

Sülfürlü Mineraller İçeren Maden Yataklarında İşletme Sırasında ve Sonrasında Asit Kaya (Maden) Drenajlarının Oluşup Oluşmayacağına Yönelik Kestirimler: Akdağ, Karıncadağ ve Bolkardağ Örneği

2. Bölüm: Asit Kaya/Maden Drenajı Oluşup Oluşmayacağına Kestirimi

Mesut ANIL^{1*}, Ali Can ÖZDEMİR¹, Zehra ALTINÇELEP¹ ve Emine DEMİREL¹
¹Ç.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

Özet

Parajenezde yer alan birincil ve ikincil tüm minerallerin mineralojik özellikleri ve kimyasal içerikleri birinci bölümde incelenmiştir. Karıncadağ kompleks cevherleşmesinde Asit Kaya/Maden drenajının oluşup oluşmayacağı bu ikinci bölümde çalışılmıştır. Bunun gerçekleştirilmesi için kullanılan kestirim yöntemleri hakkında önceden özet bilgi sunulmuş ve daha sonra da maden sahasından alınan numuneler üzerinde toplam kükürt ve karbonat miktarları ölçülerek uluslararası düzeyde kabul gören hesaplama yöntemleriyle işlem yapılmıştır. Sülfür minerallerinden biri olan asit drenajı oluşturabilecek pirit yaygın olarak görülebilir. Hem işletme faaliyetleri hem de muhtemel cevher hazırlama işlemleri boyunca pasa oluşmaktadır. Pasa, artık/atık havuzlarında şuanki durumundan çok daha büyük yüzeylerin atmosferik su ve havanın oksijeni ile birleşerek reaksiyona girer. Bu durum denklemleri birinci bölümde ayrıntılı olarak incelenen asit üretimine neden olur ve asit drenajı oluşabilir. Ancak yan kayaç karbonat ağırlıklıdır ve sülfürlü cevher mineralleri kazılacak malzeme içinde ağırlıkça %10' un çok altındadır. İşletme sırasında alınan 10 adet temsili örnek üzerinde toplam kükürt ve karbonat miktarına dayalı asit ve baz hesaplamaları yapılmıştır. Hem denge değerinin nötrleşmesinin çok kararlı olması hem de en az karbonat içeren numunenin net nötrleşme potansiyelinde eşik değerinin 3 katından fazla olmasından dolayı işletme sırasında asit drenajının oluşmayacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelime: Sülfürlü mineraller, Asit kaya/maden drenajı, Karıncadağ-Bolkardağ, kestirim

Predictions Related to Whether Acide Mine Drainages will Occur or not in Mine Deposits Containing Sulphurous Minerals During and after Operating: Examples of Akdağ, Karıncadağ and Bolkardağ

Chapter 2: Estimations Related to Whether Acide Mine Drainages will Occur or Not

Abstract

Mineralogical properties of primary and secondary minerals in paragenesis and their chemical contents were investigated in the first part. In the second part, it was studied whether the Acid Rock/Mine of the drainage will constitute in Karıncadağ complex ores. Summary about the prediction method used for performing this had presented in advance and then total amount of sulfur and carbonate was measured on

* Yazışmaların yapılacağı yazar: Mesut ANIL, Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana. manil@cu.edu.tr

samples taken from the mine sites, and proceeding was performed by internationally recognized calculation methods. Pyrite which is one of the sulphide minerals usually can appear and it can cause to the acid drainage. The tailing occurs by both operating activities and probable mineral processing operations. Tailing reacts with much larger surfaces than current stage at tailing pool impoundment by combing atmospheric water and oxygen of air. This condition causes to acid production equations which were examined at the first part and can form acid drainage. But the rocks are predominantly carbonate and sulphide ore mineral is well below 10 percent by weight in the material to be excavated. The acid and base calculations based on the total amount of sulfur and carbonate was performed on 10 representative samples taken during operation. It was determined that acid drainage will not occur during the operation because of both the balance value very stable for neutralization and the net neutralization potential of the sample containing minimum carbonate to be 3 times more than threshold value.

Key Words: Sulphide minerals, Acid rock/mine of the drainage, Karıncadağ-Bolkardağ

1. GİRİŞ

Önceki makalede genel jeolojisi, mineralojisi ve kimyasal içeriği verilen Karıncadağ polimetallik cevherleşme sahasında gerek işletme sırasında ve gerekse işletme sonunda asit kaya/maden drenajının oluşup oluşmayacağı hakkında öngöründe bulunmak yani kestirim yapmak günümüzde çok önem kazanmıştır. Konunun iyi anlaşılabilmesi amacıyla kestirim yapabilmek için asgari olarak nelerin iyice etüt edilmesi gerektiği hususlarında özet bilgi verildikten sonra Karıncadağ kompleks cevherleşmelerinin özelliklerine göre kestirimde bulunulacaktır.

Bir sorunu hiç meydana gelmeden önlemek veya bu aşama geçilmişse, güvenli ve ekonomik şartlarda bertaraf edebilmek, daha öncesinde bazı adımları atmaya gerekli kılar. Çünkü dünyada 50 yıldır uygulanan ve sıkı bir şekilde denetlenen risk analiz yöntemleri 20 yıldır da ülkemizde uygulama alanı bulmuş olup, her geçen gün de denetimler sıklaştırılmaktadır. Yapılan tüm faaliyet alanlarında bir sorunun çözümü birkaç adımlık basit bazı işlemler dizisinden ibaret olabileceği gibi, çözüm için karmaşık süreçlerden oluşan uzun bir yol haritasına da ihtiyaç olabilir. En basitinden en zoruna kadar her sorunun çözümü, sebebinden başlayarak doğurabileceği sonuçlara kadar, onun yeterince anlaşılmasıyla başlar. Ancak ondan sonra, konuya ilişkin bir planlama yaparak, birbirini takip eden aşamaların gerektirdiği kararları vermek ve uygulamakla istenen nitelikte bir çözüme ulaşmak mümkündür. Asit kaya/maden

drenajı özel olarak ele alındığında bazı görüşlere göre; “herhangi bir maden alanında piritin, hatta bir sülfürlü mineralin mevcudiyeti sahayla bağlantılı suların asitlenmesi için yeterlidir”. Aksi bir görüşe göre ise; “karbonat minerallerinin varlığı asit oluşumunu kesinlikle önler”. Maden sahasına ait etraflı bir tespit ve değerlendirme çalışması yapmaksızın, yalnızca sülfür ve karbonat minerallerinin varlıklarının tespitine dayalı olarak, bu iki görüşten biriyle cevap vermek bilimsellikten oldukça uzak bir yaklaşımdır [1].

Kestirim (öngörü) yapılabilmesi için maden yatağının tüm özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Cevher yatağının jeolojik durumu, cevherli zonların yankayaçla olan yataklanma ilişkisi, cevher minerallerini parajenez ve süksesyonu, parajenezdeki iz elementlerin varlığı, rezervi, tenörü en ayrıntılı şekilde bilinmelidir. Özellikle asit drenaj oluşturacak sülfürlü minerallerin mineralojisi, kimyası ve mineral formları ve boyutları ayrıntılarıyla belirlenmelidir. Daha sonra madenin hangi işletme yöntemi kullanılarak işletileceği, yıllık üretimi, projenin ekonomik ömrü ve cevher hazırlama uygulanacaksa tüm ayrıntıları belirlenmelidir. Asit drenajı oluşturması muhtemel sülfürlü cevherlerin oksitlenmesiyle ortama salacakları asiditeyi nötrleştirecek karbonatlı kayaç ve mineralleriyle nötrleşmeye kısmen destek olacak bazı silikat minerallerinin var olup olmadıkları belirlenmelidir. Bölgenin iklimi, topografik yapısı, hidrojeolojik özellikleri ve mevcut su kaynaklarının maden işletilmeye başlanmadan önceki kirlilik oranları mutlaka saptanmalıdır.

Bölgede benzer özellikli madenler daha önce işletilmeye başlanmışsa işletme önceki ve işletmeden sonraki veriler hazırlanacak veri tabanına işlenmelidir.

MİGEM'e sunulan işletme projesindeki bilgiler ve bu bölgede bağımsız araştırmacılar tarafından yapılan tezler, makaleler bir bir gözden geçirilmiş ve gerek ruhsat sahibi tarafından yaptırılan ve gerekse tarafımızca alınan örnekler üzerinde yapılan mineralojik ve kimyasal analizler ve bazı laboratuvar testleri uygulanarak Karıncadağ polimetallik cevherleşmesi üzerinde asit kaya/maden drenajı oluşup oluşmayacağı konusunda kestirimde bulunulmuştur.

2. KESTİRİM YAPILABİLMESİ İÇİN GEREKLİ İŞLEMLER

2.1. Saha Karakterizasyonu

Maden yatağının aranıp bulunmuş maden haline getirilerek ekonomikliğine karar oluşturulmuş ise zaten temel jeolojik araştırmalar, arama faaliyetleri sırasındaki jeokimyasal tetkikler sahaya ilişkin önemli bilgilere ulaşılmış demektir. Arama sırasında etütler için önceden açılmış galeriler, kazılan arama kuyuları, yarmalar ve çukurlardan alınan örneklerin kimyasal, mineralojik analizleri ve jeoteknik testleri ile daha çok rezervi, cevherin yataklanma biçimini, örtü tabakası kalınlığını vs. belirlemeye yönelik sondaj karotlarının aynı şekildeki analizleri, madencilik açısından, sahanın niteliklerini büyük ölçüde ortaya çıkarır.

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) aşamasında yürütülen kapsamlı ve çok yönlü (jeolojik, biyolojik, hidrolojik coğrafik ve benzeri) incelemeler saha çalışmalarıyla elde edilecek verilerin neredeyse tamamı saha çalışmaları içinde değerlendirilmektedir.

Madencilik faaliyetleri açısından ise, numune alma konusu önemli olduğu nispette karmaşıktır ve güçlükler arz etmektedir. Kimyasal ve mineralojik analiz temel jeolojik çalışmalardan başlayarak; arama, rezerv ve içerik tespiti, hazırlık, üretim, zenginleştirme ve nihayet kapatmaya kadar, madenciliğin her aşamasında en önemli

yönlendirme parametrelerinden birisidir. Saha örneklemelerinde, jeolojik ve mineralojik yapının bileşim ve boyut açısından nadiren tek düzeylik sergilemesi nedeniyle, numune alma sürecinde ciddi şekilde zorluklar içermektedir. Dünyada sistematik numune alma yöntemlerinde birçok kriter geliştirilmiş olup bunlardan biri veya bir kaç seçilerek ekonomik boyutu da göz önünde tutularak numune alma işlemi yapılır. İşletilmekte olan veya kapatılan madenler için asit maden drenajı kestirim çalışmaları numune alma kaynakları bazı farklılıklar gösterir. Çizelge 1'de asit kaya/maden drenajı oluşturabilecek etmenler ayrıntılarıyla verilmiştir.

Asit maden drenajı oluşumu jeolojik ve mineralojik faktörlere doğrudan bağlı olduğundan, numuneler bu faktörler, fasiyes değişimleri ve yüzey bozuşmaları göz önünde bulundurularak temsiliyet sağlanır. Jeolojik bakımdan, özellikle stratigrafik birimlerde sülfür ve nütürleştirici mineral yüzdeleri ciddi farklılıklar gösterir. Açılacak sondaj sayısı ve sondajlar arası mesafeler yanal, sondaj derinliği ve litolojik birimlerde numuneleme aralığı dikey değişimlere göre tayin edilir. Atmosferik etkiler ve diğer doğal olayların etkileri neticesinde yüzeyde veya yüzeye yakın seviyelerde bulunan karbonatlar çözünerek, sülfürler oksitlenerek uzaklaşabilir. Kimyasal bozuşmanın hızı ve gelişebileceği derinlik fiziksel faktörler ve litolojik yapıca etkilenir. Gerçekleştirilecek çalışma temel alınarak şekillendirilen numune alma stratejisi ve planı uygulanıp, örnekleme aşaması tamamlandıktan sonraki adım, ihtiyaç duyulan verilerin üretilmesi için, katı ve sıvı numuneler üzerinde yapılacak olan ölçüm, test ve analizlerdir.

Saha karakterinin ortaya çıkarılması veya kısaca tanımlanması diyebileceğimiz bu etapta, çalışmalar iki farklı gaye için yapılır. Birincisi asit oluşumuyla, ikincisi drenaj niteliğiyle, dolayısıyla da, çevresel etkileriyle ilgilidir. Daha açık olarak asidin meydana gelmesinde kaynak görevini üstlenen ortamlar ile oluşuma katkıda bulunan veya engelleyici etki yapan faktörlerin hangi yönde ve ne şekilde etkinlik göstereceklerinin saptanmaya çalışılması ilk adımı teşkil eder.

zelge 1. Atık kaya yığınlarında ve artık göletlerinde asit maden drenajı etmenlerinin mukayesesi [2].

Asit Oluşumunu Etkileyen Faktörler	Atık Kaya Yığınları	Artık Yığını (Göleti)
Sülfür Kaynağı	-İçerik ve yere göre değişken -Kısa mesafelerde, sülfür içeriği açısından değişken	-Koşullar yeknesak, sıklıkta sülfür içeriği yüksek
Tane Boyutu	-Ortalama kayaç boyutu, tipik olarak 20 cm'den iri, ama değişkenliği yüksek.	-Artık tane boyutu %100'ü 0,2 mm'den küçük olabilir.
Ph Değişkenliği	-Değişkenlik kısa mesafede yüksek.	-Birkaç yatay ana kuşakta, koşullar iyi derecede yeknesak.
Hızlı Oksitlenmenin Başlaması	-Genellikle, ilk kayaç yerleştirilir yerleştirilmez, tetikleyici noktalarda başlar.	-Çoğunlukla, maden ömrünü tamamladığında artık yığılma işlemi bittikten sonra başlar.
Oksijen Girişi	-Tercihli akış hatları boyunca hızlı -Akış hatlarında mevsimsel değişimler, yüksek konsantrasyonlarda depolanan ürün taşması	-Sızma yavaş ve yeknesak -Akış yollarında değişkenlik az ve depolanmış üründe taşma.
Amd Salımı	-Büyük miktarda süzülme sonucunda, yeraltı sularına büyük miktarda sızma. -Oluşumu takiben hızlı salım, bazen nütürleşmiş ve asit AMD birlikte sızar	-Erken dönemde, büyük miktarda üst yüzeyden AMD akıntısı -Daha düşük süzülme -Sızmada, proses sularından nütürleşmiş AMD'ye, düşük pH'lı AMD'ye tedrici geçiş.

2.2. Alınan Saha Numuneleri Üzerinden Gerçekleştirilmesi Gereken Başlıca İşlemler

Alınan katı numuneler üzerinde gerçekleştirilecek mineralojik analizlerle hem birincil, hem de ikincil mineraller tespit edilir. Özellikle sülfürlü mineraller, karbonatlar ve silikatlar asit üretme veya nütürleştirme reaksiyonlarına doğrudan girdiklerinden ayrı bir önem taşırlar. Bu nedenle, yine bu minerallerin tipleri ve kristal yapıları davranışlarının belirlenmesi bakımından bilinmesi gereken parametrelerdir. Katı numunelerde ayrıca fiziksel ve jeoteknik özelliklerin de belirlenmesi gerekmektedir.

Kimyasal analizlerle, başta sülfür ve karbonat miktarları olmak üzere, ortamda tepkimeye girebilecek metalik ve diğer iyonların varlığı tayin edilerek maden sahasının asit üretme potansiyelinin olup olmadığı, tepkime ürünlerinin neler olabileceği, oksitlenme reaksiyonlarının hangi aşamaya kadar devam edebileceği ve drenaj

sularının karakterinin nasıl gelişebileceği öngörülebilir. Öğütme sonucunda çok ince tane boyutuna (şlam boyutuna) geçen malzemeler gibi drenaj kalitesine etki eden başka unsurların da içerik ve miktarlarının belirlenerek göz ardı edilmemelidir [3,4].

Sahadan alınan sıvı örnekler içinde de kimyasal, fizikokimyasal ve bakteriyolojik analizler gerçekleştirilir. Uygulanan kimyasal analizlerde Fe, Al, Cu, Pb, Zn, Mn, As, Hg gibi ağır metal iyonlarıyla sülfür ve sülfat iyonları, asidite ve alkalinite seviyeleri belirlenir. Sıvı örneklerindeki fizikokimyasal testlerle de iletkenlik, debi, Ph, Eh, sıcaklık ve sıvıda çözülmüş oksijen gibi değerler belirlenir. Ayrıca sıvılardaki bakteri popülasyonun tipi ve boyutu belirlenerek bakteri etkisinin saptanmasına çalışılır.

Maden sahasıyla ilgili yukarıda belirtilen aşamalar geçildikten sonra söz konusu maden sahasının asit üretme potansiyeli ve drenaj kaçınılmaz ise

nitelikleri hususunda kestirim yapılabilir.

2.2.1. Kükürt (S) Analizi

Asit kaya/maden drenajı kestiriminde, potansiyel asiditenin tayini kükürt (S) analizine dayalıdır. S ise çeşitli minerallerin bünyesinde sülfid, sülfat ve organik form gibi farklı biçimlerde bulunabilir. Öte yandan, statik kestirim yöntemlerinde hesaplama işlemi bazen toplam S, bazen de sülfidlere bağlı S içeriğinin kullanımını gerektirir. Bundan dolayı, S'ün numune içinde ne miktarda ve hangi biçimlerde yer aldığı hem kimyasal, hem de mineralojik olarak belirlenmelidir. Azami asit potansiyeli hesaplanacaksa, esas olan numunedeki toplam S miktarıdır. Bu sebeple, öncelikle toplam S gözetilir. Toplam S içeriğinin saptandığı çeşitli kimyasal analiz teknikleri bulunmaktadır (ASTM D 3177, ASTM yöntemleri D 4239-00, D 3177-89 ve D 5016, TS EN 1744-1/Bu çalışmadaki S tayininde bu standart kullanılmıştır). Kestirimde, toplam S yerine sülfid S ile asit potansiyelin hesaplandığı testlerde ise, S miktarlarının her birinin ayrı ayrı tespiti gerekmediği belirtilmiştir.

2.2.2. Karbon (C) Analizi

Kestirimin ikinci adımında, jeostatik testlerle nütürleştirme potansiyel değeri bulunur. Nütürleştirme tepkimelerinde başlıca rol oynayan mineraller karbonatlardır. Fakat C'un oluşturduğu mineraller karbonatlardan ibaret değildir. Grafit ve organik karbon halinde de bulunabilir. Toplam C içeriğinin tayin edildiği bir analiz (ASTM E-1915-17 (ASTM 2000a), BS-1377-3/1990 (Bu çalışmada bu standart uygulanmıştır), numunenin yüksek sıcaklıktaki oksijen atmosferinde yakılmasını, tüm C'un CO₂'e dönüştüğü düşüncesiyle, gazlaştırılan kısmın filtre edilmesini ve içindeki CO₂ miktarının saptanmasını kapsamaktadır [3]. Bu saptama, aradaki farkın yardımıyla C türlerinin belirlenmesi mümkündür. Karbonatların bozulum sıcaklıkları arasındaki farktan yararlanarak C ayırt edilebilir. Ayrıca, numune asitte çözündürüldüğünde, tüm karbonatların sıvı faza geçeceği, katı kısımda organik karbonun kalacağı temeline dayalı analiz tekniği uygulanmaktadır. Buna göre, toplam C ile

asitte çözünmeyen karbon arasındaki fark karbonatlara bağlı C olacaktır.

Elde edilen sonuçların sağlıklı olabilmesi için kimyasal analizlerle, mineralojik ve petrografik analizlerin birbirini desteklenmesi son derece önem arz etmektedir.

2.3. Asit Maden Drenajı Potansiyelinin ve Drenaj Niteliğinin Kestirimi

Kestirim asit kaya/maden drenajı potansiyelinin oluşup oluşmayacağını, oluşacaksa büyüklüğünü, sürekliliğini, çevreye metal salımlarını ve uzun dönem etkilerini değerlendirmesini kapsar. Kestirim için kullanılmakta olan yöntemler arasında jeokimyasal statik ve jeokimyasal dinamik (kinetik) testler, jeokimyasal modellemeler, liç (özütleme) testleri, jeostatistiksel modellemeler (3D modelleme), saha ve laboratuvar çalışmalarıyla sağlanan verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması sayılabilir [4]. Ayrıca, benzer özellikler gösteren başka maden alanlarındaki artık malzeme ile ilgili gelişmelerden (gözlem ve izleme) edinilen veriler de çalışmalarda kullanılmaktadır. En sık başvurulan metotlar arasındaki jeokimyasal statik testler, örneklenen sahaların asit üretme potansiyelleriyle üretilebilecek asidi nütürleştirme potansiyelleri arasındaki cebirsel farkın veya oranın sonucunda bulunan değer yorumuna dayalıdır. Büyük ölçüde kimyasal ve mineralojik analizler ile basit testlere dayalı olup; uygulama kolaylıkları, düşük maliyetleri ve kısa sürede netice vermeleri münasebetiyle tercih edilirler. Bunun aksine, jeokimyasal kinetik testlerden sonuç alınması uzun sürmektedir. Fakat doğal koşulların laboratuvar ortamında benzeştirilmesi esas alındığından, statik testlere kıyasla daha güvenilir değerler elde edilmektedir.

Kısa süre içerisinde sonuç almayı hedefleyen matematiksel modeller ise, asit drenaj oluşum mekanizmalarını birtakım varsayımlara dayanarak basite indirgeyerek, süre ve maliyet ile güvenilirlik de azalmaktadır. Kullanımları henüz yaygın olmayıp, gelişme sürecinde olsalar da günümüzde Türkiye'de ÇED raporlarının çoğunda pek de gerçeğe dayanmayan bu tip modelleme paket programlarıyla kestirim oldukça kullanılmaktadır.

2.3.1. Jeokimyasal Statik Testler

Asit maden drenajının oluşum potansiyelinin tespitinde, nispeten basit denebilecek ve aynı ölçüde çabuk sonuç veren statik testler sıkça başvurulan yöntemlerdir. Statik jeokimyasal test, sahayı temsil ettiği kabul edilen numunelerin azami asit üretme ve nötürleştirme potansiyellerini kısmen hesaplama, kısmen de test ederek belirlemeyi, sonuçta da bulunan değerleri kıyaslayarak asit oluşma ihtimalini tayin etmeyi hedefleyen bir öngörü yöntemidir. Esas itibarıyla kestirim çalışmalarının başlangıcında başvurulan; uygulaması daha kolay, kısa süreli, düşük maliyetli ve izleyen kademelere yön veren eleme niteliğindeki testlerdir. Asit üretme potansiyeli numunenin mineralojik yapısında yer alan sülfürlü mineraller dikkate alınarak hesaplama yoluyla bulunurken, nötürleştirme potansiyeli, seçilen yöntemle göre az çok değişkenlik arz eden basit testlerle deneysel olarak tespit edilir. Statik testlerde, her iki yönde bulunan sonuçlar, matematiksel ifadeler kullanılmak suretiyle kıyaslanır ve yorumlanır. Statik testler yalnızca asit üretme ve nötürleştirme kapasitelerini ölçer. Asidi üreten ve asidi nötürleştiren minerallerin mevcudiyeti ile bu mineraller arasındaki çözünme hızlarının farkını dikkate almaz [3]. Statik testlerde, numunelerin azami asit üretme potansiyelleri azami nötürleştirme potansiyelleriyle kıyaslanarak asidik drenaj oluşma olasılığı tahmin edilir. Asit Üretme Potansiyeli (AÜP-azami potansiyel asidite ile aynı anlamdadır) numunedeki sülfür veya sülfürlü bileşik yüzdesinin (seçilen teste bağlıdır) bir çevrim katsayısı ($31,25\%S$) ile çarpılmasıyla bulunur. Nötürleştirme Potansiyeli (NP-asit nötürleştirme kapasitesi) numunede mevcut bulunan ve asidi nötürleştirme yeteneğine sahip olan karbonatlı minerallerin ölçüsüdür. NP değeri numuneye asit ilave edip, tüketilen asidi belirlemek için geriye titre edilerek veya numunenin doğrudan asit titrasyonu ile tayin edilir. Net Nötürleştirme Potansiyeli (NNP-net asit üretme potansiyeli ile aynı) ya da Asit/Baz Hesabı AÜP değerinin NP değerinden çıkarılmasıyla bulunur. Statik test sonuçları, üretilen asidin nötürleştirilmesi için kayacın her 1000 tonu başına gereken kalsiyum karbonat

kütlesi (kg, ton vs.) olarak ifade edilir [3].

Statik testler ya toplam sülfür veya sülfürlü mineral içeriğini dikkate alarak asit üretme potansiyelini öngörür. Toplam sülfür içeriği ile hesap yapıldığında, barit ve jips gibi asit üretmeyen mineraller de hesaba katıldığından gerçek değer üzerinde bir potansiyel değeri bulunur. Öte yandan, sülfürlü mineraller dikkate alınarak hesap yapıldığında ise melanterit, jarosit gibi asit üreten mineraller hesaba katılmadığından, bulunan değer gerçek potansiyelin altındadır. Buradan çıkarılacak sonuç odur ki, aynı numune için farklı statik test metodlarıyla birbirini tutmayan nötürleştirme potansiyeli değerleri bulunabilir. Burada, maden artıklarının tane boyutu, kullanılan asit, ilave edilen asit miktarı (ortamın pH değeri), sıcaklık, süre ve geriye titrasyon işlemi yapılıyorsa geriye titrasyonun nihai pH değeri gibi değişkenler buna sebep olabilir. En etkin olanları tane boyutu, asit ilavesi ve geriye titrasyon uygulamasıdır. Ortaya çıkabilecek farklılığın ne ölçüde büyük olabileceği numunenin mineralojisine bağlıdır

2.3.1.1. Asit Baz Hesaplama Yöntemleri

Statik testlerin ilk uygulaması olan Asit-Baz Hesaplama yöntemini ortaya çıkaran fikrin temeli ve geliştirilme süreci ise oldukça ilginçtir. Skousen, Smith ve Sencindiver[in 4] tarafından ayrıntısı verilen tarihten itibaren, 1930'larda tartışılmaya başlanan yer kabuğunun bileşimini tahmin çalışmalarının kaynaklık ettiği ifade edilmektedir. Genel olarak yer kabuğu bileşiminde, anyonik veya asit üreten elementlerin (S, Cl, F ve P) yüzdesine oranla, reaktif haldeki katyonik elementlerin (Ca, Mg, K ve Na) daha yüksek yüzdeyle yer aldığı belirtilmektedir. Demir, alüminyum, silis ve oksijen gibi çok miktarda görülen diğer elementlerin çözünürlüklerinin zayıf veya reaktivitelerinin düşük olduğuna dolayısıyla, asidite ya da alkalinite üzerinde çok sınırlı etki yaptıklarına işaret edilmektedir. Bu bilgilerden yola çıkılarak, bir kayacın baskın olan elementlerin o kayacın gelecekte asit üretip üretmeyeceğini belirleyeceği ileri sürülmektedir.

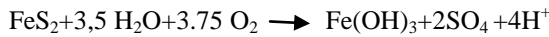
Bir numunenin asit potansiyelinin tayininde kullanılan üç temel uygulamadan bahsedilebilir.

Bunlar;

- Azami potansiyel asiditenin hesaplanmasında, toplam S'nin saptanması ve piritin oksitlenmesi için geçerli stokiyometrik eşitliğin kullanılması, Demir oksitlerin uzaklaştırılmasının ardından, piritle bağlantılı demirin tespit edilmesi ve yine, piritin oksitlenmesi için geçerli stokiyometrik eşitlik kullanılarak potansiyel asiditenin hesaplanması,

- Numunenin kuvvetli bir kimyasal oksitleyiciyle (hidrojen peroksit gibi) muamele edilmesi veya şiddetli bozuşturma sonrasında asit titrasyonu uygulanmasıdır.

Standart ABH metodunda ilk adım AÜP değerinin hesaplanmasıdır. Burada herhangi bir deneysel işlem söz konusu değildir. Numunedeki kükürt miktarı analizle tespit edilir. AÜP hesaplanırken; katı fazdaki kükürdün yalnızca disülfid (S^{2-}) halinde bulunduğu, kükürdün kaynağının pirit olduğu ve mevcut kükürdün tamamının reaksiyona gireceği, bir başka deyişle, oksitlenerek sülfata dönüşeceği kabul edilmektedir. Öte yandan;



reaksiyonu gereğince her 1 mol kükürdün 4 mol proton iyonu (2 mol asit) meydana getireceği varsayılmaktadır. Bunların dışındaki hipotezler, oksitleyicilerin sadece oksijen ve sudan ibaret olduğu, piritten gelen demirin Fe^{+3} 'e yükseltildiği, tüm demirin de $Fe(OH)_3$ olarak presipitasyona uğradığıdır [1].

Kükürdün 1 molü 32 gr, $CaCO_3$ 'ün 1 molü 100 gr'dır. Buna göre, kükürdün $CaCO_3$ 'a ağırlıkça oranı 1/3,125'e eşittir. Numunenin ağırlıkça içerdiği kükürt yüzdesi 3,125 değeri ile çarpıldığında, üretilen asidi nötürleştirmek için gereken $CaCO_3$ 'ün yüzde ağırlığı bulunur. Katsayı 10'la çarpılmak suretiyle (3,125*10=31,25), yüzde değeri bindeye dönüştürülür. Dolayısıyla, numunenin analizi sonucunda bulunan S değerinin 31,25 katsayısıyla çarpılması, sahadaki asit üretecek malzemenin her tonunu nötürleştirmek için gereken $CaCO_3$ eşdeğeri ton biriminde AÜP değerini verir,

$$AÜP = 31,25 * \%S$$

Bu eşitlik genelde kabul görmekte olup, bir anlamda standartlaşmıştır. Ancak, önerilen eşitliğin her durumda geçerliliğini koruduğu söylenemez. Oksijen bulunmayan ortamlarda piriti oksitleyen Fe_3^+ iyonuysa ve bu iyon piritten türemişse, çevrim katsayısı 15,625, üç değerlikli demir minerallerinden türemiş se 125 bulunur. Oksitleyici sadece mangan iyonu olup, serbest kalan demirin oksitlenmediği ve presipitasyona uğramadığı durumlarda, katsayı yine 125 çıkar. Oksitlenen galense ve açığa çıkan kurşun iyonu hidroksit halinde presipite olursa, bu değer 31,25'dir [1]. Aslında farklı ortam koşulları altında, değişik katsayılar hesaplanması son derece doğaldır. Çünkü tepkimeler ortamdaki kimyasal yapının karmaşıklığına paralel olarak karmaşıklaşır. Ancak, kimi belirsizlikler ve bazı sınırlayıcı kabullere karşın, sağladığı basitlik ve genelde doğru bir yaklaşım sergilemesi nedeniyle 31,25 değerinin yaygın biçimde kullanıldığı görülmektedir. Eklemek gerekir ki, asit oluşumu söz konusu olacaksa, oksitleyici eleman olarak oksijen ve su esas alınmak durumundadır. Diğer olasılıklar yalnızca çok özel şartlar için geçerli olabilir. Fe^{+3} ve Mn'in tepkimelerin başlangıcında yer almamalarının ötesinde, mangan örneğinde olduğu gibi, süreç içindeki rollerinin bağımsız olduğu da söylenemez.

Paktunç [5] tarafından önerilen hesaplama biçiminde ise, toplam sülfür analizinden sülfürlere bağlı sülfürler çıkarılarak asit potansiyel bulunur. Bu eşitlikle elde edilen asit potansiyelinin birimi sülfürik asit eşdeğeridir.

$$YAP = \sum_{S=1}^k \frac{n_{M,a} * \omega_a * X_s * 10}{\omega_s}$$

Burada; YAP yığın asit potansiyeli (sülfürik asit eşdeğeri (kg/ton)), $n_{M,a}$ stokiyometrik faktör (1 mol sülfürlü mineralin oksidasyonu ile oluşan sülfürik asit in mol sayısı, pirit için 2 ve piritin için 1 alınır), ω_a sülfürik asitin moleküler ağırlığı (gr/mol), X_s sülfür minerali S'nin moleküler ağırlığı (gr/mol), ω_s sülfürlü mineral S'nin numunedeki ağırlıkça yüzdesi, k numunedeki

sülfürlü minerallerin sayısı ve 10 ise çevrim faktörüdür (kg/ton).

NNP veya NAÜP belirlenirken, ikinci adım NP'nin saptanmasıdır.

NP değeri bulunurken de bazı kabuller yapılmakta, her 1 mol CaCO₃'ün 2 mol asit tüketeceği Fe⁺³ + 3H₂O → Fe(OH)₃ + 3H⁺ reaksiyonundan hesap edilmektedir. Ayrıca, bir başka kabul, laboratuvardaki asitle muamele esnasında numunede bulunan ve asit tüketen minerallerin doğada da tümüyle tepkimeye gireceği üzerine kuruludur. Yine, eklemek gerekirse; asit tüketen minerallerin, çözündüğünde asit üreten minerallerle aynı hızda tepkimeye girecekleri varsayılmaktadır.

NP saptanırken ilk adım, numunenin tepkimeye sokulacağı asidin miktar ve şiddetini belirlemektir. Bilindiği üzere, saha jeolojisi çalışmalarında, kayalardaki karbonat varlığının anında gözlemlenmesi gayesiyle HCl kullanımı yaygındır. Numune üzerine birkaç damla seyreltik HCl (%10'luk) damlatıldığında, eğer kayaç karbonat içeriyorsa, karbonatın parçalanması sonucu CO₂ açığa çıkması nedeniyle bir kaynama izlenir. Buna dayanarak, numunenin NP'ni tayin için, "fişirdama" (fizz) testi geliştirilmiştir. Bu test yardımıyla, kullanılan asidin miktarı, bir başka deyişle, numunedeki kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat içeriği belirlenir [4].

Testin yapılışında; 1 birim suya 3 birim asit olmak üzere, suyla karıştırılarak hazırlanan HCl çözeltisi 0,5 gr numune üzerine damlatılıp, kimyasal tepkime esnasında meydana gelen "fişirdama" izlenir. Fişirdama olayının şiddetine göre, tane boyutu -60 mesh (250 µm) olacak şekilde öğütülmüş 2 gr numune ile muamele edilecek HCl çözeltisinin hacim ve konsantrasyonu tayin edilir (Çizelge 2). İlave edilecek asidin hacim ve konsantrasyonu belirlendikten sonra, numune asit ile karıştırılır. Karışım, baloncuklaşma duruncaya kadar ısıtılır ve soğumaya bırakılır. Tepkime süresince tüketilen asit miktarını belirleyebilmek için, soğuyan karışım NaOH kullanılarak pH 7' ye titre edilir. Numune tarafından nütürleştirilen

asidin miktarından, numunenin NP değeri hesaplanır.

NP birimi olarak genellikle ton CaCO₃/1 000 ton verilmeyle birlikte, kg CaCO₃ eşdeğeri/t numune, ppt (binde kısım) CaCO₃ eşdeğeri de kimi araştırmacılarca tercih edilebilmektedir. Ayrıca, nadiren % CaCO₃ ve kg H₂SO₄ da kullanılabilir.

Nütürleştirme potansiyelinin de hesap yoluyla bulunmasının önerildiği [5] bir yaklaşımda, nütürleştirme yeteneği olan minerallerin tümü dikkate alınır. Burada da, nütürleştirme potansiyeli birimi CaCO₃ eşdeğeri yerine, sülfürik asit eşdeğeri alınır.

$$YNP = \sum_{i=1}^k \frac{\omega_a * X_i * 10}{n_{M,i} * \omega_i}$$

Burada; YNP yığın nütürleştirme potansiyeli (sülfürik asit eşdeğeri (kg/ton)), X_i mineralinin miktarı (% ağırlık), ω_i nütürleştirici mineralinin moleküler ağırlığı (gr/mol), n_{M,i} stokiyometrik faktör (1 mol sülfürik asit tüketmek için gereken nütürleştirici mineralin mol sayısı) ve k numunedeki nütürleştirici mineral sayısıdır. AÜP ve NP bulunduktan sonra, NNP bir matematiksel işlemle belirlenir.

NNP hesaplanırken, analiz neticesindeki S değeri yardımıyla hesaplanan AÜP'nin ve test edilerek ölçülen NP'nin birimlerinin aynı olması gerektiği gözden kaçırılmaması gereken bir ayrıntıdır.

NNP=NP-AÜP veya NNP=NP/AÜP eşitliklerinden biri kullanılarak NNP hesaplanır. Bundan sonrası, çıkan sonucun yorumlanmasından ibarettir.

Net asit üretme potansiyelinin (NAÜP) doğrudan saptanmasının hedeflendiği bir test yöntemidir. Numunenin hidrojen peroksit (H₂O₂) ile tamamen oksitlenmesini müteakiben, oluşan asidin malzeme içindeki nütürleştiricilerle tepkimeye girmesi temin edilir. Böylelikle, tepkimeler tamamlandığında ortamda varlığı söz konusu olan asit, titrasyon yoluyla tayin edilir.

Çizelge 2. Fııırdama testi için fııırdama gözlemiyle asit miktar ve Őiddetinin belirlenmesi [6]

Fııırdama Hızı	Gözlem	Asit Miktarı	Asit Şiddeti
0-Yok	Tepkime yok	20 ml	0,1 M
1-Hafif	Çok az tepkime, saniyede birkaçtan çok sayıda küçük baloncucuğı kadar	40 ml	0,1 M
2-Orta Őiddette	Küçük sıçramayla beraber aktif baloncuklaşma	40 ml	0,5M
3-Kuvvetli	Esaslı sıçramalar içeren son derece aktif baloncuklaşma	80 ml	0,5 M

Tepkimelerin hızla gerçekteşmesini sağlamak için asit yerine, çok güçlü bir oksitleyici olan hidrojen peroksit kullanılır. Numunelere (atık kayalardan alınanlar hariç) tane boyutu küçültme uygulaması yapılmaz. İşlem sürecinde, %15'lik 100 ml (bazı kaynaklarda 250 ml) H₂O₂ 5 gr (bazı kaynaklarda 1-2,5 gr) numune ile tepkimeye sokulur. Çözelti pH'ı 2,5'den büyükse 0,1 M NaOH, 2,5 veya daha küçükse 0,5 M NaOH tercih edilir.

Tepkime esnasında asit oluşur ve oluşan asit tampon etkisi yapan veya nötürleştirme potansiyeline sahip olan minerallerle yeniden tepkimeye girer.

Tepkimeler gözle izlenemeyecek seviyeye geldikten sonra 1 saat daha beklenip, ortam pH'ı ölçülür. Son olarak da, nihai pH 7 olacak biçimde titrasyon yapılır.

Buradan da net asit üretme ya da nötürleştirme potansiyeli tayin edilir. Bunun için;

$$NAÜP = (49 \cdot V \cdot M) / A$$

Eşitlikte;

NAÜP: net asit üretme potansiyeli, (kg H₂SO₄/t),

V: titrasyonda kullanılan NaOH'in hacmi, (ml),

M: NaOH'in molaritesi, (mol/L),

A: tepkimeye sokulan numunenin ağırlığı, (g)'dir.

2.3.1.2. Sonuçların Değerlendirilip Yorumlanması

Önceki başlıklarda da belirtildiği gibi asit üretme potansiyeli ile asit nötürleştirme potansiyeli değerlerinin bulunmasından sonra, iki değer arasında bir matematiksel işlemle NNP (net

nötürleştirme potansiyeli) veya NAÜP (net asit üretme potansiyeli) kalsiyum karbonat eşdeğeri cinsinden (sahadaki malzemenin tonu başına kg CaCO₃ veya kg/t CaCO₃ olarak) hesaplanmış olur. Bunlardan, genel kabul gören ABH sınıflamasında, asit üretme potansiyeli yüksek, belirsiz ve düşük olarak üç kategoriye ayrılmıştır. Bu sınıflamada NNP ve NP/ AÜP eşitlikleri temel alınmıştır. Basit bir ayrımı olmakla birlikte, çizelge incelenirken gözden kaçırılmamalıdır ki, NP> AÜP ise NP/ AÜP > 1 NP<AÜP ise NP/ AÜP<1'dir. Ayrıca, NNP değerı için "asit değer" kategorisinde herhangi bir tanımlama yapılmamıştır. Oransal eşitlikte, daha kesin bir değerlendirmenin yapıldığı görülmektedir.

Net Asit Üretme testinde olduğu üzere, elde edilen sonucun birimi CaCO₃'a bağlı değer de, H₂SO₄ miktarı cinsinden verildiğinde, yorumlama için kullanımı daha uygun olabilecek bir değerlendirme ölçütü Çizelge 3'de görülmektedir.

2.3.1.3. Jeokimyasal Statik Testlerde Hata Kaynakları

Gerçekte numunelerin asit ve nötürleştirme potansiyellerinin belirlenmesinde esas hata kaynağı, arazi çalışmalarıyla derlenen numunelerin incelenen maden sahasını temsil etmesi veya etmemesi ile ilgilidir. Çünkü o aşamada yapılacak bir hata, sonraki işlemlerde ne derece hassas hareket edilirse edilsin, yöntem seçimi ve uygulama ne kadar başarıyla uygulanırsa uygulansın telafi edilemez. Bu bakımdan, statik testlere ilişkin hata kaynakları irdelenirken, öncesinde gerçekteştirilen adımların doğru olduğu

Çizelge 3. Net asit üretme testi için yorumlama kılavuzu [6]

Numune Sınıfı	Nihai pH	NAÜ Değeri/KgH ₂ SO ₄ /t	NNP (Kg H ₂ SO ₄ /t)
Asit Üretme Potansiyeli			
Yüksek Kapasite	<4	>10	Pozitif
Düşük Kapasite	>4	≤10	-
Belirsiz	≥4	0	Pozitif
Asit Üretmeyen	≥4	0	Negatif

Bu yorumlamaya göre;

- Karbonatlı malzeme veya NP eksikliği asit drenaj oluşma olasılığını arttırır,
 - Karbonat fazlalığı asit drenaj oluşma potansiyelini azaltır,
- Drenaj kalitesinin değişken olduğu durumlarda, ABH için değer aralığı söz konusudur, denilebilir.

varsayılmaktadır. Bununla birlikte statik testler ele alındığında; analiz, hesaplama ve bir takım kabullere dayandığı, bu meyanda, çeşitli yönleriyle eksiklikler içerebileceği doğal karşılanmalıdır. Eleme niteliği taşıması hasebiyle, nadiren kesin sonuç verdiği ve zaten çoğunlukla daha ileri çalışmalarla desteklendiği unutulmamalıdır. Çünkü bu testler esas itibariyle, karar vericiyi yönlendirici bir işlev yerine getirmektedir.

Numunenin asit üretme potansiyeli tayin edilirken, araştırmacıların genel anlamda üzerinde hemfikir oldukları kabuller çerçevesindeki hatalar bir kenara bırakılacak olursa, konu S ile sınırlanmış olur.

S değeri: Asit üretme potansiyelinin bulunmasında ister toplam S, isterse sülfürlü minerallere bağlı S dikkate alınsın, her iki halde de sülfürlerin tamamen çözüneceği kabul edilmektedir. Doğal ortamda % 100 çözünmenin son derece güç, hatta imkânsız olduğu ortadadır. Dolayısıyla, statik testlerde verilen değer potansiyelden ibarettir. Burada, asit üretme potansiyeli açısından asıl önemli nokta, hesaplamalarda temel alınan S'lü minerallerdir. Mineraller S'ü ya sülfidler (CuS, ZnS, PbS, FeS₂, MoS₂, Sb₂S₃, As₂S₃, CU₃AsS₄ vs.) veya sülfatlar (KAl₃(SO₄)₂(OH)₆, BaSO₄, PbSO₄, CaSO₄. 2H₂O₂, SrSO₄, CaSO₄ vs.) halinde bünyelerinde bulundurlar. Kömür yataklarında yağın ve karbonatlı kayaçlarda daha az olarak

organik S bulunması olağandır. Bilindiği gibi toplam kükürt aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$\text{Toplam \% S} = \% \text{ Sülfidik S} + \% \text{ Sülfat S} + \% \text{ Organik S}$$

Sülfürler sadece çözünürlükleri yönüyle değil, çözündüklerinde asit üretilip üretilmemesi bakımından da değişkenlik gösterirler. Barit, epsomit, anhidrit ve jips asit üretmeyen sülfat mineralleri iken; brokantit, alünit, jarosit ve melanerit çözündüklerinde ortamın asiditesini arttırabilen sülfatlardır. Çözünürlüğü yok denecek seviyedeki minerallerde, barit gibi, yer alan S'de tamamen çözümler arasında dahil edildiğinde, hesaplanan asit üretme potansiyeli gerçek değerinin üzerinde çıkmaktadır. Bu durum, normalinde, asit üretmez olarak yorumlanması gereken bir numune için asit üretir sonucunu doğurabilir.

Organik S, genelde, kimyasal açıdan tepkimeye girmeye meyilli değildir. O nedenle, asit oluşumunda etkisi yoktur veya yok denebilecek ölçüde küçüktür.

2.3.1.3.2. Nötürleştirme Potansiyelinin Belirlenmesinde Hata Kaynakları

Numunelerin asit nötürleştirme potansiyelleri tayin edildiğinde, farklı değerlere ulaşılabilirdiği

bilinmektedir. Oysa asit üreten ve oluşan asidi tüketen veya tampon etkisi gösteren minerallerin varlığında, gerçek birer asit üretme ve nötürleştirme potansiyelleri olması gerekir. Efektif nötürleştirme potansiyeli (ENP) nasıl hesaplanacak?

$$\text{ENP} = \text{SNP} + \text{YTNP} - \text{FNP}$$

Burada; SNP : saptanan nötürleştirme potansiyeli

YTNP : yavaş tepkiyenlerin nötürleştirme potansiyeli

FNP : faydasız (kullanılamaz) nötürleştirme potansiyeli

Karbonat Nötürleştirme Potansiyeli (KNP), kimyasal analizle toplam C miktarının belirlenmesinden sonra, hesaplama yoluyla bulunur. Yapılan kabul ise, tüm C'unun karbonatlardan kaynaklandığıdır.

$$\text{KNP} = \% \text{C} * 83,3 \text{ (t CaCO}_3 \text{ / 1000 t)} \text{ veya}$$
$$\text{KNP} = \% \text{CO}_2 * 22,7 \text{ (t CaCO}_3 \text{ / 1000 t)}$$

Fışkırdama testi: Bu testin, yargıyı yalnızca götürebilecek özelliklerinden biri, asit ile muamelenin ardından meydana gelen tepkimelerin değerlendirilmesinin tamamen gözleme dayalı olmasıdır.

Test neticesinde numunenin muamele edileceği asit miktarı 20 ml ile 80 ml ve asidin şiddeti 0,1 N ile 0,5 N arasında olabilir. Bu, 20 kat değişim demektir. Tabii ki, testin gözlemlenmesi sırasında, böylesi bir hata yapılması beklenemez. Ancak, yine de, bunun önemli bir incelik olduğu hatırla tutulmalıdır. Çünkü numune çözündürülürken ortam pH'nın 0,5 – 7,0 arasında bir yerde olması mümkündür. Uygulamada, deneyi yapan kişinin sahip olduğu tecrübe ve testin sonraki aşamaları olası hatayı büyük ölçüde engellemektedir. Örneğin, pH 7'ye titrasyon yapılması esnasında, 3 ml'den daha az NaOH ile sözü edilen pH'a ulaşılmışsa, numune yetersiz HCl ile çözündürülmüş demektir. Hatanın en aza indirilmesi amacıyla, hidrojen peroksit kullanımının salık verildiği alternatif bir işlem süreci önerilmiştir. Buna göre, numuneye asit ilave edildikten sonra, 5 dk süreyle kaynatılması, oluşan

süspansiyonun filtre edilmesi, 5 ml % 30'luk H₂O₂ ile tepkimeye sokulması ve nihayet 5 dk daha kaynatılması halinde NP değerinde kayda değer azalma olacağı ileri sürülmektedir [7].

Asit miktarı: Çözücü ortamdaki asit miktarının artırılması, asiditenin yükselmesine ve pH seviyesinin düşmesine sebep olur. Bu durumda, çözücü içindeki minerallerin çözünme hızları artar. Sıcaklık: Kimyasal tepkimelerin hızları tepkimeye giren maddelerin cinsi, temas yüzey alanı, konsantrasyonu, katalizör varlığı ve sıcaklık etmenlerine bağlı olarak değişebilir. Bu etmenlerden, sıcaklık bağlamında, genelde, tepkime hızlarının artan sıcaklıkla artması beklenir. Bunun sebebi, sıcaklığın yükselmesiyle, taneciklerin kinetik enerjilerinin artması dolayısıyla, çarpışma sayısının sıklaşmasıdır. Tepkime hız sabiti ile sıcaklık arasındaki ilişki Arrhenius denklemi ile ifade edilmektedir.

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

Burada;

k : hız sabiti,

A : eksponensial öncesi (frekans) faktörü,

E : etkinleştirme enerjisi (J/mol),

R : gaz sabiti (J mol⁻¹ K⁻¹),

T : sıcaklık (°K),

Süre: Kimyasal tepkimelerin başlangıcında hız yüksek iken, sonrasında giderek yavaşlar. Fakat, sürecin gelişimi tepkimeye giren malzemenin davranışlarından bağımsız değildir.

2.3.2. Jeokimyasal Kinetik (Dinamik) Testler

Jeokimyasal statik testlerin peşinden, gerekli görüldüğünde başvuru jeokimyasal kinetik testler, temelde doğada gerçekleşen süreçlerin, olabildiği ölçüde, benzeştirme yoluyla laboratuvar koşullarına taşınmasıdır. Ancak, in-situ niteliğinde, bizzat sahada gerçekleştirilen kinetik testler de mevcuttur.

2.3.3. Kinetik Test Metotları

Kinetik testler arasında, Nem Hüresi Testi, Kolon Testi, Soksolet Ekstraksiyon Testi, British Columbia Araştırma Doğrulama Testi, Çalkalama

(Shake Flask - Aka Batch Reactor) Testi, Saha Testleri gibi birçok testin uygulandığı bilinmektedir. Ancak bu çalışmada Karıncadağ kompleks cevherleşme zonlarında bunlardan hiçbiri uygulanmamıştır.

3. KARINCADAĞ KOMPLEKS CEVHER SAHASINDA İŞLETME VE SONRASINDA ASİT KAYA/MADEN DRENAJ OLUŞMA DURUMU VE ALINACAK ÖNLEMLER

Gerek işletme projesindeki resmi bilgiler, gerek bu saha hakkında önceki yayınlanmış doktora tezleri ve makaleler ve tarafımızdan gerçekleşen saha çalışması, örnekler üzerinde mineralojik, kimyasal ve cevher mikroskobisine dayanan sonuçlar ışığında bu maden sahasının asit kaya/maden drenajı oluşturup oluşturmayacağı ve işletme sırasında ve sonrasında hangi yöntemlerle hangi tedbirlerin alınması gerektiği bu başlık altında incelenecektir. Migem'e sunulan projedeki bilgilerden 72090 sicil nolu ve Erş.2568076 numaralı kompleks cevher (bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş) madeninde ilk etapta açık işletme yöntemiyle 700 m uzunluğunda, 2 m ortalama kalınlığı ve 30 m ortalama derinliğe kadar olduğu jeolojik etüd, numune alımı ve analiz çalışmaları yapılarak belirlenmiş ve bu hacimdeki cevher yoğunluğu 3,5 ton/ m³ olarak alındığında Rezerv; $700 \times 2 \times 30 \times 3,5 = 147.000$ ton olarak bulunmuştur. Bu rakam bir maden yatağı için çok düşük bir rezerv olup, arama ve rezerv genişletmek için yapılacağı belirtilen sondaj, arama galerisi ve jeofizik yöntemlerle desteklenerek artırılacaktır.

Ruhsat sahibi tarafından numune alma işlemleri yapılırken tespit edilen cevherleşmenin yaklaşık $3000 \times 1000 = 3.000.000$ m²'lik alanda izlendiği belirtilmiştir. Bu alandan alınan cevher örnekleri içinde bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş varlığı belirlenmiş ve bu sebeple de cevhere kompleks cevher adı verilmiştir. Yaptırılan kimyasal analizlerden % 0,4-2,2 Cu, % 0,4-1 Pb, % 0,4-30 Zn, 0,5-1,09 gr/ton Au ve 5-194 gr/ ton Ag ve % 20-51 Fe arasında değerler elde edilmiştir.

Migem'e verilen işletme projesinde görünür rezerv; $700 \times 2 \times 30 \times 3,5 = 147.000$ ton olarak belirlenmiş, ancak üretim aşamasında % 10 zayıt olduğu kabul edildiğinde kullanılabilir rezerv; $147.000 \times 0,9 = 132.300$ ton olarak bulunmuştur. Sahada görünür rezerv alanı dışında da kompleks cevherleşmesi izlendiği ve muhtemel rezerv olarak 70.000 ton civarında cevher rezervi olabileceği tahmin edilmiştir.

Ayrıca görünür ve muhtemel rezerv alanı altındaki bölüm mümkün rezerv alanı olarak kabul edilmektedir. Bu alanlardaki çalışmalar sürdürülerek bu muhtemel ve mümkün kompleks cevherleşmenin görünür hale getirilmesine çalışılacağı belirtilmiştir. Öte yandan sahada demir cevherleşmesi de belirlenmiş olup, potansiyeli ve kullanım durumunun belirlenmesi amacıyla çalışmaların sürdürüleceği vurgulanmıştır. Bu çalışmalardan olumlu sonuç alınması durumunda saha demir içinde projelendirilecektir denildiği için burada asit kaya/maden drenajı için yalnızca kompleks cevher (bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş) için hesaplamalar ve kestirimler yapılacaktır.

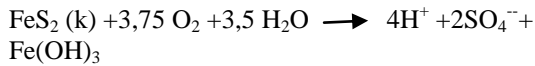
3.1. Sahanın Asit Üretme Potansiyeli

İşletme sahasında hem birincil sülfür mineralleri ve hem de ikincil karbonat ve oksitli cevher mineralleri bulunmaktadır. Sülfür mineralleri arasında pirit en yaygın mineral olarak belirlenmiş olup asit üretimde en başta gelen mineraldir. Bu mineralin yanı sıra çok az kalkopirit, sfalerit ve galenit gibi mineraller de birincil parajenezde yarar alır. Sahanın henüz işletmeye açılmamış olması ve ancak sayılı örneklerde mineralojik, kimyasal ve jeokimyasal incelemeler sonucunda bu maden yatağının hem gömülü bulunan bir sokulum kayacı veya Horoz granodiyoritinden kaynaklanan hidrotermal çözeltiler içindeki metal sülfürlerinin Bolcardağ mermer, mermer-kalkışist ve mikaşist gibi metamorfizma geçirmiş kayaların süreksizlik zonları içinde yataklandıktan sonra yer yer karstik evrimin de etkili olduğu oksitlenmeyle ikincil cevher minerallerinden simitsonit, limonit, götit, serüzit, anglezit ve hidroznit gibi oksit, karbonat ve sülfat minerallerine dönüştüğü 1. Bölüm olarak bir başka makalede ele alınmıştır. Yankayaç içinde

karbonatlı minerallerin çokluğu sebebiyle oldukça az oranlarda seyreden piritin oksitlenerek oluşturacağı asiditeyi nötrleştirmede fazlasıyla yeterli olacağı açıktır. Kayanın azami üretebileceği asit numunenin analizi ile bulunan toplam kükürt değeri kullanılarak hesaplanmaktadır. Numunelerin asit potansiyelin tayininde başlıca 3 yöntem oldukça yaygındır. Bunlar;

- Toplam kükürtün saptanması ve piritin oksitlenmesi için belirlenen stokiyometrik eşitliğin kullanılması,
- Numunenin hidrojen peroksit gibi güçlü bir oksitleyici ile reaksiyona tutuşturulması veya şiddetli bozuşturma sonunda asit titrasyonu uygulanması,
- Ortamdan demiroksitlerin uzaklaştırılmasının ardından, piritten gelen demirin saptanması ve yine piritin oksitlenmesi için geçerli stokiyometrik eşitlik kullanılarak oluşabilecek asidin hesaplanması yöntemleridir.

Karıncadağ kompleks cevherleşmesinde standart asit baz hesaplama yöntemiyle hesaplama yapılacaktır. Bu teste her hangi bir deneysel işlem yapılmadan numunelerdeki kükürt miktarı analizle belirlenmekte ve AÜP (asit üretme potansiyeli) katı fazdaki kükürtün (S^{2-}) yalnızca -2 değerinde bulunan kükürt olup piritten kaynaklandığı kabullenir. Mevcut kükürtün tamamının reaksiyona girerek sülfata (SO_4) dönüşeceği varsayılmaktadır. Reaksiyon sonunda 1 molekül kükürtün 4 molekül proton (H^+) iyonu yani 2 molekül asit oluşturacağı öngörülmektedir. Ayrıca oksitleyicilerin yalnızca oksijen ile sudan ibaret olduğu ve piritten gelen demirin Fe^{3+} yükseltileceği ve tamamının da $Fe(OH)_3$ olarak çökeleceği kabul edilmektedir [1].



Kükürtün 1 molü 32 gr, $CaCO_3$ 'ün 1 molü 100 gr'dır. Bu değerlere göre kükürdün $CaCO_3$ 'a ağırlıkça oranı $32/10=1/3,125$ 'dir. Örnek numunede bulunan ağırlıkça toplam kükürt değerinin bu 3,125 değeri ile çarpıldığında ortamda üretilen asidi nötrleştirmek için gereken $CaCO_3$ yüzde miktarı teorik olarak bulunur. Bulunan değer 10 katsayısıyla çarpılması bindeye

çevirmek için olup numunedeki bulunan toplam kükürtün 31,25 katsayısıyla çarpılması maden sahasındaki üretilecek her ton malzemenin nötrleştirilmesi için gereken $CaCO_3$ eşdeğerini ton olarak AÜP (asit üretme potansiyeli)'ni vermektedir. Tarafımızdan alınan 10 adet cevher ve kayaç numunesi içindeki hesaplanan toplam kükürt ve S_2 değerleri Çizelge 4'de, hesaplanan AÜP Çizelge 4 ve 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. Alınan örneklerdeki toplam kükürt miktarı

ÖRNEK NO	% Toplam S
K1	Max 0,0014
K2	0,39
K3	0,085
K4	Max 0,0014
K5	0,093
K6	0,082
K7	0,075
K8	0,018
K9	0,055
K10	0,077

Çizelge 5. Karıncadağ cevher ve yankayaç numunelerinin toplam kükürtte göre AÜP

ÖRNEK NO	% Toplam S	Üretilecek malzemenin her tonunu nötrleştirebilmek için gerekli $CaCO_3$ eşdeğeri ton biriminde AÜP
K1	Max 0,0014	0,04375
K2	0,39	12,1875
K3	0,085	2,65625
K4	Max 0,0014	0,04375
K5	0,093	2,90625
K6	0,082	2,5625
K7	0,075	2,34375
K8	0,018	0,5625
K9	0,055	1,71875
K10	0,077	2,40625

$AÜP=31,25 * \% S$ eşitliği uygulamalarda oldukça kabul gören ve artık standartlaşmış bir hesaplama

yöntemidir. Hesaplamalar daha önce 2. bölümde belirtildiği gibi hesaplandığında Çizelge 6'da görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Karıncadağ kompleks cevherleşmesinde henüz açık işletme başlatılmadığından yığın uygulaması şu anda imkansızdır. Bu formülü alınan numuneler üzerinde Paktunç [5] yöntemini uygularsak; tarafımızdan alınan numunelerin sahayı temsil ettiğini varsayıp bulunan kükürt içeriklerinin de tamamının sülfürlü minerallerden kaynaklandığı savıyla her bir örneğin bir alanı karakterize ettiği öngörüldüğünde sülfürik asit eşdeğeri olarak bulunan AÜP Çizelge 7'de verilmiştir.

Aynı örneklerin kimyasal analizleri ve mineralojik tayinleriyle nütürleşmede çok etkili olan CaCO_3 ve $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ içerikleri esas alınarak ve Çizelge 8'de görülen kızdırma kayıplarının esas olarak karbonat minerallerinden kaynaklandığı varsayılmıştır. Paktunç [5] yönteminde belirtilen benzer kabullerle hesaplanan nütürleştirme potansiyelleri de Çizelge 9'de verilmiştir.

Çizelge 7 ve 9'dan ilk çıkarılacak sonuç alınan temsili numunelerin asit üretme potansiyellerinin oldukça düşük, buna karşılık oldukça yüksek oranlarda karbonat içermeleri sebebiyle nütürleştirme potansiyellerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Bu durumda $\text{NNP}=\text{NP}-\text{AÜP}$ veya $\text{NNP}=\text{NP}/\text{AÜP}$ eşitliklerinden biri kullanılarak hesaplanır. Net nütürleşme potansiyeli Çizelge 10'da verilmiştir.

Bulunan bu değerlerden sonra Karıncadağ kompleks (bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş) cevherleşmelerinde asit kaya/maden drenajı gelişmeyecektir görüşü kesinlikle oluşturulabilir (Çizelge 11).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Adana İli, Pozantı İlçesi sınırlarında bu araştırmada incelenen Karıncadağ Kompleks cevher (bakır, kurşun, çinko, altın ve gümüş) sahadaki mineral parajenezi ayrıntılı olarak incelenmiş olup, pirit, sfalerit, galenit, kalkopirit

birincil sülfür mineralleri olarak belirlenmiştir. Birincil parajenez içindeki galenit içinde çok seyrek olarak fahlerz ayırt edilirken sfalerit içinde de kalkopirit kapanımları oldukça yaygın durumdadır.

Bu birincil sülfür parajenezi içinde nabit altın ve gümüş gerek önceki çalışmalarda ve gerekse ruhsat sahibinin yaptırdığı incelemelerde belirtilmiş ise de tarafımızca alınan 10 örnek içinde yalnızca 1 örnekte 5-6 mikron boyutunda nabit altın olduğuna ihtimal verdiğimiz bir gözlemimiz olmuştur. Eğer çok sayıda cevher örneğinden parlak kesit yaptırarak inceleme fırsatımız olmuş olsaydı altın varlığının tarafımızdan da tespit edilmesi mümkün olacaktı. Ancak şirket elemanlarınca bölgeden alınan örnekler içinde 1,09 gr/ton altın ile 194 gr/ton gümüş bulunması bu kıymetli metaller açısından ruhsat sahasının daha ayrıntılı incelenmesini gerektirmektedir.

Roma döneminden beri bilinen ve bir çok defa işletme faaliyetlerinde bulunulan ruhsat sahasında pirimer sülfürlü cevherlerden türeyen ikincil parajenez daha ön plana çıkmış ve sfaleritin smitsonite, pirit ve kalkopiritin limonit ve götite, galenitin anglezit ve serüzite dönüştüğü ve daha çok Horoz Granodiyoritinin sokulumu sırasında gelişen hidrotermalitle oluşan sülfürlü faza ait minerallerin büyük oranda oksitlenerek ikincil parajenezi oluşturduğu ve bu son evrede karstlaşmanın da etkili olduğu anlaşılmıştır. Birincil sülfür minerallerine gang mineralleri olarak kuvars ve karbonatlardan kalsitin eşlik ettiği anlaşılmakta ancak oksitlenmeden sonra bunlara serüzit, klorit, siderit-ankerit ile psödomorf götite ile amorf limonitin eklendiği mineralojik ve kimyasal incelemelerden anlaşılmıştır. İncelenen parlak kesitlerde dış kısımlarında tamamen ikincil oksit ve karbonat minerallerine dönüşmüş ama merkezi kısımlarında hala ilksel konumunu muhafaza eden yapıların görülmesi sahada görülen kompleks cevherleşmenin hidrotermal kökenli ancak oksitlenme yoluyla ikincil parajeneze dönüştüğü ve son aşamada karstik evrim geçirdiği tezini doğrulamaktadır. Sülfür mineralleri arasında asit drenajını oluşturabilecek piritte yaygın olarak rastlanması gerek işletme faaliyetleri sırasında ve

Çizelge 6. Hesaplanan numunelerin sonuçları

Numune No	Yapılan Gözlem	Asit Miktarı	Asit Şiddeti	Fışırda Hızı (0=Yok, 1=Hafif, 2=Orta, 3=Kuvvetli)
K1	Kaynama var, baloncuklaşma belirgin	40 ml	0,5 M	2 (Orta)
K2	Kaynama var, baloncuklaşma belirgin	40 ml	0,5 M	2 (Orta)
K3	Reaksiyon izlenemiyor, sıçrama hiç yok, saniyede az sayıda baloncuk oluşuyor	40 ml	0,2 M	1 (Hafif)
K4	Kaynama var, baloncuklaşma belirgin	40 ml	0,5 M	2 (Orta)
K5	Kaynama var, baloncuklaşma belirgin	40 ml	0,5 M	2 (Orta)
K6	Kaynama var, baloncuklaşma belirgin	40 ml	0,2 M	2 (Orta)
K7	Önemli oranda sıçramalar içeren ileri derecede baloncuklaşma var	80 ml	0,5 M	3 (Kuvvetli)
K8	Önemli oranda sıçramalar içeren ileri derecede baloncuklaşma var	80 ml	0,5 M	3 (Kuvvetli)
K9	Reaksiyon izlenemiyor, sıçrama hiç yok, saniyede az sayıda baloncuk oluşuyor	40 ml	0,2 M	1 (Hafif)
K10	Önemli oranda sıçramalar içeren ileri derecede baloncuklaşma var	80 ml	0,5 M	3 (Kuvvetli)

Çizelge 7. Karıncadağ Kompleks cevher sahasından alınan temsili örneklerin Paktunç [5] yöntemiyle hesaplanan asit üretim potansiyelleri

ÖRNEK NO	X_s (%)	W_s (g/mol)	W_a (g/mol)	$n_{M,a}$	AÜP (kg/ton) sülfirik asit eşdeğeri
K-1	0,0014	32	100	2	0,0875
K-2	0,39	32	100	2	24,375
K-3	0,085	32	100	2	5,3125
K-4	0,0014	32	100	2	0,0875
K-5	0,093	32	100	2	5,8125
K-6	0,082	32	100	2	5,125
K-7	0,075	32	100	2	4,6875
K-8	0,018	32	100	2	1,125
K-9	0,055	32	100	2	3,4375
K-10	0,077	32	100	2	4,8125

Sülfürlü Mineraller İçeren Maden Yataklarında İşletme Sırasında ve Sonrasında Asit Kaya (Maden) Drenajlarının Oluşup Oluşmayacağına Yönelik Kestirimler: Akdağ, Karıncadağ ve Bolcardağ Örneği, 2. Bölüm

Çizelge 8. Karıncadağ numunelerinin kızdırma kayıpları ve mineralojik incelemelere dayanan karbonat içerikleri

ÖRNEK NO	KIZDIRMA KAYBI(%) (1000°C'de 2 Saat)	% KARBONAT	% CaCO ₃	% CaMg(CO ₃) ₂
K-1	16,13	36	30	6
K-2	11,42	25	22	3
K-3	2,78	7	5	2
K-4	34,67	78,70	70	8,7
K-5	17,19	39,06	35	4,06
K-6	19,59	45	40	5
K-7	38,97	88,06	80	8,06
K-8	41,47	94,05	85	9,05
K-9	2,87	6,52	6	0,52
K-10	38,9	88,40	82	6,4

Çizelge 9. Karıncadağ numunelerinin hesaplanan nötürleşme potansiyeli

Örnek no	wa (g/mol)	n _{m,a}	x _{caco3} (%)	w _{caco3} (g/mol)	x _{camg(co3)2} (%)	w _{camg(co3)2} (g/mol)	np _{caco3} (kg/ton)	np _{camg(co3)2} (kg/ton)	Σnp(kg/ton) sülfirik asit eşdeğeri
K-1	100	1	30	100	6	184,4	300	32,53796095	332,537961
K-2	100	1	22	100	3	184,4	220	16,26898048	236,2689805
K-3	100	1	5	100	3	184,4	50	16,26898048	66,26898048
K-4	100	1	70	100	8	184,4	700	43,38394794	743,3839479
K-5	100	1	35	100	4	184,4	350	21,69197397	371,691974
K-6	100	1	40	100	5	184,4	400	27,11496746	427,1149675
K-7	100	1	80	100	8	184,4	800	43,38394794	843,3839479
K-8	100	1	85	100	9	184,4	850	48,80694143	898,8069414
K-9	100	1	6	100	0,5	184,4	60	2,711496746	62,71149675
K-10	100	1	82	100	6	184,4	820	32,53796095	852,537961

Çizelge 10. Karıncadağ kompleks cevherleşmesinde alınan 10 adet temsili numunenin net nötürleştirme potansiyelleri

AÜP (Asit Üretme Pot.)	NP (Nötürleşme Pot.)	NNP(NP-AÜP) (Net Nötürleşme Pot.)	NNP(NP/AÜP) (Net Nötürleşme Pot.)
0,0875	332,537961	332,450461	3800,433839
24,375	236,2689805	211,8939805	9,693086379
5,3125	66,26898048	60,95648048	12,47416103
0,0875	743,3839479	743,2964479	8495,816548
5,8125	371,691974	365,879474	63,94700627
5,125	427,1149675	421,9899675	83,33950585
4,6875	843,3839479	838,6964479	179,9219089
1,125	898,8069414	897,6819414	798,9395035
3,4375	62,71149675	59,27399675	18,24334451
4,8125	852,537961	847,725461	177,1507451

Çizelge 11. Karıncadağ numunelerinin asit üretme potansiyelinin yorum tablosu

Asit-Baz Hesabı	(NP/AÜP)	Karıncadağ sonuçları	Yorum
Asit Üretir	<1	--	--
Belirsiz Zon	$1 < (NP/AÜP) < 3$	--	--
Asit Üretmez	>3	Hepsi 3'den büyük	Temsili numuneler asit üretmez

gerekse muhtemel cevher hazırlama işlemler sonunda oluşacak pasa, artık/atık havuzlarında şu anki durumundan çok daha büyük yüzeylerin atmosferik su ve havanın oksijeni ile birleşerek reaksiyon denklemlerini önceki bölümlerde ayrıntılarıyla incelediğimiz asit üretimine olanak sağlayacak ve böylece asit drenajı oluşabilecektir. Ancak yankayacın karbonat ağırlıklı olması ve sülfürlü cevher minerallerinin kazılacak malzeme içinde ağırlıkça % 10'un bile çok altında olması sebebiyle işletme sırasında alınan 10 adet temsili örnek üzerinde gerçekleştirdiğimiz toplam kükürt ve karbonat miktarına dayalı asit ve baz hesaplamalarında dengenin nötürleşmeden yana çok kararlı olması ve Çizelge 9 ve 10'da görüldüğü gibi en az karbonat içeren numunenin bile net nötürleşme potansiyelinde 3 olan eşik değerin 3 katından fazla olması işletme sırasında asit drenajının oluşmayacağını göstermektedir. Fakat çıkarılan cevherlerin tüvenan olacağı öngörülmesi olmasına rağmen ruhsat sahası içinde 2,73 hektarlık alanda oluşturulacak pasa ve stok sahası olarak planlanan alanda henüz hiçbir faaliyetin bulunmaması sebebiyle ne statik testler ve ne de kinetik testlerden hiçbiri yapılamamıştır. Stoklama alanlarının çevreye kolayca sızıntı oluşturulmaması için yönetmelikler doğrultusunda hazırlanması zorunludur. Bu alanların gerek tabanları ve gerekse kenar duvarlarında uygun boyutlarda (10-32 mm olabilir) kireçtaşını tabanda 0,5 m kalınlığında sererek kenar duvarlarına da teraslayarak stoklama yapılması büyük önem kazanmaktadır. Böyle bir ortama dökülecek cevher mineralleri içinde de zaten büyük oranlarda karbonat olacağından üretilecek asitin karbonat mineralleriyle çabucak nötürleşmesi beklenir. Buna rağmen önceki bölümlerde bahsedilen tüm testlerin yapılması ve veri tabanı oluşturularak sürekli izleme programlarının tavizsiz uygulanması gerekecektir. Aşırı derecede boyut küçültürerek çeşitli prosesler sonucu cevher kazanımlarının yapıldığı

zenginleştirme işlemlerinden sonra artık/atık barajlarının oluşturulması kaçınılmazdır. Ruhsat sahibi şirketin Migem'e sunduğu işletme projesinde bu faaliyetlerden bahsedilmemiştir. Ancak böyle bir zenginleştirme işlemleri sahada yapılacaksa işletme başlar başlamaz özütleme deneyleri ve pratik testlerin faaliyetin tüm safhalarında yaptırılması zorunludur. Önceki bölümlerde bu testlerin ayrıntıları verilmiş olup, bu konularda deneyimli danışmanların kontrolünde bu işlemler gerçekleştirilmelidir.

Henüz hiçbir kazmanın vurulmadığı ve cevher zenginleştirmeye yönelik herhangi bir projenin olmadığı maden sahasında sızıntı yapabilecek drenaj suları ile ilgili su kalitesi modellemesi yapılması asla gerçekçi olamaz. Yalnızca alınan örnekler üzerinde belirlenen statik test sonuçlarında nötürleştirme potansiyelinin çok yüksek olması ve depolama, pasa ve atık barajları planlanmadığı için kinetik testlerin de yapılamadığı Karıncadağ kompleks cevher (bakır, çinko, kurşun, altın ve gümüş) sahasında net asit üretim potansiyeli veya kinetik test sonuçları kullanılarak su kalitesi modellemesinin (PHRREEQC veya başka modelleme programları) açık ocaklardaki göl oluşuyorsa göl suyu kalitesinin, pasa alanında pasa sızıntı suyu kalitesinin, atık havuzları oluşacaksa atık havuz suyu kalitesinin modellemesi elbette bu konuda deneyimli danışman veya danışmanların denetimde alınacak numuneler veya in-situ (yerinde) olarak uygulanacak testlerdeki sonuçlara göre yapılmalıdır.

İşletme sahasından alınan su örneklerinin analiz sonuçları ve ruhsat sahasından beslenen dere ve nehirlerde şu anda herhangi bir asit drenajını işaret eden en küçük bir belirti yoktur. Başka bir deyişle gerek birincil sülfür mineralleri içeren anakayaç gruplarında ve gerekse oksitli ve karbonatlı ikincil parajenezin görüldüğü cevher zonlarında

limonitleşme sebebiyle renk değişiklikleri görülmektedir. Ancak buralarda biriken suların ölçülen pH'larında 7-7,5 değerlerinin altında bir ölçüm sonucu bulunmamıştır. Bunun en belirgin açıklaması piritin nem ve oksijenle parçalanması sonucu oluşan asiditenin ortamdaki kalsit ve dolomit gibi karbonatlarla nütürleştirildiği ve yüzey sularının pH'larında düşük değerler oluşarak temas ettiği kayalarda çözümüleme yaparak içindeki çeşitli metalleri çökelterek sarı, kırmızımtırak veya yeşilimsi renklerde bir çökelmeye sebebiyet vermediği anlaşılmıştır. Bu durum oldukça doğal bir sonuç olup henüz pirit içeren ana kayanın (Bolkaradağ mermer ve şistleri) delme ve patlatma yöntemleriyle parçalanmadığı ve üzerinde de zengin orman örtüsünün bulunduğu bir durumdayken asit üretemeyeceğinden kaynaklanmıştır. Fakat işletmeye başlanıp basamaklar açıldığında ve uzun süre oksijen ve atmosferik kaynaklı yağışlarla pirit çözüldüğünde üretilmesi beklenen asitli suların yankayaç içindeki karbonatlarla nütürleştirilip dengelenip dengelenemeyeceği hususunda olumsuzluk oluşturacak bir parametre şu anda görülmemektedir. Çünkü bu inceleme döneminde nütürleştirme potansiyelinin asit üretme potansiyelinden çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Yeraltı suyunun kirletilmesi elde edilen verilerle olası görülmemektedir.

Sonuç olarak; kurşun, çinko, bakır cevherlerinin üretilmesi için yürütülecek açık işletme sırasında ve çıkarılacak cevherin belirlenen 2,73 hektar'lık pasa döküm ve stok alanında mevcut yönetmeliklerdeki kriterlere uyularak depolama yapılması koşuluyla ne çevreye, ne de yüzey ve yeraltı sularına asit kaya/maden drenajından kaynaklanacak olumsuzluklar yaşanmayacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Morin, K.A., and N.M. Hutt. 1997. A comparison AMD Predictions with Historical Records. IN: R.W. McLean and L.C. Bell., eds., Proceedings of the Workshop on Acid Mine Drainage, 15-18July, Darwin, Northern Territory, Australia, Australian Centre for

- Minesite Rehabilitation Research, p. 33-44.in Karadeniz, 2008
2. Environmental Protection Agency - EPA (US), 1994. Technical Document - Acid Mine Drainage Prediction.
3. Lapakko, K.A., 2002. Metal Mine Rock and Waste Characterization Tools: An overview, International Institute for Environment and Development, No:67.
4. Karadeniz, M., 2008. Sülfürlü Madenlerin Sorunu Asit Maden Drenajı ve Çözümü, MMO Yayını, 231 s, Ankara.
5. Paktunç, A.D.,1998. "Characterization of Mine Wastes for Prediction of Asid Mine Drainage", Environmenta Impacts of Mining Activities, Azcue, J.M., (Ed). Pp.19-40.
6. Environment Australia, 1997. Managing Sulphidic Mine Wastes and Asid Drainage, Best Practice Environmental Management in Mining Booklet Series.
7. Skousen, J., Perry, E., Leavitt, B., Sames, G., Chisolm, W., Cecil, C. B., Hammack, R., 2000. "Chapter 4: Static Tests for Coal Mining Acid Mine Dainage Prediction in the Eastern U. S." Kleinmann, R. L. P. (Ed.), the National Mine Land Reclamation Center Located at West Virginia University, pp. 73-98.

