



**KAYMAZ ALTIN TESİSİ ATIKLARINDAN FLOTASYON  
YÖNTEMİ İLE ALTININ GERİ KAZANIMI**

**RECOVERY OF GOLD FROM THE RESIDUAL OF  
KAYMAZ GOLD PLANT BY FLOTATION METHOD**

**MERVE CANKURTARAN**

**Yrd. Doç. Dr. METİN CAN  
Tez Danışmanı**

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

2016

**MERVE CANKURTARAN**'ın hazırladığı “**Kaymaz Altın Tesisi Atıklarından Flotasyon Yöntemi ile Altının Geri Kazanımı**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nde **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Emre ALTUN

Başkan

.....

Yrd. Doç. Dr. N. Metin CAN

Danışman

.....

Yrd. Doç. Dr. Özlem BIÇAK

Üye

.....

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

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## 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 tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28/01/2016

MERVE CANKURTARAN

## ÖZET

# KAYMAZ ALTIN TESİSİ ATIKLARINDAN FLOTASYON YÖNTEMİ İLE ALTININ GERİ KAZANIMI

**Merve CANKURTARAN**

**Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Metin CAN**

**Ocak 2016**

Altın tesis atıklarının değerlendirilmesini temel alan bu çalışmada, Kaymaz Altın Madeni siyanür liçi tesis atıklarının mineralojik karakteri belirlendikten sonra flotasyon yöntemi ile proses esnasında kazanılamayan altın taneciklerinin kısmi olarak kazanımı sağlanmıştır. Liç yönteminde kazanılamayan altın taneciklerinin diğer metal elementler ile olan ilişkisi incelenmiş, ancak yapılan araştırmada doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir. Tesis besleme örneğine yapılan farklı öğütme boylarındaki liç testleri sonuçlarına göre, ince boyda altının liç ile kazanımının arttığı tespit edilmiştir. Mineralojik analizler esnasında tespit edilemeyen altının, diğer mineraller ile ilişkisinin gözlenebilmesi için tanımlayıcı liç testleri yapıldıktan sonra alınan sonuçlarla öncelikle numunenin tane boyu değiştirilmeden, altının yanı sıra farklı metallere karşı da seçiciliği olan çeşitli toplayıcıların etkisi denenmiştir. Toplayıcılar arasından etkili olanlar seçilerek ve numunenin tane boyu küçültülerek çalışmalara devam edilmiştir. Alınan konsantre ile yapılan mineralojik analizlerde 10 µm'den daha küçük boylarda silvanit mineraline rastlanmıştır. Tiyofosfat türevi toplayıcıların ince tane boyunda cevher üzerinde olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Testlere, aktivatör ilaveleri ve sülfidizasyon çalışmaları ile devam edilerek altın kazanım oranının artırılması sağlanmıştır.

Çalışmalar neticesinde liç esnasında çözünemeyerek atık katıda kalan altın tanelerinin mikroskopik yöntemlerde tespit edilemeyişi ve tanımlayıcı liç testlerinin bazı aşamalarında liç verimlerinin diğer aşamalara göre daha yüksek olması nedeni ile Kaymaz tesis atıklarının görünmez (invisible) yapıda olduğu öne sürülebilecekken konsantreden yapılan mikroskopik incelemelerde görülen silvanit minerali ile alınan flotasyon konsantrelerinin yarı refrakter yapıda olduğu ve hiçbir ön işlem yapılmadan direk siyanür liçi yapılsa da mevcut altının tamamıyla kazanılamayacağı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** flotasyon, tesis atıkları, atıkların değerlendirilmesi

## **ABSTRACT**

### **RECOVERY OF GOLD FROM RESIDUAL OF KAYMAZ GOLD PLANT BY FLOTATION METHOD**

**Merve CANKURTARAN**

**Master of Science, Department of Mining Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Metin CAN**

**Ocak 2016**

In this thesis study which based on to recover the tails of gold plant, after establishment of mineralogical characteristics of cyanide leaching plant tails of Kaymaz Gold Plant froth flotation process was carried out and the gold particles that cannot be gained during the leaching process were recovered partially. The relationship between the gold particles that cannot be gained by leaching and the other metallic elements was investigated, but a linear relationship was not identified in the research conducted. Diagnostic leach tests were carried out to observe the relationship of the gold which could not detected in mineralogical analysis with the toher minerals. Firstly, with the results of diagnostic leach tests, the effect of various collectors which have selectivity against of the other metals as well as gold has been tried without any change of the particle size of the sample from the tail of plant. The experiments have been carried out by selecting the effective collectors and by decreasing the particle size of the sample. Sylvanite particles which were finer than 10  $\mu\text{m}$  had been detected in the mineralogical analysis of concentrate. It has been established that the collectors which are derivatives of thiophosphate has a positive

effect on the fine sized sample. It had been provided to increase the gold recovery rates by addition of activators and by sulphidization.

As result of the tests, at the point of asserting the claim of the tails of Kaymaz Gold Plant which could not dissolve while leaching were invisible because they could not been observed in mineralogical analysis and the leaching recoveries of some of the diagnostic leach tests were higher than the other ones; it was established by the sylvanit mineral which observed in mineralogical analysis of concentrate that the flotation concentrate had a semi-refracter character and to recover all of the gold from ore was not possible if there were any pre-treatment processes.

**Keywords:** flotation, gold, plant tails, recovery of tails

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmamda bana yol gösteren danıőmanım Yrd. Do. Dr. N. Metin Can'a ve alıőmalarımı tamamladığım Koza Altın İşletmeleri'ne ait Kaymaz Altın Madeni Metalürji Laboratuvarı'nda çalışan arkadaőlarıma yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Eőime ve aileme bu süreçte bana destek oldukları için teşekkür ederim.

# İÇERİK

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Altın İçerikli Minerallerin Flotasyon Özellikleri ve Yüzebilirliğe Etki Eden Faktörler.....	3
2.1.1. Oksitli veya Silikatlı Altın Cevherlerinin Flotasyonu .....	5
2.1.2. Altın İçerikli Bakır Cevherlerinin Flotasyonu .....	6
2.1.3. Oksitli Bakır-Altın Cevherlerinin Flotasyonu.....	6
2.1.4. Arsenik İçerikli Altın Cevherlerinin Flotasyonu.....	8
2.1.5. Sülfürlü Metaller ile Bulunan Altın Cevherinin Flotasyonu .....	8
2.1.6. Sülfürlü Atıklardaki Serbest Altının Flotasyonu .....	8
2.1.7. Sülfürlü Atıklardaki Serbestleşmemiş Altının Flotasyonu.....	8
2.1.8. Değersiz Minerallerin Flotasyonu.....	9
2.2. Atıklar .....	9
2.2.1. Siyanürleme atıkları .....	10
2.2.2. Siyanürlü Atıkların Flotasyonu .....	10
2.3. Nabit Altının Toplayıcı İlavesi Olmadan Flotasyonu .....	11
2.4. Plaser ve Serbest Altının Toplayıcı ile Flotasyonu .....	11
2.5. Altın ve Altın İçerikli Cevherlerin Flotasyonunda Kullanılan Toplayıcılar .	11
2.5.2. Ditiyofosfatlar .....	13
2.5.3. Merkaptobenzotiazol.....	13
2.5.4. Fosfin Bazlı Toplayıcılar .....	13
2.5.5. Etoksikarbonil Tiyoüre Toplayıcılar .....	14
2.5.6. Hekzil Etoksikarbonil Tiyonokarbamat Toplayıcılar.....	14
2.5.7. Amin Bazlı Toplayıcılar .....	14
2.6. Altın Flotasyonunda Kullanılan Köpürtücüler.....	15
2.7. Altın Flotasyonunda Kullanılan Canlandırıcılar.....	16
2.7.1. Metal Tuzları.....	16
2.7.2. Sülfidizasyon.....	17

2.8. Flotasyon Gazları ve Oksidasyonun Flotasyona Etkisi.....	18
2.9. Flotasyonda Kullanılan pH Düzenleyicileri .....	19
2.10. Flotasyonda Tane Boyu ve Şekli Faktörleri.....	20
2.11. Flotasyon Kinetiği.....	20
2.12. Şlam Kaplamalar ve Yüzebilir Sülfürsüz Atıklar .....	21
2.13. Altın Üzerindeki Doğal Metal ve Organik Kaplamalar .....	22
3. MALZEME ve DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	24
3.1. Kaymaz Altın Madeni .....	24
3.2. Deneysel Yöntem.....	25
4. SONUÇLAR.....	42
KAYNAKLAR.....	45
EKLER .....	49
Ek 1. Mart 2013 tesis verileri .....	49
Ek 2. Besleme MLA sonuçları .....	51
Ek 3. Tanımlayıcı liç sonuçları .....	53
Ek 4. Toplayıcı türlerine göre flotasyon test koşulları ve sonuçları.....	55
Ek 5. Test 1-1 konsantre MLA sonuçları .....	63
Ek 6. Öğütülmüş (P80 20 µm) numune ile yapılan flotasyon test sonuçları .....	69
Ek 7. Bakırsülfat aktivasyonu test sonuçları .....	73
Ek 8. Sodyum sülfür aktivasyonu test sonuçları .....	75
ÖZGEÇMİŞ .....	77

## TABLO DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Tablo 2.1. Altın flotasyonunda kullanılan spesifik ve blend toplayıcıların listesi ...	14
Tablo 3.1. Damdamca Tepe cevheri modal analizi.....	24
Tablo 3.2. Tane boyu analizi .....	27
Tablo 3.3. Liç atığı şişe çevirme test sonucu.....	28
Tablo 3.4. Öğütme boyunun liç verimine etkisi .....	29
Tablo 3.5. Lineer regresyon.....	30
Tablo 3.6. Tanımlayıcı liç testi sonuçları .....	31
Tablo 3.7. Toplayıcı türlerine göre ortalama Au kazanım verimleri.....	34
Tablo 3.8. Zamana karşı boyut küçültme grafiği.....	35
Tablo 3.9. Öğütülmüş numunenin tane boyu analizi.....	36
Tablo 3.10. Toplayıcılar ve flotasyon kinetikleri .....	37
Tablo 3.11. Bakır sülfat aktivasyonu.....	40
Tablo 3.12. Sodyum sülfür aktivasyonu.....	41

## ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Kavramsal altın flotasyon modeli .....	7
Şekil 2.2. Altın mineralleri (saat yönünde): kalaverit [AuTe <sub>2</sub> ], aurostibat [AuSbO <sub>3</sub> ] kaplı aurostibit [AuSb <sub>2</sub> ], maldonit [Au <sub>2</sub> Bi], bizmut hidroksit [Bi(OH) <sub>3</sub> ] kaplı maldonit .....	23
Şekil 3.1. Düşük sülfürlü Kaymaz cevheri pirit ve kuvars görünümü .....	25
Şekil 3.2. Kaymaz Altın Madeni tesisine ait akım şeması.....	26
Şekil 3.3. Tane boyu dağılımı ve P80 değeri.....	27
Şekil 3.4. Tanımlayıcı liç aşamalarında alınan konsantreler.....	31
Şekil 3.5. Tanımlayıcı liç aşamalarında Au kazanımı .....	32
Şekil 3.6. Zamana karşı öğünme grafiği .....	35
Şekil 3.7. Zamana bağlı verim değerleri .....	37
Şekil 3.8. Öğütülmüş numune ile flotasyon testi (İlk konsantre alımı ve test sonu) .....	38
Şekil 3.9. Zamana bağlı kümülatif verimler.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Şekil 3.10. Bakır sülfat aktivasyonu-kümülatif verimler.....	39
Şekil 3.11. Sodyum sülfür sülfidizasyonu-kümülatif verimler .....	40

# 1. GİRİŞ

Altın insanoğlunun metal olarak tanıdığı ilk elementtir. Simyacılar göre altın kusursuzluk metali olarak tanımlanmıştır. Simyacılar altını, parlak sarı renginden dolayı Güneş ile tanımlamış ve bir çember içerisindeki nokta ile sembolize etmişlerdir. Altın ilk çağlardan beri o kadar kıymetli bulunmuştur ki; insanoğlu doğada altın aramak için deyim yerinde ise altına bakılmadık taş bırakmamıştır. Bu sebeple insanların diğer metalleri de altına dönüştürmeye çalışmasına şaşdırmamak gerekir. Diğer metalleri altına çeviren etken madde “filozof taşı” olarak bilinmektedir. Dönüştürülebilme gücüne ek olarak, pek çok medeniyette altının uzun ömür ve ölümsüzlüğün ilacı olduğuna inanılmıştır. Bazı metalleri altına dönüştürme ve hayatı sonsuzlaştırma çabaları modern kimya için yeni kimyasallar ve laboratuvar teknikleri üretilmesine oldukça katkıda bulunmuştur [1].

Altının hem fiziksel hem kimyasal olarak eşsiz özelliklere sahip olması nedeni ile çıkarılması ve üretilmesi her daim ilgi çekmiştir. Günümüzde kullanılan birçok altın üretim yöntemi geçmişte kullanılan yöntemlerden uyarlanmıştır. Örneğin; geçmişte altın taneleri dere kenarlarındaki kumdan yıkanarak ve kayalardan kırılarak elde edilmiştir. Yıkama yönteminde, özgül ağırlığı kumdaki diğer metal ve minerallerden fazla olan altının belirgin şekilde ayrılmasını sağlamıştır. Bugün hala Knelson, Falcon ve Mozley gibi ayırıştırıcılarda gravite farkından yararlanılarak zenginleştirme yapılmaktadır.

Altın eldesi, altın kaynağının doğal özelliklerine, altın tanelerinin cevher içerisindeki dağılımına ve mineralojik özelliklerine göre değişmektedir. Altın eldesi için kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

- Gravite ile zenginleştirme metodu, genel olarak plaser yataklardaki iri ve serbest taneli altın cevherleri için kullanılmaktadır. Gravite ile zenginleştirme yöntemi genellikle flotasyon ve/veya siyanür liçi ile kombine olarak kullanılmaktadır.
- Hidrometalürjik yöntemler, oksitli cevherlerden altın eldesinde, düşük sülfürlü cevherlerde ve refrakter altın cevherlerinde kullanılmaktadır.
- Pirometalürjik ve hidrometalürjik yöntemlerin kombinasyonu ise yüksek refrakter özellikteki ve safsızlıklar içerdiği için yüksek siyanür tüketimi olan cevherler için kullanılmaktadır.

- Flotasyon yöntemi, altın eldesinde oldukça geniş uygulama alanı olan bir yöntem olup diğer üretim metotlarının uygulanamayacağı altın içeren bakır cevherlerinden, metalik cevherlerden, bakır-nikel cevherlerinden, platin grubu cevherlerinden ve diğer birçok cevherlerden altın eldesi için kullanılmaktadır. Flotasyon aynı zamanda hidrometalürjik kazanım öncesinde düşük sülfür içerikli ve refrakter cevherin safsızlıklarının giderilmesi için de uygulanmaktadır [2].

Bu tez çalışmasının amacı, tank liçi yöntemi ile altının kazanıldığı Kaymaz Altın Madeni'nde atıklardaki 1,1-2 g/t civarında altın kaybının nedeninin belirlenmesi ve atıktan altın kazanımının flotasyon yöntemi ile sağlanmasıdır. Bu amaçla, değişik toplayıcı türleri ile flotasyon çalışmaları yapılarak atıkta kalan altın kısmen kazanılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde altının zenginleştirmesinde yaygın olarak kullanılan ve bu tez çalışmasının ana konusunu oluşturan flotasyon yöntemi ile altının kazanımına ilişkin detaylı literatür bilgileri verilmektedir.

### 2.1. Altın İçerikli Minerallerin Flotasyon Özellikleri ve Yüzebilirliğe Etki Eden Faktörler

Bir cevher yatağındaki altın taneciklerinin boyutları, saf parçacıklar halinde olmaları veya kristal yapı içerisinde kilitli kalmalarına göre değişir. Altın flotasyonu araştırmaları ilk olarak plaser yataklardaki altın cevherleri ve serbestleşmiş altın taneleri için yapıldığından, literatürde refrakter yapıdaki sülfürlü altın cevherlerine ait flotasyon çalışmaları özellikle son yıllarda önem kazanmıştır. Altın endüstrisinde flotasyonun önemli derecede uygulanması 1930'ların ilk yıllarında suda çözünebilen toplayıcıların tanınmasını takiben başladı. Daha önceleri Kanada, Avustralya ve Kore'deki bazı altın madenleri kompleks ve refrakter yapıdaki altın üretiminde bir ön işlem olarak flotasyon tesisleri kurmuştur. Bu tesislerde, filtrelemesi ve kurutması çok zor olan yağlar, toplu altın konsantre üretimi için flotasyon toplayıcıları olarak kullanılmıştır [3].

Altın cevherlerinin flotasyonu çok geniş kapsamlıdır ve genelleme yapmak zordur. Altın flotasyonunda asıl problem metalik altının yüzebilirliği değildir. Serbest altının flotasyon ile kazanım verimini genellikle altın taneciklerinin şekli, boyutu ve köpüğün duraylılığı gibi fiziksel kısıtlamalar etkilemektedir. 150  $\mu\text{m}$ 'den daha ince tane boyuna sahip serbestleşmiş altın tanelerinin birçok toplayıcı ile özellikle ksantat ve ditiyofosfatlar ile kolaylıkla yüzebildiği kabul edilmektedir. Serbest altın sülfürlü mineraller ile beraber yüzdürüldüğünde, hava kabarcıklarının sülfürlü mineraller ile fazla yüklenmesi serbest altın taneleri için bariyer oluşturabilmekte ve böylelikle flotasyon performansında düşmeye neden olabilmektedir.

Altın ve altın bileşimlerinin yüzey özellikleri kırma, öğütme, oksitleme, liç ve katı-sıvı ayrımı gibi cevher zenginleştirme işlemlerinin her basamağından belirgin derecede etkilenmektedir. Bu işlem basamakları altın yüzeyinin flotasyona engel olabilecek harici maddelerle kaplanmasına neden olabilmektedir.

Etkili bir flotasyon gerçekleştirmek için mineralojik açıdan ilk ihtiyaç, altının veya altının birlikte olduğu kompozitlerin serbestleşmiş olmasıdır. İkinci durumda (kompozit olması halinde) genellikle altın tanelerinin baskın bir altın ve/veya sülfür yüzeyinin bir parçası olması gerekmektedir. Eğer, altın taneleri oksitli veya silikatlı forma sahip bir kompozit ile beraber bulunuyor ise bu durumda altının yüzebilirliği kompozitin hidrofobiklik derecesine bağlı olarak azalmaktadır.

Serbest altının yüzebilirliği açıkta bulunan yüzeylerin durumuna bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; hidrofilik metal tuzlar çökerek altın yüzeyini kaplayabilmekte ve tüm yüzeyin hidrofobikliğini azaltabilmektedir, bu nedenle de altın elde etme verimi düşmektedir. Genelde, cevher oluşumu esnasında meydana gelen, cevher içeriğinde demir oksit içerikli minerallerin olmasından ya da öğütme ortamından meydana gelebilen Fe (III) oksitler veya hidroksitler ile kaplanma söz konusudur.

Tane boyu dağılımı da flotasyon verimi üzerinde oldukça etkili bir faktördür. Altının yüksek özgül ağırlığı nedeni ile ( $19.300 \text{ kg/m}^3$ ) tane boyunun flotasyon verimine etkisi artmaktadır. Flotasyon 20 ve 200  $\mu\text{m}$  tane boyundaki altın taneleri için olumlu sonuçlar vermektedir [4]. Flotasyon kinetiği genel olarak ince tane boyları için iri tane boylarından daha hızlıdır. İnce tane boylarında gang minerallerin de eş zamanlı yüzmeleri nedeni ile (özellikle suyla taşınım-entrainment ile) altına karşı seçicilik azalmaktadır. Ancak, şlam oluşumu kontrol edilebildiği takdirde altın efektif olarak kazanılabilmektedir. Daha iri tane boylarında ortamdaki katı yüzdesi artırılarak altın tanelerinin çabuk çökmeleri engellenebilmekte ve flotasyonu mümkün olabilmektedir.

Yine altının yüksek özgül ağırlığa sahip olması ve dövülebilirliğinin (işlenebilirliğinin) yüksek oranda olması nedenleri ile altın öğütme esnasında yassılaşılmaktadır ve yüzeyi gang mineraller veya demir oksitler ile kaplanabilmektedir. Aynı zamanda, yassılaştıran taneler küresel tanelere göre daha geniş yüzey alanına sahip olurlar ki bu da yüzebilirlikleri üzerinde belirgin bir olumlu etki yaratabilmektedir [5]. Ancak düzleşen altın taneciklerinin pürüzsüz ve düz yüzeyleri nedeni ile hava kabarcığına bağlanmaları engellenmesi durumunda da flotasyon olumsuz yönde etkilenebilmektedir.

Şekil 2.1'de kavramsal olarak serbest altın ve altın içerikli minerallerin flotasyonu, kimyasal ve fiziksel etkenler ve altın verimi üzerine etkileri bir model ile açıklanmıştır [6].

Altın flotasyonu doğal yüzebilen kalkopirit, kalkosit ve sfalerit gibi mineraller ile kıyaslandığında yavaş bir prosestir. Cevher mineralojisi flotasyon şartlarının belirlenmesinde büyük öneme sahiptir. Çalışma pH'sının belirlenmesi, köpürtücü tipi ve miktarının belirlenmesi, toplayıcı sistemi ve hangi aşamalarda gerekli olduğu, canlandırıcı veya bastırıcılar, ve belirlenen tenör ve verimliliğe erişmek için gerekli tüm kritik faktörler cevher özelliklerine göre seçilmektedir.

### **2.1.1. Oksitli veya Silikatlı Altın Cevherlerinin Flotasyonu**

Genel içeriği oksitli mineraller ya da silikatlar olan plaser yataklardaki ya da ince tane boyunda gravite konsantrelerindeki serbest altın taneleri güçlü toplayıcılar kullanılarak yüzdürmeyle zenginleştirilebilir. Bu tarz flotasyon çok nadiren, düşük tenörlü altın cevherleri için ya da gravite ile kazanılması için altının serbestleşme boyunun çok ince olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Böyle cevherlerin flotasyonu için şartlar sadece altını kazanmaya yönelik olarak belirlenmektedir ve sülfürlü mineraller için herhangi bir optimizasyona gerek kalmamaktadır.

Genelde altın-sülfür flotasyonu yapılırken silikatlı minerallerin konsantreye alınması konsantre kalitesini düşürdüğü için ve diğer aşamalarda da konsantre kazanımında verimi olumsuz etkileyeceği için istenmemektedir. Çoğu zaman konsantre ile gelen silikat miktarı çok az olsa da bazen cevher içerisinde çok ince öğünmüş halde bulunan killi ve silisli yapılar seçimli olmayan bir biçimde fiziksel olarak köpükle taşınmakta ve bahsedilen etkilere neden olmaktadır.

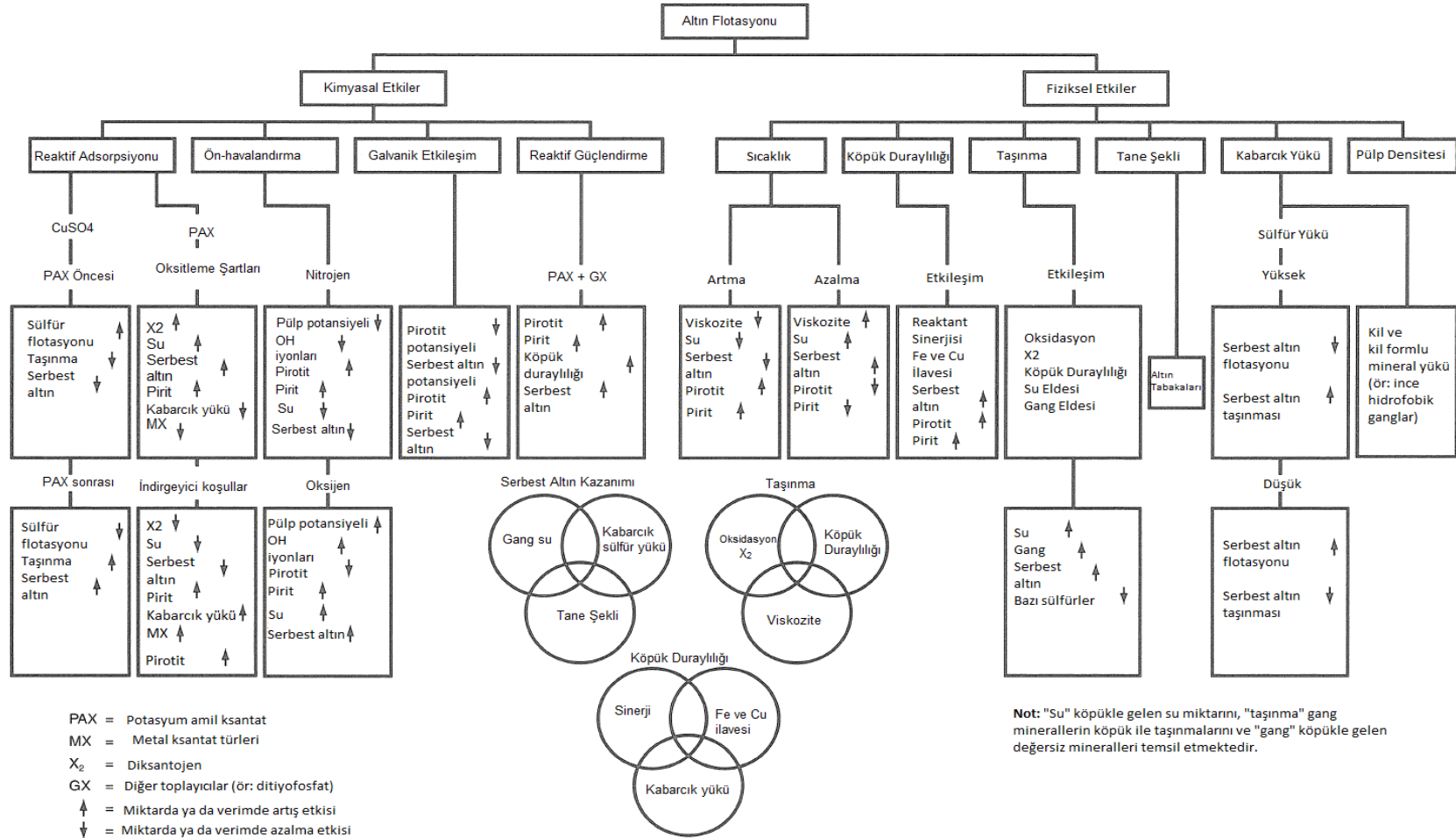
Bazı durumlarda, talk gibi silikat yapıları nedeni ile doğal yüzebilir özellikte olan kil içerikli minerallerin bastırılmaları için organik bastırıcılar sisteme ilave edilmektedir. Hidrofobik silikat minerallerinin flotasyonunda nişasta, dekstrin ve modifiye guar sakızı gibi reaktiflerin seçimli bastırma yapmamaları nedeniyle dozajlarının çok iyi ayarlanması gerekmektedir.

### **2.1.2. Altın İçerikli Bakır Cevherlerinin Flotasyonu**

Altın içeren bakır cevherlerinde altının yzdrlebilmesi, altının cevher içinde nasıl olduğuna ve demir sülfür bileşenleri ile olan bağına göre değişmektedir. Porfiri bakır içindeki altın serbest tane, elektrum, kuprit ya da sülfonat ve gümüş ile birleşik halde bulunabilmektedir. Porfiri bakır-altın cevherlerinin flotasyonu esnasında en önem verilen nokta satılabilir bakır-altın konsantresi üretimidir ve altın veriminin optimize edilmesi genellikle konsantrenin satılabilirliği dolayısıyla engellenmektedir. Bu cevherler içinde altın verimine etki eden mineraller, altının çok ufak kalıntılar halinde bulunduğu demir sülfür (pirit, markazit, vb.) bileşenleridir. Bu nedenle cevherin demir sülfür içeriği son konsantredeki altın verim değerini belirler. Porfiri bakır-altın cevherlerinin üretimlerinde kullanılan reaktifler oldukça değişkendir. Piritin uzaklaştırılmasının problem yarattığı bazı proseslerde pH 9 ve 11,8 arasında alkali ortamda ditiyofosfat bir toplayıcı kullanılırken, pirit içeriğinin düşük olduğu bir proseste ise ksantat ve ditiyofosfatlar kireç veya soda külü ile birlikte kullanılabilir [7].

### **2.1.3. Oksitli Bakır-Altın Cevherlerinin Flotasyonu**

Oksitli bakır-altın cevherleri genelde demir hidroksitler ve çeşitli kil mineralleri ile birlikte bulunurlar. Dünya'da bu tarzda birçok yatak oluşumu vardır. Bunlar arasında Avustralya'da (Red Dome), Brezilya'da (Igarape Bahia) ve Sovyetler Birliği'nde (Kalima) gibi yataklar bulunmaktadır. Bu tür cevherlerin işlenmesi zor olup, killi minerallerin varlığında daha da zorlaşmaktadır. Son zamanlarda, ester modifiyeli ksantat bazlı toplayıcılar ile slfidizasyonun birlikte kullanılması sayesinde başarılı bir şekilde bu cevherlerin de işlenmesi sağlanmıştır [8].



#### **2.1.4. Arsenik İçerikli Altın Cevherlerinin Flotasyonu**

Ekonomik değere sahip iki tür arsenikli altın cevheri bulunmaktadır. Bunlar; masif kök metal sülfürleri ile arsenikli altın ve kök metallere bağlı olmayan arsenikli altındır. Masif kök metal arsenikli altın cevherlerine nadir rastlanmakta olup Dünya'da sadece birkaç yatağı olduğu bilinmektedir. Tipik bir arsenikli altın cevheri, ana arsenik minerali olarak arsenopirit içermektedir. Metal bileşimli altın içerikli arsenik cevherlerinin flotasyonu, metallerin yüzdürülmesinin ardından altın içeren pirit/arsenopiritin yüzdürülmesinden oluşan ikincil bir flotasyon tekniği ile tamamlanmaktadır. Pirit ve arsenopirit zayıf asit pH derecesinde ksantat türevi bir toplayıcı ile yüzdürülmektedir.

#### **2.1.5. Sülfürlü Metaller ile Bulunan Altın Cevherinin Flotasyonu**

Kurşun-çinko, bakır-çinko, bakır-kurşun-çinko ve bakır-nikel cevherleri sıklıkla dikkate alınacak derecede (1-9 g/t arasında) altın içermektedirler. Bu cevherlerdeki altın genelde elementel altın olarak bulunmaktadır. Altının büyük bir kısmı kazanılamayacak kadar pirit içerisinde dağılmış haldedir. Bakır, kurşun ve çinkoda satılabilir tenörü üretmek için altın verimini geliştirmek çok dikkate alınmamaktadır.

#### **2.1.6. Sülfürlü Atıklardaki Serbest Altının Flotasyonu**

Atık cevherin hiçbir ekonomik değeri olmadığından asıl amaç serbest altını selektif şekilde toplamaktır. Genellikle serbest altın doğal pH derecesinde çok az toplayıcı ile ya da hiç toplayıcı gerekmeden bile yüzdürülebilmektedir. Eğer atıkta değerli sülfür bileşenleri olursa, şartlar en iyi ekonomik geri dönüşe göre değiştirilebilmektedir ve altının maksimum verimlilik ile alınması şartı aranmamaktadır.

#### **2.1.7. Sülfürlü Atıklardaki Serbestleşmemiş Altının Flotasyonu**

Altının tane boyu çok ince (<10 µm gibi) ve sülfürlü minareller ile birlikte olması durumunda, siyanürleme verimi oldukça düşmektedir. Bu durumda flotasyon, değerli refrakter cevherin daha fazla elde edilmesi için bir ön zenginleştirme aşaması olarak kullanılabilir. Böyle cevherler için oluşturulacak flotasyon devreleri genelde altın içeren tüm minerallerin kazanım verimleri maksimum olacak

şekilde tasarlanmaktadır. Şartlar, hem serbest altın tanelerini hem de bağlı altın tanelerini kazanacak şekilde optimize edilmektedir.

### **2.1.8. Değersiz Minerallerin Flotasyonu**

Altın kazanım aşamasına gelmeden önce karbonatlar gibi oksitleme aşamasında pH kontrolünü zorlaştıran ya da adsorpsiyonu etkileyen karbonlu mineraller gibi değersiz minerallerin sistemden uzaklaştırılmasında flotasyon kullanılabilir. Böylece verim yükseltilebilmekte ve kimyasal tüketimi azaltılabilmektedir.

## **2.2. Atıklar**

Atıklar, işlemekte olan ya da artık kullanılmayan altın tesislerinden çıkan maddeler olup değeri olmayan yan ürünlerdir. Bu sınıftaki maddeler siyanürleme, flotasyon, gravite ile zenginleştirme, amalgamasyon gibi birçok ekstraksiyon yönteminin neticeleri olabilir.

Tesis atıklarının mineralojik özellikleri çok çeşitlidir ve aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir:

- Asıl olarak işlenen mineral türü
- Kullanılan üretim metodu
- Üretim metodunun verimliliği
- Atık stoklamanın süresi

Birçok durumda, standart siyanürleme ya da diğer siyanürleme proseslerinde atıkların tekrar elde edilebilme oranı %40-70 aralığındadır ve bu değer zenginleştirme açısından oldukça düşüktür. Bu oranın sınırlı kalmasının sebebi mineralojik faktörlerdir. 0.5 ile 2.0 g/t arasında altın içeriği olan atıklar için bir proses optimize edebilmek adına ilk yapılacak şey altının oluşum biçimi incelemektir. Atık materyallerin karakterizasyonu için fire assay, AAS (atomic adsorption spectroscopy), ICP (inductively coupled plasma) yenilikçi teknikler uygulanmaktadır [9].

### 2.2.1. Siyanürleme atıkları

Siyanürleme altın eldesi için kullanılan en etkili ve yaygın yöntemdir. Genelde umulan altın eldesinde %90 üzerinde verim yakalamaktır ve bu yöntem ile çoğunlukla bu değere ulaşılmaktadır. Atıkta kalan altın sıklıkla ilave bir ekstraksiyon gerektiren refrakter bir yapının sonucudur. Siyanürlü atıklardaki altının genel oluşum şekilleri aşağıdaki gibidir:

- İri altın parçacıklarının liçinden kalan serbest ya da açıkta kalmış olan tanecikler – Bu tarz taneler orijinal liç süresinde çok iri olan altın tanelerinin yeterince çözünmemesinden ya da liç süresinin yeterli gelmediği proseslerden kalabilmektedir. İri taneler için efektif olmayan bir liç işlemine katkısı olan bir diğer neden ise siyanür ve oksijen tüketimine sebebiyet veren minerallerin varlığı olabilmektedir.
- Silikat ya da oksitli atıklarda kilitli kalan altın tanecikleri – Bazı altın taneleri oksitli ya da silikatlı atıkların içerisinde kapanım halinde bulunarak siyanürle temas edememektedir.
- Sülfürlü mineraller ile kilitli altın tanecikleri – Siyanür ile reaksiyona girmeyen ya da geçirgen olmayan genellikle pirit gibi sülfürlü taneler ile kapanım halindeki çok ince taneli altın atıkta kalabilmektedir.
- Yüzeyi kaplanmış altın tanecikleri – Bu oluşum demir oksitler ya da hidroksitler gibi çözünme ya da çökeltme reaksiyonları ile meydana gelebilmekte ve liç işleminde ters etki yaratmaktadır [10].

### 2.2.2. Siyanürlü Atıkların Flotasyonu

Siyanür liçi tesislerinin atıklarına aşağıdaki durumlar görüldüğünde flotasyon uygulanabilmektedir:

- Atıkta yüzebilir sülfürlü kısımda değerli miktarda altın olması
- Yüzebilir sülfürlü cevherin ürün olarak alınmasının ekonomik değeri olması
- Atıkta yüzen aktif karbon(altın yüklü olması nedeniyle) kalması

İlk iki durumda flotasyon alışılmadık bir işlemdir, çünkü sülfürlü bileşenler siyanürlemede ters etki yaratmaktadırlar ve bu nedenle sülfürlü bileşenlerin siyanürleme öncesinde ortamdan uzaklaştırılmaları tercih edilmektedir [11].

### **2.3. Nabit Altının Toplayıcı İlavesi Olmadan Flotasyonu**

Literatürde, özellikle altının gravite ile eldesi konusunda altın yüzeyinin yüzdürülebilir olması hakkında birçok kaynak bulunmaktadır. Bu aydınlatmalardan yola çıkıldığında altının doğal hidrofobik yapıda olduğu tahmin edilmektedir. Doğal oluşumdaki altın taneciklerinin yüzeylerinin organik bileşenlerle kontamine olması ona hidrofobik özellik kazandırmaktadır. Uygun tane boyunda lekesiz altın taneciklerinin toplayıcı ilavesi olmaksızın, sadece köpürtücü yardımıyla yüzebildiği tespit edilmiştir. İlk laboratuvar çalışmalarında, altının sadece köpürtücü varlığında yüzebildiği ancak tane boyu çok iri ise ya da kalsiyum oksit veya sodyum sülfid gibi reaktifler karışıma eklendiğinde yüzemediği gözlenmiştir [12].

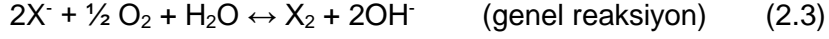
### **2.4. Plaser ve Serbest Altının Toplayıcı ile Flotasyonu**

Altının yüzdürülebilirliği ortama toplayıcı ilave edilmesi ile artırılabilir. Altın zenginleştirme tesislerinin hiçbirinde sadece altının doğal yüzebilirliğine güvenilmemektedir. Serbest (ayrışmış) haldeki altın tanelerinin kazanılacağı flotasyon devreleri için optimum koşullar, nötre yakın ya da nötr pH derecesi ve az miktarlarda kullanılan toplayıcı ilavesidir. Doğaları gereği, doğal yüzebilir minerallerin flotasyon kinetikleri hızlıdır. Plaser altın üzerinde yapılan çalışmalarda ince tane boyunda serbestleşmiş haldeki altının flotasyonu için herhangi özel düzenleyici reaktife ihtiyaç olmadan, sadece sülfhidril toplayıcıların ve bilindik köpürtücülerin doğal pH değerlerinde yeterli olduğu gözlenmiştir. Bu tarz cevherlerde altın kazanım oranları %78 ile %99 arasında değişmektedir [13].

### **2.5. Altın ve Altın İçerikli Cevherlerin Flotasyonunda Kullanılan Toplayıcılar**

#### **2.5.1. Ksantatlar**

Ksantat türevi toplayıcıların olduğu bir flotasyon prosesi, toplayıcının proses esnasında metal-ksantat formunu aldığı anodik oksidasyonu, ksantat iyonlarının kimyasal adsorpsiyonunu ve ksantatın diksantojen formuna oksitlenmesini içermektedir. Mineral yüzeylerindeki bu adsorpsiyon, minerali hidrofobik hale getirmektedir. Genel olarak kabul edilen görüş, serbest altın flotasyonunda ksantat türevlerinin diksantojen oluşturduğudur [14]. Diksantojen oluşumuna ait reaksiyonlar Eşitlik 2.1, 2.2 ve 2.3'te verilmiştir [15]:



Diksantojen, hidrofilik katının yüzeyi üzerine toplanarak onu yüzebilir hale getiren doğal bir yağdır. Diksantojen altın üzerinde hem uygulanan potansiyel sayesinde hem de pülpün karıştırıldığı mekanizmada oluşan potansiyelin oksijeni indirgenmesi ile ortaya çıkabilir. Çalışmalar göstermiştir ki; sonsuz temas açısının olduğu ve altın taneciklerinin yüzmeye başladığı potansiyel ile diksantojen oluşumunun potansiyeli neredeyse aynıdır. Uzun zincirli ksantatlar oksitlenmeye ve daha düşük potansiyelerde diksantojen oluşturmaya daha hazırlardır. Tiyol zincirinin uzunluğundaki bir artış temas açısını artırmaktadır ve böylece yüzeyin hidrofobikliği de artmaktadır. Bu özelliklerin ikisi de serbest altının flotasyonu için potasyum amil ksantat gibi uzun zincir yapısı olan ksantatların kullanılmasını desteklemektedir.

Altın oluşumunda gümüş ve diğer kıymetli metallerin bileşimlerine sıklıkla rastlanmaktadır. Altın flotasyonunda gümüşün olumlu etkisi ilk olarak saf altın, gümüş ve altın-gümüş alaşımlarının tabakaları ile yapılan deneylerde ortaya çıkmıştır. Etil ksantatın gümüş üzerine adsorpsiyonu için, genel kanı elektrokimyasal bir mekanizma ile yüzeyde metal ksantat oluşturması yönündedir (Eşitlik 2.4) [16].



Cevherde altının yanı sıra gümüş bulunması durumunda, etil ksantat kullanıldığında saf altın üzerinde diksantojen oluşması için gereken potansiyele oranla daha düşük potansiyelde gümüş ksantat oluşmaktadır. Sonuç olarak, altın-gümüş bileşimleri saf altına oranla daha düşük potansiyelerde yüzdürülebilmektedir. Ksantat iyonları, gümüş ksantatın biriktiği kısmın altındaki potansiyelerde gümüş üzerine kimyasal soğurulmaktadır. Kimyasal olarak soğurulan etil ksantat, gümüş üzerinde sonsuz temas açısına neden olmaktadır ve flotasyon başlangıcı prosesin kimyasal soğurum ile tamamlanacağını işaret etmektedir. Daha hızlı bir flotasyon için diksantojen destekleyici rol oynayabilmektedir. Kimyasal adsorpsiyon olduğu alt-tek tabaka diksantojeni altın üzerinden hidrofobik etkileşimler yoluyla ayırmak için önemli olabilir. Ksantojen formları alkil kloroformun ksantat tuzları ile etkileşiminden oluşmaktadır. Bu formlar pH 5-10.5 aralıklarında oluşan ve istikrarlı kalabilen ksantatların aksine asidik koşullarda istikrarlı kalabilmektedir. Oluşumların üstün

derecede piriti reddetme özellikleri, ksantat ve ditiyofosfatları ile kıyaslanabilmektedir [17].

### **2.5.2. Ditiyofosfatlar**

Ditiyofosfatlar altın flotasyonu için kullanışlı olan ikincil toplayıcılardandır ve bazen düzenleyici olarak da tercih edilmektedirler. Ditiyofosforik asitlerin bir diğer özelliği ise uygun koşullar altında altın üzerine adsorbe olabilmeleridir. Ancak, genelde altına karşı seçici olmadığı kanısı yaygındır. Monotiyofosfatların, yüksek oranda gümüş içeren altın için çok kaliteli bir seçiciliğe ve aynı zamanda altını bazı sülfürlü cevherlerden altını elde etme özelliklerine sahip oldukları bilinmektedir. Gümüşün, dikresil monotiyofosfatın altın üzerine soğurulmasında yardımcı etki gösterdiği gözlenmiştir. Monotiyofosfatlar ksantat, ditiyofosfat ve ksantojen formlara kıyasla daha stabil ve güçlüdür. Primer altın cevherlerinde selektif altın flotasyonu için ve metal sülfid flotasyonlarında altın kazanımını artırmak için yapılan uygulamalarda yer almaktadır. Monotiyofosfatlar son zamanlarda bakır-altın flotasyonu yapan tesislerde sıklıkla kullanılmaktadır [18].

### **2.5.3. Merkaptobenzotiazol**

Merkaptobenzotiazol (MBT, Aeropromoter 404) adeta özelleştirilmiş bir toplayıcıdır ve asidik ortamda yapılan altın ve altın barındıran pirit cevherlerinin flotasyonunda tercih edilmektedir. Aynı zamanda oksitli ve kısmen oksitli piritik altın cevherleri için de önerilmektedir. MBT hem asit hem de alkali çözeltiler içerisinde iyonlarına ayrılmadan stabil kalmaktadır ve bu hali ile ksantat formlarına göre daha kararlı davranmaktadır [19].

### **2.5.4. Fosfin Bazlı Toplayıcılar**

Bu tarz toplayıcılar gümüş ve gümüş sülfürlerin flotasyonunda kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda, bakır-altın cevherleri için ikincil toplayıcı olarak tercih edilmektedirler. Ortama ilave edilmesi ile yoğun mineralize olmuş köpük ve flotasyonun kinetiğinin artışı gözlenen özelliklerdir. Dikresil monotiyofosfinatın ve diizobütil monotiyofosfinatın standart tiyol toplayıcılar ile kombine edilmesinin hem primer altın cevherlerinde hem de altın içerikli atıklarda altın kazanımını belirgin derecede arttırdığı gözlenmiştir [20].

### 2.5.5. Etoksikarbonil Tiyöüre Toplayıcılar

1980lerin sonlarına doğru bulunmuşlardır ve düşük pH derecelerinde etkili olacak biçimde geliştirilmişlerdir [21].

### 2.5.6. Hekzil Etoksikarbonil Tiyonokarbamat Toplayıcılar

Bu toplayıcılar 1991 yılında endüstriye giriş yapmıştır. pH 10 değerinin altındaki ortamlarda bile demir sülfütlere karşı, basit dialkil tiyonokarbamatlara göre oldukça seçicilerdir ve bu sayede toplam kireç tüketimini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Avrupa'da bir bakır-altın tesisi çalışmaları esnasında modifiye tiyonokarbamat kullanımı ile altın kazanım verimliliğinde %3'lük bir artış gözlenmiştir [22]. Klimpel ve Isherwood 1993 senesinde bu toplayıcıyı, pH 6-8 aralıklarında altın üzerinde oldukça etkili yeni bir elektrokimyasal flotasyon toplayıcısı olarak tanımlamışlardır [23]. Bu toplayıcılar pH 10 değerinin altında piritte karşı seçici olup, kireç tüketimini azaltmaya ve bakır-altın cevherlerinde önemsenecek oranda pirit bulunması halinde altın kazanım verimliliğini yükseltmeye çalışmaktadırlar.

### 2.5.7. Amin Bazlı Toplayıcılar

Altın ve altın içerikli pirit cevherlerini yüzdürmekte kullanılmaktadırlar. Amin toplayıcılar olarak kullanımları sınırlı olmakla beraber yüksek pH değerlerinde (pH>10) pirit için seçicidirler. Endüstriyel ölçekli olarak amin toplayıcılar Güney Afrika'da Venterpost Altın Madeni'nde kullanılmıştır. Kanada'daki Kerr Addison Madeni'nde de siyanür liçi atıklarını yüzdürmek için kullanılmıştır [24].

**Tablo 2.1.** Altın flotasyonunda kullanılan toplayıcı ve toplayıcı karışımlarının listesi

<b>Toplayıcılar</b>	<b>Cytec Marka Reaktifler</b>
Sodyum izobütil ksantat	AERO 317
Potasyum amil ksantat	AERO 343
Diksantojen formatı	AERO 3758
Diizobütil ditiyofosfat	AERO 3477
Merkaptobenzotiazol	AERO 404
Monotiyofosfat	AERO 6697
Ditiyofosfat	S-9810

<b>Karışım Toplayıcılar</b>	<b>Cytec Marka Reaktifler</b>
Ditiyofosfat/monotiyofosfat	AERO 7249
Monotiyofosfat/ditiyofosfat	AERO 8761
Ditiyofosfat/monotiyofosfat/ditiyofosfinat	S-9913
Ditiyofosfat/merkaptobenzotiazol	AERO 405
Ditiyofosfat/merkaptobenzotiazol	AERO 7156
Tiyonokarbamat/ditiyofosfat	AERO 3926
Tiyonokarbamat/ditiyofosfat	AERO 473
Modifiye tiyonokarbamat/ditiyofosfat	AERO 5744/5
Dikresil ditiyofosfat	S-8985
Modifiye tiyonokarbamat/ditiyofosfat/monotiyofosfat	S-9889
Etil oktil sülfat	S-701
Ditiyokarbamat/sodyum hidrosülfür	S-3730

Tek tür toplayıcı kullanan tesis sayısı oldukça azdır ve tercihler genel olarak birkaç toplayıcının karıştırılması ile oluşan ya da birincil toplayıcı miktarından daha az oranlarda prosese ayrı ayrı ilave edilen karışım toplayıcıların kullanılması yönündedir. Bu toplayıcı kombinasyonları toplam flotasyon verimliliği üzerinde çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Farklı toplayıcıları ilave ederken sıralarını dikkate almak flotasyon performansı açısından oldukça önemli olabilir. Ditiyofosfatlar altın flotasyonunda muhtemelen en yaygın olarak kullanılan düzenleyici türleridir.

## **2.6. Altın Flotasyonunda Kullanılan Köpürtücüler**

Serbest altını yüzdürmekte köpüğün stabil ve dayanıklı olması çok önemlidir. Birçok altın tesisinde, bir veya birden fazla köpürtücü ile beraber poliglikol eter bazlı köpürtücüler tercih edilmektedir. Seçicilik gerektiğinde ya da bakır konsantresinin izabe tesislerine satıldığı bakır-altın madenlerinde metil izobütil karbinol gibi daha az güçlü köpürtücüler tercih edilmektedir. Altın flotasyonunda tane boyu ile köpürtücü seçimini dengelemek gerekmektedir. Çünkü köpürtücüler süpürme aşamasında tane boyu verimliliği ile kompoze olmaktadır. Glikol ve polipropilen glikol metil eter köpürtücüler altın flotasyonu için ideallerdir. Karışım köpürtücüler Avustralya'daki altın madenlerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir [25].

## 2.7. Altın Flotasyonunda Kullanılan Canlandırıcılar

Canlandırma işlemi ile çözünebilen baz metal tuzu veya sülfidize edici bir reaktifin eklenmesinden sonra mineralin yüzebilirliğinin artması sağlanmaktadır. Genelde aktifleştirme proseslerinde, metal ya da sülfür iyonunun mineral yüzeyine soğurulmasının mineral yüzeyindeki kimyasal özellikleri değiştirdiği düşünülmektedir. Bu sayede mineralin flotasyona tepkisi geliştirilmekte ve/veya mineralin yüzebileceği pH aralığı genişletilmekte, flotasyon hızı ve seçicilik arttırılmaktadır.

### 2.7.1. Metal Tuzları

Bakır sülfat ile yapılan ilk çalışmalarda altın kazanımında etkisi olmadığı, ancak flotasyon hızında bir artışa neden olduğu gözlenirse de; daha sonra refrakter altın cevheri üzerinde yapılan laboratuvar çalışmalarında bakır sülfat sayesinde cevherdeki serbest altının kazanımında %5'lik bir artışa neden olduğu gözlenmiştir [26].

Sülfürlü altın cevherlerinin flotasyonunda bakır sülfat kullanımının asıl amacı arsenopirit, pirotit ve pirit başta olmak üzere sülfürlü minerallerin flotasyonunu artırmak olarak kabul edilmektedir. Bakır sülfatın ilave ediliş sırası (toplayıcıdan önce ya da sonra) oldukça önemlidir. Arsenopirit ve pirotit için bakır sülfatın toplayıcıdan önce ilave edilmesi tercih edilmektedir ve bu sayede verim değeri %20'lere kadar artan bir fark göstermektedir. Bakır ilavesi pirit flotasyonunda hızı artırmak için kullanıldığında, altın piritte bağlı olduğundan altın kazanım veriminde de artışa neden olmuştur. Bu uygulamada, bakır sülfat aktivasyonu iri boyda pirit kazanımını artırmıştır. Bakırın pirit ve pirotit üzerine soğurulması pH'den, tamamen olmamak koşulu ile, bağımsızdır ancak alkali şartlarda az miktarlarda soğurulmaktadır.

Toplayıcı ile temas etme oranının artması için, bakır iyonlarının adsorbe olması ile aktif hale gelen mineral yüzeyi, flotasyon veriminin artmasını sağlamaktadır. Bakır sülfat eklenmesi ile aynı zamanda pülpün redoks potansiyelinde de artış gözlenmektedir. Böylelikle, tiyol toplayıcıların ihtiyacı olan oksitleyici ortam da artar ve sonuç olarak flotasyon performansı gelişir. Bazı durumlarda, bakır sülfat köpük düzenleyicisi olarak sınıflandırılmaktadır. Piritik altın cevheri ile yapılan laboratuvar

çalışmalarında, bakır sülfat ilavesinin konsantre miktarını ve su eldesini arttırdığı gözlenmiştir. Bu da beraberinde konsantre tenöründe belirgin bir düşüş getirmektedir. Bu etki, sülfür tenörüne karşı verim ilişkisinde bir artış sağlamadığı gibi bütün metalürjik performansı da etkilemez, ancak köpük karakteristiği bundan etkilenir. Tesislerde yapılan bir araştırma neticesinde, birçok flotasyon operatörünün bakır sülfat ilavesinin köpük stabilitesini etkilediğini ve köpük stabilitesini bozmadan konsantrede şlam alımını az da olsa düşüren optimum bir ilave miktarı olduğunu gözlemlemişlerdir [27].

Flotasyon verimi için yüksek dozda bakır sülfat ilavesinin olumsuz etki yarattığı bilinmektedir. Bakır, ksantat için oksitleyicidir. Bu nedenle, pülpe ilave edildiğinde solüsyondaki ksantatın büyük kısmını diksantojene oksitlemekte ve sonuçta aktive etmek yerine sülfür ve altının bastırılmasına neden olmaktadır. Bakır aktivasyonunun altın ve sülfür için eş zamanlı olarak çalışmadığı kanıtlanmıştır.

Siyanür liçi sonrası flotasyon yapılan bazı altın madenlerinde, pülpü pH 3-5 aralığında koşullandırırken bakır sülfat ilavesi yapılmaktadır [28]. Koşullandırma süresi ve bakır sülfat miktarı pH derecesine göre değişmektedir. Bakır sülfat siyanür kompleksine ilave edildiğinde, siyanürün zararlı etkilerini düşürdüğü bilinmektedir. Stibnit aktivasyonu için kurşun nitrat ya da asetat, bakır sülfata tercih edilmektedir. Sebebi ise ekonomik olarak değerlendirildiğinde kurşun tuzlarının bakıra oranla ucuz olmasıdır. Aslında bakır sülfat birçok stibnit cevheri için yüksek kalitede bir aktivatördür. Batı Avusturalya' da bulunan Three Mile Altın Madeni'nde arsenopiritin pirotitten öncelikli yüzdürülmesinde kurşun nitrat canlandırıcı olarak kullanılmaktadır [29].

### **2.7.2. Sülfidizasyon**

Sülfitleyici kullanımının oksitli cevher flotasyonunu iyileştirdiği bilinmektedir. Sodyum sülfürün altın içerikli cevherler üzerinde etkisi ile ilgili ilk detaylı laboratuvar çalışması 1930'larda gerçekleştirilmiştir [30]. Bu çalışmadan alınan sonuca göre, sodyum sülfür altının flotasyonunu geciktirse de bazı cevherlerin kazanımında yarar sağladığı belirlenmiştir. O zamandan bu yana literatürde buna benzer birçok araştırma bulunmaktadır. Sülfür iyonları düşük konsantrasyon değerlerinde ( $<10^{-5}$  molar) flotasyon aktivatörü gibi ve  $10^{-5}$  molardan yüksek konsantrasyonlarda ise

bastırıcı gibi davranmaktadırlar [31]. Ortama yapılan sülfür iyonu ilavesi mineral yüzeyindeki kaplamaları sülfide dönüştürmektedir ve bu dönüşüm sonrası ilave edilen ksantat flotasyonu desteklemektedir. Başarılı bir aktivasyon için, sülfid aktivatörü yavaş yavaş eklenmelidir. Çok sayıda flotasyon tesisinde yapılan araştırmalara göre, konsantride yüzen altın taneleri atıkta kalan altına göre çok daha fazla miktarda gümüş ve sülfür konsantrisi içermektedir. Bu da altının yüzmesinde etkileri olduğunu göstermektedir. Bir flotasyon tesisin atıkları ile yapılan laboratuvar ölçekli flotasyon testlerinde NaSH (sodyum hidrosülfür) ve gümüş iyonları kullanımı ile yüzmeyen altın tanelerinin yaklaşık olarak %30-45'lik kısmı kazanılmıştır. Bu sonucun Şili'deki Los Pelambres Madeni'nde uygulanması ile altın kazanım veriminde %7 oranında artış sağlanmıştır [32].

## **2.8. Flotasyon Gazları ve Oksidasyonun Flotasyona Etkisi**

Sülfürlü minerallerin tiyol kollektörler ile flotasyonu için oksijenin varlığı ön koşullardandır. Elektrokimyasal araştırmalar, oksijenin kollektör ile birlikte mineral yüzeyindeki katodik indirgenme prosesini sağlayarak anodik oksidasyon prosesinin başlamasında görevli olduğunu göstermiştir [33]. Örneğin; birçok altın flotasyon tesisinde kullanılan PAX suda çözünebilmekte ve pozitif yüklü potasyum ve negatif yüklü polar amil ksantat iyonlarına ayrışabilmektedir. Ksantat iyonlarının mineral yüzeyine kimyasal soğurumu gerçekleştiğinde mineral yüzeyi hidrofobik bir yüzeye dönüşmektedir. Bazı mineral sistemleri için, kimyasal soğurum mekanizmasını ksantatın diksantojene elektrokimyasal oksidasyonu takip etmektedir. Kimyasal reaksiyonlar için hava flotasyon pülpüne öğütme aşamasındaki hava karışımıyla, sınıflandırma devrelerinde ve pülpün pompalanarak taşınması esnasında verilmektedir. Flotasyon sırasında köpük oluşması için gerekli olan daha fazla hava miktarı ise flotasyon hücrelerine ilave edilmektedir. Düşmekte olan flotasyon performansı nedeni ile pirotit ve arsenopirit gibi kolay oksitlenebilen mineraller oksidasyon oluşturabilmektedir. Oluşan oksidasyon seçici davranmadan mineralleri yakalayabilmektedir. Selektivite de meydana gelen azalma aynı zamanda sürekli havalandırılan mineral karışımında elementel sülfür, tiyosülfat, metal hidroksit ve diğer yüzey katmanlarının oluşumundan da kaynaklanabilmektedir. Oksidasyonun problem yarattığı flotasyon proseslerinde sodyum sülfür gibi indirgeyici bir ajan ilave etmek, pülp potansiyelini yeniden uygun bir seviyeye taşımak için

kullanılabilmektedir. “Oksijen yerine nitrojen kabarcıkları kullanmak flotasyon için daha kontrollü bir çevre sağlayabilir” yaklaşımından yola çıkarak yapılan laboratuvar araştırmalarında, potansiyeli 0,1 V altında tutulmaya çalışılan ön koşullandırması nitrojen gazı ile yapılan pülpün sülfürlü mineral yüzeyinde oksidasyon oluşumunu engellediği tespit edilmiştir [34]. Endüstriyel ölçekte nitrojen bazlı N2Tec prosesi Amerika’da Nevada eyaletinde iki farklı flotasyon tesisinde başarı ile uygulanmaktadır.

## 2.9. Flotasyonda Kullanılan pH Düzenleyicileri

Flotasyon için reaktif şemasını oluştururken pH ve pH düzenleyicisi dikkat edilecek önemli hususlardandır. Bilinen en yaygın pH düzenleyiciler kireç ve sülfürik asittir. Daha önceleri soda külü (sodyum karbonat), altın flotasyonunda kireç yerine yaygın olarak kullanılmaktaydı. Ancak sodyum karbonat altın flotasyonu için ideal olan pH 8-9 aralıklarında ağır metal ve kalsiyum iyonlarını çöktüren bir katkıdır. Altın flotasyonunda seçilen pH değeri bazı faktörlere bağlıdır ve pH seçimi genel olarak cevherdeki değersiz mineralin(hem sülfürlü hem silikatlı) tipi ve miktarına göre belirlenmektedir. Bazı kil türleri pH 5-9 aralığında oldukça iyi yüzerler ve eğer cevher bu türleri içeriyor ise flotasyon için bu aralığın dışında bir pH derecesi seçilmelidir [35].

Kireç ilavesi ile elde edilen yüksek pH’nin metalik altın flotasyonu üzerindeki ters etkisi literatürde yaygın olarak tartışılmaktadır. Yüzey analitik teknikleri için yapılan bir uygulamada, kalsiyum ve hidroksil iyonlarının yüzey çarpışması neticesinde serbest altın tanelerinin çökelmeye maruz kaldığı gözlenmiştir [36]. şili’deki Candelaria Bakır Madeni’nde pH derecesinin 10,5’ten 9’a düşürülmesi ile altın kazanım verimliliğinde %10 artış gözlenmiştir [37]. Bazı durumlarda altın piritten daha fazla yüzmeye yatkındır ve pH arttıkça yüzebilirliği artmaktadır. Pirit ve arsenopirit pH 3-10 aralıklarında gayet iyi yüzmektedirler. Bu duruma bakır sülfat aktivasyonu gibi aktifleştirmeler dâhil değildir. Piritin yüksek pH değeriinde çökmesi daha fazla toplayıcı ilavesi, kuvvetli toplayıcı ilavesi ve bakır sülfat ilavesi ile önlenmektedir. Pirotit asidik ortamlarda daha iyi yüzmektedir. Pirit ve arsenopirit içeren altın cevherlerin yüzdürülmesi için pH 7-9 aralığı uygundur. Eğer talk minerallerinin çöktürülmesi ve pahalı bastırıcılardan kaçınmak isteniyorsa,

flotasyon pH 9-10 arasında gerçekleştirilebilmektedir. Bakır mineralleri alkali ortamlarda yüzmektedir. Cevherdeki pirit oranı sebebi ile pH nötr bırakılarak az miktarda piritin yüzmesine izin verilebilirken, fazla miktarda pirit içeren cevherde pH derecesi piriti bastırarak şekilde seçilmektedir.

## **2.10. Flotasyonda Tane Boyu ve Şekli Faktörleri**

Flotasyon için tane boyu oldukça önemli bir parametredir ve mineralin yüzebilirliği tane boyu ile sınırlıdır. Altının yüksek özgül ağırlığı, işlenebilirliği ve sünebilirliği taneciklerinin yassılaştırması için uygun özelliklerdir. Yassı ve yapraksı tanecikler özellikle öğütmede olmak üzere zenginleştirme prosesi esnasında oluşabilmektedir. Bu işlemler sırasında, bazı altın tanecikleri yüzemeyen tanelerle birleşebilmektedir ve flotasyonları engellenmektedir.

Altın tanelerinin yüzeylerinin pasifleşmesine çelik öğütme ortamındaki darbeler de sebep olmaktadır. Diğer taraftan, yassılaştırılan altın tanelerinin daha yüzey aktif hale gelerek daha kolay yüzebilir özellik de kazanabilmektedirler. Altın flotasyonunda önerilen ve kolay çalışılabilen tane boyu aralığı 5-200 µm'dir. 3 µm'den küçük tane boyundaki altın tanecikleri laboratuvar ortamında ölçekli yüzdürülebilirken, endüstriyel flotasyon tesislerinde tane boyu 10 µm'nin altına indirildiğinde flotasyon veriminde düşüşler gözlenmektedir. İri tane boyunda ise yine laboratuvar çalışmalarında 300 µm' den 700 µm'ye kadar tane boyuna sahip altın taneleri özel şartlar ve yüksek dozlarda toplayıcı ilavesi ile yüzdürülebilmektedir [38].

Pülp yoğunluğu ve havalandırma hızı, altın flotasyon hücresindeki pülpün hidrodinamiğini etkilemektedir ve tane boyu limitlerinin genişletilebilmesinde önemli parametrelerdendir. En uygun altın flotasyonu için gerekli olan pülp yoğunluğu hakkında literatürde farklı görüşler yer almaktadır. Hem daha yoğun hem de daha az yoğun ortamlar tavsiye edilebilmektedir.

## **2.11. Flotasyon Kinetiği**

Altın, birçok sülfürlü mineral gibi yüzmeye çok hazır değildir ve çok hızlı yüzmemektedir. Bu da altın flotasyonunun yavaş bir proses olmasını sağlamaktadır. Bu durumu fazla dozdaki kollektör miktarı, yüksek kil içeriği, yüzey

kaplamaları ve soğuk proses suyu daha da zorlaştırmaktadır. Serbest ve büyük altın taneleri ince tanelere göre daha yavaş yüzmektedir. Kanada' daki Kemess Altın Madeni' nde 20-100 µm aralığında tane boyuna sahip serbest altın taneleri ilk üç kaba flotasyon hücresinde hızlı bir şekilde yüzmektedir. 5-20 µm arasında ince taneler ise daha yavaş yüzmektedir. İlginçtir ki; ilk iki kaba flotasyon hücresinde ve süpürme hücrelerinde 100 µm' den daha iri taneler konsantrede elde edilmektedir. Aşamalar arasında toplayıcı ilavesi yapılması, yassı taneler başta olmak üzere serbest altın tanelerinin flotasyon kinetiğini hızlandırmaktadır [39].

Altının yüzey özelliğine göre toplayıcı seçimi yapılması da flotasyon kinetiğine etki etmektedir. Bakır sülfat ilavesinin de altın flotasyonunda kinetiği artırdığı gözlenirken, serbest altın için kazanım değerinin artıp artmadığı hakkında kesin bir ifade literatürde yer almamaktadır.

## **2.12. Şlam Kaplamalar ve Yüzebilir Sülfürsüz Atıklar**

Kil şamlarının altın flotasyonu üzerinde ters etki yarattığı bilinmektedir. Serbest altın ve sülfürlü mineral flotasyonundaki başarısızlıklar gang ya da silikat malzemelerin taneciklerin yüzeyini kaplaması ile alakalıdır. Bu kapanımlar ya da kaplamalar, sülfürlü tanelerin ve silikatların zıt yüklenmeleri ile oluşmaktadır. Altın flotasyonunu zorlaştıran değersiz mineraller; talk ve karbonlu mineraller, bentonit, götit, demir oksitler, mangan şamları, pirofillit ve karbonatlardır. Şlam kaplamaları, çözündüklerinde köpük yüzeyine tutunarak diğer altın ve sülfürlü minerallerin köpüğe tutunma olasılıklarını azalttıklarından dispersant (dağıtıcı ajan) kullanılarak kontrol altına alınmaktadır. Sodyum silikat bu amaçla kullanılan en yaygın dispersanttır ve alkalilik değeri kontrol altında tutulduğunda oldukça etkilidir [40]. Sodyum sülfür de etkili bir dispersant ajandır. Şlam kaplamaları ile mücadele edebilmenin diğer çareleri ise siklon aşamasında şamların ayrıştırılması, hızlı ve yoğun karıştırma veya düşük pülp densitesi gibi fiziksel yöntemlerdir.

Yüksek molekül ağırlıkları olan ve gang bastırıcılar olarak kullanılan organik bileşikler, değersiz tanecikler üzerinde ıslanabilir yüzeyler oluşturarak zararlı şlam bileşenlerini dağıtmaktadırlar. Bu bastırıcılara örnek olarak zamp, nişasta, dekstrin, gam arabik (arap zampı), karboksimetilselüloz ve guar sakızı verilebilir. Doğru bastırıcı türü ve dozajı seçmek oldukça kritiktir. Doz aşımı olduğunda tüm serbest

altın taneleri ve altın içeren sülfür taneleri de gang mineraller ile beraber çökecektir. Sülfürlü mineraller için genelde, katyonik polimerler (nişasta, dekstrin, tanen türevleri) anyonik polimerlere (guar sakızı, selüloz zamkı) tercih edilmektedir. Pirit flotasyonunda da olduğu gibi toplayıcı ve bastırıcı kombinasyonu flotasyonda çok önemlidir. Örneğin; guar sakızı ksantat yerine merkaptobenzotiazol ile birlikte kullanıldığında tam tersi etki yaratabilmektedir.

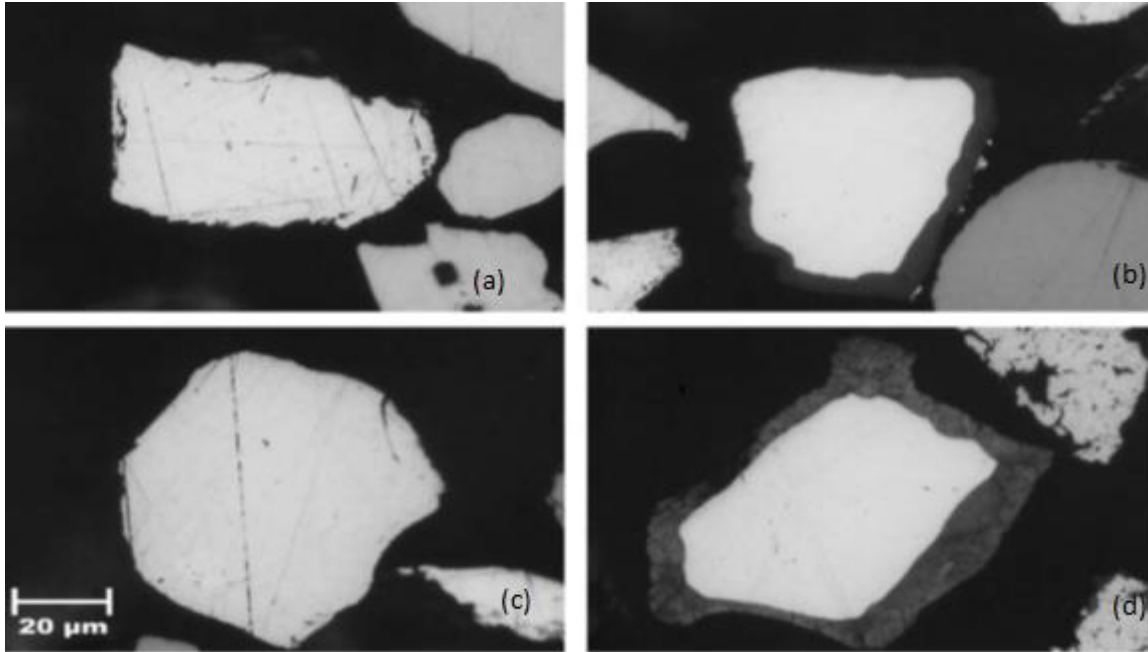
Bir diğer başarılı olmuş alternatif yaklaşım ise, pülpe az miktarda köpürtücü eklenerek ve talk minerallerinin toplu sülfür konsantrasyonundan önce selektif olarak yüzdürülmesidir. Alınan talk mineralleri konsantrasyonu %30-40 oranlarına kadar altın ihtiva edebilmektedir [41]. Bu nedenle talk konsantrasyonu tek olarak ya da sülfürlü atık ile birleştirilerek siyanürlenebilmektedir. Porfiri bakır-altın cevherleri genellikle, yüzebilirlikleri yüksek gang bileşenler içermektedir. Yüksek tenörde bir bakır konsantrasyonu için gang minerallerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Silikatlar, zamklar ve karboksimetilselüloz bakır endüstrisinde kullanılan en yaygın bastırıcılardır. Karbonlu ve grafitik mineraller yumuşak, yapraksı ve öğütme esnasında oldukça kırılğandır. Flotasyon prosesinde karbon ince tane boyundan, düşük densitesinden, yassı şekliyle ve naturel hidrofobikliğinden dolayı kolaylıkla yüzebilmektedir. Grafitik karbon ve killer, refrakter altın flotasyonu için kazanım değerini düşürmeye neden olabilmektedirler. Karbon içeren gang mineraller ile daha önceleri yapılan zenginleştirme çalışmalarında, hem altın ve sülfürlü mineraller bastırılarak altından ayrılmış karbon içerikli bir konsantrasyon hem de karbonlu bileşenler bastırılarak altın ve sülfürlü mineraller içeren konsantrasyon alınması denenmiştir. Kanada' da Mcintyre Porcupine Madeni' nde bahsedilen yöntemlerden ilki denenerek, tanen ilavesi yapılarak altın ve altın içeren pirit bastırılırken fuel oil ve MIBC ile karbonlu bileşenler yüzdürülmüştür [42]. Aktif karbon bileşenlerinin fuel oil ve köpürtücü kombinasyonu ile çok daha iyi yüzdükleri bilinmektedir.

### **2.13. Altın Üzerindeki Doğal Metal ve Organik Kaplamalar**

Mineral yüzeylerindeki çoğu kaplama flotasyonda olumsuz etki yaratmaktadır. Doğal altın üzerinde oluşabilecek birçok kaplama türü olduğu bilinmektedir. Bu kaplamalardan belki de başa çıkılması en güç olan hidratlı demir oksitlerdir. Altın taneciklerinin yüzeyi kendiliğinden oksitlenen sülfürlerden ya da öğütme

devresindeki gibi paslanan demirden gelen demir iyonları ile kaplanabilmektedir (Şekil 2.2). Plaser yataklardaki yoğun biçimde demir ile lekelenmiş, demir oksitlerle kaplanmış ya da hidrofilik mineraller ile birlikte bulunan altının yüzmesi kolay değildir. Mangandioksit ile kaplanmış olan altın taneleri de bulunmaktadır. Bazı altın flotasyonu pülpüleri hümitik ve tanen maddeleri (bitki ve ağaçların çürük organik ürünleri) ve sülfürlü minerallerden gelen sülfür iyonlarını içerebilmektedir. Hümitik asitin altın flotasyonuna zararlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, doğal olarak oluşan organik kaplamalar sodyum hidroksit veya asit çözeltileri ile şartlandırılarak uzaklaştırılabilmektedir.

Altın kaplı tanelerin flotasyon verimini arttırmanın yöntemleri; daha çok kollektör kullanmak, asit ile ön işlem yapmak, şelatlama ajanı kullanmak, su ile yıkamak ve organik asit kullanmaktır. Bazı kaplı tanelerin flotasyonunun, yüksek dozajda kollektör kullanılmasına rağmen zayıf ve değişken olduğu gözlenmiştir [43].



**Şekil 2.2.** Altın mineralleri (a) kalaverit  $[AuTe_2]$ , (b) aurostibat  $[AuSbO_3]$  kaplı aurostibit  $[AuSb_2]$ , (c) bizmut hidroksit  $[Bi(OH)_3]$  kaplı maldonit, (d) maldonit  $[Au_2Bi]$

### 3. MALZEME ve DENEYSEL ÇALIŞMALAR

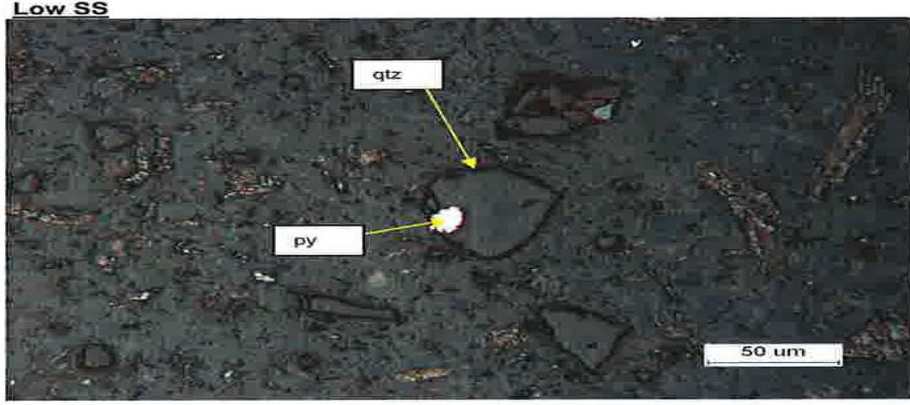
#### 3.1. Kaymaz Altın Madeni

Kaymaz Altın Madeni Eskişehir İli, Sivrihisar İlçesi, Kaymaz Beldesi'nde bulunmaktadır. Damdamca ve Topkaya sahalarından oluşmaktadır. Kaymaz bölgesindeki cevherleşme genel olarak lisvenit tipi, sedimanter kayalar ile Karakaya granitinin kontağında gelişmiş olan, silisleşmiş serpantin damarları şeklindedir. Cevher yatağı olarak tanımlanmış dört farklı lokasyon bulunmaktadır. Bunlar Damdamca Tepe, Main Zone, Mermerlik ve Kızılağıl bölgeleridir. Kaymaz Altın Madeni'nde açık ocak yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Üretilen cevher işletme içinde yer alan tesise beslenmektedir. Kaymaz İşletmesi'nde yer alan cevher işleme tesisi tank liçi ile altın üretimi yapmaktadır. Kırıktan geçen cevher, çubuklu ve bilyalı değirmenler aracılığı ile öğütülmekte ve sınıflandırma sonrası liç tanklarına beslenmektedir. Tesise ait akım şeması Şekil 3.2' de gösterilmiştir.

2011-2013 yılları arasında tesiste işlenen düşük süflürlü (% 0,3) Damdamca Tepe cevheri için yaptırılan analizler neticesinde ortalama altın tenörü 7,06 g/t ve gümüş tenörü 14,9 g/t olarak belirlenmiştir. Belirlenen mineral analizine göre cevherin ağırlıkça % 91,87' lik kısmını kuvars oluşturmaktadır (Tablo 3.1 ve Şekil 3.1).

**Tablo 3.1.** Damdamca Tepe cevheri mineral analizi

Mineral	Ağırlık (%)
Cu-Sülfür	0,02
Pirit	0,42
Ni-Sülfür	0,02
Arsenopirit	0,04
Feldspar	0,047
Fe-Sülfat	0,08
Kuvars	91,87
Mika/Kil	1,45
Klorit	0,28
Kalsit/Dolomit	0,05
Fe-Karbonat	0,01
Fe-Oksit	5,02
Ti-Mineralleri	0,07
Barit	0,16
Diğer	0,02
Toplam	100

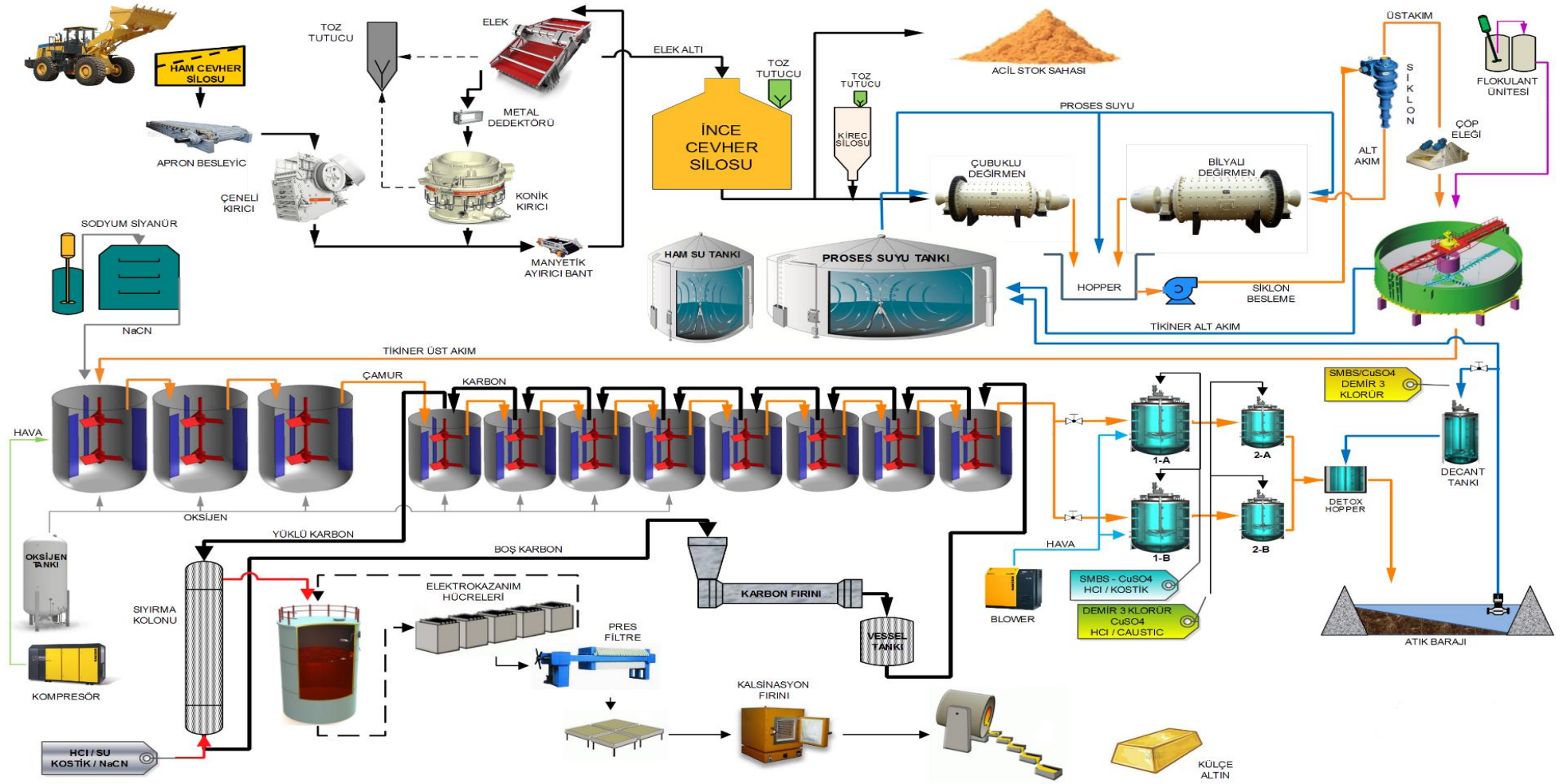


**Şekil 3.1.** Düşük sülfürlü Kaymaz cevheri pirit ve kuvars görünümü

Bu çalışmanın yapıldığı 2013 yılı Mart ayı döneminde, Damdamca Tepe ocağından tesise beslenen aylık ortalama cevher tenörü 7,87 g/t Au ve 6,51 g/t Ag olarak belirlenmiştir. Tesis için siklon kesme boyu 70 µm iken aylık ortalama altın kazanım verimi %85,02, gümüş kazanım verimi ise %69,31 olarak hesaplanmıştır. Atık katıda kalarak detoks aşaması sonrasında atık barajına geçen altın ve gümüş tenörleri ise aylık ortalama 1,17 g/t Au ve 1,98 g/t Ag olarak belirlenmiştir.

### 3.2. Deneysel Yöntem

Bu tez kapsamında laboratuvar ortamında üretim tesisine ait atıklardan kaybedilen altının flotasyon ile kazanılabilirliği araştırılmıştır. Testlerde kullanılan numune 25.03.2013 tarihinde detoks ünitesi çıkış pompasından alınmıştır. Çalışılacak örnek ilk olarak detoks aşamasında kullanılan sodyum meta bisülfid, ferrik klorür ve bakır sülfat gibi kimyasallardan arındırılmak üzere numune miktarından daha fazla olması şartı ile su eklemesi yapılarak ve basınçlı filtrede süzülerek ve tüm bu işlemler üçer kez tekrarlanarak yıkanmıştır. Filtrelenip kurutulduktan sonra tartılan 35 kg numune, homojen olacak şekilde 1 kg'lık test şarjlarına ayrılmıştır.

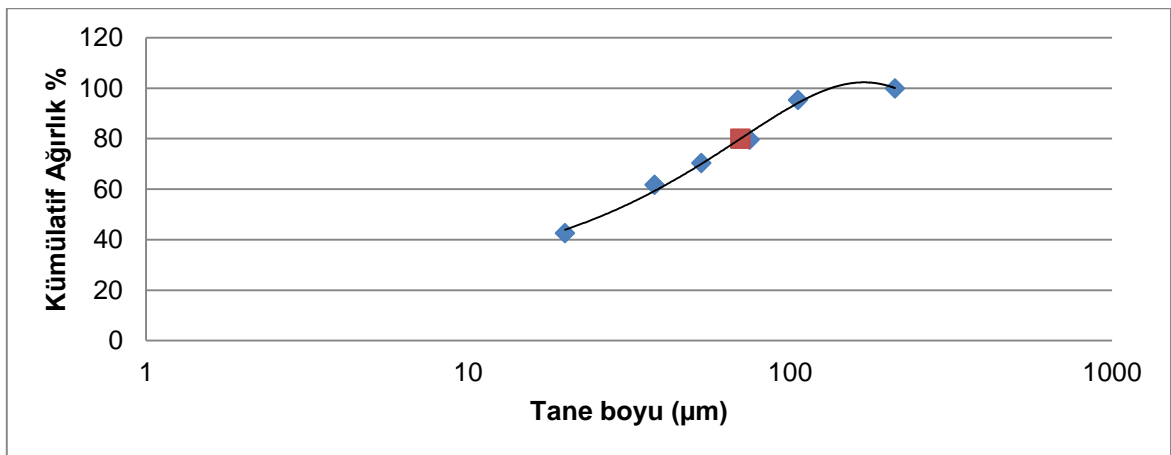


Şekil 3.2. Kaymaz Altın Madeni tesisine ait akım şeması

Oluşturulan şarjlardan 1000 g numune ile elek analizi yapılarak, cevherin ağırlıkça %80' inin geçebildiği elek açıklığı (P80 boyu) ve fraksiyonlardaki metal içerikleri belirlenmiştir (Tablo 3.2). P50 boyu 26,67  $\mu\text{m}$  ve P80 boyu 70,06  $\mu\text{m}$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.3). Fraksiyonlardaki altın içeriklerine bakıldığında, altın tenörünün herhangi bir tane boyuna bağlı olarak değişmediği gözlenmiştir. 20  $\mu\text{m}$ 'den daha ince tane boylarında altın değerinde bariz bir değişim görülemezken, gümüş ve diğer elementler için bir artış söz konusudur. Analiz hassasiyetinden kaynaklı küçük değişimler dikkate alınmadığında, 20  $\mu\text{m}$ 'nin altında altın haricindeki elementlerin serbestleşmeye başladığını gözlenmektedir. Liç işlemi ile çözünmeden kalan altın tanelerinin serbestleşme boyunun ise 20  $\mu\text{m}$ 'den daha ince olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 3.2.** Tane boyu analizi

Tane Boyu( $\mu\text{m}$ )	Ağırlık (g)	Ağırlık (%)	Kümülatif Ağırlık (%)	Au (ppm)	Ag (ppm)	S (%)	Ni (ppm)	As (ppm)	Fe (ppm)
+212	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-212 +106	46,2	4,6	100,0	-	-	-	-	-	-
-106 +75	156,7	15,7	95,4	1,6	1,6	0,5	179,2	1130,5	2,27
-75 +53	92,9	9,3	79,7	1,3	1,6	0,4	210,4	1523,6	3,04
-53 +38	86,7	8,7	70,4	1,6	1,7	0,2	253,4	1775,4	3,72
-38 +20	190,5	19,1	61,8	1,5	1,6	0,6	278,7	1907,1	4,11
-20	427,0	42,7	42,7	1,3	2,6	0,6	538,2	2445,4	5,91
<b>Besleme(g)</b>	1000,0	100,0		1,6	2,0	0,6	351,0	1837,9	4,67



**Şekil 3.3.** Tane boyu dağılımı ve P80 değeri

Kaymaz Altın Madeni tesisinde liç devresine beslenen cevher tenörünün ortalama %14,9'unun çözünmeden sistemi terk ettiği tespit edildiğinden, tez içeriğine uygun olarak bu oranın düşürülebilmesi için çeşitli testler yapılmıştır.

### 3.2.1. Liç süresinin verime etkisi

Bu testlerden ilki, siyanür liçi sonrasında katı halde kalan altın taneleri için liç süresinin yeterli gelmemesi ihtimaline karşı yapılan şişe çevirme testleridir. Çözünemeyen altın tanelerinin tesiste yapılan siyanür liçine ilaveten 24 saat daha liç işlemi yapıldığında altın kazanımı %0,79 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.3).

**Tablo 3.3.** Liç atığı şişe çevirme test sonucu

Numune Adı:	Detoks Giriş Numunesi
Au verimi (%)	0,79
Ag verimi (%)	2,21
Atık katıdaki Au (g/t)	1,26
Beslemedeki Au (g/t)	1,27
Atık katıdaki Ag (g/t)	1,77
Beslemedeki Ag (g/t)	1,81
Başlangıç NaCN (g/t)	400,74
Nihai NaCN (g/t)	330
Liç süresi, saat	24
İlk pH	9,90
Nihai pH	10,12
NaCN tüketimi (kg/t)	0,10
Katı oranı (%)	45

Test sonucuna göre aynı şartlarda liç işlemine devam edilse dahi, atık katıdaki altının çözünemeyerek detoks aşamasına geçeceği belirlenmiştir.

### 3.2.2. Öğütme boyunun liç verimine etkisi

Yapılan bir diğer çalışmada ise cevherdeki altın tanelerinin serbestleşme boyutu dikkate alınarak, beslemeden itibaren tane boyunun inceltmesinin liç üzerindeki etkileri test edilmiştir. Tablo 3.4'de verilen şişe çevirme test sonuçları neticesinde P80 boyu 150 µm olan numune ile P80 boyu 45 µm olan numunenin liç sonrası altın kazanım verimleri arasında %3 oranında fark olduğu görülmüştür. Her ne kadar altın üretim tesisi için iyi sayılabilecek nitelikte bir atış olsa da tesiste kullanılmakta olan

ekipmanlar ile bu tane boyuna ulaşmak ekonomik olmayacağı gibi, siyanür tüketimlerinin de artacağı belirlenmiştir. Benzer şekilde, adsorpsiyon ünitesinden çıkan atık pülpün yeniden öğütülerek liç tanklarına tekrar beslenmesi de verim artışını sağlayacak olsa da ekonomik olmayacağı açıktır.

**Tablo 3.4.** Öğütme boyunun liç verimine etkisi

Numune Adı:	P80-45 µm Besleme Numunesi	P80-75 µm Besleme Numunesi	P80-106 µm Besleme Numunesi	P80-150 µm Besleme Numunesi
Au verimi (%)	89,37	87,89	86,21	86,49
Ag verimi (%)	76,62	74,65	73,04	71,3
Atık katıdaki Au (g/t)	0,79	0,89	0,99	1
Beslemedeki Au (g/t)	7,43	7,35	7,18	7,4
Atık katıdaki Ag (g/t)	1,59	1,64	1,65	1,65
Beslemedeki Ag (g/t)	6,8	6,47	6,12	5,75
Başlangıç NaCN (g/t)	737	738	745	728
Nihai NaCN (g/t)	220	240	340	380
Liç süresi, saat	24	24	24	24
İlk pH	7,1	7,08	7,12	7,2
Nihai pH	10,2	10,3	10,48	10,21
NaCN tüketimi (kg/t)	0,627	0,605	0,486	0,428
Katı oranı (%)	45	45	45	45

### 3.2.3. Tane kaplaması varlığının araştırılması ve etkisinin belirlenmesi

Liç kinetiği ve öğütmenin liç üzerine etkilerinin denenmesinin ardından, beslenen cevherdeki altının çözünemeyen kısmının siyanür ile etkileşime girmeyen bir mineral ile kapanım halinde olduğu düşünülmüştür. Bu düşüncelerden yola çıkarak siyanürleme sonrasında atıkta kalan altının herhangi bir mineral ile doğrusal ilişkisinin olma durumu araştırılmıştır. Ek 1’de üretim tesisinin Mart ayına ait besleme tonajları, besleme tenörleri ve atık tenörleri verilmiştir. 2013 yılı Mart ayı boyunca ortalama 1,17 g/t altın atıkta kalmıştır. Bir aylık veriler ile yapılan regresyon hesabına göre sistemde siyanür ile çözünemeyerek atıkta kalan altın tanelerinin diğer mineraller ile aralarında lineer bir ilişki gözlenemediğinden (Tablo 3.5), atığın mineralojisini belirleyebilmek için mineral serbestleşme analizleri yaptırılmıştır. Ancak analiz sonucunda flotasyon beslemesi olacak P80 boyu 70,06 µm olan tesis

atığında altın içerkli herhangi bir mineral tespit edilememiştir. Analize ait bilgiler Ek 2'de verilmiştir. Sayısal bir veriye ulaşabilmek için son olarak tanımlama liçi yapılmış ve altının farklı kimyasallar ile çözünme oranları belirlenmiştir. Kimyasallar sayesinde altının bağı veya kilitli olduğu mineraller çözünerek uzaklaştırıldığında, altın taneleri artan oranlar ile siyanürle tepkimeye girmiştir.

**Tablo 3.5.** Doğrusal regresyon

Regresyon İstatistikleri		
	Çoklu R	R <sup>2</sup>
Au-Ni	0,174	0,030
Au-Cu	0,029	0,001
Au-As	0,196	0,038
Au-Fe	0,177	0,031

Liç performansı belirlenen atık numunesine ilk olarak 1/3 oranında seyreltilmiş asetik asit ile 24 saatlik asit liçi yapılarak, numunedeki karbonatlı minerallerin liç sıvısına geçmesi sağlanmıştır. Bir sonraki aşama olarak, ilk aşamada kullanılan ve asetik asit-siyanür liçi yapıldıktan sonra filtrelenip kurutulan numuneye 1/3 oranında seyreltilmiş hidroklorik asit ile 24 saat liç yapılmıştır. Her asitleme aşamasından sonra yıkanıp filtrelenen numuneye standart siyanür liçi yapılmıştır. Hidroklorik asit sayesinde çözünebilen oksitli bileşenlerden (kalsit, dolomit, hematit, vs.) arınan altının siyanür liçi kazanım veriminin arttığı gözlenmiştir. Bu aşamalarla birlikte üçüncü kez siyanür liçi yapılan numunenin altın kazanım verimleri ve atık katı analizleri, numunede hala çözünemeyen altın olduğunu gösterdiğinden tanımlama liçine 1/3 oranında seyreltilmiş nitrik asit liçi ile devam edilmiştir. Bu sayede numunede arsenopirit gibi nitrik asitte çözünebilen sülfürlü mineraller katıdan solüsyona alınarak, sülfürlü mineraller ile kapanım halinde olan mineraller var ise onların yüzeylerinin açılması sağlanmıştır. Son olarak, hidroklorik asit ve nitrik asitin 3:1 oranında karıştırılması ile hazırlanan kral suyunda liç edilen numunedeki altının %99'a yaklaşan bir verimle alınması ile tanımlayıcı testler tamamlanmıştır (Şekil 3.4). Tanımlayıcı liç testlerine ait sonuçlar Tablo 3.6'da verilmiştir.

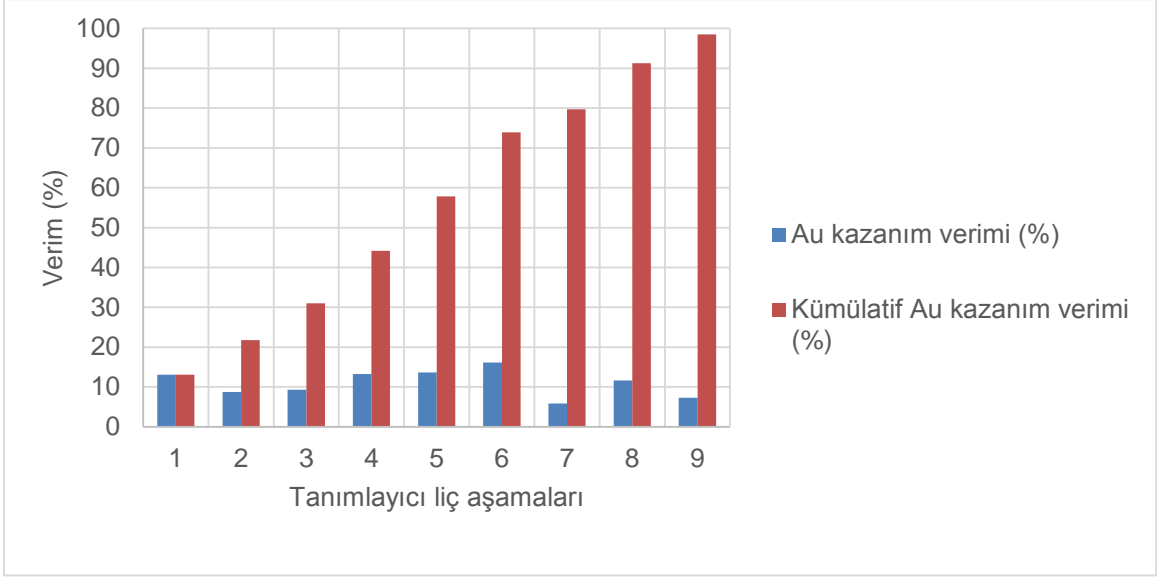


**Şekil 3.4.** Tanımlayıcı liç aşamalarında alınan konsantreler

Elde edilen sonuçlara göre oluşturulan Şekil 3.5'e bakıldığında altın kazanımının artan bir eğriye sahip olduğu, özellikle hidroklorik asit liçi ve nitrik asit liçi sonrasında yapılan siyanürleme aşamalarında kazanım verimlerinin yoğun olarak arttığı gözlenmiştir. Bu aşamalardaki artışlardan, atık katıdaki altının yaklaşık olarak %18'inin oksitli ve %22'sinin sülfürlü mineraller ile kapanım halinde olduğu hesaplanmıştır (Ek 3).

**Tablo 3.6.** Tanımlayıcı liç testi sonuçları

	1. NaCN liçi	2. Asetik asit liçi	3. NaCN liçi	4. Hidroklorik asit liçi	5. NaCN liçi	6. Nitrik asit liçi	7. NaCN liçi	8. Kral suyu liçi	9. NaCN liçi
Kümülatif Au kazanımı verimi (%)	13,04	21,74	31,01	44,20	57,83	73,91	79,71	91,30	98,55
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	0,10	0,01	0,03	0,01	0,14	0,05	0,19	0,16	0,02
Atık Au tenörü (g/t)	1,20	1,19	1,10	0,97	0,72	0,7	0,4	0,1	0,07
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,38	1,20	1,19	1,10	0,97	0,72	0,7	0,4	0,1



**Şekil 3.5.** Tanımlayıcı liç aşamalarında Au kazanımı

### 3.2.4. Flotasyon Testleri

Mineralojisi hakkında bilgi edinilen ve detoks ünitesi çıkışından alınan atık cevherin herhangi kimyasal ya da fiziksel işlem görmeden (öğütme, sınıflandırma, sülfürleme, vs.) flotasyona uygunluğunu analiz etmek adına yapılan testlerde sekiz farklı toplayıcı türü ve tek tip köpürtücü kullanılmıştır. Testlerde kullanılan toplayıcılar Cytec marka ürünler arasından altın cevherleri için selektif olanları seçilmiştir. Kullanılan kimyasallara ait bilgiler sırasıyla aşağıda belirtilmiştir.

1. Aero 8761: Bakır için oldukça seçici olan toplayıcı, bu özelliğinin yanı sıra altını toplayabilme yetisine de sahiptir. Su bazlı monotiyofosfat formülündeki bu toplayıcı, pH 9,5-11 aralığında çalışmaktadır. %5-20 aralığında seyreltilerek ya da direk olarak flotasyonun her aşamasında kullanılabilir.
2. Aero 3302: Bir tür ksantat alilester olan Aero 3302, yağ bazlı bir toplayıcıdır ve suda çözünmemektedir. Hem asidik hem de alkali ortamlarda bakır için selektif bir toplayıcıdır. Molibden, bakır/molibden ve çinko için iyi bir toplayıcı olmasının yanı sıra, altın ve gümüş kazanımını artırmaktadır. pH 8-12 aralığında seyreltilmeden öğütme aşamasında kullanılabilir.
3. Aero 9887: Modifiye tiyonokarbamat olan Aero 9887, metalik altın, tellüridler ve sülfürlü minerallere bağlı altının flotasyonu için kullanılmaktadır. Yağ bazlı

- toplayıcı pH 7-12 aralığında seyreltilmeden, koşullandırma ya da öğütme aşamasında kullanılabilir.
4. Aero XD 702: Sülfürlü minerallerin flotasyonunda en az ksantatlar kadar kullanılan ditiyokarbamat ailesinden olan bu sıvı toplayıcının kullanımı kolaydır ve istikrarlı bir toplayıcıdır. Kurşun, çinko ve nikelin yanı sıra platinyum grup mineralleri ve altın-gümüş için iyi bir toplayıcıdır. pH 1-13 aralığında %1-20'lik sulu çözelti haline getirilerek kullanılmaktadır.
  5. Aero 407: Merkaptobenzotiazol formüllü ve su bazlı Aero 407, altın ve demirli piritlerin yüzdürülmesi için kullanılmaktadır. pH 1-12 aralığında kullanılabilen toplayıcı, koşullama tanklarında ya da öğütme esnasında %1 ile %20 oranlarında su ile seyreltilerek sisteme ilave edilebilmektedir.
  6. Aero 9900: Ditiyofosfat formülüne sahip bu su bazlı toplayıcı orta kuvvetlilikte bir bakır toplayıcısıdır. Bunun yanı sıra elektrik ve gümüş için çekiciliğe sahiptir. pH 9,5-11 aralığında seyreltilmeden flotasyonun tüm aşamalarında kullanılabilir.
  7. Aero 7249: Çoğunlukla bakır/altın flotasyonunda kullanılmak üzere üretilmiş olan, ditiyofosfat ve monoditiyofosfatların avantajlarının kombine edilmesi ile oluşan bir ditiyofosfat türevidir. Bu sayede, hem bakır hem de altın için en uygun kazanımı sağlamaktadır. Serbest altının yüzdürülmesinde oldukça iyidir ve aynı zamanda demir sülfatlara karşı mükemmel seçiciliği vardır. pH 9,5-11 aralığında seyreltilmeden hem değirmene, hem koşullandırma tanklarına hem de flotasyon hücrelerine ilave edilebilmektedir.
  8. Aero Maxgold 900: Altınlı ve demirli arsenopirit, pirit ve değerli metaller için çok iyi bir toplayıcıdır. Modifiye ditiyokarbamat formülüne sahiptir. Ksantat ile birleştirilerek ya da birincil toplayıcı olarak, altın kazanım verimini yükseltmek için kullanılabilir. pH 2-12 gibi çok geniş bir aralıkta seyreltilmeden flotasyonun her aşamasında kullanılabilir.
  9. Oreprep F-549: Farklı seçicilik ve güçte özelliklere sahip bir ürün geliştirmek yerine, poliglikole bağlı alkol özellikleri gösteren spesifik bir moleküler aile grubu olarak üretilmiştir. Glikol eter formülündeki bu sıvı köpürtücü çoğunlukla alkollerin yeterli olmadığı ancak poliglikollerin de çok güçlü olduğu durumlarda, pH 2-12 aralığında kullanılmaktadır.

Seçilen toplayıcıların cevherdeki altının kazanımına etkisini takip edebilmek için; cevherden 500 gramlık homojen örnekler ayrılarak %30 katı oranına sahip sulu karışım hazırlanmış, doğal pH seviyesinde bırakılmış ve eşit miktarlarda toplayıcı ilavesi ile tek tip köpürtücü kullanılmıştır. 10 dakika koşullandırmaya ek olarak, 10 dakikalık konsantre alımı ile flotasyon testleri tamamlanmıştır.

Testler Denver D-12 tipi laboratuvar ölçekli flotasyon makinası ile 2 litrelik selüllerde yapılmıştır. Karıştırıcı hızı 1200 devir/dakika olarak belirlenirken, hava hızı olarak 4 L/dakika seçilmiştir. Test koşulları hakkında ayrıntı veriler Ek 4'de sunulmuştur.

Testlerin kontrollü yapıldığını belirleyebilmek için her test üçer kez tekrar edilmiştir. Böylelikle, her toplayıcı için toplam üç test sonucu alınmıştır ve ortalamaları alınan sonuçlardan tek bir verim değerine ulaşılmıştır. Toplayıcı türlerine göre elde edilen ortalama verim değerleri Tablo 3.7'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.7.** Toplayıcı türlerine göre ortalama Au kazanım verimleri

Toplayıcı adı	Ortalama Au kazanım verimi (%)
Aero 8761	25,01
Aero 3302	9,45
Aero 9887	17,57
XD 702	16,77
Aero 407	20,96
Aero 9900	24,29
Aero 7249	44,47
Maxgold 900	31,39

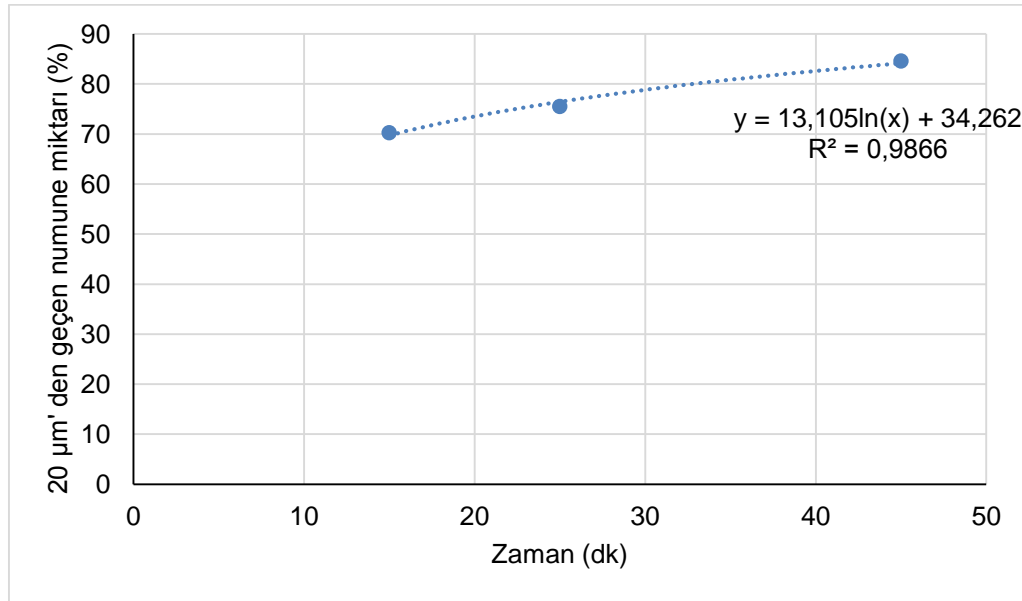
Ortalama kazanım değerlerine bakıldığında, tek aşamalı kaba flotasyon ile %25 üzerinde verimlilikle çalışan toplayıcılar olduğu görülmüştür. Verimi düşük olan toplayıcıları ilerleyen testlerde kullanmamak üzere eledikten sonra, kalan toplayıcılar ile çalışmalara devam edilmiştir. Testlerin devamı için ilk flotasyon denemesinde elde edilen konsantreden tekrar mineral serbestleşme analizi yaptırılmıştır. Beslemede gözlemlenemeyen altın içeriği, konsantre kesitlerinden birinde tellürid türlerinden olan silvanit olarak tespit edilebilmiştir. Ancak tespit edilen tane boyutu 10 µm' den de küçüktür (Ek 5). Bu nedenle tesis atıkları üzerinde etkili olduğu görülen bu toplayıcıların etkisini arttırmak adına, ilk aşamada tane boyu inceltirilerek yüzey alanının genişletilmesi, böylelikle tanelerin yüzeyleri ile reaktif

temasının arttırılması planlanmıştır. Öğütme sayesinde altın içerikli minerallerin serbestleşme boyuna ulaşılması ya da bağlı olduğu minerallerden de ayrılarak serbestleşme ihtimali olduğundan, daha etkili bir sonuç alınacağı öngörülmüştür.

Atık numunesinin ağırlıkça %80'inin 20 µm açıklığındaki elekten geçeceği şekilde, bilyalı değirmende öğütme testleri yapılmıştır. Bond iş indeks değeri 18,84 kWh/t olan numune 15-25-45 dakikalık süreler ile yaş olarak öğütüldükten sonra elek analizleri yapılmıştır (Tablo 3.8) ve oluşturulan öğütme kinetiği grafiği sayesinde numunenin 32,8 dakikada hedef boya ulaştığı hesaplanmıştır (şekil 3.6). 1 kg'lık şarjlar halinde öğütülen numuneler daha sonra bir araya getirilerek homojen bir karışım sağlanmıştır. Öğütme sonrası kurutulmuş homojen karışımın P80 boyu 17,48 µm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.9).

**Tablo 3.8.** Zamana karşı boyut küçültme grafiği

1 kg numune için;	
Zaman (dk)	20 µm elek boyundan geçen numune miktarı (%)
15	70,27
25	75,48
45	84,6



**Şekil 3.6.** Zamana karşı öğütme grafiği

**Tablo 3.9.** Öğütülmüş numunenin tane boyu analizi (P80 20 µm için)

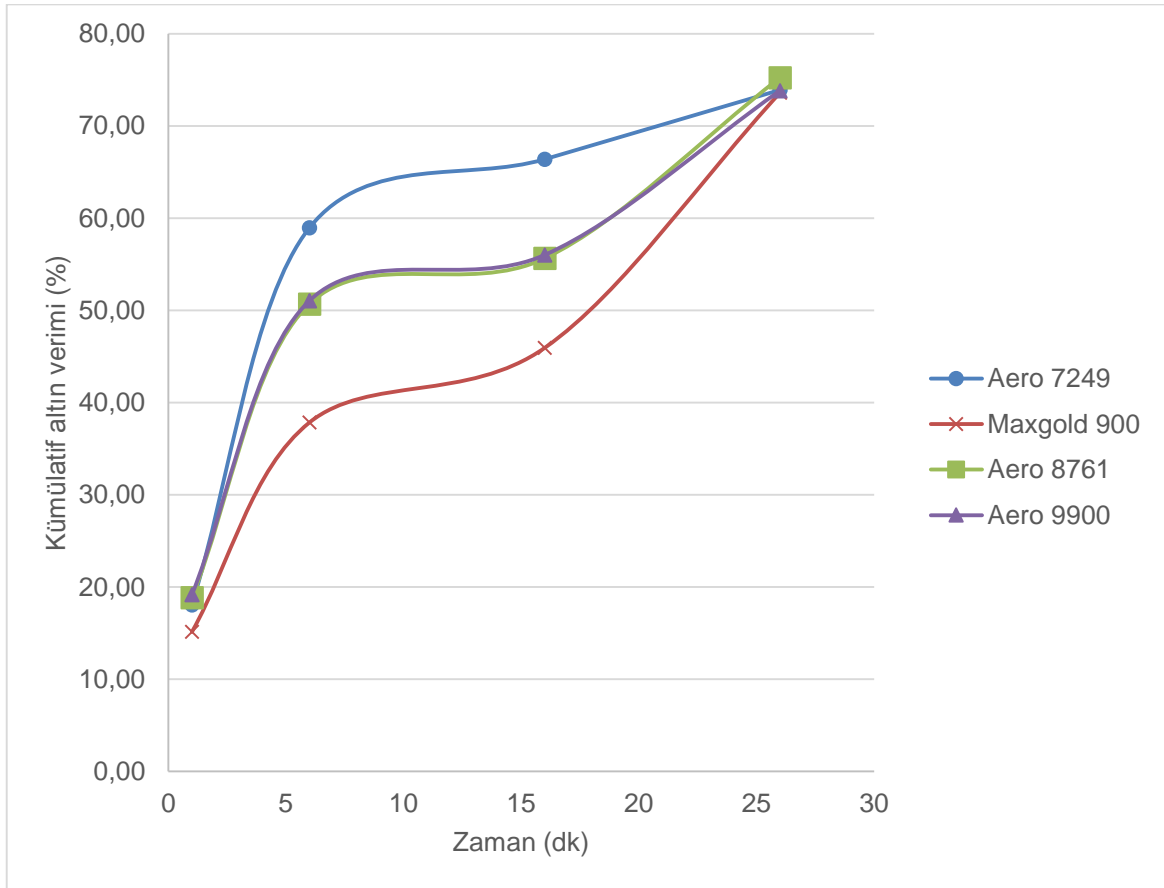
Tane Boyu(µm)	Ağırlık (g)	Ağırlık (%)	Kümülatif Ağırlık (%)	Au (g/t)	Ag (g/t)	S (%)	Ni (g/t)	As (g/t)	Fe (g/t)
-106 +75	0,1	0,0	100,0	-	-	-	-	-	-
-75 +53	1,0	0,4	100,0	-	-	-	-	-	-
-53 +38	0,7	0,3	99,6	-	-	-	-	-	-
-38 +20	36,7	14,7	99,3	1,1	2,0	0,2	283,8	1321,4	24925
-20	211,5	84,6	84,6	1,5	3,7	0,5	664,5	2635,2	57396
<b>Besleme (g)</b>	250,0	100,0		1,4	2,3	0,4	561,4	2162,5	51808

İnce öğütülmüş numune ile yapılacak flotasyon testlerinde, ilk testlerde izlenen kaba flotasyon uygulaması yerine hem flotasyon kinetiğini belirlemek hem de kaba flotasyon sonrası süpürme aşamasının etkisini görebilmek için ilk koşullandırmadan sonra 1, 5 ve 10 dakikalık ayrı konsantre alımının ardından yeniden bir koşullandırma yaparak 10 dakikalık süpürme aşamasında da bir adet konsantre alımı gerçekleştirilmiştir. Böylelikle her test için farklı sürelerde dörder adet konsantre ve bir adet nihai atık alınmıştır. Şekil 3.8’de görüldüğü üzere; ilk dakikada alınan konsantre rengi ile ikinci kez canlandırma ile yapılan süpürme aşamasında toplanan konsantre rengi arasında bariz fark vardır. Önceki testlerde üçer kez tekrarlanan kontrol testlerinin sayısı, test sonuçlarının istikrarlı olması baz alınarak bu denemelerde ikiye indirilmiştir. Aero 7249, Maxgold 900, Aero 8761 ve Aero 9900 toplayıcıları ile tamamlanan testlere ait tablolar Ek 6’da su, katı ve altın verimlerini gösteren grafikler ise Şekil 3.9’da verilmiştir.

Testlerde elde edilen ortalama verim değerlerinin birbirine yakın olması nedeni ile flotasyon kinetiklerindeki farkın gözlemlenmesi gerekmiştir. Bu yönde yapılan kinetik hesaplamalarında Aero 9900 ve Aero 8761 yaklaşık katsayılara sahip iken Maxgold 900 için bu katsayı daha düşük çıkmıştır. Altın flotasyonunun doğası gereğince kinetiğinin diğer minerallere göre düşük olduğu bilinmektedir. Testlere ait katsayıların hepsi düşük olmasına rağmen aralarından en yüksek katsayıya ulaşan Aero 7249 tesis atıklarını yüzdürmek için en uygun toplayıcı olarak seçilmiştir. Hesaplanan kinetik değerleri Tablo 3.10’da ve flotasyon süresine bağlı olarak değişen altın kazanım oranları Şekil 3.7’de verilmiştir.

**Tablo 3.10.** Toplayıcılar ve flotasyon kinetikleri

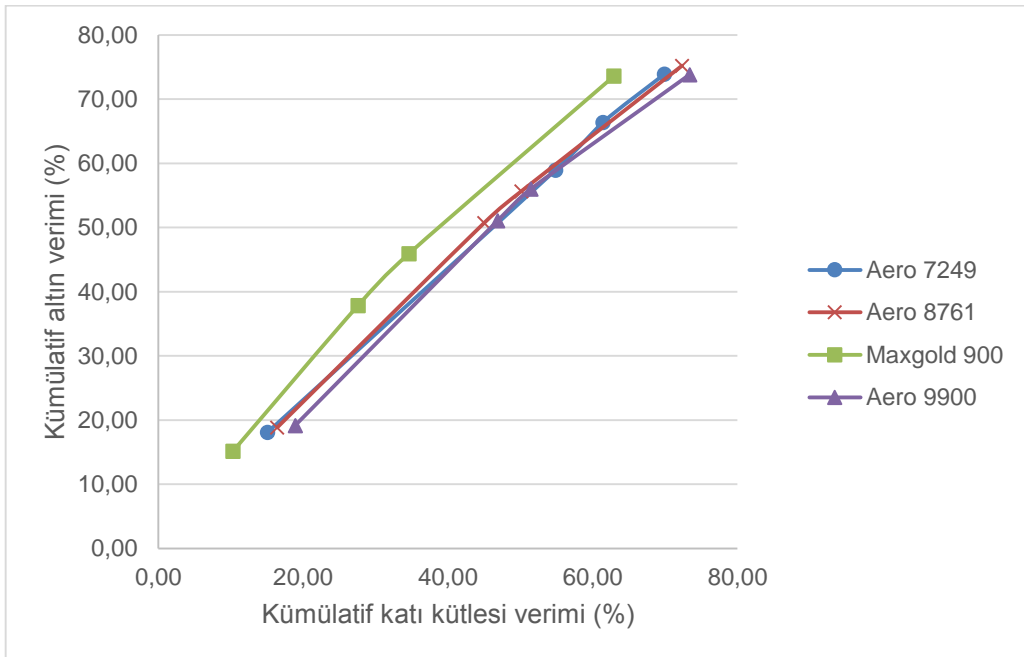
Toplayıcı adı	Aero 7249	Maxgold 900	Aero 8761	Aero 9900
1' için ortalama Au kazanım verimi (%)	18,07	15,13	18,84	19,16
6' için ortalama Au kazanım verimi (%)	40,89	22,72	31,87	31,90
16' için ortalama Au kazanım verimi (%)	7,43	8,09	4,93	4,96
26' için ortalama Au kazanım verimi (%)	7,51	27,66	19,59	17,81
Toplam ortalama Au kazanım verimi (%)	73,90	73,60	75,23	73,83
k (Kinetik katsayısı)	0,26	0,09	0,16	0,17

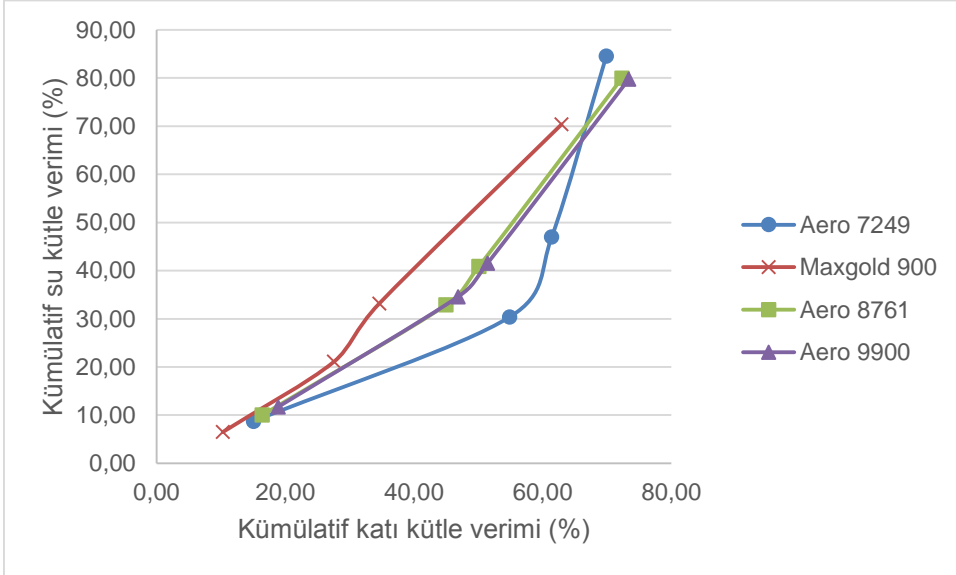
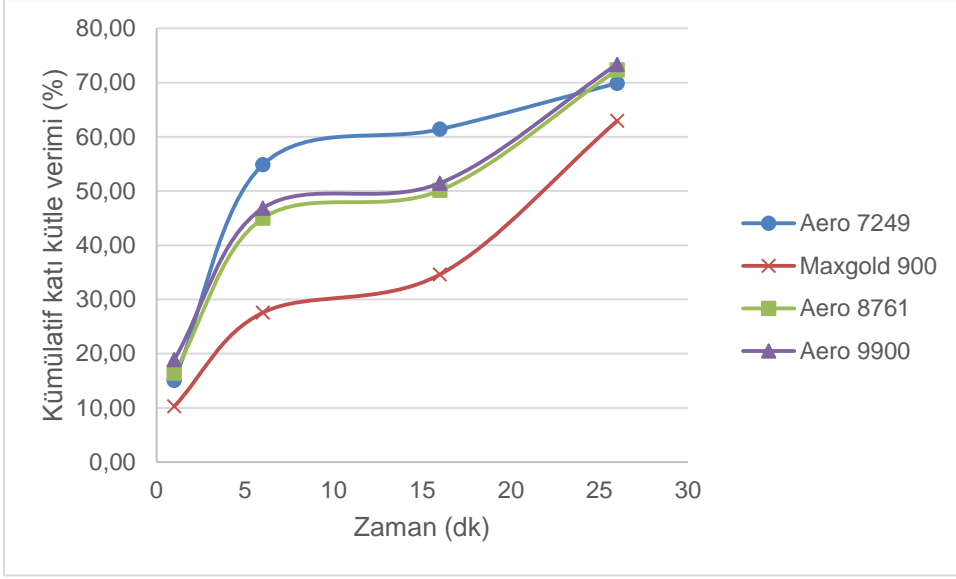


**Şekil 3.7.** Zamana bağlı verim değerleri



**Şekil 3.8.** Öğütülmüş numune ile flotasyon testi (İlk konsantre alımı ve test sonu)





**Şekil 3.9.** Zamana bağlı kümülatif verimler

### 3.2.4.1. Canlandırıcı (CuSO<sub>4</sub>) kullanılarak yapılan flotasyon testleri

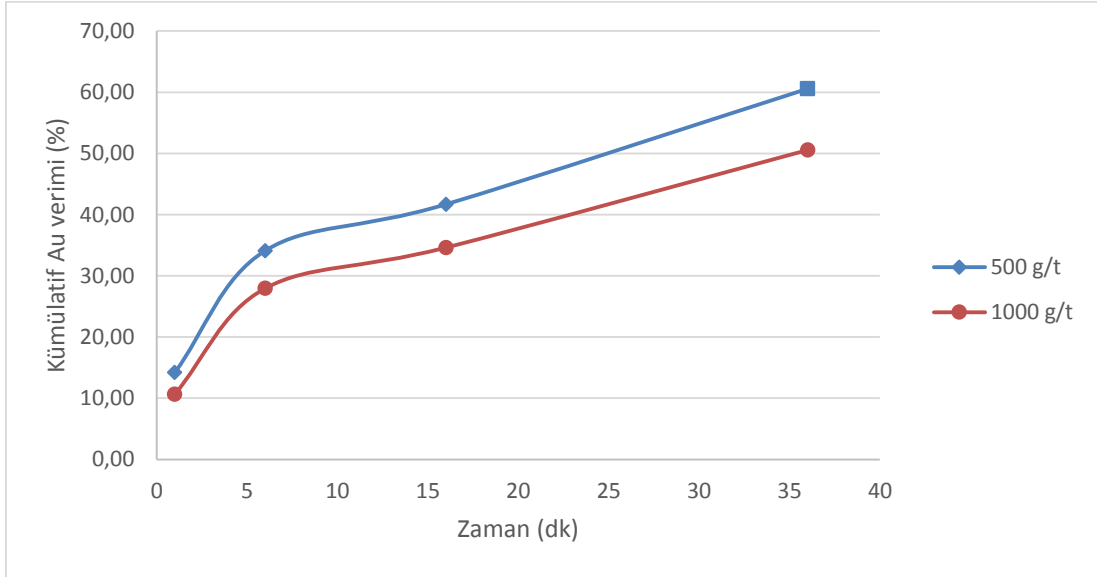
Flotasyon kinetiğini artırmak için gerekli olan aktivasyon işleminde bakır sülfat kullanılmıştır. Test şartları sabit tutularak, testler süresince ikişer kez aktivasyon sağlanacak şekilde (ilki kaba flotasyon koşullandırmasında, ikincisi süpürme aşaması koşullandırmasında) toplam 500 g/t ve 1000 g/t bakır sülfat ilaveleri ile iki farklı koşul daha denenmiştir. Denemelere ait bilgiler Ek 7'de verilmiştir.

Metal tuzları ile altın flotasyonu aktivasyonlarında, cevherin sülfür içeriğine göre artış oranları değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan örnek için bakır sülfat aktivasyonu etkili olmamıştır (Tablo 3.11). Bakır sülfat ilave oranı arttıkça

verimlerde düşüş gözlenmiştir (Şekil 3.10). Bunun nedeni olarak uygun dozajın seçilememiş olmasından dolayı bakır sülfatın aktivatör etkisi yerine bastırıcı etkisi yaratmış olabileceği gösterilebilir.

**Tablo 3.11.** Bakır sülfat aktivasyonu

<b>CuSO<sub>4</sub> miktarı (g/t)</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
1' için ortalama Au kazanım verimi (%)	14,19	10,67
6' için ortalama Au kazanım verimi (%)	19,91	17,28
16' için ortalama Au kazanım verimi (%)	7,59	6,67
36' için ortalama Au kazanım verimi (%)	18,87	15,94
Toplam ortalama Au kazanım verimi (%)	60,56	50,56



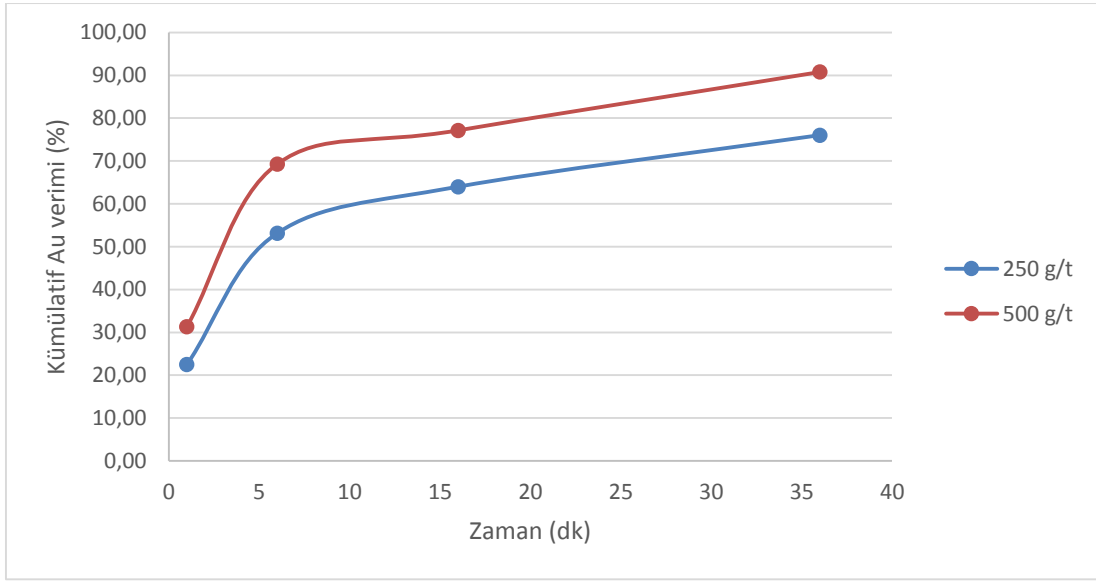
**Şekil 3.10.** Bakır sülfat aktivasyonu-kümülatif verimler

### 3.2.4.2. Sülfidizasyon ile yapılan flotasyon testleri

Bir diğer aktivasyon yöntemi olan sülfidizasyon ile testler sonlandırılmıştır. Sülfitleyici ajan kullanımının oksitli cevher flotasyonundaki etkisi nedeni ile yapılan testlerde toplam 250 g/t ve 500 g/t sodyum sülfür kullanılmıştır. Yavaş yavaş sisteme eklenen sodyum sülfür sayesinde flotasyon işlemi sonunda elde edilen altın kazanımı yaklaşık %17 değerinde artarak ortalama toplam verim değeri %90,76'ya ulaşmıştır (Şekil 3.11). Denemelere ait bilgiler Ek 8'de ve flotasyon süresince elde edilen verimler Tablo 3.12'de verilmiştir.

**Tablo 3.12.** Sodyum sülfür aktivasyonu

Na <sub>2</sub> S miktarı (g/t)	250	500
1' için ortalama Au kazanım verimi (%)	22,48	31,30
6' için ortalama Au kazanım verimi (%)	30,68	37,99
16' için ortalama Au kazanım verimi (%)	10,83	7,86
36' için ortalama Au kazanım verimi (%)	12,03	13,61
Toplam ortalama Au kazanım verimi (%)	76,02	90,76



**Şekil 3.11.** Sodyum sülfür sülfidizasyonu-kümülatif verimler

## 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, atık katıda kalarak detoks aşaması sonrasında atık barajına geçen, düşük sülfür içerikli (%0,3), altın ve gümüş tenörleri 2013 yılı Mart ayında ortalama 1,17 g/t Au ve 1,98 g/t Ag olarak belirlenen numunelerden flotasyon yöntemi ile altının geri kazanımı hedeflenmiştir. Çalışmalara altın flotasyonunda seçiciliği olan sekiz farklı toplayıcının etkilerini ölçmekle başlanmıştır. Eşit test koşullarında denenen toplayıcılardan, ilk aşamada dört tanesi etkili bulunmuştur. Elde edilen tüm verilerde tesis şartlarında siyanür ile çözünemeyen altın tanelerinin bağlı taneler olduğu gözlemlendiğinden, tüm bu aşamalara ek olarak P80 boyu 70,06 µm olan tesis atığından kazanılan konsantre örneğine mineral serbestleşme analizi de yaptırılmıştır. Zenginleştirilmiş cevher numuneleri içerisindeki minerallerin dağılımları (oranları), tane boyları, minerallerin kenetlenme durumları ve serbestleşme dereceleri hakkında bilgiler veren otomatik bir sistem olan MLA sistemi ile yapılan analizlerde alınan sonuçlarda konsantre cevherde 10 µm' den daha küçük silvanit [(Au,Ag)<sub>2</sub>Te<sub>4</sub>] mineraline rastlanmıştır.

Tellüridler sınıfında yer alan silvanit altın ve gümüş içeriği nedeniyle ekonomik değere sahiptir. Altın tellürid minerallerinin siyanür liçi için davranışları oldukça değişkendir ve genelde siyanür liçi performansları düşüktür ve sülfür ya da selenyum gibi davrandıkları bilinmektedir. Ancak onlara göre çok daha az reaktiftir ve çözünebilmeleri için konsantre sülfürik asit ya da nitrik asit gerekmektedir. Gümüş içeren ya da içermeyen birçok tellürid mineralinin siyanürlü çözeltilerde çok yavaş çözüldüğü ve genellikle bir oksidasyona ya da asitleme, basınç oksidasyonu (otoklav) ya da kavurma gibi ön işleme gereksinim duydukları bilinmektedir. Liç verimlilikleri iyi olmayan bu cevherler için, flotasyon ve özgül ağırlığından (~8.5) dolayı gravite farkı ile ayırım yöntemleri daha uygun olabilmektedir. Ön işleme sokulmadan flotasyon ya da gravite ile zenginleştirmelerinden alınan konsantredeki altının kazanılabilmesi için mutlaka oksitlemeye, klorinasyona ya da kavurmaya tabi tutulması gerekmektedir [44]. Bu işlemlerden sonra konsantre siyanürle işlenebilir hale gelmektedir. Ancak bahsedilen işlemlerin her biri ayrı birer maliyet gerektirdiğinden, bu tezdeki gibi bir oranda kazanılabilen tellürid için ekonomik sonuçlar elde edilemeyecektir.

Kavurma ya da basınç oksidasyonu gibi hem yüksek sülfür içeriği olan cevherlerde kullanılan hem de enerji giderleri bakımından maliyetli olduğu bilinen proseslerin yerine, tez çalışmasının devamı için yeniden öğütme prosesi uygun görülmüştür. %25 üzerinde verimlilikle çalışan toplayıcılar (Aero 7249, Maxgold 900, Aero 8761 ve Aero 9900) ikinci aşamada, öğütülerek serbestleşme oranı artırılmış numunelerle tekrar test edilmiştir. Atık numunesinin ağırlıkça %80'inin 20 µm açıklığındaki elekten geçeceği şekilde bilyalı değirmende öğütülmesinden sonra yapılan flotasyon testlerinde aşamalı konsantre alımı uygulanmış ve neticesinde flotasyon kinetik katsayısı hesaplanmıştır. Bunun beraberinde, her aşamada ne kadar sulu konsantre çekildiği de hesaplanabilmiştir.

Farklı toplayıcılar ile aynı şartlarda yapılan tüm testler neticesinde, liç sonrası katıda kalan altının ortalama %90 verimlilik ile kazanılabildiği tespit edilmiştir. Ancak flotasyon atığında kalan altın tenörü ve konsantrelerdeki ortalama altın tenörleri göstermektedir ki; flotasyon ile Kaymaz Altın Tesisi atıklarının kazanımı ideal bir yöntem olmayacaktır. En yüksek verime ulaşılan (%90,76) sodyum sülfür aktivasyonunda dahi, iki paralel testte kullanılan besleme örneklerinin ortalama altın içeriği 1,29 g/t iken ve ortalama konsantre altın tenörü daha yüksek beklenmesine rağmen 1,53 g/t olarak hesaplanmıştır. Flotasyon atığında kalan ortalama 0,96 g/t altın içeriği de beslemedeki altın minerallerinin kazanımının çok az olduğunu göstermektedir. Testlerdeki yüksek verimlerin nedenin flotasyon konsantresinde alınan yüksek kütle değerleri olduğu anlaşılmıştır. Tenörün düşük olmasına rağmen ağırlıkça kazanım yüzdesinin fazla olması sebebiyle verim değerleri yüksek gözükmektedir. Konsantre olarak alınan malzeme miktarının fazlalığı kuvars ve diğer minerallerin su ile taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Liç esnasında çözünemeyerek atık katıda kalan altın tanelerinin mikroskobik yöntemlerde tespit edilemeyişi ve tanımlayıcı liç testlerinin bazı aşamalarında liç verimlerinin diğer aşamalara göre daha yüksek olması nedeni ile Kaymaz tesis atıklarının görünmez (invisible) yapıda olduğu öne sürülebilecekken konsantreden yapılan mikroskobik incelemelerde görülen silvanit minerali ile alınan flotasyon konsantrelerinin yarı refrakter yapıda olduğu ve hiçbir ön işlem yapılmadan direk siyanür liçi yapılsa da mevcut altının tamamıyla kazanılamayacağı tespit edilmiştir. Bu yapısından dolayı cevher siyanür ile daha fazla çözünmeyen ve tamamıyla refrakter olmayan bu cevherin altın içeriği, siyanür liçi sayesinde %85 verimlilik ile

alınabilmektedir. Ancak atıktaki altının, siyanür ile çözünemeyen kısmını almaya çalışmanın ekonomik olmayacağı düşünülmektedir. Neden olarak ise yukarıda anlatıldığı üzere, bu içerikteki flotasyon konsantresinin sisteme direk olarak tekrar dahil edilemeyeceği ve dahil edilse de siyanür ile kısa sürelerde yeniden tepkime vermeyeceği gösterilebilir.

Ancak silvanit kazanımı üzerinde yoğunlaşarak yapılan çalışmaların devamı sağlanırsa; nötr pH yerine farklı pH aralıklarında denemeler yapılması, kaba flotasyon ve süpürme aşamalarına temizleme aşamalarının da eklenmesi, temizleme aşamalarının kaç basamak olacağını belirlenmesi, koşullandırma sürelerinin ve yüzdürme sürelerinin belirlenmesi, aktivasyon için gerekli süre ve aktivatör dozajlarının çeşitlendirilerek tespit edilmesi, kuvarsın su ile konsantreye taşınmasının engellenmesini önlemek için bastırıcıların denenmesi gibi çalışmaların da yapılması gerekmektedir. Ayrıca altının yanı sıra beslemedeki diğer minerallerin de flotasyon tepkilerinin incelenmesi ile çalışmanın devam etmesi gerekmektedir. Böylelikle gümüş, demir oksitler ve silikatlı minerallerin altının yüzmesindeki etkisi de tespit edilebilecektir. Etkileri bilinen minerallerin sistemden uzaklaştırılmaları için de ek çalışmalar yapılabilir hale gelinecektir. Flotasyon devresi gravite ayırımı ile kombinlenerek daha temiz konsantre alımı da gerçekleştirilebilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] Habashi, F. *Gold through the ages*. Bull. Can. Inst. Min. & Met. 88(990), 60–69, **1995**.
- [2] Kudryk, V., Carigan, D.A., and Liang, W.W., *Precious Metals, Mining Extraction and Processing*. AIME, **1982**.
- [3] Taggart, A.F. *Flotation of gold and silver*. In: *Handbook of Mineral Dressing, Section 12*. Wiley, New York, pp. 866–868, **1927**.
- [4] Chryssoulis, S.L., Venter, D., Dimov, S.S.. *On the floatability of gold grains*. In: 35th CMP Proceedings 2003, Ottawa. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Montreal, pp. 455–472, **2003a**
- [5] Aksoy, B.S., B. Yarar. *Natural hydrophobicity of native gold flakes and their flotation under different conditions*. *Processing of Complex Ores*. Edited by G. S. Dobby, S. R. Rao, **1989**.
- [6] Teague, A.J., J.S.J. Van Deventer, and C. Swaminathan. *A conceptual model for gold flotation*. *Minerals Engineering* 12(9):1001-1019, **1999**.
- [7] Bulatovic, S.M., *Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice*. First edition, Section 17. 8-9, **2010**.
- [8] Bulatovic, S.M., *Evaluation of New HD Collectors in Flotation of Pyretic Copper-Gold Ores from B.C. Canada*, Internal R&D Report LR029, **1993**.
- [9] Venter, D., S.L. Chryssoulis, and T. Mulpeter. *Using mineralogy to optimize gold recovery by direct cyanidation*. *Journal of Metals* (August): 53-56, **2004**.
- [10] Tumilty, J.A., A.G. Sweeney, and L. Lorenzen. *Diagnostic leaching in the development of flowsheet for new ore deposits*. Pages 157-167 in *International Symposium on Gold Metallurgy*. Edited by R.S. Salter, D.M. Wysouzil, and G.W. MacDonald. New York: Pergamon, **1987**.
- [11] John Marsden, Iain House , *The chemistry of gold extraction*, 2nd edition, page 9, **1960**.
- [12] Leaver, E.S., Woolf, J.A. *Factors affecting the flotation of gold in milling ores*. *Trans. Electrochem. Soc.* 60, 355–373, **1932**.

- [13] Wang, W., Poling, G.W. *Methods for recovering fine placer gold*. CIM Bull. 76, 43–56, **1983**.
- [14] Miller, J.D., Misra, M., Gopalakrishnan, S. *Gold flotation from Colorado river sand with air sparged hydrocyclone*. Miner. Metall. Process. 3, 145–148, **1986**.
- [15] Hamilton, I.C., and Woods, S.R., *Mechanism of Mineral Flotation*, *Journal of Analytical Chemistry*, Vol. 118, p. 327, **1981**.
- [16] Leppinen, J.O., Mielczarski, J.A., Yoon, R.H. *FT-IR studies of ethyl xanthate adsorption on gold, silver and gold–silver alloys*. Coll. Surf. 61, 189–203, **1991**.
- [17] Ackerman, P.K., Harris, G.H., Klimpel, R.R., Aplan, F.F. *Use of xanthogen formates as collectors in the flotation of copper sulfides and pyrite*. Int. J. Min. Process 58, 1–13, **2000**.
- [18] Nagaraj, D.R., Avotins, P.V. *Development of new sulfide and precious metals collectors*. In: Proceedings of the II International Mineral Processing Symposium, Izmir, Turkey, pp. 400–410, **1988**.
- [19] Nagaraj, D.R. *Developments of new flotation chemicals*. Trans. Indian Inst. Metall. 50(5), 355–363, **1997**.
- [20] O'Connor, C.T., Dunne, R.C. *The practice of pyrite flotation in South Africa and Australia*. Miner. Eng. 4(7–11), 1057–1069, **1991**.
- [21] Basilio, C.I., Kim, D.S., Yoon, R.H. *Interaction of thiophosphinate collectors with precious metals*. In: SME Annual Meeting, Phoenix, Arizona, preprint 92–174, 7pp. The Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., Littleton, Colorado, **1992b**.
- [22] Nagaraj, D.R., Avotins, P.V. *Development of new sulfide and precious metals collectors*. In: Proceedings of the II International Mineral Processing Symposium, Izmir, Turkey, pp. 400–410, **1988**.
- [23] Klimpel, R.R., Isherwood, S. *Some new flotation products for improved recovery of gold and platinum*. In: Randol Gold Forum 93, Beaver Creek. Randol International, Golden, Colorado, pp. 105–111, **1993**.
- [24] Ramsay, E. Kerr Addison Mines Limited. In: Pickett, D.E. (Ed.), *Milling Practice in Canada*, CIM Special Vol. 16. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Montreal, pp. 65–67, **1978**.

- [25] Goold, L.A. *Private communication, Chemical and Mining Services, Sydney, 1990.*
- [26] Teague, A.J., Van Deventer, J.S.J., Swaminathan, C.I. *The effect of galvanic interaction on the behaviour of free and refractory gold during froth flotation.* Inter. J. Miner. Process. 57, 243–263, **1999b.**
- [27] O'Connor, C.T., Dunne, R.C. *The practice of pyrite flotation in South Africa and Australia.* Miner. Eng. 4(7–11), 1057–1069, **1991.**
- [28] Broekman, B.R., Carter, L.A.E., Dunne, R.C. *Flotation. In: The Extractive Metallurgy of Gold in South Africa, Monograph Series M7, vol. 1.* South African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg, pp. 235–275, **1987.**
- [29] Bax, A.R., Bax, A.C. *Gold ore treatment by Goldfan Ltd at Three Mile Hill Coolgaardie WA.* In: Woodcock, J.T., Hamilton, N. (Eds.), *Australasian Mining and Metallurgy.* Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, pp. 958–960, **1993.**
- [30] Leaver, E.S., Woolf, J.A. *Flotation of gold, effect of sodium sulfide,* U.S. Bureau of Mines Report of Investigation No. 3275, Progress Report-Metallurgical Division, 11 Studies on the Recovery of Gold and Silver, pp. 23–38, **1935.**
- [31] Aksoy, B.S., Yasar, B. *Natural hydrophobicity of native gold flakes and their flotation under different conditions.* In: Dobby, G.S., Rao, S.R. (Eds.), *Processing of Complex Ores.* Pergamon Press, New York, pp. 19–27, **1989.**
- [32] Chryssoulis, S.L. *Using mineralogy to optimize gold recovery by flotation.* JOM 53(12), 48–50, **2001.**
- [33] Gardner, J.R., Woods, R. *An electrochemical investigation of contact angle and of flotation in the presence of alkyl xanthates, I, platinum and gold surfaces.* Aus. J. Chem. 27, 2139–2148, **1974.**
- [34] Monte, M.B.M., Dutra, A.J.B., Albuquerque, C.R.F., Tondo, L.A., Lins, F.F. *The influence of the oxidation state of pyrite and arsenopyrite on the flotation of an auriferous sulfide ore.* Miner. Eng. 15, 1113–1120, **2002.**
- [35] Bushell, L.A. *The flotation plants of the Anglo-Transvaal Group.* J. S. Afr. Inst. Min. Metall. 70, 213–218, **1970.**

- [36] Chryssoulis, S.L. *Using mineralogy to optimize gold recovery by flotation*. JOM 53(12), 48–50, **2001**.
- [37] Kendrick, M., Baum W., Thompson, P., Wilkie, G., Gottlieb, P. *The use of QemScan automated mineral analyser in the Candelaria concentrator*. Proceedings, Copper/Cobre, vol. 111, **2003**.
- [38] Lins, P.J.D., Adamian, R. *Some chemical aspects of gold particles flotation*. In: XVIII International Mineral Processing Congress, Sydney, vol. 5. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, pp. 1119–1122, **1993**.
- [39] Chryssoulis, S.L., Venter, D., Dimov, S.S. *On the floatability of gold grains*. In: 35th CMP Proceedings 2003, Ottawa. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Montreal, pp. 455–472, **2003a**.
- [40] Allison, S.A., Dunne, R.C., De Waal, S.A. *The flotation of gold and pyrite from South African gold-mine residues*. In: 14th International Mineral Processing Congress, Toronto, Canada, paper II-9.18, **1982**.
- [41] O'Connor, C.T., Dunne, R.C. *The practice of pyrite flotation in South Africa and Australia*. Miner. Eng. 4(7–11), 1057–1069, **1991**.
- [42] Nice, R.W. *Recovery of gold from active carbonaceous ores at McIntyre*. Can. Min. J. 92(6), 41–49, **1971**.
- [43] Bulatovic, S.M. *Flotation behaviour of gold during processing of porphyry copper-gold ores and refractory gold bearing sulfides*. Miner. Eng. 10(9), 895–908, **1997**.
- [44] *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Tellurides. Page 173-178, **2003**.

## EKLER

### Ek 1. Mart 2013 tesis verileri

Tarih	Değirmene Beslenen Kuru Tonaj	Besleme Tenörü Au g/t	Besleme Tenörü Ag g/t	Atık Tenörü Au g/t	Atık Tenörü Ag g/t	Atık Tenörü Ni g/t	Atık Tenörü Cu g/t	Atık Tenörü As g/t	Atık Tenörü Sb g/t	Atık Tenörü Fe g/t
01.03.2013	1325,04	8,50	6,48	1,29	2,00	7,33	0,71	6,09	0,03	5,17
02.03.2013	1407,81	7,98	6,04	1,36	2,24	10,26	0,64	6,76	0,04	6,18
03.03.2013	1415,15	7,49	5,92	1,26	2,20	7,33	0,43	4,91	0,02	2,95
04.03.2013	1418,66	7,88	5,87	1,17	2,10	6,82	0,69	5,64	0,03	4,09
05.03.2013	1414,93	8,21	5,87	1,17	1,97	7,70	0,98	6,88	0,03	7,65
06.03.2013	1416,80	7,53	5,44	1,27	1,89	8,40	0,76	8,69	0,04	5,27
07.03.2013	1414,66	7,22	5,39	1,25	1,98	6,58	0,15	4,39	0,02	5,72
08.03.2013	1313,85	7,12	5,45	1,12	1,86	7,82	0,12	6,67	0,02	5,17
09.03.2013	1422,73	6,79	5,75	1,09	1,66	7,51	0,17	5,36	0,01	5,00
10.03.2013	1425,15	7,57	5,96	1,09	1,73	9,54	0,46	4,48	0,01	6,43
11.03.2013	1422,44	8,80	6,67	1,16	1,77	9,18	0,20	6,30	0,02	3,69
12.03.2013	1424,88	6,37	5,13	1,15	1,78	10,03	0,46	5,35	0,02	7,40
13.03.2013	986,29	6,60	5,04	1,12	1,78	8,68	0,48	5,27	0,02	4,35
14.03.2013	1434,54	6,97	5,10	0,98	1,62	8,79	0,46	5,06	0,02	3,43
15.03.2013	1080,11	8,17	6,70	0,91	1,54	4,05	0,40	6,93	0,04	4,02
16.03.2013	1442,79	7,24	5,49	1,16	1,63	5,98	0,58	9,00	0,05	4,08
17.03.2013	1416,94	7,03	5,47	1,25	1,85	3,73	0,16	5,51	0,03	4,94
18.03.2013	1437,14	8,54	6,87	1,03	1,82	3,89	0,58	5,50	0,03	3,56
19.03.2013	1427,33	10,08	6,96	1,06	1,73	3,83	0,08	3,90	0,02	4,82
20.03.2013	1373,53	9,27	6,32	1,37	2,39	5,12	0,12	6,50	0,02	3,96
21.03.2013	1422,18	8,87	5,87	1,32	2,28	7,55	0,29	5,21	0,03	6,88

22.03.2013	1425,52	9,63	6,78	1,27	2,23	6,69	0,38	6,03	0,03	6,84
23.03.2013	1423,97	8,53	6,37	1,30	2,08	4,53	0,51	4,72	0,02	4,71
24.03.2013	1410,00	9,29	7,02	1,32	1,93	9,45	0,36	6,51	0,04	2,31
25.03.2013	1423,91	7,01	6,42	1,27	2,41	5,68	0,18	7,65	0,02	5,50
26.03.2013	1355,43	8,08	6,43	1,11	2,13	4,77	0,33	4,88	0,03	4,51
27.03.2013	1317,68	8,82	6,45	1,05	1,99	5,82	-	7,11	0,03	2,53
28.03.2013	1434,70	7,99	6,36	1,21	2,10	3,35	-	5,84	0,03	4,57
29.03.2013	1399,79	7,58	6,37	1,29	2,96	2,35	-	-	-	3,69
30.03.2013	1424,24	7,13	6,18	1,07	2,03	4,33	-	-	-	4,24
31.03.2013	1357,22	6,60	5,65	1,01	2,06	4,13	-	-	-	3,11

## Ek 2. Besleme MLA sonuçları

### Elementel dağılım

Mineral	Al (%)	As (%)	Au (%)	Ba (%)	C (%)	Ca (%)	Co (%)	Cr (%)	Fe (%)	H (%)	K (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ni (%)	O (%)	P (%)	S (%)	Si (%)	Sr (%)	Ti (%)
Al_Asbolane	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	100	74,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arseniosiderite	0,0	68,6	0,0	0,0	0,0	76,3	0,0	0,0	2,5	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arsenopyrite	0,0	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0
Barite	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0
Calcite	0,0	0,0	0,0	0,0	100	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chromite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fayalite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
Forsterite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gersdorffite	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Gold	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ilmenite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,7
Jarosite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	6,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0
K_feldspar	64,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,5	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
Kaolinite	33,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Limonite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	80,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pyrite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,2	0,0	0,0	0,0
Quartz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92,5	0,0	0,0	97,3	0,0	0,0
Rutile	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2
Sr_Al_Phosphate	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0,0	0,0	100	0,0
Titanite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1
Total	100	100	0,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Model mineralojik birleşim tablosu

<b>Mineral</b>	<b>Ağırlık (%)</b>	<b>Alan (%)</b>	<b>Alan (mikron)</b>	<b>Parçacık sayısı</b>	<b>Tane sayısı</b>
Al_Asbolane	0,12	0,04	7953,06	63	66
Arseniosiderite	0,40	0,28	62423,52	489	509
Arsenopyrite	0,11	0,05	10802,20	381	418
Barite	0,37	0,23	51830,75	839	879
Calcite	0,02	0,02	4301,07	32	32
Chromite	0,53	0,32	71762,47	574	607
Fayalite	3,64	2,26	504476,01	7417	8961
Forsterite	0,08	0,07	15891,97	297	322
Gersdorffite	0,01	0,01	1128,33	61	64
Gold	0,00	0,00	0,00	0	0
Ilmenite	0,06	0,03	7061,53	92	110
Jarosite	0,45	0,38	85690,23	622	641
K_feldspar	1,76	1,87	415781,91	4146	4259
Kaolinite	0,43	0,45	99916,12	1136	1200
Limonite	1,80	1,37	305006,99	1685	1785
Pyrite	0,75	0,41	91431,91	1497	1843
Quartz	89,43	92,18	20541450,80	86122	86478
Rutile	0,01	0,01	1910,43	19	21
Sr_Al_Phosphate	0,01	0,01	1558,54	26	26
Titanite	0,03	0,02	4604,85	100	110
Total	100,00	100,00	22284982,69	98648	108331

### Ek 3. Tanımlayıcı liç sonuçları

	1. Siyanür liçi	2. Asetik asit liçi	3. Siyanür liçi	4. Hidroklorik asit liçi	5. Siyanür liçi	6. Nitrik asit liçi	7. Siyanür liçi	8. Kral suyu liçi	9. Siyanür liçi
Kümülatif Au kazanım verimi (%)	13,04	21,74	31,01	44,20	57,83	73,91	79,71	91,30	98,55
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	0,1	0,01	0,03	0,01	0,14	0,05	0,19	0,16	0,02
Atık Au tenörü (g/t)	1,2	1,19	1,1	0,97	0,72	0,7	0,4	0,1	0,07
Beslemedeki (Hesaplanan) Au tenörü (g/t)	1,35	1,21	1,15	0,99	0,93	0,78	0,69	0,34	0,10
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,38	1,2	1,19	1,1	0,97	0,72	0,7	0,4	0,1
Ag kazanım verimi (%)	22,68	3,41	11,78	20,14	9,78	10,59	36,00	50,56	6,12
Konsantredeki Ag tenörü (g/t)	0,35	0,04	0,13	0,19	0,06	0,06	0,18	0,15	0,01
Atık Ag tenörü (g/t)	1,79	1,7	1,46	1,13	0,83	0,76	0,48	0,22	0,23
Beslemedeki (Hesaplanan) Ag tenörü (g/t)	2,32	1,76	1,66	1,42	0,92	0,85	0,75	0,45	0,25
Beslemedeki Ag tenörü (g/t)	2,28	1,79	1,7	1,46	1,13	0,83	0,76	0,48	0,22
P80 (mikron)	70,06	70,06	70,06	70,06	70,06	70,06	70,06	70,06	70,06
Beslenen katı (g)	2000	1800	1600	1400	1200	1000	800	600	400
Beslenen solüsyon (g)	3000	2700	2400	2100	1800	1500	1200	900	600
İlk pH	8,05	-	8,7	-	8,07	-	5,91	-	5,03
İlk NaCN (g/t)	2000	-	2000	-	2000	-	2000	-	2000
Nihai pH	10,5	-	10,56	-	10,72	-	10,57	-	10,53
Nihai NaCN (g/t)	1600	-	1540	-	1560	-	1440	-	1700

Liç süresi (saat)	48	24	48	24	48	24	48	24	48
Beslemedeki S tenörü (%)	0,44	0,43	0,48	0,48	0,48	0,46	0,22	0,22	0,18
Beslemedeki Fe tenörü (%)	5,18	4,95	4,93	5,03	4,17	4,34	4,27	4,18	3,32
Atıktaki S tenörü (%)	0,43	0,48	0,48	0,48	0,46	0,22	0,22	0,18	0,2
Atıktaki Fe tenörü (%)	4,95	4,93	5,03	4,17	4,34	4,27	4,18	3,32	3,3
Katı oranı (%)	40	40	40	40	40	40	40	40	40

#### Ek 4. Toplayıcı türlerine göre flotasyon test koşulları ve sonuçları

	Test 1-1	Test 1-2	Test 1-3
Toplayıcı adı	Aero 8761	Aero 8761	Aero 8761
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,65	7,63	7,62
Son pH	8,09	8,08	8,11
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	116,8	120,7	121,9
Atık ağırlığı (g)	377,8	374	373,7
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,6	1,59	1,5
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,6	1,69	1,6
Atık Au tenörü (g/t)	1,4	1,45	1,42
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	23,36	24,14	24,38
Au kazanım verimi (%)	23,36	25,66	26,01

	Test 2-1	Test 2-2	Test 2-3
Toplayıcı adı	Aero 3302	Aero 3302	Aero 3302
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,7	7,7	7,65
Son pH	8,08	8,1	8,11
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	36,3	49,5	45,1
Atık ağırlığı (g)	457,3	447,9	450
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,44	1,47	1,47
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,79	1,51	1,49
Atık Au tenörü (g/t)	1,25	1,21	1,32
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	7,26	9,9	9,02
Au kazanım verimi (%)	9,02	10,17	9,14

	Test 3-1	Test 3-2	Test 3-3
Toplayıcı adı	Aero 9887	Aero 9887	Aero 9887
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,64	7,58	7,65
Son pH	8,19	8,13	8,16
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	81,4	81,3	95,6
Atık ağırlığı (g)	402,5	414,9	400,1
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,86	1,64	1,67
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,94	1,78	1,58
Atık Au tenörü (g/t)	1,33	1,43	1,42
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	16,28	16,26	19,12
Au kazanım verimi (%)	16,98	17,65	18,09

	Test 4-1	Test 4-2	Test 4-3
Toplayıcı adı	Aero XD 702	Aero XD 702	Aero XD 702
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,63	7,61	7,65
Son pH	8,12	8,14	8,1
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	85,4	86,1	93,1
Atık ağırlığı (g)	408,6	408,3	402,5
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,64	1,57	1,59
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,5	1,53	1,53
Atık Au tenörü (g/t)	1,45	1,39	1,48
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	17,08	17,22	18,62
Au kazanım verimi (%)	15,62	16,78	17,92

	Test 5-1	Test 5-2	Test 5-3
Toplayıcı adı	Aero 407	Aero 407	Aero 407
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,61	7,63	7,68
Son pH	8,15	8,12	8,13
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	101,5	103,4	93,2
Atık ağırlığı (g)	396,3	394,4	402,9
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,69	1,57	1,74
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,68	1,73	1,86
Atık Au tenörü (g/t)	1,29	1,47	1,49
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	20,3	20,68	18,64
Au kazanım verimi (%)	20,18	22,79	19,93

	Test 6-1	Test 6-2	Test 6-3
Toplayıcı adı	Aero 9900	Aero 9900	Aero 9900
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,65	7,64	7,61
Son pH	8,13	8,15	8,16
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	107,9	117,8	113,3
Atık ağırlığı (g)	385,7	378,8	380,8
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,74	1,74	1,67
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,94	1,85	1,75
Atık Au tenörü (g/t)	1,45	1,28	1,59
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	21,58	23,56	22,66
Au kazanım verimi (%)	24,06	25,05	23,75

	Test 7-1	Test 7-2	Test 7-3
Toplayıcı adı	Aero 7249	Aero 7249	Aero 7249
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,52	7,56	7,58
Son pH	8,23	8,26	8,23
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	209,3	197,5	201,5
Atık ağırlığı (g)	287,62	299,4	296,5
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,16	1,2	1,16
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,29	1,33	1,24
Atık Au tenörü (g/t)	1,09	1,1	1,08
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	41,86	39,5	40,3
Au kazanım verimi (%)	46,55	43,78	43,08

	Test 8-1	Test 8-2	Test 8-3
Toplayıcı adı	Maxgold 900	Maxgold 900	Maxgold 900
Köpürtücü adı	Oreprep F549	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7	1166,7
%Katı oranı	30	30	30
Toplayıcı miktarı (g/t)	75	75	75
Köpürtücü miktarı (g/t)	25	25	25
Karıştırıcı devri (devir/dakika)	1200	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4	4
İlk pH	7,57	7,6	7,61
Son pH	8,35	8,22	8,29
Koşullama süresi (dk)	10	10	10
Yüzdürme süresi (dk)	10	10	10
Konsantre ağırlığı (g)	127,26	146,2	128,8
Atık ağırlığı (g)	370,29	350,11	369,13
Beslemedeki Au tenörü (g/t)	1,19	1,19	1,19
Konsantredeki Au tenörü (g/t)	1,4	1,38	1,4
Atık Au tenörü (g/t)	1,14	1,15	1,15
Ağırlıkça kazanım verimi (%)	25,452	29,24	25,76
Au kazanım verimi (%)	29,94	33,91	30,31

## Ek 5. Test 1-1 konsantre MLA sonuçları

### Elementel dağılım

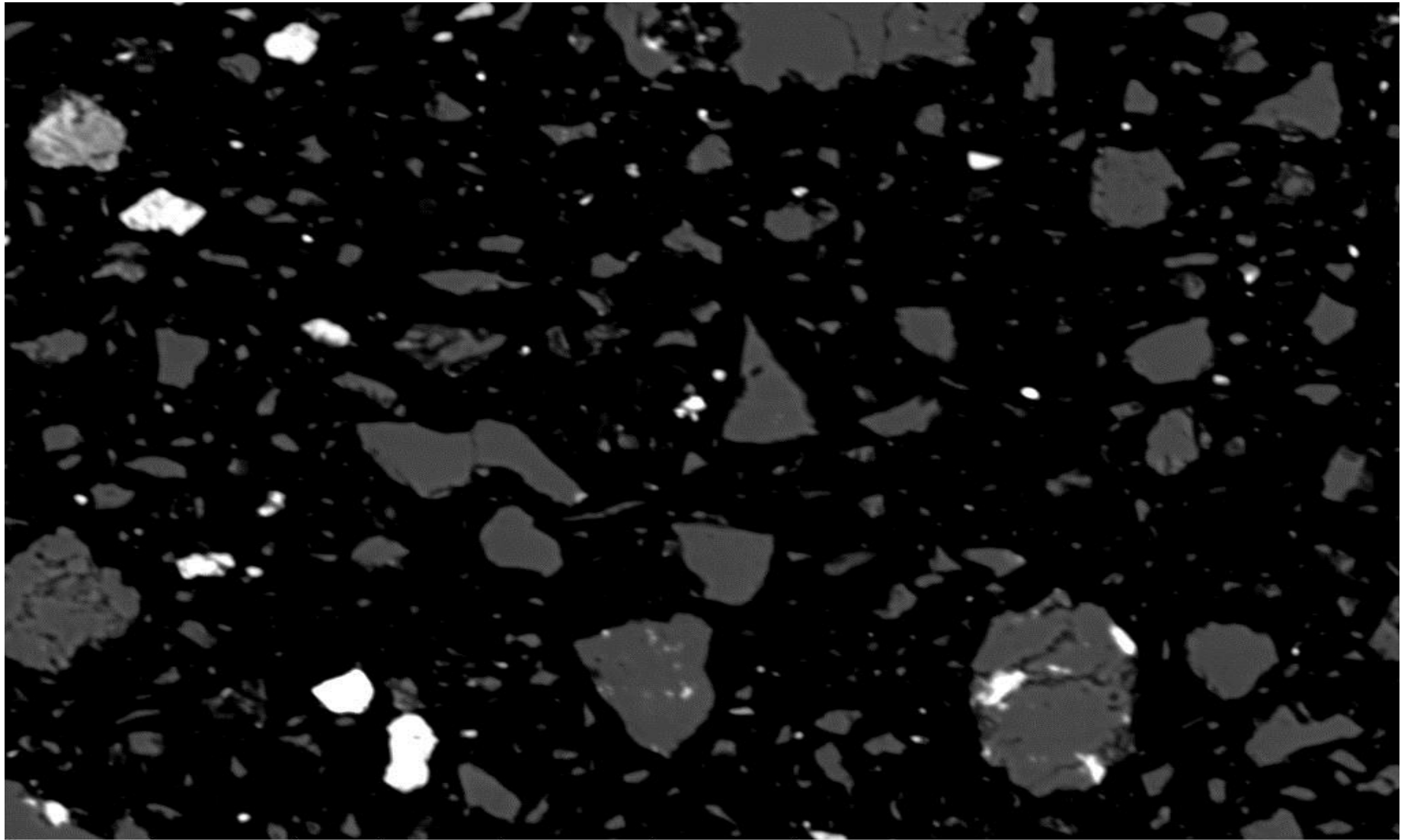
Mineral	Ag (%)	Al (%)	As (%)	Au (%)	Ba (%)	C (%)	Ca (%)	Ce (%)	Cr (%)	F (%)	Fe (%)	H (%)	K (%)	La (%)	Li (%)	Mg (%)	Mn (%)	Na (%)	Nd (%)	Ni (%)	O (%)	P (%)	Pb (%)	S (%)	Si (%)	Sr (%)	Te (%)	Th (%)	Ti (%)		
Quartz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,7	0,0	0,0	0,0	80,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
Goethite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	42,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Orthoclase	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Arseniosiderite	0,0	0,0	52,2	0,0	0,0	0,0	88,0	0,0	0,0	0,0	1,2	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Chromite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ferrosilite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,1	0,0	0,0	0,0	0,0	98,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
Muscovite	0,0	37,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	50,8	97,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
Albite	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0		
Pyrite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Spodumene	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	
Barite	0,0	0,0	0,0	0,0	94,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Arsenopyrite	0,0	0,0	39,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Monazite-(La)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	
Alunite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Al_Phosphate	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calcite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Native_Gold	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Electrum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Sylvanite	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Galena	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Dussertite	0,0	0,0	6,6	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Forsterite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Rutile	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	
Jadeite	0,0	46,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,2	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	
Mn_Fe_Oxide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Svanbergite	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	0,0	0,1	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	
Gersdorffite	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

Model mineralojik birleşim tablosu

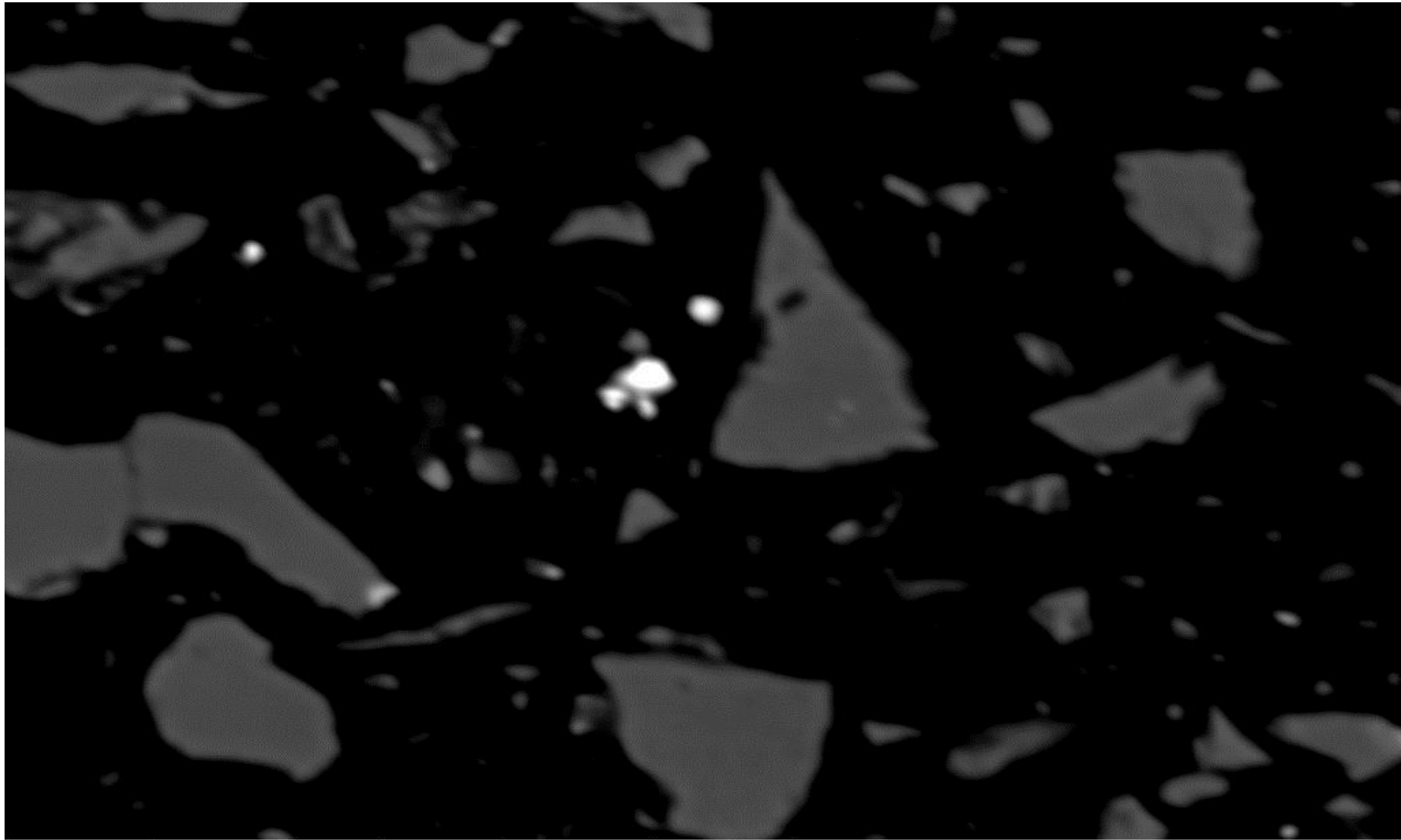
Mineral	Ağırlık (%)	Alan (%)	Alan (mikron)	Parçacık sayısı	Tane sayısı
Low_Counts	0,00	0,04	3717,03	35	35
Quartz	66,07	71,95	6871706,57	47681	59577
Goethite	1,47	1,11	105889,32	1592	1799
No_XRay	0,00	0,00	24,24	75	75
Orthoclase	0,08	0,09	8630,04	184	210
Arsenosiderite	0,28	0,21	19613,94	548	576
Chromite	0,61	0,36	34773,14	1135	1220
Ferrosilite	13,63	9,87	942123,06	22773	34824
Muscovite	4,46	4,51	430598,59	7813	10171
Albite	0,24	0,26	24855,62	441	604
Pyrite	0,64	0,36	34685,34	851	914
Spodumene	2,41	2,19	209031,29	4245	5099
Barite	0,29	0,19	17908,51	664	682
Arsenopyrite	0,14	0,06	6176,50	392	416
Unknown	0,00	0,43	40607,86	1627	2228
Monazite-(La)	0,00	0,00	57,38	1	1
Alunite	0,01	0,01	611,10	12	13
Al_Phosphate	0,00	0,00	214,42	2	2
Calcite	0,01	0,01	551,00	24	29
Native_Gold	0,00	0,00	0,00	0	0
Electrum	0,00	0,00	0,00	0	0
Sylvanite	0,000462	0,00	15,58	1	2
Galena	0,00	0,00	174,60	4	4
Dussertite	0,05	0,03	3180,87	131	145
Forsterite	0,05	0,04	3936,88	58	61

Rutile	0,02	0,01	1234,81	27	32
Jadeite	9,54	8,26	789076,20	16860	23256
Mn_Fe_Oxide	0,00	0,00	148,63	2	2
Svanbergite	0,00	0,00	359,09	9	9
Gersdorffite	0,00	0,00	206,25	9	9
Total	100,00	100,00	9550107,84	60518	141995

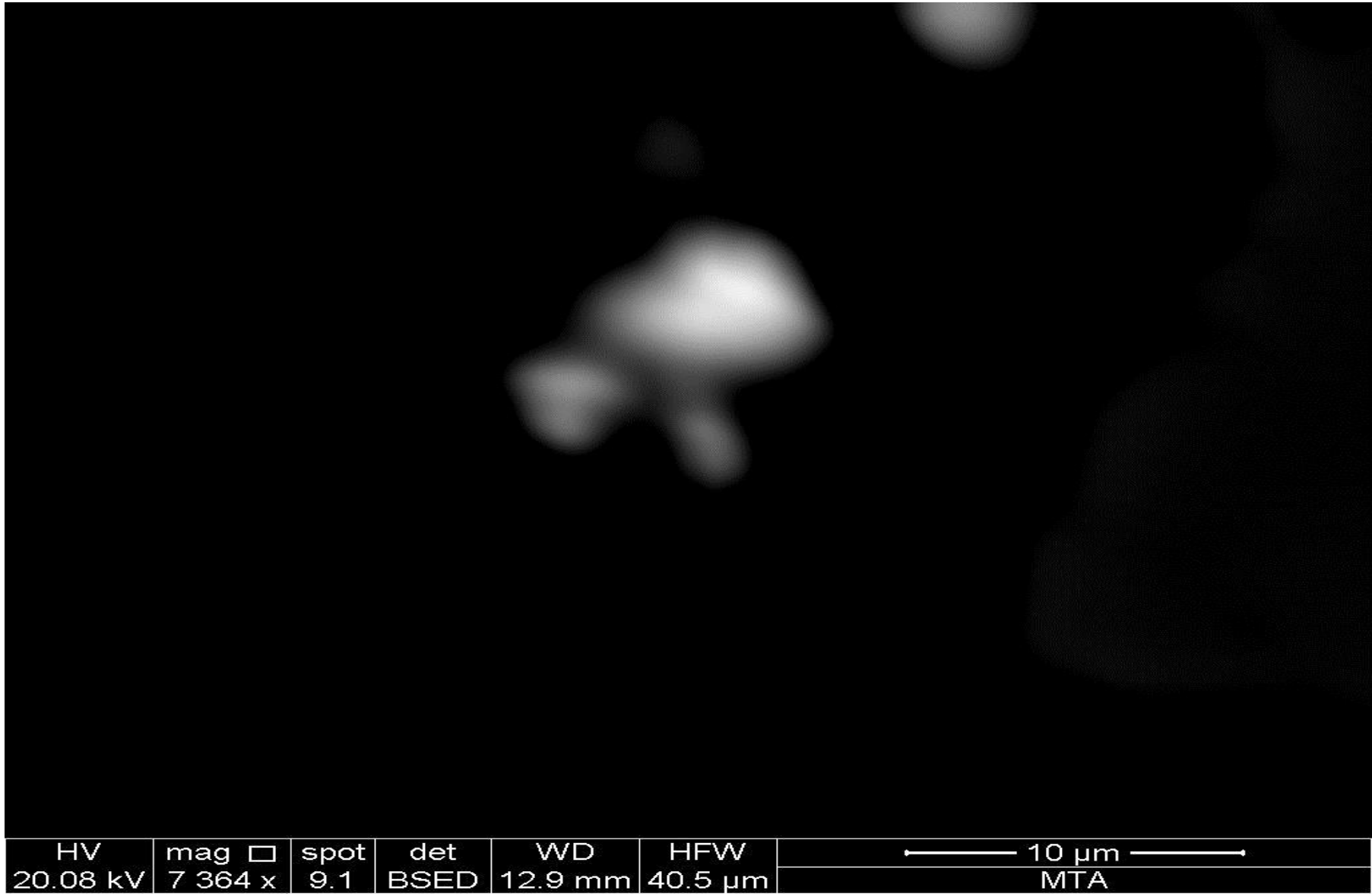
---



HV	mag	spot	det	WD	HFW	100 $\mu$ m
20.08 kV	700 x	9.1	BSED	12.9 mm	426 $\mu$ m	



HV	mag	spot	det	WD	HFWD	50 $\mu$ m
20.08 kV	1 633 x	9.1	BSED	12.9 mm	183 $\mu$ m	



**Ek 6. Öğütülmüş (P80 20 µm) numune ile yapılan flotasyon test sonuçları**

	TEST 9-1	TEST 9-2
Toplayıcı Adı	Aero 7249	Aero 7249
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500,00	500,00
Su (g)	1166,70	1166,70
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
Devir (rpm)	1200,00	1200,00
Hava (L/dk)	4,00	4,00
İlk pH	7,55	7,60
Son pH	8,48	8,46
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,44	1,50
1.Konsantre (g)	75,96	74,59
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	302,95	282,99
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	1,72	1,81
1.Atık (g)	424,04	425,41
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,33	1,35
Ağırlıkça Verim (%)	15,19	14,92
Au Kazanım Verimi (%)	18,15	18,00
2.Konsantre (g)	194,89	203,20
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	715,88	764,50
2.Au Tenör (ppm)	1,49	1,53
2.Atık (g)	229,15	222,21
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,19	1,18
Ağırlıkça Verim (%)	38,98	40,64
Au Kazanım Verimi (%)	40,33	41,45
3.Konsantre (g)	35,16	30,24
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	463,06	432,62
3.Au Tenör (ppm)	1,58	1,77
3.Atık (g)	193,99	191,97
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,12	1,09
Ağırlıkça Verim (%)	7,03	6,05
Au Kazanım Verimi (%)	7,72	7,14
4.Konsantre (g)	41,42	43,51
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	970,83	993,26
4.Au Tenör (ppm)	1,39	1,21
4.Atık (g)	138,60	133,77
4.Atık Au Tenör (ppm)	1,04	1,05
Ağırlıkça Verim (%)	8,28	8,70
Au Kazanım Verimi (%)	8,00	7,02
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	69,49	70,308
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	74,19	73,61

	TEST 10-1	TEST 10-2
Toplayıcı Adı	Maxgold 900	Maxgold 900
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
Devir (rpm)	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4
İlk pH	7,51	7,6
Son pH	8,25	8,31
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,42	1,58
1.Konsantre (g)	53,74	49,1
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	228,14	198,8
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	2,01	2,42
1.Atık (g)	446,26	450,90
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,39	1,50
Ağırlıkça Verim (%)	10,748	9,82
Au Kazanım Verimi (%)	15,21	15,04
2.Konsantre (g)	84,18	88,72
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	429,13	474,72
2.Au Tenör (ppm)	1,9	2,04
2.Atık (g)	362,08	362,18
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,28	1,37
Ağırlıkça Verim (%)	16,836	17,744
Au Kazanım Verimi (%)	22,53	22,91
3.Konsantre (g)	36,5	33,91
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	362,41	311,7
3.Au Tenör (ppm)	1,77	1,65
3.Atık (g)	325,58	328,27
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,22	1,34
Ağırlıkça Verim (%)	7,3	6,782
Au Kazanım Verimi (%)	9,10	7,08
4.Konsantre (g)	136,1	147,06
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	1013,4	1128,3
4.Au Tenör (ppm)	1,4	1,53
4.Atık (g)	186,68	179,84
4.Atık Au Tenör (ppm)	1,09	1,18
Ağırlıkça Verim (%)	27,22	29,412
Au Kazanım Verimi (%)	26,84	28,48
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	62,104	63,758
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	73,68	73,51

	TEST 11-1	TEST 11-2
Toplayıcı Adı	Aero 8761	Aero 8761
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
Devir (rpm)	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4
İlk pH	7,5	7,49
Son pH	8,31	8,36
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,52	1,52
1.Konsantre (g)	81,77	82,34
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	317,6	347,28
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	1,71	1,78
1.Atık (g)	418,23	417,66
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,39	1,35
Ağırlıkça Verim (%)	16,354	16,468
Au Kazanım Verimi (%)	18,40	19,28
2.Konsantre (g)	143,44	142,31
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	710,4	719,01
2.Au Tenör (ppm)	1,71	1,68
2.Atık (g)	274,79	275,35
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,23	1,19
Ağırlıkça Verim (%)	28,688	28,462
Au Kazanım Verimi (%)	32,27	31,46
3.Konsantre (g)	24,82	26,47
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	215,5	236
3.Au Tenör (ppm)	1,39	1,53
3.Atık (g)	249,97	248,88
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,21	1,15
Ağırlıkça Verim (%)	4,964	5,294
Au Kazanım Verimi (%)	4,54	5,33
4.Konsantre (g)	109,75	112,47
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	1078,98	1096,38
4.Au Tenör (ppm)	1,37	1,31
4.Atık (g)	126,94	119,54
4.Atık Au Tenör (ppm)	1,08	1
Ağırlıkça Verim (%)	21,95	22,494
Au Kazanım Verimi (%)	19,78	19,39
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	71,956	72,718
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	75,00	75,46

	TEST 12-1	TEST 12-2
Toplayıcı Adı	Aero 9900	Aero 9900
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500	500
Su (g)	1166,7	1166,7
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
Devir (rpm)	1200	1200
Hava (L/dk)	4	4
İlk pH	7,45	7,43
Son pH	8,36	8,35
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,53	1,47
1.Konsantre (g)	93,12	95,8
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	404,41	370,36
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	1,67	1,38
1.Atık (g)	406,88	404,20
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,35	1,37
Ağırlıkça Verim (%)	18,624	19,16
Au Kazanım Verimi (%)	20,33	17,99
2.Konsantre (g)	140,26	139,31
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	731,2	690,91
2.Au Tenör (ppm)	1,66	1,76
2.Atık (g)	266,62	264,89
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,18	1,16
Ağırlıkça Verim (%)	28,052	27,862
Au Kazanım Verimi (%)	30,44	33,36
3.Konsantre (g)	22,78	23,3
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	182,61	213,17
3.Au Tenör (ppm)	1,5	1,72
3.Atık (g)	243,84	241,59
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,15	1,11
Ağırlıkça Verim (%)	4,556	4,66
Au Kazanım Verimi (%)	4,47	5,45
4.Konsantre (g)	108,82	110,33
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	1095,6	1030,91
4.Au Tenör (ppm)	1,27	1,17
4.Atık (g)	124,21	118,42
4.Atık Au Tenör (ppm)	1,05	1,05
Ağırlıkça Verim (%)	21,764	22,066
Au Kazanım Verimi (%)	18,07	17,56
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	72,996	73,748
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	73,30	74,36

**Ek 7. Bakırsülfat aktivasyonu test sonuçları**

	TEST 13-1	TEST 13-2
Toplayıcı Adı	Aero 7249	Aero 7249
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500,00	500,00
Su (g)	1166,70	1166,70
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
CuSO <sub>4</sub> Miktarı (g/t)	250+250	250+250
Devir (rpm)	1200,00	1200,00
Hava (L/dk)	4,00	4,00
İlk pH	7,69	7,48
Son pH	8,20	8,25
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,24	1,27
1.Konsantre (g)	65,81	54,28
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	323,51	231,45
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	1,45	1,52
1.Atık (g)	434,19	445,72
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,11	1,14
Ağırlıkça Verim (%)	13,16	10,86
Au Kazanım Verimi (%)	15,39	12,99
2.Konsantre (g)	85,14	87,76
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	535,39	492,62
2.Au Tenör (ppm)	1,40	1,49
2.Atık (g)	349,05	357,96
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,04	1,06
Ağırlıkça Verim (%)	17,03	17,55
Au Kazanım Verimi (%)	19,23	20,59
3.Konsantre (g)	34,74	36,09
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	276,11	319,28
3.Au Tenör (ppm)	1,31	1,38
3.Atık (g)	314,31	321,87
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,00	1,02
Ağırlıkça Verim (%)	6,95	7,22
Au Kazanım Verimi (%)	7,34	7,84
4.Konsantre (g)	104,30	101,47
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	916,80	892,67
4.Au Tenör (ppm)	1,17	1,13
4.Atık (g)	203,19	216,40
4.Atık Au Tenör (ppm)	0,92	0,97
Ağırlıkça Verim (%)	20,86	20,29
Au Kazanım Verimi (%)	19,68	18,06
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	58,00	55,92
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	61,64	59,49

	TEST 14-1	TEST 14-2
Toplayıcı Adı	Aero 7249	Aero 7249
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500,00	500,00
Su (g)	1166,70	1166,70
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
CuSO <sub>4</sub> Miktarı (g/t)	500+500	500+500
Devir (rpm)	1200,00	1200,00
Hava (L/dk)	4,00	4,00
İlk pH	7,69	7,48
Son pH	8,20	8,25
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,42	1,32
1.Konsantre (g)	51,90	45,80
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	249,82	194,91
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	1,57	1,42
1.Atık (g)	448,10	454,20
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,14	1,11
Ağırlıkça Verim (%)	10,38	9,16
Au Kazanım Verimi (%)	11,48	9,85
2.Konsantre (g)	73,40	66,80
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	392,32	401,62
2.Au Tenör (ppm)	1,63	1,75
2.Atık (g)	374,70	387,40
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,05	1,00
Ağırlıkça Verim (%)	14,68	13,36
Au Kazanım Verimi (%)	16,85	17,71
3.Konsantre (g)	30,40	38,00
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	380,92	460,30
3.Au Tenör (ppm)	1,26	1,38
3.Atık (g)	344,30	349,40
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,03	0,96
Ağırlıkça Verim (%)	6,08	7,60
Au Kazanım Verimi (%)	5,39	7,95
4.Konsantre (g)	90,70	87,50
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	952,68	923,34
4.Au Tenör (ppm)	1,25	1,20
4.Atık (g)	250,50	251,80
4.Atık Au Tenör (ppm)	0,95	0,88
Ağırlıkça Verim (%)	18,14	17,50
Au Kazanım Verimi (%)	15,97	15,91
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	49,28	47,62
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	49,69	51,42

**Ek 8. Sodyum sülfür aktivasyonu test sonuçları**

	TEST 15-1	TEST 15-2
Toplayıcı Adı	Aero 7249	Aero 7249
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500,00	500,00
Su (g)	1166,70	1166,70
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
Na <sub>2</sub> S Miktarı (g/t)	125+125	125+125
Devir (rpm)	1200,00	1200,00
Hava (L/dk)	4,00	4,00
İlk pH	7,69	7,48
Son pH	8,20	8,25
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,32	1,30
1.Konsantre (g)	100,30	96,10
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	504,10	371,30
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	1,47	1,53
1.Atık (g)	399,70	403,90
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,20	1,23
Ağırlıkça Verim (%)	20,06	19,22
Au Kazanım Verimi (%)	22,34	22,62
2.Konsantre (g)	151,50	142,20
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	731,90	600,20
2.Au Tenör (ppm)	1,31	1,43
2.Atık (g)	248,20	261,70
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,13	1,13
Ağırlıkça Verim (%)	30,30	28,44
Au Kazanım Verimi (%)	30,07	31,28
3.Konsantre (g)	49,40	45,80
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	373,80	306,70
3.Au Tenör (ppm)	1,53	1,45
3.Atık (g)	198,80	215,90
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,03	1,06
Ağırlıkça Verim (%)	9,88	9,16
Au Kazanım Verimi (%)	11,45	10,22
4.Konsantre (g)	59,60	66,90
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	495,10	651,10
4.Au Tenör (ppm)	1,24	1,25
4.Atık (g)	131,20	144,30
4.Atık Au Tenör (ppm)	0,93	0,97
Ağırlıkça Verim (%)	11,92	13,38
Au Kazanım Verimi (%)	11,20	12,87
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	72,16	70,2
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	75,06	76,99

	TEST 16-1	TEST 16-2
Toplayıcı Adı	Aero 7249	Aero 7249
Köpürtücü Adı	Oreprep F549	Oreprep F549
Katı (g)	500,00	500,00
Su (g)	1166,70	1166,70
Toplayıcı Miktarı (g/t)	100+100	100+100
Köpürtücü Miktarı (g/t)	25+25	25+25
Na <sub>2</sub> S Miktarı (g/t)	250+250	250+250
Devir (rpm)	1200,00	1200,00
Hava (L/dk)	4,00	4,00
İlk pH	7,69	7,48
Son pH	8,20	8,25
Koşullama Süresi (dk)	10+10	10+10
Yüzdürme Süresi (dk)	1+5+10+20	1+5+10+20
Besleme Au Tenörü (ppm)	1,32	1,26
1.Konsantre (g)	113,40	100,00
1.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	318,50	302,80
1.Konsantre Au Tenör (ppm)	1,87	1,92
1.Atık (g)	386,60	400,00
1.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,25	1,27
Ağırlıkça Verim (%)	22,68	20,00
Au Kazanım Verimi (%)	32,13	30,48
2.Konsantre (g)	168,60	160,30
2.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	754,80	664,70
2.Au Tenör (ppm)	1,47	1,51
2.Atık (g)	218,00	239,70
2.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,07	1,11
Ağırlıkça Verim (%)	33,72	32,06
Au Kazanım Verimi (%)	37,55	38,42
3.Konsantre (g)	36,10	40,40
3.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	332,10	305,56
3.Au Tenör (ppm)	1,29	1,35
3.Atık (g)	181,90	199,30
3.Atık Au Tenör-Hesaplanan (ppm)	1,03	1,07
Ağırlıkça Verim (%)	7,22	8,08
Au Kazanım Verimi (%)	7,06	8,66
4.Konsantre (g)	72,10	74,50
4.Konsantre Sulu Ağırlık (g)	762,80	825,80
4.Au Tenör (ppm)	1,15	1,24
4.Atık (g)	106,30	119,90
4.Atık Au Tenör (ppm)	0,95	0,96
Ağırlıkça Verim (%)	14,42	14,90
Au Kazanım Verimi (%)	12,56	14,66
Kümülatif Ağırlıkça Verim %	78,04	75,04
Kümülatif Au Kazanım Verimi %	89,30	92,22

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Merve CANKURTARAN

E-posta : merve.yuksel@mnggold.com

Adresi : Sincan Organize Sanayi Bölgesi, 5. Kısım, Nahcivan Cad. No:11

Sincan / ANKARA

### Eğitim

Lise : Y.D.A. Esenevler Lisesi (2001-2005)

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Fakültesi (2006-2011)

### Yabancı Dil

İngilizce

### İş Deneyimi

Koza Altın İşletmeleri A.Ş., Kaymaz Altın Madeni, Metalurji Laboratuvarı Proses Mühendisi (2012-2015)

MNG Gold, Metalurji Laboratuvarı Şefi (2015- )

### Deneyim Alanları

-

### Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

### Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

### Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-

