

**SÜLFÜRLÜ CEVHER FLOTASYONUNDA OKSİTLENMENİN
OLUMSUZ ETKİLERİNİN AZALTILMASI**

**REDUCING NEGATIVE EFFECTS OF OXIDATION ON
FLOTATION OF SULPHIDE ORES**

Seda ÖZÇELİK

Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2019

Seda ÖZÇELİK'in hazırladığı **Sülfürlü Cevher Flotasyonunda Oksitlenmenin Olumsuz Etkilerinin Azaltılması**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İlkey Bengü CAN

Başkan



Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ

Danışman



Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇIRAK

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Özlem BIÇAK

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Okay ALTUN

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak / /..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

çavdar tarlasındaki çocuğa...

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

20/06/2019


SEDA ÖZÇELİK

YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

20 / 06 / 2019


SEDA ÖZÇELİK

ÖZET

SÜLFÜRLÜ CEVHER FLOTASYONUNDA OKSİTLENMENİN OLUMSUZ ETKİLERİNİN AZALTILMASI

Seda ÖZÇELİK

Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ

Mayıs 2019, 98 sayfa

Sülfürlü cevherlerin flotasyon ile zenginleştirilmeleri genellikle kolay olmakla birlikte, yüzey oksidasyonu flotasyon performansının önemli derecede değişmesine neden olabilmektedir. Cevherlerin, flotasyon öncesinde maden sahalarında oksitlenmemesi için birtakım önlemler alınabilmesine rağmen, oksidasyon madencilik işlemleri süresince kaçınılmaz olarak gerçekleşmektedir.

Literatürde, oksitlenmenin olumsuz etkisini azaltmaya yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların, cevherlere farklı şekilde etkisinin olduğu ve flotasyon performansını farklı ölçülerde etkilediği görülmüştür.

Gediktepe cevher yatağı oksitli ve sülfürlü olarak iki ana bölgeden oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında sülfürlü zonun kompozit cevheri ile çalışılmıştır. Kompozit cevheri dört farklı cevher oluşumu (masif pirit, masif pirit-manyetit, dissemine sülfür, ikincil bakır mineralleri açısından zengin zon) içermektedir. Bu çalışmada, oksitlenmenin Gediktepe Cu-Zn kompozit

cevherinin flotasyon performansı üzerine etkisi ortaya konulmuştur. Deneylerde kullanmak için yaklaşık 100 kg olan temsili numune uzun süre üzeri açık şekilde karot sandıklarında bekletilmiştir. Cevherin oksitlenme derecesi EDTA testi ile ortaya konulmuştur. Bekletilen numuneye, Gediktepe cevherinin baz koşulu olarak belirlenen koşulda Cu-Zn seçimli flotasyon testi yapılmıştır, bu koşula göre yüzey oksitlenmesinin Cu flotasyonunda, mineral seçimliliğini azalttığı görülmüştür. Yapılan baz koşul flotasyon testinde Cu devresinde, Cu kaba verimi %82,85 olurken Zn verimi %90.25 olmuştur. Zn mineralinin Cu devresinde yüzmesine bağlı olarak, temizleme devrelerinde yüksek tenörlü Cu konsantresi elde edilememiştir. Zn devresinde ise yüzen malzeme olmamış ve Zn konsantre olarak elde edilememiştir.

Cevherin oksitlenmeden kaynaklı seçimlilik problemini azaltmak için farklı yöntemler üzerinde çalışılmıştır. Öğütme devresinde bastırıcı olarak kullanılan Na_2S ve MBS'nin farklı dozajlarında testler yapılmış, optimum dozajlar belirlenmiştir. Ultrasonik banyonun mineral yüzeylerini yüzey temizleme etkisi, EDTA testi ile belirlenmiştir. Flotasyon öncesinde yüksek hızda kondisyonlama ve sülfürleme ile testler yapılmıştır. Flotasyon performansı açısından en iyi sonuç, yüksek hızda kondisyonlama ve sülfürlemenin birlikte kullanılmasıyla elde edilmiştir.

Belirlenen en iyi flotasyon koşulunda, Cu devresinde, Cu kaba konsantresi %73,71 verim ile elde edilirken, Cu devresinde yüzen Zn verimi %47.41'e düşürülmüştür. 3 kademe temizleme sonunda ise Cu konsantresi tenörü %26,14'e yükseltilmiştir. Zn devresinde ise Zn kaba konsantresi %41,47 verim ile alınmış olup, 3 kademe temizleme sonrası %31.39 tenör ile Zn konsantresi elde edilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Flotasyon, oksitlenme, sülfürlü cevherler, sülfüdizasyon, yüksek hızda kondisyonlama

ABSTRACT

REDUCING NEGATIVE EFFECTS OF OXIDATION ON FLOTATION OF SULPHIDE ORES

Seda ÖZÇELİK

Master of Science, Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ

Mayıs 2019, 98 pages

Although sulfide minerals generally are easy to recover by flotation, surface oxidation can cause significant impact on flotation performance. Some measures can be taken to prevent the ores from oxidizing at the mine sites prior to flotation, but the oxidation is inevitable during the mining operations.

In the literature, many studies have been done to reduce the negative effect of oxidation. It has been observed that these studies have different effects on the ores and affect the flotation performance to different degrees.

Gediktepe ore deposit is composed of two main zones as oxide and sulphide. In this thesis, composite ore of sulphide zone was studied. The composite ore contains four different ore formations (massive pyrite, massive pyrite-magnetite, disseminated sulfur, enriched). In this study, the effect of oxidation on flotation performance of Gediktepe Cu-Zn composite ore was determined. The representative sample, which was approximately 100 kg for use in the experiments, was kept open in the core boxes for a long time. The degree of oxidation of the ore was determined by EDTA test. Cu-Zn selective flotation test was applied to the sample under the condition determined as the base condition of Gediktepe ore. According to this condition,

surface oxidation decreased the mineral selectivity in Cu flotation. In the base condition of flotation test, Cu rougher recovery was 82,85% while Zn recovery was 90,25% in the Cu flotation section. High grade Cu concentrate could not be obtained in cleaning circuits due to high recovery Zn minerals in Cu circuit,. In the Zn circuit, there was not enough floating material and Zn could not be obtained as a concentrate.

Different methods have been studied to mitigate the selectivity problem of the ore due to oxidation. Tests were carried out at different dosages of Na₂S and MBS used as depressants in the grinding circuit and optimum dosages were determined. The surface cleaning effect of the mineral surfaces of the ultrasonic bath was determined by EDTA test. Before flotation, high speed conditioning and sulfidization tests were performed. The best results in terms of flotation performance were obtained by using high speed conditioning and sulfidization together.

Under the best determined flotation condition, in Cu circuit, Cu rougher concentrate was obtained with 73.71% recovery and Zn recovery in the Cu circuit was reduced to 47,41%. At the end of 3 stage cleaning, the grade of Cu concentrate increased to 26,14%. In the Zn circuit, the Zn rougher concentrate was obtained with 41,47% recovery and Zn concentrate was obtained with 31,39% Zn grade.

Key Words: Flotation, oxidation, sulphide ores, sulfidisation, high intensity conditioning

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans çalışmalarım süresince engin bilgi birikimi ve deneyimleriyle yol gösteren, karşılaştığım problemlerin çözümünde bana yardım edip, cesaretlendiren, tez danışmanım Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ'ye;

Tez çalışmalarımı destekleyerek malzeme, analiz ve maddi katkılarından dolayı POLİMETAL MADENCİLİK A.Ş.'ye, deneysel çalışmalarım süresince tüm ekipman ve imkanlarından yararlanabildiğim Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na;

Çalışmalarım esnasındaki yardımı yanı sıra, her konuda desteğini hissettiğim, yaydığı enerji ile insana daha iyi işler yapma ilhamı veren sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem BIÇAK'a;

Yaptıkları çok değerli katkılar ile tezimin son halini almasını sağlayan jüri üyelerim Doç. Dr. İlkey Bengü CAN, Dr. Öğr. Üyesi Okay ALTUN, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇIRAK'a;

Tez çalışmalarım esnasındaki analizler ile uğraşıp, bana her konuda yardımcı olan Dr. Yasemin ÖZTÜRK'e;

Deneysel çalışmalarım esnasında benden yardımlarını esirgemeyen sevgili çalışma arkadaşlarım ve dostlarım Ertuna ÇAKIR, Emre YILDIZ, Sarp ZENCİRCİ ve bölümümüz teknisyeni Mustafa YILMAZ'a;

Süreç içerisinde fikirleri ve arkadaşça yaklaşımları ile yol gösterici olan Dr. Ergin GÜLCAN ve Dr. Özgür ÖZCAN'a;

Tez yazım süresindeki yardımları, manevi destekleri ve hayatta her zaman yanımda olmaları ile sonsuz minnet duyduğum dostlarım Ecem KARAHAN ve Ceren Özge ATMACA'ya;

Hayatımın her aşamasında yanımda olan ve bugünlere gelmemi sağlayan annem Fikriye ÖZÇELİK, babam Bilal ÖZÇELİK, ablam Eda ÖZÇELİK, suç ortağım, kardeşim Ebru ÖZÇELİK ve teyzem Seval KARAÇAM'a en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, seneler önce kaybettiğim ancak bendeki izleri hiçbir zaman silinmeyecek olan, çocukluğum, gençliğim ve cesaretli yanımda olan sevgili dedem Ömer TURDA ve anneannem Dursune TURDA'ya, şu an olduğum kişi için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Flotasyon.....	2
2.2. Flotasyon Reaktifleri.....	3
2.2.1. Toplayıcılar.....	4
2.2.2. Köpürtücüler	5
2.2.3. Kontrol reaktifleri	6
2.2.3.1. pH Reaktifleri	6
2.2.3.2. Dağıtıcılar:.....	7
2.2.3.3. Canlandırıcılar:.....	7
2.2.3.4. Bastırıcılar	7
2.3. Sülfürlü Minerallerin Flotasyonu.....	7
2.3.1. Sülfürlü Minerallerin Flotasyonunda Oksitlenmenin Önemi	8
2.4. Sülfürlü Mineral Yüzeylerinden Oksitlenme Ürünlerinin Uzaklaştırılması	10
2.4.1. Ultrasonik ile Yüzey Temizleme.....	10

2.4.2.	Yüksek Hızda Kondisyonlama	11
2.4.3.	Sülfürleme ile Mineral Yüzeylerinin Temizlenmesi	12
3.	MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM	14
3.1.	Malzeme.....	14
3.2.	Deneysel Yöntem.....	15
3.2.1.	EDTA Testleri	15
3.2.2.	Öğütme Süresinin Belirlenmesi.....	16
3.2.3.	Flotasyon Testleri	17
4.	DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	24
4.1.	Oksitlenme Derecesinin Etkisi.....	24
4.2.	Öğütmede Sodyum Sülfür (Na ₂ S) Dozajının Etkisi	26
4.2.1.	Öğütmede Sodyum Sülfür (Na ₂ S) Dozajının Verime Etkisi	26
4.2.2.	Öğütmede Sodyum Sülfür Dozajının Seçimliliğe Etkisi.....	27
4.3.	Öğütmede Sodyum Metabisülfid (MBS) Dozajının Etkisi.....	29
4.3.1.	Öğütmede Sodyum Metabisülfid (MBS) Dozajının Verime Etkisi	29
4.3.2.	Öğütmede Sodyum Metabisülfid (MBS) Dozajının Seçimliliğe Etkisi	31
4.4.	Ultrasonik Banyo İle Yüzey Temizlemenin Etkisi	32
4.5.	Flotasyon Öncesinde Yüksek Hızda Kondisyonlama Etkisi	33
4.6.	Flotasyon Öncesinde Sodyum Sülfür İle Sülfüdisasyonun Etkisi	37
4.6.1.	Yüksek Hızda Kondisyonlama Sırasında Sülfüdisasyonun Etkisi	37
4.6.2.	Yüksek Hızda Kondisyonlama Sonrasında Sülfüdisasyonun Etkisi	39
4.7.	Flotasyon Öncesi Sülfüdisasyonda Sodyum Sülfür Dozajının Etkisi	41
4.8.	Kademeli Bastırıcı Etkisi	43
4.9.	İnce Öğütme Etkisi	45
4.10.	Açık Devre Flotasyon Testleri	47

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKÇA	53
EK 1- DENEYLERİN ÖZET TABLOSU.....	55
EK 2- FLOTASYON TESTLERİ	58
EK 3 - TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Toplayıcı reaktiflerin sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.2. Minerallerin iyonik-kovalent bağ dereceleri	8
Şekil 3.1. Numunenin öğütme kalibrasyonu	17
Şekil 3.2 Flotasyon deneylerinde izlenen standart akış şeması	22
Şekil 4.1. Baz koşul flotasyon testlerinde standart ve bekletilmiş cevherin Cu devresindeki Zn verimi ile Cu verimi arasındaki ilişki	25
Şekil 4.2. Farklı Na ₂ S dozajlarındaki zamana bağlı kümülatif Cu verimi	26
Şekil 4.3. Farklı Na ₂ S dozajlarında katı verimi ve Cu verimi arasındaki ilişki.....	27
Şekil 4.4. Farklı Na ₂ S dozajlarındaki Cu/Zn seçimliliği	28
Şekil 4.5. Gaudin seçimlilik indeksinin Na ₂ S dozajına bağlı değişimi	28
Şekil 4.6 Farklı MBS dozajlarında zamana bağlı değişen kümülatif Cu verimi	29
Şekil 4.7. Farklı MBS dozajlarında Cu verim-tenör ilişkisi.....	30
Şekil 4.8. Farklı MBS dozajlarında katı verimine karşı Cu verimi ilişkisi	31
Şekil 4.9. Farklı MBS dozajlarının Cu/Zn seçimliliğine etkisi	31
Şekil 4.10. Gaudin seçimlilik indeksinin MBS dozajına bağlı değişimi	32
Şekil 4.11. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın zamana bağlı % Cu verimi üzerindeki etkisi .	34
Şekil 4.12. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi	35
Şekil 4.13. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın Cu verim-tenör ilişkisi üzerine etkisi	36
Şekil 4.14. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın katı verimi üzerine etkisi.....	36
Şekil 4.15. Baz koşul ile Sülfürleme koşulunun zamana bağlı Cu verimi üzerinden karşılaştırılması.....	37
Şekil 4.16. YHK sırasında sülfürlemenin Cu/Zn seçimliliği üzerine etkisi	38
Şekil 4.17. Farklı sülfürleme koşullarının zamana bağlı Cu verimi üzerinden karşılaştırılması	39
Şekil 4.18. Farklı sülfürleme koşullarının Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi.....	40
Şekil 4.19. Farklı sülfürleyici dozajlarının zamana bağlı Cu verimine etkisi	41
Şekil 4.20. Farklı sülfürleyici dozajlarının Cu/Zn seçimliliğine etkisi	42

Şekil 4.21. Farklı sülfürleyici dozajlarındaki Cu verim-tenör ilişkisi	42
Şekil 4.22. Sülfürleme koşulunda Cu devresinde zamana bağlı Zn verimi.....	43
Şekil 4.23. Kademeli bastırıcının zamana bağlı Cu verimi üzerine olan etkisi.....	44
Şekil 4.24.Kademeli bastırıcı eklemesinin Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi.....	44
Şekil 4.25. İnce öğütmenin zamana bağlı Cu verimi üzerine olan etkisi	46
Şekil 4.26. İnce öğütmenin Cu devresindeki Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi	46
Şekil 4.27. ST-25 kodlu deneyin madde denkliği	49
Şekil 4.28. ST-27 kodlu deneyin madde denkliği	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Gediktepe Cu-Zn kompozit cevherinin mineralojisi	14
Çizelge 3.2. Gediktepe kompozit numunesinin kimyasal analizi.....	15
Çizelge 3.3. Test kodları ve koşulları	18
Çizelge 4.1. Gediktepe master kompozit cevherinin EDTA testi sonucu	24
Çizelge 4.2. Gediktepe Kompozit cevherine yapılan ultrasonik banyo öncesi/sonrası EDTA testi sonuçları.....	33
Çizelge 4.3. ST18 kodlu deneyin Cu devresinin kümülatif Cu verim-tenör değerleri.....	45
Çizelge 4.4. Cevherin baz koşulu ile optimum olarak belirlenen koşulunun Cu kaba konsantrelerinin karşılaştırılması.....	47
Çizelge 4.5. Açık devre flotasyon testleri sonucunda elde edilen konsantrelerin karşılaştırılması	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
g	Gram
kg	Kilogram
ml	Mililitre
μ l	Mikrolitre
t	Ton

Kısaltmalar

Cu	Bakır
Zn	Çinko
Fe	Demir
CuSO ₄	Bakırsülfat
Na ₂ S	Sodyumsülfür
ZnSO ₄	Çinkosülfat
NaOH	Sodyumhidroksit
SIPX	Sodyum İsopropil Ksantat
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
CaO	Kalsiyum Oksit
NaCO ₃	Sodyum Karbonat
Na ₂ SiO ₃	Sodyum Silikat
ZnS	Sfalerit
NaHS	Sodyum Hidrojen Sülfür

1. GİRİŞ

Günümüzde tüm dünyada sülfürlü cevherlerin zenginleştirilmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri flotasyondur. Flotasyon, minerallerin yüzey özelliklerindeki farklılıklardan yararlanarak minerallerin ayrılmasını sağlayan fiziko-kimyasal bir zenginleştirme işlemidir.

Sülfürlü mineraller suyun olduğu ortamlarda termodinamik olarak dengesizdirler ve yüzeyleri oksitlenerek metal iyonları veya oksitleri/sülfoksitleri oluştururlar [1], [2]. Sülfürlü mineral yüzeylerinin hafif oksidasyonu mineral yüzeyinde hidrofobik yüzey türlerinin oluşumu için yararlı olmasına rağmen, aşırı oksidasyon minerallerin ayırımında zararlı olmaktadır. Cevherin oluşumu sırasında ve madencilik işlemleri sırasında meydana gelebilen oksidasyon kontrollü gerçekleşmediği için genellikle mineralin flotasyon davranımını değiştirip, flotasyon verimini ve seçimliliği azaltmaktadır.

Bu tez kapsamında Gediktepe Cu-Zn cevheri ile çalışılmıştır. Tezin amacı, oksitlenmenin cevher üzerine olan etkisini belirlemek ve oksitlenmenin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik yöntemler deneyerek, oksitlenmiş cevherin yüksek verim ve ürün kalitesi ile konsantre edilmesini sağlamaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Flotasyon

Flotasyon, serbestleşme tane boyutu çok küçük olan minerallerin, selektif olarak konsantre edilebilmesini sağlayan fizikokimyasal temellere dayalı bir zenginleştirme işlemidir [3]. Flotasyon yöntemi, gravite yöntemleri ile zenginleştirilmeleri mümkün olmadığı için değersiz kabul edilen, pek çok düşük tenörlü veya kompleks yapılu cevher yatağının işletilmesini mümkün kılarak, madencilik endüstrisinin gelişmesine yol açmıştır.

Günümüzde bakır, çinko, kurşun, gümüş gibi metallerin dünya ihtiyacının büyük bir kısmı flotasyon ile elde edilmektedir [4]. Flotasyon performansı üzerinde pH, besleme hızı, tane boyutu, kullanılan reaktifler, cevher ve mineral özellikleri vb. parametreler oldukça etkilidirler, bu parametrelerin etkisini iyi anlamak ve çözümlenmek yüksek flotasyon verimi ve ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir [5].

Flotasyon olayının meydana gelebilmesi için:

- Tane yüzeyinin hidrofobik olması
- Tanelerin bir hava kabarcığı ile çarpışması
- Tane ile kabarcık arasındaki sıvı filminin çarpışma sırasında yırtılabilecek incelikte olması
- Tane-kabarcık bağının flotasyon hücresindeki kuvvetli hidrodinamik etkilere karşı yeterince dayanıklı olması gerekmektedir.

Bir mineralin hidrofobik olma özelliği yüzeyi moleküllerin özelliğine göre değişmektedir. Yüzeyleri apolar olan mineraller çoğunlukla kovalent bağlarla bağlıdır ve bu minerallerin kırılma yüzeyleri de Van der Waals bağlarıyla bağlıdır. Böyle minerallerin yüzeyleri doğal hidrofobiktir (su sevmez). Grafit, kükürt, elmas, talk, kömür gibi bazı minerallerin yüzey yapıları doğal hidrofobiktir.

Yüzeyleri polar olan mineraller ise elektrovalent veya iyonik bağlarla bağlı moleküllerden meydana gelmektedir. Bu polar minerallerin kırılma yüzeyleri de iyonik bağlardan

oluşmaktadır. Bu sayede su molekülleri ve su içinde bulunan diğer moleküller ile tepkimeye girebilmekte ve ıslanmaktadır. Böyle minerallere hidrofilik (su sever) mineraller denilmektedir.

Mineraller su içine atıldıklarında, her bir mineral yüzeyinin elektriksel yükü, içinde bulunduğu suyun içerdiği iyonların ve minerali oluşturan elementlerin birbirleriyle olan etkileşimi sonucu, bir diğer mineralin yüzeyinin elektriksel yükünden farklı olur. Oluşturulan bu yüzey yükü farkından yararlanarak, önceden kazanılmasına karar verilmiş hedef mineralin yüzeyi, uygun kimyasal maddeler kullanılarak hidrofobik hale getirilir [6]. Diğer mineraller ise çoğunlukla hidrofilik haldedir. Böylece cevheri meydana getiren değerli ve değersiz mineraller arasında bir yüzey farkı oluşturulmuş olur. Ayrımı gerçekleştirmek için ise, havanın palp içinde kabarcıklar halinde dağıtıldığı bir ortam kullanılır. Hidrofobik mineraller hava kabarcıklarına yapışarak köpük bölgesine yükselirler ve taşarak konsantreyi oluştururlar. Hidrofilik mineraller ise palp içerisinde kalırlar [1].

2.2. Flotasyon Reaktifleri

Bir minerallerin seçimli olarak yüzdürülebilmesi için, mineral yüzeyinin hidrofobik hale getirilirken, cevher içinde bulunan diğer minerallerin hidrofilik kalmalarının sağlanması gerekir, bunun sağlanması için flotasyonda farklı amaçlarla reaktif adı verilen çeşitli kimyasallar kullanılır.

Flotasyon yönteminde kullanılan reaktiflerin sınıflandırılması aşağıdaki gibidir;

- Toplayıcılar
- Köpürtücüler
- Kontrol Reaktifleri
 - pH düzenleyicileri
 - Bastırıcılar
 - Canlandırıcılar
 - Dağıtıcılar

Bu kimyasalların cinsi ve miktarı cevherin türüne göre değişiklik göstermekte olup, kullanılma zorunluluğu bulunmamaktadır.

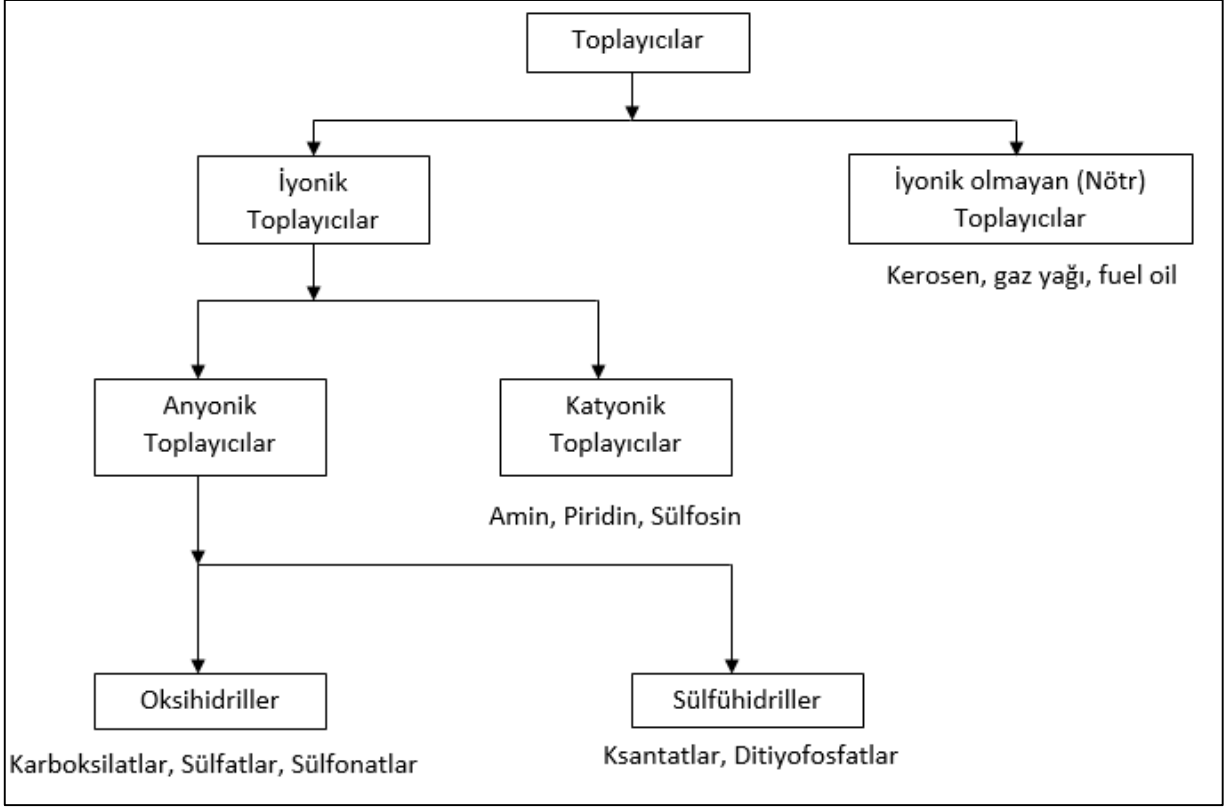
2.2.1. Toplayıcılar

Toplayıcılar minerallerin yüzeyini hidrofobik yapıp hava kabarcıklarına yapışmasını sağlayan kompleks organik bileşiklerdir. Bir hidrokarbon zinciri (polar olmayan grup) ve bir polar grup içeren heteropolar moleküller olarak da tanımlanabilirler. Mineral yüzeyi ile etkileşime giren kısım toplayıcıların polar grubudur. Polar olmayan grup ise sulu ortamda hidrofobik bir yüzey yaratır. Mineral ve toplayıcı arasındaki etkileşim, toplayıcının tipine ve mineralin yüzey yüküne bağlıdır. Buna göre toplayıcı mineral yüzeyine fiziksel veya kimyasal olarak soğurulur.

Toplayıcı reaktifler, iyonlaşanlar ve iyonlaşmayanlar olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. İyonlaşmayan toplayıcılar sadece apolar kısımdan oluşmaktadır ve doğal hidrofobik minerale eklenerek, konsantrasyonu ve verimini arttırmaktadır. İyonlaşan toplayıcılar, pozitif veya negatif yüklü polar kısım ve hidrokarbon grubu içeren polar olmayan kısım olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Toplayıcının polar kısmı, mineral yüzeyine kimyasal, fiziksel ya da özel adsorbsiyon yoluyla bağlanmakta ve yüzeyin polar olmayan hidrokarbon tabakası ile kaplanmasını sağlamaktadır. Böylece mineral hidrofobik özellik kazanmaktadır.

Toplayıcı reaktifler polar kısımlarının pozitif veya negatif oluşuna göre ikiye ayrılmaktadır. Polar kısmı negatif olan toplayıcılara anyonik toplayıcılar, polar kısmı pozitif olan toplayıcılara katyonik toplayıcılar denilmektedir. Anyonik toplayıcılar, polar kısımlarının niteliklerine göre sülfürlü ve oksitli olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Genel olarak anyon grubu toplayıcılar sülfür flotasyonunda, katyon grubu toplayıcılar ise oksit flotasyonunda kullanılır.



Şekil 2.1 Toplayıcı reaktiflerin sınıflandırılması

2.2.2. Köpürtücüler

Flotasyonda mineral yüzeyleri toplayıcı molekülleri ile kaplanarak hidrofob hale getirildikten sonra bir diğer aşama hidrofob minerallerin hava kabarcıklarına yapışarak palp yüzeyine yükselmesi olarak bilinmektedir. Flotasyonda stabil köpük elde etmek ve bunun devamlılığını sağlamak flotasyon performansını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Flotasyon işlemi sırasında temiz sudan elde edilen köpük stabil olmadığı için köpürtücüler kullanılmaktadır. Köpürtücülerin asıl görevi, flotasyon suyunun yüzey gerilimini azaltmaktır. Yüzey gerilimi azalmadığı zaman yüzeye çıkan bir kabarcık sert bir zemine çarpmış gibi olmakta ve patlayarak taşıdığı tanecikleri bırakmaktadır. Köpürtücü reaktifler, sağlam ve dayanıklı köpük oluşumunu sağlamaktadır.

Bir polar grup ve hidrokarbon zincirden oluşan, su-hava ara yüzeyine adsorbe yeteneğine sahip köpürtücüler, heteropolar kimyasallardır. Köpürtücüleri içeren polar grup; OH, COOH, CO,

SO₂ veya SO₂OH olabilmekte ve bu grup su fazı içine yönelmektedir. Hidrokarbon zinciri, 6 hava fazına yönelerek su-hava ara yüzeyine adsorbsiyon sağlamaktadır. Böylece köpürtücü molekülleri hava-su ara yüzeyine adsorblanarak kabarcıkların yüzeyini kaplarlar, kabarcıkların birbirlerine çarparak birleşmelerini engeller ve stabil bir köpük zonu oluşmasını sağlamaktadırlar. Bunlara ek olarak yüzey gerilimini düşüren köpürtücüler, su yüzeyine çıkan kabarcıkların yüzeye çarparak parçalanmalarını ve böylece üzerlerine yapışmış olan hidrofob taneleri de bırakmalarını engellerler.

Köpürtücü reaktifler, toplayıcılık özelliğine sahip olmamalıdır. Toplayıcılık özelliğine sahip olurlarsa katı yüzeyine de ilgi göstereceklerinden, flotasyonda genellikle hiç toplayıcılık özelliği göstermeyen hidroksil grubundaki alkoller köpürtücü olarak kullanılmaktadır. Bunların en önemlileri Amil alkol, içinde aromatik bileşikler içeren ve en önemli bileşeni Terpinol olan Çamyacı ve Kresilik asit olarak bilinmektedir. Ayrıca poliglikol türü köpürtücülerden olan Aerofroth 65 (American Cyanamid), Minerec Corp, Dowfroth, Teefroth, Uconfrother 190, 200, gibi köpürtücüler sentetik yapıdadır ve bu ticari isimlerle satılmaktadır [7].

2.2.3. Kontrol reaktifleri

Kontrol reaktifleri; pH ayarlayıcı reaktifler, dağıtıcı reaktifler, canlandırıcı reaktifler ve bastırıcı reaktifler olarak sınıflandırılmaktadır. Kontrol reaktifleri, bir mineralin yüzeyini flotasyon için uygun değilse uygun hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır.

2.2.3.1. pH Reaktifleri

Minerallerin yüzdürülmesinde pH değerinin önemi büyüktür. Bazı mineraller bazik, bazıları ise asidik ortamda yüzebilmektedirler. Ortam pH' sı minerale olan etkisinden başka, reaktif kullanımını da etkilemektedir. Reaktifler özelliklerine göre belli pH aralığında kullanılmaktadır. pH değerinin bazik ortamlarda tutulmasında kullanılan reaktifler CaO, NaOH ve NaCO₃ tır. Asit ortamlarda tutulmasında ise genellikle H₂SO₄ ve HCl kullanılmaktadır [8].

2.2.3.2. Dağıtıcılar:

Dağıtıcı reaktifler minerallerin topaklanmasını sağlayan iyonları etkisizleştirerek topaklanmayı engellemek amacıyla kullanılmaktadırlar. Örneğin, dağıtıcı reaktiflerden biri olan Na_2SiO_3 (sodyum silikat), kalsiyumu etkisizleştirmektedir. Sodyum hekza metafosfat (Kalgon) ise, su içindeki Ca^{2+} , Mg^{2+} vb. iyonları etkisizleştirerek bu iyonların topaklanma, şlamla kaplama gibi olumsuz etkilerini gidermektedir [8].

2.2.3.3. Canlandırıcılar:

Canlandırıcılar, flotasyonda yüzmesi istenilen fakat toplayıcı molekülleri ile reaksiyona girmeyen mineral yüzeylerini yüzebilir hale getirmek için kullanılırlar. Bu reaktifler, genellikle metal iyonlarının mineral yüzeyine kimyasal olarak adsorblanmasıyla toplayıcının işlevini mümkün kılmaktadır. Örneğin; CuSO_4 (Bakır Sülfat), ZnS 'i canlandırmaktadır. Bu işlemde bakır sülfatla sfalerit kimyasal bir reaksiyon yapmakta ve sfaleritin yüzeyinde kovelin mineraline özdeş bir zar oluşmaktadır [9].

2.2.3.4. Bastırıcılar

Bastırıcı reaktifler, yüzmesi istenmeyen mineral yüzüyorsa, yüzmesini engellemek için kullanılmaktadır. Örneğin ZnSO_4 (Çinko Sülfat) sülfür flotasyonunda sfaleriti, sodyum metabisülfid ise galeni bastırmak için kullanılabilir [7].

2.3. Sülfürlü Minerallerin Flotasyonu

Günümüzde sülfürlü minerallerin zenginleştirilmeleri hemen hemen tümüyle flotasyon yöntemiyle yapılmaktadır. Diğer yöntemlere oranla daha pahalı ve fazla enerji gerektiren bir yöntem olmasına rağmen düşük tenörlü cevherlerde bile yüksek metal kazanma verimleriyle, yüksek tenörlü konsantreler elde edilebilmesi, flotasyonu en yaygın zenginleştirme yöntemi haline getirmiştir.

Minerallerin flotasyon özellikleri yapılarındaki bağların türüne bağlıdır. Minerallerin iyonik karakteri arttıkça, yüzeyin su ile ıslanma özelliği artmakta ve buna bağlı olarak flotasyonu

zorlaşmaktadır. Ancak, minerallerin büyük bir bölümü hem iyonik hem de kovalent bağları içermektedirler. Bazı minerallerin iyonik/kovalent bağlı olma oranları Şekil 2.1’de gösterilmektedir [10], [11].



Şekil 2.2. Minerallerin iyonik-kovalent bağ dereceleri

Minerallerin iyonik karakterleri ise su içindeki çözünürlükleriyle bağlantılıdır. Sülfürlü minerallerin çoğunun sulu ortamdaki çözünürlüğü diğer minerallere kıyasla daha düşük olduğu için bu ortamda göreceli olarak eylemsiz (inert) olmaları beklenir. Ancak bu minerallerin sulu ortamdaki kararlılığı oksit minerallerinde olduğu gibi sadece pH’a değil, aynı zamanda ortamın elektrokimyasal potansiyeline ve redoks koşullarına da bağlıdır [1], [2], [12].

Diğer minerallerin tersine, sülfürlü mineraller su ve çözünmüş oksijen ile girdikleri tepkimelere göre karakterize edilirler. Bu mineraller oksijenli ortamda kararsızdır ve yüzeyleri oksitlenerek S^{-2} , S^0 , $S_2O_3^{-2}$, SO_4^{-2} ve metal iyonları veya pH’ ya bağlı olarak metal oksitleri/sülfoksitleri oluştururlar [13].

2.3.1. Sülfürlü Minerallerin Flotasyonunda Oksitlenmenin Önemi

Sülfürlü mineraller, oksijen ve suyun bulunduğu ortamlarda duraysızdır ve madencilik işlemleri süresince birbirine benzer elektrokimyasal tepkimeler ile oksitlenirler. Sülfürlü minerallerin yüzebilirliği, yüzeyde bulunan hidrofobik ve hidrofilik grupların çok küçük miktarları arasındaki bir dengeye bağlı olduğundan ve yüzeyin kimyasal bileşimi toplayıcılarla olan tepkimeleri etkilediğinden, sülfürlü minerallerin oksidasyonu flotasyonda çok önemli bir rol oynamaktadır.

Mineral yüzeylerinin oksitlenmesinin aşağıdaki aşamalardan geçerek geliştiği ileri sürülmüştür;

- a) Oksijenin mineral yüzeyine fiziksel soğurulması
- b) Oksijenin mineral yüzeyine aktif olarak bağlanması
- c) Oksijenin mineralin yüzey tabakasına nüfuz etmesi (difüzyon) ile mineralin oksitlenmesi

Bu aşamaların süreleri, çeşitli sülfürler (ve metaller) için oksijene karşı olan aktivitelerine bağlı olarak değişir [14], [15].

Oksidasyonun sülfürlü minerallerin flotasyon davranımlarına etkileri, mineral türüne bağlı olarak farklı olabilmektedir;

1. Bazı sülfürlüler “kendiliğinden” (self-induced) flotasyon özelliği gösterirler; yani yüzeydeki bir oksidasyon ürününe bağlı olarak toplayıcısız flotasyon özelliği gösterirler [16],
2. Sülfürlü minerallerin katyonlarını içeren oksidasyon ürünleri oldukça polar yapıdadır. Çözünmez olduklarında veya toplayıcı ile yer değiştirmediklerinde, yüzeyde ortaya çıkan durum, hidrofilik oksit grupları ile kaplanma ve hidrofobik toplayıcı ile kaplanma arasındaki bir dengeye bağlıdır [17],[18],
3. Oksidasyon ürünleri genelde çözeltide metal katyonları oluşturarak çözülebilir ve bu katyonlar daha sonra diğer minerallerle tepkimeye girebilir veya bunlara soğurulabilirler. Bu durum değişik mineral yüzeylerinin toplayıcılar ile etkileşime girerek canlanmasına neden olabilir [19], [20].

Sülfürlü mineral yüzeylerinin hafif oksidasyonu toplayıcı soğurumu ve hidrofobik yüzey türlerinin oluşumu için yararlı olmasına rağmen, aşırı oksidasyon minerallerin etkin bir şekilde ayrılmasına zarar vermektedir. Oksidasyon, minerallerin ve öğütücü ortamların çözünmesinden kaynaklanır. Çözünmüş metal iyonları hidrolize olur, sülfür iyonları oksitlenir: her ikisi de mineral yüzeyleri üzerinde yeniden absorbe olabilir veya çökmeden önce birbirleriyle veya çözünmüş gaz molekülleriyle reaksiyona girebilir [21]. Taramalı Auger ve elektron mikroskobu gibi yüzey analitik teknikleri kullanılarak mineralin yüzey oksidasyonu miktarının, soğurulmuş

oksidasyon ürünleri (örneğin, metal hidroksitler) için ince bir tabaka (5-80nm) olarak, çökelmiş metal hidroksit koloidal taneleri için 1-5 mikron olarak ve ince mineral taneleri için birkaç mikron boyutunda olduğu gösterilmiştir. İnce tanelerin veya şlamın iri tanelerden çok daha fazla oksidasyona uğradığı bilinmektedir. Oksidasyon ürünleri ile mineral yüzey arasındaki etkileşim genellikle zayıftır, ultrasonik banyo/dekantasyon ile bu oksidasyon ürünlerini mineral yüzeyinden uzaklaştırabilir. Bu oksidasyon ürünlerinin mineral yüzeyleri üzerindeki adsorpsiyonunun veya çökmesinin, toplayıcıların hedeflenen minerallere ulaşmasını önleyecek şekilde rasgele olduğu düşünülmektedir [22].

2.4. Sülfürlü Mineral Yüzeylerinden Oksitlenme Ürünlerinin Uzaklaştırılması

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, oksidasyon ürünlerini mineral yüzeyinden uzaklaştırmak için çeşitli kimyasal ve mekanik yöntemler test edilmiştir.

2.4.1. Ultrasonik ile Yüzey Temizleme

Flotasyonda oksitlenme ürünlerinin mineral yüzeylerinden temizlenmesi için yapılan çalışmalardan biri ultrasonik dalga kullanılmasıdır. Ultrasonik dalga, insan işitme limitinin üzerindeki frekanslarda (~20 kHz'den büyük) yayılan bir ses dalgasıdır. Ultrasonun kaviteasyon etkisi ile ürettiği mikrojetler ve yine kaviteasyon sonucunda meydana gelen yüksek sıcaklık-basınç farkları yüzey temizleme işlemlerinde kullanılmasına imkân tanımaktadır.

Aldrich ve Feng (1999) bir sülfür cevherinin flotasyonunda kondisyon sırasında ultrason uygulamışlardır. Çalışmada, ultrasonik kondisyonlamanın, mekanik kondisyonlamaya nazaran flotasyon tenörünü ve verimini arttırdığı, reaktif kullanımını ise ciddi şekilde azalttığı saptanmıştır. Ultrasonik uygulamadan sonra sülfürlü cevherlerin yüzebilirliği büyük ölçüde artmış, silikatlar da bastırılmıştır. Bu çalışma, klasik karıştırılmalı kondisyon tankları düzgün enerji dağılımı sağlayamadıklarından, zor yüzebilen sülfürlü cevherlerin flotasyon veriminin ultrasonik kondisyonlama ile arttırılabileceğini göstermiştir [23].

Cao Q vd. (2017), yüksek saflıkta bir pirit mineralini H₂O₂ (hidrojen peroksit) ile yapay olarak oksitlendirmiş, ultrasonik ile yüzey temizlemenin etkisini ise temas açısı ile belirlemişlerdir.

Buna göre, hidrojen peroksit ile oksitlenen piritin temas açısında keskin bir düşüş olmuş ve ultrasonik ile temizlenme sonrası ise piritin temas açısı yükselmiş, hidrofobikliği artmıştır. Ancak 20 dakikadan daha uzun süre oksitlenen piritin yüzey temizlemede ultrasonik temizlemenin fazla işe yaramadığı tespit edilmiştir. Bu durum aşırı oksitlenen yüzeylerde ultrasonik temizlemenin fazla etkili olmayacağını göstermekte olup, aşırı oksitlenen yüzeylerde, oksitlenme ürünlerinin sadece yüzeyde değil, yüzey altındaki tabakalarda da birikmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür [24].

Ek olarak, ultrasonik koşullandırma, laboratuvar ölçeğinde mineral flotasyonu üzerine yararlı etkiler gösterse de flotasyon endüstrisindeki uygulaması hala sınırlıdır. Başlıca problemlerden biri, palpın içindeki ultrasonun zayıflamasıdır. Ultrason, suyun için yayılma sırasında enerjiyi kaybeder, bu ısı üretimi ve kavitasyon kabarcıkları oluşumu gibi birçok nedenden kaynaklanabilir. Öte yandan, palptaki katı parçacıklar ultrasonun zayıflamasını hızlandırır. Tane boyu ve katı konsantrasyonun zayıflatma üzerinde önemli bir etkisi vardır. Böylece, ultrason destekli flotasyonun ölçeklendirilmesi için tatmin edici bir ultrasonik alan gereklidir. Flotasyon hücresinde ultrasonun palp ile dağıtılması henüz tam olarak araştırılmamıştır. Bu bilgiler, flotasyon makinelerinin ultrasonla büyütülmesi için önemlidir [24].

2.4.2. Yüksek Hızda Kondisyonlama

Yüksek hızda kondisyonlama (High Intensity Conditioning), ultrasonik ile benzerlik gösteren mekanik bir yüzey temizleme yöntemidir. Literatürde yüksek hızda kondisyonlama ile ilgili çok fazla çalışma olmasa da şimdiye kadar, yüksek hızda kondisyonlamanın etkisi şu üç ana mekanizma ile açıklanmıştır [25]:

1. Reaktiflerin homojen dağılımı veya difüzyonu
2. Reaktif damlacıkları ve mineral parçacıklarının etkili çarpışması (yağlı kolektörler için)
3. "yüzey temizliği" olarak adlandırılan değerli mineral yüzeylerinden hidrofilik şlam veya safsızlıkların çıkarılması

Yu vd. (2017) yaptıkları çalışmada yüksek hızda kondisyonlamanın flotasyon performansı üzerine etkisini kömür numunesi kullanarak incelemişlerdir. Farklı kondisyonlama hızlarında

(10-2000 rpm) yaptıkları çalışmada, yüksek hızda kondisyonlama ile kül verimi düşerken yanıcı madde veriminin arttığı, belli bir karıştırma hızı artışından sonra kül verimi artmaya başlasa da hiçbir zaman sıfır karıştırmanın olduğu noktaya kadar artmadığını göstermişlerdir. Optik dijital mikroskop ile yaptıkları görüntülemelerde ise, 3 farklı durumdaki kömür parçacıklarını görüntülemişlerdir. Orijinal kömür parçacığının üzerinde şlam, kömür ve kuvars görüntülenmiştir. 30 saniye flotasyon hücresinde 900 rpm'de karıştırılan kömür parçacığının üzerinde kısmi olarak şlam görüntülenirken, 1600 rpm de on dakika boyunca yüksek hızda koşullanma yapılan kömür parçacığının üzeri ise temiz olarak görüntülenmiştir. Bu çalışmadan yüksek hızda koşullanmanın, yüzey temizlemede önemli bir etkisinin olduğu, mineral yüzeylerinden oksidasyon ürünlerini seçimli olarak uzaklaştırabilecek potansiyel bir yöntem olarak görülebilir.

2.4.3. Sülfürleme ile Mineral Yüzeylerinin Temizlenmesi

Na_2S ve NaHS gibi sülfür bileşikleri okside olmuş sülfür minerali yüzeylerini temizlemek veya aynı metallerin oksit minerallerini sülfürlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır [26], [27]. Sülfürleme işleminin, oldukça hidrofilik oksit veya okside olmuş minerali kısmen hidrofobik sülfür yüzeylerine dönüştürdüğü ve bunun da minerallerin kısa zincirli ksantat toplayıcılarla yüzdürülebilmesine olanak sağladığı belirtilmiştir [27]. Mineralin hidrofobikliğindeki bu artışın yüzeydeki kovalent/iyonik bağ oranının artmasından kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür. Bir bakır-çinko cevherinden, Na_2S ile muamele edildikten sonra, önce bir bakır konsantresi elde edilmiş, daha sonra da sfalerit önce CuSO_4 ve Na_2S ile aktive edilmek sureti ile, bakır atığından yüzdürülmüştür [28]. Ayrıca sfaleritin kalkopiritten serbestleşmesini arttırmak için, kaba kalkopirit konsantresi seramik bir değirmende çelik bilyalarla öğütülerek, birkaç aşamalı temizleme işlemine tabi tutulduktan sonra bile, kalkopiritin toplayıcısız yüzebilme özelliğini kaybetmediği gözlemlenmiştir. Na_2S ile koşullandırmadan önce, SO_2 'nin varlığında palpın havalandırılması, toplayıcısız flotasyonu olumlu etkilemiş ve son konsantre içinde çinko kaybı azalmıştır. Ayrıca son çinko konsantresinin tenörü %37,5'den %52,5'e artmıştır. SO_2 'nin bu olumlu etkisinin, palpın asiditesini arttırarak, mineral yüzeylerini oksidasyon ürünlerinden temizlemesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Sülfürleme işleminde sonra sülfür mineralleri arasındaki seçimliliğın bu minerallerin çözünlükleri arasındaki farktan kaynaklanabileceğı ileri sürölmüştür. Eğer çözünlükleri birbirinden çok farklı sülfür mineralleri içeren bir palpa yeteri oranda Na₂S ilave edilirse, sülfürleme işleminin, hızı yüksek olmak koşulu ile, öncelikle çözünlüğü en düşük olan mineral yüzeyinde gerçekleşeceğı belirtilmiştir [28].

3. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

3.1. Malzeme

Gediktepe cevher yatağı oksitli ve sülfürlü olarak iki ana zondan oluşmaktadır. Oksit zonu siyanür liçine elverişlidir ve liç ile altın konsantresi üretilebilmektedir. Sülfürlü zon ise, Cu, Zn, Au, Ag gibi değerli metaller içermektedir ve cevherden flotasyon yöntemiyle bakır ve çinko konsantreleri üretilmektedir [29].

Sülfür zonu dört farklı cevher oluşumu içermektedir;

- Masif pirit
- Masif pirit-manyetit
- Dissemine sülfür
- İkincil bakır mineralleri açısından zengin zon

Deneylede kullanılan numune cevher yatağının modeli göz önüne alınarak seçilmiştir. Bu ana kompozit cevher numunesi %39 dissemine sülfür, %34 masif pirit, %26 masif pirit-manyetit ve %1 ikincil bakır mineralleri açısından zengin zondan oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında bu kompozit cevher numunesi ile çalışılmıştır. Çizelge 3.2’de cevherin QEMSCAN metodu ile yapılan mineralojik analizi, Çizelge 3.2’de ise kimyasal analizi verilmiştir.

Çizelge 3.1. Gediktepe Cu-Zn kompozit cevherinin mineralojisi

Mineral	%
Sfalerit	2.7
Kalkopirit	1.9
Galen	0.3
Pirit	64.3
Kuvars	8.3
Klorit	5.8
Demir Oksit	5.1
Mika ve Kil Grubu	5.1
Karbonat Grubu	3.4
Diğer	3.1
Toplam	100.00

Çizelge 3.2. Gediktepe kompozit numunesinin kimyasal analizi

	Au	Cu	Fe	Zn	S
	Ppm	%	%	%	%
Gediktepe MCS Cevheri	0.62	0.784	29.7	1.955	32.7

Gediktepe kompozit Cu-Zn cevherinin flotasyonuna, oksitlenmenin etkisini araştırmak amacıyla, yaklaşık 100 kg numune uzun süre karot sandıklarında hava alacak şekilde bekletilmiştir. Oksitlendiđi düşünölen numune, flotasyon testleri için çeneli ve merdaneli kırıcı kullanılarak -2 mm tane boyuna kırılmıştır. Numunenin yoğunluk değeri piknometre testiyle belirlenmiştir. Tekrarlı yapılan testlerin ortalama değeriine göre cevherin yoğunluk değeri 3.56 g/cm³ olarak hesaplanmıştır. Flotasyon testleri %30 katı yoğunluğunda, 4,5 litrelik Denver hücresi kullanılarak yapılacağından, kırılan numuneler temsili olarak 1.7 kg'a bölünmüş ve paketlenmiştir.

3.2. Deneysel Yöntem

Sülfürlü minerallerin oksitlenme derecesinin belirlenmesinde ve yüzey temizleme yöntemlerinin test edilmesinde EDTA testi kullanılmıştır. Farklı tane boylarının elde edilebileceği öğütme sürelerinin belirlenmesi için cevhere bilyalı değirmen ile öğütme kalibrasyonu yapılmıştır. Cevherleşmedeki oksitlenmenin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik farklı mekanik ve kimyasal yöntemler flotasyon testleri ile uygulanmıştır.

3.2.1. EDTA Testleri

EDTA'nın sülfürlü minerallerden metal oksit, hidroksit, karbonat ve sülfatları seçimli olarak çözme yeteneği kullanılarak, cevherin oksitlenme derecesi belirlenmiş, ultrasonik ile mineral yüzeylerinin temizlenmesi test edilmiştir.

Yapılan tüm EDTA testlerinde malzeme %80'i -38 mikron tane boyunda olacak şekilde öğütölmüştür. Malzeme agat değirmeninde kuru olarak öğütölmüştür.

Yapılan deneylerde %3 'lük EDTA çözeltisi kullanılmıştır. Kompleks oluşturmak için en uygun pH değeri 7.5 olduğundan, çözelti pH'sı NaOH kullanılarak 7.5'e ayarlanmıştır.

Cevherin oksitlenme derecesinin belirlenmesi için yapılan EDTA deneyinde, besleme numunesini temsil edecek şekilde alınmış 10 gram kuru cevhere pH'sı 7.5'e ayarlanmış 200 ml, %3'lük EDTA çözeltisi eklenmiştir. Cevher 30 dakika boyunca ağzı parafilm ile kapatılmış bir beherde manyetik karıştırıcıda karıştırılmış, sonrasında filtrelenmiştir. Elde edilen çözeltinin metal analizleri atomik adsorbsiyon spektrometresi (AAS) ile yapılmıştır.

Cevhere yapılan EDTA testleri sonuçları mineral bazında ve cevher bazında olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilmiştir. Mineral bazında yapılan değerlendirmelerde Eşitlik 3.1, cevher bazında yapılan değerlendirmeler ise Eşitlik 3.2 değerleri kullanılmıştır.

$$E_s = \frac{\text{Çözeltiye geçen metal miktarı (mg)}_{(Cu,Fe,Pb,Zn)}}{\text{Katıdaki metal miktarı (gr)}_{Cu,Fe,Pb,Zn}} \quad \text{Eşitlik 3.1}$$

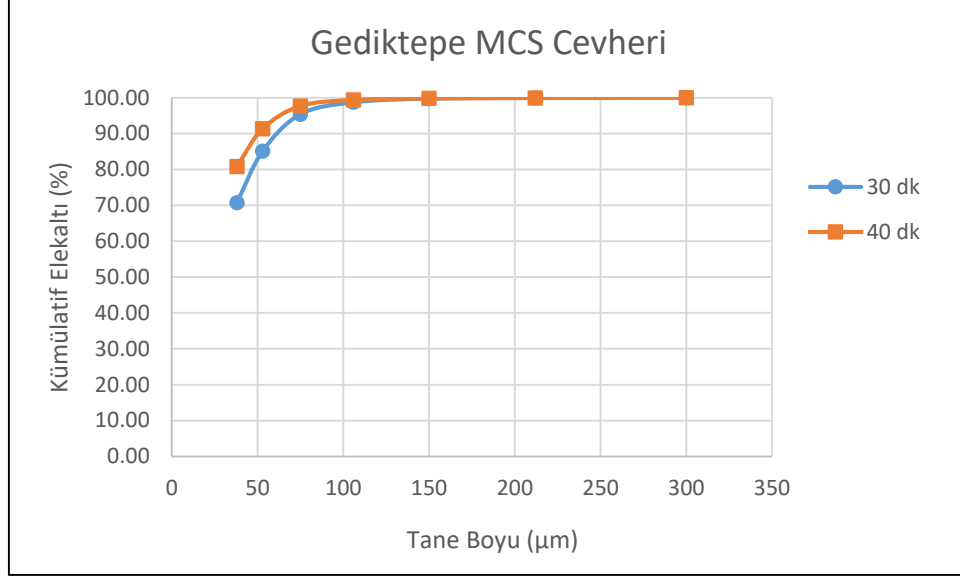
$$E_m = \frac{\text{Çözeltiye geçen metal miktarı (mg)}_{(Cu,Fe,Pb,Zn)}}{\text{Katı ağırlığı (gr)}} \quad \text{Eşitlik 3.2}$$

Ultrasonik ile yüzey temizlemenin etkisini incelemek için yapılan EDTA deneyinde, 10 gram numune cam bir beher içine konulmuş, beher numunenin üzerini kapatacak şekilde su ile doldurulmuştur. Beher içi su dolu ultrasonik banyo içinde 30 dakika boyunca tutulmuştur. 30 dakika sonunda, beherin içindeki su üzerinde bulunan çok ince malzeme, su ile birlikte süzölmüştür. Kalan katı numune ile EDTA testine devam edilmiştir. Hesaplamalarda kullanmak için geriye kalan katı kısmın ağırlığı, kurutulduktan sonra tartılmıştır.

3.2.2. Öğütme Süresinin Belirlenmesi

Gediktepe Cu-Zn kompozit numunesine standart koşulda uygulanan flotasyon testleri $p_{80}=45\mu\text{m}$ tane boyunda yapıldığından, bu tane boyutunda flotasyon beslemesini elde etmek amacıyla, cevher numunesi laboratuvar ölçekli bilyalı değirmen kullanılarak ağırlıkça %60 katı

yoğunluğunda öğütülmüştür [29]. Farklı sürelerde öğütülen numune yaş elek analizine tabi tutulmuştur. Numunenin 30 ve 40 dakika öğütme sürelerinde elde edilen p_{80} (malzemenin %80'inin geçtiği tane boyu) değerleri sırasıyla $45\mu\text{m}$ ve $38\mu\text{m}$ olmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Numunenin öğütme kalibrasyonu

3.2.3. Flotasyon Testleri

Flotasyon deneyleri %30 katı yoğunluğunda Denver flotasyon makinasında yapılmıştır. Kaba flotasyon devrelerinde 4,5 litrelik flotasyon hücresi, temizleme devrelerinde ise 2,5, 1 ve 0,5 litrelik flotasyon hücreleri kullanılmıştır. Karıştırıcı hızı kaba devrelerde 1850 devir/dakika, temizlemeli devrelerde ise 1550 devir/dakika olarak seçilmiştir. Yapılan tüm flotasyon deneylerinde 15 saniyede bir kez sıyırma yapılmıştır.

Öğütme aşamasında, değirmene 3 farklı bastırıcı, sodyum sülfür (Na_2S), çinko sülfat (ZnSO_4) ve sodyum metabisülfid (MBS, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) farklı dozajlarda eklenmiş olup, bu dozajların flotasyon üzerine etkileri incelenmiştir.

Cevherde, doğal yüzeabilen bir mineral olan talk mineralinin bulunması ve konsantrelerin tenörlerini düşürmesi nedeniyle, bakır flotasyonundan önce 5 dakika boyunca talk flotasyonu yapılmıştır.

Testlerde, bakır devresinde ditiyofosfat türü bir toplayıcı olan Sodyum Aerofloat (NaAF) ve monitiyofosfat türü bir toplayıcı olan Aero 8761 kullanılmıştır. Bakır devresinde, doğal pH ile flotasyon testleri yapılmıştır (yaklaşık 6.0-7.5 arası). Çinko devresinde pH kireç ile 11.5'e çıkarılmış ardından bakır sülfat (CuSO_4) ile sfalerit aktive edilmiştir. Çinko devresinde toplayıcı olarak sodyum izopropil ksantat (SIPX) kullanılmıştır. Köpürtücü olarak metil izobütil karbinol (MIBC) ile çalışılmıştır. Tüm devrelerde toplayıcı koşullandırması 2 dakika, köpürtücü koşullandırması 1 dakika ile sabit tutulmuştur.

Deneyle sonunda tüm ürünler filtrelendikten sonra kurutulmuştur. Tartımı yapılan ürünler X Işını Floresansı (XRF) ile analiz edilmiştir. Flotasyon deneylerinde izlenen akış şeması Şekil 3.2'de, test kodları ve koşulları ise Çizelge 3.3' te verilmiştir. Test sonuçlarının detaylı özeti Ek 1'de ayrıntılı veriler ise Ek 2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Test kodları ve koşulları

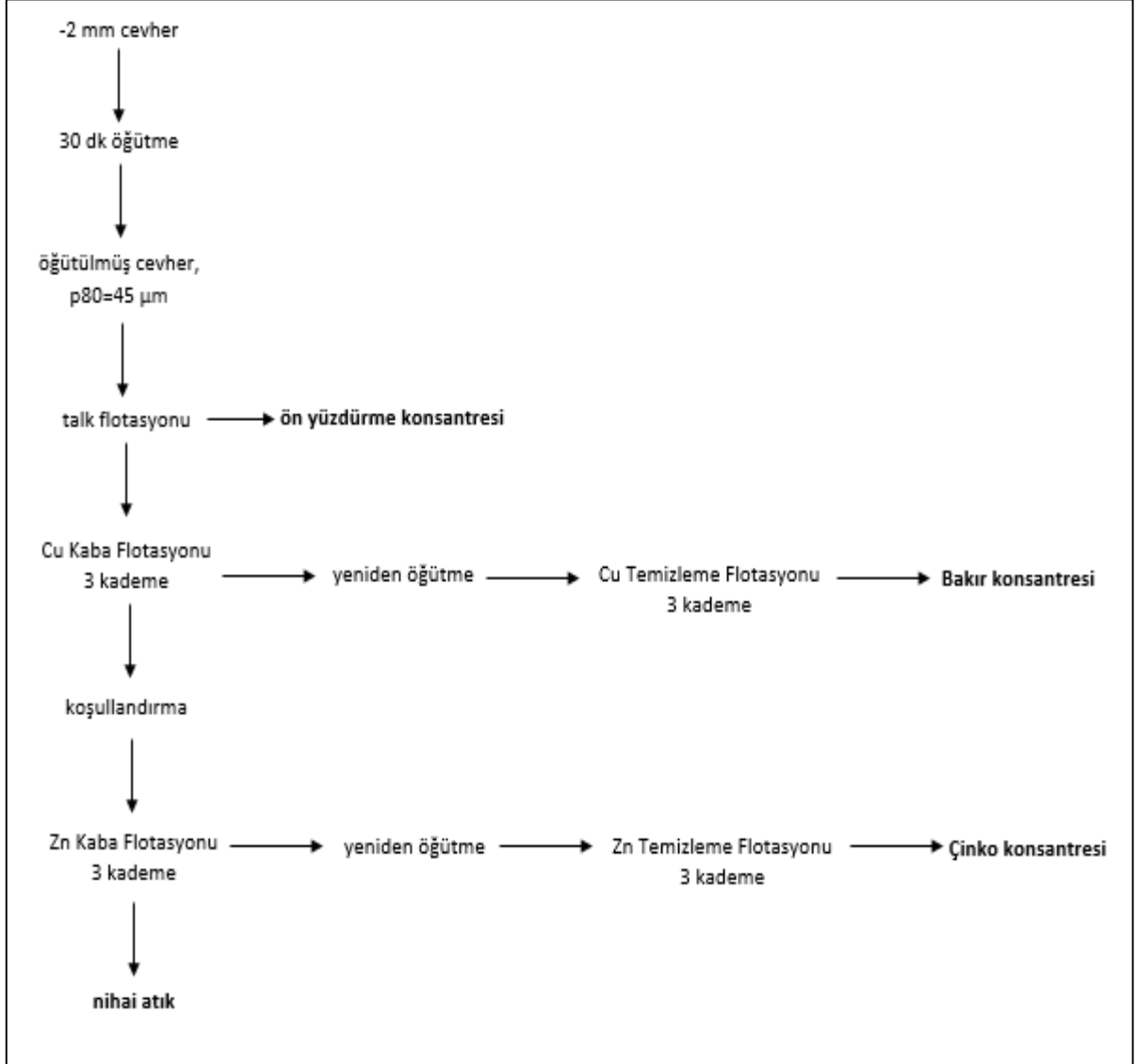
			pH	Eh
ST-1	<u>Amaç flotasyon öncesi</u> <u>Na₂S ile öğütülüp</u> <u>yıkamanın etkisi:</u> Öğütmede 1 kg/t Na ₂ S, hücrede 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.3	-113
		Flotasyon Sırasında	6-6.5	+45 ve +100 arası
ST-3	<u>Amaç MCS cevherinin</u> <u>baz koşulu:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.96	-223
		Flotasyon Sırasında	6-6.5	-32 ve +53 arası
ST-5	<u>Amaç flotasyon öncesi</u> <u>yüksek hızda</u> <u>koşullamanın etkisi:</u> yhk sonrası öğütme yapılmış ve öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, hücrede 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	7.0	-260
		Flotasyon Sırasında	6.5-7.0	-22 ve +86 arası

ST-8	<u>Amaç öğütmede yüksek dozaj Na₂S'in etkisi (1.5 kg/t):</u> Öğütmede 1.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.88	-214
		Flotasyon Sırasında	6-6.5	-50 ve +70 arası
ST-9	<u>Amaç MCS cevherinin baz koşulu (ST-3 tekrar testi):</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.8	-200
		Flotasyon Sırasında	5.7-6.8	-10 ve +40 arası
ST-12	<u>Amaç baz koşulda bakır temizleme devresi:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi. 3 kademe kaba konsantre alınıp, 3 kademe temizleme yapıldı.	Ön Havalandırma Öncesi	6.8	-223
		Kaba Flotasyon Sırasında	5.7-5.9	-20 ve -30 arası
		Temizleme Devreleri Sırasında	6.8-7.5	+25 ve +75 arası
ST-13	<u>Amaç öğütme öncesi Na₂S (1kg/t) ile kondisyonlamanın etkisi-Şlam Atımlı, Su Temizlemesiz:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi. 5 kademe kaba konsantre alındı.	Ön Havalandırma Öncesi	6.9	-205
		Flotasyon Sırasında	6.5-7.0	-50 ve +100 arası
ST-14	<u>Amaç ST-13 koşulunda kademeli bastırıcı etkisi:</u> Cu 4 ve 5. kademelerde, öğütmedeki dozajlarının 1/3 ü kadar Na ₂ S ve MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.9	-210
		Flotasyon Sırasında	6.5	-50 ve +70 arası
ST-15	<u>Amaç öğütmede yüksek dozaj Na₂S'in etkisi (1 kg/t):</u> Öğütmede 1 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.8	-210
		Flotasyon Sırasında	6.0-6.9	-40 ve +60 arası

ST-16	<u>Amaç öğütmede yüksek dozaj Na2S'in etkisi (2 kg/t):</u> Öğütmede 2 kg/t Na2S, 1 kg/t ZnSO4 ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.9	-214
		Flotasyon Sırasında	6.5-6.9	-70 ve +50 arası
ST-17	<u>Amaç flotasyon öncesi yüksek hızda kondisyonlama ve sülfürlemenin etkisi-su temizlemeli:</u> Cevher, öğütme öncesinde 30 dk boyunca 1900 rpm'de koşullandı, koşullanma suyu süzüldü, flotasyon hücresine alındı. 7 dk boyunca kademeli olarak eklenen 1 kg/t Na2S ile koşullandı. Koşullanma suyu temiz su ile değiştirildi, cevher değirmene atıldı. Öğütmede 0.5 kg/t Na2S, 1 kg/t ZnSO4 ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	7.0	-240
		Flotasyon Sırasında	7-7.5	-30 ve +80 arası
ST-18	<u>Amaç ST-17 koşulunda kademeli bastırıcı etkisi:</u> Cu 3 ve 4. kademelerde, öğütmedeki dozajlarının 1/3 ü kadar Na2S ve MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	7.2	-220
		Flotasyon Sırasında	6.7-7.0	-40 ve +40 arası
ST-19	<u>Amaç ST-18 koşulunda ince öğütmenin etkisi:</u> p80 45 mikrondan 38 mikrona düşürüldü.	Ön Havalandırma Öncesi	7.3	-250
		Flotasyon Sırasında	6.7-7.0	-30 ve +75 arası
ST-20	<u>Amaç ST-18 koşulunda öğütmede 0 kg/t Na2S'in etkisi:</u> Öğütmede 1 kg/t ZnSO4 ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	7	-211
		Flotasyon Sırasında	6.5-7.0	-50 ve +60 arası

ST-21	<u>Amaç öğütmede düşük MBS dozajının etkisi (1 kg/t):</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 1 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.7	-180
		Flotasyon Sırasında	5.8-6.5	+7 ve +110 arası
ST-22	<u>Amaç öğütmede düşük MBS dozajının etkisi (2 kg/t):</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 2 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.9	-224
		Flotasyon Sırasında	5.8-6.3	-26 ve + 100 arası
ST-23	<u>Amaç öğütmede 0 kg/t Na₂S'in etkisi:</u> Öğütmede 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.9	-206
		Flotasyon Sırasında	5.6-5.8	-11 ve +36 arası
ST-24	<u>Amaç ST-17 koşulunda, kondisyonlamada 2 kg/t Na₂S'in etkisi:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	7.3	-215
		Flotasyon Sırasında	7.5-7.9	+10 ve +80 arası
ST-25	<u>Amaç standart koşulda Cu/Zn temizlemeli devresi:</u> öğütmede standart dozajlarda bastırıcı kullanıldı. 3 kademe Cu kaba konsantresi 3 kademe temizlendi. 3 kademe Zn kaba konsantresi 3 kademe temizlendi.	Ön Havalandırma Öncesi	6.9	-186
		Cu Kaba Flotasyonu Sırasında	5.9	-20 ve +40 arası
		Zn Kaba Flotasyonu Sırasında	11.5-11.9	-99 ve -64 arası
		Cu Temizleme Devresinde	6.9-7.5	+80 ve +130 arası
		Zn Temizleme Devresinde	11.3-12.0	-60 ve -10 arası
ST-26	<u>Amaç ST-18 koşulunda MBS dozajının (2 kg/t) etkisi:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 2 kg/t MBS eklendi.	Ön Havalandırma Öncesi	7.22	-170
		Flotasyon Sırasında	7.0-7.5	-7 ve +105 arası
ST-27	<u>Amaç ST-18 koşulunda Cu/Zn temizlemeli devresi:</u> 4 kademe Cu kaba konsantresi 3	Ön Havalandırma Öncesi	7.13	-180
		Cu Kaba Flotasyonu Sırasında	6.9-7.2	-25 ve +120 arası
		Zn Kaba Flotasyonu Sırasında	11.5-11.8	-70 ve -30 arası

kademe temizlendi. 3 kademe Zn kaba konsantresi 3 kademe temizlendi.	Cu Temizleme Devresinde	7.4-7.7	+180 ve +250 arası
	Zn Temizleme Devresinde	11.5	-6 ve +30 arası



Şekil 3.2 Flotasyon deneylerinde izlenen standart akış şeması

Flotasyon testlerindeki metal seçimlilikleri değerlendirilirken Gaudin Seçimlilik İndeksi (Eşitlik 3.3) kullanılmıştır. (A. M. Gaudin, 1962)

$$SI^2 = \frac{Cu_k \times Zn_a}{Zn_k \times Cu_a}$$

Eşitlik 3.3

SI: Seçimlilik İndeksi

Cu_k = Konsantredeki % Cu

Zn_k = Konsantredeki % Zn

Cu_a = Atıktaki % Cu

Zn_a = Atıktaki % Zn

4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Oksitlenme Derecesinin Etkisi

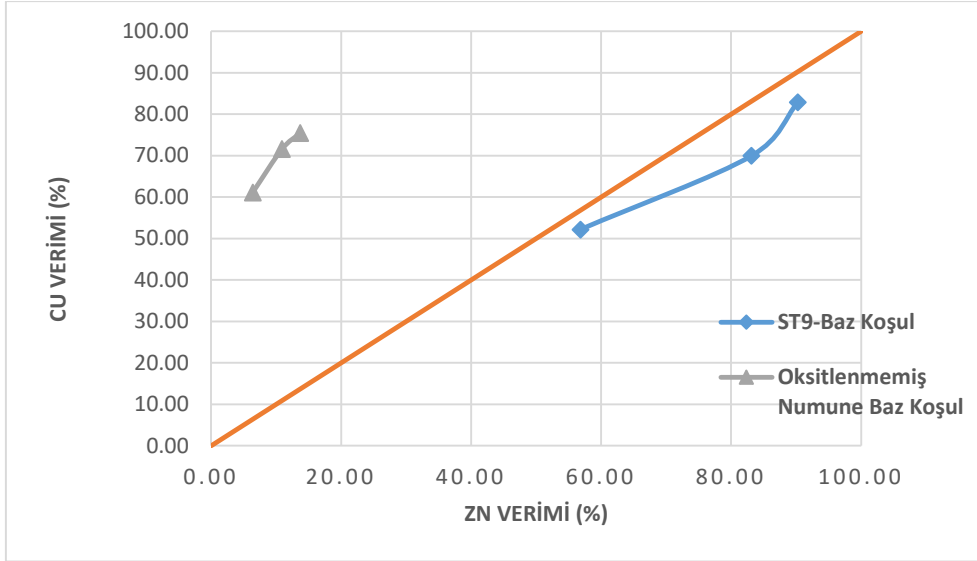
Sülfürlü minerallerin yüzebilirliği, yüzeyde bulunan hidrofobik ve hidrofilik grupların çok küçük miktarları arasındaki bir dengeye bağlı olduğundan ve yüzeyin kimyasal bileşimi toplayıcılarla olan tepkimeleri etkilediğinden, sülfürlü minerallerin yüzey oksidasyonu flotasyonda çok önemli bir rol oynamaktadır. Oksidasyon ürünleri değerli ve gang minerallerinin yüzeyini benzer şekilde kaplayabilir ve böylece değerli mineralin hidrofobikliğini azaltarak, değerli ve gang mineralleri arasındaki hidrofobiklik farkını düşürebilir. Gediktepe Cu-Zn cevheri flotasyonuna oksitlenmenin etkisini araştırmak amacıyla, uzun süre karot sandıklarında bekletilmiş ve flotasyon davranımı yeni sondaj karotlarından hazırlanan numunelerden farklı olduğu bilinen numuneye EDTA testi yapılmıştır. Standart numunenin ve bekletilmiş numunenin EDTA testi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bekletilen numunenin EDTA testi sonucunda Es_Cu değeri yaklaşık olarak 158 mg/g, Es_Zn değeri yaklaşık olarak 26 mg/g olarak bulunmuştur. Bu değerler özellikle Cu mineralinin yüksek derecede oksitlendiğini göstermektedir.

Kalkopirit yüzey oksidasyonu, ilk olarak Cu ve Fe iyonlarının mineral yüzeyinden çözünmesine, alkali şartlarda bulunan bazı metal hidroksit ile yüzeydeki kükürt açısından zengin metalden yoksun bir tabakanın çıkmasına neden olur. Çözünmüş Cu iyonlarının varlığı, yüzeylerindeki Cu adsorbsiyon yoluyla sfalerit ve pirit flotasyonunu teşvik eder, kalkopirit flotasyonunun selektivitesini olumsuz yönde etkiler ve bakır konsantre tenörünü azaltır. Daha ileri oksidasyonda, hidrofilik metal hidroksitlerin miktarı artar, mineralin hidrofobikliğı azalır ve toplayıcı seçimliliğı bozularak, onu çeşitli sülfür minerallerine karşı daha az seçici hale getirir.

Çizelge 4.1. Gediktepe master kompozit cevherinin EDTA testi sonucu

	Çözelti, mg/L (ppm) (Filtre altı)				Metal ağırlığı, gr				Oksitlenmiş Metal ağırlığı, mg			
	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Standart MCS Cevheri	10.89	10.79	23.15	1.79	0.07	3.56	0.02	0.16	2.44	2.42	5.19	0.40
Bekletilmiş MCS Cevheri	47.24	23.43	43.41	20.23	0.08	2.85	0.03	0.19	11.91	5.91	10.94	5.10

Oksitlenmenin cevherin flotasyon performansı üzerine etkisini belirlemek için oksitlenen numuneye baz koşul flotasyon testi yapılmış ve sonuçlar standart numune ile karşılaştırılmıştır. Yapılan baz koşul flotasyon testinde, 0,5 kg/t Na₂S, 1 kg/t ZnSO₄, 3 kg/t MBS öğütme aşamasında ilave edilerek, 30 dk. boyunca öğütme yapılmıştır. Öğütme aşamasından sonra hücreye alınan cevher 25 mikrolitre MIBC ile koşullandırılarak talk flotasyonu yapılmıştır. Toplayıcı olarak NaAF (60 g/t+15 g/t+15g/t) ve Aero 8761 (15 g/t+15g/t) kademeli olarak eklenmiştir. Köpürtücü olarak 20 mikrolitre MIBC kullanılarak 3, 6 ve 9 dakika sürelerinde 3 kademe Cu kaba konsantresi alınarak, Cu kinetik testi yapılmıştır. Alınan 3 kademe Cu kaba konsantresi toplamında, Cu verimi %82,85 olurken, Zn verimi %90,25 olmuştur. Tenor değerleri ise Cu için %2,70 olurken Zn için %6.59 olmuştur.



Şekil 4.1. Baz koşul flotasyon testlerinde standart ve bekltilmiş cevherin Cu devresindeki Zn verimi ile Cu verimi arasındaki ilişki

Şekil 4.1'e bakıldığında da oksitlenmiş numunede Cu-Zn arasında seçimli flotasyonun olmadığı, Zn'nin ilk kademedan itibaren Cu ile birlikte yüzdüğü görülmektedir.

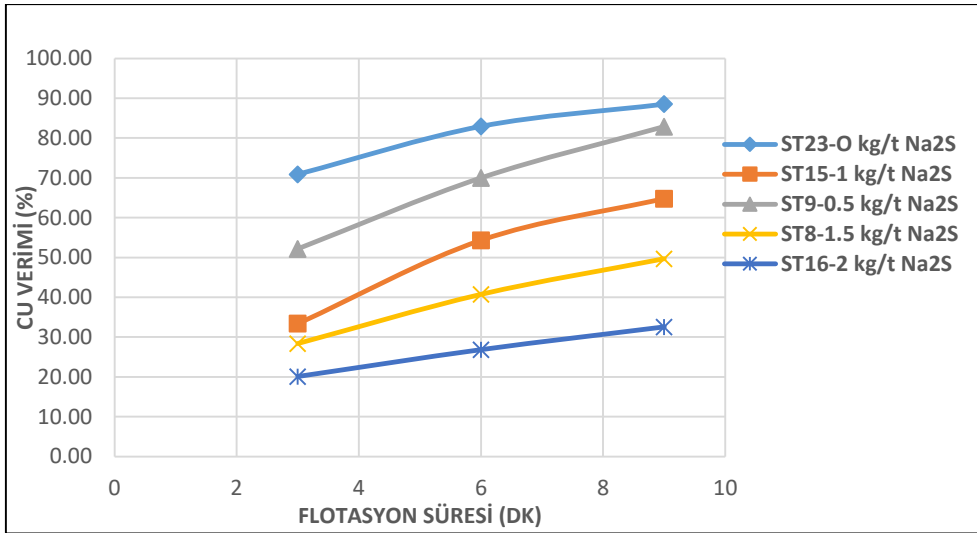
Elde edilen sonuçlar itibari ile Gediktepe Master Kompozit cevherinin baz koşulunun, bu tez kapsamında kullanılan oksitlenmiş numune için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Cevherin oksitlenmeden kaynaklanan seçimlilik problemini çözmek için alternatif yöntemler test edilmiştir.

4.2. Öğütmede Sodyum Sülfür (Na₂S) Dozajının Etkisi

Baz koşullarda öğütme aşamasında kullanılan sodyum sülfürün flotasyon performansı için optimum dozajını belirlemek amacıyla Cu üzerinden kinetik flotasyon testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde, diğer tüm parametreler sabit tutularak 5 farklı sodyum sülfür dozajı (0, 0.5, 1, 1.5, 2 kg/t) denenmiştir. Testlerde kümülatif olarak 3, 6 ve 9. dakikalarda olmak üzere 3 konsantre alınmıştır.

4.2.1. Öğütmede Sodyum Sülfür (Na₂S) Dozajının Verime Etkisi

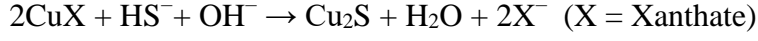
Farklı sodyum sülfür dozajlarında bakır veriminin flotasyon süresine bağlı değişimi Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Farklı Na₂S dozajlarındaki zamana bağlı kümülatif Cu verimi

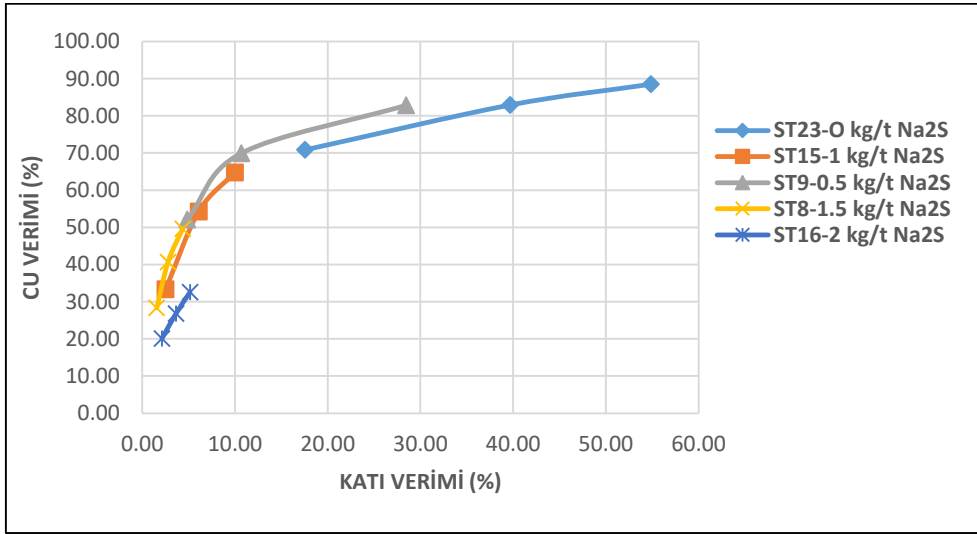
Şekil 4.2'de görüldüğü üzere sodyum sülfür dozajı arttıkça, bakır veriminde önemli ölçüde düşüş görülmektedir. En yüksek %Cu verimine hiç sodyum sülfür kullanılmayarak ulaşılmıştır. Bahsedilen ST23 kodlu deneyde Cu verimi %88,51 olurken, katı verimi %54,87 olmuştur. En düşük verim değeri ise 2 kg/t Na₂S'in kullanıldığı deneyde %32,55 olmuştur. Bu deneyde katı verimi ise %5.16 'da kalmıştır. Şekil 4.3'e de bakıldığında verimin konsantreye gelen % katı miktarı ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Yüksek sodyum sülfür dozajının, bakır minerali üzerinde bastırıcı etkisinin olduğu, bu nedenle yüzen malzeme miktarını azaltarak, bakır

verimini düşürdüğü düşünülmektedir. Sodyum sülfürün, süflürlü mineraller üzerindeki genel kabul görmüş bastırıcı mekanizması Eşitlik 4.1’de verildiği gibi Na₂S’in toplayıcıyı yüzeyden uzaklaştırmasıdır.



Eşitlik 4.1.

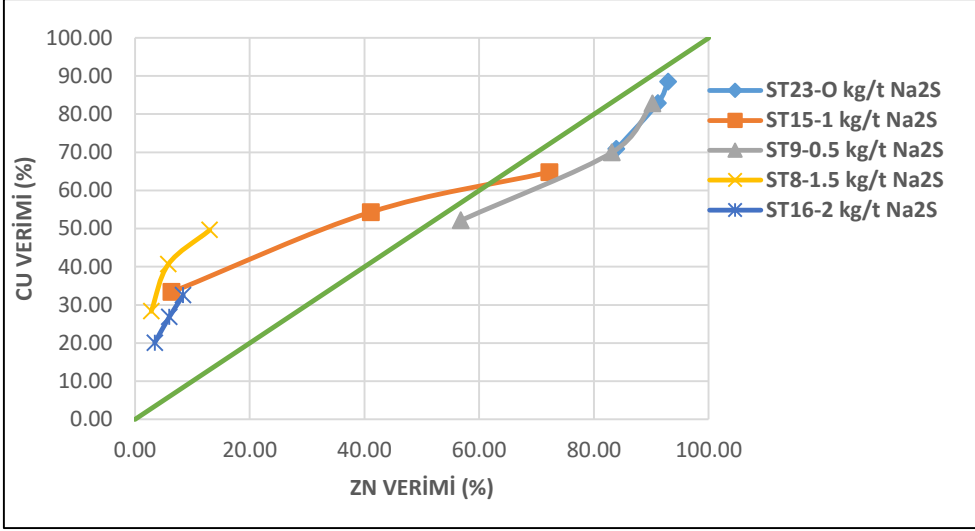
Sodyum sülfürün ayrışma ve hidrolizinin bir sonucu olan hidrosülfür iyonu (HS⁻) kalkopiritin yüzeyinden toplayıcıyı çıkarır ve yüzemez hale getirir.



Şekil 4.3. Farklı Na₂S dozajlarında katı verimi ve Cu verimi arasındaki ilişki

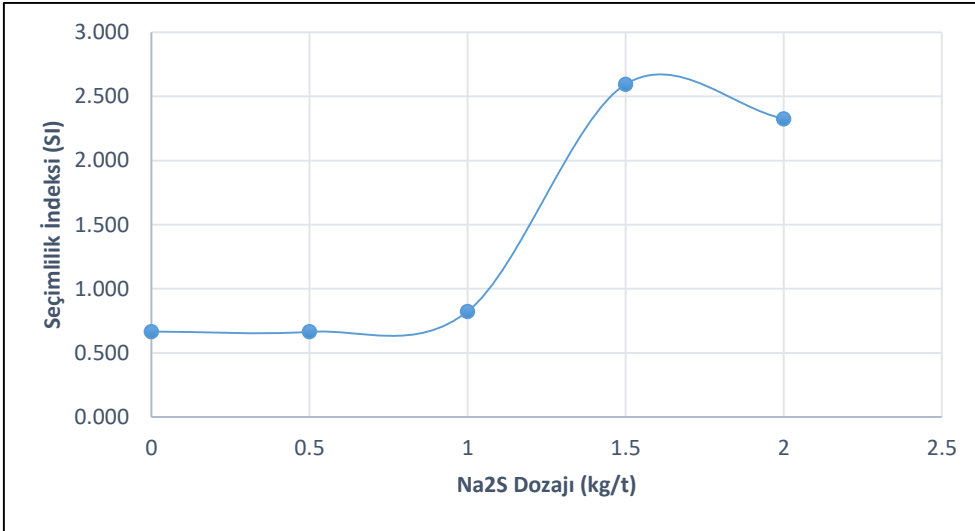
4.2.2. Öğütmede Sodyum Sülfür Dozajının Seçimliliğe Etkisi

Farklı sodyum sülfür dozajlarında Cu verimi ile Zn verimi arasındaki ilişki Şekil 4.4’te verilmiştir. Şekil 4.4’e bakıldığında 0 kg/t ile 0,5 kg/t Na₂S dozajlarında Cu/Zn seçimliliğinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. 1 kg/t dozajında 2. kademeye kadar seçimli flotasyon gerçekleştiği, 3. kademedeki seçimliliğin bozulduğu görülmektedir. 1.5 ve 2 kg/t dozajlarında ise 3 kademe boyunca seçimli Cu/Zn flotasyonu gerçekleşmiştir.



Şekil 4.4. Farklı Na₂S dozajlarındaki Cu/Zn seçimliliği

Sodyum sülfür dozajının bakır ve çinko arasındaki seçimliğe etkisi, Gaudin seçimlilik indeksi kullanılarak incelenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonunda seçimlilik indeksleri hesaplanmış olup, sodyum sülfür dozajına karşı seçimlilik indeksi ilişkisi Şekil 4.5’de sunulmuştur.



Şekil 4.5. Gaudin seçimlilik indeksinin Na₂S dozajına bağlı değişimi

Şekil 4.5’e bakıldığında sodyum sülfür dozajının yaklaşık 1.5 kg’a kadar arttığında, seçimliliğin de arttığı, 2 kg/t’lara kadar çıktığında ise azaldığı görülmektedir. Bu durumun, sodyum sülfürün yüksek dozajlarda kullanıldığında, Cu mineraline karşı da bastırıcı etkisi

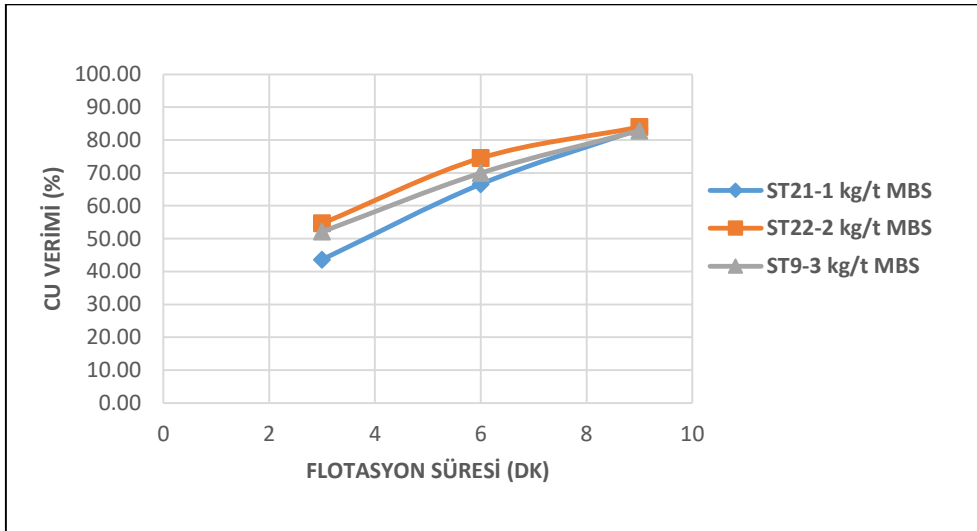
gösterdiğinden kaynaklandığı düşünölmektedir. Şekil 4.5’de seçimlilik açısından en iyi sodyum sülfür dozajının yaklaşık olarak 1,5 kg/t olduğu gözükmesine rağmen bu dozajda Cu verimi %49,66’da kalmıştır. Bu nedenle Cu/Zn seçimliliğini arttırmaya yönelik diğer parametreler denenirken, sodyum sülfür dozajında baz koşul dozajı olan 0,5 kg/t’da kalınmasına karar verilmiştir.

4.3. Öğütmede Sodyum Metabisülfite (MBS) Dozajının Etkisi

Baz koşulda öğütme aşamasında kullanılan sodyum metabisülfite dozajının flotasyon performansına etkisini belirlemek amacıyla Cu üzerinden kinetik flotasyon testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde, diğer tüm parametreler sabit tutularak 3 farklı sodyum metabisülfite dozajı (1, 2, 3 kg/t) denenmiş olup, testlerde kümülatif olarak 3, 6 ve 9. dakikalarda olmak üzere 3 konsantr alınmıştır.

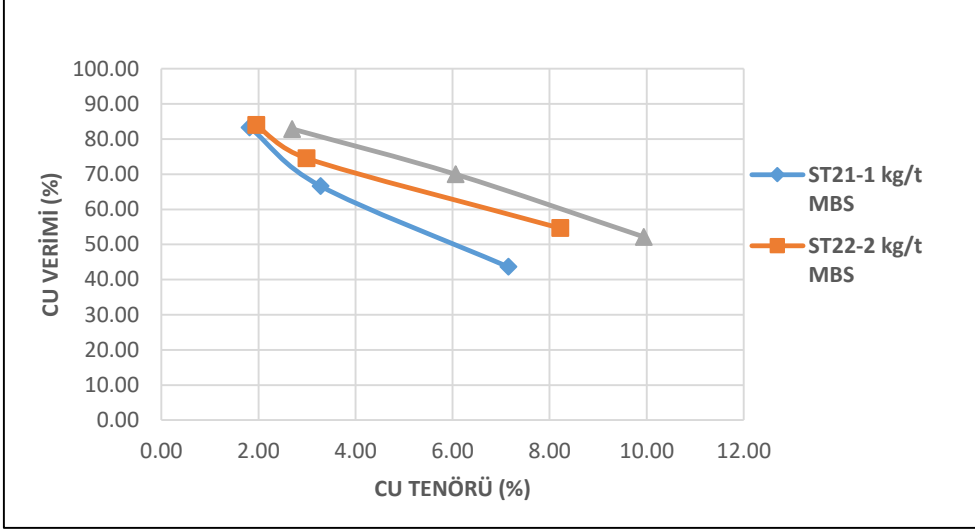
4.3.1. Öğütmede Sodyum Metabisülfite (MBS) Dozajının Verime Etkisi

Farklı sodyum metabisülfite dozajlarında bakır verimi ile flotasyon süresi arasındaki ilişki Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Farklı MBS dozajlarında zamana bağlı değişen kümülatif Cu verimi

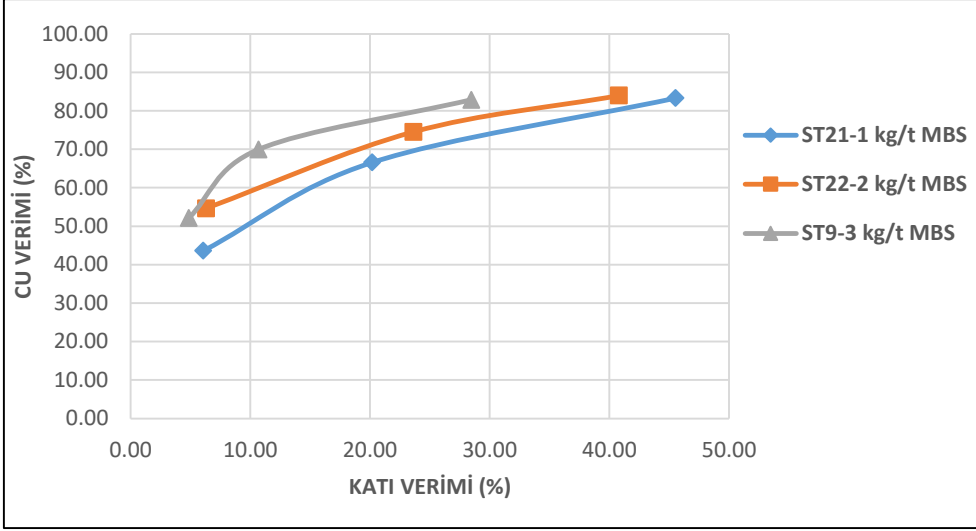
Şekil 4.6'ya bakıldığında sodyum metabisülfid dozajının verimi önemli ölçüde etkilemediği, 3 kademe Cu flotasyonu sonunda ise tüm dozajlarda %80'in üzerinde verim değeri elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.7. Farklı MBS dozajlarında Cu verim-tenör ilişkisi

Şekil 4.7'de ise Cu verimi ile Cu tenörü arasındaki ilişki sunulmaktadır. Buna göre Cu tenörü açısından en iyi sonuç 3 kg/t MBS kullanılarak elde edilmiştir. Aynı verimde daha yüksek tenor elde edilmesinin nedeni, MBS'nin bakıra karşı seçimli olarak diğer sülfürlü mineralleri bastırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

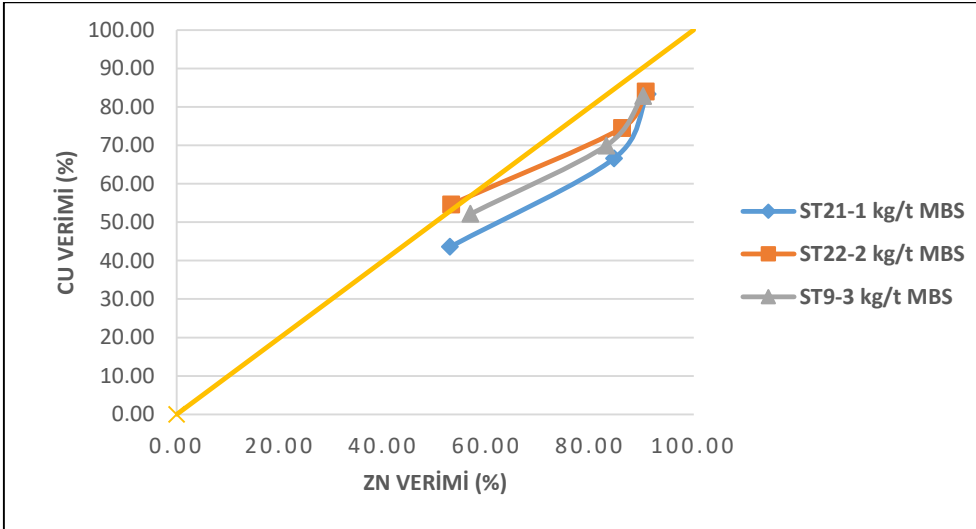
Şekil 4.8'de ise MBS dozajının artmasının, % katı verimini azalttığı görülmekte olup, bunu doğrular niteliktedir.



Şekil 4.8. Farklı MBS dozajlarında katı verimine karşı Cu verimi ilişkisi

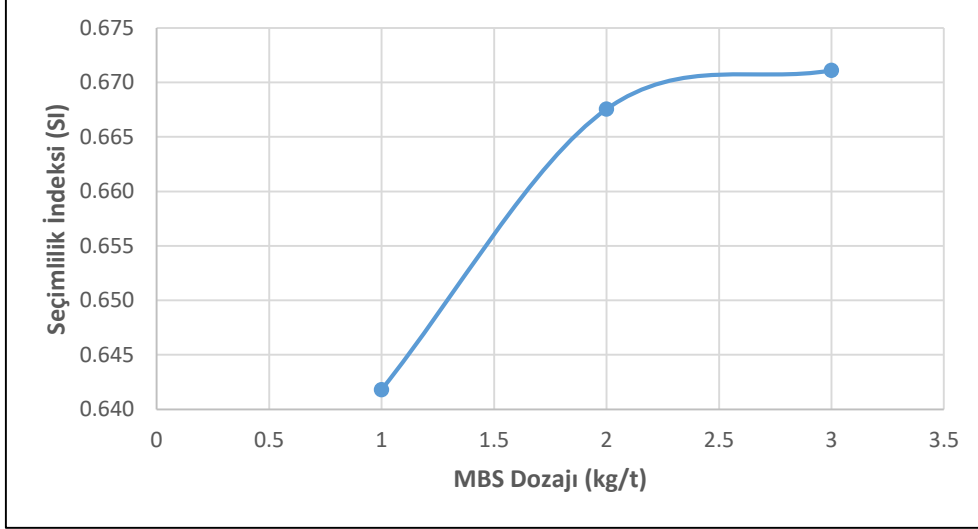
4.3.2. Öğütmede Sodyum Metabisülfid (MBS) Dozajının Seçimliliğe Etkisi

Farklı MBS dozajlarında yapılan testlerde, Cu verimi ile Zn verimi arasındaki ilişki Şekil 4.9’da verilmiştir. Üç farklı MBS dozajında da seçimli bir Cu/Zn flotasyonunun gerçekleşmediği ancak yüksek dozaj MBS’nin Cu/Zn seçimliliği açısından daha iyi sonuç verdiği gözükmektedir.



Şekil 4.9. Farklı MBS dozajlarının Cu/Zn seçimliliğine etkisi

Cu/Zn ilişkisi Gaudin seçimlilik indeksi ile de değerlendirilmiş olup, MBS dozajına karşı seçimlilik indeksi grafiği Şekil 4.10’da sunulmuştur.



Şekil 4.10. Gaudin seçimlilik indeksinin MBS dozajına bağlı değişimi

Şekil 4.10 incelendiğinde Cu/Zn için en seçimli MBS dozajının 3 kg/t olduğu gözükmemektedir. Cu verim ve tenor değerleri de göz önünde bulundurularak, optimum dozajın 3 kg/t olduğuna karar verilmiş olup, tezin bundan sonraki deneysel çalışmalarında tüm deneylerde öğütme aşamasında 3 kg/t sodyum metabisülfid kullanılmıştır.

4.4. Ultrasonik Banyo İle Yüzey Temizlemenin Etkisi

Yapılan çalışmada ultrasonik banyo ile yüzeydeki oksidasyon ürünlerinin temizlenmesinin mümkün olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla 10 gram cevher numunesi ultrasonik banyoda 30 dakika boyunca tutulmuştur. Yüzeyden temizlenen oksitlenme ürünlerinin mineral yüzeyine tekrardan çökmemesi için, su yüzeyinde ince bir şerit halinde tabakalaşan çok az miktardaki şlam su ile birlikte süzölmüştür. Ardından numuneye standart EDTA testi prosedürü uygulanmıştır. Cevherin ultrasonik banyo yapılmadan önceki ve yapıldıktan sonraki EDTA sonuçları Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Gediktepe Kompozit cevherine yapılan ultrasonik banyo öncesi/sonrası EDTA testi sonuçları

	Çözelti, mg/L (ppm) (Filtre altı)				Metal ağırlığı, gr			Oksitlenmiş Metal ağırlığı, mg				Es (mg ml.ext./g mtl katı)			
	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Gediktepe MasterComp EDTA	47.24	23.43	43.41	20.23	0.08	2.85	0.19	11.91	5.91	10.94	5.10	158.75	2.07	405.16	26.69
Gediktepe MasterComp EDTA Ultrasonikle Temizleme Sonrası	38.86	21.13	32.3	7.50	0.07	2.57	0.17	10.26	5.58	8.53	1.98	151.97	2.17	350.91	11.54

Bu sonuçlara bakıldığında ultrasonik banyo ile yüzey temizlemenin Cu ve Fe minerallerinde oldukça az etkisi olduğu gözükmemektedir. Bu durumun nedeni olarak, aşırı oksitlenen yüzeylerde, oksitlenme ürünlerinin sadece yüzeyde değil, yüzey altındaki tabakalarda da birikmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Ancak EDTA sonuçlarına bakılarak ultrasonik banyonun Pb ve özellikle Zn mineralleri üzerinde iyileştirici etkisinin olduğu belirlenmiştir.

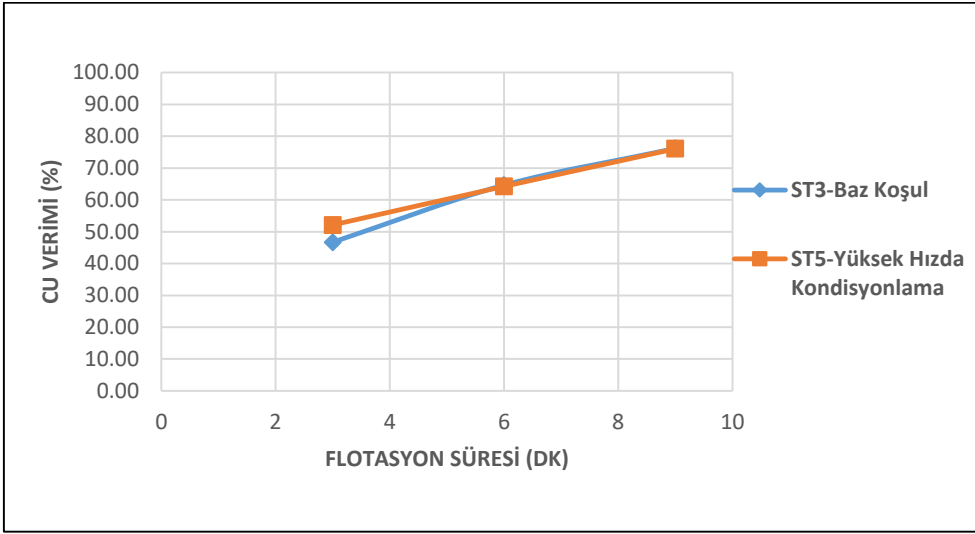
Ultrasonik banyo, laboratuvar ölçeğinde EDTA testi üzerinden belirlenen oksitlenme derecesine göre yararlı etkiler gösterse de flotasyon endüstrisindeki uygulaması hala sınırlıdır. Başlıca problemlerden biri, palpin içinde ultrasonun zayıflamasıdır. Ultrason, suyun içinde yayılma sırasında enerjisi kaybeder, bu ısı üretimi ve kavitasyon kabarcıkları oluşumu gibi birçok nedenden kaynaklanabilir. Öte yandan, palptaki katı parçacıklar ultrasonun daha da zayıflamasına neden olabilmektedir. Tane boyu ve katı konsantrasyonun da ultrasonu zayıflatma üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle, ultrason destekli flotasyonun ölçeklendirilmesi için tatmin edici bir ultrasonik alan gereklidir. Ultrasonik banyonun mineral yüzeyini temizleme üzerindeki etkisi EDTA testi ile belirlense de flotasyon testi öncesinde veya flotasyon testi esnasındaki etkisi bu tez kapsamına dahil edilmemiş olup, bunun yerine endüstride kullanılabilecek bir mekanik yüzey temizleme yöntemi olan yüksek hızda kondisyonlama ile flotasyon testi çalışmalarına devam edilmiştir.

4.5. Flotasyon Öncesinde Yüksek Hızda Kondisyonlama Etkisi

Yapılan çalışmalarda yüksek hızda kondisyonlamanın flotasyon performansı üzerine etkisi flotasyon makinasına karıştırma ucu takılarak incelenmiştir. -2 mm'lik malzeme 4,5 litrelik flotasyon hücresine konulup üzerine su eklenmiş, yaklaşık 1900-2000 rpm'de 30 dakika

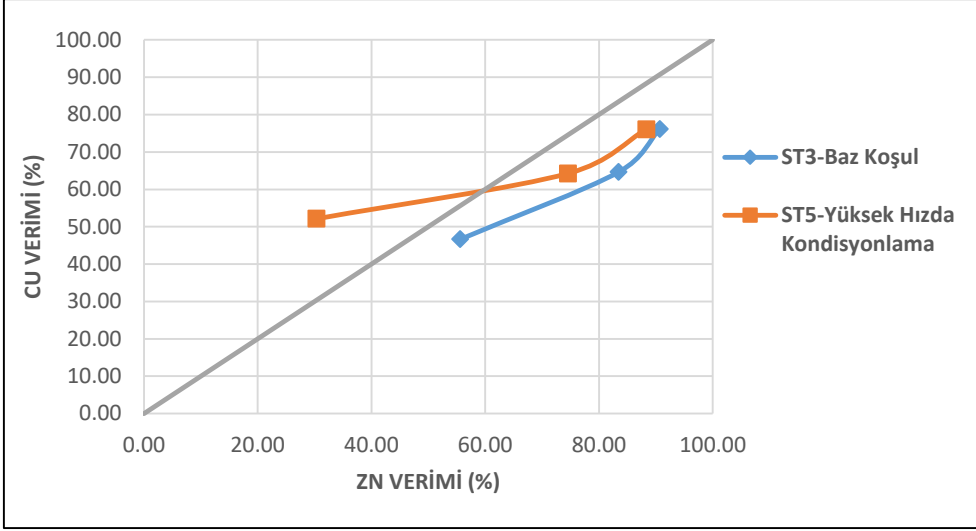
boyunca kondisyonlanmıştır. 30 dakika sonunda su ile birlikte çok az miktarda malzeme de süzülerek şlam atılmış olup, cevher bilyalı değirmende standart koşullarda öğütülüp flotasyon testi yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre baz koşul ve yüksek hızda kondisyonlama uygulanan deneyler karşılaştırılarak, yüksek hızda kondisyonlamanın etkisi incelenmiştir. Şekil 4.11’de Cu verimi ile flotasyon süresi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.11. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın zamana bağlı %Cu verimi üzerindeki etkisi

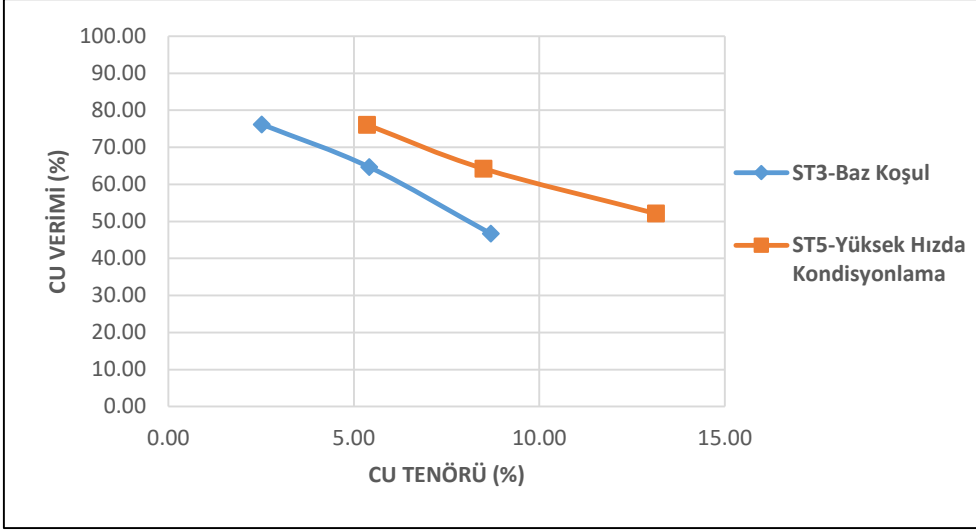
Şekil 4.11’e bakıldığında Cu verimi açısından yüksek hızda kondisyonlamanın herhangi bir olumlu etkisinin olmadığı gözükmemektedir. Yüksek hızda kondisyonlamanın Cu/Zn seçimliliğine etkisi ise Şekil 4.12’de sunulmuştur.



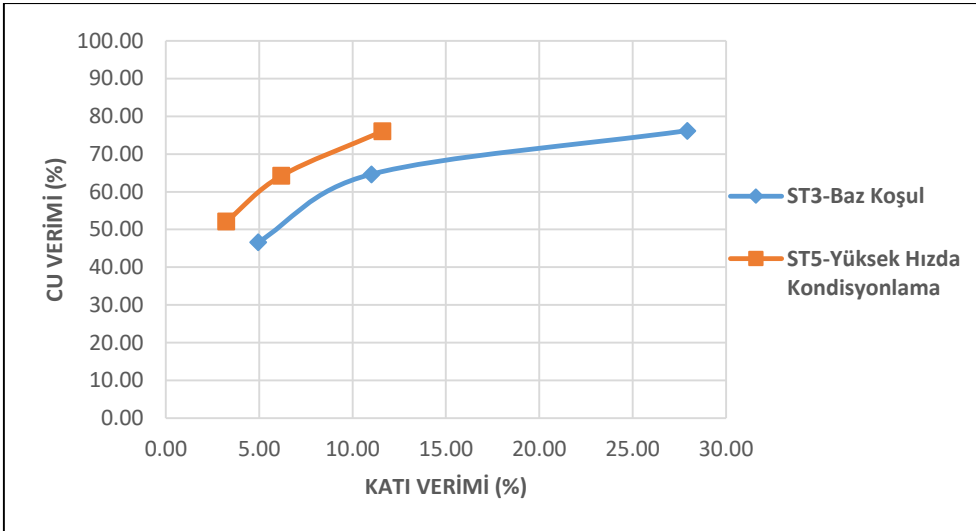
Şekil 4.12. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi

Şekil 4.12’de yüksek hızda kondisyonlamanın Cu/Zn seçimliliğini ilk kademelerde arttırdığı, son kademede ise fark yaratmadığı görülmektedir.

Şekil 4.13’e bakıldığında ise yüksek hızda kondisyonlamanın %Cu tenöründe artışa neden olduğu gözükmemekte olup bu durumun Cu devresinde yüzen % katı veriminin azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4.14). Yüksek hızda kondisyonlamanın, mineral yüzeylerindeki şlam ve diğer safsızlıkları temizlediği bilinmektedir (33). Yüzde katı veriminin yüksek hızda kondisyonlama sonrası azalması, bununla ilişkilendirilebilir.



Şekil 4.13. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın Cu verim-tenör ilişkisi üzerine etkisi



Şekil 4.14. Yüksek Hızda Kondisyonlamanın katı verimi üzerine etkisi

Bu sonuçlara bakıldığında, yüksek hızda kondisyonlamanın cevherdeki esas problem olan Cu/Zn seçimliliği için tek başına yeterli bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak yüksek hızda kondisyonlamanın mineral yüzeylerini temizlemede olumlu etkisinin de olduğu açıktır. Bu nedenle bu tez kapsamında, oksitlenmenin olumsuz etkisinin azaltılmasına yönelik kimyasal yöntemler test edilirken flotasyon testleri öncesinde yüksek hızda kondisyonlama yapılması da uygun bulunmuştur.

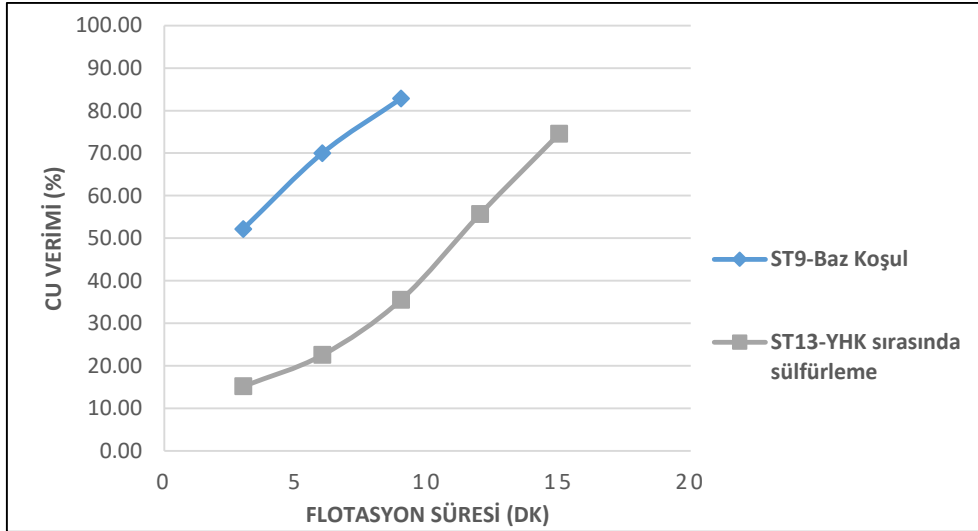
4.6. Flotasyon Öncesinde Sodyum Sülfür İle Sülfüdisasyonun Etkisi

Sodyum sülfürün mineral yüzeylerini temizleme etkisi 2 farklı şekilde test edilmiştir.

4.6.1. Yüksek Hızda Kondisyonlama Sırasında Sülfüdisasyonun Etkisi

İlk yöntem olarak, -2mm'lik cevher yüksek hızda kondisyonlama için hücreye alınmış, üzerine 1 kg/t Na₂S eklenmiş ve 30 dk. boyunca koşullandırılmıştır. 30 dk. sonunda, cevherin suyu az miktarda şlam ile birlikte süzölmüş ve cevher bilyalı değirmende öğütülerek, flotasyon testi yapılmıştır. Yapılan flotasyon testinde, cevherin yavaş yüzdüğü gözlemlenmiş olup, aynı toplayıcı dozajları eklenerek 5 kademe boyunca flotasyona devam edilmiştir.

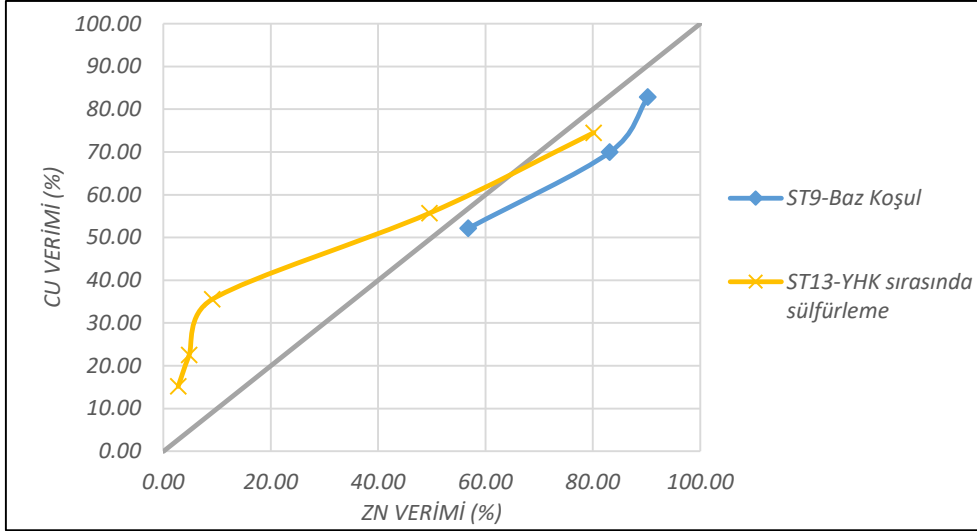
Cevhere uygulanan ST9 kodlu baz koşul ile ST13 kodlu yüksek hızda kondisyonlama sırasında sülfürleme koşulu karşılaştırılmıştır. Şekil 4.15'te Cu verimi ile flotasyon süresi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.15. Baz koşul ile Sülfürleme koşulunun zamana bağlı Cu verimi üzerinden karşılaştırılması

Şekil 4.15'de görüldüğü üzere yüksek hızda koşullama esnasında sülfürleme yapmak Cu verimini çok belirgin şekilde düşürmüştür. Baz koşulda 3 kademe flotasyon sonunda Cu verimi %82,85 olurken, belirtilen koşulda 3 kademe sonunda %34,15 olmuştur. 5 kademe flotasyon sonunda ise Cu verimi ancak %74,52 ye çıkabilmiştir.

Test edilen koşul Cu/Zn seçimliliği açısından değerlendirildiğinde ise Şekil 4.16’da da görülebileceği gibi, ilk 3 kademe boyunca seçimli bir flotasyon gerçekleşmiştir. Dördüncü kademe ile birlikte flotasyon seçimliliğinin bozulmaya başladığı gözükmektedir.



Şekil 4.16. YHK sırasında sülfürlemenin Cu/Zn seçimliliği üzerine etkisi

Test edilen koşulun, 3 kademe flotasyon için seçimli olmasına rağmen verimin çok düşük olmasından dolayı, bu koşulun cevher için uygun olmadığı kararına varılmıştır. Sodyum sülfürün dozajını optimize etmek için yapılan deneylerde, yüksek dozajlarda kullanıldığında sodyum sülfürün cevher üzerindeki bastırıcı etkisi açıkça görülmüştür. Bu nedenle, verimin 3 kademe sonunda %34,15 gibi çok düşük bir değerde olmasının, kondisyonlama esnasında yüzey temizleme amacıyla kullanılan 1 kg/t Na_2S 'in bastırıcı etkisinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Cevher, kondisyonlama sonrasında kondisyonlama suyu süzülmesi halinde, bu su içinde veya cevher yüzeyinde kalan sodyum sülfürün flotasyon verimini üzerinde olumsuz etkiye neden olabileceği düşüncesiyle, sülfürleme çalışmaları için deney koşulları optimize edilmeye karar verilmiştir.

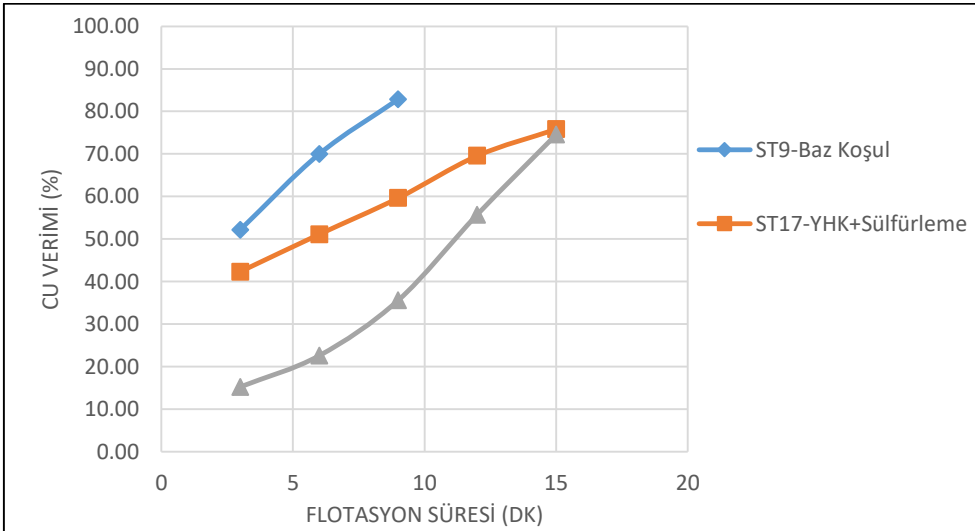
4.6.2. Yüksek Hızda Kondisyonlama Sonrasında Sülfürizasyonun Etkisi

Sülfürleme ile oksitlenme ürünlerinin mineral yüzeylerinden temizlenmesi çalışmalarına devam etmek için önceki deney koşulları gözden geçirilmiştir.

Ultrasonik banyo ile yapılan çalışmalarda yüzeyden temizlenen oksitlenme ürünlerinin, mineral yüzeylerine tekrar çökmemesi için, ultrasonik banyo sonrası su ile birlikte az miktarda şlam süzümüştür. Benzer etkinin yüksek hızda kondisyonlama çalışmaları için de olumlu etkisinin olabileceği düşünülerek, kondisyonlama sonrası, kondisyonlama suyunun dekantasyon ile süzülmesine, ardından hücreye temiz su eklenerek sülfürleme yapılmasına karar verilmiştir.

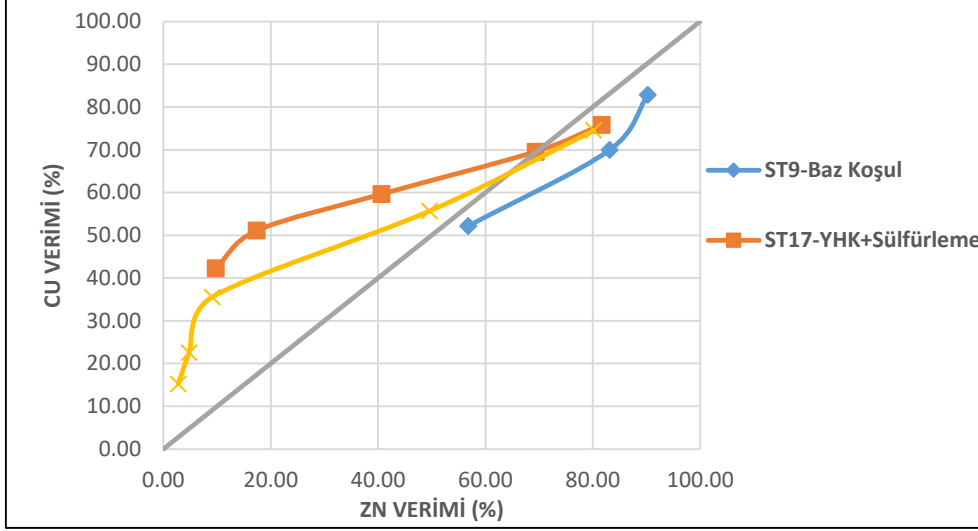
Deneylerde benzer şekilde, sülfürleme sonrasında ise, cevherin 2 kez temiz su yıkanmasına karar verilmiştir. Sülfürleme esnasında ise, sodyum sülfür yavaş yavaş ilave edilmiştir.

Deney koşullarında yapılan düzenlemeler ile sülfürleme çalışmalarına devam edilmiştir. Belirtilen koşullarda yapılan ST17 kodlu deneyde, 5 kademe Cu flotasyonu yapılmıştır. Baz koşul ile sülfürleme koşulları olan ST13 ve ST17 kodlu deneylerin zamana karşı kümülatif Cu verimi arasındaki ilişki Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17. Farklı sülfürleme koşullarının zamana bağlı Cu verimi üzerinden karşılaştırılması

Şekil 4.17'ye bakıldığında optimize edilen sülfürleme koşulunun (ST17) Cu veriminin baz koşula kıyasla oldukça düşük olduğu, ancak bir önceki sülfürleme koşuluna (ST13) kıyasla daha yüksek olduğu gözükmemektedir.



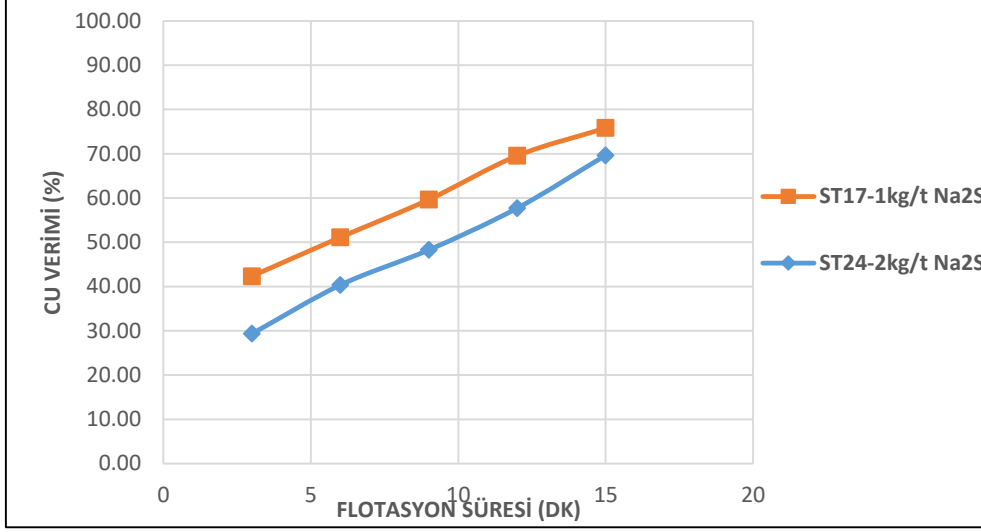
Şekil 4.18. Farklı sülfürleme koşullarının Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi

Bu 3 deney koşulu için Zn verimine karşı Cu verimi ilişkisi Şekil 4.18'de verilmiştir. Buna göre en seçimli Cu/Zn ayrımı ST17 kodlu deneyde gerçekleşmiştir. ST17 kodlu deney için seçimliliğin 3. kademedен sonra flotasyonun seçimliliğinin bozulduğu, 5. kademe ise ayırımın seçimli olmadığı Şekil 4.18'de görülmektedir. Her iki sülfürleme koşulunda ise ST9 kodlu baz koşul deneyine kıyasla çok daha seçimli bir ayırımın gerçekleştiği belirgin biçimde görülmektedir.

ST17 kodlu deney için 4 kademe sonunda Cu verimi %69,55, Cu tenörü ise %10,62 olurken ST13 kodlu deney için Cu verimi %55,69, Cu tenörü ise %7,04 olarak gerçekleşmiştir. Bu verim ve tenor değerleri göz önüne alınarak, yüksek hızda kondisyonlama sonrasında sülfürleme işleminin gerçekleştiği ST17 kodlu deneyde nispeten daha iyi sonuçlar elde edildiği için, bu kondisyonlama koşullarında flotasyon çalışmalarına devam edilerek, seçimliliği arttırmaya yönelik alternatif seçenekler denenmiştir.

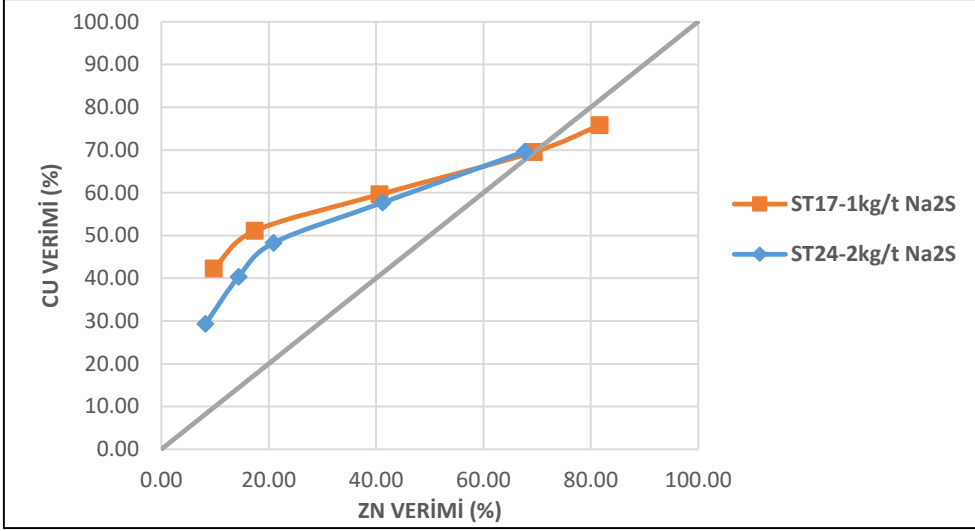
4.7. Flotasyon Öncesi Sülfürlüde Sodyum Sülfür Dozajının Etkisi

Sülfürleme çalışmalarında kullanılan sodyum sülfür dozajının flotasyon performansına olan etkisini incelemek için 1 kg/t Na₂S'in kullanıldığı ST17 kodlu deney koşulu, 2 kg/t Na₂S kullanılarak ST24 kodu ile tekrarlanmıştır. Deneyler sonunda elde edilen verilere göre, flotasyon süresine karşı kümülatif Cu verimi arasındaki ilişki Şekil 4.19'da verilmiştir.



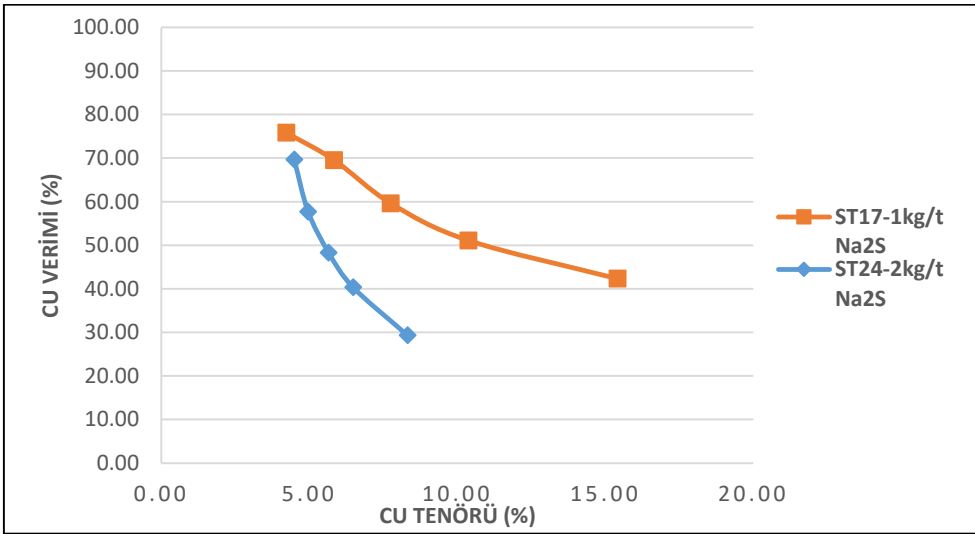
Şekil 4.19. Farklı sülfürleyici dozajlarının zamana bağlı Cu verimine etkisi

Şekil 4.19'a bakıldığında kondisyonlamada kullanılan iki farklı Na₂S dozajı arasından 1 kg/t kullanılan ST 17 kodlu deneyde daha yüksek verim değerlerine ulaşılmıştır. Bunun nedeninin ise önceki çalışmalarda da olduğu gibi yüksek dozaj Na₂S'in Cu mineraline karşı bastırıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Cu/Zn seçimliliği arasındaki ilişki ise Şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Farklı sülfürleyici dozajlarının Cu/Zn seçimliliğine etkisi

Şekil 4.20'ye göre 2 kg/t Na_2S kullanılan deneyde ilk kademelerde daha seçimli bir ayırım gerçekleşse de son kademelerde seçimlilikte hemen hemen aynı noktalara gelinmiştir. Bu nedenle 2 farklı dozajda seçimlilik açısından çok önemli bir farkın olmadığı sonucuna varılmıştır. Sülfürleme işlemi esnasında kullanılan 2 farklı Na_2S dozajının Cu verim-tenör ilişkisine olan etkisi ise Şekil 4.22'de sunulmuştur. Buna göre Cu verim-tenör ilişkisi açısından 1 kg/t Na_2S kullanılan ST17 kodlu deneyde daha iyi sonucun elde edildiği görülmektedir.

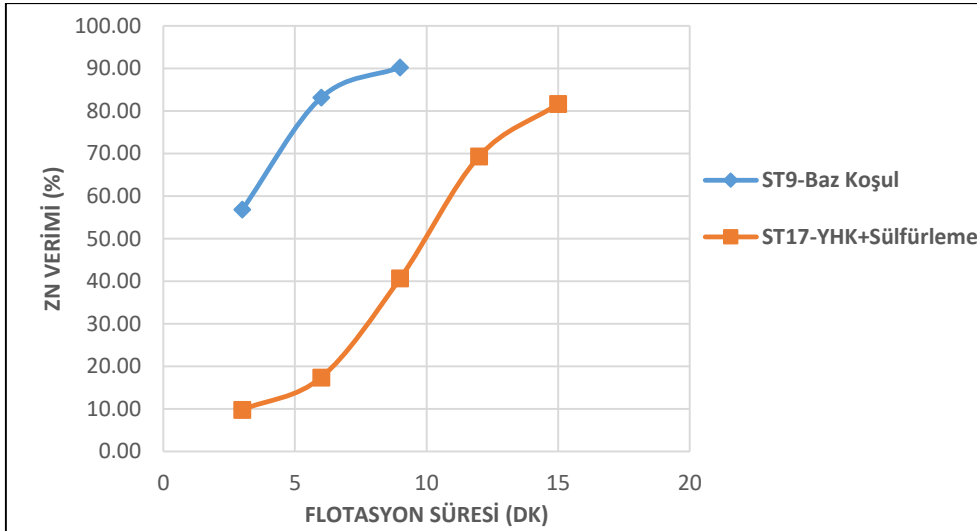


Şekil 4.21. Farklı sülfürleyici dozajlarındaki Cu verim-tenör ilişkisi

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde sülfürleme işlemi için 1 kg/t Na₂S dozajının optimum dozaj olduğuna karar verilmiş olup, devam edilen çalışmalarda bu dozajda sülfürleme işlemi yapılmıştır.

4.8. Kademeli Bastırıcı Etkisi

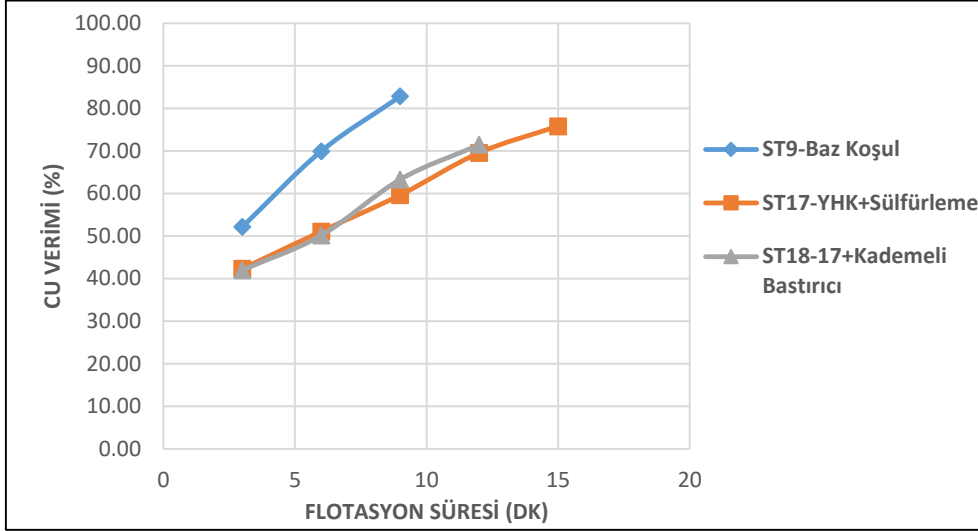
Oksitlenmenin cevher üzerindeki olumsuz etkisini azaltmaya yönelik denenen deney koşulları içinde verim ve seçimlik göz önünde bulundurulduğunda en iyi sonuç ST17 kodlu deneyde elde edilmiştir. Bu deneyde Şekil 4.22’de görülebileceği gibi Cu devresindeki Zn verimi baz koşulla kıyaslandığında çok daha düşük olmuştur ve Zn veriminin 2. kademe flotasyon sonrasında ani şekilde artmaya başladığı görülmektedir.



Şekil 4.22. Sülfürleme koşulunda Cu devresinde zamana bağlı Zn verimi

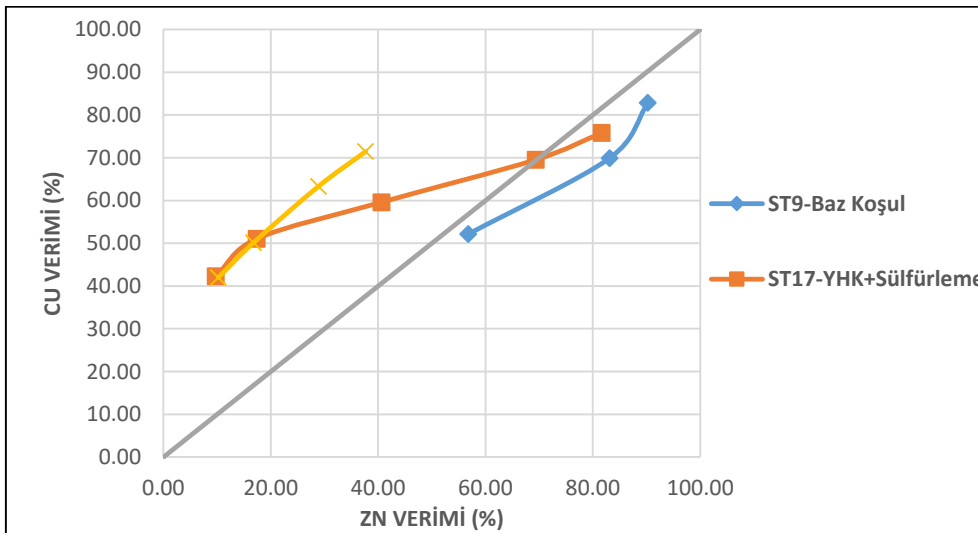
Bu durumun nedeninin, öğütme devresinde eklenen bastırıcıların, flotasyonun ilerleyen sürelerinde etkisini kaybetmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle flotasyon esnasında kademeli bastırıcı eklemenin etkisi incelenmiştir. Bu etki ST18 kodlu deneyde test edilmiştir. Deneyde, ST17 kodlu deney ile aynı yüksek hızda kondisyonlama ve sülfürleme yapılmış, 2. kademe Cu flotasyonu sonunda, öğütmeye konulan dozajın 1/3 ü kadar dozajda Na₂S(0,17 kg/t) ve MBS(1 kg/t) bastırıcı olarak eklenmiş, 2 dakika kondisyonlama sonrası standart dozajda toplayıcı eklenerek deneye devam edilmiştir. Aynı prosedür 3. kademe

sonrasında da tekrarlanmış ve deney toplam 4 kademe sonrası bitirilmiştir. Kademeli bastırıcı etkisinin zamana bağlı kümülatif Cu verimine etkisi Şekil 4.23’de sunulmuştur.



Şekil 4.23. Kademeli bastırıcının zamana bağlı Cu verimi üzerine olan etkisi

Şekil 4.23’te kademeli bastırıcının Cu flotasyonu üzerinde olumsuz etkisinin olmadığı görülmektedir. ST17 kodlu deneyde 4 kademe Cu flotasyonu sonunda Cu verimi %69,55 olurken, kademeli bastırıcı eklenen ST18 kodlu deneyde ise %71,48 olarak hemen hemen aynı sonuca ulaşılmıştır. Şekil 4.24’te ise kademeli bastırıcının Cu/Zn seçimliliği üzerine etkisi seçimlilik grafiği ile verilmiştir.



Şekil 4.24.Kademeli bastırıcı eklemesinin Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi

Şekil 4.24'te flotasyon testi esnasında kademeli bastırıcı eklemenin seçimlilik üzerine olan olumlu etkisi çok açıkça görülmektedir. ST17 kodlu deneyde 4 kademe Cu flotasyonu sonunda Zn verimi %69,35 olurken, kademeli bastırıcı eklenen ST18 kodlu deneyde Zn verimi %37,68'e düşürülmüştür.

4.9. İnce Öğütme Etkisi

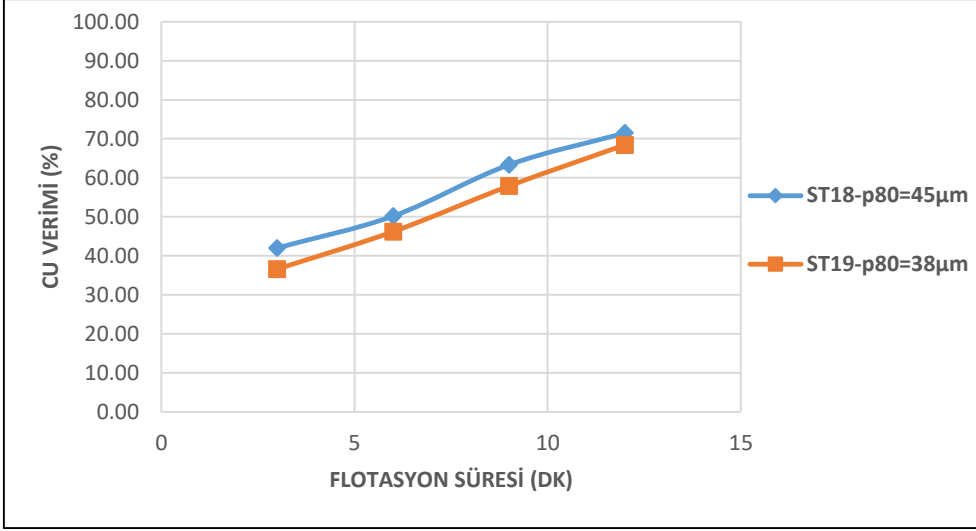
Yapılan çalışmalar sonunda en iyi sonucun elde edildiği ST18 kodlu deneyde 4 kademe Cu kaba flotasyonu sonunda elde edilen verim-tenör değerleri kümülatif olarak Çizelge 4.3'de sunulmuştur.

Çizelge 4.3. ST18 kodlu deneyin Cu devresinin kümülatif Cu verim-tenör değerleri

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Cu Kaba 1	44.10	2.66	13.27	20.86	1.31	7.65	41.99	2.18	16.17	10.22
Cu Kaba 1+2	76.00	4.58	9.20	21.62	1.34	7.30	50.16	3.89	28.49	16.81
Cu Kaba 1+2+3	117.80	7.10	7.49	22.57	1.37	8.09	63.32	6.29	45.22	28.88
Cu Kaba 1+2+3+4	158.70	9.57	6.28	23.49	1.16	7.83	71.48	8.82	51.69	37.68

Baz koşul ile kıyaslandığında kademeli bastırıcı eklenmesi Cu devresindeki Zn verimini oldukça düşürmüştür. Yüzen Zn minerallerinin de Cu mineralleri ile bağlı olma ihtimali düşünülerek, cevher üzerinde ince öğütme çalışması yapılarak serbestleşmesinin arttırılmasına karar verilmiştir.

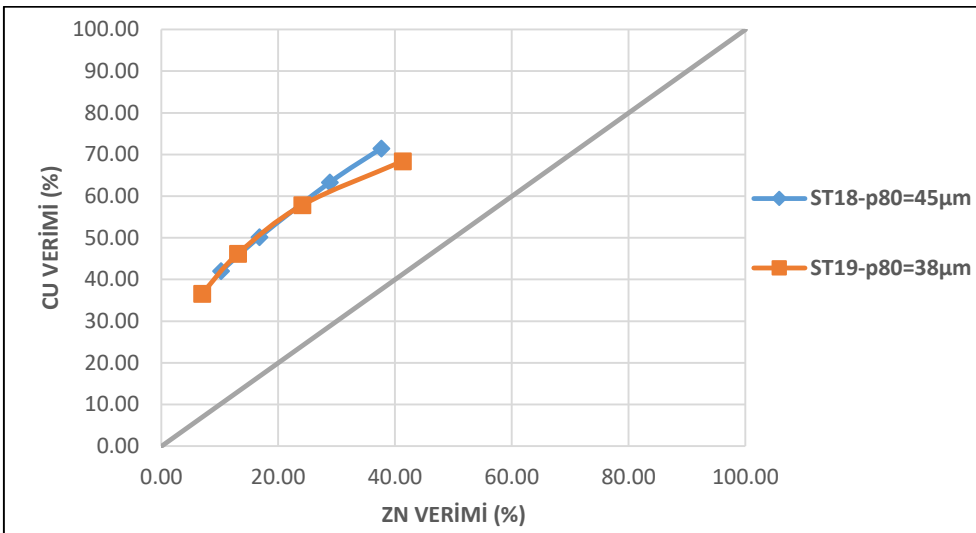
Yapılan tüm deneylerde malzeme, bilyalı değirmende 30 dakika boyunca p₈₀ (malzemenin %80'inin geçtiği tane boyu) 45µm olacak şekilde öğütüldüğünden, ince öğütme çalışmasında p₈₀=38µm olacak şekilde 40 dakika öğütülmesine karar verilmiştir. Yapılan ST19 kodlu deneyde, ST18 koşulundan farklı olarak sadece öğütme süresi değiştirilmiştir. İki deneyin zamana bağlı kümülatif Cu verimi ilişkisi Şekil 4.25'te karşılaştırılarak verilmiştir.



Şekil 4.25. İnce öğütmenin zamana bağlı Cu verimi üzerine olan etkisi

Şekil 4.25'te ince öğütmenin Cu verimi üzerine olumlu bir etkisinin olmadığı, iki koşulda verim değerleri arasında belirgin bir farkın olmadığı görülmektedir.

İnce öğütmenin Cu/Zn seçimliliği üzerine olan etkisi ise Şekil 4.26'da sunulmuştur. Buna göre ince öğütmenin Cu/Zn seçimliliği üzerine olumlu bir etkisinin olmadığı, aksine son kademedeki iri tane boyunda daha iyi bir ayırımın gerçekleştiği söylenebilir. Buradan Cu devresinde yüzen Zn mineralinin, Cu minerali ile bağlı olmadığı, sonucu çıkarılabilir.



Şekil 4.26. İnce öğütmenin Cu devresindeki Cu/Zn seçimliliğine olan etkisi

4.10. Açık Devre Flotasyon Testleri

Yapılan deney sonuçları verim ve seçimlilik açısından değerlendirildiğinde en iyi sonuçlar ST18 kodlu deneyde elde edilmiştir. Bu koşul, cevher için optimum koşul olarak belirlenmiş olup, bu koşullarda ST27 kodlu açık devre flotasyon testi yapılarak, koşulların temizleme devresine etkisi incelenmiştir. ST25 kodlu baz koşul açık devre flotasyon testi ile ST27 kodlu testin Cu kaba konsantre sonuçları Çizelge 4.4'te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.4. Cevherin baz koşulu ile optimum olarak belirlenen koşulunun Cu kaba konsantrelerinin karşılaştırılması

		Tenör, %				Verim, %				
		Ağırlık, %	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
ST-25	Cu Kaba Kons.	50.65	1.47	32.49	0.34	3.42	84.09	63.02	76.39	90.02
ST-27	Cu Kaba Kons.	12.16	5.18	24.24	0.95	7.75	73.71	11.08	49.82	47.41

Çizelge 4.4'e bakıldığında Cu devresinde yaklaşık %10'luk Cu verimi kaybı ile, Zn verimi %90'lardan %47'ye düşürülmüştür. Aynı zamanda Cu tenörü %1.47'den %5.18' e yükseltilebilmiştir.

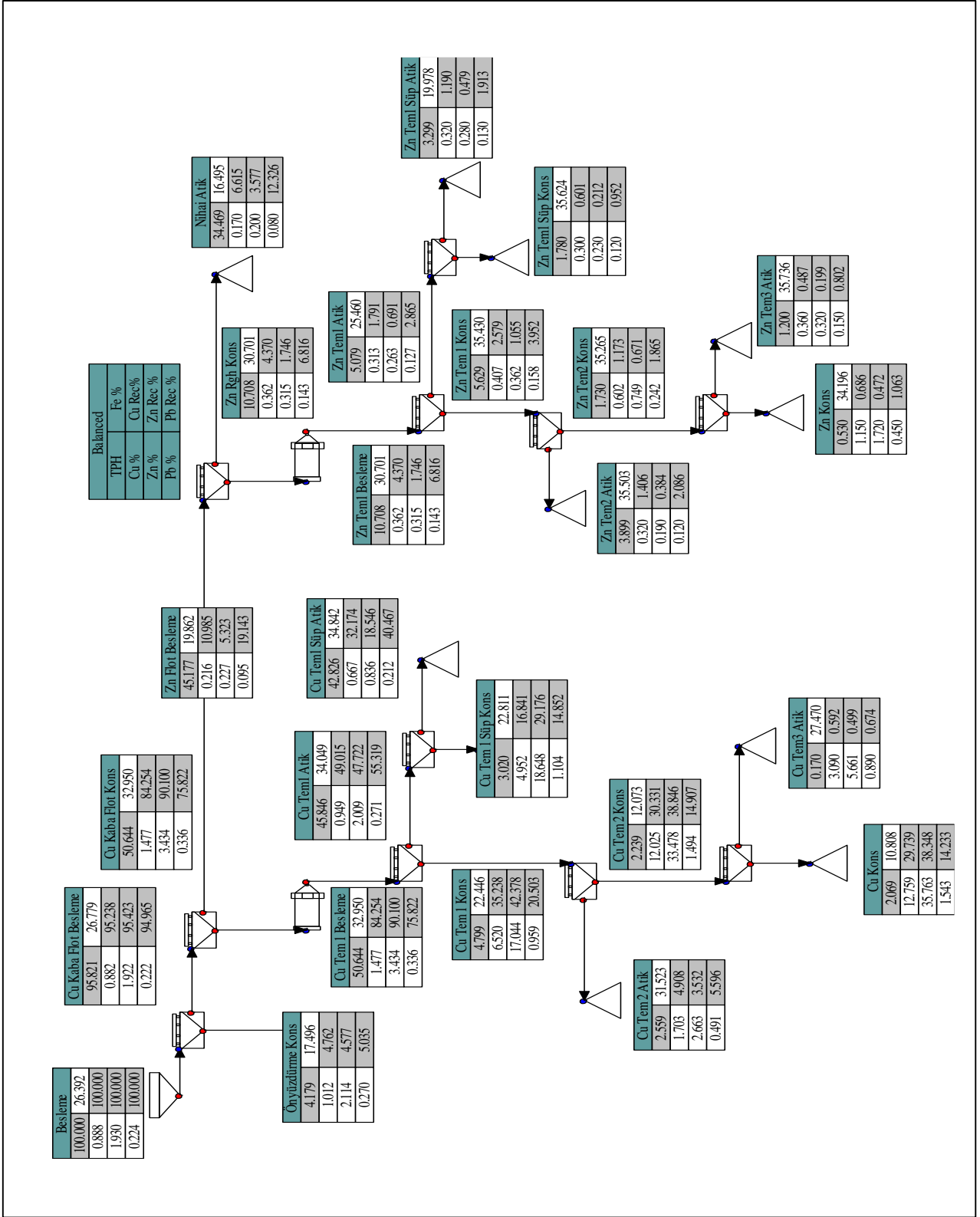
Açık devre flotasyon testi sonuçlarının nihai konsantrelerinin tenör-verim değerleri ise Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Açık devre flotasyon testleri sonucunda elde edilen konsantrelerin karşılaştırılması

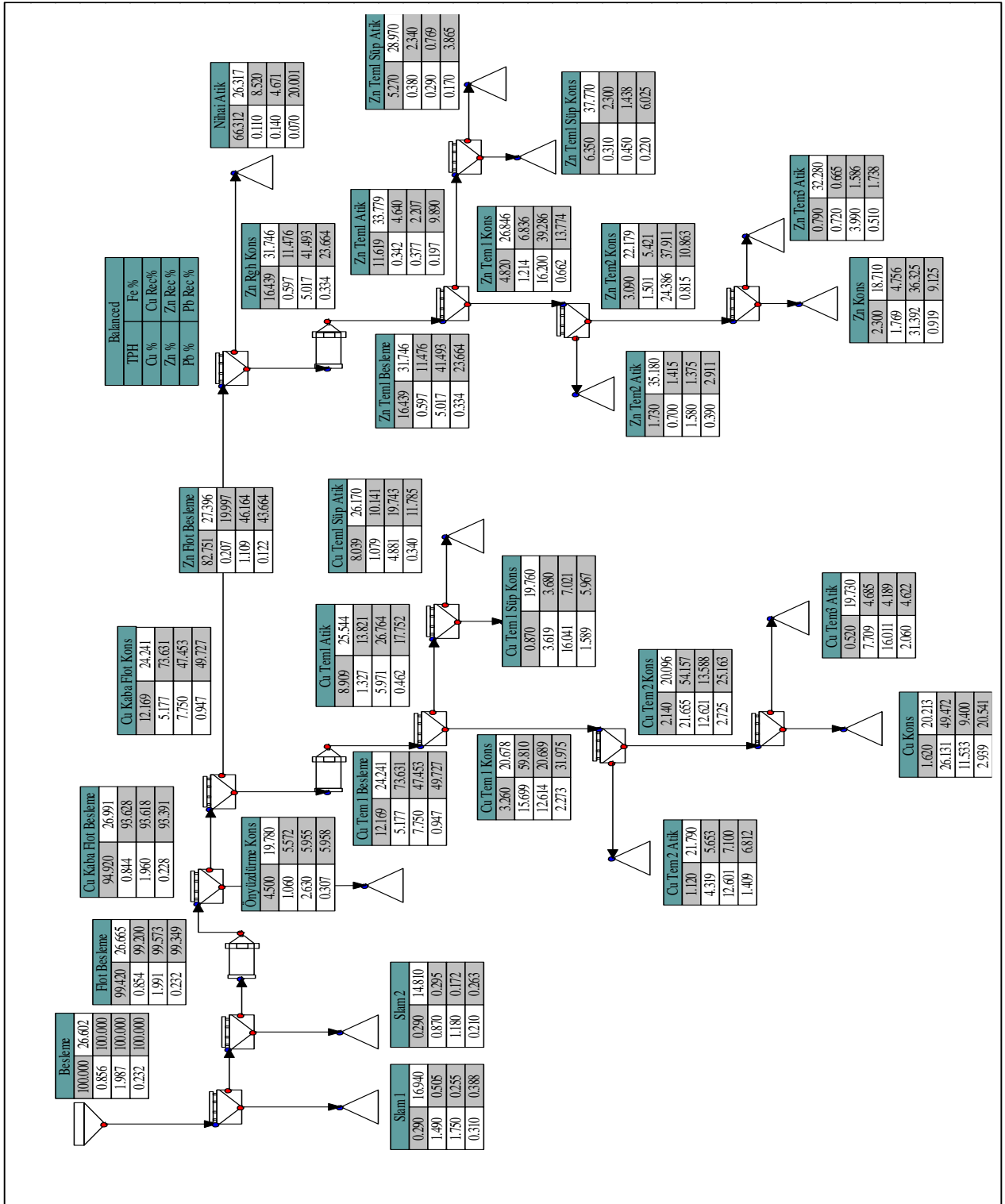
		Tenör, %				Verim, %				
		Ağırlık, %	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
ST-25	Cu Kons.	2.16	12.73	10.83	1.54	35.66	29.83	0.86	14.28	38.40
ST-27	Cu Kons.	1.69	26.14	20.21	2.94	11.53	49.52	1.23	20.53	9.39
ST-25	Zn Kons.	0.55	1.15	34.19	0.45	1.72	0.69	0.69	1.06	0.47
ST-27	Zn Kons.	2.41	1.77	18.71	0.92	31.39	4.76	1.62	9.10	36.30

Buna göre, Cu konsantresinin Cu tenörü %12,73'ten %26,14'e çıkarılmış olup, Zn konsantresinin Zn tenörü %1,72'den %31,39'a çıkarılmıştır.

ST25 kodlu baz koşul deneyi ile tez çalışmaları kapsamında optimum koşul olarak belirlenen ST27 kodlu deneyin madde denkliği JKSimFloat programı ile yapılmış olup Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.27. ST-25 kodlu deneyin madde denkliği



Şekil 4.28. ST-27 kodlu deneyin madde dengliği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Gediktepe Cu-Zn cevheri ile çalışılmıştır. Cevherden Cu/Zn seçimli flotasyonu ile Cu ve Zn konsantreleri elde edilebilmektedir. Bu tez kapsamında cevhere oksitlenmenin etkisi belirlenip, alternatif çözümler ile bu etkinin azaltılması hedeflenmiştir. Temsili numune, oksitlenmesi amacıyla karot sandıklarında uzun süre üzeri açık şekilde bekletilmiştir.

Bekletilen numunenin oksitlenme derecesi EDTA testi ile belirlenmiştir. EDTA testi sonucunda Es_Cu değerinin yaklaşık olarak 158 mg/g olduğu, bu değer standart oksitlenmemiş numunenin değerinin yaklaşık 5 katı olduğu görülmüştür.

Ultrasonik banyonun yüzey temizleme etkisinin test edilmesi amacıyla, ultrasonik banyo ile muamele edilen numuneye EDTA testi yapılmıştır. Ultrasonik banyoda temizlenen numunenin EDTA sonucunda Cu minerali açısından kayda değer bir fark görülmemiştir. Bu durumun nedeni olarak, aşırı oksitlenen yüzeylerde, oksitlenme ürünlerinin sadece yüzeyde değil, yüzey altındaki tabakalarda da birikmesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Ancak Pb mineralinin oksitlenme değerinde iyileşme gözlenmiştir.

Yapılan baz koşul flotasyon deneyinde, yüksek oksitlenme derecesinin flotasyondaki Cu/Zn minreal seçimliliğini bozduğu görülmüştür. Cu devresinde, Zn mineralinin %90 verimle yüzmesinden dolayı, temizleme devrelerinde yüksek tenörlü Cu ve Zn konsantrisi elde edilememiştir. Oksitlenmenin flotasyon seçimliliği üzerine olan olumsuz etkisini azaltmak için çeşitli yöntemler denenmiştir.

Öğütme devresinde bastırıcı olarak kullanılan Na₂S ve MBS için farklı dozajlarda testler yapılmıştır. Öğütme devresindeki Na₂S için optimum dozaj 0.5 kg/t olarak belirlenmiş olup MBS için ise optimum dozaj 3 kg/t olarak belirlenmiştir.

Deneyleerde flotasyon öncesinde yüksek hızda kondisyonlama ve sülfüdisasyon yöntemleri ayrı ayrı ve birlikte kullanılarak test edilmiştir. Yüksek hızda kondisyonlamanın tek başına kullanıldığında Cu/Zn seçimliliği üzerine yeterli etkisinin olmadığı ancak, Cu kaba

konsantresinin tenörünü artırdığı görülmüştür. Test edilen yöntemler arasında en iyi sonuç, yüksek hızda kondisyonlama sonrası sülfüdüzasyonun kullanılması ile elde edilmiştir. En iyi sonucun alındığı koşulda, kademeli bastırıcı ve ince öğütmenin etkisi araştırılmıştır. Cu devresinde, kademeli bastırıcı eklemesiyle Cu devresinde yüzen Zn mineralinin verimi azaltılmıştır. İnce öğütme çalışmasında ise p80 tane boyu 45 µm'den 38 µm'ye düşürülmüştür. Tane boyutunun küçültülmesinin ise Cu/Zn seçimliliği açısından belirgin bir fark yaratmadığı sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlar sonucunda, oksitlenmiş numuneye farklı bir flotasyon koşulu belirlenmiş olup, açık devre flotasyon testi yapılmıştır.

Açık devre temizleme flotasyon testlerinde, standart koşulda %29,83 verim %12,73 tenör değerleriyle elde edilebilen Cu konsantresi, yeni belirlenen koşulda %49,52 verim ve %26,14 değerleriyle kazanılmıştır. %0,47 verim %1,72 tenör değerleriyle elde edilebilen Zn konsantresi ise %36,30 verim %31,39 tenörle kazanılmıştır.

Çalışmalar sonunda; oksitlenmiş cevherin hem verim hem de tenör değerleri yükseltilmiştir. Ancak temizleme devresinde daha yüksek tenör değerlerine ulaşmak için bastırıcı dozajı optimizasyonu yapılması gerekmektedir. Ayrıca, yüzey temizleme yöntemlerinin mineral yüzeylerine olan etkisinin kanıtlanması için detaylı yüzey görüntüleme yöntemleri (XPS, Raman Spektroskopisi vs) ile mineral yüzeylerinin incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] M. Sato and H. M. Mooney, "The electrochemical mechanism of sulfide self-potentials," *Geophysics*, vol. 25, no. 1, pp. 226-249, 1960.
- [2] M. Sato, "Oxidation of sulfide ore bodies; 1, Geochemical environments in terms of Eh and pH," *Economic Geology*, vol. 55, no. 5, pp. 928-961, 1960.
- [3] A. M. Gaudin, *Flotation*. McGraw-Hill, 1957.
- [4] S. Atak, "Flotasyon Ėlkeleri ve Uygulaması," *DTÜ Vakfı*, vol. 34, 1990.
- [5] N. Arbiter and C. C. Harris, "Flotation machines," *Froth Flotation*, vol. 50, pp. 347-364, 1962.
- [6] H. Özer, "Oksit Flotasyonunda Tane Boyutu, Hidrofobiklik, Köpük Yapısı ve Mekanik Taşıma Arasındaki İlişki," Süleyman Demirel Üniversitesi, 2007.
- [7] M. Kaya, *Flotasyon el-kitabı*. Anadolu Üniversitesi, 1991.
- [8] B. Z. Yılmaz, "Küre flotasyon tesisi kaba konsantresinin flotasyonunda selül hidrodinamik parametrelerinin mekanik taşımaya etkisi," Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2002.
- [9] N. A. Mütevelliođlu, "Oksitli Kurşun Çinko Cevherinin Değişik Reaktiflerle ve Koşullarda Flotasyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi," Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 2007.
- [10] F. Aplan and D. Fuerstenau, "Principles of nonmetallic mineral flotation," *Froth flotation*, vol. 50, p. 170, 1962.
- [11] R. Tolun, "Chemistry of sulphide mineral flotation," in *Mineral Processing Design*: Springer, 1987, pp. 37-75.
- [12] M. Sato, "Oxidation of sulfide ore bodies. II. Oxidation mechanisms of sulfide minerals at 25 C," *Economic geology and the bulletin of the society of economic geologists (US)*, vol. 55, 1960.
- [13] R. S. C. Smart, "Surface layers in base metal sulphide flotation," *Minerals Engineering*, vol. 4, no. 7-11, pp. 891-909, 1991.
- [14] I. Plaksin and S. Bessonov, "Role of gases in flotation reactions," 1957.
- [15] I. Plaksin, "Interaction of minerals with gases and reagents in flotation," *Trans. AIME*, vol. 214, pp. 319-324, 1959.
- [16] W. Trahar, "The influence of pulp potential in sulphide flotation," 1984.
- [17] L. Shannon and W. Trahar, "The role of collector in sulphide ore flotation," 1986.

- [18] G. Senior and W. Trahar, "The influence of metal hydroxides and collector on the flotation of chalcopyrite," *International journal of mineral processing*, vol. 33, no. 1-4, pp. 321-341, 1991.
- [19] P. Guy and W. Trahar, "The effects of oxidation and mineral interaction on sulphide flotation," 1985.
- [20] J. Gebhardt and P. Richardson, "Differential flotation of a chalcocite-pyrite particle bed by electrochemical control," *Mining, Metallurgy & Exploration*, vol. 4, no. 3, pp. 140-145, 1987.
- [21] D. Fornasiero, F. Li, J. Ralston, and R. S. C. Smart, "Oxidation of galena surfaces: I. X-ray photoelectron spectroscopic and dissolution kinetics studies," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 164, no. 2, pp. 333-344, 1994.
- [22] T. W. Healy, "Pulp chemistry, surface chemistry and flotation," in *Principles of Mineral Flotation, Wark Symposium Series*, 1984, no. 40, pp. 43-56.
- [23] C. Aldrich and D. Feng, "Effect of ultrasonic preconditioning of pulp on the flotation of sulphide ores," *Minerals Engineering*, vol. 12, no. 6, pp. 701-707, 1999.
- [24] Q. Cao, J. Cheng, Q. Feng, S. Wen, and B. Luo, "Surface cleaning and oxidative effects of ultrasonication on the flotation of oxidized pyrite," *Powder technology*, vol. 311, pp. 390-397, 2017.
- [25] Y. Yu, L. Ma, L. Wu, G. Ye, and X. Sun, "The role of surface cleaning in high intensity conditioning," *Powder technology*, vol. 319, pp. 26-33, 2017.
- [26] H. Soto and J. Laskowski, "Redox conditions in the flotation of malachite with sulphidizing agent," *Trans. Inst. Min. Metall. C Miner. Process., Extract. Metall.*, vol. 82, pp. C153-C157, 1973.
- [27] H. Bustamante and S. Castro, "Hydrophobic effects of sodium sulphide on malachite flotation," *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, vol. 81, pp. C167-C171, 1975.
- [28] R. Yoon, "Collectorless flotation of chalcopyrite and sphalerite ores by using sodium sulfide," *International Journal of Mineral Processing*, vol. 8, no. 1, pp. 31-48, 1981.
- [29] Özlem Bıçak vd., "Gediktepe Report Phase 3," Ankara2017.

EK 1- DENEYLERİN ÖZET TABLOSU

			Süre, dk	Ağırlık, %	Tenör, %				Verim, %			
					Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
ST-1	<u>Amaç flotasyon öncesi Na₂S ile öğütülüp yıkamanın etkisi:</u> Öğütmede 1 kg/t Na ₂ S, hücrede 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	6.29	7.85	17.54	1.45	19.48	53.29	4.21	38.93	58.66
		Besleme		100.00	0.93	26.19	0.23	2.09	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-3	<u>Amaç MCS cevherinin baz koşulu:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	27.93	2.52	30.70	0.52	6.96	76.18	32.14	63.63	90.70
		Besleme		100.00	0.92	26.68	0.23	2.14	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-5	<u>Amaç flotasyon öncesi yüksek hızda koşullamanın etkisi:</u> yhk sonrası öğütme yapılmış ve öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, hücrede 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	11.61	5.36	23.79	1.06	16.44	76.08	10.03	54.11	88.33
		Besleme		100.00	0.82	27.52	0.23	2.16	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-8	<u>Amaç öğütmede yüksek dozaj Na₂S'in etkisi (1.5 kg/t):</u> Öğütmede 1.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	4.36	10.57	21.87	1.32	6.56	49.66	3.44	25.13	13.03
		Besleme		100.00	0.93	27.67	0.23	2.19	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-9	<u>Amaç MCS cevherinin baz koşulu (ST-3 tekrar testi):</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	28.46	2.70	31.67	0.58	6.59	82.85	33.17	67.13	90.25
		Besleme		100.00	0.93	27.17	0.25	2.08	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-12	<u>Amaç baz koşulda bakır temizleme devresi:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi. 3 kademe kaba konsantre alınıp, 3 kademe temizleme yapıldı.	Cu Kaba Kons.	9	24.44	2.81	29.14	0.62	7.11	97.21	94.21	95.76	97.27
		Cu Kons.	9	2.21	15.10	11.89	1.87	31.29	47.27	3.48	26.13	38.80
		Besleme		100.00	0.71	7.56	0.16	1.79	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-13	<u>Amaç öğütme öncesi Na₂S (1kg/t) ile kondisyonlamanın etkisi-Şlam Atımlı, Su Temizlemesiz:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi. 5 kademe kaba konsantre alındı.	Cu Kaba Kons.	15	13.04	5.17	20.74	0.96	13.00	74.52	11.12	56.97	80.17
		Besleme		100.00	0.90	27.28	0.24	2.19	100.00	100.00	100.00	100.00

ST-14	<u>Amaç ST-13 koşulunda kademeli bastırıcı etkisi:</u> Cu 4 ve 5. kademelerde, öğütmedeki dozajlarının 1/3 ü kadar Na2S ve MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	15	8.21	7.42	17.99	1.04	8.90	63.06	6.70	41.38	38.19
		Besleme		100.00	0.97	26.87	0.23	2.07	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-15	<u>Amaç öğütmede yüksek dozaj Na2S'in etkisi (1 kg/t):</u> Öğütmede 1 kg/t Na2S, 1 kg/t ZnSO4 ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	9.99	5.99	21.24	1.07	15.10	64.77	8.15	43.81	72.28
		Besleme		100.00	0.92	26.01	0.24	2.09	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-16	<u>Amaç öğütmede yüksek dozaj Na2S'in etkisi (2 kg/t):</u> Öğütmede 2 kg/t Na2S, 1 kg/t ZnSO4 ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	5.16	5.89	23.23	0.69	3.53	32.55	4.62	15.25	8.38
		Besleme		100.00	0.93	25.95	0.23	2.17	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-17	<u>Amaç flotasyon öncesi yüksek hızda kondisyonlama ve sülfürlemenin etkisi-su temizlemeli:</u> Cevher, öğütme öncesinde 30 dk boyunca 1900 rpm'de koşullandı, koşullanma suyu süzülürdü, flotasyon hücre sine alındı. 7 dk boyunca kademeli olarak eklenen 1 kg/t Na2S ile koşullandı. Koşullanma suyu temiz su ile değiştirildi, cevher değirmene atıldı. Öğütmede 0.5 kg/t Na2S, 1 kg/t ZnSO4 ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	15	15.99	4.23	22.12	0.71	9.33	75.81	15.21	60.45	81.63
		Besleme		100.00	0.89	26.49	0.25	2.08	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-18	<u>Amaç ST-17 koşulunda kademeli bastırıcı etkisi:</u> Cu 3 ve 4. kademelerde, öğütmedeki dozajlarının 1/3 ü kadar Na2S ve MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	12	9.57	6.28	23.49	1.16	7.83	71.48	8.82	51.69	37.68
		Besleme		100.00	0.84	25.47	0.22	1.99	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-19	<u>Amaç ST-18 koşulunda ince öğütmenin etkisi:</u> p80 45 mikrondan 38 mikrona düşürüldü.	Cu Kaba Kons.	15	13.52	4.62	18.91	0.79	8.16	76.01	11.48	54.15	63.96
		Besleme		100.00	0.82	27.33	0.24	1.94	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-20	<u>Amaç ST-18 koşulunda öğütmede 0 kg/t Na2S'in etkisi:</u> Öğütmede 1 kg/t ZnSO4 ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	15	17.98	4.02	25.57	0.85	9.32	80.99	17.74	62.30	83.19
		Besleme		100.00	0.89	25.91	0.24	2.01	100.00	100.00	100.00	100.00

ST-21	<u>Amaç öğütmede düşük MBS dozajının etkisi (1 kg/t):</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 1 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	45.54	1.82	32.43	0.39	4.30	83.31	55.40	72.39	91.10
		Besleme		100.00	0.99	26.66	0.24	2.15	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-22	<u>Amaç öğütmede düşük MBS dozajının etkisi (2 kg/t):</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 2 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	40.81	1.95	32.08	0.42	4.76	83.98	49.27	72.40	90.76
		Besleme		100.00	0.95	26.57	0.24	2.14	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-23	<u>Amaç öğütmede 0 kg/t Na₂S'in etkisi:</u> Öğütmede 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	9	54.87	1.54	32.55	0.33	3.60	88.51	67.16	79.01	92.94
		Besleme		100.00	0.96	26.59	0.23	2.13	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-24	<u>Amaç ST-17 koşulunda, kondisyonlamada 2 kg/t Na₂S'in etkisi:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 3 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	15	12.96	4.49	21.99	0.95	9.85	69.62	10.56	51.53	67.70
		Besleme		100.00	0.84	26.99	0.24	1.89	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-25	<u>Amaç standart koşulda Cu/Zn temizlemeli devresi:</u> öğütmede standart dozajlarda bastırıcı kullanıldı. 3 kademe Cu kaba konsantresi 3 kademe temizlendi. 3 kademe Zn kaba konsantresi 3 kademe temizlendi.	Cu Kaba Kons.	9	52.86	1.47	32.49	0.34	3.42	84.09	63.02	76.39	90.02
		Cu Kons.	9	2.16	12.73	10.83	1.54	35.66	29.83	0.86	14.28	38.40
		Zn Kaba Kons.	11	11.17	0.36	30.67	0.14	0.31	4.35	12.57	6.83	1.75
		Zn Kons.	8	0.55	1.15	34.19	0.45	1.72	0.69	0.69	1.06	0.47
	Besleme		100.00	0.88	26.11	0.22	1.92	100.00	100.00	100.00	100.00	
ST-26	<u>Amaç ST-18 koşulunda MBS dozajının (2 kg/t) etkisi:</u> Öğütmede 0.5 kg/t Na ₂ S, 1 kg/t ZnSO ₄ ve 2 kg/t MBS eklendi.	Cu Kaba Kons.	15	14.46	4.46	21.40	0.83	5.83	75.79	11.55	53.28	42.10
		Besleme		100.00	0.85	26.78	0.23	2.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ST-27	<u>Amaç ST-18 koşulunda Cu/Zn temizlemeli devresi:</u> 4 kademe Cu kaba konsantresi 3 kademe temizlendi. 3 kademe Zn kaba konsantresi 3 kademe temizlendi.	Cu Kaba Kons.	12	12.74	5.18	24.24	0.95	7.75	73.71	11.08	49.82	47.41
		Cu Kons.	9	1.69	26.14	20.21	2.94	11.53	49.52	1.23	20.53	9.39
		Zn Kaba Kons.	11	17.21	0.60	31.75	0.33	5.02	11.52	19.61	23.55	41.47
		Zn Kons.	8	2.41	1.77	18.71	0.92	31.39	4.76	1.62	9.10	36.30
		Besleme		100.00	0.85	26.60	0.23	1.99	100.00	100.00	100.00	100.00

EK 2- FLOTASYON TESTLERİ

TEST	ST-Test 1		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Na2S ile öğütülüp yıkamanın etkisi						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul	30					
Öğütme	1 kg/t										7.35	-107	
Kondisyonlama 1	Öğütmeden sonra filtrede yıkandıktan sonra flotasyon hücresine konuldu.												
Kondisyonlama 2		1 kg/t	3 kg/t						5		6.30	-113	4.5 lt
Ön Yüzdürme							25ul		1	5	6.20	79	
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.11	45	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.23	85	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.34	97	

ST TEST 1	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	40.2	2.38	0.754	13.97	0.24	1.7	1.94	1.27	2.44	1.94
Cu Kaba 1	28.80	1.71	9.75	20.61	1.20	5.59	17.97	1.34	8.73	4.57
Cu Kaba 2	23.1	1.37	11.97	19.98	2.03	12.19	17.70	1.05	11.85	7.99
Cu Kaba 3	54.20	3.21	5.08	14.86	1.34	29.97	17.62	1.82	18.35	46.10
Atrık	1539.60	91.32	0.47	27.47	0.16	0.95	46.71	95.79	61.07	41.34
Besleme (Hesaplanan)	1685.90	100.00	0.93	26.19	0.23	2.09	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	40.20	1.71	9.75	20.61	1.20	5.59	17.97	1.34	8.73	4.57	3
Cu Kaba 1+2	69.00	3.08	10.74	20.33	1.57	8.53	35.67	2.39	20.58	12.56	6
Cu Kaba 1+2+3	123.20	6.29	7.85	17.54	1.45	19.48	53.29	4.21	38.93	58.66	9

TEST	ST-Test 3		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Baz Koşul						
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)					
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul						
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.93	-165	
Ön Yüzdürme							25ul		1	5	6.96	-223	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.33	-32	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.2	36	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.2	53	

ST TEST 3	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	38.54	2.28	0.769	13.97	0.189	1.57	1.90	1.20	1.89	1.67
Cu Kaba 1	83.57	4.95	8.70	14.47	1.11	24.05	46.66	2.69	24.04	55.61
Cu Kaba 2	102.24	6.06	2.74	29.72	0.82	9.85	17.98	6.75	21.76	27.86
Cu Kaba 3	285.47	16.92	0.63	35.81	0.24	0.92	11.54	22.71	17.83	7.23
Atık	1177.46	69.78	0.29	25.49	0.11	0.23	21.91	66.66	34.48	7.62
Besleme (Hesaplanan)	1687.28	100.00	0.92	26.68	0.23	2.14	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	38.54	4.95	8.70	14.47	1.11	24.05	46.66	2.69	24.04	55.61	3
Cu Kaba 1+2	122.11	11.01	5.42	22.86	0.95	16.24	64.64	9.43	45.80	83.47	6
Cu Kaba 1+2+3	407.58	27.93	2.52	30.70	0.52	6.96	76.18	32.14	63.63	90.70	9

TEST	ST-Test 5		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm/2000 rpm					
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Yüksek Hızda Koşullanmanın Etkisi							
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)							
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi	
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul							
Yüksek Hızda Koşullama	Cevher yüksek hızda karıştırılıp (1900-2000 rpm) üzerindeki şlam süzülüp değirmende öğütülmüştür.								30					
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			7.02	-201		
Ön Yüzdürme							25ul	1	5		7.04	-262	4.5 lt	
Cu Kaba 1				60			20ul	2+1	3		6.33	-22		
Cu Kaba 2				15	15			2	3		6.85	66		
Cu Kaba 3				15	15			2	3		7.12	86		

ST TEST 5	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	44.1	2.63	0.816	14.31	0.256	2.12	2.63	1.37	2.96	2.58
Cu Kaba 1	54.3	3.24	13.15	15.68	1.62	20.25	52.13	1.84	23.10	30.35
Cu Kaba 2	49.30	2.94	3.37	14.89	1.33	32.51	12.13	1.59	17.22	44.24
Cu Kaba 3	91.00	5.43	1.78	33.46	0.58	5.47	11.82	6.60	13.79	13.74
Atık	1426.80	85.09	0.19	28.53	0.11	0.22	20.00	88.20	41.97	8.55
Süzülen	11.30	0.67	1.57	16.42	0.32	1.74	1.30	0.40	0.96	0.54
Besleme (Hesaplanan)	1676.80	100.00	0.82	27.52	0.23	2.16	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	54.30	3.24	13.15	15.68	1.62	20.25	52.13	1.84	23.10	30.35	3
Cu Kaba 1+2	103.60	6.18	8.50	15.30	1.48	26.08	64.25	3.44	40.32	74.59	6
Cu Kaba 1+2+3	194.60	11.61	5.36	23.79	1.06	16.44	76.08	10.03	54.11	88.33	9

TEST	ST-Test 8		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Öğütmede Yüksek Doz Na2S'in Etkisi (1.5 kg/t)						
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)					
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul						
Öğütme	1.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.84	-179	
Ön Yüzdürme							25ul		1	5	6.88	-214	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.21	-50	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.18	13	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.24	69	

ST TEST 8	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	55.7	3.31	0.828	15.57	0.286	2.13	2.96	1.86	4.12	3.21
Cu Kaba 1	26.2	1.56	16.89	22.13	0.82	3.99	28.36	1.25	5.54	2.83
Cu Kaba 2	20.6	1.22	9.36	21.68	1.36	5.36	12.36	0.96	7.25	2.99
Cu Kaba 3	26.5	1.58	5.27	21.75	1.80	10.03	8.95	1.24	12.34	7.20
Atık	1553.3	92.33	0.48	28.38	0.18	1.99	47.38	94.69	70.74	83.76
Besleme (Hesaplanan)	1682.30	100.00	0.93	27.67	0.23	2.19	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	55.70	1.56	16.89	22.13	0.82	3.99	28.36	1.25	5.54	2.83	3
Cu Kaba 1+2	81.90	2.78	13.58	21.93	1.06	4.59	40.71	2.20	12.79	5.82	6
Cu Kaba 1+2+3	108.40	4.36	10.57	21.87	1.32	6.56	49.66	3.44	25.13	13.03	9

TEST	ST-Test 9		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Baz Koşul						
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)					
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul						
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.79	-198	
Ön Yüzdürme							25ul		1	5	6.81	-200	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	5.85	-11	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	5.69	33	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	5.74	39	

ST TEST 9	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	53.4	3.16	0.703	16.02	0.211	1.74	2.39	1.86	2.69	2.64
Cu Kaba 1	82.3	4.86	9.94	15.81	1.41	24.28	52.16	2.83	27.75	56.82
Cu Kaba 2	98.7	5.83	2.83	29.43	0.80	9.38	17.81	6.32	18.96	26.33
Cu Kaba 3	300.7	17.77	0.67	36.74	0.28	0.83	12.88	24.03	20.42	7.10
Atık	1157.4	68.38	0.20	25.81	0.11	0.22	14.76	64.97	30.17	7.11
Besleme (Hesaplanan)	1692.50	100.00	0.93	27.17	0.25	2.08	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	53.40	4.86	9.94	15.81	1.41	24.28	52.16	2.83	27.75	56.82	3
Cu Kaba 1+2	135.70	10.69	6.06	23.24	1.08	16.15	69.97	9.15	46.71	83.15	6
Cu Kaba 1+2+3	436.40	28.46	2.70	31.67	0.58	6.59	82.85	33.17	67.13	90.25	9

TEST	ST-Test 12		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm					
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Baz Koşulda Bakır Temizleme Devresi							
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)						
	Na ₂ S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		NaCN	MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t			ul						
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t						30					
Ön Yüzdürme								25ul		1	5	6.83	-223	4.5 lt
Cu Kaba 1				60				20ul		2+1	3	5.81	-18	
Cu Kaba 2				15	15					2	3	5.7	17	
Cu Kaba 3				15	15					2	3	5.75	32	
Yeniden Öğütme	2 ml	2 ml	2 ml				1 ml		15					
Cu Temizleme 1				20ul				5+5		2+1	4	7.03	31	1 lt
Cu Temizleme 1 Süpürme				10ul				5ul		2	2	7.47	63	1 lt
Cu Temizleme 2	0.1 ml	0.5 ml	0.5 ml				0.5 ml	5+5		2	3	7.2	73	1 lt
Cu Temizleme 3	0.1 ml	0.5 ml	0.5 ml				0.5 ml	5 µl		2	2	6.85	26	0.5 lt

ST-Test 12	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	50.6	3.01	0.656	14.54	0.223	1.62	2.79	5.79	4.24	2.73
Cu Tem. 1 Süpürme Atık	325.70	19.39	1.07	32.58	0.38	2.59	29.33	83.56	46.73	28.12
Cu Tem. 1 Süpürme Konsantre	31.8	1.89	5.76	16.68	1.40	25.01	15.41	4.18	16.72	26.51
Cu Temizleme 2 Atık	13.1	0.78	3.59	24.68	0.98	7.07	3.96	2.55	4.82	3.09
Cu Temizleme 3 Atık	2.80	0.17	5.23	20.1	1.3	8.13	1.23	0.44	1.37	0.76
Cu Konsantre	37.2	2.21	15.10	11.89	1.87	31.29	47.27	3.48	26.13	38.80
Atık	1218.8	72.55	0.23	25.75	0.12	0.23	24.00	247.13	53.10	9.38
Besleme (Hesaplanan)	1680.00	100.00	0.71	7.56	0.16	1.79	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Cu Kaba Konsantre	410.60	24.44	2.81	29.14	0.62	7.11	97.21	94.21	95.76	97.27
-------------------	--------	-------	------	-------	------	------	-------	-------	-------	-------

TEST	ST-Test 13		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Öğütme Öncesi Na2S ile Kondisyonlamanın Etkisi-Şlam Atımlı, Su Temizlemesiz						
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)					
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul						
Kondisyonlama	Cevher 1 kg/t Na2S ile 1250 rpm'de koşullandırılıp üzerindeki şlam az miktarda süzülüp değirmende öğütülmüştür.												
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.95	-194	
Ön Yüzdürme							25ul		1	5	6.96	-205	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.32	-48	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.44	42	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.79	71	
Cu Kaba 4				15	15				2	3	7.03	102	
Cu Kaba 5				15	15				2	3	7.05	88	

ST-Test 13	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	53.4	3.18	0.82	16.21	0.27	2.39	2.89	1.89	3.69	3.47
Cu Kaba 1	25.2	1.50	9.16	21.93	0.60	4.03	15.20	1.21	3.83	2.76
Cu Kaba 2	18.60	1.11	6.00	21.51	0.70	4.06	7.35	0.87	3.30	2.05
Cu Kaba 3	20.70	1.23	9.54	21.95	1.60	7.59	13.00	0.99	8.36	4.27
Cu Kaba 4	53.80	3.20	5.69	15.11	1.68	27.68	20.15	1.77	22.81	40.48
Cu Kaba 5	100.70	6.00	2.84	28.55	0.74	11.18	18.83	6.28	18.68	30.60
Atık	1388.60	82.68	0.23	28.47	0.11	0.41	20.57	86.29	37.84	15.36
Şlam	18.40	1.10	1.67	17.52	0.321	2	2.02	0.70	1.49	1.00
Besleme (Hesaplanan)	1679.40	100.00	0.90	27.28	0.24	2.19	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	25.20	1.50	9.16	21.93	0.60	4.03	15.20	1.21	3.83	2.76	3
Cu Kaba 1+2	43.80	2.61	7.82	21.75	0.65	3.09	22.54	2.08	7.13	4.81	6
Cu Kaba 1+2+3	64.50	3.84	8.37	21.82	0.95	5.18	35.54	3.07	15.49	9.08	9
Cu Kaba 1+2+3+4	118.30	7.04	7.15	18.77	1.28	15.41	55.69	4.85	38.30	49.56	12
Cu Kaba 1+2+3+4+5	219.00	13.04	5.17	20.74	0.96	13.00	74.52	11.12	56.97	80.17	15

TEST	ST-Test 14		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm			
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	ST-13 Koşulunda Kademeli Bastırıcı Etkisi					
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)					
	Na ₂ S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul					
Kondisyonlama	Cevher 1 kg/t Na ₂ S ile 1250 rpm'de koşullandırılıp üzerindeki şlam az miktarda süzülüp değirmende öğütülmüştür.											
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.91	-185
Ön Yüzdürme							25ul		1	5	6.96	-211
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.29	-51
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.55	37
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.8	70
Cu Kaba 4	2.8 ml		17 ml	15	15				2	3		
Cu Kaba 5	2.8 ml		17 ml	15	15				2	3	6.53	-49

ST TEST 14	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	57.1	3.42	0.882	16.22	0.278	2.25	3.12	2.06	4.21	3.71
Cu Kaba 1	24.1	1.44	9.79	22.35	0.56	4.22	14.62	1.20	3.55	2.94
Cu Kaba 2	17.70	1.06	6.35	21.92	0.71	4.55	6.97	0.86	3.33	2.32
Cu Kaba 3	20.40	1.22	8.35	21.98	1.23	6.88	10.56	1.00	6.65	4.05
Cu Kaba 4	36.40	2.18	9.93	19.45	1.97	14.88	22.40	1.58	19.01	15.63
Cu Kaba 5	38.60	2.31	3.56	23.93	0.87	11.89	8.52	2.06	8.85	13.25
Atık	1465.90	87.75	0.36	27.82	0.14	1.36	32.79	90.85	53.62	57.54
Şlam	10.30	0.62	1.61	17.08	0.291	1.87	1.03	0.39	0.79	0.56
Besleme (Hesaplanan)	1670.50	100.00	0.97	26.87	0.23	2.07	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	24.10	1.44	9.79	22.35	0.56	4.22	14.62	1.20	3.55	2.94	3
Cu Kaba 1+2	41.80	2.50	8.33	22.17	0.62	4.36	21.59	2.06	6.88	5.26	6
Cu Kaba 1+2+3	62.20	3.72	8.34	22.11	0.82	5.19	32.14	3.06	13.53	9.31	9
Cu Kaba 1+2+3+4	98.60	5.90	8.93	21.13	1.24	8.76	54.54	4.64	32.53	24.94	12
Cu Kaba 1+2+3+4+5	137.20	8.21	7.42	17.99	1.04	8.90	63.06	6.70	41.38	38.19	15

TEST	ST-Test 15		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Öğütmede Yüksek Doz Na2S'in Etkisi (1 kg/t)						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul						
Öğütme	1 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.84	-195	
Ön Yüzdürme							25ul	1	5		6.85	-208	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul	2+1	3		6.01	-38	
Cu Kaba 2				15	15			2	3		6.00	-2	
Cu Kaba 3				15	15			2	3		6.17	58	

ST TEST 15	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	60.3	3.57	0.911	17.18	0.281	2.15	3.52	2.36	4.12	3.68
Cu Kaba 1	42.4	2.51	12.28	21.70	0.80	5.31	33.39	2.10	8.24	6.40
Cu Kaba 2	60.30	3.57	5.41	20.69	1.36	20.27	20.92	2.84	19.92	34.73
Cu Kaba 3	65.80	3.90	2.48	21.44	0.98	16.66	10.46	3.21	15.65	31.15
Atık	1458.30	86.44	0.34	26.93	0.15	0.58	31.70	89.49	52.07	24.03
Besleme (Hesaplanan)	1687.10	100.00	0.92	26.01	0.24	2.09	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	42.40	2.51	12.28	21.70	0.80	5.31	33.39	2.10	8.24	6.40	3
Cu Kaba 1+2	102.70	6.09	8.25	21.11	1.13	14.09	54.31	4.94	28.16	41.13	6
Cu Kaba 1+2+3	168.50	9.99	5.99	21.24	1.07	15.10	64.77	8.15	43.81	72.28	9

TEST	ST-Test 16		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Öğütmede Yüksek Doz Na2S'in Etkisi (2 kg/t)						
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)					
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	kg/t	kg/t	kg/t	g/t	g/t		ul						
Öğütme	2 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.95	-198	
Ön Yüzdürme							25ul		1	5	6.96	-214	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.43	-73	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.73	21	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.97	55	

ST TEST 16	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	69.4	4.11	1.11	18.02	0.291	2.32	4.89	2.86	5.12	4.39
Cu Kaba 1	35.7	2.12	8.87	22.07	0.57	3.56	20.10	1.80	5.17	3.47
Cu Kaba 2	25.80	1.53	4.11	24.12	0.72	3.56	6.73	1.42	4.73	2.50
Cu Kaba 3	25.60	1.52	3.52	23.95	0.82	3.46	5.72	1.40	5.35	2.42
Atık	1530.70	90.72	0.64	26.46	0.21	2.09	62.56	92.52	79.62	87.23
Besleme (Hesaplanan)	1687.20	100.00	0.93	25.95	0.23	2.17	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	35.70	2.12	8.87	22.07	0.57	3.56	20.10	1.80	5.17	3.47	3
Cu Kaba 1+2	61.50	3.65	6.87	22.93	0.63	3.56	26.83	3.22	9.91	5.97	6
Cu Kaba 1+2+3	87.10	5.16	5.89	23.23	0.69	3.53	32.55	4.62	15.25	8.38	9

TEST	ST-Test 17		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Yüksek Hızda Kondisyonlama ve Sülfürlemenin Etkisi-Su Temizlemeli						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Yüksek Hızda Kondisyonlama									30				
Kondisyonlama 2	1 kg/t								7+3				4.5 lt
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			7.16	-192	
Ön Yüzdürme							25ul		5		7.19	-240	
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	7	-29	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	7.31	38	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	7.44	57	
Cu Kaba 4				15	15				2	3	7.59	71	
Cu Kaba 5				15	15				2	3	7.67	77	

ST TEST 17	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	47.6	2.82	0.917	16.41	0.306	2.39	2.90	1.75	3.49	3.25
Cu Kaba 1	41.3	2.45	15.41	20.21	1.50	8.30	42.30	1.87	14.84	9.78
Cu Kaba 2	32.80	1.94	4.03	22.76	1.62	8.11	8.79	1.67	12.73	7.59
Cu Kaba 3	41.70	2.47	3.08	19.48	1.25	19.56	8.54	1.82	12.49	23.28
Cu Kaba 4	63.50	3.76	2.35	22.61	0.71	15.83	9.92	3.21	10.82	28.69
Cu Kaba 5	90.60	5.37	1.04	32.83	0.44	4.75	6.26	6.65	9.57	12.28
Atık	1311.90	77.71	0.18	27.52	0.10	0.31	15.61	80.72	31.75	11.65
Süzülen 1	53.70	3.18	1.49	17.78	0.31	2.12	5.32	2.13	3.98	3.25
Süzülen 2	5.20	0.31	1.05	16.45	0.27	1.54	0.36	0.19	0.34	0.23
Besleme (Hesaplanan)	1688.30	100.00	0.89	26.49	0.25	2.08	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	41.30	2.45	15.41	20.21	1.50	8.30	42.30	1.87	14.84	9.78	3
Cu Kaba 1+2	74.10	4.39	10.37	21.34	1.55	8.22	51.09	3.54	27.57	17.38	6
Cu Kaba 1+2+3	115.80	6.86	7.75	20.67	1.44	12.30	59.63	5.35	40.06	40.66	9
Cu Kaba 1+2+3+4	179.30	10.62	5.84	21.36	1.18	13.55	69.55	8.56	50.88	69.35	12
Cu Kaba 1+2+3+4+5	269.90	15.99	4.23	22.12	0.71	9.33	75.81	15.21	60.45	81.63	15

TEST	ST-Test 18		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denve	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	ST-17 Koşulunda Kademeli Bastırıcı Etkisi						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	üzdürm	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Yüksek Hızda Kondisyonlama								30					
Kondisyonlama 2	1 kg/t							7+3					4.5 lt
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			7.18	-205	
Ön Yüzdürme							25ul	5			7.18	-213	
Cu Kaba 1				60			20ul	2+1	3		7.02	-11	
Cu Kaba 2				15	15			2	3		7.31	44	
Cu Kaba 3	2.8 ml		17 ml	15	15			2+2	3		6.94	-2	
Cu Kaba 4	2.8 ml		17 ml	15	15			2+2	3		6.77	-43	

ST TEST 18	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	53.2	3.21	0.89	17.34	0.28	2.42	3.40	2.18	4.17	3.90
Cu Kaba 1	44.1	2.66	13.27	20.86	1.31	7.65	41.99	2.18	16.17	10.22
Cu Kaba 2	31.90	1.92	3.57	22.68	1.38	6.81	8.17	1.71	12.32	6.58
Cu Kaba 3	41.80	2.52	4.39	24.30	1.43	9.53	13.17	2.40	16.73	12.07
Cu Kaba 4	40.90	2.47	2.78	26.14	0.57	7.10	8.16	2.53	6.47	8.80
Atık	1387.60	83.65	0.20	26.36	0.10	1.31	19.71	86.58	40.00	55.09
Süzülen 1	56.50	3.41	1.29	17.29	0.25	1.88	5.23	2.31	3.97	3.22
Süzülen 2	2.80	0.17	0.901	15.48	0.214	1.21	0.18	0.10	0.17	0.10
Besleme (Hesaplanan)	1658.80	100.00	0.84	25.47	0.22	1.99	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	44.10	2.66	13.27	20.86	1.31	7.65	41.99	2.18	16.17	10.22	3
Cu Kaba 1+2	76.00	4.58	9.20	21.62	1.34	7.30	50.16	3.89	28.49	16.81	6
Cu Kaba 1+2+3	117.80	7.10	7.49	22.57	1.37	8.09	63.32	6.29	45.22	28.88	9
Cu Kaba 1+2+3+4	158.70	9.57	6.28	23.49	1.16	7.83	71.48	8.82	51.69	37.68	12

TEST	ST-Test 19		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm					
Öğütme Süresi	40	dk	P80: 36 µm			Amaç	ST-18 koşulunda ince öğütmenin etkisi							
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi	
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul							
Yüksek Hızda Kondisyonlama									30					
Kondisyonlama 2	1 kg/t								7+3				4.5 lt	
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t						30		7.28	-214		
Ön Yüzdürme							25ul		5		7.33	-256		
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.97	-31		
Cu Kaba 2				15	15				2	3	7.34	75		
Cu Kaba 3	2.8 ml		17 ml	15	15				2+2	3				
Cu Kaba 4	2.8 ml		17 ml	15	15				2+2	3	6.88	-11		
Cu Kaba 5	2.8 ml		17 ml	15	15				2+2	3	6.75	9		

ST TEST 19	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	69.8	4.13	0.861	20.24	0.258	1.93	4.33	3.06	4.49	4.12
Cu Kaba 1	45.8	2.71	11.09	21.43	0.82	4.99	36.58	2.13	9.38	6.99
Cu Kaba 2	31.30	1.85	4.25	23.30	1.38	6.41	9.58	1.58	10.77	6.13
Cu Kaba 3	43.30	2.56	3.75	22.67	1.34	8.35	11.70	2.13	14.47	11.05
Cu Kaba 4	53.40	3.16	2.74	24.19	0.85	10.53	10.54	2.80	11.34	17.19
Cu Kaba 5	54.50	3.23	1.94	24.10	0.60	13.57	7.62	2.85	8.19	22.60
Atık	1349.70	79.94	0.16	28.71	0.11	0.72	15.75	83.97	38.36	29.70
Süzülen 1	36.70	2.17	1.38	17.12	0.30	1.85	3.65	1.36	2.76	2.08
Süzülen 2	3.90	0.23	0.928	15.7	0.241	1.24	0.26	0.13	0.23	0.15
Besleme (Hesaplanan)	1688.40	100.00	0.82	27.33	0.24	1.94	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	45.80	2.71	11.09	21.43	0.82	4.99	36.58	2.13	9.38	6.99	3
Cu Kaba 1+2	77.10	4.57	8.31	22.19	1.05	5.57	46.17	3.71	20.14	13.12	6
Cu Kaba 1+2+3	120.40	7.13	6.67	22.36	1.15	6.57	57.86	5.83	34.61	24.17	9
Cu Kaba 1+2+3+4	173.80	10.29	5.46	22.92	1.06	7.78	68.40	8.63	45.96	41.35	12
Cu Kaba 1+2+3+4+5	228.30	13.52	4.62	18.91	0.79	8.16	76.01	11.48	54.15	63.96	15

TEST	ST-Test 20		Besleme: 1.7 kg	% katr: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	ST-18 Koşulunda öğütmede 0 Na2S'in Etkisi						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Yüksek Hızda Kondisyonlama									30				
Kondisyonlama 2	1 kg/t								7+3				4.5 lt
Öğütme		1 kg/t	3 kg/t						30		7.01	-191	
Ön Yüzdürme							25ul		5		7.01	-211	
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	6.64	-23	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.97	62	
Cu Kaba 3	2.8 ml		17 ml	15	15				2+2	3	6.7	-18	
Cu Kaba 4	2.8 ml		17 ml	15	15				2+2	3	6.59	-44	
Cu Kaba 5	2.8 ml		17 ml	15	15				2+2	3	6.48	-52	

ST TEST 20	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	56.9	3.42	0.815	16.06	0.265	1.85	3.12	2.12	3.71	3.14
Cu Kaba 1	58.1	3.49	11.36	20.95	1.23	10.46	44.40	2.82	17.56	18.14
Cu Kaba 2	49.90	3.00	3.36	18.29	1.32	19.03	11.28	2.12	16.19	28.34
Cu Kaba 3	78.80	4.73	3.26	25.40	0.81	12.10	17.28	4.64	15.70	28.46
Cu Kaba 4	64.10	3.85	1.32	31.48	0.53	3.15	5.69	4.68	8.38	6.03
Cu Kaba 5	48.30	2.90	0.72	31.06	0.38	1.54	2.34	3.48	4.47	2.22
Atık	1295.30	77.83	0.17	26.52	0.10	0.34	14.73	79.66	33.10	13.03
Süzülen 1	10.60	0.64	1.45	16.46	0.29	1.77	1.03	0.40	0.77	0.56
Süzülen 2	2.30	0.14	0.864	14.24	0.223	1.13	0.13	0.08	0.13	0.08
Besleme (Hesaplanan)	1664.30	100.00	0.89	25.91	0.24	2.01	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	58.10	3.49	11.36	20.95	1.23	10.46	44.40	2.82	17.56	18.14	3
Cu Kaba 1+2	108.00	6.49	7.66	19.72	1.27	14.42	55.68	4.94	33.74	46.48	6
Cu Kaba 1+2+3	186.80	11.22	5.81	22.12	1.08	13.44	72.96	9.58	49.45	74.94	9
Cu Kaba 1+2+3+4	250.90	15.08	4.66	24.51	0.94	10.81	78.65	14.26	57.83	80.97	12
Cu Kaba 1+2+3+4+5	299.20	17.98	4.02	25.57	0.85	9.32	80.99	17.74	62.30	83.19	15

TEST	ST-Test 21		Besleme: 1.7 kg	% katr: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Öğütmede düşük MBS dozajının (1 kg/t) etkisi						
	KİMYASALLAR							SÜRE (DAKİKA)					
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	1 kg/t					30			6.71	-177	
Ön Yüzdürme							25ul		5		6.69	-183	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	5.88	7	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	6.03	98	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.56	112	

ST TEST 21	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	58.2	3.46	0.966	16.66	0.318	1.8	3.36	2.16	4.49	2.89
Cu Kaba 1	102.2	6.07	7.15	20.24	1.06	18.73	43.61	4.61	26.26	52.88
Cu Kaba 2	237.7	14.11	1.62	32.04	0.48	4.83	22.98	16.96	27.49	31.72
Cu Kaba 3	427.1	25.36	0.66	35.56	0.18	0.55	16.72	33.83	18.64	6.50
Atık	859.1	51.01	0.26	22.18	0.11	0.25	13.33	42.44	23.12	6.00
Besleme (Hesaplanan)	1684.30	100.00	0.99	26.66	0.24	2.15	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	58.20	6.07	7.15	20.24	1.06	18.73	43.61	4.61	26.26	52.88	3
Cu Kaba 1+2	160.40	20.18	3.28	28.49	0.65	9.01	66.59	21.57	53.75	84.60	6
Cu Kaba 1+2+3	587.50	45.54	1.82	32.43	0.39	4.30	83.31	55.40	72.39	91.10	9

TEST	ST-Test 22		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Öğütmede düşük MBS dozajının (2 kg/t) etkisi						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	2 kg/t					30			6.85	-202	
Ön Yüzdürme							25ul		5		6.84	-224	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	5.98	-26	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	5.90	30	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	6.3	104	

ST TEST 22	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	62.8	3.72	1.03	17.41	0.286	2	4.03	2.44	4.51	3.47
Cu Kaba 1	106.6	6.31	8.22	19.86	1.12	18.03	54.65	4.72	30.01	53.10
Cu Kaba 2	292.6	17.32	1.09	32.72	0.39	4.09	19.89	21.33	28.46	33.07
Cu Kaba 3	290.2	17.18	0.52	35.93	0.19	0.57	9.45	23.23	13.93	4.59
Atık	937.2	55.48	0.21	23.13	0.10	0.22	11.98	48.29	23.08	5.77
Besleme (Hesaplanan)	1689.40	100.00	0.95	26.57	0.24	2.14	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	62.80	6.31	8.22	19.86	1.12	18.03	54.65	4.72	30.01	53.10	3
Cu Kaba 1+2	169.40	23.63	2.99	29.29	0.58	7.81	74.54	26.04	58.47	86.17	6
Cu Kaba 1+2+3	459.60	40.81	1.95	32.08	0.42	4.76	83.98	49.27	72.40	90.76	9

TEST	ST-Test 23		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Öğütmede Na2S dozajının (0 kg/t) etkisi						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Öğütme		1 kg/t	3 kg/t						30		6.89	-201	
Ön Yüzdürme							25ul		5		6.86	-206	4.5 lt
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	5.82	-11	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	5.65	32	
Cu Kaba 3				15	15				2	3	5.72	36	

ST TEST 23	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	65.5	3.89	0.906	17.2	0.251	1.87	3.68	2.51	4.26	3.42
Cu Kaba 1	296	17.57	3.86	26.19	0.66	10.16	70.88	17.30	50.74	83.93
Cu Kaba 2	372.8	22.12	0.52	34.79	0.20	0.70	12.05	28.95	19.59	7.26
Cu Kaba 3	255.8	15.18	0.35	36.63	0.13	0.24	5.59	20.91	8.68	1.74
Atık	695	41.24	0.18	19.55	0.09	0.19	7.80	30.32	16.74	3.65
Besleme (Hesaplanan)	1685.10	100.00	0.96	26.59	0.23	2.13	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	65.50	17.57	3.86	26.19	0.66	10.16	70.88	17.30	50.74	83.93	3
Cu Kaba 1+2	361.50	39.69	2.00	30.98	0.41	4.89	82.93	46.25	70.33	91.19	6
Cu Kaba 1+2+3	617.30	54.87	1.54	32.55	0.33	3.60	88.51	67.16	79.01	92.94	9

TEST	ST-Test 24		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Yüksek Hızda Kondisyonlama ve Sülfürlemenin (2 kg/t) Etkisi-Su Temizlemeli						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Yüksek Hızda Kondisyonlama								30					
Kondisyonlama 2	2 kg/t							7+3					4.5 lt
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			7.16	-192	
Ön Yüzdürme							25ul		5		7.27	-215	
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	7.53	9	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	7.76	50	
Cu Kaba 3				15	15				2+2	3	7.86	54	
Cu Kaba 4				15	15				2+2	3	7.94	70	
Cu Kaba 5				15	15				2+2	3	7.98	83	

ST TEST 24	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	64.1	3.83	0.847	17.23	0.265	2.14	3.88	2.45	4.27	4.35
Cu Kaba 1	49.3	2.95	8.32	22.48	0.78	5.27	29.34	2.45	9.68	8.24
Cu Kaba 2	37.70	2.25	4.08	22.92	0.96	5.14	11.00	1.91	9.09	6.14
Cu Kaba 3	32.30	1.93	3.43	23.41	1.05	6.35	7.92	1.67	8.52	6.50
Cu Kaba 4	43.40	2.59	3.04	20.32	1.02	14.81	9.44	1.95	11.12	20.38
Cu Kaba 5	54.10	3.23	3.08	21.40	0.97	15.41	11.92	2.56	13.12	26.43
Atık	1388.30	83.00	0.26	28.25	0.13	0.63	26.12	86.88	43.93	27.78
Süzülen 1	1.60	0.10	1.61	17.13	0.31	1.87	0.18	0.06	0.12	0.09
Süzülen 2	1.80	0.11	1.51	13.43	0.329	1.44	0.19	0.05	0.15	0.08
Besleme (Hesaplanan)	1672.60	100.00	0.84	26.99	0.24	1.89	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	49.30	2.95	8.32	22.48	0.78	5.27	29.34	2.45	9.68	8.24	3
Cu Kaba 1+2	87.00	5.20	6.48	22.67	0.86	5.21	40.34	4.37	18.77	14.38	6
Cu Kaba 1+2+3	119.30	7.13	5.66	22.87	0.91	5.52	48.27	6.04	27.29	20.89	9
Cu Kaba 1+2+3+4	162.70	9.73	4.96	22.19	0.94	8.00	57.70	8.00	38.41	41.26	12
Cu Kaba 1+2+3+4+5	216.80	12.96	4.49	21.99	0.95	9.85	69.62	10.56	51.53	67.70	15

TEST	ST Test 25		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Rotor ,rpm	1850-1550 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	Standart Koşulda Temizlemeli Devre						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na ₂ S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761	NaCN	MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t		1%	ul						
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			6.87	-186	
Ön Yüzdürme							25ul			5			
Cu Rgh 1				60			20ul		2+1	3	5.87	-19	
Cu Rgh 2				15	15				2	3	5.81	20	
Cu Rgh 3				15	15				2	3	5.89	43	
Yeniden Öğütme	2 ml	2 ml	2 ml			1 ml		15					
Cu Temizleme 1				20ul			5+5+5+10		2+1	4	7.13	101	2.5 lt
Cu Temizleme 1 Süpürme				10ul			5+5+10		2	2	7.49	103	2.5 lt
Cu Temizleme 2	0.1 ml	0.5 ml	0.5 ml			0.5 ml	5+5+5		2	3	7.26	127	1 lt
Cu Temizleme 3	0.1 ml	0.5 ml	0.5 ml			0.5 ml	5 µl		2	2	6.91	80	0.5 lt
	Lime	CuSO ₄	SIPX	MIBC				Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	Ph	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	1%	ul									
Kondisyonlama	60 ml	500							10				
Zn Rgh 1			20						2+1	5	11.98	-99	4.5 lt
Zn Rgh 2			10						2	3	11.88	-76	
Zn Rgh 3			10						2	3	11.76	-64	
Yeniden Öğütme	0.5 g							15					
Zn Temizleme 1	6 ml	1.0 ml	1.0 ml	5+5+5					2	3	12.05	-58	1 lt
Zn Temizleme 1 Süpürme	4 ml		0.5 ml	5+5					2	2	11.69	-32	1 lt
Zn Temizleme 2	15 ml			5+5					1	2	11.75	-30	1 lt
Zn Temizleme 3	6 ml			5 ul					1	1	11.35	-13	0.5 lt

ST TEST 25	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	70.6	4.18	1.01	17.48	0.27	2.11	4.77	2.80	5.05	4.58
Cu Tem. 1 Süpürme Atık	723.90	42.84	0.66	34.30	0.21	0.83	31.94	56.27	41.04	18.53
Cu Tem. 1 Süpürme Konsantre	51	3.02	4.93	22.84	1.10	18.52	16.83	2.64	14.86	29.06
Cu Temizleme 2 Atık	43.2	2.56	1.70	31.50	0.49	2.66	4.92	3.08	5.55	3.54
Cu Temizleme 3 Atık	2.80	0.17	3.09	27.47	0.89	5.66	0.58	0.17	0.66	0.49
Cu Konsantre	35	2.07	12.73	10.83	1.54	35.66	29.83	0.86	14.28	38.40
Zn Tem. 1 Süpürme Atık	55.70	3.30	0.32	19.96	0.13	0.28	1.20	2.52	1.95	0.48
Zn Tem. 1 Süpürme Konsantre	30.10	1.78	0.30	35.60	0.12	0.23	0.60	2.43	0.99	0.21
Zn Temizleme 2 Atık	65.90	3.90	0.32	35.45	0.12	0.19	1.39	5.29	2.03	0.39
Zn Temizleme 3 Atık	20.20	1.20	0.36	35.72	0.15	0.32	0.48	1.64	0.81	0.20
Zn Konsantre	8.90	0.53	1.15	34.19	0.45	1.72	0.69	0.69	1.06	0.47
Atık	582.60	34.48	0.17	16.37	0.08	0.20	6.79	21.61	11.73	3.64
Besleme (Hesaplanan)	1689.90	100.00	0.88	26.11	0.22	1.92	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Cu Kaba Konsantre	855.90	50.65	1.47	32.49	0.34	3.42	84.09	63.02	76.39	90.02
Zn Kaba Konsantre	180.80	10.70	0.36	30.67	0.14	0.31	4.35	12.57	6.83	1.75

TEST	ST-Test 26		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Hız	1850 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	ST-18 koşulunda MBS dozajının (2 kg/t) etkisi						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na2S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761		MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t	g/t		ul						
Yüksek Hızda Kondisyonlama									30				
Kondisyonlama 2	1 kg/t								7+3				4.5 lt
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	2 kg/t						30		7.22	-171	
Ön Yüzdürme							25ul		5				
Cu Kaba 1				60			20ul		2+1	3	7.33	37	
Cu Kaba 2				15	15				2	3	7.51	104	
Cu Kaba 3	2.8 ml		11.5 ml	15	15				2+2	3	7.23	25	
Cu Kaba 4	2.8 ml		11.5 ml	15	15				2+2	3	7.13	-7	
Cu Kaba 5	2.8 ml		11.5 ml	15	15				2+2	3	7.02	72	

ST TEST 26	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	6.5	0.39	1.46	17	0.292	1.82	0.66	0.25	0.50	0.35
Cu Kaba 1	70.1	4.18	1.04	17.72	0.286	2.22	5.11	2.76	5.30	4.63
Cu Kaba 2	41	2.44	8.98	20.28	0.903	6.34	25.79	1.85	9.78	7.74
Cu Kaba 3	38	2.26	5.69	22.33	1.28	7.02	15.15	1.89	12.85	7.94
Cu Kaba 4	48	2.86	6.26	23.72	1.23	8.53	21.05	2.53	15.60	12.18
Cu Kaba 5	45.5	2.71	2.73	24.87	0.811	7.1	8.70	2.52	9.75	9.61
Atık	43.2	2.57	1.59	25.63	0.392	4.66	4.81	2.46	4.47	5.99
Süzülen 1	1385.9	82.58	0.193	27.8	0.114	1.25	18.74	85.74	41.74	51.55
Besleme (Hesaplanan)	1678.20	100.00	0.85	26.78	0.23	2.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Kümülatif Toplam	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %				Süre (dk)
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	
Cu Kaba 1	70.10	4.18	1.04	17.72	0.29	2.22	5.11	2.76	5.30	4.63	3
Cu Kaba 1+2	111.10	6.62	3.97	18.66	0.51	3.74	30.90	4.61	15.08	12.37	6
Cu Kaba 1+2+3	149.10	8.88	4.41	19.60	0.71	4.58	46.04	6.50	27.93	20.31	9
Cu Kaba 1+2+3+4	197.10	11.74	4.86	20.60	0.84	5.54	67.09	9.04	43.53	32.49	12
Cu Kaba 1+2+3+4+5	242.60	14.46	4.46	21.40	0.83	5.83	75.79	11.55	53.28	42.10	15

TEST	ST Test 27		Besleme: 1.7 kg	% katı: 30		Hücre	4.5 lt Denver	Rotor ,rpm	1850-1550 rpm				
Öğütme Süresi	30	dk	P80: 45 µm			Amaç	ST-18 Koşulunda Temizleme Devre						
	KİMYASALLAR						SÜRE (DAKİKA)						
	Na ₂ S	ZnSO ₄	MBS	Na-Afloat	8761	NaCN	MIBC	Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	pH	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	10%	g/t		1%	ul						
Yüksek Hızda Kondisyonlama									30				
Kondisyonlama 2	1 kg/t								7+3				4.5 lt
Öğütme	0.5 kg/t	1 kg/t	3 kg/t					30			7.15	-131	
Ön Yüzdürme							25ul			5	7.13	-178	
Cu Rgh 1				60			20ul		2+1	3	6.87	-25	
Cu Rgh 2				15	15				2	3	7.21	104	
Cu Rgh 3	2.8 ml		17 ml	15	15				2	3	6.96	141	
Cu Rgh 4	2.8 ml		17 ml	15	15					3	6.9	117	
Yeniden Öğütme	2 ml	2 ml	2 ml			1 ml		15					
Cu Temizleme 1				20ul			5+5+5		2+1	4	7.42	183	1 lt
Cu Temizleme 1 Süpürme				10ul			5+5		2	2	7.74	183	1 lt
Cu Temizleme 2	0.1 ml	0.5 ml	0.5 ml			0.5 ml	5+5		2	3	7.47	203	1 lt
Cu Temizleme 3	0.1 ml	0.5 ml	0.5 ml			0.5 ml	5 µl -1 dk sonra eklendi		2	2	7.47	243	0.5 lt
	CaCO ₃	CuSO ₄	SIPX	MIBC				Öğütme	Kondisyonlama	Yüzdürme	Ph	Eh	Hücre Hacmi
	10%	10%	1%	ul									
Kondisyonlama	130 ml	500							10				
Zn Rgh 1			20	20 ul					2+1	5	11.86	-69	4.5 lt
Zn Rgh 2			10	10 ul					2	3	11.69	-45	
Zn Rgh 3			10						2	3	11.58	-31	
Yeniden Öğütme	0.5 g							15					
Zn Temizleme 1	6 ml	1.0 ml	1.0 ml	5+5+5					2	3	11.57	20	1 lt
Zn Temizleme 1 Süpürme			0.5 ml	5+5					2	2	11.42	27	1 lt
Zn Temizleme 2	4 ml			5+5					1	2	11.59	19	1 lt
Zn Temizleme 3	2 ml			5 ul					1	1	11.68	-6	0.5 lt

ST TEST 27	Ağırlıklar		Tenör (XRF %)				Verim %			
	gr	%	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn
Ön Yüzdürme	75.4	4.50	1.06	19.78	0.307	2.63	5.59	3.35	5.96	5.96
Cu Tem. 1 Süpürme Atık	134.60	8.04	1.08	26.17	0.34	4.88	10.16	7.91	11.90	19.73
Cu Tem. 1 Süpürme Konsantre	14.6	0.87	3.62	19.76	1.59	16.04	3.69	0.65	5.98	7.03
Cu Temizleme 2 Atık	18.7	1.12	4.32	21.79	1.41	12.60	5.65	0.91	6.79	7.08
Cu Temizleme 3 Atık	8.70	0.52	7.71	19.73	2.06	16.01	4.69	0.39	4.62	4.18
Cu Konsantre	27.1	1.62	26.14	20.21	2.94	11.53	49.52	1.23	20.53	9.39
Zn Tem. 1 Süpürme Atık	88.20	5.27	0.38	28.97	0.17	0.29	2.34	5.74	3.75	0.76
Zn Tem. 1 Süpürme Konsantre	106.30	6.35	0.31	37.77	0.22	0.45	2.33	9.01	6.03	1.44
Zn Temizleme 2 Atık	28.90	1.73	0.70	35.18	0.39	1.58	1.42	2.28	2.93	1.37
Zn Temizleme 3 Atık	13.30	0.79	0.72	32.28	0.51	3.99	0.67	0.96	1.74	1.59
Zn Konsantre	38.50	2.30	1.77	18.71	0.92	31.39	4.76	1.62	9.10	36.30
Atık	1110.60	66.32	0.11	26.32	0.07	0.14	8.38	65.61	20.03	4.74
Süzülen 1	4.80	0.29	1.49	16.94	0.31	1.75	0.50	0.18	0.38	0.25
Süzülen 2	4.90	0.29	0.87	14.81	0.21	1.18	0.30	0.16	0.26	0.17
Besleme (Hesaplanan)	1674.60	100.00	0.85	26.60	0.23	1.99	100.00	100.00	100.00	100.00
Besleme (Analiz)			0.784	29.7		1.955				

Cu Kaba Konsantre	203.70	12.16	5.18	24.24	0.95	7.75	73.71	11.08	49.82	47.41
Zn Kaba Konsantre	275.20	16.43	0.60	31.75	0.33	5.02	11.52	19.61	23.55	41.47



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA~~ TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 20/06/2019

Tez Başlığı / Konusu: Sülfürlü Cevher Flotasyonunda Oksitlenmenin Olumsuz Etkilerinin Azaltılması

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 58 sayfalık kısmına ilişkin, 20/06/2019 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

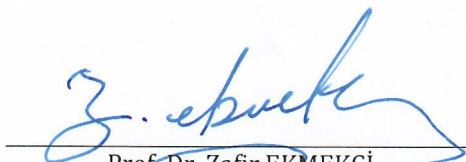
Gereğini saygılarımla arz ederim.


20/06/2019

Adı Soyadı: SEDA ÖZÇELİK
Öğrenci No: N16125248
Anabilim Dalı: MADEN MÜHENDİSLİĞİ
Programı:
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.


Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Seda ÖZÇELİK
Doğum yeri : Ankara
Doğum tarihi : 26.09.1991
Medeni hali : Bekar
Yazışma adresi : Altınpark Mah. Türkiř Blokları 229/5 Aydınlıkevler
Telefon : 0 (545) 926 72 98
Elektronik posta adresi : sedaozcelik26@gmail.com
Yabancı dili : İngilizce

EĞİTİM DURUMU

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü
Doktora : -

İř Tecrübesi

2014- Halen-----Hacettepe Mineral Teknolojileri