

Kontrol Listesi	A	B	C	D	E	F	G
<b>Genel Saha Proje Bilgisi</b>	Tarih:		Yer:				
Lokasyon							
Proje							
Topoğrafya, İklim							
Ekoloji							
Geçmiş Çalışmalar							
İşletme Gelişimi							
Maden Prosesleri							
İşletme Üniteleri	A. Ocak	K. Ocak	Pasa	ADT			
Jeoloji							
Mineraloji							
Atık Malzemeler							
Saha Hidroloji ve Hidrojeolojisi							
jeoteknik Yapı							
Diğer Bilgi kaynakları							
Harita, Şekil, Tablo, Kavramsal Model							
<b>Jeoloji</b>							
Katı Karakterizasyonu							
Birimleri							
İşletme Üniteleri							
Birimleri							
<b>Örnek Seçimi, Koruma ve Hazırlama</b>							
Numune Sayısı							
Birim Miktarlar							
(Karakterizasyon, Statik ve Kinetik Test)							
Jeolojik Birim Bazlı							
İşletme Ünitesi Bazlı							
Kompozit							
Lokasyon							
Numune							
Tanımlamaları							
Test tanımlamaları							
<b>Elek Analizi</b>							
<b>Element Analizleri</b>	XRF		Yaş Kimya				
Tüm kayaç							
İz Element							
Numune Hazırlama							
<b>Mineraloji</b>							
Görsel Analizler							
Petrografik Analizler							
XRD							

## Statik Testler

### Asit Baz Muhasebesi

pH analizi Paste pH Durulama pH Aşınma pH Ezilmiş pH

pH						
Toplam S						
Sülfür-S						
SO4-S						
Organik-S						

Ba-S, Cu-S, Ni-S, Pb-S,

Zn-S

del-S

Toplam C						
İnorganik-C						

### Yığın NP

Sobek NP						
Modifiye Sobek NP						
Sobek-Siderit-NP						
BCRI						
LAPAKKO NP						

### NAG (Amira, 2002)

Tek İlaveli NAG						
Seri-Sıralı NAG						
Kinetik NAG						

### Çözünabilir Bileşen

#### Analizi (ML)

SFE (EN 12457)						
TCLP (US EPA 1311)						
SPLP (US EPA 1312)						
SWEP (MELP 1992)						
Kolon Testi (ML-ASTM D 4874-95; EN 15863-64)						

### Kinetik Testler

Kolon Testi (Tremblay ve Hogan, 2000)						
Nem Hücresi Testi (Sobek vd. 1978; ASTM, 2003)						
Arazi Lisimetre Testi						
Duvar Yıkama İstasyonu						
Saha Test Pedleri						

### Ek Testler

Depolama Etkinliği						
Bariyer Testleri						
Sızıntı Suları Arıtma						
Proses-Maliyet						
Belirleme Testleri						

## Statik Testler

Ne kadar asit ve nötralizasyon potansiyeli var? Drenaj kimyasını etkileyen fiziksel, kimyasal minerolojik özelliklerin eğilimleri nedir? (Asit drenajı olacak mı? AP-NP tepkime oranları? Drenaj kimyası? Sorularını cevaplamaz)

Tüm Sülfürü pirit varsayar, piriti sülfata okside edip Fe hidroksitlerin çöktüğünü, tüm tepkimeleri anlık dengeye geldiğini farzeder...

## pH Analizi

Aşınma pH (abrazyon pH),

Durulama pH (Rinse pH),

Ezilmiş pH (crushed pH),

Macun pH (Paste pH)

## ABA Testler

Sobek (Sobek vd., 1978), standart ABA

Modifiye Sobek (Lawrence ve Wang, 1997)

BC Research Inc. Initial (Duncan ve Bruynesteyn, 1979)

Net Asit Üretimi (NAG) testi (Miller vd., 1997)

Lapakko Nötralizasyon Potansiyeli (Lapakko, 1994)

Sobek ABA yöntemi için Peroksit Siderit Düzeltmesi (Skousen vd, 1997)

## Net Asit Üretim (NAG) Testleri

Tek ilaveli NAG testi

Seri-sıralı NAG testi

Kinetik NAG testi

## Metal Liçi veya Çözünabilir Bileşen Analizi Testleri (Kinetik NAG testi çözünabilir bileşen analizlerini de sağlar)

Kolay çözünabilir bileşenler neler? Sahaya özel statik denge sınırları nedir? Asit-Nötralizasyon tükenme sınırı nedir? Gibi soruları cevaplamaya yardımcı olur...

EN 12457/1-4, (Van der Sloot vd., 1997)

ABD EPA Toksikite Karakteristik Sızıntı Prosedürü (TCLP, Yöntem 1311)

British Columbia Özel Atık Çıkarma Prosedürü, SWEP (MELP, 1992)

ASTM D 4874-95 Kolon Testi (Metal Liçi için)

USGS Field Leach Test (Hageman, 2007)

SPLP (EPA 1312)

## Kinetik Testler

Asit ve nötralizasyon oranları? Jeokimyasal etkileşim? Birincil ve ikincil mineral çözünme-çökelmeleri? Zamanlama?, Drenaj kimyası? Etkin kirleticiler? Senaryo odaklı olası etkiler ve önlem tasarımı? gibi sahaya özel soruları yanıtlayabilir.

Statik test sonuçları ve sınıflamasının geçerliliği ve onayı, sülfür oksidasyon ve asit oluşum oranının tanımlanması, nötralizasyon oranı ve tükenmenin tanımlanması, NP varlığının tanımlanması, AKD'nin zamansal yapısının anlaşılması, AKD kontrol yöntemlerinin seçimi ve gelişimi, drenaj su kalitesi tahmini ve hafifletme yöntemlerinin karşılaştırılması gibi konu başlıklarında sahaya özel bilgiler sağlayabilir.

Testler işletmenin teknik ve ekonomik olarak sürdürülebilirliğinde tasarlanan önlem yapılarının geçerliliğinin sahaya özel sağlanmasında kritik öneme sahiptir. ÇED yapılandırması dahil işletmeniz süresince mevcut en iyi tekniklerin saha özelinde yapılandırmasında karar ve uygulama karar desteği sağlıyoruz. Destek yapısında saha ve işletmeye en uygun testlerin seçimi, tasarlanması, yapılması, jeokimyasal modellerle testlerin geçerliliklerinin sınanması, işletme üniteleri bazında ampirik ve mekanistik jeokimyasal modellerle (PHREEQC) ileri seviye uzmanlıkla desteklenen olası drenaj kimyası ve önlem yapıları (izolasyon, kimyasal-fiziksel bariyerler, gaz bariyerleri ile oksidasyonu önleme...), arıtma senaryolarına göre arıtma tesis tasarımı ve işletim süreçlerini yapılandırmada karar desteği sağlıyoruz.

İşletmeye başlama, kapasite artırma yada kapanış aşamasında hangi testlerin işletmenin teknik ve ekonomik olarak sürdürülebilirliğini garanti altına almada yararlı olacağı hakkında ayrıntılı bilgi için uzmanlarımızdan bilgi talebinde bulununuz.

### **Kolon Testi (Tremblay and Hogan, 2000)**

Birçok etki altındaki hem birincil hemde ikincil mineral tepkimeleri ile oluşan sahaya özel proje ve saha hidrolik, hidrojeolojik, iklim gibi veriler ile desteklenen drenaj kimyasını proje üniteleri bazında tahmin edebilir. Amaç ve hedef veri gerekliliğine bağlı olarak drenaj kimyası veya birincil tepkime oranları, element salınımı, asit ve nötralizasyon tepkimeleri gibi HCT testinden sağlanan bilgiler saha koşullarına özgü pasa, kazı gölü, tüketilmiş cevher malzemesi, kapalı ocak sızıntı, doldurma, susuzlaştırma gibi faaliyet bazında farklı malzeme parça boyutu, oksijenli-oksijensiz (EH), asit ve nötr pH değişkenliği gibi senaryolar kolon testi ile simule edilebilir ve gerekli hedef bilgiler sağlanabilir. Laboratuvar ortamında farklı ölçek değerleri yanında sahada gerçek birebir ölçekleme ile çalışılabilir.

Jeokimyasal model tahmin senaryolarını, doğrulama ve geçerliliğini farklı işletme üniteleri ve adımlarında deneysel verilerle destekleyebilir.

### **Nem Hücresi Testi (Sobek vd., 1978; ASTM, 2003)**

Oksijenli hava koşullarında farklı pH koşullarında birincil tepkime oranları ve element salımı tahmini, asit ve nötralizasyon tepkimelerinin anlaşılması, ABA verilerinin yorumlanmasında sahaya özgü NPR kriterleri, AP-NP tükenme süreleri gibi bilgiler sağlar... Olası drenaj kimyasını vermez, aşırı tepkisel şartların benzetimini yapar.

### **Arazi Lisimetre Testi (LİSİTEST)**

Sahada depolama, kazı alanlarında yağış veya yüzey-yeraltı sularının süzülmesine bağlı olarak biriktirilen su kalitesinin aynı ortamda zamanla değişimini dikkate alan bir testtir. Sezonluk ya da birkaç yıllık yapılandırılabilir. Hem sızıntı miktarını hem de su kalitesinin anlaşılmasını ve ileriye yönelik benzetim modellerinde deneysel veri sağladığından ÇED ve kontrol çalışmaları için tahmin sağlamada çok yararlıdır.

### **Duvar yıkama istasyonu (Morwijk Enterprises, 1995; Morin and Hutt, 2006; Price, 2009)**

Açık ve kapalı ocaklardaki duvar ile etkileşimde olabilecek suların uzun dönem davranışının ve su kalitesine etkisinin anlaşılmasını sağlayabilir. Diğer kinetik testlerde etkin veri sağlanamayan özel bir durumu HCT testine benzer bir yapıda benzetmek için kullanılır.

### **Saha Test Pedleri**

Kolon testinin saha şartlarında gerçek ölçeklerde uygulanmasını temel alır. Drenaj kalitesinin saha şartlarında belirlenmesinde kullanılır.

### **Ünite bazlı (depolama, susuzlaştırma, kazı gölü, kapalı ocak gibi) tam ölçekli saha izleme verileri**

İzleme noktası özelliklerinin testlerle karşılaştırılabilir ve farklılıkların öngörülebilir (bütünün temsili, homojenlik, ısı farklılığı, izolasyon ve düzenli iklimsel faktörler gibi) olması durumunda birincil mineral ayrışma oranı, metal salınım eğilimleri, çözünürlük kısıtlamaları, ikincil mineral çökelimine bağlı izolasyon, ünite bazlı drenaj kimyası, drenajda öngörülen kirlenmeler ile korelasyon gibi çok önemli bilgiler sağlayabilir. Madenin çalışma ömrü boyunca toplanan operasyonel drenaj izleme verileri genellikle kapatma planlarının gözden geçirilmesinde danışılan tahmin verilerinin ana kaynaklarından birisidir.

### **Yeni Geliştirdiğimiz Testler**

#### **Depolama Etkinliği Testleri (DEPOTEST):**

Saha üniteleri bazında örneğin pasa veya cevher atığı depolamada AKD oluşması durumunda üstten yağış suyunun oksidasyon etkinliğini azaltma gibi kuru yada su izolasyonu testleridir. Maksimum 6 hafta süren test ile olmaması yada yetersiz yapılandırılması durumunda yıllık arıtma maliyetine karşılık katı-sıvı-gaz izolasyonu olması durumundaki azalan maliyetleri karşılaştırma gibi öngörüler sağlar. Bu durum daha işletme aşamasında uzun yıllar sürecek çevre koruma etkinliğinin teknik ve ekonomik boyutunu kurulum, işletme ve kapanış sonrası dönemde hesaplamaya yardımcı olur.

“Kuru izolasyon için, oksijen taşınım bariyeri, oksijen tüketim bariyeri, tepkime inhibisyonu ve sıvı taşınım bariyeri gibi alternatifler vardır. Bu bariyerler doğal toprak (kil silt, lös, organik madde içerikli), işlenmiş toprak (kil, polimer modifiye kil, atık karıştırılmış toprak...), oksijen tüketen malzemeler (organik çürütülebilecek malzemeler, atık turba, kanalizasyon çamuru, N-viro toprak, endüstriyel çamurlar, kompost, çöp gübre, saman türleri, silaj, selüloz atık çamurları...), nem ve sızıntı bariyerleri (sentetik, asfalt, betonlaşma, ince malzeme ile oluşturulabilen astarlar...), kimyasal ajan ve inhibitörler (kül, toprak, kireçtaşı, kireç, alkali çamurlar...) olabildiği gibi sahaya özel uygun şartları destekleyen malzemelerle yapılan uygulamalar da olabilir.”

#### **Sızıntı Suları Arıtma Testleri (Sıztest):**

Deşarjı gereken suların arıtma süreçlerinin ve donanımlarının tasarım, boyutlandırma, kurulum, işletim ve yönetimi ile ilgili belirsizlikleri azaltan veriler sağlayan testlerdir. Suyun miktarına ve kalitesine göre değişen zamanlamada teknik ve

ekonomik analiz yapmayı sağlar. Drenaj kimyasına göre teorik hesaplar yanında deneysel test verileri ile onay alınarak olası arıtma maliyetleri belirlenir. Alttaki grafikte arıtmada nötralizasyon için gerekli teorik ve ampirik hesaplamada kullanılan maliyet karşılaştırmasına bir örnek verilmektedir.

## Statik Testlerde Dikkate Alınan Örnek Hesaplama Parametreleri

Parametre	Birim	Hesaplama
Covellit sülfürü (Cu-S)	%	$\%Cu-S = \%Cu \times 32.07 / 63.54$
Pentlandit sülfürü (Ni-S)	%	$\%Ni-S = \%Ni \times 32.07 / 58.7$
Galen sülfürü (Pb-S)	%	$\%Pb-S = \%Pb \times 32.07 / 207.19$
Sphalerit sülfürü (Zn-S)	%	$\%Zn-S = \%Zn \times 32.07 / 65.37$
Toplam Cu+Ni+Pb+Zn-S (Toplam-CNPZ-S)	%	$\text{Toplam-CNPZ-S} = \%Cu-S + \%Ni-S + \%Pb-S + \%Zn-S$
Baryum-bağlı sülfat-sülfürü (S-BaSO4)	%	$\%S-BaSO4 = Ba \text{ (ppm)} \times 0.0001 \times 32.06 / 137.37$
del-S (tanımlanamayan sülfür formları)	%	$\text{del-S} = \% \text{Toplam-Sülfür} - \% \text{Sülfür-sülfür} - \% \text{Baryum bağlı sülfat-sülfür} - \% \text{Toplam (Cu+Ni+Pb+Zn)-S}$
Toplam Asit Potansiyeli (T-AP)	kg CaCO3/t	$T-AP = \% \text{Toplam-Sülfür} \times 31.25 = \%S \times Ma(CaCO3) \times 1000 \text{ kg} / (100 \times Ma(S))$
Sülfür Asit Potansiyeli (S-AP)	kg CaCO3/t	$S-AP = (\% \text{Sülfür-sülfür} + \% \text{del-S}) \times 31.25$
del-S Asit Potansiyeli (del-S-AP)	kg CaCO3/t	$\text{del-S-AP} = \% \text{del-S} \times 31.25$
Toplam CaCO3 (T-CaCO3)	%	$T-CaCO3 = \%C \times 8.33$
Toplam NP (CO3-NP)	kg CaCO3/t	$CO3-NP = \%C \times 10 \times 100.09 / 12.01 = \%C \times 83.34$
Inorganik NP (Inorg-NP)	kg CaCO3/t	$\text{Inorg-NP} = \%CO2 \times 10 \times 100.09 / 44.01$
Ca NP (Ca-NP)	kg CaCO3/t	$Ca-NP = (\%Ca \times 10000) \times (100.09 / 40.08) / 1000$
Ca+Mg NP (CaMg-NP)	kg CaCO3/t	$CaMg-NP = (\%Ca + \%Mg) \times 10000 \times (100.09 / 40.08) / 1000$
Ayarlanmış NP (Adj-NP)	kg CaCO3/t	$\text{Adj-NP} = \text{Sobek NP} - \text{Kullanılmayan NP}$
Toplam Net Nötralizasyon Potansiyeli (TNNP)	kg CaCO3/t	$TNNP = CO3-NP - T-AP$
Sobek NP Toplam Net Nötralizasyon Potansiyeli (Sob.TNNP)	kg CaCO3/t	$\text{Sob.TNNP} = \text{Sobek NP} - T-AP$
Ayarlanmış TNNP (Adj-TNNP)	kg CaCO3/t	$\text{Adj-TNNP} = \text{Adj-NP} - T-AP$
Sülfür Net Nötralizasyon Potansiyeli (SNNP)	kg CaCO3/t	$SNNP = CO3-NP - S-AP$
Ayarlanmış SNNP (Adj-SNNP)	kg CaCO3/t	$\text{Adj-SNNP} = \text{Adj-NP} - S-AP$
Inorganik Karbon Net Nötralizasyon Potansiyeli (ICNNP)	kg CaCO3/t	$ICNNP = \text{Inorg-NP} - T-AP$
Toplam Net Potansiyel Oranı (TNPR)	birimsiz	$TNPR = CO3-NP / T-AP$
Sobek NP Toplam Net Potansiyel Oranı (Sob.TNPR)	birimsiz	$\text{Sob.TNPR} = \text{Sobek NP} / T-AP$
Ayarlanmış TNPR (Adj-TNPR)	birimsiz	$\text{Adj-TNPR} = \text{Adj-NP} / T-AP$
Sülfür Net Potansiyel Oranı (SNPR)	birimsiz	$SNPR = \text{Sobek NP} / S-AP$
Ayarlanmış SNPR (Adj-SNPR)	birimsiz	$\text{Adj-SNPR} = \text{Adj-NP} / S-AP$
Inorganik C-Karbon Net Potansiyel Oranı (ICNPR)	birimsiz	$ICNPR = \text{Inorg-NP} / T-AP$
Maksimum Potansiyel Asidite (MPA)	kg H2SO4/t	$MPA = \% \text{Toplam-Sülfür} \times 30.6 = \% \text{Toplam-Sülfür} \times (98.076 / 32.06) \times 10$
Sülfür MPA (S-MPA)	kg H2SO4/t	$S-MPA = (\% \text{Sülfür-sülfür} + \% \text{del-S}) \times 30.6$
del-S-MPA	kg H2SO4/t	$\text{del-S-MPA} = \text{del-S} \times 30.6$
Asit Nötralizasyon Kapasitesi (ANC)	kg H2SO4/t	$ANC = (HCl \text{ hacmi} \times HCl \text{ molaritesi}) - (NaOH \text{ hacmi} \times NaOH \text{ molaritesi}) \times B \times 49 / \text{örnek ağırlığı (g)}$ $B = (HCl \text{ molaritesi} \times \text{blank HCl hacmi}) / (NaOH \text{ molaritesi} \times \text{blank için titre edilen NaOH hacmi})$
Ayarlanmış ANC (Adj-ANC)	kg H2SO4/t	$\text{Adj-ANC} = ANC - \text{Kullanılmayan ANC} = \text{Adj-NP} \times 0.98$
Net Asit Üretim Potansiyeli (NAPP)	kg H2SO4/t	$NAPP = MPA - ANC$
Ayarlanmış Net Asit Üretim Potansiyeli (Adj-NAPP)	kg H2SO4/t	$\text{Adj-NAPP} = MPA - \text{Adj-ANC}$
Ayarlanmış Net Nötralizasyon Potansiyeli (Adj-NPR)	birimsiz	$\text{Adj-NPR} = \text{Adj-ANC} / MPA$

Ne kadar asit ve nötralizasyon potansiyeli var? Drenaj kimyasını etkileyen fiziksel, kimyasal minerolojik özelliklerin eğilimleri nedir? (Asit drenajı olacak mı? AP-NP tepkime oranları? Drenaj kimyası? Sorularını cevaplamaz)

Tüm Sülfürü pirit varsayar, piriti sülfata okside edip Fe hidroksitlerin çökelediğini, tüm tepkimeleri anlık dengeye geldiğini farzeder...

## Kinetik Testlerde Dikkate Alınan Örnek Hesaplama Parametreleri

Laboratuvar kinetik test değerlendirmelerinde önerilen hesap denklemleri (test ve sahanın durumuna göre hesap yapısı değişebilir, burada verilenler örnektir)

### Asit Üretimi

$$\text{Asit Üretim Oranı (mg CaCO}_3\text{/kg/hafta)} = \text{Asidite (mg CaCO}_3\text{/L)} \times \text{Sızıntı Suyu Hacmi (L)} / \text{Numune Ağırlığı (kg)}$$

$$\text{Sülfat Üretim Oranı (mg/kg/hafta)} = \text{Sülfat (mg/L)} \times \text{Sızıntı Suyu Hacmi (L)} / \text{Numune Ağırlığı (kg)}$$

$$\text{Kalıntı Toplam-S (\%)} = \frac{\{[\text{Başlangıç Toplam-S (\%)} - ((\text{Kümülatif Sülfat Üretim Oranı (mg/kg)} \times 32.06 / 96.06) / 10000)] / \text{Başlangıç Toplam-S (\%)}\} \times \%100}$$

$$\text{Kalıntı Sülfür-S (\%)} = \frac{\{[\text{Başlangıç Sülfür-S (\%)} - ((\text{Kümülatif Sülfat Üretim Oranı (mg/kg)} \times 32.06 / 96.06) / 10000)] / \text{Başlangıç Sülfür-S (\%)}\} \times \%100}$$

$$\text{Sülfat Üretim Oranı Yüzey Alanı Olarak (mg/m}^2\text{/hafta)} = \text{Sülfat Üretim Oranı (mg/kg/hafta)} / \text{Yüzey Alanı (m}^2\text{/kg)}$$

### NP Molar Oranı

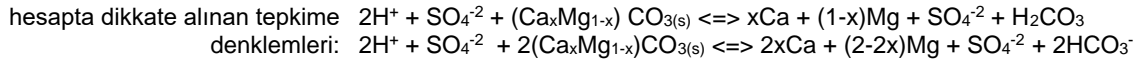
$$\text{Karbonat Molar Oranı} = \frac{[(\text{Ca (mg/L)} / 40.08) + (\text{Mg (mg/L)} / 24.31)]}{(\text{SO}_4 \text{ (mg/L)} / 96.06)}$$

$$\text{Feldspat Molar Oranı} = \frac{[(\text{Ca (mg/L)} / 40.08) + (\text{K (mg/L)} / 2 \times 39.1) + (\text{Na (mg/L)} / (2 \times 22.99))]}{(\text{SO}_4 \text{ (mg/L)} / 96.06)}$$

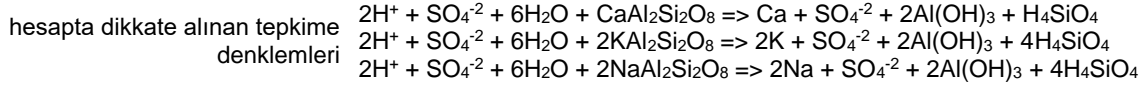
### Asit Nötralizasyonu ve NP Tüketimi

$$\text{Alkalinite Üretim Oranı (mg CaCO}_3\text{/kg/hafta)} = \text{Alkalinite (mg CaCO}_3\text{/L)} \times \text{Sızıntı Suyu Hacmi (L)} / \text{Numune Ağırlığı (kg)}$$

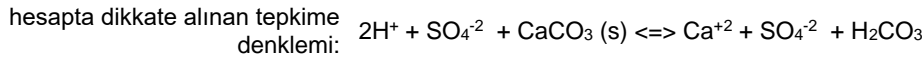
$$\text{Karbonat Oranı NP Tüketimi (mg CaCO}_3\text{/kg/hafta)} = \text{Karbonat Molar Oranı} \times \text{Teorik NP Tüketimi (mg/kg/hafta)}$$



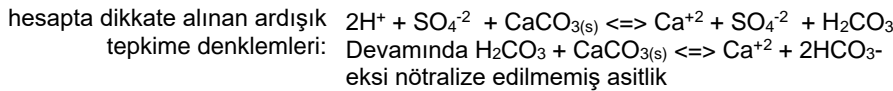
$$\text{Feldspat Molar Oranı Toplam NP Tüketimi (mg CaCO}_3\text{/kg/hafta)} = \text{Feldspat Molar Oranı} \times \text{Teorik NP Tüketimi (mg/kg/hafta)}$$



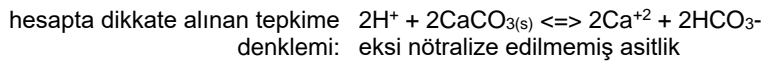
$$\text{pH 6'da Teorik NP Tüketimi (mg CaCO}_3\text{/kg/hafta)} = \text{Sülfat üretim Oranı (mg/kg/hafta)} \times 100.09 / 96.06$$



$$\text{Nötral pH'da Deneysel Açık Sistem NP Tüketimi (mg CaCO}_3\text{/kg/hafta)} = \text{Teorik NP Tüketimi (mg/kg/hafta)} + \text{Alkalinite Üretim Oranı (mg/kg/hafta)} - \text{Asidite Üretim Oranı (mg/kg/hafta)}$$



$$\text{pH 6.5 Üzerinde Teorik Kapalı Sistem NP Tüketimi (mg CaCO}_3\text{/kg/hafta)} = [\text{Teorik NP Tüketimi (mg/kg/hafta)} \times 2] - \text{Asidite Üretim Oranı (mg/kg/hafta)}$$



$$\text{Kalan NP (\%-orjinalden kalan)} = \frac{\{[\text{Başlangıç NP (t CaCO}_3\text{/1000 t)} - (\text{Kümülatif NP Tüketme Oranı (mg/kg)} / 1000)] / \text{Başlangıç NP (t CaCO}_3\text{/1000 t)}\} \times \%100}$$

### Metal Liçi

$$\text{Metal Ayrışma (Liç) Oranı (mg/kg/hafta)} = \text{Metal derişimi (mg/L)} \times \text{Toplanan Sızıntı Suyu Hacmi (L)} / \text{Numune Ağırlığı (kg)}$$

$$\text{Kalıntı Metal (\%)} = \frac{\{[\text{Başlangıç Metal İçeriği (mg/kg)} - \text{Kümülatif Metal Liç Oranı (mg/kg)}] / \text{Başlangıç Metal İçeriği (mg/kg)}\} \times \%100}$$

## Kinetik Kolon Testi Örnek İzleme Prosedürleri (PHREEQC Jeokimyasal Model Girdileri için gereken yapı dikkate alınarak tasarlanmıştır)

Kolon Testi Genel Yapısı	Açıklama	Ham Su	Drenaj Sızıntısı	Kolon Malzemesi
<b>İzleme Parametreleri</b>	<b>Raporlamada Gerekli Düzenli Gözlem, Ölçüm ve Analiz özellikleri</b>			
Test malzemesi	teste başlama öncesi ve tamamlanma sonrasında kuru malzeme ağırlığı ölçülmelidir.			X
İzleme sıklığı (haftalık)	her hamsu ekleme, sızıntı alma, ölçüm, örnek alımı gibi işlemlerle ilgili tarih ve saat kaydedilmelidir.	X	X	
Test ortamı oda-saha hava sıcaklığı	haftalık örnek alımı sırasında ölçülmelidir.	X	X	
Eklenen Su Miktarı	testin uygulamasında hamsu kalite ve verilen miktarlarda, farklılık olmuşa not olarak belirtilmelidir.	X		
Sızıntı Miktarı	ham suyun eklenmesinden itibaren sızmanın tamamlanmasına kadar geçen zaman ve su miktarı kaydedilmelidir (akım hızı).		X	
Temas süresi	Ham suyun eklenmesi sonrası kolondan sızmanın tamamlanmasına kadar geçen süre kaydedilmelidir (örnek alımından bağımsız).		X	
Yıkama Sıklığı	haftalık yıkama sıklığı test prosedürüne göre not alınmalıdır, değişim varsa kaydedilmelidir.	X		
Genel malzeme durumu notları	biyolojik aktivite, renk değişimi, aerobik-anaerobik şartlarda değişim, atmosfere açık-kapalı devamlılığı, ısı, ışık, toz... maruz kalma, malzemede eksilme, malzeme hareketi-dökülmesi, yer değiştirmesi... raporlanmalıdır. test sonunda malzeme kurumaya bırakılıp saklanmalıdır, ikincil çökelen mineral tanımlaması için uygun örnek alınmalıdır..			X
<b>Ham suda</b>	her ekleme öncesi ham suyun pH, EC, EH, DO, %DO, sıcaklık ölçülmelidir.	X		
<b>Sızıntı çözeltilisinde</b>				
Fiziksel Ölçümler	pH, EC, EH, DO, %DO, Temperature, Turbidity,		X	
Anyonlar	SO4, NO3, NO2, Cl, F, Br, PO4... (hepsi aynı yöntem ile ölçülmelidir, örnek Ion Chromatography)		X	
Katyonlar	K, Ca, Mg, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, U, Zn,... (Örn.: EPA 200.8 yöntemi ile ölçülmelidir)		X	
Alkalinite			X	
Asidite			X	
TOC			X	
<b>Test Katı Malzeme Sonuç Analizi</b>	Mineral ayrışmasına bağlı sızıntı suyundan çökelmiş ve askıda katı mineral malzeme biriktirilmelidir			X
Rietveld XRD	analiz laboratuvarının gerekliliklerinde örnek hazırlanmalıdır.			X
İnce kesitte optik mikroskopi				X

**Kolon Testi ASTM C702/C702M-11, ASTM E 2242, ASTM E877 ve EPA method 1627 temel alınarak saha koşullarının farklı tepkime şartlarında temsilinin sağlanması amacı ile kurgulanmıştır.**

**Sızıntı çözeltilisi ölçümleri atmosfere kapalı şartlarda akım hücrelerinde gerçekleştirilmelidir.**

**Ham suyun (saf su, ultra saf su, deiyonize su) 5-10 haftada bir katkısını belirleme için sızıntı örneği ile aynı yapıda full suit ölçüm ve analizleri yapılmalıdır.**

**PHREEQC ile yapılacak jeokimyasal model çalışmalarında sahayı yansıtan olabildiğince eksiksiz test, ölçüm ve analiz paketleri ile çalışma sonuçları doğrudan etkilemektedir.**

**Ölçüm ve analizlerde anyon-katyon denge hatası < %10 ve tutarlılık en önemli gerekliliklerdendir.**

**Analizler yüzde hatanın azaltılması ve tutarlılığın sağlanmasında anyonlar ve katyonlar için ayrı iki yöntemle sınırlandırılmış toplu analizlerin yapılması hatayı azaltırken tutarlılığı arttırmaktadır.**

**Malzemenin hareket ettirme bazı birbirine mekanik olarak sürtünmesi çözünürlüğü arttırabildiğinden test koşullarında yanlış yorumlara neden olabilmektedir.**

**Ham suyun pH, sıcaklık, EH, DO gibi değerlerinde değişim test standardına göre kolon malzemesinin çözünürlüğü üzerinde direkt etki yapabilir.**

**Test katı malzeme sonuç analizi; mineral çözünme ve ikincil çökeltme ürünlerinin tip ve miktarını belirleme, tepkime vermeyen, sınırlı veren mineralleri belirleme, kontrol ve model girdi ve çıktıların doğrulama amaçlı kullanılmaktadır.**

**Test minimum 20 hafta işletilmeli ve son 10 haftada pH, sülfat, Ca, Mg, alkalinite, asidite gibi analizlerde sağlanan stabilite sonrası sonlandırılmalıdır.**

**Su kalitesi ölçüm cihazlarının, ölçümler (pH, çözülmüş oksijen ve doygunluğu,...) öncesinde kalibrasyonları mutlaka yapılmalıdır.**

**Özellikle, pH ve çözülmüş oksijen kalibrasyonları hava sıcaklığı ve basıncı gibi dış etkenlere bağlı değişebildiğinden gün içinde değişen ölçüm zamanlamalarında ve yeni takılan problara bağlı olarak tekrarlanmalıdır.**



## Kinetik Testlerde dikkate alınan şartlara örnek bir test tasarımı

Kinetik Test Tasarımları	Test Koşulları	İşletme ünitesi	Saha Şartları	Malzeme Özelliği	Test Ortamı	Test Yapısı	Test Sayısı	Parça Boyutu
<b>Damlama Liç Kolonu</b>	Birincil mineral çözünmesi, ikincil mineral çökmesi (jeokimyasal model) ve sonuç drenaj kimyası (saha alıkonma süresi m3/kg/yıl)							
<b>Tip 1</b>	atmosfere açık (atmosfer temaslı kapalı ocak ve pasa drenajı)							
<b>Benzetim 1</b>	yağış suyu malzeme etkileşiminin drenaj kimyasına etkisinin ölçekli benzetimi	A1	B1a-B2a	C1 C2	Lab	Suya Doymamış	1	Pasa-temsili
<b>Benzetim 2</b>	yeraltı suyu malzeme etkileşiminin drenaj kimyasına etkisinin ölçekli benzetimi	A1	B1a-B2a	C1 C2	Lab	Suya Doymamış	1	KO-Temsili
<b>Tip 2</b>	atmosfere sınırlı kapalı (kapalı ocak işletme dönemi drenajı, işletme sonrası pasa)							
<b>Benzetim 1</b>	izolasyon etkinliğinin drenaj kimyasına etkisinin ölçekli benzetimi	A2	B1b-B2b	C2	Lab	Suya Doymamış	1	Pasa-temsili
<b>Benzetim 2</b>	yeraltı suyu basması etkisinin drenaj kimyasına etkisinin ölçekli benzetimi	A2	B1b-B2b	C2	Lab	Suya Doymamış	1	KO-Temsili
<b>Su Basmalı Liç Kolonu</b>	Birincil mineral çözünmesi, ikincil mineral çökmesi (jeokimyasal model) ve sonuç drenaj kimyası							
	atmosfere kapalı (işletme sonrası Kapalı Ocak, işletme sonrası pasa)	A2	B1b-B2b	C2	Lab	Suya Doymamış	1	KO-Temsili
<b>Duvar Yıkama Testi</b>	kapalı ocak işletim ve kapanış sonrası dönem kinetik test verisi (HCT test amacı ile aynı)	Kapalı Ocak	B1a-B2a	Kazı Duvarı	Saha	Suya Doymamış	1	KO-Temsili
<b>Nem Hücresi Testi (HCT)</b>	Birincil tepkime oranları; asit üretimi & nötralizasyon tepkimeleri ve element salınımı (drenaj kimyasını vermez)	Kapalı Ocak	B1a-B2a	Kompozit	Lab	Suya Doymamış	1	KO-Temsili

## Hazırlanan Teorik Hesap Tahmini Yazılım Yapısına Örnektir (tamamlanması sonrası tüm paydaşlarla paylaşılacaktır) Örnektir

### Asidite Tahmini ve Nötralizasyon Maliyeti

Sarı renkli hücrelerin varsayılan girdi verilerini saha drenaj kalitesi değerlerine göre ayarlayın.

Nötralizasyon malzemesi verilerini satın alınacak malzeme özelliklerine göre ayarlayın.

Nötralizasyon malzemesi fabrika çıkış verileri değişkendir, saflık ve verimliliğini satın alma öncesi karşılaştırma çözültisi ile test edin.

Nötralizasyon malzemesi verimliliği üzerinde nakliye, fiziksel ve kimyasal yapı dahil çok sayıda etken vardır.

#### Nötralizasyon Malzemesi

	CaCO3	CaO	Ca(OH)2
	100.086	56.077	74.092
	<b>Kireçtaşı</b>	<b>Kireç</b>	<b>Sönmüş Kireç</b>
Saflık	75%	95%	95%
Verimlilik	90%	95%	95%
Birim Fiyat (TL)	100	500	600

Parametreler	Havuz-Göl Girişi													Nötralizasyon Malzemesi					
	pH	Cr	Fe+2	Fe+3	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Sb	Tahmini Asidite	Debi	Tahmini Asidite	Eşdeğer Kütle	Eşdeğer Kütle	Eşdeğer Kütle
	birimsiz	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg CaCO3/L	metreküp/gün	ton CaCO3/debi	Ton/debi	Ton/debi	Ton/debi
	4	1	0	200	50	10	1	1	1	1	1	1	1	854	1000	0.854			

#### Temel Varsayım ve Kabuller

1. Drenajın asit potansiyeli tahmini pH ve çözünmüş metal verilerine göre yapılmıştır. Burada verilen tahmin, nötralizasyona bağlı oluşması muhtemel baskın tepkimeleri dikkate almaktadır. Asidite laboratuvar şartlarında oldukça kısa zaman aralığında redoks şartların yükseltgen olduğu veya yükseltgen şartlara getirildiği ve pH 8.2 değerini dikkate alarak belirlenir. Burada verilen hesaplamalara göre daha düşük asidite değeri verebilir.
2. Asidite tahmini suda çözünmüş metalleri dikkate almaktadır. Drenaj kalitesi için sahadan alınan numunenin askıda katı maddelerden uygun gözenek çapındaki filtreler (0.1, 0.2 veya 0.45 µm) ile ayrılmış örnek analizlerini yansıtır olması gerekir. Sudaki askıda katı maddelerde içeren parçalama numunelerindeki toplam metal içeriği asit potansiyelini fazla tahmin edebilir.
3. Numune taşınma sırasında ve laboratuvarında analize kadar geçen zamanda yükseltgenerek içerdiği bazı metallerin çökmesine ve buna bağlı pH değişimine maruz kalabilir. Girdilerde saha pH değeri kullanılabilir ancak analizler laboratuvar şartlarını yansıttığından varsa laboratuvar pH değerini kullanmak daha yararlıdır.
4. Drenaj suyu redoks şartları Fe ve Cu gibi sudaki çözünmüş metallerin davranışına bağlı değişen asit potansiyeli üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bu konuda bilgiye sahip değilseniz analizlerden alınan verileri Fe+3 ve Cu+2 olarak toplam değerlerde olduğunu varsayın ve buna göre kullanın. Bu durum asiditenin fazla tahmin edilmesine neden olabilir.
5. Nötralizasyon kütlesi ve debiye (debi metal akış yükünü hesaplamada kullanılır) bağlı değişen maliyet tahmini üzerinde çok sayıda değişken etkili olabilir.
6. Bu tahmin aracı ile yapılan nötralizasyon malzemesi karşılaştırmalarında, tasarım ve işletim maliyetleri hesaba katılmamıştır. Drenaj suları arıtmasının nasıl yönetilebileceğinden emin değilseniz, lütfen daha fazla bilgi ve tavsiye alın.
7. Tahmin gereksinimleri ve maliyetleri sadece su kimyası, debi ve nötralizasyon malzemesi verileri dahilinde geçerlidir.

Hesaplamalarda kullanılan tepkimeler

Kireçtaşı (CaCO3: 100.086 g/mol)  $CaCO_3 + H_2SO_4 + H_2O = CaSO_4.2H_2O(k) + CO_2(g)$

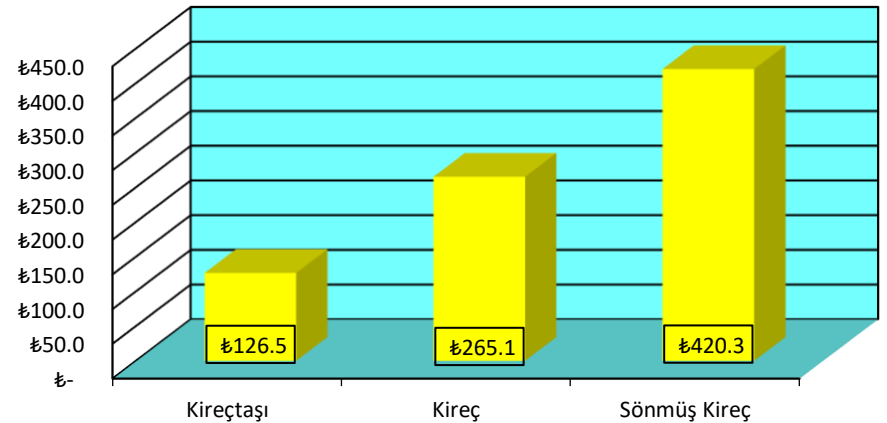
Kireç (CaO: 56.077 g/mol)  $CaO + H_2SO_4 + H_2O = CaSO_4.2H_2O(k)$

Sönmüş Kireç (Ca(OH)2: 74.092 g/mol)  $Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4.2H_2O(k)$

Dikkate alınan tepkimeler, olası nötralizasyon potansiyelinin hesaplanmasına yardımcı olur ancak arıtma sistemindeki gerçek veya olası tepkimeleri temsil etme yeterliliği taşımazlar. Sızıntı suları arıtma tasarımı öncesi arıtma testlerinin yapılması önerilir.

Debi Etkin Birim Kütle	1.2652	0.5302	0.7005
Debi Etkin Birim Maliyet	₺ 126.5	₺ 265.1	₺ 420.3

### Nötralizasyon Maliyeti



## Örnektir

Ana Menu

Anyon Katyon Yük Denge Hatası (YDH) Tahmini

İyonik yük dengesi hesaplamalarında suda çözünmüş ana anyon ve katyonların girilmesi gereklidir. Ana anyon ve katyonlar yüzey ve yeraltı sularından yağış ve asit drenajı gibi karakteristiklerdeki gözelti kimyasında farklı içeriklerde değişim göstermektedir.

Altta belirtilen ana katyon ve anyonlar asit drenajı karakterizasyonu dikkate alınarak oluşturulmuştur. Listede yer almayan ancak analizlerle yüksek oranlarda olduğu belirlenen elementler listeye eklenebilir.

Numune 1 satırın örnek olması amacı ile doldurulmuştur. Numune pH değerinin 7 den küçük yada büyük olması durumuna göre uygun satıra yazılmalı diğeri boş bırakılmalıdır. Hata hesabında 7'den düşük pH değerleri katyon yüksek pH değerleri anyonlara eklenmektedir.

Laboratuvar sonucuna göre toplam alkalinite mg CaCO<sub>3</sub> veya mg HCO<sub>3</sub> olarak birisi tercih edilmelidir.

Anyonlar																								Katyonlar									
Parametreler	pH (<7)	pH (>7)	Cl	SO4-2	Toplam Alkalinite	Toplam Alkalinite	NO3	NO2	F	Toplam P	As	Cr	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	NH4+ : N	Anyon milieşdeğer/L	Katyon milieşdeğer/L	YDH Tahmini	Asidite (Hedin 2006)					
Numune	birimsiz	birimsiz	mg/L	mg/L	mg CaCO <sub>3</sub> /L	mg HCO <sub>3</sub> /L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	meq/L	meq/L	%	mg CaCO <sub>3</sub> /L					
1	3		10	1000	0		10	0.1	1	1	1	1	5	2	10	1	300	100	1	1	1	1	1	0.1	21.44	22.85	-3.18%	1410.9					