

## MADEN İŞLETMELERİNDE JEOLJİ BİLGİSİNİN MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİNE ETKİSİ

Ömer AKINCI,

Süleyman Demirel Üniv. Jeoloji Müh. Böl., 32260, ISPARTA  
oakinci@mmf.sdu.edu.tr

**ÖZET:** Maden işletmeciliği çok değişik jeolojik ortamlarda yapılabilmekte ve her gün olumlu veya olumsuz yeni bir gelişme gündeme gelmektedir. Birçok işletmenin verimsiz üretim yapmasında, zenginleştirme tesislerinin kapanmasında geçmişte yapılan sağlıksız jeolojik çalışmaların payı büyüktür. Maden işletmeciliği çevre kirliliğinin önde gelen nedenleri arasında sayılmaktadır, ancak verilen örneklerde bunun doğru olmadığı ortaya konmuştur. Jeoteknik çalışmaların yetersiz kalması açık işletmelerde dekapaj sorunu fazladan maliyet yaratmakta jeoloji bilgisinin plaser yataklar da dahil olmak üzere, maden üretim tekniklerini hangi oranda etkilediği, yanlış yapılan tenör-yoğunluk, hesaplarının, maden ekonomisi üzerine olumsuz etkileri, cevher parajenezinin iyi saptanmamasının zenginleştirme dizaynına etkileri ve siyanür liçinin altın üretiminde yarattığı sorunlar ve sonuçları bu çalışmada örnekleriyle tartışılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Madencilik yöntemleri, Cevher üretimi ve zenginleştirme problemleri, Jeolojik bilgi

### The Effect Of Geological Data On The Engineering Problems

**ABSTRACT:** Modern mining works are being conducted at different environments and positive or negative new developments are brought into attention of the earth scientists or mining engineers. Careless geological works made at the past play an important role on the closure of ore dressing plants and unproductive mineral exploitation. It is a widely accepted idea that the mining cause environmental pollution however it is shown that this is not % 100 true. Uncomplete geotechnical works lead to the stripping problems and high costs in open pit mining; including the placer deposits. In this work, how much lithological and geological knowledge effect the ore production methods; that of ore paragenesis on the ore dressing plant designs, the effects of wrong density and grade estimations on the mining economics and finally effects of cyanide leach problems arising from the gold beneficiation have been discussed with various examples given.

**Keywords:** Mining Methods, Ore Production and Dressing Problems, Geological information

### GİRİŞ

Maden İşletmeleri sadece üretim yapılan yerler gibi görünürse de içerisinde mühendislik, temel bilimler, sosyo- ekonomik sorunları bünyesinde taşıyan karmaşık bir ağ sistemi gibidir. Bu nedenle bir ekip çalışmasını gerektirir ve ortaya koyduğu sorunlar başta mühendislik olmak üzere birçok disiplinler dikkate alınarak çözülmek zorundadır.

Kısaca satır başlarıyla ifade etmek gerekirse;  
Çevre sorunları  
Jeoteknik

Yoğunluk ve Tenör Etkisi

Zenginleştirme

Tasarı geometri

Jeolojinin tüm ana bilim dalları

Fizik

Kimya

Matematik

İnşaat

Mali-risk değerlendirmesi ve

Ekonomi, hemen aklımıza gelen sorun yumaklarıdır.

Yaşayan doğanın ve insanın temel gereksinim alanlarında yeraltı kaynaklarına olan

gereksiniminin kaçınılmaz sonucu olarak madenlerin üretimi sırasında çok miktarda arzu edilen hammadde yanında arzu edilmeyen pasa, flotasyon ve izabe artığı, cüruf ve hurda metal ortaya çıkar. Bunların yarattığı çevre sorunları çoğu kez maden işletmeciliğinin sırtına yıkılmıştır ancak günümüzde her gün 100 m<sup>3</sup>'den fazla verimli topraklarla kaplı alan ev, fabrika, ulaşım yolları için tüketilmektedir, kum çakıl ve taş ocaklarıyla manzara estetiği bozulmaktadır. Yakın geçmişte Almanya'da 15 milyon hektar ormanlık alan temizlenip tahrip edilmiştir. Ayrıca her yıl ortalama 60 km<sup>2</sup> maden alanının kullanılmasına karşılık 350 km<sup>2</sup> tarım-orman alanı her çeşit inşaat için kaybedilmektedir. Türkiye'de de az sayıdaki maden işletmesinin neden olduğu arazi tahribatına karşılık çarpık yapılaşma ve kasıtlı orman yangınları, hazine arazisinin işgali sonucu meydana gelen arazi tahribatı karşılaştırılmalı ve tarafsız bir gözle yorumlanmalıdır. Bu olayın yurdumuzdaki diğer etkenlere de bağlı olarak boyutları daha da vahimdir. Bu nedenle, bir fabrikanın gayri safi milli hasılaya yapacağı katkı ile açılan yeni yollarla benzin sarfiyatının azalması, ulaşım zamanını paraya çevirdiğimiz zaman elde edilecek karın büyüklüğü ile övünen politikacının bunları yapmak için yer altı kaynaklarına ve kum-çakıl ocağına gereksinim olduğunu aklından çıkarmaması gerekir.

## MODERN MADEN İŞLETMECİLİĞİ

Dünyada mineral ham maddelerinin %75'den fazlası açık işletme yöntemleriyle çıkarılmaktadır. Açık işletme demek madenleri örten istenmeyen malzemenin dekapaj yöntemiyle alınması ve uygun yerlere nakledilmesi demektir. Açık işletmeler basamak şeklinde açılan-işletilen genellikle derinlere doğru ters koni şeklinde gelişen üretim yerleri olduğundan bu koninin duvarları eğer yerçekimine karşı duracak bir şev açısına sahipse, sağlam kayalardan yapılmış olmasına bağlı olarak, sağlıklı ve emniyetli bir şekilde işletilebilir. Şev açısı ile yapılacak dekapajın miktarı arasında kaçınılmaz bir ilişki bulunmaktadır. Açık ne kadar dik olursa o oranda az dekapaj yapılacaktır ve dolayısıyla üretim

maliyeti o oranda düşecek, pasa depolama alanları azalacak, doğal topoğrafya daha az bozulmuş olacaktır. Ancak, sağlam, silisleşmiş magmatik kayalarda ve karbonatlarda bu dekapaj açısını dike yakın tutmak mümkün iken Yatağan Linyit İşletmeleri'nde 26°'ye kadar veya başka yerlerde daha düşük açılara düşürme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Zira Yatağan'da kömür seviyelerinin tavan kayaları olan marnları örten Neojen yaşlı gölsel kireçtaşları boşlukları ve kırıklı yapısı nedeniyle büyük bloklar halinde işletme tabanına doğru yuvarlanarak üretim yapılan panolarda çalışan işçi-mühendis ve makineleri tehlike altında bırakmaktadır. Bu nedenle jeolojik harita, sondaj ve jeoteknik çalışmalar sırasında bu tehlikelerin öngörülmesi ve gerekli önerilerin yapılarak en verimli madencilik yönteminin bulunması gerekir.

Yeraltı kaynağının kömür gibi tabakalar-seviyeler halinde olduğu zaman seçilecek üretim yöntemi cevher/dekapaj oranına bağlı olduğu kadar, yeraltı mı yoksa üretim araçlarının belli bir kontur boyunca yanal yönde ilerlediği geri dolgulu konturlama (teraslama) madenciligi ile mi alınacağı kaynağın stratigrafik konumuna, tabakaların yatağa yakın olmasına da bağlıdır.

Güney Afrika'daki konglomera resifleri olarak nitelendirilen Witwaterstrand konglomeralarının çakılları, (az miktardaki çört, jasp, kuvarsit, şeyl çakılları yanında), çok iyi yuvarlanmış kuvars çakılları olup daha ince taneli kırıntılı ve ikincil kuvars ile ince taneli fillosilikatlardan oluşan hamur içinde bulunmaktadır. Hamur aynı zamanda altınla birlikteliği olan kerojene ek olarak pirit, zirkon, rutil, kromit, uraninit, arsenopirit, kobaltin ve nadir PGE mineralleri gibi getirilmiş ağır minerallere ev sahipliği yapmaktadır. Bunlar yanında hamur içinde otojenik pirit, pirotin, kalkopirit, uranyumlu lökoksit, brannerit, rutil, galen, sfalerit, ve gersdorfit bulunmaktadır. Altın pirit içinde kapanımlar halinde, serbest halde ve ince taneli hamuru ornatmış (yerine geçmiş) halde bütün resif boyunca bulunmaktadır [10]. Bu örnek iyi yapılmamış bir jeolojik çalışmanın ve cevherin mineralojik karakterinin iyi ortaya konulmaması durumunda dünyanın en büyük ve en derin işletilen altın yataklarının bulunduğu Güney

Afrika'da karşılaşılabilecek mühendislik problemleri hakkında çok iyi bir fikir vermektedir.

Bir diğer örneği Papua Yeni Gine'deki Lihir Yatağından verebiliriz. Yatak, deniz seviyesine kadar çökmüş bir kaldera içindedir ve göreceli olarak aktif bir volkandır. Bu yatakta yüksek sıcaklık ortamında yüzlerce sondaj yapılmış ve üretime hazırlanmıştır. Yakın gelecekte okyanus tabanındaki Cu, Pb, Zn, Mn, Ni ve Au yatakları işletilecektir.

## **JEOLJİK KONUM – MADENCİLİK YÖNTEMİ**

Damardan epitermale kadar çeşitli tiplerde ve değişik kayaç türleri içinde oluşan madenlerin jeolojik yapısını iyi belirlemek, uygulanacak işletme tekniğinde ve mühendisliğinde önemli rol oynayacaktır.

Bilindiği gibi açık işletme yöntemi ile alınamayan, üretilmesi ekonomik olmayan maden yatakları, galeri tavanının göçertilmesi, üretim yapıldıktan sonara geride kalan boşluğun doldurulması veya galeri tavanını destekleyerek göçmesini önleyecek topuk bırakılması veya tavanın tahkimatla veya ankrajla yerinde tutulması şeklinde yürütülen yeraltı işletmesi birçok mühendislik problemlerini bünyesinde barındırır. Her şeyden önce üretim yapılabilmesi için, galeri-yeraltı tünelinin tavanının yerinde tutulması esas olduğundan, galeri tavanının göçmesine neden olacak fay zonları-fay killeri breş-milonit zonları, kısaca süreksizlikler, zayıflık zonları, çok iyi haritalanmalı, yerüstü jeolojisi ile yer altı jeolojisi arasında çok iyi bir ilişki kurulmalıdır.

Yeraltı işletme yöntemleri maden yatağının geometrik şekline göre uzun ayak, dilimli ayak, oda-topuk işletmesi şeklinde yürütülebilir. Tavanın ve kayacın içinde bulunduğu litolojik birimlerin sağlamlık durumuna göre ve tektonik olayların o yataktaki şiddetine göre açık ayaklar, tahkimatlı ayaklar (üretimden arta kalan boşluğun doldurulmasına dayanan) rambleli, ambarlı, göçertmeli ve kombine işletme yöntemleri şeklinde; tavanın göçertilmesi tekniğine dayanan işletme yöntemleri ise yatay, dikey ve çapraz ayaklı ilerleme veya dönümlü

uzun ayak, taban döşemeli (suni tavanlı) ayak şeklinde isimlendirilir.

Fizibilite çalışmalarının en önemli parametrelerinden olan tenör-eşik tenör ve rezerv madenciliğin emek-yoğun mu yoksa mekanize olarak yapılacağına ve yatırımların minimum tutulmasında da etkilidir. Yüksek tenörlü-düşük rezervli bir yatakta kasa tahkimatlı emek yoğun damar madenciliği tercih edilirken, normal büyükte bir rezerve sahip yatakta dolgu madenciliği veya arakath göçertme yöntemi kullanılabilir. Düşük tenörlü-yüksek rezervli bir yatakta ise göçertme yöntemi düşünülebilir.

Yatağın sondajlı çalışmalarla ortaya konabilecek geometrisi örneğin cevher kütlelerinin şekline ve düzensiz hudutlarına uygun olarak yatay ayak yöntemini gerektirecektir. Bu teknik düşük tenörlü kısımlardan kaçınma olanağını sağlayacaktır.

Bir cevher kütlelerinin eğimi madencilik yöntemlerini, maden üretim tekniklerini, etkileyen başlıca yöntemlerden biridir. Dik eğimler (50-90°) gevşek cevher kütlelerinde yerinden oynamalara neden olabilir, Orta derecede eğimli (20-50°) damarlarda madencilik yöntemi seçimi bazen zorlaşabilir. Yatay ve yataya yakın eğimli yataklarda ancak "oda-topuk" yöntemi veya "uzun ayak" yöntemi kullanılabilir [1, 7].

Bütün bu yöntemlerde işletme ve kazı yönü dikkate alınır; maden yatağının tabaka (düzlemsel), kütleli-hacimli (merceksel) veya damar şeklinde oluşu, eğimi ve kalınlığı gibi faktörler uygulamada önem taşır. Yöntemlerin hangisinin uygulanacağı görüldüğü gibi jeolojik özelliklerin ve kayaç birimlerinin jeoteknik özelliklerini de içine alacak şekilde çok iyi bir şekilde haritalanması ile sağlanabilir. Bunu sağlamak için sondaj sonuçlarının, geçilen formasyonların çok iyi tanımlanarak loglanması gerektirir. Karotlar üzerinde sağlıklı bir inceleme yapılması, karot tabakalanma açısı yanında tüm süreksizliklerin ve ayrışmaların, killi zayıf zonların iyi incelenmesi eksiksiz bir şekilde yerine getirilmelidir. Sonuçta daha verimli olan yöntem veya bir yöntemin jeolojik özellikler dolayısıyla diğerine tercih edilmesi, madenciye zaman ve para kazandıracaktır.

Bir kayacın sağlam veya zayıf diye nitelendirilmesi madenin metalik veya endüstriyel ham madde olması dikkate alındığında sübjektif bir değerlendirmedir. Kömür madeninde dayanımlı diye nitelendirilen bir cidar kayaç metalik bir madendeki kayaca oranla zayıf olabilir. Ancak karot incelemeleri sırasında yapılacak jeoteknik testler bunu matematiksel değerler halinde ortaya koyacaktır. Tek eksenli kesme kuvveti ölçümlerine göre kuvarsit, bazalt-taze diyabaz gibi magmatik kayaçların çoğu sağlam, metamorfik kayaçlar ve kireçtaşı-dolomit yüksek dayanıma sahip kayaçlar olarak kabul edilir. Şeyl, kumtaşı, saf olmayan kireçtaşı ve şisti kayaçlar orta sağlamlıkta, ufalanabilir kumtaşı, çamurtaşı, ve kömür seviyeleri ise zayıf kayaçlar olarak nitelendirilirler. Jeolojik haritalama sırasında kayaçların mineralojik yapısı, ayrışmaları ve metamorfizma geçirip geçirmediikleri dikkate incelenirse bu konuda sağlam bir bilgiye ulaşılabilir.

İki galeri arasında bırakılacak açıklıklar da kayaç mukavemetine bağlıdır. Bunun sonucu tahkimatın nasıl olacağını belirler.

### Yoğunluk ve Tenör

Tonaj faktörü veya cevher kütlelerinin yerinde kütleli yoğunluğu bir madencilik işlemiyle çıkarılması planlanan ürün ağırlığını hesaplamada en önemli değişkenlerden biridir. Bu yoğunluğun hesaplanmasında yapılacak bir hata tali matematiksel hataları tamamiyle gölgeleyebilir. Birçok rezerv hesabı çalışması, cevherlerin içerdikleri kil, önemsiz oranlardaki ağır mineraller ve porfir bakır yataklarındaki zengin damar-damarcıkların dağılımının yoğunluklar etkilemesi gibi nedenler dikkate alınmaksızın hatalı bir (gerçek yoğunluğa dayalı) rezerv hesabı ile elde edilecek bir rezerv düşüklüğünün parasal kaybı özellikle altın madenciliğinde çok pahalıya patlayabilmektedir. Tonaj faktörünün yanlış hesaplanması rezervde %15 gibi önemli bir azalmaya neden olmaktadır [12]. Kütleli yoğunluk, cevherleşmenin şiddeti kadar litoloji, gözeneklilik, kırılma derecesi ve ayrışmalara bağlı olarak değişebilir. Bütün bunlar cevher kütlelerinin jeolojik özelliklerinin ne kadar ayrıntılı çalışılması gerektiğini ve jeolojik

özelliklere ne kadar bağlı olduğunu göstermektedir [1, 11].

Cevher kütlesi tamamiyle ortaya konduktan sonra bile rezervin karlı bir şekilde kullanıma sokulması, patlatma delikleri de kullanılarak, cevher/pasa ayrımının iyi yapılmasına dayandırılmaktadır.

### Tesis Dizaynları

Cevher zenginleştirmelerinin ve akım şeması dizaynının iki önemli parametresi randımanın ne olacağını ve cevher özelliklerinin mineralojik olarak ortaya konmasıdır. Hemen hemen bütün maden yataklarının zenginleştirme işlemleri veya satılabilimleri, yatak içinde daha doğrusu cevher kütlesi içinde bir yerden diğer bir yere değişen jeolojik özellikler tarafından kontrol edilir. Değişik minerallerin veya bileşenlerin cevher içindeki oranı belirgin metalürjik özellikleri ile birlikte cevher tiplerini ve/veya değerini belirler. Kömürde kül miktarı, karışık bir oksit/sülfid cevherinde oksitli minerallerin oranı, boksitte reaktif silis, porfir altın zühurunda siyanür tüketen bakır oksitlerinin, uranyum cevherlerinde asit tüketen karbonat minerallerinin gang olarak bulunmasını sayabiliriz. Lateritik nikel yataklarının doğal bileşenleri olan Fe, MgO ve SiO<sub>2</sub> oranları nikel yüzdesinden ziyade zenginleştirme işlemlerini kontrol eden ana faktörlerdir. Takonit tipi demir yataklarında manyetit varlığı öğütme hızı üzerinde büyük etki yapar ve manyetit/hematit oranı cevherin karlılığını etkiler. Öte yandan Milas-Yatağan zımpara yatakları demir yönünden zengin olmasına rağmen, cevher parajenezinde bulunan ve içerdiği en sert minerallerden biri olan korund minerali nedeniyle değirmenlerde öğütme sırasında büyük tahribat yaptığından bugünkü bilgilerimizle ekonomik olarak zenginleştirilmesi mümkün olmamaktadır.

Bursa-Uludağ volfram ve Elazığ ferrokrom zenginleştirme tesislerinde geçmişte meydana gelen problemlerin temelinde cevher özelliklerinin ve yer seçiminin iyi incelenmemesi yatmaktadır.

Cevher minerallerin tane boyutları, gang dediğimiz cevher minerallerine refakat eden ancak yararı veya zararı bulunmayan minerallerden ayırabilmek için hangi boyuta

kadar öğütülmesi gerektiğini belirlemesi yanında, konsantredeki randımanı da belirleyen bir etmendir. Çayeli Cu-Zn madeninde Kuroko tipi cevherleşmelerde gördüğümüz sfalerit (ZnS) minerali içinde emülsiyon tipli son derece ufak kalkopirit taneleri veya bunun tersi görünüm cevherin 70'li yıllardan 90'lı yıllara kadar nasıl veya hangi yöntemle zenginleştirileceğine karar vermede önemli bir araştırma konusu olmuştur. Doğaldır ki bu sorun çözülmeden Çayeli'ne bir zenginleştirme tesisi kurmak, cevherin zenginleştirme akım şemasına bağlı bir mühendislik problemi olduğundan, söz konusu olamazdı.

Yine benzer çalışmaların paralelinde bir diğer tipik olay bakır cevherlerinde görülmektedir. Bakır cevheri konsantreleri dünyanın çeşitli yerlerindeki yataklardan sülfid bileşiği halindeki kalkopiritten ( $\pm$  bornit, kalkosin, kovellin, dijenit), oksit bileşiği halinde kuprit ve tenorit minerallerinden, karbonat bileşiği halinde malakit ve azurit'ten, sulu silikat bileşimli minerali krizokolla'dan ve %100 bakır içeren nabit bakırdan elde edilmektedir. Yine açıkça görülmektedir ki değişik kimyasal bileşimlere sahip bu minerallere aynı zenginleştirme tekniğini uygulamak, aynı boyutlara kadar öğütüp, aynı randımanla zenginleştirmek mümkün değildir. Bu örnekler cevherlerin mineralojik incelemelerinin (cevher mikroskopisi çalışmalarının) ne kadar önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Cevher/pasa dokanağı, Seydişehir boksit (alüminyum) yataklarının ve bunların metamorfizma geçirmesi sonucu oluşan Yatağan-Milas-Söke üçgeni içinde yer alan zımpara (metaboksit) yataklarının ve Toroslar boyunca görülen karbonatlı Pb-Zn yataklarının taban bölümlerinde olduğu gibi yeterince düzensiz ise sondajlardan geçen kesitler hazırlanırken dokanakları birleştirmede hatalar yapılabilir veya plaser kalaylarda değineceğimiz gibi üretimde zorluklar çıkarır. Bunun sonucu cevher diye alınan kütle için bir miktar pasa girebilir. Bu sulanma sonucu tonajda kayıp veya baştenör'de düşüş söz konusu olabilir [1]. Sonuç olarak dikkatli yapılmayan bir jeolojik değerlendirme madencilik yönteminin seçimi işletme mühendislerini, baş tenörün etkilenmesi

açısından zenginleştirme mühendislerini zor durumda bırakacaktır.

Taban topoğrafyası ve cevherin karstik cepler içinde yer aldığı gerçeği dikkate alınmadan hazırlanan jeolojik kesitlere dayalı olarak yapılan rezerv hesapları Toroslar boyunca yer alan, karbonatlı Pb-Zn yataklarını işlemek üzere Kayseri'de kurulan ÇİNKUR izabe tesisleri ömrünü çok çabuk tüketmiştir.

### Porfir Bakır Yatakları

Porfir bakır yatakları kendine has bazı özellikleri nedeniyle ayrı bir maden yatağı grubu olarak incelenmektedir. Bu özellikleri arasında derinlik boyutunda kesitlerinin huniye benzemesi, yüz milyonlarca ton rezerve karşılık işletilebilen yataklarda ortalama işletme tenörünün %0.3 Cu ile %1.0 Cu arasında değişmesi, cevher minerallerinin (başlıca kalkopirit ve molibdenit  $\pm$  Au ve Ag) saçılmış fakat serbest taneler halinde bulunması, bu özelliklerine bağlı olarak cevherin veya cevher seviyesinin kimyasal analizler sonucunda ortaya konması, kuvars monzonit-diyorit porfir gibi kayaçların içinde bulunması yani üretilebilmesi için belli bir kütle için değil tüm kayacın kırılıp patlatılarak yerinden alınması, bazen skarn minerallerinin de refakat etmesi ve potasik ayrışma (potasyumca zengin mika ve feldspat minerallerin oluşturduğu) zonları ile ilişkili bulunması sayılabilir. Sayılan bu özellikleri nedeniyle bu yataklar Bingham porfir bakır yatağında (Utah eyaleti, ABD) olduğu gibi ancak günde 500 000 tonun üzerinde malzeme üretimi yapıldığı, işlemden geçirildiği ve liç edildiği takdirde ekonomik olabilmektedir.

Şimdi böyle bir kayacın yaratacağı mühendislik sorunlarına bakalım. Porfir kayaçların yerinde liç edilebilmesi için oldukça düz geniş biriktirme-depolama-liç alanlarının bulunması, yer altı suyu ve yerüstündeki canlı hayatın zehirlenme etkilerinden uzak tutulması zorunludur. Bu kadar hacimli malzemenin yerinden-ocaktan nakledilebilmesi yalnız tekerlekli araçlarla (400 tonluk kamyonlarla) mümkün olmayacağı için demiryolu taşımacılığının devreye sokulması ve yeterince su bulunması (Pakistan'daki Sendak yatağına çok uzaklardan su boru hatlarıyla taşınmaktadır) gerekmektedir. Yine düşük cevher tenörleri ve

eşik tenör değerleri zenginleştirme mühendislerinin kapasitelerini zorlamaktadır ve yapılacak yüzlerce sondajlarla işletilebilecek seviyelerin saptanması mümkün olduğundan sondajların en ekonomik şekilde yerleştirilmesi ve karotların çok dikkatli bir incelemeye tabi tutulması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Yine bu tip yataklara süperjen sülfid zenginleşmeleri refakat etmedikçe ekonomik olmamaktadır. Kuzey ve Güney Amerika'nın Pasifik sahillerine paralel kuşak boyunca çöl ortamlarında, su hariç, bu gibi sorunlar nispeten kolay çözülebilmeye karşın, yoğun orman alanı içinde bulunan ekonomikliği hala tartışılan Kırklareli-Dereköy ve Demirköy ile Maçka-Güzelyayla'da ve İspir Ulutaş'taki porfir bakır yataklarının işletilmesinin yaratacağı sorunlar kolay baş edilecek sorunlar değildir.

### KALAY PLASERLERİ

Bugün işletilmiyor olsa da Malezya'da kalay cevherinin içinde bulunduğu kayaçların sert, orta derecede kompakt veya gevşek malzeme içinde olup olmaması taraklı dubalarla plaser yataklarda yapılan madencilik işlemlerinin yıkama tesislerinde kullanılacak ekipmanın türünü etkilemiştir. Bunların yanında kasiterit yüzdesi, kasiteritin tane dağılımı (ince- kaba taneli olması, killerin içinde yer alması randımanı etkileyecektir) ve diğer ağır minerallerin yüzdesi de önem taşımaktadır. Rezerv kayıplarının önlenmesinde de işletilecek cevher kütlelerinin içerdiği mineral analizi ve litolojideki değişimler hayati önem taşımaktadır. Tarak makinesinin planlanması ve dizaynı buna göre yapılmıştır.

Kuvvetle sıkışmış malzemeler taraklama işlemini zorlaştırıp kazma ekipmanını aşındırdığı gibi, malzeme gevşek ise tamamının jiglere gitmesi ve jiglerin aşırı yüklenmesiyle sonuçlanmaktadır. Yine alınacak malzemenin hacmi taban topoğrafyasındaki değişikliklerle yakından ilgilidir. Şist, şeyl veya granitten oluşan nispeten düz veya hafif ondüleli taban üzerinde bulunan malzemenin tamamı alınabilmekte daha önce örneğini verdiğimiz kireçtaşı çıkıntıları arasında cepler bulunan tabanda yukarı aşağı ve sağa sola hareket eden tarak merdiveninin hareketi engellendiğinden

ceplerin tabanında bir miktar malzeme kalabilir [8, Şekil 8, s. 230].

Malezya'da 1984'den önce çalışan, manganez çeliğinden yapılma, 9 ile 30 ft<sup>3</sup> kapasitede taraklama kovaları ile üretim yapan taraklı dubaların karşılaştığı problemler arasında aşınma, deformasyon, malzeme yorulması bulunmakta idi bu problemler ise kapasite, üretim, enerji tüketimi ve maliyet üzerinde etkiliydi

Yük altında deformasyona karşı çok hassas olan tarak merdivenlerinde, sabit halde iken kaldırılabileceği yük kuvveti hareket halinde iken hemen hemen iki misli artmaktadır. Kazı sırasında metalin kaya tarafından aşındırılması metal / metal aşındırmasına yakındır. Taraklar 45-50 metreye kadar kazabilecek kapasitede dizayn edilmektedir. Emme sistemli taraklar killi zeminlerde ve sahil ötesi plaser işletilmesinde iş görmemekte, kova tekerleği ve emme borusu kil ve bitki kalıntılarıyla hemen tıkanmaktadır. Yine plaser yatağı içinde bulunduran alüvyal malzemenin suyunun dalğış pompalarla pompalanması az da olsa malzemenin yerinde tutulması-stabilizasyon açısından sorun kaynakları arasındadır [8].

Duba taraklarının çalışmadığı yerlerde çakıl pompası tabandaki iki sert kireçtaşı çıkıntısı (peri bacası gibi) arasında meydana gelen az derin ve ufak ceplerde bu pompalar sulandırılmış malzemedeki başarılı olmaktadır. Pompalama madenciliği az sermaye gerektiren, yüksek maliyetli, emek yoğun bir işlemdir. Cep içindeki kalay plaserlerini içeren sert malzeme buldozerler yardımıyla kırılıp ufalanıp daha uygun bir yere çekilebilir. Bu pompaların kullanılması işletme derinliğine, kalay plaserinin özelliğine, taban kayacın karakterine bağlıdır [8].

Sonuçta arama yöntemlerinin ve bilgilerinin doğruluğu değişik jeoteknik ve jeolojik özelliklere sahip olan bir veya birkaç seviyenin tekrarlanması halinde hangi taraklama tekniğinin ve dizaynının kullanılacağını veya kömür madenlerinde veya diğer açık ocak işletmelerinde kullanılan tarak makinaları dizaynına benzer yapılan hareketli kayış sistemi ve malzeme (kül veya pasa) yayıcıları ile desteklenen kovalı döner başlı kazıcıların (Bucket Wheel Excavators) da kullanılıp kullanılmayacağını belirlemektedir.

Yine sahil ötesi plaser yatak aramalarında çok iyi bir paleocoğrafik ve batimetrik etüd yapılması, çökmüş sahil taraçalarının bulunması, yatağa ulaşılacak su derinliğinin, örtü kalınlığının ve temel kayaya kadar olan derinliğin bilinmesi gerekmektedir. Bütün bu bilgiler hangi tip taraklı dubanın kullanılacağını, yeni bir dizayn gerektirip gerektirmeyeceğini belirleyecektir [8].

### OCAK İŞLETMECİLİĞİ SORUNLARI

Mühendislik Jeolojisi açısından maden ocağı çukurlarının ve atık depolarının stabilitesi 3 faktörden etkilenmektedir. (1) zemin yapılarının mühendislik dizaynı; (2) toprak özellikleri; (3) çevresel faktörler:

Birinci olarak geniş alanlar kaplayan alluvial kazılar için sürekli bir mühendislik çözümü uygulamak zordur. Devamlı kazı veya kazıların durduğu dönemde malzemenin suyunu koyuvermesi nedeniyle zamana bağlı tedbirler söz konusudur. İkinci olarak kazılar ilerledikçe toprağın (kum-çakıl-kil) özelliklerinin ve toprağın elemanlarının birbirini tutma gücünü etkileyen nem oranının yağışlara da bağlı olarak devamlı değişmesi önceden güçlü tahminler gerektirir. Üçüncü olarak madencilik haricindeki inşaat, yol, fabrika kazıları madencilik alanındaki zemin stabilitesini etkiler [9].

#### Büyük Maden Ocaklarının Sorunları

Basınç altında duraylı olan metan, madencilik faaliyetleri ile tabakaların doğal stres hazmetme gücü değiştirilirse üretim yapılan aynalar civarında dinamik stres dağılımı bunun yerine geçer ve bu olay mikro kırılmalar ve tabakaların zayıflamasına neden olur. Üretim panoları civarında geçirgenlik artar ve biriken gaz basıncı düşen bu kanallara doğru hareket eder.

Çatlaklar, kırıklar açılmalar gaz akımını düzenli bir şekilde yönlendiriyorsa kömür üretimi boyunca havalandırma ile metan birikiminin önüne kolayca geçilebilir. Bu kömür, kil ve şeyl gibi zayıf veya daha çok plastik kayaçlarda rastlanılan bir durumdur. Kumtaşı ve çakıltaşı gibi daha güçlü ve kırılma kayalarda olduğu gibi düzensiz bir kırılma söz konusu ise kısa bir zaman içinde hacimli ve ani gaz çıkışları

meydana gelebilir, bu da tehlikeli bir durum doğurabilir; her hangi bir tetikleyici olay patlamalara neden olabilir [3].

Çeşitli yakma teknikleri ile kömürün içerdiği ve en büyük kirlilik nedeni olan piritin kömürden ayrılmasını mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte organik kükürtün kimyasal ve biyolojik tekniklerle elimine edilmesi bir maliyet sorunu yaratmaktadır [2].

Kömürde bulunan inorganik bileşenler (mineraller) ve organik olarak bağlı inorganik elementler gerek kimyasal gerekse mikroskopik incelemelerle saptanması zor malzemeler değildir ve tali oranda bulunurlar ancak [4] bunların neden olduğu bir seri aşınma, kömür oksitlenmesi, kömürün kalorisini etkileme, çevre kirliliği gibi mühendislik çözümler gerektiren çok çeşitli problemler listelenmiştir.

Kömürdeki su ve külün ortamdaki uzaklaştırılması kömür hazırlanmasında özellikle kömürün kalitesini etkilemesi bakımından önem taşımaktadır. Kömürün ince veya kaba taneli oluşuna bağlı olarak tikener mi yoksa elek mi kullanılacağı, çöktürücülerden hangisinin daha etkili olacağı gibi problemlerin çözülmesini gerektirir. Çok büyük kömür tüketiminin olduğu termal enerji santrallerinde küllerin santraldan depolama yerlerine nakledilmesinden itibaren doğal hayata uygun hale getirilmesine kadar geçen süre son derece dikkatli ve hızlı çalışılması gereken bir dönemdir ve gerekli önlemler vaktinde alınmadığı takdirde insan sağlığından araba motorlarına ve yeraltı suyu kirlenmesine kadar birçok alanda sorunlar yaratacaktır.

Pasa, artık kömür, kömür yıkama tesislerinden gelen malzemedan oluşan, miktarı ve oranı kömür jeolojisi kadar madencilik ve kömür yıkama tekniğine bağlı olarak ortaya çıkan madende üretilen malzemenin ortalama %30'una ulaşan kömür artıkları yüzeyde depolandığı zaman asid drenajı, erozyon ve yeniden çökelme, toz, yerinde yanma tehlikesi nedeniyle ve iskan mahallerine yakınlığına bağlı olarak çeşitli mühendislik kollarına yönelik problemler yaratmaktadır [12]. Bunlara Almanya'da Köln civarında bulunan 3 km genişliğindeki kömür ocaklarının açılmasından önce Eymir demir yatağında olduğu gibi

nakledilen iskan alanları ve ulaşım yolları eklenebilir.

### **Siyanür liçi ile yapılan altın üretiminin yarattığı sorunlar**

Magmatik farklılaşma esnasında altın, kabuk ortalamasını 2.5 katına kadar, özellikle magmatik farklılaşmanın son safhalarında, sıvı fazı içinde veya pegmatitik-pnömatolitik fazda, zenginleşebilmektedir. Bu intrüzyonlara bağlı diyorit-lamprofirik dayklarında, listfenitlerde, altınlı kuvars veya arsenopirit damarlarında, resif tipli kıvrım tepe açıklıklarında yüksek altın içeriğine rastlanmaktadır. Ancak çağlara göre çeşitli ülkelerdeki intrüzyonların (granitoidlerin) altın içeriği farklı davranışlar sergileyebilmektedir [6].

Bilindiği gibi altın siyanür liçi ile bir asırdan beri kazanılmakta, Türkiye'deki gümüş ve baz metal zenginleştirilme tesislerinde siyanürlü kimyasallar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle düşük tenörlü altın yataklarında, yatak hangi ortamda bulunursa bulunsun, dünyanın her yerinde tercih edilen bir yöntemdir. Ancak siyanürün toksik etkisi nedeniyle, atık havuzlarında 24 saat içinde toksik etkisi ortadan kalksa da, Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinin deprem kuşağı içinde olması gibi çeşitli yan faktörler nedeniyle, çevrecilerin yerinde hassasiyeti göz ardı edilemeyecek bir konudur.

Siyanür altın ve gümüşü siyanid bileşikleri halinde çözerken bu tür cevherlerde bulunabilen Cu, Zn, Ni, Cu, Fe, Co, Cd, As, Sb gibi ağır metallerle de reaksiyona girebilir. Özellikle bakır, siyanür içinde kolaylıkla çözülerek reaktif tüketimini arttırmakta, As ve Sb bileşikleriyle

birlikte altının çözülmesini zorlaştırmaktadır. Olağan olarak altın cevherlerine refakat eden demir mineralleri (özellikle pirit, pirotin ve arsenopirit gibi) çeşitli siyanür kompleksleri oluşturmaktadır [5]. Bu nedenle cevherin mineralojisi cevher zenginleştirme yönteminin seçiminde (spiraller, sallantılı masalar, amalgamasyon işlemleri, siyanür liçi, yerinde yığma liçi ve flotasyon teknikleri, hidrometallürji gibi) en önemli karar verdirici etmendir. Yine liç için hazırlanmış yığınların yükseklikleri, cevherin tane boyundan ayrı olarak, silis veya demir oksit kabuğu ile sarılmış olması, kimyasal reaksiyonlar, cevher pulplarının vizkozitesi tek başına verimli olmayabilir veya proses mühendisliği açısından sorunlar yaratabilir.

Bütün bunlar şunu göstermektedir ki cevherin mineralojisine bağlı olarak gelişecek metal siyanürlerin kararlılığı, toksik etkileri ve atık barajındaki davranışları cevherin işletme mühendisliği problemlerinden ayrı olarak zenginleştirme ve arıtma tesisi dizaynında ve toksik maddelerin zararsız hale getirilmesinde birçok mühendislik problemleri ortaya koyacaktır.

### **SONUÇ**

Verilen örnekler iyi bir jeoloji bilgisi ile desteklenmeyen mühendislik çözümlerinin sonuç getirmeyeceğini göstermektedir. Jeolojik harita ve kesitlerinin sağlıklı olması, cevherde mikroskop çalışmalarının yeterince ayrıntılı olması ve mühendislik çözümlerinin, jeofizik yöntemlerde olduğu gibi, jeoloji tabanına dayandırılması maliyetleri düşüren, zaman ve para kazandıran en önemli etkidir.

### **KAYNAKLAR**

- AKINCI, Ö.T. (2003) Maden Jeolojisi ve Arama Yöntemleri, SDÜ Yayını No.33, 496 sh.,Isparta
- ÇELİK, M.S., SOMASUNDARAN, P. (1994). Desulphurization of Coal. in COAL resources, Properties,Utilization,Pollution (Kural,O,editor), 253-269 pp., Özgün A.Ş., İstanbul
- DİDARİ, V., ÖKTEN, G. (1994). Methane, the Coal Bed Gas: in COAL resources, Properties,Utilization,Pollution (Kural,O,editor), 490 pp., Özgün A.Ş.,İstanbul
- FİNKELMAN, R. (1994) Abundance, Source, and Mode of Occurrence of the Inorganic Constituents in Coal. In COAL, Resources,Properties,Utilization, Pollution.( Kural, O. ed)., 490 sh.Özgün A.Ş. İstanbul.



- İPEKOĞLU, Ü., MORDOĞAN, H. (1993). Altın Üretim Tesislerindeki Siyanürün Türleri, Toksik Etkileri ve Atık Barajındaki Davranışları. Madencilik, v.32, No.1, 38-46
- GÜLTEKİN, A.H, ve ÖRGÜN, Y (1993) Magmatik Süreçlerde Altının Davranışı. Madencilik, vol. XXXII, no. 1, 25-46 s.
- HAMRİN, H. (1982). Choosing an Underground Mining Method. In: Underground Mining Methods Handbook, ed.by W.A.Hustrulid.New York. Soc.Min.Engr.AIME
- HARAHAP, S.A. (1985) Some Important Cases in Alluvial Tin Mining by an Offshore Dredger. In Mining Techniques for Alluvial Tin Mining (Hassan, A.H. bin Haji and Wallwark, G.R.,eds.) Proceedings of the fourth SEADRADC Seminar held in Malaysia, 8-11 October. SEATRAD Publ.No.4,Malaysia, 572 pp.
- HUESİN, H. (1985). Some Aspects of Ground Stability Design in Gravel Pump Tin Mines. In Mining Techniques for Alluvial Tin Mining (Hassan,A.H.bin Haji and Wallwark,G.R.,eds.) Proceedings of the fourth SEADRADC Seminar held in Malaysia, 8-11 October. SEATRAD Publ. No.4, Malaysia, 572 pp.
- JANISH, P.R. (1986). Gold in south Africa. J.S. Afr. Inst. Min. Metal., v. 86, no. 8.
- PARRİSH, I.S. (1993). Tonnage Factor-A Matter of Some Gravity: Mining Engineering,45,1268-1271.
- SEVİM, H. (1994). Coal Refuse Disposal. in COAL resources, Properties,Utilization, Pollution (Kural,O,editor), 490 pp., Özgün A.Ş.,İstanbul
- STONE, J.G., DUNN, P.G. (1996). Ore Reserve Estimates in thr Real World.SEG Spe.Publ.3, Second Edition.160 sh.

