

Cevher Hazırlama Tesisleri Artıklarının Değerlendirilmesi

E. Kaya

Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. Bölümü, İzmir

ÖZET: Bu makale konsantre artıklarının değerlendirilmesi ve artıklardan endüstriyel hammaddeler üretilmesi için yapılmış bir çalışmanın sonuçlarını sunuyor. Artıklardan kazanılacak yeni yan ürünler bu artıkların olduğu çevrenin cinsine ve zenginleştirme işlemine bağlı olarak değişim göstereceği açıktır. Bu çalışmada beş ayrı cevher hazırlama tesisi artıkları incelenmiş ve analiz sonuçları ayrıntılı şekilde sunulmuştur. Artıkların tane boyut dağılımları, artıklarda bulunan elementlerin ve minerallerin miktarları, değerli minerallerin varlığı ve miktarları, değerli minerallerin flotasyon yapmak için tane serbestleşme durumları incelenmiştir. Bu çalışmanın ana amacı konsantre artıklarını değerlendirmek için yapılacak işlemleri belirlemek ve izlenecek bir akım şemasının oluşturulmasıdır.

ABSTRACT: The potential to recover by-products from mining tailings was evaluated. Variations in potential by-product minerals can be expected for different operations. The primary objective of the present investigation was to establish a streamlined characterization procedure to recover the potential minerals to be used as raw materials for other industries. This paper presents the results of characterization work performed for five different samples collected from different mineral processing operations. The work includes: determination of particle size distributions, elemental and mineralogical analysis, liberation and locking characteristics of sulfides, determination of the presence and quantities of potential by-product minerals. Although identification of the mill tailings would be desirable, the official policies of some companies forbid publication of such data and, therefore, no tailing samples were identified as to source.

1. GİRİŞ

Cevher hazırlama tesislerinde her yıl milyonlarca ton artık üretilmekte ve bu miktar yıldan yıla giderek artmaktadır. Cevher hazırlama tesisleri genellikle cevher içinde değerli metal miktarı % 1 gibi bir tenörle çalışmakta ve artık olarak atılan gang kısım % 90 gibi büyük miktarlarda olabilmektedir. Birçok cevher hazırlama tesisi artık havuzlarında günümüze kadar çok büyük miktarlarda artığı zaten biriktirmiştir (White and Rule, 1971). Gelecekte maden yataklarının tenörlerin düşmesi ile bu artıkların cevher kaynağı olarak kullanılmasının önemi artacaktır (Çiçek et al, 1998; Cristovici, 1986). Ayrıca bu artıklar endüstride hammadde olabilecek birçok değerli maddeleri içermektedir (Llewellyn and Sullivan, 1980; Sekulic et al., 2001).

Maden işletmelerindeki biriken bu artıklar çok büyük miktarlarda olmasına karşın, bunların tenörü oldukça düşüktür. Fakat maden kazısı ve cevher hazırlamada en pahalı işlem olan boyut küçültme işlemleri daha önceden uygulandığı için, basit cevher zenginleştirme işlemleri ile artıklarda bulunan bazı mineraller ekonomik olarak kazanılabilir (Göktepe ve Pooley, 1998; Figueroa, 1976; Holmes et al., 1976; Gomez and Solar, 1995; Lewis, 1998; McWaters, 1990) ve endüstride hammadde olarak kullanılabilir (Sekulic et al., 2001). Bu çalışmada cevher hazırlama tesisi artıklarından yan ürün elde etme potansiyeli araştırılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan artık numunelerin nereden alındığı veya geldiği arzu edilen bir durum olsada, şirketler bu gibi bilgilerin yayınlanmasına karşı

çıkılmaktadır, dolayısıyla numunelerin nereden geldiği gizli tutulmuştur

2. NUMUNE ALMA VE ANALİZ METODLARI

Beş ayrı cevher hazırlama tesisi artık havuzlarından 100kg miktarında numuneler alınmıştır Numuneler şöyle isimlendirilmiştir Numune1 (N1), Numune2 (N2), Numune3 (N3), Numune4 (N4) ve Numune5 (N5) Artıkların tane boyutları zaten küçük olduğundan ayrıca boyut küçültme işlemine tabu tutulmamıştır Numuneler aşağıdaki gibi çeşitli işlemlere tabu tutulmuştur

- Ozgul ağırlık ve bulk yoğunluk (yığın yoğunluğu) ölçümleri,
- Tane boyut dağılımlarını bulmak için elek analizi,
- Hidrosiklon ile şlam kısmının (500 mesh) ayırımı,
- Kimyasal element analizi AA (atom adsorpsiyonu), XRF (x-ray fluorescence) ve ICP (inductively coupled plasma) ile yapılmıştır,
- XRD (x-ray diffraction) ile mineraloji analizleri,
- Sarsıntılı masa ve ağır ortam ayırımı,
- Sulfurlu fraksiyonun flotasyon ile zenginleştirilmesi,
- Sulfursuz fraksiyonlar manyetik ayırmaya tabu tutulmuştur

Numunelerin karakterizasyonunda izlenecek işlemler için genel bir akım şeması Şekil 1 'de olduğu gibi geliştirilmiştir Bu araştırmada artıkları

değerlendirmek için bu geliştirilen akım şeması izlenmiştir Artıklar ilk olarak hidrosiklon ile ıki boyuta (500 /im) ayrılmış, 500 mesh üzeri malzeme sarsıntılı masalarda zenginleştirilmiş ve ağır ve hafif mineraller adı altında ıki tur urun alınmıştır Ağır mineraller flotasyon işlemine tabu tutulmuştur Flotasyon artıkları sulfurlu (yüzen) ve sulfursuz (artık) diye ıki kışıma ayrılmış ve sulfursuz kısım ayrıca manyetik ayırmaya tabu tutulmuştur

3. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

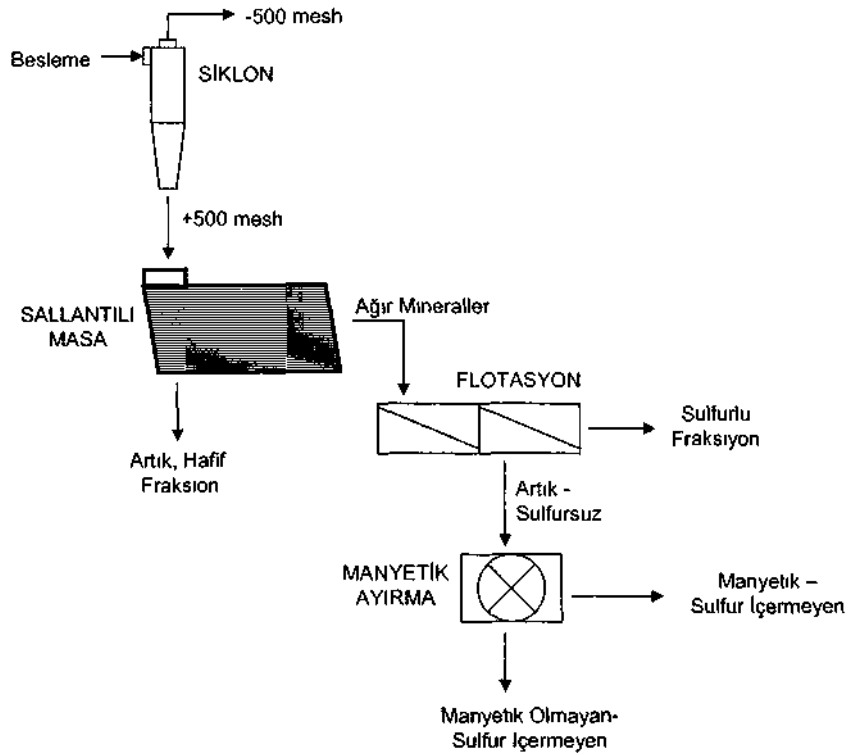
Numuneler Şekil 1 deki akım şemasına göre eşitli işlemlere tabu tutulmuş ve sonuçlar dört grupta aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir

3.1 Boyut Analizi, Ozgul Ağırlık ve Bulk Yoğunlukları

Artıklar Çizelge 1 'de gösterildiği gibi uç boyut dağılımına ayrıldı çakıl (+53 *fm*), kum (-53 *pm* + 2 *jnm*) ve kıl (-2 *jum*) fraksiyonları Numune5 (N5) çakıl ve kıl boyutlarında en düşük orana sahiptir N3 numunesinin çakıl kısmı ise en yüksek oranı içermektedir N2 numunesinin kıl oranı (% 6,7) diğer artıklardan biraz daha yüksektir

Numunelerin ozgul ağırlıklar (Çizelge 2) 2,63 ve 2,98 arasında değişiyor N4 ve N5 artıkları en yüksek ozgul ağırlığa ve ayrıca en yüksek demir içeriğine sahipler

Tane boyut dağılımları yaş elek analizi ile bulundu ve Şekil 2'de gösterilmektedir Butun artıklar 1000 /zm'nin altındadır N3 numunesi en fazla in (P80 = 279 *βm*) ve N5 numunesi en fazla ince (P80 = 128 /im) tanelere sahipti N2 numunesi ise en geniş boyut dağılımına sahiptir



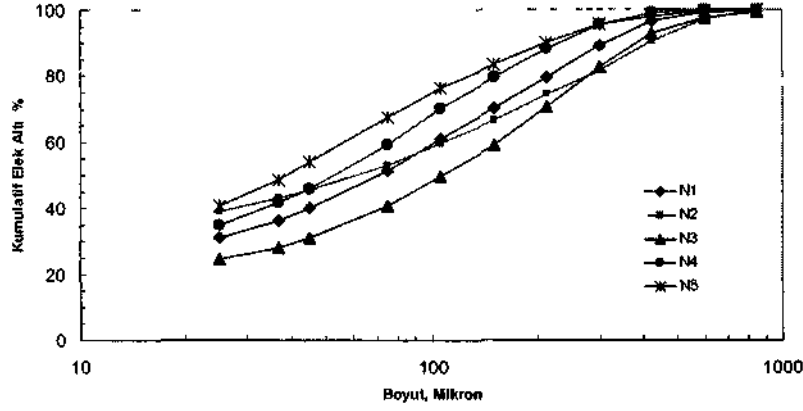
Şekil 1 Artıkları değerlendirmek için uygulanan akım şeması

Çizelge 1 Numunelerin (N1-N5) uç boyut dağılımına ayrılması (% Ağırlık)

Tane Boyutu, mikron	N1	N2	N3	N4	N5
+53 (Çakıl)	57,3	54,2	67,3	55,2	41,2
-53+2 (kum)	32,0	39,1	28,5	40,2	55,2
-2 (İlam)	5,7	6,7	4,2	4,6	3,6

Çizelge 2 Numunelerin (N1-N5) özgül ağırlık ve bulk (yığın) yoğunlukları

	N1	N2	N3	N4	N5
Ozgül Ağırlık, g/cm ³	2,63	2,70	2,67	2,84	2,98
Bulk (yığın) Yoğunluk, kg/m ³	1271	1319	1246	1193	1600



Şekil 1 Numunelerin (N1-N5) araziden alındıkları şekilde tane boyut dağılımları

3.2 Kimyasal Analiz Sonuçları

Kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'de gösterilmiştir. N2 ve N4 numuneleri en yüksek bakır oranı içermektedir (N2 %0,243 ve N4 % 0,235). N4 (% 7,78) ve N5 (% 5,03) numuneleri en fazla ve N3 numunesi ise en az demir oranlarını içermektedir.

N5 numunesi en yüksek TiO_2 (% 0,57) içermektedir. N5 numunesi otekli artıklarla karşılaştırıldığında daha fazla Ce (Cerium) (348 ppm), La (Lanthanum) (224 ppm) ve Nd (Neodymium) (110 ppm) içermektedir. N5 numunesi ayrıca en yüksek As (arsenik) (52 ppm) içeriğine sahiptir. Diğer numunelerin arsenik içeriği 20 ppm'den azdır. N2 numunesi en yüksek Pb (kurşun) oranına (203 ppm) sahiptir.

3.3 Mineraloji ve Tane Serbestleşmesi Analiz Sonuçları

Mineraloji analiz sonuçları Çizelge 4'de ve serbestleşme analizleri Çizelge 5'de verildi. N2 numunesi en fazla kuvars oranı içermektedir (%46).

N3 numunesi en fazla K-feldspat (% 37,4) ve plagioklas (% 28,6) içermektedir. Mika içeren maddeler (sensit ve muskovit) en fazla N2 numunesinde bulunmaktadır. Numunelerden N4 ve N5 en yüksek manyetik konsantrasyonuna sahiptir. N4 numunesi dikkati çekecek kadar garnet içermektedir.

Mikroskop ile yapılan serbestleşme analiz sonuçlarına göre serbest haldeki pirit oranı genel olarak 4,7 ile 7,7 (% hacim) arasındadır. N4 numunesindeki serbest haldeki pirit oranı ise 16,3'tür (% hacim). Serbestleşmiş sülfür konsantrasyonu N3 numunesinde çok düşük (% hacim 0,3) bulunmuştur. Serbestleşmiş kalkoprit konsantrasyonu ise genel olarak % 0,1'in altındadır. N2 numunesi en fazla kalkozin (Cu₂S) ve kovelin (CuS) içermektedir.

Miktar olarak, % 30 sulfürlü bakır, pirit ile bulunmaktadır. N5 numunesinde sulfürlü demirin aşağı yukarı % 10-15M markasit (FeS₂) olarak bulunmaktadır. Gangdaki serbestleşmemiş sülfür miktarı çok azdır (%1,3 ile %4,7 arasında).

Çizelge 3 Numunelerin kimyasal analiz sonuçları (artık havuzlarından alındığı gibi)

Elementler	N1	N2	N3	N4	N5
Ana Elementler					
Cu, %	0,066	0,243	0,050	0,235	0,042
Mo, %	0,005	0,011	0,005	0,008	0,001
Fe, %	1,06	1,20	0,96	5,03	7,78
S hepsi, %	0,93	1,16	1,26	3,62	1,68
Zn, %	0,006	0,027	0,005	0,012	0,039
LOI, %	2,36	3,44	2,80	6,64	2,06
SiO ₂ , %	67,77	69,99	67,56	55,89	49,03
Al ₂ O ₃	14,68	15,37	14,06	12,38	11,34
TiO ₂ , %	0,39	0,25	0,33	0,38	0,57
Na ₂ O, %	2,15	0,32	2,43	0,23	0,78
K ₂ O, %	4,80	5,55	5,26	3,85	4,93
CaO, %	2,05	0,28	2,47	3,12	2,48
P ₂ O ₃ , %	0,15	0,10	0,12	0,17	0,22
Mn, %	0,02	0,02	0,03	0,09	0,16
Mg, %	0,88	0,3	0,46	0,84	2,93
Zr, ppm	138	133	130	116	125
Sn, ppm	<4	<4	<4	<4	<4
W, ppm	25	9	17	6	<4
As, ppm	<20	<20	<20	<20	52
Cd, ppm	<0,2	0,7	<0,2	<0,2	<0,2
Hg, ppm	0,030	0,055	0,032	0,036	0,058
Pp, ppm	13	203	16	12	48
Az Bulunan Elementler					
Ce, ppm	68	47	53	77	346
La, ppm	35	23	29	46	219
Nd, ppm	30	28	25	35	110
Th, ppm	12,0	3,8	13,0	7,2	4,6
Sc, ppm	5,6	2,6	3,7	8,3	14,7
Sm, ppm	4,4	4,4	3,3	5,1	11,8
Hf, ppm	4,0	3,5	4,0	3,4	3,5
Cs, ppm	2,9	2,5	4,8	0,8	4,2
U, ppm	4	2	6	5	2
Eu, ppm	1,1	0,9	0,8	1,3	2,2
Yb, ppm	1	1	<1	2	2
Tb, ppm	<1	<1	<1	<1	<1
Ta, ppm	1	<1	<1	<1	<1
Lu, ppm	0,2	0,2	<0,2	0,3	0,3

3.4 Mineral Zenginleştirme

Artıklar genel olarak Şekil 1'dede görüldüğü gibi ayrıştırma işlemlere tabi tutulmuştur (Şlamin hıdsıklon ile uzaklaştırılması, sarsıntılı masa ile zenginleştirme, flotasyon)

Genel olarak ağır mineral fraksiyonları (>3.3 spesifik gravite) çok az olarak bulunmuştur (% ağırlık %0,37 - %2,0) Fakat N4 ve N5 numuneleri yüksek oranlarda manyetik ve başka ağır mineraller içermektedir. Sonuç olarak, sadece N4 ve N5 artıklarından ağır mineraller kazanılabilir. N5 artıkları demir cevheri manyetik üretimi için elverişlidir.

Yan ürün olarak kuvars ve feldspat üretimi N1, N2 ve N3 artıklarından mümkün olabilir N1, N2 ve N3 artıklarının feldspat analiz sonuçları piyasada satılan feldspata çok yakın olduğu bulunmuştur Feldspat, kuvars ve manyetik ürünlerinin kimyasal özellikleri ve satış fiyatları Çizelge 6 ve 7'de verilmiştir Çizelge 7'de görüldüğü gibi, N1, N2 ve N3 numunelerindeki feldspat oranları piyasadaki satış yapılan feldspat ürünlerine yakındır

Endüstriye bağlı olarak feldspat tane boyut dağılımları değişmektedir Cam üretimi için feldspat genellikle 850 ve 425 mikrona kırılır ve kimyasal analizi şöyledir %4 - 6 K_2O , %5 - 7 Na_2O , %19 civarında Al_2O_3 , ve %0,08 Fe_2O_3 , Çömlekçilikte kullanılan feldspat içindeki oranlar beyaz porselen ve aynı tür seramikler için %4-14 K_2O ve tane boyutu 75 mikron'un altında demir miktarı %0,07'tur Genel olarak, kuvars için istenilen 850 ile 106 micron arasındaki tane boyutu

miktarı %95'tur Cam sanayinde kullanılacak kuvars için istenilen kimyasal özellikler ve tane boyut dağılımları Çizelge 8'de verilmiştir

Sarsıntılı masa (gravite) ve flotasyon işlemleri ile ayrılan ürünler için ağırlık dağılım dengesi Çizelge 9'da verilmiştir Şlam miktarı en az olan ürün N3 numunesidir Sarsıntılı masadan kazanılan sulfurlu mineraller genel olarak pırtı'tır (%79 - %87) N2 numunesindeki pırtı'nın % 22'si genel olarak kalkozin ve kovelin ile kaplıdır N2 ve N4'den elde edilen sulfurlu konsantrelerde serbestleşmiş kalkozin oranı %4,6 ve %2,0 gibi en yüksektir Besleme mali ve gravite artıklarının kimyasal analiz sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir Gravite artıklarındaki demir oranı en fazla olan ürünler N4 ve N5'tir Sarsıntılı masa sulfursuz ürün için mineraloji analizleri miktar olarak Çizelge 11 ve 12'de özetlenmiştir Serbest haldeki kalkopırtı oranı N1 numunesinde en fazladır

Çizelge 4 Numunelerin mineraloji analizleri (artık havuzlarından çıkarıldığı gibi)

Mineraller	N1 (% Ağırlık)	N2 (% Ağırlık)	N3 (% Ağırlık)	N4 (% Ağırlık)	N5 (% Ağırlık)
Kuvars	32,1	45,7	24,3	27,5	18,1
K-Feldspat	25,8	18,9	37,4	16,9	21,3
Plagioklas	22,8	1,4	28,6	1,1	5,1
Muskovit	6,1	22,5	1,5	7,5	0,0
Biotit	2,9	2,5	2,1	7,1	9,8
Klont	3,5	1,0	3,6	0,0	5,7
Pint	0,6	0,7	0,2	3,0	1,8
Kaolenit	0,0	5,0	0,0	5,7	1,6
l/S Karışık Ara Kıl	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Smektit	1,9	1,0	0,0	0,0	9,4
Geotit	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0
Karbonatlar	1,4	0,0	1,7	0,0	0,0
Epidot	0,0	0,0	0,4	0,0	4,0
Manyetit	0,0	0,0	0,0	2,0	4,5
Aktinolit	0,0	0,0	0,0	3,3	4,6
Garnet	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
Diğer	2,9	1,3	0,2	3,5	4,1
Toplam	100%	100%	100%	100%	100%

XRD analizleri Miktarların istatistiksel Standard dağılımı \pm

Çizelge 5 Numunelerin Tane serbestleşme analizleri (artık havuzlarından çıkarıldığı gibi)

Mineraller	N1 (%Hacim)	N2 (%Hacim)	N3 (%Hacim)	N4 (%Hacim)	N5 (%Hacim)
Serbest pirit	4,7	6,0	0,3	16,3	7,7
Serbest kalkopit	<0,1	0,3	0,3	0,3	<0,1
Sulfür içermeyen gang	92,3	89,0	94,7	75,3	76,6
Kısmi-serbest sulfur içeren gang	3,0	4,7	4,7	1,4	4,7
Serbest/kısmi-serbest manyetik mineral	6,7	11,0
Toplam	100	100	100	100	100

Çizelge 6 Artıklardan elde edilebilecek ürünler ve satış fiyatları*

Endüstri	Piyasa Kullanım Miktarı, %	\$/ton
Feldspat		
Seramik derecesi	32	113
Cam derecesi	68	97
Kuars		
Cam üretme	38	16,7
Demir-dokum	22	13,9
Aşındırıcı ve patlatma kumu	4,8	24,5
Hidrolik kırma kumu	5	32,3
Seramik	0,8	56,5
Kimyasal maddeler	2,6	20,2
Lastik ve plastik dolgu	0,4	76,7
Golf sahası malzemesi	4,1	15,7
Filtre malzemesi	0,5	17,7
Ortalama fiyat	—	18,6
Manyetik		
Manyetik, ağır ortam ayırma	—	100
Düşük kalite demir peletler	...	25

* Bu değerler *Mining Engineering* dergisinden (June 2000) alınmıştır

Çizelge 7 Artıklardan elde edilen ürünlerdeki özellikler ile istenilen özellikler (% Ağırlık)*

Feldspat Ürünü			Kuvars Ürünü		
Kimyasal	Konsantrasyon,%	İstenilen,%	Kimyasal	Konsantrasyon,%	İstenilen,%
SiO ₂	67,04-79,20	-70	SiO ₂	98,61-99,93	99,5
Al ₂ O ₃	12,1-19,25	16-18	Al ₂ O ₃	0,05-1,72	<0,15
Fe ^x	0,03-0,09	0,05	Fe ₂ O ₃	0,01-0,38	<0,1
CaO	0,38-1,94	<1	CaO	0,01-0,08	<0,1
MgO	Çok az	Çok az	MgO	0,01-0,09	
Na ₂ O	2,62-12,1	Yüksek	Na ₂ O+K ₂ O	0,01-0,54	<0,2
Li ₂ O	2,12-6,96	Düşük	LOI	0,15-0,5	
TiO ₂	0,35		Fuzyon kayıp	0,07-0,35	
LOI	0,1-0,2				
	0,08-0,09	0,8			

* Değerlerin alındığı kitap *Industrial Minerals and Rock*, 1994

Çizelge 8. Cam sanayisinde kullanılacak kuvars için istenilen şartlar*

Kimyasal Özellikler	Tane Boyut Dağılımı
SiO ₂ , over %90	+20 mesh, %0
Fe ₂ O ₃ , %0.03 maksimum	+30 mesh, %1 maksimum
Cr ₂ O ₃ , 0.0003% maksimum	-100 mesh, %15 maksimum

* Değerlerin alındığı kitap: *Industrial Minerals and Rock*, 1994.

Çizelge 9. Sarsıntılı masa ve flotasyon zenginleştirme ürünlerinin ağırlık dağılım yüzdeleri (%) [bu çalışma sonuçları]

İşlemler	N1	N2	N3	N4 ³	N5 ⁴
Gravite Ürünü	4.55	3.12	3.54	16.50	31.02
• Sülfürsüz'	3.67	2.75	3.07	12.40	4.04
• Manyetik				4.20	13.53
• Manyetik değil				8.21	17.48
• Sülfürlü ²	0.88	0.38	0.47	4.09	1.18
Gravite artıklar, hafif fraksiyon	65.08	68.74	78.14	55.79	42.57
Hidrosiklon üst ürün (şlam)	30.37	28.14	18.32	27.72	26.42
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

¹ Sülfürlü ve sülfürsüz fraksiyonlar flotasyon ile elde edildi.

² Sarsıntılı masa ürününe flotasyon işlemi uygulandı ve manyetik ayırma sülfürsüz fraksiyona uygulandı.

⁴ Manyetik ayırma uygulandı, sonra flotasyon manyetik olmayanlara uygulandı.

Çizelge 10. Besleme malı ve gravite artıkların kimyasal analiz sonuçları [bu çalışma sonuçları]

	N1		N2		N3		N4		N5	
	Giren	Grav. ¹ Artık	Giren	Grav. ¹ Artık	Giren	Grav. ¹ Artık	Giren	Grav. ¹ Artık	Giren	Grav. ¹ Artık
SiO ₂	70,86	77,55	67.31	70.15	68.28	70.95	55.78	66.32	48.99	61.63
Al ₂ O ₃	15,25	11,58	14.55	13.53	14.33	13.74	12.50	12.74	11.35	12.72
CaO	0,19	0.10	2.03	1.84	2.17	1.80	3.08	2.02	2.37	2.47
Na ₂ O	0,27	0.26	2.22	2.33	2.56	2.68	0.24	0.29	0.76	1.07
K ₂ O	5,54	5.03	4.75	4.77	5.24	5.38	3.89	4.60	4.93	5.54
TiO ₂	0,25	0.23	0.40	0.36	0.34	0.29	0.40	0.38	0.58	0.47
Fe	0,93	0.64	0.99	0.84	0.92	0.72	4.86	1.97	7.64	4.17
Toplam	93,11	95.39	92.25	93.82	93.84	95.56	80.75	88.32	76.62	88.07

Hafif Fraksiyon

Çizelge 11. Sarsıntılı masa ürünlerin (sülfürsüz fraksiyon) mineraloji analizi (miktar olarak) [bu çalışma sonuçları]

Mineraller	N1	N2	N3	N4	N5
Kuars	Fazla	Fazla	Fazla	Fazla	Fazla
K-Feldspat	Fazla	Biraz	Fazla	Biraz	Biraz
Muskovit	Biraz	Biraz	Biraz	Çok az	Fazla
Klorit	Çok az		Çok az	Çok az	Biraz
Plagioklas	Biraz		Biraz		Biraz
Demir oksitler	Çok az	Çok az	Çok az		
Kalsit	Çok az		Çok az		
Pirit		Çok az			
Kil		Çok az			Çok az
Gamet				Fazla	
Epidot				Biraz	Çok az
Hornblent				Çok az	
Siderit				Çok az	
Florit					
Olivin					
Biotit					Fazla
Payrofilin					Çok az
Amfibol					Fazla

Çizelge 12. Sarsıntılı masada kazanılan sülfürlü ürünün mineraloji ve serbestleşme analizi (% hacim) [bu çalışma sonuçları]

Tanımı	N1	N2	N3	N4	N5
Serbest pirit	85,00	67,33	87,00	86,33	84,33
Serbest kalkopirit	5,67	0,67	1,00	2,00	0,04
Kısmi serbest sülfür içeren gang	3,33	7,00	5,00	3,00	14,00
Kalkozin ve kovelin içeren pirit	4,33	20,00	5,00	4,33	0,33
Serbest kalkozin	0,01	4,67	0,01	2,00	0,00
Serbest sfelarit	0,67	0,00	0,33	0,67	1,00
Diğer sülfürler ¹	1,33	0,00	1,33	1,67	0,00
Demir oksitler ²	0,00	0,33	0,00	0,00	0,33

¹ Galena, bomit, mohbdenit, tetraedit

² Hematit, manyetik, hidro demir oksitler

4. SONUÇLAR

Yapılan bu araştırma çalışmasında beş ayrı artık numunesi üzerinde yapılan analiz ve zenginleştirme işlemleri sonucu elde edilen bulgulara göre aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Artıklardan yan ürün kazanma potansiyeli tesisten tesise değişmektedir.

2. Araştırma sonuçları ağır minerallerin artıklardan kazanılmasının genel olarak zor olacağını göstermektedir. Fakat N4 ve N5 artıklarından manyetik kazanılması ayrıca incelenebilir ve kazanılan manyetik ürün özelliklerinin kömür işletmelerinde ağır ortam zenginleştirme ve düşük tenörlü demir cevheri

- peletleri endüstrisi için istenilen özelliklere uygunluğu araştırılmalıdır.
3. Yan ürün üretimi için en çok potansiyelin kuvars ve feldspat üretimi olacağı görülmüştür. Üretilen kuvars ve feldspatın endüstride kullanımı aşağıdaki alanlarda olabilir:
- Kuvars: Cam hammaddesi, seramik, kimya sanayii, filtreleme, demir-döküm sanayii.
- Feldspat: Seramik sanayisi derecesinde, cam sanayisi derecesinde.
4. Artıklardan bakır üretilmesi için tenorun düşük kaldığı ve üretim maliyetlerinin daha yüksek olacağı bulunmuştur. Yapılan fizibilite hesapları maliyetlerin bakır için \$1/lb ve üzerinde olacağını göstermiştir.
5. Cevher hazırlama artıkları çimento hammaddesi olabilecek ana maddeleri (Kalsiyum karbonatlar, alüminyum oksitler, silika, demir, etc.) içermektedir. Artıkların çimento hammaddesine katkı malzemesi olabilirliği araştırıldı ve sorun olabilecek maddelerin alkaliler (Na, K) ve sülfür olacağı belirlendi. Artıkların katkı malzemesi olarak kullanılmasını için en büyük sorun bunların üretilmesi için maliyetin yüksek olacağıdır. Mesela, demir (demir cevheri, ve çelik slag), silika, ve alüminyum oksitler'in doğrudan hammadde olarak satın alımı çimento sanayisine daha ucuza mal olmaktadır.
- KAYNAKLAR**
- Çıçek, T., Cocen, I. and Samanlı, S., Sep. 1998, "Gravimetric Concentration of Fine Chromite Tailings" Proceedings of the 7th International Mineral Processing Symposium, Innovations in Mineral and Coal Processing, Ed. S. Atak, G. Önal, and M. S. Çelik, Istanbul, Turkey, A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 731-736.
- Cristovici, M. A., Nov 1986, "Recovery of Gold from Old Tailing Ponds" CIM Bulletin, Vol. 79, No. 895, 27-33.
- Figuroa, C. K., June 1976, "Morenci Tailings Leaching Plant" Transactions of AIME, Vol. 260, 170-173.
- Holmes, J. A., Deuchar, A. D., Stewart, L. N. And Parker, J. D., 1976, "Design, Construction and Commissioning of the Nchanga Tailings Leach Plant" Extractive Metallurgy of Copper, 907-925.
- Gomez, L. and Solar, R. D., 1995, "Tailings Retreatment Plant in Codelco, El Teniente Division," proceedings of Copper 95, Vol. II - Mineral Processing and Environment, Ed. A. Casali, G. S. Dobby, M. Molina and W. J. Thoburn, 67-76.
- Göktepe, F. and Pooley, F. D., Sep. 1998, "Recovery of Copper from a Sulphide Tailings by Bacterial Leaching," Proceedings of the 7th International Mineral Processing Symposium, Innovations in Mineral and Coal Processing, Ed. S. Atak, G. Önal, and M. S. Çelik, Istanbul, Turkey, A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 483-488.
- Industrial Minerals and Rocks, 1994, Ed. Donald D. Carr, 473-481.
- Lewis, W. M., 1998, "Simplified Tailings Recovery Utilizing a Lewis Econosizer" Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton, CO, Preprint No 98-128.
- Llewellyn, T. O. And Sullivan, G. V., 1980, "Recovery of Rutile from Porphyry Copper Tailings Sample," Bureau of Mines Report of Investigations, RI 8462.
- McWaters, T., September 1990, "Magma's Tailings Leach Operation," Mining Engineering, 1075-1080.
- Mining Engineering, June 2001.
- Sekulic, Z., Ignjatovic, M., and Jovanovic, V., Sep. 2001, "The Use of Flotation Tails from Copper Mine in the Cement Industry," Proceedings of the 9th Balkan Mineral Processing Congress, New Developments in Mineral Processing, Ed. G. Önal, S. Atak, A. Güneş, M. S. Çelik, and A. E. Yüce, Istanbul, Turkey, Beril Ofset, 603-607.
- White, J. C. And Rule, A. R., 1971, "Distribution of Sulfide and Oxide Copper in Copper Mill Tailings," Bureau of Mines, Report of Investigations 7498