelemek mümkündür:

- Kömür madenciliği sırasında oluşan çevresel etkiler
- Kömürün termik santrallerde ve diğer alanlarda kullanımı sırasında oluşan çevresel etkiler

Kömürün çevre ve insan sağlığı üzerine olan etkileri, içeriğinde bulunan veya yanma sonucu oluşan maddelerin, su, hava ve toprak gibi çeşitli alıcı ortamlara karışmasından kaynaklanmaktadır. Zira kömür büyük oranda organik maddeden oluşmakla birlikte coğrafi bölgeye ve yatağa bağlı olarak iz element olarak kurşun, civa, nikel, kalay, kadmiyum, antimon ve arsenik gibi çeşitli ağır metaller ile radyoaktif element olarak uranyum, toryum ve strontiyum içermektedir.

1. KÖMÜR MADENCİLİĞİ SIRASINDA OLUŞAN ÇEVRESEL ETKİLER

Kömür madenciliği, toprak örtüsünün bozulmasına yol açan, yüzey ve yeraltı suları ile içme suyu kaynaklarını kirleten, su ve toprak habitatlarının bozulmasına etki eden, ayrıca hava kalitesini de olumsuz yönde etkileyen bir faaliyettir.

1.1. KÖMÜR MADENCİLİĞİNİN ARAZİ, TOPRAK VE CANLI YAŞAMI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Özellikle yüzey madenciliği, geniş bir alanın bozulmasına yol açan bir faaliyettir. Genelde madencilikte yüzeyin tahrip edilmesiyle orman, tarım, mera ve benzeri amaçlarla kullanılabilir olan alanlar kaybolmakta, ağaçların, bitkilerin ve üst toprak örtüsünün kaldırılması sonucunda ise bitki ve orman yaşamı bozulmakta, yaban yaşamı etkilenmekte, hayvan türleri yer değiştirmektedir. Madencilik işlemi tamamlandıktan sonra toprak tekrar maden sahasına örtülse dahi, bölgede hakim olan bitki ve hayvan türlerinin farklılaşmasıyla biyoçeşitlilik değişmektedir.¹

Yüzey madenciliğinde uygulanan bir yöntem, kömür yataklarına ulaşmak amacıyla tepelerin patlatılmasıdır. Appalachian örneğinde olduğu gibi bu işlemin tepelerin nehirlere akmasına yol açarak, içme suyu kaynaklarını kirlettiği, sulardaki mineral seviyesini artırdığı, su ürünlerinin biyoçeşitliliğini azalttığı ve insan yerleşimine olumsuz etki ettiği bildirilmektedir.²

Genellikle madenciliğin ekolojik sistemler üzerine olan etkisi kalıcı olmaktadır. Örneğin, Almanya'da linyit çıkartmada 1.600 km²'lik bir ekolojik alanın kalıcı bir şekilde zarar gördüğü belirtilerek, Berlin gibi bir şehrin alanıyla (892 km²) karşılaştırıldığında bunun önemli bir rakam olduğu vurgulanmaktadır.³ Kömür madenciliği sırasında köylerin ve şehirlerin boşaltılması ise sosyal problemlere yol açmaktadır.

Madencilik sırasında arazi örtüsüne yapılan müdahaleler toprak erozyonu ve sel baskısı ihtimalini de artırmaktadır. Yüzeyin kaldırılması sırasında oluşan toz yüzünden çevrede yaşayanların solunum problemi de yaşadığı belirtilmiştir.

Rehabilitasyon kademesi düşünülerek madencilik sırasında üst tabakalardan sökülen toprağın ayrı bir şekilde depolanması ve alt tabakalardaki toprakla karıştırılmaması gerekmektedir. Zira alt tabakalardaki toprak kükürt içerdiği için su ve havayla teması sonrası asitleşmekte ve verimliliği düşmektedir. Dolayısıyla yanlış uygulamalar toprağın kalıcı bir şekilde bozunmasına yol açarak ilerki yıllarda kullanımı engellemektedir.

1 http://www.nexuslearning.net/books/holt_env_science/16-3.pdf. (son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014)

2 http://www.sourcewatch.org/index.php/Environmental_impacts_of_coal (son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014).

3 <http://www.regenerative-zukunft.de/fossile-energien-menu/kohle> (son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014)

1.2. KÖMÜR MADENLERİNİN TAŞIDIĞI ÇEVRESEL RİSKLER

1.2.1. KÖMÜR MADENLERİNDE YANGINLAR

Kömür yangınları doğal olarak oluşabilse de, genellikle uygun madencilik tekniklerinin uygulanmaması ve madencilik kazaları sonucunda doğmaktadır. Kömür yangınları gerek terkedilmiş madenlerde gerekse kömür atıklarının yığınlar halinde depolandığı alanlarda görülmektedir. Dünyanın birçok yerinde yeraltındaki kömür yangınları halen sürmektedir. Kömür yangınları başta Çin'de olmak üzere, Rusya, ABD, Endonezya, Avustralya ve Güney Afrika gibi birçok ülkede önemli bir çevre sorunudur. Yeraltında süren yangınlar bazen yüzyıllarca devam ederek atmosfere karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x) veya toksik gazların salınmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bu yangınlarla atmosfere uçucu küller de karışmaktadır. Kömür yangınlarının diğer bir etkisi yüzey sıcaklığını artırmaları ve yeraltı suyu, toprak ve hava kirliliğine yol açmalarıdır. Ayrıca kömür yangınlarıyla atmosfere yılda 40 ton civa salındığı belirtilmektedir. Öte yandan, termik santrallerden kaynaklanan emisyonların kömür yangınlarından daha önemli olduğu belirtilmiştir.²

1.2.2. KÖMÜR MADENLERİNDE METAN GAZI OLUŞUMU VE GERİ KAZANIM ALTERNATİFLERİ

Kömürün milyonlarca yıl süren oluşumu sırasında metan gazı da ortaya çıktığından, tüm kömürler metan gazı içerirler. Genel olarak maden ne kadar derindeyse, kömürün içindeki metan miktarı o kadar fazlalaşmaktadır. Kömür madenlerinde ortalama metan miktarı 100, 500, 1000, 1500 ve 2000 metrelerde sırasıyla 0.02, 0.99, 3.73, 4.89 ve 7.09 m³ metan/ton kömür düzeyindedir.⁴ Kömür sektöründen çıkan metanın büyük kısmının (%90'a kadar) yeraltı madenciliğinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Kömür madenciliği ile ilgili tüm işlemler (maden çıkarma, taşıma ve depolama), insan aktivitesi kaynaklı (antropojenik) küresel metan emisyonlarının yaklaşık % 8'ini oluşturmaktadır.⁴

Kömür madenciliği sırasında metan kontrol kontrolü ve geri kazanımı üç ayrı açıdan önemlidir:

a) Güvenlik: Kömür madenciliği sırasında ortaya çıkan metan gazı, havayla karışık konsantrasyonu % 5-15 düzeyine ulaştığında patlayıcılığı yüksek bir gaz haline gelmektedir. Özellikle yeraltı madenciliğinde metan patlamalarını önlemek önem taşımaktadır. Yüzey madenciliğinde yeryüzüne çıkan metan havayla karışık çok seyreltiği için, patlama riskleri zaten asgari düzeyde olmaktadır. Son yıllarda birçok ülkede metanın geri kazanımına yönelik teknolojilerin gitgide daha fazla

⁴ <http://www.worldcoal.org/coal/coal-seam-methane> (son ulaşım tarihi: 6 Ağustos 2014).

devreye alınmasıyla metan patlamalarının büyük ölçüde önüne geçilmiştir. Metan henüz kömür yatakları açılmadan, madencilik sırasında ve terkedilmiş/kapatılmış madenlerden olmak üzere üç farklı aşamada geri kazanılabilir.

- b) Sera gazı emisyonlarının azaltılması:** Metan gazının sera gazı olarak potansiyeli karbon dioksit göre yaklaşık 21 kat daha fazladır. Bu yüzden kömür madenciliği sırasında metanın geri kazanılması, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve iklim değişikliğine sebebiyet vermemek açısından da büyük önem taşımaktadır.
- c) Enerji Eldesi:** Kömür madeni yataklarından çıkan gaz tipik olarak % 93'den fazla metan içerir, dolayısıyla değerli bir enerji kaynağı olan bu gazı doğal gaz hatlarına besleyerek kullanmak mümkündür. Örneğin, ABD'de kömür yataklarından çıkan gaz 1990'lardan beri evlerde ve işyerlerinde ısıtma ve pişirme amaçlı doğal gaz kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu gaz madenlerdeki elektrik gücünü sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır.

1.2.3. KÖMÜR MADENLERİNDE ÇÖKME

Kömür madenlerinde çökme sıklıkla görülen bir durum olup, tavanı taşıyan kolonlar, çatı veya taban çöktüğünde meydana gelir. Yeraltı madenlerinin çökmesi sonucu yollar, su ve gaz hatları ve binalar zarar görmektedir. Ayrıca çökme sonucunda nehirlerin akış düzeni ve akiferler değişebilmektedir.

Çökme probleminin önüne geçmek için, halen işletme halinde olan kömür madenlerinden çıkan atıklar veya yakma atıkları madeni tekrar doldurmada kullanılmaktadır. Bu yöntem çökmeyi engellemek ve atık bertarafı açısından faydalı gibi görünse de, bu atıkların yeraltı suyunu kirletmesi muhtemeldir. Ayrıca bu tür atıkların madenin çatısını tutacak dayanıklılığa sahip olmadıkları da bildirilmektedir.⁵

1.2. KÖMÜR MADENCİLİĞİDEN KAYNAKLANAN ÇEVRE KİRLİLİĞİ

1.2.1. HAVA KİRLİLİĞİ

Kömür madenlerinden kaynaklanan hava kirliliği partikül madde, metan (CH₄), kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) emisyonlarından kaynaklanmaktadır.² Madenciliğin birçok aşamasında önemli ölçüde toz da oluşmakta olup, toz seviyesi yollara, kömür stoklarına ve konveyörlere su püskürtülerek kontrol edilebilir. Gerek kömürün çıkartılması gerekse nakliyesi sırasında ortama salınan tozun sadece işçiler için değil, civarda yaşayan nüfus için de ölümcül olabilecek solunum problemlerine yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca ağır metal ve

5 S.F. Grebb, C. F. Eble, D. C. Peters, A.r R. Papp (2006) Coal and the Environment, American Geological Institute Awareness Series 10.

partiküllerin salınması çevredeki arazinin tarım amaçlı kullanımına olumsuz etki etmektedir.

1.2.2. SU KİRLİLİĞİ

Madencilik gerek nehir, göl vb. yüzey sularının bozulmasına yol açan gerekse yeraltı suyu hidrolojisini ve kalitesini çok etkileyen bir faaliyetidir.

Kömür madenciliğinde su ve atıksu idaresi:

Madencilikte su genellikle kömür hazırlama, toz kontrolü, yangın söndürme ve insani ihtiyaçlar için kullanılmakta olup, yüzey sularından ve madencilik sırasında çıkan yeraltı sularından temin edilmektedir.⁶ Su ihtiyacı, daha düşük kalitede suların geri dönüştürüp kullanılmasıyla azaltılabilmektedir. Zira modern madencilik teknikleriyle kirlenmiş yüzey akışı ile temiz yüzey akışı birbirinden ayrılabilir. Temiz nitelikteki yüzey akışı doğrudan alıcı sulara deşarj edilebilirken, kirlenmiş su arıtma işleminden geçirilip madencilik sırasında oluşan tozları önlemek amacıyla veya kömür hazırlama işlemlerinde kullanılabilir.

Kömür madenciliğinden çıkan sular ise, yeraltı kömür madeni suyu, ekipmanların soğutulması ve toz kontrolü amacıyla kullanılan su, kömür hazırlama işlemleri sırasında ve yağmur sularının depolanan kömür yığınlarına sızmasıyla oluşan sulardan oluşmaktadır.⁷

Genel olarak modern bir kömür işletmesinden çıkan sular kirlenme durumlarına göre aşağıdaki gibi üçe ayrılmakta ve ayrı ayrı toplanarak işlem görmektedirler:

- a) Kirlenmemiş sular:** Bu sular maden sahası etrafındaki yüzey akışından ve drenajdan kaynaklanan ve kükürlü kayalarla temas etmemiş suları kapsamaktadır. Bu sular için arıtma gerekmemekte olup, sadece askıda katı maddenin uzaklaştırılması yeterli olmaktadır.
- b) Düşük risk taşıyan kirlenmiş sular:** Bu sular, kükürt içeren kayaların oluşturduğu tozlar, maden sahasındaki tozlar ve kömür nakliyesi sırasında oluşan tozlarla temas ettikleri için asidik karakterde olup, çözülmüş metal içermesi muhtemel olan sulardır. Bu yüzden kaliteleri sürekli olarak takip edilmeli ve kontrol edilmelidir.
- c) Yüksek risk taşıyan kirlenmiş sular:** Bunlar kükürt içeren minerallerle temas etmiş olma ihtimali bulunan sulardır. Yüksek risk taşıyan sular, atık depolama ve kömür yığınları ile kömür hazırlama sahalarının yağışa maruz kalmasıyla oluşur-

⁶ Eric Fly, Coal Mining and Water, <http://water.epa.gov/action/importanceofwater/upload/14-Fry.pdf>. (son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014)

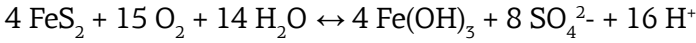
⁷ EPA Coal Mining Effluent Guidelines

<http://water.epa.gov/scitech/wastetech/guide/coal/> (son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014)

lar. Aşağıdaki paragrafta ele alınan **Asit Maden Drenajı (AMD)** bu kategoriye girmektedir. Bu suların yüzey veya yeraltı sularına deşarjından önce arıtılmaları gerekir. Arıtmadan çıkan su ise çıkış havuzunda biriktirilerek yeniden kullanılabilir veya doğrudan alıcı ortama deşarj edilebilir.⁸

Asidik Maden Drenajı (AMD): Kömür madenlerinde yüzey ve yeraltı suyu kirliliğine yol açan en önemli husus Asidik Maden Drenajı (AMD) adı verilen bir suyun oluşmasıdır. Asidik Kaya Drenajı (AKD) kükürt içeren kayaların hava ve suyla temas etmesiyle doğal olarak sülfürik asit oluşması prosesidir. Asidik Maden Drenajı da temelde aynı olup, bu oluşumun daha fazla olduğu haller için kullanılmaktadır.⁹ AMD oluşumu kömür yatakları önemli miktarda pirit (**FeS₂**) içerdiğinde ortaya çıkmaktadır. Zira kükürtlü bir mineral olan pirit, su ve havayla temas ettiğinde sülfürik asit oluşturmakta ve içerdiği demir de çözülmüş hale geçmektedir. Kapatılmış madenlerde de AMD oluşumu bazen yüzyıllar boyunca sürebilmektedir.

Asidik maden drenajının oluşumu esasen kimyasal reaksiyonlar sonucu gerçekleşmekte olup, bazı mikrobiyel faaliyetler sonucunda hızlanmaktadır. Havalı (aerobik) ortamda ve bazı bakterilerin varlığında (örneğin *Thiobacillus ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans*) piritten sülfürik asit ve Fe₂O₃ (veya Fe(OH)₃, FeO(OH)) bileşiği oluşmaktadır. Toplam reaksiyon aşağıdaki şekilde özetlenebilir:



Asidik Maden Drenajı içerdiği bu demir bileşikleri yüzünden **Şekil 1**'de görüldüğü gibi tipik olarak turuncu-kırmızı bir renge sahiptir.



ŞEKİL 1.
ASİDİK MADEN DRENAJİ

⁸ CanoSeco (2008) Casablanca Clean Coal Technology Underground Mine Project, Modern Coal Mine Water Management Systems- A state of the art report.

⁹ <http://focs.ca/wp-content/uploads/2012/07/Acid-Mine-Drainage-FNEHIN.pdf>. (son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014)

AMD asidik olmasının yanı sıra mangan, nikel, bakır, kurşun, çinko, civa gibi ağır metalleri de içermektedir. Kömür madenlerinden çıkan bu su civarda bulunan nehirlere ulaşmakta, içme suyu kaynaklarını kirletmekte ve yeraltı suyuna karışmaktadır. Bu suyun asidik olması yüzünden nehirlerde sediman içinde birikmiş olan ağır metaller de çözünebilmektedir. AMD'nin içerdiği birçok ağır metal gıda zincirinde biyoakümülyasyon potansiyeline sahiptir. Asidik olan ve ağır metal içeren bu sular nehir vb. ortamlardaki su ürünlerine zarar vermekte olup, genelde biyoçeşitliliği azaltmaktadır. Sonuç olarak AMD, alıcı suların insani, endüstriyel veya tarımsal amaçlar için kullanılamaz hale gelmesine yol açmaktadır.

Kömür madenlerinde AMD oluşumu kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmektedir. Kantitatif belirlemelerde standartlaşmış testler kullanılmaktadır.¹⁰ Bir kömür madeninde saptanması gereken en önemli husus kükürtlü atığın asit oluşturma potansiyelinin belirlenmesidir. Asit oluşturma potansiyelinin belirlenmesi için jeolojik modellemenin, jeolojik, jeokimyasal, mineralojik saptamaların, jeokimyasal statik ve kinetik testlerin yapılması, oksijen hareketini ve jeokimyasal prosesleri tanımlayan bilgisayar modellerinin kullanılması gerekmektedir.¹¹

AMD ile ilgili önlemler ve arıtma alternatifleri: Asit Maden Drenajı oluşumunu tamamen önlemek çok zordur. Çünkü madencilik sırasında kayalar parçalandığında pirit oksijenle reaksiyona girmektedir. Buna rağmen, yüzey madenciliğinde kullanılan modern tekniklerle asidik su oluşumu asgariye indirilebilmektedir. Örneğin, yüksek miktarda pirit içeren kayaların seçici bir şekilde çıkarılmasıyla bunların oksidasyonu önlenmektedir. Ayrıca madencilik planları yapılırken suyun asit oluşturacak minerallerden uzak tutulmasıyla AMD oluşumu önlenmektedir.

Çeşitli ülkelerde gerek mevcut gerekse yeni tasarlanacak kömür madenlerinde atıksu yönetimi için kriterler belirlenmiştir. Bu dökümanlarda maden atıksularının tipleri, toplanması, arıtılması ve deşarjı hakkında bilgiler verilmektedir. Maden atıksuyunun tipine göre bunlar için getirilen sınırlamalar da değişik olmaktadır. Zira her kömür madeninde AMD görülmemektedir; asidik su oluşumu özellikle kömürü çevreleyen kayaların yüksek miktarda pirit ve düşük miktarda karbonat içerdiği hallerde görülmektedir. Örneğin, Alberta kömür madeninde olduğu gibi çıkarılan kömürün kükürt içeriğinin düşük olduğu madenlerde AMD problemi yaşanmamaktadır.¹²

AMD oluştuğundan sonra da bu atıksuyun aktif veya pasif yöntemlerle arıtılması mümkündür:

10 J.Pope, D. Crow, Predicting the effects of coal mines on aquatic environments, Fact Sheet 2 (University of Otago).

11 Bernd G. Lottermoser (2010) Mine Wastes, Characterization, Treatment and Environmental Impacts, Third Edition, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2010.

12 Alberta Coal Mining Wastewater Guidelines (1998) Standards and Guidelines Branch Environmental Assessment Division, Environmental Services, Alberta Environmental Protection.

- a) Aktif arıtma yöntemi** en yaygın olarak uygulanan yöntemdir. Bu yöntemde AMD'ye nötralizasyon amacıyla önce kireç dozlanmakta, daha sonra bu atıksu çökeltme tanklarına alınarak sediman ve partiküler metallerin çökerek ayrılması sağlanmaktadır.
- b) Pasif arıtma yöntemi** sürekli insan müdahalesine gerek olmayan ve çıkan atıksuyu kendi kendine arıtan doğal kimyasal ve biyolojik proseslerin kullanımı esasına dayanmaktadır. Pasif arıtma yöntemleri arasında doğal ve suni bataklıklar, anoksik kireçtaşı drenleri, ardışık alkali üreten sistemler vs. sayılabilir.¹³

1.2.3. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDEN KAYNAKLANAN KATI ATIKLAR

Madencilik sırasında çıkan katı atıklar genellikle üçe ayrılmaktadır:

- a) Madenden çıkan çeşitli katı atıklar:** Bu atıklar kömürün yatay ve düşey tüneller inşa ederek çıkartılması sırasında ortaya çıkan toprak, kaya atıkları ile düşük kalitede ve satılma imkanı bulunmayan kömürü kapsamaktadır.
- b) Kömür yıkama (lavvar) ve hazırlama sırasında oluşan atıklar:** Bu atıklar kömürün işlenmesi sırasında çıkan atıklar olup, (a) maddesindeki atıklardan farklı karaktere sahiptirler. Kömür işletmelerinde iri taneli atıklar (*coarse tailings*) genellikle açıkta yığınlar halinde depolanırken, daha sulu ve ince taneli çamur şeklindeki atıklar, atık barajlarına sevkedilmekte veya filtrelenmektedir. Genel olarak kömürün işlem görmesinden çıkan tüm atıklar kömür atığı (*tailings*) olarak adlandırılmaktadır. Bu atıklar doğal olarak radyoaktif maddeler de içerirler. Ayrıca pirit içermeleri halinde asidik su oluşumuna yol açabilirler. Kömür hazırlamada flotasyon ve flokülasyon aşamalarında çeşitli kimyasallar kullanıldığı takdirde, bu atıklarda ayrıca çevre için sakıncalı olabilecek kirleticiler de bulunabilmektedir.
- c) Asidik Maden Drenajı (AMD) atıksularının arıtmasından çıkan arıtma çamurları: Bu çamurlar önemli miktarda metal içerebilirler.

Tüm kademelerden çıkan atıklar, farklı özelliklere ve etkilere sahip olsalar da, çoğu kez toplu halde "maden atığı" olarak adlandırılmaktadır. Maden atıkları çok önemli miktarlara ulaşmaktadır. Örneğin, Almanya'da yeraltı kömür madenlerinden yılda 24 milyon ton kömür elde edildiği ve maden atıklarının hemen hemen üretilen kömüre eşit olduğu bildirilmektedir.¹⁴ **Şekil 2'**de görüldüğü gibi, atıkların bir kısmı satışa sunulmakta, büyük bir oranı depolanmakta, küçük bir oranı ise atık barajına verilmektedir.

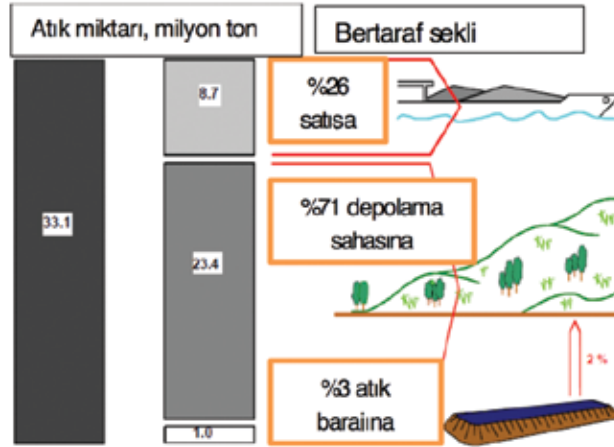
¹³ M.Karadeniz (2005) Asit Maden (kaya) drenajında aktif ve pasif çözüm yöntemleri , Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara.

¹⁴ CanoSeco (2008) Casablanca Clean Coal Technology Underground Mine Project, Mine Waste Management at Modern Coal Mines- A state of the art report.

ŞEKİL 2.

Almanya'da Ruhr, Saar ve Ibbenbüren bölgelerindeki kömür madenlerinden çıkan maden atığı ve bertaraf yöntemleri

Kaynak: European Commission (2009) Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-rock in Mining Activities.



Madenden çıkan katı atık yığınları kendi kendine tutuşma ve yanma potansiyeline sahiptir. Bunun yanı sıra büyük yığınlar halinde istif edilen bu atıklar, iyi kontrol edilmeleri takdirde, rüzgâr ve yağışla erozyona uğramaktadır. Bu atıkların yakın bölgelerdeki nehirlerle taşınması su kaynaklarında sediman birikimine ve çözülmüş oksijenin tükenmesine, dolayısıyla su kalitesinin ve su yaşamının bozulmasına yol açmaktadır.

Almanya ve ABD gibi ülkelerde maden atıklarının uygun şekilde depolanması için hükümler getirilmiş olup, maden işletmesi madencilğe başlamadan önce bu kriterlere uyacağını belgelemek zorundadır.¹⁴ Madenlerde kömür atıkları havayla ve yağışla temasları önlenerek şekilde istif edilmektedir.¹⁵

Kömür yıkama (lavvar) çamurları ise daha sıvı nitelikte olup, genellikle kömür madeninin yakınındaki bir atık barajında depolanırlar. Atık barajları katı kısmın çökmesine imkan veren bir çökeltme havuzu vazifesi görmektedir. Bu barajlarda üstte biriken su drenaj sistemleriyle tahliye edilmektedir.² Madencilikten çıkan katı atıklar atık barajlarının inşasında da kullanılabilir. Öte yandan, kömür atıklarının dayanıklılıklarının az olması sebebiyle, bu amaçla kullanılmalarının çok sakıncalı olduğu ve çeşitli kazaların görüldüğü bildirilmektedir.¹⁶ Atık barajlarının yıkılması sonucu çevredeki alanların zarar görebildiği bildirilmiştir.

Gerek katı atıklardan gerekse atık barajlarından çıkan sızıntı suyu bazı hallerde çok asidik özellik taşımakta olup, çeşitli çözülmüş maddelerin yanı sıra önemli ağır metaller de içermektedir. Kontrolsüz durumlarda bu suların yüzey suyuna veya yeraltı suyuna karışma ihtimali mevcuttur.

Bazı hallerde atık çamurlar terk edilmiş yeraltı madenlerine doldurularak bertaraf edilmektedir. Bu çamurlar ağır metal gibi çeşitli toksik maddeler içerdikleri için, bun-

¹⁵ European Commission (2009) Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-rock in Mining Activities.

¹⁶ M. Keating, Cradle to Grave: The Environmental Impacts from Coal, Clean Air Task Force http://www.catf.us/resources/publications/files/Cradle_to_Grave.pdf.

lardan oluşan sızıntılar da yüzey ve yeraltı suları için tehdit oluşturmaktadır.

Öte yandan ülkemizde madencilikten çıkan atıkları usulüne uygun bertaraf edilmediği görülmektedir. Örneğin, grubumuzun incelemelerine ve basında¹⁷ belirtildiğine göre Soma'da kömür ve maden ocaklarından çıkarılan pasa adı verilen kömür atıkları ve şlam briketleri gelişigüzel çevreye atılmakta olup, bunların yanması sonucu çevreye is ve duman kokusu yayılmaktadır.

1.2.4. GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ

Gürültü kirliliği özellikle yüzey madenlerinde karşılaşılan bir durumdur. Gürültü ekipmanlardan olduğu kadar patlatma işlemlerinden de kaynaklanmaktadır. Ekipmanların çıkardığı gürültü rahatsız edici olsa da, uygun ekipman seçimi ve ses azaltıcı önlemlerle bu tip kirliliği kontrol altına almak mümkündür. Gürültünün maden sahasının dışına çıkmaması için etrafı ağaçlarla ve bariyerlerle çevreleme önlemleri de alınmaktadır.¹⁸ Öte yandan patlatmalar sonucu oluşan gürültü çevrede bulunan yapılarda fiziksel zararlara yol açabilmektedir. Bu sebeplerden genellikle yüzey madenleri yerleşimin yakın olmadığı alanlarda kurulmuştur.¹

2. KÖMÜRÜN TERMİK SANTRALLERDE KULLANIMIYLA OLUŞAN ÇEVRESEL ETKİLER

2.1. KÖMÜRLE İŞLEYEN TERMİK SANTRALLERİN YARATTIĞI HAVA KİRLİLİĞİ

Termik santrallerden kaynaklanan hava kirleticileri arasında en önemlileri kükürt dioksit, azot oksitler, partikül madde (PM₁₀), kondense olabilen partikül madde, karbon monoksit, toplam organik karbon (TOK) ve ağır metallerdir. Bu kirleticiler çevrede sis, asit yağmuru, toksik maddelerin karışması gibi etkilere yol açmakta, insan sağlığı üzerinde ise solunum, kardiovasküler ve serebrovasküler etkiler oluşturmaktadır.

İnsan kaynaklı kükürt dioksit emisyonu en fazla kömürle işleyen termik santrallerden çıkmaktadır. Kömürün içinde doğal olarak bulunan kükürt yanma sonucu kükürt oksitlere dönüşmektedir. Asit yağmuru ise havada kükürt dioksit ve azot oksit gibi kimyasal maddelerin suyla reaksiyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kömürün kükürt içeriği burada çok önem taşımaktadır. Örneğin, % 3 kadar kükürt içeren linyit ile işleyen tesisler alıcı ortama çok fazla kükürt dioksit salmaktadırlar. Bu durumda çevre kontrol maliyetleri de artmaktadır. Linyitten kaynaklanan partikül

¹⁷ Soma'da atıkların neden olduğu hava kirliliği, Milli Gazete, 14 Temmuz 2014 <http://www.milligazete.com.tr/img/saasas.jpg>.

¹⁸ Caño Seco, Mine Noise Management <http://www.canoseco.com/de/general-description/technologies-and-practices/mine-noise-management.htm>

madde emisyonları doğrudan linyit içeriğindeki kül ve yakma konfigürasyonu ile ilgilidir. Modern filtre teknikleriyle kömür yakma sırasında oluşan kükürt dioksit ve ince toz gibi yan ürünler asgariye indirebilse de, bunların tamamıyla önüne geçmek mümkün değildir. Gelişmiş ülkelerde modern termik santrallerde enerji verimini artırmak ve kükürt dioksit veya ince tozu tutmak için çeşitli teknolojiler kullanılsa da, birçok ülkede bu önlemlerin alınmadığı belirtilmektedir.³

Türkiye’de termik santrallerde yaygın olarak kullanılan linyitin kükürt (%1-5), kül (% 10-50) ve nem (%10-40) içeriğinin yüksek, kalorifik değerinin ise düşük olduğu belirtilmektedir.¹⁹ Aynı çalışmada Soma linyitlerinde kükürt oranının nisbeten düşük (% 0.8) düzeyde olduğu görülmektedir. Yine bu çalışmadan görüldüğü gibi, **Soma** linyitinde kuru maddede kül oranı % 55 düzeyinde olup, literatürde belirtilen % 6-19 değerinin çok üstündedir.²⁰ Dolayısıyla bu kömürün termik santrallerde yakılması sonucunda ortaya çok büyük miktarda kül çıkacaktır. Grubumuzun elde ettiği bilgilere göre **Soma** Termik Santrali’nde günde 26000 ton kömür yakılmakta olup, 10000 ton kül oluşmaktadır. Bunun %80’i uçucu kül olup, santralin bacalarındaki elektrostatik filtreler vasıtasıyla tutulduğu bildirilmiştir. Soma araştırma grubumuzun yaptığı incelemede **Soma** Termik Santrali’nde SO₂ arıtma tesisi ünitesinin mevcut olmadığı anlaşılmıştır, çünkü **Soma** linyitlerinde kükürt oranının %1’in altında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu kömürlerin radyoaktivite içermedikleri belirtilmiştir. Öte yandan çok yüksek miktarda kömür yakıldığı ve madde akışı olarak çok büyük miktarlarda SO₂’nin atmosfere karıştığı göz önüne alınmalıdır. Baca külünün bir kısmının çimento fabrikalarınınca alındığı bildirilmiştir. Öte yandan, yeterli talep olmadığından kalan külün sulu ortamda uzaklaştırıldığı ve çöktürme barajında çöktürüldüğü ifade edilmektedir.

Kömürle işleyen termik santrallerin aynı zamanda bazı ülkelerde çok önemli bir civa kaynağı olduğu da belirtilmektedir. Örneğin, ABD’de alıcı ortama civa salınımının %41’inin kömürle işleyen santrallerden kaynaklandığı bildirilmiştir.²

Kömürün karayolu, demiryolu veya deniz yoluyla nakliyesi sırasında çevreye saçılan kurum da hava kirliliğine yol açmaktadır. Ayrıca, Nisan 2010’da bir Çin tankerinin Avustralya’da mercan kayalıklara çarpması örneğinde olduğu gibi kömür nakliyesi sırasında kazalar da yaşanabilmektedir.

2.2. KÖMÜRLE İŞLEYEN TERMİK SANTRALLERİN İKLİME ETKİLERİ

ABD’de CO₂ emisyonunun üçte birinin kömürle işleyen termik santrallerden kaynaklandığı, dolayısıyla kömürün küresel ısınmaya çok fazla katkıda bulunduğu belirtil-

19 M.Öner, E.Bolat, G.Yalın, S.Dinçer, Effect of Lignite Properties and Ash Constituents on the Hydroliquefaction Behavior of the Turkish Lignites, ACS Division of Fuel Chemistry (USA), Vol. 38, Issue 3, pp. 795, (1993).

20 Wikipedia, Kohle <http://de.wikipedia.org/wiki/Kohle> (son ulaşım tarihi: 25 Temmuz 2014).

mektedir.²¹ Ayrıca kömürün tam yanmaması sonucu oluşan 25 mikronun altındaki partiküller de (Black carbon) küresel ısınmaya katkı sağlamaktadır.²²

Enerji elde etmede kullanılan diğer fosil yakıtlarla kıyaslandığında elde edilen enerji başına en fazla karbon dioksit emisyonu kömür yandığında ortaya çıkar. Ayrıca emisyonlar kömürün cinsine göre de çok farklıdır. Linyit ile işleyen termik santrallerde ortalama CO₂ emisyonu taş kömürü ile işleyenlere kıyasla daha yüksektir.

2.3. KÖMÜRLE İŞLEYEN TERMİK SANTRALLERDEN ÇIKAN KATI ATIKLAR

Kömürün yakılması esas olarak metal oksitler ve alkali maddeleri içeren bir külün oluşumuna yol açmaktadır. Ortalama olarak kömürün kül içeriği % 10 düzeyindedir. Katı atıklar, aynı zamanda kömür madenciliğinde kömür yıkama ile termik santrallerde atık gazın filtrelerden geçirilmesi işlemleri sırasında da oluşmaktadır. Bu gibi katı atıklar genellikle düzenli depolama sahalarında veya terk edilmiş madenlerde depolanmaktadır. Yakın zamanlarda ise başka bir alternatif olarak bu atıkların çimento ve yapı malzemesi olarak kullanıldığı belirtilmektedir.²³

EPA verilerinin analizi sonucu ABD’de en fazla toksik atığın kömürle işleyen termik santrallerden kaynaklandığı belirtilmektedir. 500 MW gücünde tipik bir kömür santralinden 120000 ton kül ve 193000 ton kömür çamuru çıkmaktadır. ABD’de bunun %75’den fazlasının geçirimsiz olmayan ve denetlenmeyen atık sahalarında depolandığı ve bunlardan çıkan sızıntı sularının içme suyu kaynaklarını kirletebileceği belirtilmiştir. Kül ve çamurda bulunan toksik maddeler arasında başlıca arsenik, civa, krom ve kadmiyum yer almaktadır.²

Kömür radyoaktif element olarak az miktarda uranyum ve toryum içermektedir. Bu yüzden bunlar yanma sonucu oluşan uçucu külde de bulunmakta olup, küldeki miktarları orijinalin on katına kadar çıkabilir. 1000 MW gücündeki tipik bir santralden yılda 5.2 ton uranyum ve 12.8 ton toryum salınmaktadır.² Ayrıca kömür santralinin bulunduğu çevrede radyasyon değerlerinin uzak mesafelere kıyasla beş katı kadar daha yüksek değerlere çıktığı belirtilmiştir.²³ Her durumda bu santrallerden çıkan atıkların, özellikle filtre tozlarının, tehlikeli atık olarak ele alınıp bertaraf edilmesi gerekir. Başka bir örnek olarak West Virginia kömürlerinin kullanıldığı termik santrallerde yılda 2 milyon ton kömürün kullanımı sonucu alıcı ortama 3400 kg arsenik, 20 kg kadmiyum, 1200 kg altın, 40 kg civa, 1600 kg kurşun, 600 kg uranyum 238, 50 kg uranyum 235 ve 10000 kg toryum salınması gösterilebilir.²⁴

21 B.Freese ve S. Clemmer (2006) Gambling with Coal-How Future Climate Laws Will Make New Coal Power Plants More Expensive, Union of Concerned Scientists.

22 Black Carbon Implicated in Global Warming" Science daily, July 30, 2010.<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/07/100729144225.htm>.

23 <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/coal.html>.

24 BUNDhintergrund: Radioaktivität aus Kohlekraftwerken (Kasim 2008) http://www.bund-nrw.de/fileadmin/bundgruppen/bcmlsvnrw/PDF_Dateien/Themen_und_Projekte/Energie_und_Klima/Kohlekraftwerke/BUNDhintergrund_Radioaktivitaet_aus_Kohlekraftwerken_11_2008.pdf.

2.4. TERMİK SANTRALLERDEN KAYNAKLANAN SU KİRLİLİĞİ

Termal kirlenmenin en yaygın sebebi termik santraller veya endüstride büyük miktarda suyun soğutma suyu amaçlı kullanımından sonra doğal çevreye, bu sefer sıcaklığı artmış bir su olarak geri verilmesidir. Bu durumda alıcı ortamlarda çözülmüş oksijen konsantrasyonu azalmakta ve ekosistemler olumsuz yönde etkilenmektedir.²

Kömürle çalışan termik santraller gerek soğutma suyu olarak gerekse yakıt işleme ve elektrik üretimi prosesleri sırasında önemli ölçüde su tüketmektedirler. Termik santrallerin kazanlarında ve soğutma suyunda da çeşitli kirleticiler birikmekte olup, bu sular alıcı ortama deşarj edildiğinde, bitki ve balıklara zarar verebilmektedir. Ayrıca termik santral çevresinde depolanan kömür yığınlarının yağmura maruz kalmaları halinde, aynen kömür madenlerinde olduğu gibi, arsenik ve kurşun gibi ağır metallerin bu yığınlardan çözünerek civardaki alıcı sulara karışması mümkündür.²⁵

3. DÜNYADA KÖMÜR MADENCİLİĞİNİN DÜZENLENMESİ

Çevreye önemli etkileri yüzünden madencilik, gelişmiş ülkelerde yönetmeliklerle en çok denetlenen endüstri dallarından biridir. Madencilik faaliyetine girecek bir işletme kömürü nasıl çıkaracağı, araziye ne şekilde kullanacağı, yüzey ve yeraltı sularının nitelik ve niceliği, madenciliğin bunları nasıl etkileyeceği, ayrıca kömürün ne şekilde nakledileceği ve bunun araziye nasıl etkileyeceği konularında detaylı bilgi sunmak zorundadır.²⁵

3.1. KAPATILMIŞ/TERKEDİLMİŞ KÖMÜR MADENLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE REHABİLİTASYONU

Kömür madenciliğinin etkileri genellikle iki düzeyde incelenmektedir: Aktif kömür madenleri ve terkedilmiş/kapatılmış kömür madenleri. Zira bir kömür madeninin kapatılmasından sonra işçi sağlığı ve güvenliği açısından doğrudan etkileri azalsa bile, çevreye olan etkileri halen sürmektedir. İleri ülkelerde gerek aktif durumda bulunan kömür madenlerinin etkilerinin önlenmesi gerekse terkedilmiş/kapatılmış kömür madenlerinin temizlenmesi için birçok yöntem ve teknoloji geliştirilmiştir.⁵

Yüzey madenciliğinde toprak örtüsü ve iklim şartları da gözönüne alınmak zorundadır, zira madencilik faaliyeti sona erdikten sonra bölgedeki arazi hemen hemen madencilik öncesi durumuna getirilmek durumundadır. Örneğin Almanya'daki kömür madenlerinde, maden işletmesi sona erdiğinde bitki ve hayvan örtüsünü yeniden tesis edecek şekilde bölgeyi rehabilitasyona tabi tutma zorunluluğu vardır. Ayrıca

²⁵ <http://www.ket.org/trips/coal/agsmm/agsmmregs.html>.

yaban yaşamı ve bölgede bulunan arkeolojik eserlerin de korunması hedeflenmektedir. Öte yandan rehabilitasyon sürecinin bazen onlarca yıl bazen de yüzyıllarca sürdüğü belirtilerek, ekosistemin ilk durumuna hiçbir zaman ulaşamadığı vurgulanmaktadır.^{1,25} Yüzeysel madenciliğinde birçok halde rehabilitasyon yapılmadığı veya coğrafi özellikler sebebiyle yapılmasının çok zor olduğu belirtilmektedir.^{16, 26}

27 28

3.2. MADENCİLİKLE İLGİLİ MEVZUATA ÖRNEKLER

Çeşitli ülkelerde maden atıklarına ilişkin özel yönetmelikler çıkartılmıştır. Örneğin ABD’de 1977’de Federal Mine Safety and Health Act yürürlüğe girmiştir. ABD’de ayrıca 1977’de gerek aktif kömür madenlerinin denetimi gerekse terkedilmiş/kapatılmış kömür madenlerinin rehabilitasyonu hakkında hükümler içeren Surface Mining and Reclamation Act (SMCRA) yürürlüğe girmiştir. ABD’de kömür madenciliğinden kaynaklanan atıksular için getirilen kriterler ve standartlar ise 1975 tarihinde oluşturulmuş olup, 2002 tarihine kadar revize edilmiştir. Bunlar maden drenajı, kömür depolama ve kömür hazırlamadan çıkan atıksularla ilgili hükümleri kapsamaktadır. Avrupa Birliği tarafından da maden atıklarının idaresine ait birçok teknik ön sürülmüş olup, birçok Avrupa ülkesinde bu teknikler esas alınmaktadır.¹⁵

3.4. ÜLKEMİZDE KÖMÜR MADENCİLİĞİYLE İLGİLİ MEVZUAT

Ülkemizde maden işletmeleri ve atıkları, halen yürürlükte olan kanun ve yönetmeliklere (Çevre Kanunu, Maden Kanunu, ÇED Yönetmeliği, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği) tabidir.²⁹

Ülkemizde mevcut Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliğinde asidik maden atıksularının kontrolü hakkında özel bir bilgi yer almamaktadır. Maden sahalarında Asidik Maden Drenajı (AMD) sularının üretimini inceleyen bir çalışmada³⁰ ülkemizde madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan olası çevresel etkilerin ve alınması gerekli tedbir ve önlemlerin “çevresel etki değerlendirmesi” (ÇED) süreci içerisinde değerlendirildiği belirtilmektedir. Ayrıca, kazı işlemi, döküm ve doğaya bırakılan maden

26 M.Ali Türkoğlu, Maden atıkları ve Türkiye'deki durum <http://www.geridonusumculerirligi.com/?pnum=40&pt=Maden%20At%C4%B1klar%-C4%B1%20ve%20T%3%BCrkiye'deki%20Durum>.

27 <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/coal/Mining-impacts/>

28 <http://www.worldcoal.org/coal-the-environment/coal-mining-the-environment/>

29 Tekirdağ Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2011) Çevre Yönetimi ve Çevre Denetimi Şubesi Atık Birimi, Madencilik sektöründe atık yönetimi uygulamaları <http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/madenatıkları.pdf>

30 N. Karapınar, G. K. Ergüler (2012) Asit/nötralizasyon potansiyelinin belirlenmesi ve asit maden drenajı (AMD) kimyasının tahmin edilmesinde MTA Genel Müdürlüğü İmkanları, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı 2-6 Nisan/April 2012 65th Geological Congress of Turkey.

atıkları ile bozulan doğal yapının yeniden kazanılmasına ilişkin usul ve esaslar 23 Ocak 2010 tarih ve 27471 sayılı “Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği” ile belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, 6 Kasım 2010 tarih ve 27751 sayılı “Madencilik Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliği” ile de benzer düzenleme getirilmiştir.

Maden atıklarının yönetimi konusunda çok sayıda AB direktifi bulunmaktadır. Ülkemizde ise bu atıklar maden atıklarına özgü yönetmelik olmaması nedeniyle 14.03.2005 tarihli “Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” kapsamında değerlendirilmektedir.^{27 31} 1/1/2015 tarihinde yürürlüğe gireceği belirtilen Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın oluşturduğu Atık Yönetimi Yönetmeliği Taslağı'nda da kömür madeninden çıkan atıklar tehlikeli atık kapsamında gösterilmektedir.³² Düzenli depolamada bu atıkların tehlikeli atık olduğu göz önüne alınmalıdır.

████████████████████

31 E.G.Çetiner, B.Ünver, M.A.Hindistan (2006) Maden Atıkları ile ilgili mevzuat : Avrupa Birliği ve Türkiye, Regulations Related With Mining Wastes : European Community and Turkey, MADENCİLİK, Cilt 45, Sayı 1, Sayfa 23 - 34, Mart 2006.

32 Atık Yönetimi Yönetmeliği Taslağı www.csb.gov.tr/db/cygm/edirtordosya/AYY.docx, (son ulaşım tarihi: 7 Ağustos 2014).

