

## Emet Kolemanit Atıklarının Susuzlandırma Olanaklarının Araştırılması

Ş. G. Özkan

*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, MadenMüh. Böl, Avcılar, İstanbul*

H. Cebi

*Eti HoldingA.Ş., Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Güvercinlik, Ankara*

**ÖZET:** Bu çalışmada, Eti Holding- Emet Kolemanit İşletmesi'nde bulunan Hisarcık ve Espey Konsantratörleri'nden atık göletlerine gönderilen pülp halindeki atıkların zamanla gölet hacimlerini doldurmasının önüne geçilmesi için susuzlandırma parametrelerinin saptanması amaçlanmıştır, ilk kısımda susuzlandırmanın cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerindeki önemi üzerinde durulmuş ve takiben işletme hakkında genel bilgiler verilmiştir. Deneysel çalışmalarda ise, karakterizasyon kısmında numune hazırlama, atıklara ait yoğunluk, bulanıklık, pH değerleri, tane boyut dağılımı ve komple kimyasal analizlere yer verilmiştir. Katı-sıvı ayırımına temel oluşturacak mezür, santrifüj ve flokülant testleri ise çöktürme testleri ana başlığı altında toplanmıştır. Sonuç olarak, atık numunelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uygun olması dolayısıyla pratikte katı-sıvı ayırımına kolay cevap verebileceği saptanmıştır.

**ABSTRACT:** In this study, determination of dewatering parameters was aimed in order to prevent overflowing of tailing ponds due to large amount of wastes in pulp form from the Hisarcık and Espey Concentrators at the Emet Colemanite Mines of Eti Holding. At the beginning of this study, importance of dewatering for mineral processing and concentration plants was emphasized and general information about the Emet colemanite mines were also given. In experimental part of the study, characterisation tests include sample preparation, determination of density of wastes, turbidity, pH values, particle size distribution and complete chemical analyses. Basic tests for dewatering, such as jar, centrifuge and flocculation tests are given under the title of sedimentation experiments. Finally, it was determined that the waste samples could be easily dewatered in practice due to their suitable physical and chemical properties.

### 1. GİRİŞ

Cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemleri esnasında kullanılan suyun ortamdaki uzaklaştırılması işlemine katı-sıvı ayırımı veya susuzlandırma adı verilir ve bu işlem serbest çökelme, filtrasyon ve kurutma olmak üzere üç ana grupta incelenebilir. Cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerinde elde edilen ürünlerin kullanım alanına göre yeterli kumlukta olması gerektiğinden bu işlemlerin herbiri tek başına uygulanabileceği gibi tamamı birlikte de uygulanabilir. Tesislerde su ile karışım halinde bulunan katı malzemelerin özgül ağırlıkları ile orantılı serbest çökelmesine bağlı olarak basit çöktürme işlemi ile malzemedeki suyun yaklaşık % 80'ini ortamdaki uzaklaştırabilmektedir. Geriye kalan malzeme ise filtre edilerek katı oranı % 80-90 civarında bir ürün ve ardından gerekirse bir kurutma işlemi ile katı oranı % 95'in üzerinde olan yeterli

kurulukta bir son ürün elde edilebilmektedir, (İpekoğlu, 1997).

Bu çalışmada, Emet Kolemanit İşletmesi'nde yer alan Hisarcık ve Espey konsantratörlerinden göletlere ayrı ayrı atılan atık malzemenin karakterizasyonunu takiben susuzlandırma işlemine ışık tutacak parametrelerin saptanması amaçlanmıştır.

Eti Holding Emet Kolemanit İşletmesi'nde biri Hisarcık diğeri ise Espey bölgesinde iki adet açık işletme'de kolemanit cevheri üretimi yapılmakta ve elde edilen bu cevherler Hisarcık ve Espey'de yer alan konsantrator tesislerinde işlenmektedir. Tesislerde zenginleştirme işlemi kırma, eleme işlemlerini takiben, basit yıkama ve sınıflandırma ile cevher bünyesinde bulunan killerin ortamdaki uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır (Delice ve Konuk, 1994).

işletme yetkililerinden edinilen bilgilere göre mevcut tesis kapasitelerine bağlı olarak Hisarcık Konsantratörü'nde 150 t/saat cevhere karşılık 350 m<sup>3</sup>/saat yıkama suyu, Espey Konsantratörü'nde ise 30 t/saat cevhere karşılık 80 m<sup>3</sup>/saat yıkama suyu kullanılmaktadır. Bu değerlere göre birim ton cevher başına tesislere beslenen yıkama suyu miktarı Hisarcık için 2.5 u<sup>3</sup>, Espey için ise 3 m<sup>3</sup> civarındadır.

Cevher hazırlama tesis atıklarının ortamdan uzaklaştırılması sırasında uygulanan katı-sıvı ayırımı işlemi, üzerinde önemle durulması gereken bir husustur. Bu işlemin ihmal edilmesi çevre açısından sakıncalar yaratmakta ve bu olayın önlenmesi için çeşitli tedbirler alınması gerekmektedir (Dahlstrom, 1985), (Önal ve Poslu, 1989), (Özkan ve Yersel, 1994), (Wills, 1988).

Tesislerde ürünler alındıktan sonra geriye kalan atıkta belli miktarda kaçak kolemanit ve kil bulunmakta ve bu malzeme, pülp halinde göletlere gönderilmektedir. Mevcut bilgilere göre her iki konsantratörden atılan pülp içerisindeki katı oranının % 5-10 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Zamanla göletlere gönderilen pülp içerisindeki katılar sedimantasyona bağlı olarak çökelmekte ve gölet yüzeylerinde biriken su tesislere pompa yardımı ile yeniden basılmaktadır. Ancak, pülp içerisindeki katı maddeler zamanla göletleri doldurduğundan gölet hacimleri yetersiz hale gelmektedir. Bu yüzden tedbir olarak ya göletleri çevreleyen duvarların seviyeleri yükseltilmekte ya da yeni göletlerin yapımı gündeme gelmektedir.

Bu çalışmada, yukarıdaki tedbirlere alternatif olarak göletlere gönderilen pülp içerisindeki katıların daha hızlı ve verimli bir şekilde çöktürülmesini sağlayarak, konsantratör tesisinden atılan pülpteki katıların ve suyun birbirinden ayrıştırılması amaçlanmıştır. Bu yüzden, elde edilen suyun yeniden değerlendirilmesi ile katıların yığılabilir hale getirilerek tumba sahasına dökülmesi ve katı-sıvı ayırımı denemelerinin yapılması öngörülmüştür.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Numune Alma ve Hazırlama işlemleri

Bu çalışma kapsamında Emet Kolemanit İşletmesi'ne gidilerek Hisarcık ve Espey Konsantratörleri'nde incelemelerde bulunulmuş ve her iki tesisten de atık göletlerine gönderilen pülplerden her bir vardiya için

Ş. G. Özkan, H. Çebi

yarımşar saat arayla temsili numuneler alınmıştır. Bu numuneler bidonlara konularak laboratuvara taşınmış ve numuneler üzerinde deneysel çalışmalara geçilmiştir.

### 2.2. Karakterizasyon Testleri

#### 2.2.1. Yoğunluk, Bulanıklık ve pH Değerlerinin Tayini

Pülp halinde bidonlarda bulunan numuneler, bidonlar iyice çalkalanmak sureti ile homojen hale getirilmiş ve bazı fiziksel parametrelerin ölçümü yapılmıştır. Pülpere ait pH değerleri dijital pHmetre yardımı ile Hisarcık numunesi için 8.78, Espey numunesi için ise 8.85 olarak tespit edilmiştir.

Pülpierdeki katı malzeme iki saatlik süre için serbest çökelmeye bırakıldıktan sonra elde edilen sıvılar üzerinde bulanıklık ölçümleri dijital nefelometre (türbidimetre) cihazı yardımı ile yapılmış ve Hisarcık numunesi için bulanıklık değeri 5.70 NTU, Espey numunesi için ise 6.90 NTU olarak saptanmıştır (Karşılaştırma amacı ile aynı cihazla saf su için bulanıklık değeri 0,02 NTU ve çeşme suyu için ise 0.08 NTU olarak belirlenmiştir). Bu sıvıların lazerli tane boyutu analizöründe tetkiki sonucu ölçülebilir irilikte katı malzemeye rastlanılmamıştır.

Pülpere ait yoğunluk değerleri ise piknometre (50 ml'lik) ile ölçülmüş ve Hisarcık numunesi için 1.045 g/cm<sup>3</sup> ve Espey numunesi için 1.044 g/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Özgül ağırlık tayininde; pülplerden belli miktarlarda temsili olarak alınan numuneler önce süzölmüş, daha sonra elde edilen malzemeler etüvde 105 °C'de kurutulmuş katılara ait hakiki yoğunluk (özgül ağırlık) değerleri elektronik piknometre yardımı ile Hisarcık numunesi için 2.453 g/cm<sup>3</sup> ve Espey numunesi için 2.592 g/cm<sup>3</sup> olarak saptanmıştır.

Bu bilgilerden hareketle, pülpierdeki katı oranları hesap yoluyla Hisarcık numunesi için % 7.27 ve Espey numunesi için % 6.86 olarak bulunmuştur. Ayrıca hesap yoluyla bulunan bu değerlerin sağlamlarını yapmak üzere, pülplerden temsili olarak numune alınarak kurutma yoluyla ortalama katı yüzdeleri de belirlenmiş ve bu değerlerin hesap yoluyla bulunan değerlerle uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.

## 2.2.2 Jane Boyut Dağılımı Analizleri

Pulp halinde bidonlar içerisinde bulunan Hisarcık-ve Espey atık numunelerinden alınan temsili numuneler mikro ölçekli hassas elekler ve lazerli tane boyut cihazı (Malvern marka-2600 model) kombine olarak

kullanılarak, tane boyut dağılımı saptanmıştır. Hisarcık ve Espey numunelerinin tane boyut dağılımına ait veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 : Hisarcık ve Espey Kolemanit Atıklarının Tane Boyut Dağılımı

Tane İriliği (mikron)	Hisarcık			Espey		
	%Ağ.	ZEA	ZEU	%Aft	SEA	2EÜ
-212+150	4,34	100,00	4,34	9,12	100,00	9,12
150+106	22,15	95,66	26,49	11,21	90,88	20,33
-106+74	16,24	73,51	42,73	12,54	79,67	32,87
-74+53	18,12	57,27	60,85	10,76	67,13	43,63
-53+38	12,73	39,15	73,58	12,37	56,37	56,00
-38+20	9,69	26,42	83,27	10,99	44,00	66,99
-20+10	6,37	16,73	89,64	7,32	33,01	74,31
-10+5	4,86	10,36	94,50	9,54	25,69	83,85
-5+1	3,52	5,50	98,02	12,33	16,15	96,18
-1	1,98	1,98	100,00	3,82	3,82	100,00
<b>Toplam</b>	100,00	-	-	100,00	-	-

## 2.2.3. Komple Kimyasal Analizler

Hisarcık ve Espey Konsantratörleri'nden alınan atık numuneleri komple kimyasal analize tabi tutulmak amacıyla laboratuvardaki etüvlerde kurutulduktan sonra elde edilen katı malzemeler temsili hale getirilmiş ve analiz laboratuvarına gönderilmiştir. Komple kimyasal analizlere ait sonuçlar uygulanan yöntemlerle birlikte Tablo 2'de verilmiştir.

Komple kimyasal analiz sonuçlarına göre her iki tip atık numunesi için B2O3 % miktarlarının daha önce işletmece yapılmış rutin analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında çok düşük olduğu gözlenmiş de, bu tenor değerleri bile konsantratörlerden kaçan kolemanit miktarının ne denli yüksek olduğunu göstermiştir

Tablo 2: Komple Kimyasal Analiz Sonuçları.

Bileşenler (%)	Numuneler		Analiz Yöntemi
	Hisarcık	Espey	
B2O3	8.63	12.38	Volümetrik
CaO	7.43	11.16	A.A.S. "
SiO <sub>2</sub>	38.94	38.85	Gravimetrik
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.13	3.46	A.A.S.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.60	1.00	A.A.S.
SrO	0.32	0.54	A.A.S.

## 2.3. Çöktürme Testleri

Katı-sıvı ayırımına temel oluşturacak çöktürme parametrelerinin saptanması için çöktürme testleri yapılmasına karar verilmiş ve atık numunelerine ait çökme karakteristiklerinin saptanması amacıyla, sırasıyla mezürlerde serbest çöktürme, santrifüj cihazı

yardımıyla çöktürme ve flokülant kullanımı ile çöktürme testleri yapılmıştır.

## 2.3.1. Mezür Testleri

Bidonlarda pulp halinde bulunan atıklar homojen hale getirilmek amacıyla kanştırıldıktan sonra temsili olarak alınan numuneler çapı 60 mm, boyu 328 mm ve hacmi 1000 ml olan mezürlere konularak, bir kaç

denemeden sonra serbest çökme sonucu oluşan çamur hattı seviyesinin zamana bağlı değişimi saptanmıştır Şekil 1'de Hisarcık ve Espey numunelerine ait serbest çökme eğrileri görülmektedir.

Mezürde çöktürme testleri sonucu, Şekil 1'den de görüldüğü üzere Hisarcık numunesine ait çamur hattı seviyesinin başlangıç seviyesi olan 328 mm'den bir saatte 56 mm'ye, iki saatte 43 mm'ye ve sürenin 24 saatin üzerine çıkarılmasıyla 23 mm'ye kadar düştüğü ve Espey numunesi için bu değerlerin sırasıyla 197 mm, 112 mm ve 39 mm olduğu saptanmıştır.

Buna göre, serbest çökme açısından Hisarcık numunesinin kısa bir süre içerisinde makul değerlere ulaştığı ve çökme hızının yüksek olduğu, ancak Espey numunesinin aynı sürelerde daha düşük oranda ve >avaş olarak çöktüğü söylenebilir. Başlangıçta her iki numune içm ağırlıkça yaklaşık % 7 olan pülpteki katı oranı, 1, 2 ve 24 saatlik sürelerdeki serbest çökme sonrası oluşan çamur hattı seviyesinin altında kalan kısım için hesap yoluyla Hisarcık numunesinde % 35.33, % 43.40 ve % 66.07 ve Espey numunesinde % 11.12, % 18.66 ve % 43.71 olarak bulunmuştur

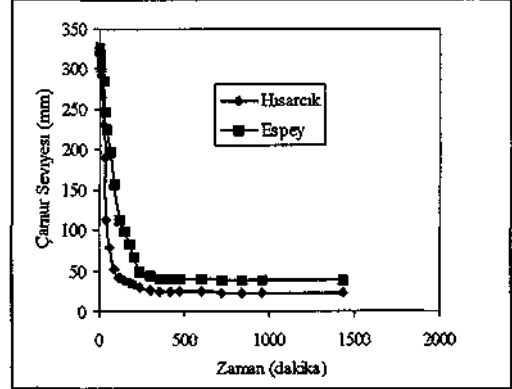
### 2.3.2. Santrifüj Testleri

Atık numunelerinin santrifüj kuvvet etkisi altında çökme koşullarını incelenmek amacıyla santrifüj cihazı ile çöktürme testleri yapılarak, zaman ve dönüş hızına bağlı çökme karakteristikleri araştırılmıştır. Mezür testleri sonucunda malzemelere ait çökme miktarlarının yüksek olduğu tespit edildiğinden santrifüjle yapılan deneylerde bir dakikalık süre sabit alınmış ve Hisarcık atık numunesi için santrifüjün optimal dönüş hızı 2500 rpm olarak bulunmuştur. Espey numunesi içm ise bu değer 3000 rpm olmuştur. Optimal donuş hızı tespitinde çökelen katıların üst kısmında kalan sıvının berraklığı göz önünde tutulmuştur

### 2.3.3. Flokulant Testleri

Malzemelerin serbest çökmesinin kolay olmasına rağmen daha önce bu tip killi malzemeler için denenmiş bir flokulant (Cyanamid, A-130) ilavesi sonucunda ne gibi etkileşimler göstereceğini tespit amacı ile her iki numune için ayrı ayrı ve her bir deneyde artan miktarlarda (5-8-10-20-40 mi) flokulant kullanılarak, mezürlerde çöktürme testleri yapılmıştır Bu testler sonucunda, % 0.1'lik çözelti

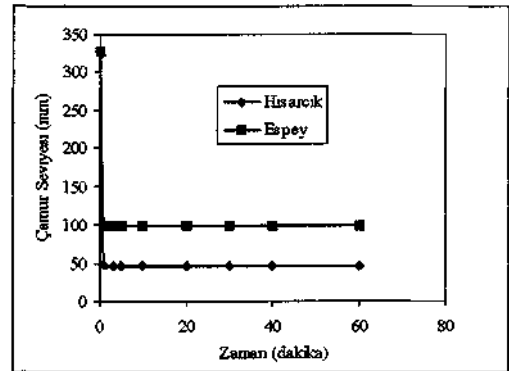
halinde hazırlanmış Cyanamid A-130 yardımıyla 1000 ml'lik mezürlerde çöktürülen Hisarcık atığı içm optimal flokulant sarfiyatının 8 mi, Espey atığı için



Şekil 1 : Serbest Çökme Eğrileri

ise bu değer 10 mi olduğu saptanmıştır 1000 ml'lik mezürlerde pülp halinde bulunan atık numunelerine ait çamur hattı seviyesinin başlangıç seviyesi olan 328 mm'den bir dakika gibi kısa bir süre sonunda Hisarcık numunesi için 8 ml'lik flokulant kullanımı ile 46 mm'ye ve Espey atık numunesi için ise 10 ml'lik flokulant kullanımı ile 98 mm'ye kadar düşüğü saptanmıştır.

Şekil 2'de numunelere ait flokulantla çöktürme sonucu oluşan çamur hattı seviyesinin zamana karşı değişimi görülmektedir. Flokulant yardımıyla çöktürme sonrası çamur hattı seviyesinin altında kalan kısımdaki pülpün Hisarcık numunesi için % 41.05 ve Espey numunesi için % 20.82 oranında ağırlıkça katı içerebileceği hesap yoluyla tespit edilmiştir.



Şekil 2: Flokulantla Çöktürme Eğrileri

## 3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Eti Holding Emet Kolemanit işletmesi, Hisarcık ve Espey Konsantratorları'ndan atık göletlerine pulp halinde gönderilen malzemelerden alınan temsili numuneler üzerinde laboratuvarda yapılan incelemeler sonucunda, bu malzemelere ait fiziksel ve kimyasal özellikler belirlenmiş ve katı-sıvı ayırımına esas teşkil edecek parametreler saptanmıştır. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlardan hareketle, Eti Holding Emet Kolemanit İşletmesi'ne bağlı Hisarcık ve Emet Konsantratorları'ndan atık olarak göletlere gönderilen malzemelerin uygun çökeltme karakteristiklerine sahip olduğu anlaşılmış ve katı-sıvı ayırımı için gerekli parametreler saptanarak, atık problemlerinin çözümü için bir takım önerilerde bulunulmuştur.

İşletme'nin halen atık problemlerinin çözümü için yaptığı atık göletleri inşası, yapılan deneyler ve ölçümler sonucu, atık problemlerinin çözümü için en akılcı yol olarak gözükmektedir. Ancak, göletlerin zamanla dolarak gölet hacimlerinin yetersiz hale gelmesi durumunda, malzemelere ait özellikler göz önünde bulundurularak bir takım önlemler alınabilir. Halen işletme'deki atık göletlerinin çevredeki topografyaya uyumlu bir şekilde eğimli olarak inşa edilmesi, gölet yüzeyinde binken berrak suyun bir pompa yardımıyla rahatlıkla ortamdaki uzaklaştırılmasını sağladığından uygun olarak gözükmektedir. Zamanla çökelen yığılabılır nitelikteki malzemenin göletlerin dışında ayrı bir yere, örneğin tumba sahasına taşınmasıyla gölet hacimlerinin yetersiz hale gelmesinin önüne geçilebileceği açıktır.

Atık malzemelerin serbest çökeltme oranlarının yüksek olması, katı-sıvı ayırımı amacıyla ilave masraf yapılarak santrifüj veya tıkmır kullanımına gerek olmadığı sonucunu doğurmuştur. Serbest çökeltme oranının yüksekliği flokulant kullanımının gereksizliğini ortaya koysa da, malzemelere ait özellikler zamanla değişebileceğinden, gölet yüzeylerinde binken suyun konsantratorlarda yeniden kullanılabilmesi amacıyla yeterli berraklığa kavuşturulması için bir bekletme havuzunda ve gerekirse az miktarda flokulant ilave edilerek dmlendirilmesinin gerekebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Dahlstrom, D A, "Thickening, Filtering, Drying", SME Mineral Processing Handbook, Vol 1, Section 9, p 9-1 / 9-26, Editor Weiss, N L, 1985, New York, ABD
- Delice, K ve Konuk, I, "Eti Bank Bigadiç Bor Madenleri İşletmeleri Müessesesi Atık Probleminin Araştırılması Nihai Raporu", Eti Holding Bor Araştırma Merkezi Araştırma Raporu, Sayı 16, Haziran 1994, Menderes, izmir
- Ipekoğlu, U, "Susuzlandırma ve Yöntemleri", Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yayın No 179,2 Baskı, 1997, Bornova, izmir
- Onal, N ve Poslu, K, "Eti Bank Bigadiç Bor Madenleri Konsantrator Artık Sularında Katı-Sıvı Ayırımı ve Filtrasyon Etudu", Anadolu Üniversitesi, Muh -Mim Fak, Maden Mühendisliği Bölümü, Biümie Odevi, 1989, Eskişehir
- Özkan, Ş G ve Yersel, Ş E, "Eti Bank Emet Kolemanit İşletmesi Müessesesi Atık Probleminin Araştırılması", Eti Bank Bor Araştırma Merkezi Araştırma Raporu, Sayı 21, Kasım 1994, Menderes, İzmir
- Wills, B A, Mineral Processing Technology, 4th edition, p 644-685, 1988, İngiltere