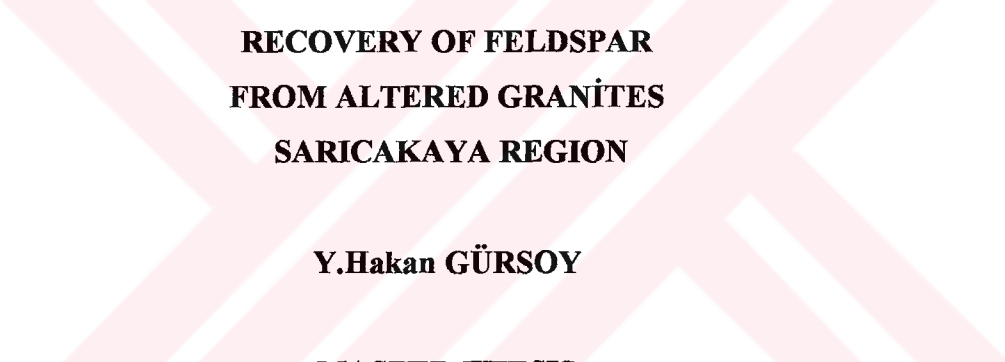


**SARICAKAYA YÖRESİ
ALTERE GRANİTLERİNDEN
FELDSPATIN KAZANIMI**

Y.Hakan GÜRİSOY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
1999**



**RECOVERY OF FELDSPAR
FROM ALTERED GRANITES
SARICAKAYA REGION**

Y.Hakan GÜRSOY

**MASTER THESIS
Mining Engineering
1999**

**SARICAKAYA YÖRESİ
ALTERE GRANİTLERİNDEN
FELDSPATIN KAZANIMI**

Y. Hakan GÜRSOY

**Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Cevher Hazırlama Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.**


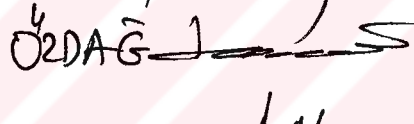

Danışman : Doç.Dr. Bahri ÖTEYAKA

**TE YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
HABER MANSİYON MERKEZİ**


Haziran - 1999

84489

Y. Hakan GÜRSOY'un YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı " Sarıcakaya Yöresi Altère Granitlerinden Feldspatın Kazanımı " başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Doç. Ar. Bahri ÖTEYAKA 
Üye : Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ 
Üye : Doç. Dr. Sabiha Koca 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun21-7-1999..... gün
ve99-12/3..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu araştırmada Eskişehir-Sarıcakaya Bölgesi altere granitlerinden, feldspat cevherinin manyetik ayırma ve flotasyon yoluyla zenginleştirilmesi araştırılmıştır. Cevherin kimyasal kompozisyonu;

% 73.54 SiO₂, % 1.73 Fe₂O₃
% 3.67 K₂O, % 3.56 Na₂O
% 15.11 Al₂O₃, % 1.23 CaO,
% 0.32 MgO, % 0.16 TiO₂

olarak belirlenmiřtir.

Manyetik ayırma ve flotasyon sonucu üretilen feldspat konsantresinin kimyasal analizi ise řu şekildedir;

%75.48 SiO₂,
%14.79 Al₂O₃,
%0.20 Fe₂O₃,
%4.25 K₂O,
%4.35 Na₂O

ve eser halde CaO, MgO, TiO₂ içermektedir. Kazanılan feldspat konsantresi, seramik sektörünün istediği özellikleri karşılamaktadır. Bununla birlikte, artık kuvars cam sektöründe kullanılabilecek özelliklere sahiptir.

Bu çalışmada, prensip olarak, manyetik ayırma ve flotasyon yöntemi ile ana ürün feldspat konsantresi ve yan ürün olarak kuvars konsantresi elde edilerek ülke ekonomisine katkıda bulunabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmaların bir sonucu olarak, düşük tenörlü feldspatların ekonomik olarak zenginleştirme yöntemi belirlenerek, Eskişehir-Sarıcakaya altere granitlerinin ülke ekonomisinde değerlendirilmesi gündeme gelebilir.

SUMMARY

The purpose of this research is to investigate the possibility of production of feldspar from the altered granite of Eskişehir-Sarıcakaya District by magnetic separation and flotation. Chemical analysis of the sample was as follows,

73.54% SiO₂ , 1.73% Fe₂O₃ ,
3.67% K₂O , 3.56% Na₂O ,
1.23% CaO , 15.11% Al₂O₃ ,
0.32% MgO and 0.16% TiO₂ .

After the magnetic separation and flotation, the chemical composition of feldspar concentrate is as follows;

75.48% SiO₂ ,
14.79% Al₂O₃ ,
0.20% Fe₂O₃ ,
4.25% K₂O ,
4.35% Na₂O

and trace amount of CaO, MgO and TiO₂. The feldspar concentrate met the specifications required in ceramic industry.

In this study, principally, it's thought that beneficiation from main product of alkaline feldspar concentrate and by-product of quartz tailing would provide great profit in the country, with magnetic separation and flotation methods. As a result of these studies, economical type low-grade feldspar concentration and beneficiation of Eskişehir-Sarıcakaya altered granite must be investigated.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve çalışmalarına ışık tutarak tezin hazırlanmasında en az benim kadar emeği geçen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Bahri ÖTEYAKA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan katkı ve desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Doç.Dr. Yaşar ÜÇBAŞ ve Yrd.Doç.Dr. Kemal BİLİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca öğrenimim süresi içerisinde bana emek vermiş olan bütün bölüm hocalarıma sonsuz şükranlarımı sunar, çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Yörenin Coğrafi Konumu	3
2.2. Yörenin Jeolojisi	4
2.3. Granitler	5
2.3.1. Tanım	5
2.3.2. Granitin Yapı Mineralleri	5
2.3.3. Granitin Sınıflaması	6
3.SERAMİK HAMMADDELERİ VE FELDSPAT.....	8
3.1. Seramiğin Tanımı	8
3.1.1. Porselen	8
3.1.1.1. Yumuşak porselen	8
3.1.1.2. Sert porselen	10
3.1.2. Fayans	10
3.1.3. Çini	10
3.1.4. Ateş Kili Mamuller.....	11
3.1.5. İnşaat Malzemeleri.....	11
3.1.6. Isıya Dayanıklı Malzemeler	11
3.1.7. Tek Bileşikli Seramikler.....	11
3.2. Seramik Hammaddeleri	12
3.2.1. Özlü seramik hammaddeleri	12
3.2.1.1. Kaolin grubu	12

3.2.1.2. Montmorillonit grubu	14
3.2.1.3. İllit grubu	14
3.2.2. Özsüz seramik hammaddeleri	16
3.2.2.1. Kuvars	16
3.2.2.2. Feldspat	17
3.2.2.3. Pegmatit ve feldspatlı kum	18
3.2.2.4. Diğer özsüz seramik hammaddeleri	19
3.3. Feldspatlar	19
3.3.1. Tanım ve sınıflama	19
3.3.1.1. Alkali feldspatlar	20
3.3.1.2. Plajioloklaslar (Kalko-sodik feldspatlar)	21
3.3.2. Bulunuş şekilleri	22
3.3.2.1. Pegmatitler	22
3.3.2.2. Aplitler	23
3.3.2.3. Feldspat filonları	23
3.3.2.4. Nefelinli siyenit	24
3.3.2.5. Alaksit	24
3.3.2.6. Grafit granit (Yazı graniti)	25
3.3.2.7. Perlit	25
3.3.2.8. Feldspatik kumlar	25
3.3.2.9. Altere granitler	25
3.3.3. Feldspatların değerlendirilmesi	26
3.3.4. Feldspatlardan seramik sanayiinde aranan özellikler	27
3.3.5. Feldspatların zenginleştirilmesi	30
3.3.5.1. Elle ayıklama ile zenginleştirme	30
3.3.5.2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme	31
3.3.5.3. Manyetik ayırma ile zenginleştirme	31
3.3.5.4. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme	32
3.3.5.5. Flotasyon ile zenginleştirme	32

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	33
4.1. Örnek Alımı	33
4.2. Örneğin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	33
4.3. Elek Analizi	34
4.4. Serbestleşme Derecesinin Tayini	35
4.5. Örnek Hazırlama	36
4.6. Zenginleştirme Çalışmaları	38
4.6.1. Manyetik ayırma	38
4.6.1.1. Permröll manyetik ayırıcı	38
4.6.2. Manyetik ayırıcıya örnek hazırlama	41
4.6.3. Deneysel çalışmalar	42
4.6.4. Deneysel sonuçlar ve değerlendirilmesi	56
4.6.5. Flotasyon ile zenginleştirme	60
4.6.5.1. Kolon flotasyonu	61
4.6.5.2. Genel bilgi ve teknik terimler	63
4.6.5.3. Klasik flotasyon kolonu	65
4.6.5.4. Modifiye flotasyon kolonu	68
4.6.6. Modifiye kolonda deneysel çalışmalar	68
4.6.6.1. Kolonun özellikleri	68
4.6.6.2. Çalışma şartları	70
4.6.6.3. Deney düzeneği	70
4.6.6.4. Örnek	73
4.6.6.5. Deneysel koşullar	74
4.6.6.6. Deneysel yöntem	75
4.6.7. Deney sonuçları ve değerlendirilmesi	76
5. GENEL SONUÇLAR	92
KAYNAKLAR DİZİNİ	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>		<u>Sayfa</u>
4.1.	Örneğin kimyasal analizi	33
4.2.	Altere granitin 1.68 mm boyut altı elek analizi	34
4.3.	Manyetik ayırma giren örneğin boyut dağılımı ve kimyasal bileşimi	42
4.4.	Manyetik ayırma deney verileri ve konsantrelerin kimyasal bileşimi	43
4.5.	Flotasyon beslemesinin kimyasal bileşimi	73
4.6.	Armacfloat kullanımında elde edilen ürünlerin %ağırlıkları ve kimyasal bileşimleri	89
4.7.	Armac-T kullanımında elde edilen ürünlerin %ağırlıkları ve kimyasal bileşimleri	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yörenin bulduru haritası	2
4.1. -1.68 mm elek altı eğrisi	35
4.2. Boyut küçültme için uygulanan akım şeması	37
4.3. Permroll manyetik ayırıcısı	39
4.4. Permroll manyetik ayırıcısında ürün ayırımının şematik görünümü	40
4.5. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O içerikleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.15 kg/dk)	44
4.6. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O verimleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.15 kg/dk)	44
4.7. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O içerikleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.40 kg/dk)	45
4.8. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O verimleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.40 kg/dk)	45
4.9. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O içerikleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 1.0 kg/dk)	46
4.10. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O verimleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 1.0 kg/dk)	46
4.11. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 125 dev/dk)	47
4.12. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O verimleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 125 dev/dk)	47
4.13. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 150 dev/dk)	48
4.14. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na_2O+K_2O verimleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 150 dev/dk)	48

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.15. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 175 dev/dk)	49
4.16. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 175 dev/dk)	49
4.17. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği üzerine etkisi	50
4.18. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi üzerine etkisi	50
4.19. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+0.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği üzerine etkisi	51
4.20. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+0.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi üzerine etkisi	51
4.21. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği üzerine etkisi	52
4.22. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi üzerine etkisi	52
4.23. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 içeriği üzerine etkisi	53
4.24. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 uzaklaştırma verimi üzerine etkisi	53
4.25. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 içeriği üzerine etkisi	54
4.26. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 uzaklaştırma verimi üzerine etkisi	54
4.27. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 içeriği üzerine etkisi	55
4.28. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 uzaklaştırma verimi üzerine etkisi	55

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.29. Manyetik zenginleştirme konsantresinin gradyen fırında farklı sıcaklıklardaki davranışı	58
4.30. Manyetik zenginleştirme konsantresinin oksijen alevinde pişmiş görüntüsü	59
4.31. Klasik Flotasyon Kolonu	66
4.32. Modifiye Flotasyon Kolonu	69
4.33. Deney Düzeneği	71
4.34. pH 7'de reaktif miktarının (armacfloat) $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	77
4.35. pH 8'de reaktif miktarının (armacfloat) $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	77
4.36. pH 9'de reaktif miktarının (armacfloat) $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	78
4.37. pH 10'de reaktif miktarının (armacfloat) $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	78
4.38. 500 g/t Armacfloat toplayıcısının pH'a göre $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	79
4.39. 750 g/t Armacfloat toplayıcısının pH'a göre $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	79
4.40. 1000 g/t Armacfloat toplayıcısının pH'a göre $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	80
4.41. pH değişimine göre toplayıcı (Armacfloat) miktarının konsantre $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriğine etkisi	81
4.42. Toplayıcı (Armacfloat) miktarının pH değişimine göre konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriğine etkisi	81
4.43. Toplayıcı (Armacfloat) miktarının pH değişimine göre Fe_2O_3 içeriğine etkisi	82
4.44. pH değişiminin toplayıcı (Armacfloat) miktarına göre Fe_2O_3 içeriğine etkisi	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
4.45.	pH 6'da reaktif (Armac-T) miktarının $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	83
4.46.	pH 7'de reaktif (Armac-T) miktarının $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	83
4.47.	pH 8'de reaktif (Armac-T) miktarının $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	84
4.48.	pH 9'da reaktif (Armac-T) miktarının $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	84
4.49.	1000 g/t Armac-T toplayıcısının pH'a göre $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	85
4.50.	1500 g/t Armac-T toplayıcısının pH'a göre $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	85
4.51.	2000 g/t Armac-T toplayıcısının pH'a göre $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerik ve verimine etkisi	86
4.52.	Toplayıcı (Armac-T) miktarının pH değişimine göre konsantredeki $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriğine etkisi	87
4.53.	pH değişimine göre toplayıcı (Armac-T) miktarının konsantredeki $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriğine etkisi	87
4.54.	Toplayıcı (Armac-T) miktarının pH değişimine göre konsantredeki Fe_2O_3 içeriğine etkisi	88
4.55.	pH değişiminin toplayıcı (Armac-T) miktarına göre konsantredeki Fe_2O_3 içeriğine etkisi	88

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen ve değişen teknoloji sayesinde pek çok endüstriyel hammadde kazanılabilmekte ve kullanım alanlarında da artış sağlanmaktadır. Bununla birlikte, her kullanım alanı için belirli standartlar geliştirilerek bu belirli standarda uygun kalitede hammadde kullanımı zorunlu hale gelmektedir.

Özellikle seramik ve cam endüstrisinin temel hammaddesi olan feldspatlar, sodyum, potasyum ve kalsiyum içeren alümina silikatlarıdır. Feldspatlar ayrıca, boya, plastik ve lastik sanayiinde dolgu maddesi olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Feldspat üretiminde ve ihracatında ön sıralarda yer alan ülkemizde en önemli feldspat kaynağı pegmatitik yataklardır. Bu yataklar iyi kaliteli ve düşük tenörlü büyük rezervlerden oluşmaktadır. Ayrıca yapılan ön incelemelere göre feldspat kaynağı olabilecek altere olmuş granit yatakları da vardır. Çalışma alanımız olan Eskişehir-Sarıcakaya Yöresi gibi bu alanda ülkemizde değerlendirilebilecek pek çok saha mevcuttur.

Fazla çatlak içermeyen ve renk homojenliğine sahip büyük blokların üretimine elverişli olduğu için, mermer sanayiinde kullanımı daha yaygın olan ve geniş alanları kaplayan granit kayacının, mermer yerine kullanılabilirliği için belirli standardı sağlayamayan altere kısmının ekonomiye kazandırılması, gelişen teknoloji ve artan rekabet karşısında ülke ekonomisine katkı ve doğal kaynaklarımızın en iyi şekilde değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde ekonomik değeri olmayan altere granit yatakları yaklaşık %30-35 feldspat içermektedir. Düşük tenörlü pegmatitik yataklar gibi zenginleştirme prosesleri ile ekonomik duruma gelebilecek olan bu yataklarda feldspat mineraline eşlik eden safsızlıklar mevcuttur. Seramik ve cam endüstrisi tarafından istenmeyen bu safsızlıklar; biyotit ve hornblendin yanında az miktarda muskovit, klorit, apatit ve sfen'dir. Manyetik ayırma ve flotasyon gibi fiziksel yöntemlerle bu safsızlıkların feldspat mineralinden ayrılması mümkündür.

Son 10-15 yıldır ülkemizde çok önemli gelişme gösteren seramik ve cam sanayii önceleri yüksek tenörlü, düşük rezervlerle ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Bugün ise mevcut yataklar yeterli olmamakta ve düşük tenörlü, yüksek rezervli feldspat yataklarının değerlendirilmesi söz konusudur. Bu konuda, Eczacıbaşı ve Ege Seramik gibi kuruluşlar kurdukları (Esan-Eczacıbaşı, Matel-Ege Seramik) tesislerle feldspat zenginleştirmesine başlamış ve zenginleştirebildikleri ürüne uygun reçetelerle üretime geçmişlerdir.

Magmatik kökenli bir kayaç olan granitlerden seramik endüstrisinin ana hammaddelerinden biri olan feldspatın kazanılarak, değerlendirilmesi bu tezde araştırma konusu olarak ele alınmıştır. Çalışmanın amacı; Eskişehir-Sarıcakaya Yöresi altere granit oluşumunun feldspat üretimi için potansiyel olup olmayacağını araştırmaktır. Bu çalışma ile; bilimsel olarak, günümüzde ekonomik değeri olmayan bu yatakların feldspat kaynağı için potansiyel olarak değerlendirilebileceğinin belirlenmesine ve ekonomik olarak da seramik sektörüne yeni hammadde kaynağı sağlanmasına çalışılmıştır. Ayrıca elde edilecek verilerle Türkiye’de mevcut diğer benzer oluşumların da kullanılmasına ışık tutulacaktır.

geçerli formasyon adlamaları yapılarak, bunların stratigrafi yaşları saptanmıştır. Bu litolojik birimler alttan üste doğru Sarıçay formasyonu, Avdan formasyonu ve Mihalgazi formasyonu ile temsil edilirler.

Tabanı gözlenemeyen ve yörenin geniş bir kesiminde yüzeylenen Sarıçay formasyonu paleozoik yaşlı başkalaşım kayaçları ile derinlik ve yarı derinlik kayaçlarıdır. Başkalaşım kayaçları biyotitist, kloritist, epidotist, granatist, biyotit-epidotist ve klorit-serisitistlerdir. Başkalaşım kayaçlarını kesen derinlik kayaçlarını granodiyoritler ve kalkoalkalen granitler, yarı derinlik kayaçlarını ise pegmatit, aplit ve kuvars filonları oluşturmaktadır.

Jura-Kretase yaşlı Avdan formasyonu, Sarıçay formasyonunun düzensiz aşınım topografyası üzerine açılı uyumsuzlukla gelip, üstten Mihalgazi formasyonu tarafından diskordan olarak örtülür. Avdan Formasyonu, Yayla yolu güneyinde, Ballıkaya Tepe, Öğlenkaya ve Deliklikaya kesiminde yüzeylenirler. Tabanda arkoz ile başlar, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ile devam ederek kireçtaşları ile son bulur.

Tersiyer yaşlı Mihalgazi Formasyonu, çakıltası-kumtaşı-kiltası-marn serisi ve Sarıcakaya volkanitleri olmak üzere iki seriden oluşmaktadır. Bunlar Sakarya Nehri'nin kuzeyinde ve güneyinde Sakarya Vadisi boyunca yüzeylenirler.

Paleozoik yaşlı bölgesel başkalaşım kayaçlarında şistozite düzlemlerinin doğrultuları değişiklikler gösterirken, epimetamorfitleerde durum farklıdır ve şistozite düzlemleri tek doğrultudur.

Jura ve Paleosen serileri içerisinde yer alan antiklinal ve senklinaller batıda tamamen kaybolmakta olup, sürüklenme hattına yakın kesimlerde oldukça fazla dik antiklinal kanatları görülmektedir.

Yöredeki granodiyorit ve kalkoalkalen granitler, Jura kireçtaşları, volkanitler ayrı dönemlerde çeşitli kıvrımlanma fazları süresince uğradıkları basınç ve gerilmeler sonucu kıvrılmış ve kırılmışlardır.

Her tür formasyonda çoğunlukla Alpin orojenezi ile oluşmuş küçük ve büyük çapta faylanmalar görülür. Özellikle Hersinyen ve Alpin orojenezi bu faylanmalarda etkili olmuştur (Kibici,1984).

2.3. Granitler

2.3.1. Tanım

Kelime anlamı olarak granit, tanelerden oluşmuş anlamına gelir. Petrografik tanım olarak ise, magmatik kayaç grubuna giren ve esasen feldspat, kuvars ve az oranda mikadan oluşan taneli kristalin bir kayadır.(Uz,1992,Toraman)

Granit, açık renkli, dağılımları ve tane boyları yaklaşık eşit olan tanelerden meydana gelir. Ender olarak bazı hallerde tane boyları ve renkleri değişebilir. Mikroskop altında taneler arasında hiçbir cam maddesine rastlanmaz. Mineraller idiomorf ve ksenomorf şekillerde olabilir. Granitin, magma kökenli bir kayaç olarak magmadan yerin derinliklerinde sıvı halden yavaş soğuma sonucu katılaştığı sanılmaktadır. Bu oluşum, daha önce mevcut minerallerin basit bir ergimesi veya basit bir sokulumu sonucu oluşmaz.(Uz, 1992,Toraman)

Granitin kökeni hakkında birbirinden farklı birçok görüş ortaya sürülmüştür. Ancak granitin kökeninin şimdilik melez olduğu söylenebilir. Her granitin ayrı bir geçmişi olduğu gibi, aynı granitin herhangi bir oluşum devresindeki durumu da farklıdır.(Uz,1992,Toraman)

2.3.2. Granitin Yapı Mineralleri

Granitin hemen hemen tamamı feldspat, kuvars ve mika olmak üzere üç mineralden oluşmuştur. Bazı granitlerde biyotitle beraber hornblend, çok ender olarak da enstatit veya hipersten, diyopsit, ejirin veya riebekit bulunabilir. Bu minerallerin yanında tali olarak manyetit, ilmenit, pirit, olivist, apatit, sfen, rutil, zirkon, turmalin,

granat, kordiyerit, andaluzit, sillimanit, korendon, epidot, monazit minerallerinden bir veya birkaçını izlemek mümkündür.(Bingöl,1971,Toraman)

2.3.3. Granitin Sınıflaması

Graniti çeşitli şekillerde sınıflandırma yapmak mümkündür. En önemli sınıflamalar, kimyasal ve mineralojik, dokusal ve yapısal, geometrik, tektonik özelliklerine göre yapılanlardır.

Granitin kimyasal özellikleri, bir granitten diğerine ve aynı masifte bir yerden başka bir yere çok farklı olabilmektedir. Ortalama kimyasal bileşimi aşağıdaki gibidir.(Bingöl, 1971,Toraman)

SiO ₂	%64-76
Al ₂ O ₃	%8.0-16.5
Na ₂ O	%2.6-6.5
K ₂ O	%2.7-6.5
CaO	%0.1-3

Mineralojik ve kimyasal sınıflamaların en önemlisi olan Lacroix sınıflaması şematik olarak aşağıda gösterilmiştir.(Çiçek,1994, Toraman)

Alkalin Granit

<u>Hiper alkalin granit</u>	<u>Alkalin granit</u>
(Al ₂ O ₃ >Na ₂ O+ K ₂ O)	(Al ₂ O ₃ <Na ₂ O+ K ₂ O)

Kalkoalkalin Granit

<u>Potasik granit</u>	<u>Sodik granit</u>		
K ₂ O/ Na ₂ O > 3/5	K ₂ O/ Na ₂ O < 3/5		
<u>Perortozik granit</u>	<u>Monzonitik granit</u>	<u>Okeritik granit</u>	<u>Granodiyorit</u>
(K ₂ O/ Na ₂ O > 5/3)	(5/3 > K ₂ O/ Na ₂ O > 3/5)	(Oligoklas)	(Andezin)

Granitler bazen kuvars ve feldspat dışında sahip olduğu karakteristik minerallere göre sınıflandırılır. Örneğin biyotitli, muskovitli, amfibollü gibi.

Doku ve yapısal sınıflamada doku ve yapılarına göre en sık olarak aşağıdaki granit türlerinden bahsedilebilir;

- Taneli granit
- Porfirik granit
- Granoporfir
- Pegmatit
- Yönlenmiş granit
- Kataklastik granit.

Geometrik sınıflamaya göre granitler, kenarları belirsiz ve kenarları sırlanmış granit masifleri olarak iki gruba ayrılır. Kenarları belirsiz granit masifleri, büyük kütleler halinde gnays ve pegmatitler içinde yer alır ve onlarla tedrici geçiş gösterirler. Yapıları nebülitik veya taneli, dokuları yönlüdür. Kenarları sırlanmış granit masiflerinin, içinde bulunduğu formasyonlarla kontaktı nettir. Geometrik ve yapı bakımından aşağıda belirtilen yataklanma çeşitlerini gösterirler(Bingöl,1971,Toraman) .

- Batolit
- Stok
- Lakolit
- Stratoid masif yataklanma çeşitleri
- Subvolkanik masif yataklanma çeşitleri.

3. SERAMİK HAMMADDELERİ VE FELDSPAT

3.1. Seramiğin Tanımı

Seramik, anorganik maddelerin belirli oranlarda katıştırılıp şekillendirilmesi, sırlanması ve pişirilmesi yoluyla sert ürün elde edilmesini sağlayan bilim, teknoloji ve sanatı içeren bir endüstri dalıdır. Seramik denilince akla ilk gelen porselen, fayans, çimento, cam, kiremit, tuğla olmaktadır. Bunların yanında drenaj boruları, çömlek, zımpara taşları, ferroelektrikler, ametal manyetikleri, sentetik tek kristaller ve uzay roket seramikleri de seramik kapsamı içine girerler. Seramik sanayii, halen aşağıdaki iş kollarında faaliyet göstermektedir (Sümer1988,1994; Kırıkoğlu,1990; Arcasoy,1983; Çıkışır,1997).

3.1.1. Porselen

Kaolin, feldspat, kuvars ve beyaz pişen kil harmanından imal edilen, sıvıları geçirmeyen, yarı saydam, genel olarak beyaz renkte olan vitrallaşmış seramik mamullere porselen denir. Genel olarak sert ve yumuşak olarak iki gruba ayrılır Sümer1988,1994; Arcasoy,1983; Çıkışır,1997).

3.1.1.1. Yumuşak porselen

Yumuşak porselen, yarı saydam, vitrallaşmış ve genel olarak beyaz renkte birbirinden farklı birçok bünyeyi içine alır. 1320°C'de vitrallaşır. Çoğu bisküvi pişiriminde vitrallaşır ve sır pişirimi daha düşük bir sıcaklıkta yapılır. Harmanlarında kullanılan hammaddelerine göre çeşitli alt sınıflara ayrılırlar. Bileşimi, genel olarak %25-35 kil cevheri, %22,5 kuvars, %20-35 feldspattan oluşur(Sümer,1994).

Segor porseleni, Amerikan sofrası çinisi ve İngiliz elektriksel porseleni, kaolen, plastik kil, kuvars ve feldspat harmanından imal edilen bünyelerdir. Feldspat yerine %85 nefelin siyenit ve %15 talk karışımı kullanıldığında çok iyi netice veren eritici bir hammadde karışımı elde edilmiştir. Segor porselen yumuşak porselenden

pişirme metodu ile ayrılır. Sert porselen gibi pişirilir. Bisküvi pişirimi 900°C'de, sır pişirimi 1250- 1300°C'de ve redüktif atmosferde yapılır(Sümer,1994).

Frit porseleni, Belleek çinisi ve Amerikan ince çinisi, düşük derecede pişirilmiş, yüksek bir yarı saydamlığa sahip porselenlerdir. Yüksek yarı saydamlık karışımındaki yüksek frit yüzdesinden kaynaklanır. Diğer hammaddeleri frit yüzdesine göre daha az miktarda kil, kuvars ve bazen de tebeşir ve mermerdir.

Dental porselen, Büyük bir yüzdede feldspat ve küçük yüzdelerde kil ve kuvars içeren bir harmandan elde edilir. Bünye kendiliğinden sırlandığı için sır uygulanmaz.

Parian, Yüksek oranda feldspat ve bazen frit ihtiva eden ve kendiliğinden sırlanan bir bünyedir. Sırsız biblo ve heykel imalinde kullanılır.

Jaspar, yaklaşık %50 oranında BaSO₄ ve kil ile kuvars ihtiva eden harmana sahiptir. Bünye boyalarını çok iyi gösterir ve bisküvi mamuller olarak kullanılır.

Bazalt, cet siyahı bisküvi bir bünyedir.

Kemik çinisi, %50 kemik külü, %25 kaolin ve %25 Cornish Stone (pegmatit) karışımından oluşan bir bünyedir. Cornish Stone yerine feldspat , kemik külü yerine aptit kullanılarak az miktarda plastik kil ve kuvars ilave edilerek elde edilen harman da güzel netice vermiştir. Kemik çinisinin en önemli özelliği yüksek derecede yarı saydamlığa sahip oluşudur. Sert porselene göre daha çok çeşitli sır altı renklerinin uygulanmasına elverişli olması, sır üstü renklerinin yumuşak olan sıra nüfuz etmesi nedeniyle sır üstü boyalarının daha dayanıklı oluşu ve diğer yumuşak porselen çeşitlerine göre daha yüksek çarpma mukavemetine sahip oluşu diğer önemli özellikleridir (Sümer,1990;1994).

3.1.1.2. Sert porselen

Hakiki sert porselen, son derece beyaz, tam anlamıyla vitralaşmış, yarı saydam ve büyük bir nispette potas, alümina silikatları ihtiva eden seramik bir bünyedir. Fakat günümüzde porselenin mukavemet, refrakterlik, elektriksel izolasyon gibi teknik özellikleri geliştirilmiş ve bu bünyeler için beyazlık derecesi ve yarı saydamlık gibi özellikler önemini yitirmiştir. Porselen harmanında son yıllarda tamamen yabancı maddeler ve özellikle pür oksitler ilave edilmiştir. Bu bünyeler yüksek bir yüzdede yabancı maddeleri ve az miktarlarda kil ve feldspat ihtiva etmektedir. Bileşimi, genel olarak %55 kil cevheri, %22,5 kuvars, %22,5 feldspattan oluşur ve pişme sıcaklığı 1300°C'nin üzerindedir (Sümer,1994).

3.1.2. Fayans

Beyaz fayans, sırlı, gözenekli ve beyaz bir bünyedir. Bisküvi pişirimi 1250-1280°C'de , sır pişirimi 1040-1060°C'de yapılır. Renkli fayans sırlı yada sırsız, gözenekli ve renkli bir bünyeye sahiptir. Üretimi killerin şekillendirilerek 1190°C'de pişirilmesi ile yapılır.

3.1.3. Çini

Sert çiniler, sırlı, açık renkli, opak ve su geçirmeyen pekişmiş bir yapıya sahiptir. Refrakter killer, porselen kırıkları ve şamot karışımından oluşan harman şekillendirildikten sonra 1160°C'de pişirilmesi ile üretimi yapılmaktadır. Pişmiş çamurun rengi sarı, kahverengi, mavi, griye kadar değişir. Kırılgan değildir ve %30-70 kil cevheri, %20-60 kuvars ve %5-25 feldspat hammaddelerinin başlıca bileşenleridir.

İnce sert çini, kırılgan değildir ve pişmiş çamurunun rengi açık gri ve beyazdır. Bileşimi, %40-45 kil cevheri, %20-30 kuvars, %20-30 feldspat ve %0-3 CaCO₃ ten oluşur. Kullanılan hammaddeler ise açık renk pişen sert çini killeri, kaolin, feldspat ve kuvarstır. Kullanım alanları; yer karosu, mutfak eşyası, sağlık gereçleri ve aside dayanıklı tuğla imalidir.

Yarı pekişmiş çini, beyaz fayansın Amerika'da kullanılan bir türüdür. Beyaz fayansa göre biraz daha düşük su emme özelliği ve dayanıklılık gösterir. Pekişmiş çini ise beyaz renkli ve opak olup, %0.1 su emme özelliğine sahiptir (Sümer,1994).

3.1.4. Ateş kili mamuller

Ateş kili mamulleri yüksek mukavemete sahip, renkli ve gözenekli bir yapıya sahiptir. Kaolin, refrakter killer, kum, kaset kırıkları ve hızar tozundan oluşan bir yapıdır. Engobe edildikten sonra sırlanan mamuller 1260-1300°C'de pişirilir.

3.1.5. İnşaat malzemeleri

Tuğla ve kiremit gibi inşaat sanayiinde kullanılan ürünlerdir. Tabii killerin direkt olarak şekillendirilmesi ve 900-1100°C'de pişirilmesi ile elde edilir. Kaba ve renkli bir bünyeye sahiptirler. Refrakter değillerdir ve pişmiş çamuru kırılındır.

3.1.6. Isıya dayanıklı malzemeler

Bu ürünler yüksek ısıya dayanıklı tuğla ve harç gibi bünyelerdir. Isıya dayanıklı hammaddelerin ve kimyasal maddelerin şekillendirilmesi ve 1580-2000°C'de pişirilmesi ile elde edilirler. Çeşitli renklere sahip olan bu malzemeler, kimyasal karakterlerine ve ısıl mukavemet değerlerine göre, alümina-silika ürünler, silika ürünler, bazik ürünler, şekillendirilmemiş refrakter ürünler, özel refrakter ürünler ve izolasyon ürünleri diye sınıflandırılabilirler.

3.1.7. Tek bileşikli seramikler

Çok özel şartlarda kullanılmak üzere üretilen saf oksitler, nitritler gibi tek bileşiklerdir. Alüminyum oksit, pres porselen tekniğinde oto bujilerinin üretiminde kullanılır.(Sümer,1988)

3.2. Seramik Hammaddeleri

3.2.1. Özlü seramik hammaddeleri

Özlü seramik hammaddeleri su ile yoğrulabilen, dağılmadan kolaylıkla şekillendirilebilen, kurdukları zaman verilen şekli koruyabilen hammaddelerdir. Özlü seramik hammaddeleri kendi aralarında özlülük derecelerine göre, oluşum koşullarına göre içerdikleri tane irilikleri ve yoğrulmaları için alabildikleri su miktarı etken olacak şekilde sıralanırlar. Bu tanıma göre en özlü hammadde montmorillonitik bir grupsal yapı gösteren bentonit, en az özlü hammadde ise kaolinler olmaktadır (Sümer,1994;Çobanlı,1996;Çıkışır,1997).

Kaolin ve killer, granit, gnays, feldspat, porfir, siyenit ve pegmatit gibi primer erüptif kayaların, doğasal ve buna bağlı yardımcı fiziksel ve kimyasal etkenler ile aşınıp, bozunup, dağılıp, ufalanıp, sürüklenmeleri sonucu oluşmuştur. Bozunan kayalar oldukları yerde kaldıkları gibi, Rüzgar ve su gibi doğa etkenleri ile de çok uzaklara taşınmışlardır. Bu taşınma sırasında az yada çok öğütülme, organik ve inorganik diğer maddelerle karışmalar olmuştur. Buna göre yakına taşınan yada tane irilikleri nedeniyle yakında çöken oluşumlar temiz olarak kalabilmiştir. Örneğin kaolinler fazla taşınmadan erken çöken maddelerdir (Sümer,1994;Çobanlı,1996;Çıkışır,1997).

3.2.1.1. Kaolin grubu

Natrik, diktit, kaolinit	$(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O)$
Anoksit	$(Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O)$
Halloysit	$(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O)$
Allofan	$(Al_2O_3 \cdot n SiO_2 \cdot n H_2O)$

Kaolinit genel olarak çoğu plastik seramik hammaddelerinin esas mineralidir. Su içeren bir alüminyum silikat olan kaolinit, mineralojik olarak $Al_2(SiO_5)(OH)_4$ grubundan oluşur. SiO_5 grubu tipik olup yaprak yada kat dokulu silikatların belirtisidir. $800^{\circ}C$ 'de sertleşir, yoğunluğu $2.2-2.6 \text{ g/cm}^3$ arasındadır. Sülfirik asitte tamamen

çözünür. Sıcak potasyum ve sodyum eriyiğinde çözünür. Rengi kar beyazdır. Demir ve mangan bileşikleri tarafından boyanabilir. 1850°C'de erir.

Tüm silikatların esas yapı taşı , ortada silisyum iyonunun bulunduğu dört iyonlu bir tetraedr bir yapıdır. Oksijen iyonlarının arasına sığabilen silisyum iyonu, bozulmaz bir özellik gösteren $(SiO_4)^{4-}$ tetraedrini oluşturur. Kat dokulu silikatlarda bu tetraedri, oktaedr dokulu ağda birleşir.

Kaolinitin mineral yapısı iki tabakalı olup, bu tabakalar tetraedr ve oktaedr tabakalarıdır. Kaolinit yaprakçıkları tam elastik olmamakla birlikte, bükülebilir özellikler gösterir. Sertlikleri 2-3 dolayındadır. Kaolinit, %39.5 Al_2O_3 , %46.55 Si_2O , %13.95 H_2O içerir. Pişme sırasında H_2O uçarak %13.95'lik ateş kaybı oluşturur. Pişme sonrasında geri kalan substans %45.9 Al_2O_3 , %54.1 SiO_2 içerir.

Seramik sanayiinde pişme rengi beyaz kaolin kullanılmaktadır. Seramikte eritici madde olarak kullanılan feldspat ve kuvars 1150°C civarında eriyerek kaolini bağlarlar ve sinterleşmeyi gerçekleştirirler. Erime ile sinterleşme arasındaki mesafe büyük olmalıdır. Karbonatlar bu mesafeyi kısalttıkları için kaolin içinde istenmeyen maddelerdir. Genel olarak %50 kaolin, %25 feldspat ve %25 kuvarstan oluşan porselen için kaolinde demir oranı %1'in altında olmalı ve bünyeye homojen olarak dağıtılmalıdır. Porselen yapımında kullanılan kaolinin kuruma ve pişme küçülmesinin belli boyutlarda olması istenir. Serbest kuvars içeren kaolinlerde Al miktarı azaldığından, yıkanarak kuvarsın uzaklaştırılması gerekir. Fayans yapımı için aranan kaolinin %65'i 2 mikrondan ince, ortalama 1.2 mikron boyutunda, plastik, beyaz renkte olmalı, Fe ve Ti bulunmamalıdır. Bir kaolinin teknolojik değeri , pişme rengini etkileyen oksitlerin yanı sıra, yıkama ile atılabilen kuvars ve feldspat miktarına bağlıdır.

Halloysit, mineralojik formülü $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4 \cdot 2H_2O$ olan bir alüminyum silikat olup, ateşe dayanıklı killerin bünyesinde bulunur. Kaolinite göre fazla olan $2H_2O$, 50-100°C arasında kolaylıkla atılır. Halloysit, diğer kil minerallerinin yapraksı yapısına karşın Çubuk ve boru görünüşlü bir yapıya sahiptir. Sertliği 1-2 civarındadır. (Sümer;Arcasoy,1983;Çobanlı,1996)

3.2.1.2. Montmorillonit grubu

Pyrophyllit	$(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O)$
Montmorillonit	$(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O + nH_2O)$
Beidellit	$(Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O)$
Nontronit	$((Al,Fe)_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O \cdot nH_2O)$
Saponit	$(2MgO \cdot 3SiO_2 \cdot n H_2O)$

Montmorillonit kuru haldeki bünyesine su alarak ilk hacminin 16 katına kadar kristal iskeletini geliştirebilir. Plastisitesi ve absorpsiyon özelliği kaolinit, pyrophyllit ve talka oranla çok yüksektir. Kaolinitin iki tabakalı mineral yapısına karşın montmorillonit kil mineralleri üç tabakalı tetraedr-oktaedr-tetraedr yapısında oluşmuşlardır. Sertliği 1'dir. Montmorillonitin ideal formülü $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ olarak kabul edilirse bunun %28.2'si Al_2O_3 , %66.8'i SiO_2 ve %5'i H_2O bileşiminde olduğu saptanır. Pişmiş durumda bu oran %29.8 Al_2O_3 ve %70.2 SiO_2 olarak belirlenir .

Genellikle bentonit formuna da sahip olan bu mineral, emaye, sır ve çamurlarda plastiklik için kullanılır. Bentonitik yapılı kil mineralleri çok ince tanelidir. %40 dolayında < 0.06 mikron taneciğe sahiptirler. Bu sayı kaolinlerde %0.5-1.5 , killerde %5-20 arasındadır. Montmorillonitin sulandırılması güç olup, diğer kil minerallerinin de kolaylıkla sulanmasına engel olurlar.

3.2.1.3. İllit grubu

Yüksek oranlı kil minerallerinin yer aldığı illitler, muskovit ve biotit olarak tanınan glimmerlerden oluşurlar. İllitler, glimmerlere göre daha az alkali olup , daha fazla suludurlar. Hidratize glimmer artıkları olarak adlandırılırlar.

Montmorillonit grubunda olduğu gibi illitler de tetraedr-oktaedr-tetraedr'lerden oluşan üç tabakalı kil mineralleri sınıfına girerler. Sertlikleri 2-3 arasındadır. İllit kristal suyunu montmorillonitte olduğu gibi $100^\circ C$ gibi düşük bir sıcaklıkta kaybeder. İllitler tuğla ve kiremit hammaddelerinin içinde bol bulunurlar.

Glimmer soylu killerin en önemlilerinden biri olan vermikulit, yumuşak, talk görünüşlü, bükülebilir yaprakçık dokusundan oluşan, bronz renkli bir kildir. En önemli özelliği, ani ısıtma sonucu körük formu gibi patlayıp genişlemesidir. Bu özelliğinden dolayı yalıtım maddesi olarak kullanılır.

Killer seramik endüstrisinde kullanımına göre çeşitli gruplara ayrılabilirler;

İnce seramik killeri, literatürde Ball Clay olarak adlandırılırlar. Sekonder ince taneli killerdir. Plastisiteleri yüksektir. Pişme renkleri beyaza yakın gri, bej ve kremdir. Genellikle kaolinit minerali ile birlikte oluşmuşlardır.

Bentonitler, volkanik kayaçların alterasyonu sonucunda oluşan montmorillonit içeren killerdir. Şişen ve şişmeyen olarak iki türü vardır. Şişenleri sodyum montmorillonitten oluşmuş olup su ile karıştırıldığında hacminin 5-10 katı şişerler. Şişmeyenleri ise kalsiyum montmorillonitten oluşmuş olup absorpsiyon özellikleri yüksektir. Bu sebeple temizlik işlerinde kullanılırlar. Seramik sanayii için, bağlayıcı özelliği ve ateşe direnci fazla, pişme rengi beyaz olan alkali bentonitler kullanılmaktadır.

Refrakter killer, Al_2O_3 oranı yüksek killerdir. Demir oksit ve alkali oksitleri bu tür killerde bulunmamalıdır. İki önemli türü vardır. Şamot kili, alüminyum yüzdesi yüksek sert yapıda bir kildir. Kömür yataklarının katmanlarında rastlanır. Bağlama kili ise refrakter ve plastik kildir. Şamotun şekillendirilmesinde kullanılır.

Tuğla ve kiremit killeri, genellikle içerdikleri demir bileşikleri nedeniyle kırmızı ve kahve renklerinde pişerler. Değişik jeolojik zamanlarda oluşmuşlardır. Gerekli dayanımı sağlayacak olan 950-1200°C arasında pişirilirler. Bu killer yüzeyde yada yüzeye yakın olarak buldukları için fazla miktarda organik bileşikler ve kalker, demir gibi safsızlıklar içerirler.

Gre killeri ise 1250°C dolayında piştikten sonra vitrifiye olan , pişme rengi krem, plastik killerdir. Genellikle yer ve duvar karoları ve kaba gre ürünlerinin üretiminde kullanılır.

3.2.2. Özsüz seramik hammaddeleri

Seramik çamurlarında özsüzleştirici olarak kullanılan maddeler, anorganik özsüz hammaddeler ve organik katkı maddeleri olarak iki grup altında incelenebilir.

Anorganik özsüz maddeler katıldıkları seramik çamurunu özsüzleştirerek plastikliğini azaltırlar. Genelde çamurun kuru direnç, kuru küçülme ve pişme küçülmesini azaltıp, su emmeyi artırır. Diğer bir önemli özellikleri de çamurun kuruma süresini önemli ölçüde kısaltmalarındır. Özsüzleştirilmiş bir çamur, özlü bir çamura oranla daha kısa sürede kurur ve daha az kuruma hatası verir.

Özsüz seramik hammaddeleri, pişmekte olan ürünlerde çamurun pişme özelliklerini ve pişme sıcaklığını da etkiler. Çamura katılan özsüz hammaddenin türüne ve oranına göre, çamurun pekişme sıcaklığı yükselirse de, ortaya çıkan daha geniş sinterleşme intervali (pekişme aralığı) çoğu seramik ürünler için bir avantaj olmaktadır. Bazı özsüz hammaddeler ise , büyük ölçüde pişme sıcaklığının ve katkı oranının da etkisi ile çamur içinde eritici özellik göstererek, onun erken sinterleşmesini sağlarlar.

Anorganik özsüz hammaddeler doğal ve yapay olarak ikiye ayrılabilirler. Doğal özsüz seramik hammaddeleri şu maddelerden oluşur;

3.2.2.1. Kuvars

Yeryüzünün bilinen kısmının %25'ini kapsayan kuvars, oksijenden sonra en çok rastlanan silisyumun bir bileşimidir. Kimyasal formülü SiO_2 olup sertliği 7'dir. Doğada kristal olarak dağ kristali, ametist, kuvarsit, kuvars ve kuvars kumu olarak, amorf olarak ise flint ve sileks taşları, kizelgur şekillerinde bulunur.

Kuvars kristali granit, gnays gibi ana kayaların içinde bulunabildiği gibi bazen de tek başına, tanecik yapısında olarak damarlar şeklinde diğer minerallere karışmış halde bulunur. Ana kayalar içinde kuvars dış etkenlerden etkilenmediği halde, ana kayanın doğa etkileri ile bozunması sonucu, açıkta kalan kuvars sularla yıkanıp sürüklenerek başka bölgelerde tek başına çökebilir.

Çok az su ve organik madde içeren bir kuvars olan flintin üzeri genel olarak kalk ile kaplanmıştır. Kırıktı karakteristik olarak midye kabuğu dokusunda ve siyah renklidir. Flint taşlarının seramik endüstrisinde en yaygın kullanım alanı bilyalı değirmenlerde doğada buldukları şekilleri ile, öğütme bilyası olarak kullanımlarıdır.

Seramik sanayiinde kuvarsın geniş bir kullanım alanı vardır. Seramik çamur ve sırlarında önemli görevler üstlenir. Seramik masse üretiminde sertliği artırır, deformasyonu önler. Massedeki kuvarsın miktarı arttıkça sertlik de artar. Çamur içine kuvars katkısının etkileri şu şekilde sıralanabilir:

- Çamurun bağlayıcı özelliği ve kuru direnci, katkı oranı arttıkça azalır.
- Pişmiş çamurda gözeneklilik ve su emme artar.
- Kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma ortaya çıkar. Katkı oranı çok artarsa büyüme görülür.
- Asitlere dayanıklılığı artırır.
- Seramik yapılarda iskelet görevi yapar ve deformasyonu önler.

Kuvars ısı genişmesini düşürür. Bu özelliği ile kılcal çatlamayı önler. Aynı şekilde sıran basınca dayanımı da kuvars katkısı ile artar. Kuvarsın fazla konulması tridimit kristalinin ayrışmasına yol açacağından mat etki gösterir.

Kuvarsın seramikte frit yapımında dolayısıyla sır hazırlamada kullanılır. Kuvars, normal olarak uygulanan sıcaklıklarda ve bazik oksitlerde kombinasyonla cam meydana getirici olarak rol oynar. Fazla miktarda kullanıldığında kristalin ayrışmasına neden olur. Kuvars aynı zamanda erime sıcaklığını tayin edici bir maddedir. Sır yapımında kullanılan seger formülünde kuvars oranı ne kadar yüksek olursa erime sıcaklığı o

oranda yükselir. Çeşitli hammaddeler SiO_2 ile çözünmez silikatlar haline getirilirler. Sırın kuvars oranı dış hava şartlarına dayanımını etkileyen faktörlerden biridir.

3.2.2.2. Feldspat

Özsüz bir hammadde olmasına karşın, çamurlarda belli bir pişme sıcaklığına çıkıldığı zaman, çamurları pekiştirerek eriticilik özelliği gösterir. Aynı zamanda sırlarda da kullanılan çok önemli bir eriticidir. Genel tanımlaması, içinde belli sayıda alkali bulunduran alümina silikat olarak yapılabilir (Önem,1997).

Feldspat, magmatik bir kayaç olup, genellikle kuvars ile ve sık sık da glimmer ile karışmış olarak bulunur. Doğal feldspatlarda Na, K, Ca, Li, Ba, Cs gibi oksitler farklı oranlarda yer alırlar.

Feldspatların ince öğütülmesi (-0.074 mm) ve pişme renklerinin beyaz olması gerekir. Alkali feldspatlar daha önemli olup, erime dereceleri 1250-1350°C civarındadır. Düşük erime sıcaklığına sahip sodyumlu feldspatlar daha çok sırlarda kullanılır (Önem,1997).

Feldspatlar, düşük ısıda pişirilmiş yumuşak porselenlerde reçete bileşiminin %25-40'ını, sofraya eşyasında %18-30'unu, sıhhi tesisatta %30-36'sını, elektroporselende %18-30'unu oluşturur. Beyaz mamul, çömlek, fayans, sıhhi tesisat %15-35'ini, sır malzemesinin ise %30-50'sini oluşturur.

Feldspatlar hakkında daha detaylı bilgi bölüm 3.3'de verilecektir.

3.2.2.3. Pegmatit ve feldspatlı kum

Pegmatitler büyük ölçüde potasyum feldspatı ve kuvars içerirler. İnce taneli pegmatit olan feldspat kumu, klinker, yer karosu gibi ürünlerin üretildiği sert çini çamurlarının bileşimine büyük ölçüde girer. Pegmatitleri feldspatça zenginleştirmek için, feldspat ve kuvarsın öğütme sırasında farklı inceliklerde öğütülmelerinden

yararlanılır. Kuvars daha sert bir mineral olduğundan, öğütme sırasında feldspat daha ince öğütülür ve siklonlar yardımıyla bu iki madde birbirinden ayrılır. Feldspatça zenginleşmiş olan pegmatit ince ve kaba seramik çamurlarında ve sırlarında kullanılır.

3.2.2.4. Diğer özsüz seramik hammaddeleri

Kuvars, feldspat, pegmatit ve feldspatlı kumun dışında doğal özsüz seramik hammaddeleri olarak kalk, magnezit, dolomit, wollastonit, boksit, korund, talk ve sabuntaşını saymak mümkündür.

3.3. Feldspatlar

Yeryüzünün yaklaşık %60'ı feldspattan oluştuğu için hemen her yerde zengin feldspat yataklarına rastlanmaktadır. İyi feldspat tabakalarının yavaş yavaş azaldığı gözlemlendiğinden kazılmaya yatkın yeni tabakaları keşfetmek veya fazla kirlenmiş yatakları feldspat represantı olarak ele almak ve modern temizleme metotları ile belirli cinslerine sınıflamak gereklidir.

3.3.1. Tanım ve sınıflama

Seramik bünyelerde ve sırlarda en önemli ergitici madde feldspattır. Feldspat terimi, birçok alkali veya toprak alkali alüminyum silikatları kapsar. En çok primer kayalarda bulunan bir manyetik orijinli mineral olup başlıca kuvars ve bazen de mika ile karışmıştır. Doğal feldspatlar genelde, sodyum, potasyum, kalsiyum, lityum ve bazen de baryum ve sezyum alümina silikatlarının muhtelif oranlarını ihtiva ederler.

Potasyum feldspat seramik bünyelerde en önemli maddedir, daha düşük ergime noktasında bulunan soda feldspatları daha ziyade sırlarda kullanılır ve lityum feldspatı da büyük ergitme işlemlerinde oldukça önemli olmaktadır.

Feldspatlar, SiO_4 dört köşeli iskeletlerindeki dört oksijenin paylaşılması ile oluşmuş, üç boyutlu kafes yapısı gösteren silikatlardır. %60 oranında dağılım frekansı

ile magmatik kayaların içinde en fazla rastlanılan mineral grubunu oluştururlar. Bu minerallerde silisin dörtte biri veya yarısı yerine alüminyum gelmiş olup, elektriksel denge bileşiğe sodyum, potasyum ve kalsiyum ilavesiyle sağlanmıştır. Dolayısıyla bileşimleri ortoklas-albit- anortit arasında içerdikleri katyonun cinsine göre değişen iki katı eriyik serisi meydana getirirler(SITI;Uz,1992,Toraman).

3.3.1.1. Alkali feldspatlar (Ortoklaslar)

Alkali feldspatlar, potasyumlu terim olan ortoklas ile sodyumlu terim olan albit arasında az çok bir sürekli seri oluştururlar. Kimyasal yapıları aynı fakat farklı kristal şekillerine sahip bu grubun genel formülü; $(K,Na) (AlSi_3O_8)$ veya $Xab+(100-x)Or$ dır.

Ortoklas	$KAlSi_3O_8$
Sanidin	$KAlSi_3O_8$
Mikrolin	$KAlSi_3O_8$
Anortoz	$NaAlSi_3O_8$
Albit	$NaAlSi_3O_8$

Bu mineraller arasında kristalografik yapı değişiklikleri vardır. Büyük bir anyon olan K^+ 'ın bulunduğu veya çok bulunduğu yapılar monoklinik, Na^+ bakımından zengin olanlar ise triklinik olarak kristalleşmiştir. Ortalama sertlikleri 6, yoğunlukları 2.65 gr/cm^3 'tür.

Özellikle magma kökenli kayaların bünyelerinde yer alan bu minerallerden ortoz ve mikrolin magmanın yavaş soğuması sonucu oluşan derinlik kayalarında, sanidin ile anortoz ise magmanın yeryüzüne çıkıp hızlı soğuması sonucu oluşan yüzey (volkanik) kayalarda esas mineral olarak bulunur.

Saf potasyum feldspatın (ortoklas) erime sıcaklığı 1170°C , sodyum feldspatın (albit) ise 1120°C dir. Ancak ortoklasın tam erime sıcaklığı 1280°C ye ulaşmaktadır. Bu da ortoklasın geniş bir erime aralığına sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle

özellikle porselen çamurlarında ortoklas daha fazla kullanım alanı bulur. Albit daha fazla eriticilik özelliği nedeniyle öncelikle sırların yapısında önemli rol oynar.

3.3.1.2. Plajioklaslar (Kalko-sodik feldspatlar)

Geniş bir sıcaklık sahası içinde sürekli bir katı eriyik olup, bileşimleri sodyumlu terim olan albitten (Ab), kalsiyumlu terim olan anortite (An) kadar değişen bir seri teşkil eder. Genel formülü, $n.NaAlSi_3O_8 - m.CaAl_2Si_2O_8$ 'dır. Albit ile anortit izomorf karışımlardan meydana gelirler ve içerdikleri anortit oranına göre aşağıdaki gibi sıralanırlar.

Albit -----	$NaAlSi_3O_8$ -----	% 0-10 An
Oligoklas		% 10-30 An
Andezin		% 30-50 An
Labrador		% 50-70 An
Bitovnit		% 70-90 An
Anortit-----	$CaAl_2Si_2O_8$ -----	% 90-100An

Ortalama sertlikleri 6, yoğunlukları $2.62-2.72 \text{ gr/cm}^3$ arasında ve triklinik sistemde kristalleşmiş olan plajioklaslarda çokuz ikizlere çok sık rastlanır. Plajioklaslar camsal parlaklık gösterirler. Fakat kaolenleşme sonucu porselene benzeyen bir görünüm kazanırlar. Plajioklasların alkali tenörleri düşük olduğundan ekonomik önemleri azdır. Beyaz, gri, nadiren de kırmızımsı olabilirler .

Bir sodyumlu feldspat olan albit, K-feldspat ile katı çözelti oluşturmayıp ancak bir miktar K-feldspat ile birlikte bulunur. Albitlerin seramik ve cam hammaddeleri bakımından önemi çok fazladır. Feldspatların en homojen grubu olan kalsiyumlu feldspatlar içerdikleri Ca oranlarına göre mükemmel bir katı çözelti oluştururlar.

Feldspat doğada çok yaygın bulunmasına rağmen çok az sayıda cam ve seramik sanayiine uygun özellikte hammadde içermektedir. Bunun nedeni feldspat, özellikle

K-feldspat oluşumlarının büyük çoğunluğunun ince taneli kayaların bileşeni olarak bulunması, demir içeren mineraller tarafından kirletilmiş olmasıdır.

Seramik ve cam sektörü için feldspatların tane büyüklükleri ve erime derecelerinin büyük önemi vardır (Uz,1992,Toraman).

	<i>Erime Derecesi</i>
Potasyum feldspat	1200-1250°C
Sodyum feldspat	1150-1225°C
Kalsiyum feldspat	1500-1550°C

Saf feldspatların kimyasal analizleri şu şekildedir:

	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Albit.....	11.3	-----	-----	15.4	68.8
Ortoklas.....	-----	16.9	-----	18.4	69.7
Anortit.....	-----	-----	20.1	36.6	43.3

3.3.2. Bulunuş şekilleri

Feldspat, yerkabuğundaki bir çok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayacın bileşiminde büyük ölçüde bulunması dolayısıyla ticari olarak çeşitli kaynaklardan üretim yapılmaktadır. Ticari feldspat kaynağı olarak halen kullanılan kayaç türleri şunlardır:

3.3.2.1. Pegmatitler

Pegmatit, potasyum feldspatın hakim mineral olarak bulunduğu ve ayrıca başka ekonomik mineraller de içerebilen, kaba taneli magmatik bir kayadır. Genellikle granit, granodiyorit bileşimli kayalarda ilişkili olarak bulunur. Ayrıca metamorfik proseslerde de bulunmakta olup oluşum modeli henüz tam olarak açıklanmamıştır. Sanayinde direkt olarak veya zenginleştirmeye müteakip kullanılmaktadır. Bunlardaki feldspatların

çoğunda demirli silikatlar bulunmaz. Pegmatitler bileşimlerine göre asit ve bazik olarak iki gruba ayrılır.

Asit pegmatitlerden granitik olanlar, esas olarak kuvars, alkali feldspat (ortoz, mikrolin), asit plajioklas (albit, oligoklas) ve muskovit ile tali olarak turmalin , topaz, florit, kassiterit, apilit ve kıymetli taşlar ile nadir elementler içerir.

Siyenitik pegmatitler cevherleşme yönünden önem taşırlar. Element içerikleri granitik olanlardan farklı olmayıp sadece nicelikleri ve kuvarsın yokluğu ile ayırt edilirler.

Bazik pegmatitler, esas olarak bazik bir plajioklas (andezin, labrador) ile hornblend veya piroksenlerden oluşurlar. Asit pegmatitlere nazaran ekonomik önemleri yoktur.

3.3.2.2. Aplitler

Aplitler, mineralojik olarak, damar kayacı şeklinde ve granit bileşiminde bir kayaç dokusunu; ticari olarak ise, büyük ölçüde albitten oluşan feldspatik bir damar veya dayk kayacını ifade eder. Kaolinleşmiş türleri de sanayinde kullanılmaktadır. Bunlar da granitik kayaçlarla ilişkili olarak oluşmuşlardır. En ucuz feldspat kaynağıdır. Genellikle albit ve ortoklas içerirler.

3.3.2.3. Feldspat filonları

Granitik kayaçların kendi bünyeleri içinde veya kontakt halindeki yan kayaçlarda enjeksiyon damarları halinde oluşmuş feldspatça zengin sokulumlardır. Çok zengin tenörlü Na ve K-feldspat içerirler, impürite oranları daha düşüktür.

3.3.2.4. Nefelinli siyenit

Silişçe fakir kristalin bir kayacı olup albit ve mikrolin türü feldspat ile nefelinden oluşur. Az miktarda mafik silikatlar ve diğer aksesuar mineralleri içerir. Dünyada geniş yayımlıdır. Ancak ticari olarak halen Kanada, Norveç, Rusya ve ABD’de işletilmektedir. Kanada’da 1930’larda, Norveç’te ise 1950’lerde işletilmeye başlanmıştır. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümina içeriği, yüksek ergime gücü ve dar erime aralığı cam endüstrisinde ideal uyum gösteren karakteristiklerdir. Bu mineralin feldspata kıyasla daha yüksek alümina ve alkali içeriği, cama birim alümina itibariyle daha fazla alkali katılımı anlamına gelmektedir. Kayacın endüstriyel özelliklerini temin eden nefelin minerali $\text{Na}_3\text{K}_{14}\text{Si}_4\text{O}_{16}$ kimyasal bileşimine sahip, $\text{Na/K}=3/1$ olan, hegzagonal sistemde kristallenen, Moh’s sertliği 5.5-6 ve özgül ağırlığı $2.5-2.7 \text{ gr/cm}^3$ olan bir mineraldir. Alterasyon sonucunda sodalit, dankrinit, zeolit türleri ve özellikle de analisime dönüşür. Nefelinli siyenitin bazı türleri; kongressit, kregmantit, ditroit, fenit, foyalit, iyolit, laurdalit, litfieldit, melteigit, miyaskit, monmoutit, raglanit, rauvillit ve urtittir. Nefelinli siyenit, Türkiye açısından da potansiyel feldspat kaynağı olarak istikbal vaat etmekte olup, Kırşehir masifindeki sodalitli siyenit ve miyaskit türü kayalar, zenginleştirme çalışmaları sonucunda Norveç nefelinli siyenitine eşdeğer alkali zenginleşmesi ve demir oksit/karbonat impuritelere alt limit değerinde oldukça iyi verimle kazanılmış bulunmaktadır. Nefelinli siyenitin seramik endüstrisinde kullanılabilmesi için Fe_2O_3 içeriğinin maksimum %0.08 olması gerekir.

3.3.2.5. Alaksit

ABD’de Kuzey Karolina’da Spruce Pine’da en yaygın olarak gözlenen belirli bir kayaç türünü ifade eder. Ancak ticari olarak farklı bileşimdeki granitik kayalara uygulanır. Granit-pegmatit arası bir kimyasal bileşime sahip olduğu söylenebilir. Ortalama mineralojik bileşimi: %45plajyoklas, %25 kuvars, %20 mikrolin ve %10 muskovit şeklindedir.

3.3.2.6. Grafit granit (Yazı graniti)

K-feldspatın hakim olduğu, sekonder mineral olarak kuvars içeren ve yüksek %20 oranı istendiğinde kullanılan bir pegmatitik kayaç cinsidir. Ticari değeri üstte belirtilenler kadar değildir.

3.3.2.7. Perlit

Perlit k-feldspat içinde mikroskobik plajioloklas büyümelerinden teşekkül eder. Grafik granit ve pegmatitlerde perlit oluşumu yaygındır ve kayaca belirgin bir dokusal özellik kazandırır.

3.3.2.8. Feldspatik kumlar

Doğal veya işlenmiş halde feldspat ve kuvars karışımından oluşmuş kumlardır. Feldspatça zengin kayaçların erozyonu ile taşınıp depolanması sonucu oldukça zengin plaser yataklar oluşabilir ve büyük rezerv arz edebilir. Bazı pegmatitik metalik maden işletmelerinde zenginleştirme sırasında yan ürün olarak da elde edilmektedir.

3.3.2.9. Altere granitler

Granitik kayaçların atmosferik şartlar altında veya hidrotermal etkilerle belirli ölçüde alterasyonu sonucu, içerdiği feldspatlarla kaolenleşme gelişir ve kayaç bünyesindeki mafik mineraller belirli ölçüde uzaklaştırılarak demir impuritesi azalır. Saf feldspat kaynaklarının son yıllarda rezerv yönünden darboğaza girme eğilimi göstermesi neticesinde söz konusu granitlerin seramik sanayiinde değerlendirilmesi yönünde çalışmalar hız kazanmıştır. Türkiye’de de Çanakkale Seramik Fabrikaları Karabiga civarındaki bu tür oluşumlardan, massede kullanılan feldspat / kuvars / kaolin karışımı bir malzeme üretmektedir.

3.3.3. Feldspatların değerlendirilmesi

Türkiye’de feldspatlar tamamen açık işletme usulü ile, patlatma yapılarak elde olunmaktadır. Bu suretle sağlanan tüvenan malzeme kamyonlarla üreticilerin ek başka işlemler yapacakları alana sevk edilir ve bu işlemlerden sonra satışa sunulmak üzere depolanmaktadır.

Feldspat veya feldspatik kayalar, ocak başında elle ayıklama ile tenörü yükseltilecek tüvenan cevher olarak piyasaya sunulabildiği gibi, tüvenan cevheri çeneli kırıcı, konik kırıcı, bilyalı değirmenlerden geçirdikten sonra manyetik veya elektrostatik seperasyon yöntemleri ile Fe_2O_3 oranının istenilen düzeye indirilmesi ile piyasaya sunulur. Feldspatları piyasaya hazırlamak için kullanılan diğer bir yöntem ise flotasyon yöntemidir. Bu yöntemde madenden çıkarılan ham cevher çeneli ve konik kırıcıdan geçirilerek, çubuklu değirmende yaş öğütme yapıldıktan sonra elekten geçirilerek sınıflandırılır. Sınıflandırılan hammadde renk verici bileşenlerinden ayırmak için manyetik ayırma işlemine tabii tutulur ve şlam atma işleminden sonra da flotasyon devresine alınır. Flotasyon devresinde mika, kuvars ve demirli safsızlıklardan arındırılarak elde olunan feldspat, vakum, filtre veya su giderici eleklerde susuzlandırılıp kurutulduktan sonra satışa sunulur.

Feldspatlar doğada çok yaygın olarak bulunmasına rağmen çok az sayıda yatak cam ve seramik sanayiinde kullanılmaya uygundur. Çünkü feldspat oluşumlarının çoğunluğu demirli mineraller içermektedir. Feldspatik mineral ve kayalar, cam, seramik, boya, kauçuk ve plastik sanayilerinde kullanılmaktadır.

Feldspat üretiminin %60 ı cam sanayiinde, %35 i porselen yapımı ve sır hammaddesi olarak seramik sanayiinde ve geri kalan kısmı da çeşitli endüstri dallarında tüketilmektedir. En çok seramik ve cam sanayiinde kullanılan feldspatın ticari olarak kullanılan mineralleri ortoklas, albit, mikrolin, oligoklas ve andezindir. Feldspatlar diğer sanayi dallarında, yumuşak aşındırıcı, sabun, cila ve emaye işlerinde kullanılmaktadır.

Sodyumlu, potasyumlu türleri ile apilit ve pegmatitler de feldspatlar olarak ticarete geçer. Gri ve beyaz feldspatlar tercih edilir. Genellikle pegmatitik kökenli yataklar işletilir. Bu gruba dahil hammaddelerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir (Sarız, Nuhoglu, 1991)

	<u>K-Feldspat %</u>	<u>Na-Feldspat%</u>	<u>Aplit %</u>	<u>Pegmatit %</u>
K ₂ O	5 - 11	0 -0.8	2.5 - 4	3.5 - 4.5
Na ₂ O	2 - 4	7 - 10	1.5 - 3	1.5 - 2.5
CaO	1 - 2	1 - 2	0.5 - 1.5	0.3 - 1
Fe ₂ O ₃	0 -0.3	0 - 0.5	0.3 - 1	0.3 - 1
TiO ₂	0 - 0.1	0 - 0.3	0.1 - 1	0.3 - 1

Seramik sanayii için feldspatların pişme renginin beyaz olması gerekir ve ince öğütülmelidirler (ortalama 0.074 mm). Alkali feldspatlar daha önemli olup, erime dereceleri 1250-1350°C civarındadır. Düşük erime sıcaklığına sahip sodyumlu feldspatlar daha çok sırlarda kullanılır.

Cam sanayiinde ise tane boyutunun nispeten iri (-0.84 mm) ve demir içeriğinin çok düşük (maksimum %0.1) olması arzu edilir.

3.3.4. Feldspatlardan seramik sanayiinde aranan özellikler

Seramik endüstrisinde eritici olarak kullanılan feldspat, diğer seramik hammaddeleri ile karıştırıldığında erime noktasını düşürür. Kil, kuvars ve feldspattan oluşan seramik hamurunda feldspat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer, buna karşılık kil ve kuvars katı halde kalır. Daha sonra erimiş feldspat, katı parçacıkları yumuşatır ve gözenekler arasına dağılır. Yüzey gerilimi taneleri birbirine çekerek mukavemeti artırır. Maksimum eritme kabiliyetinden faydalanmak ve dolayısıyla diğer bileşenlerle daha iyi karışabilmelerini sağlamak için feldspatlar, 44-74 mikron civarında çok ince öğütülerek kullanılır. Pişmemiş ürünlerde kullanılan feldspatlar antiplastik rol oynar ve kuruma esnasında çekmeyi azaltarak mukavemeti arttırırlar. Farklı seramik ürünlerde, kullanılacak feldspat miktarı da değişir. Yumuşak porselenlerde %25-40, sofra

eşyasında %18-30, elektro porselende %20-28, kimyasal teknik porselende %17-30, fayansta %13-35 ve sır malzemesinde %30-50 oranında feldspat vardır.

Seramik sanayiinde yüksek tenörlü potasyum feldspatları kullanılır. Potasyum feldspatları yüksek viskoziteye sahip eriyik oluşturur ve yükselen sıcaklıklarda çok az bir düşme gösterir. Dolayısıyla pişirme esnasında seramiğin şekil bozulmalarına karşı mukavemeti temin edilir. Türk Standartları Enstitüsü'nün seramik sanayiinde kullanılacak feldspatla ilgili belli bir standardı yoktur. Ancak seramik sektöründeki kuruluşlar belli bir kalitede hammadde istemektedir. Vitra ve Bozüyük Seramik Fabrikalarının kullandığı feldspattaki özellikler aşağıda verilmiştir. (Sümer,1991)

Vitra Seramik:	K_2O	:En az %6
	Na_2O+K_2O	:En az %8
	Fe_2O_3	:En fazla %0.25
	$TiO_2 + CaO + MgO$:En fazla %6.0
Bozüyük Karo Seramik	Na_2O+K_2O	:En az %10 (bunun en az %80'i K_2O)
	Fe_2O_3	:En fazla %0.3
	TiO_2	:En fazla %0.2
	CaO	:En fazla %1.5
	MgO	:En fazla %1.5

Farklı seramik bünyeler değişik camlaşma derecesi gerektirdiğinden belirli bünyelerde kullanılacak eritici (flaks) yani feldspat miktarı da değişkendir. Alkali içeriği arttıkça feldspatın eritici özelliği artmakta ve buna bağlı olarak erime noktası düşmektedir.

Günümüzde pazarlanan feldspatın büyük bir kısmı pegmatit ve kaba taneli granitten üretilmekte olup farklı miktarlarda potasyum, sodyum ve kalsiyum içerirler. Ticari olarak bir potasyum feldspat %10'dan fazla K_2O içerir. Sodyum feldspatta ise minimum %7 Na_2O içeriği bulunmalıdır.

Seramik sanayiinde kullanılacak kırılmış feldspatın tamamı 0.5 cm den ve öğütülmüş feldspatın tamamı 100 mikrondan, %97'i 74 mikrondan küçük olmalıdır.

Seramik ve porselen sanayii için ham feldspatta aranan özellikler şunlardır :

	<u>Seramik Sanayii</u>	<u>Porselen Sanayii</u>
K ₂ O	%8'den fazla	%6'dan fazla
Na ₂ O+K ₂ O	%10'dan fazla	%8'den fazla
Fe ₂ O ₃	%1.5 en çok	%0.25'den az
TiO ₂ + CaO + MgO	%1.5 en çok	%2'den az
Nem	%3.3 en çok	önemli değil

Feldspatların seramik ürünler üzerine etkilerini şu maddeler halinde sıralayabiliriz:

- ✓ Feldspat 1165-1350°C de erimekte olup massenin eriyebilen maddelerindendir.
- ✓ Karışımda feldspat fazlaştıkça kaolenin erime noktasını ve mukavemetini düşürür. Fayanstaki feldspat 1165°C de erimesine rağmen 1040°C de sertleştirici rol oynar.
- ✓ Kuvarsin massenin uzama katsayısını düşürme gibi zararlı etkilerini azaltmak için karışıma feldspat ilave edilir ve bu ilave feldspat çatlamları önler.
- ✓ 1200°C ye kadar massenin plastikliğini düşürür. 1200°C nin üstünde eriyerek massenin mukavemetini artırır, poroziteyi düşürür.
- ✓ Fazla feldspat içeren masseler üzerinde pembe benekler oluşur.
- ✓ Feldspat diğer hammaddelere göre pahalı olduğundan karışıma az miktarda katılır.
- ✓ Sodyumlu ve kalsiyumlu feldspatların, yani plajioklasların, pişerken yumuşama dereceleri ile erime dereceleri birbirine çok yakındır (1200°C yumuşar 1220°C de

erirler). Potasyumlu yani alkali feldspatlarda ise yumuşama derecesi ile erime derecesi birbirinden uzaktır. Bu sebepten seramikte potasyumlu feldspatlar daha kıymetlidir ve daha çok kullanılır.

Yumuşama derecesi ile erime derecesi birbirine yakın olan hamurlar pişerken, fırınların her tarafı aynı derecede olmadığından farklı sıcaklık nedeniyle, bir taraf hemen yumuşayıp erirken diğer taraf sonradan erir. Bu durum deformasyona sebep olur. Fakat yumuşama derecesi erime derecesinden uzak olunca bu zaman zarfında yumuşama her tarafta eşit olacağından deformasyon olmaz. Potasyumlu feldspatlar işlem sırasında oynadığı önemli rolden dolayı Na ve Ca'lu feldspatlara tercih edilir. Plajioklaslar genellikle sır maddesi olarak kullanılır. Birbirine az veya çok oranda karışmış olarak bulunan alkali feldspatlar ve plajioklaslardan potasyum oranı yüksek olanlar seçilip kullanılmalıdır.

3.3.5. Feldspatların zenginleştirilmesi

Feldspatlar kullanıldıkları sanayi dalının istediği özelliklere uygun olarak zenginleştirme işlemine tabii tutulurlar. Elde edilecek ürünün kalitesi ve verimi açısından zenginleştirme büyük önem taşır. Feldspatın istenilen saflığa ulaşabilmesi için uygulanan zenginleştirme yöntemleri şunlardır;

1. Elle ayıklama ile zenginleştirme,
2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme,
3. Manyetik ayırma ile zenginleştirme,
4. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme,
5. Flotasyon ile zenginleştirme.

3.3.5.1. Elle ayıklama ile zenginleştirme

Feldspatlarda elle ayıklama ile zenginleştirme, feldspatların diğer minerallerden renk ve parlaklık farklarına dayanan özelliklerinden yararlanılarak iri boyutlarda (3-30 cm) maden ocağında gerçekleştirilen zenginleştirme yöntemidir. Ülkemizde cam,

seramik ve porselen sanayiinde çalışan çeşitli şirketlerin günümüze kadar tercih ettikleri bir yöntemdir. İnce boyutta serbestleşen cevherlere uygulanamaz.

3.3.5.2. Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirme

Bu yöntemde cevheri oluşturan minerallerin dayanıklılık, kırılış şekli, dilinim gibi fiziksel özelliklerine göre farklı büyüklük ve şekilde kırılmaları özelliğinden yararlanır. Feldspatların genellikle birlikte bulunduğu levha veya çubuk şeklinde kırılan mikalara göre daha ince boyutta kalması sebebiyle, ayrıca seramik ve cam sanayiinde kullanılış amaçlarına göre belirli boyut gruplarında sınıflandırılmalarında bu yöntem uygulanır.

3.3.5.3. Manyetik ayırma ile zenginleştirme

Pegmatitler, feldspat ve kuvarsın yanında çeşitli demirli mineraller içerirler. Bu minerallerin manyetik duyarlılığından dolayı manyetik alan şiddeti farklı manyetik ayırıcılar kullanılır. Bu yöntem ancak aşağıdaki şartlar gerçekleştirildiğinde kullanılır.

- Cevheri oluşturan minerallerin farklı manyetik duyarlılığa sahip olması,
- Kullanılacak manyetik ayırıcı için (düşük veya yüksek alan şiddetli, yaş veya kuru) aranan boyutta feldspat ve safsızlıkların serbestleşmiş olması ve o boyuta indirgenmesi gerekmektedir.

Manyetik ayırma işleminde manyetik ayırmanın seçiciliğinde etkin olan parametreler; besleme hızı, manyetik alan şiddeti ve manyetik tamburun dönme hızıdır.

Feldspatların kullanıldığı sanayi dallarının talep ettiği teknolojik şartlara bağlı olarak elde edilen ürünlerdeki demir oranının en fazla %0.3-1 Fe_2O_3 arasında olması gerektiğinden manyetik ayırma yöntemi diğer yöntemlerle birlikte hemen hemen tüm zenginleştirme tesislerinde kullanılmaktadır.

3.3.5.4. Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme

Elektrostatik ayırma ile zenginleştirme, cevheri oluşturan minerallerin farklı elektrik iletkenliği özelliğine sahip olmaları durumunda uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem ile zenginleştirmede, cevherde bulunabilecek ince ürün uzaklaştırılmalı ($-60\mu\text{m}$) ve hammadde dar tane sınıfına indirgenmelidir. Bu işlem yalnızca yaş yolla gerçekleşeceğinden ve ürünün elektrostatik ayırma için tekrar kurutulması gerektiğinden ekstra enerji sarfiyatı gerekmektedir. Bunun yanısıra feldspat ve kuvarsın elektrik özellikleri birbirine benzediğinden HF ile buharlaştırılarak veya fazla ısıtılarak etkilendirilmelidir.

3.3.5.5. Flotasyon ile zenginleştirme

Flotasyon yöntemi, son yıllarda gelişip en çok uygulanan, gerek istenmeyen minerallerin ayrılmasında ve gerekse endüstriyel hammaddelerin çeşitli ürünler halinde elde edilmesinde kullanılan bir zenginleştirme yöntemidir. Minerallerin yüzey özellik farklılığından yararlanır. Flotasyon yöntemiyle pegmatitlerdeki feldpat ve kuvars ekonomik olarak istenmeyen diğer minerallerden (mika, turmalin, gröna ve demiroksitler) ayrılabilir. Cevheri oluşturan minerallerincinsine göre zenginleştirme birkaç kademede gerçekleştirilebilmektedir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Örnek Alımı

Deneysel çalışmalarda kullanılan numune, bu tezin ikinci bölümünde belirtilen Sarıcakaya ilçesinin kuzey batısındaki kuru dere yatağından el ile toplanarak alınmıştır. Parça boyutları 10 ile 40 cm arasında değişen yaklaşık 300-350 kg kadar numune deneysel çalışmaların yapılacağı Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümüne getirilmiştir.

4.2. Örneğin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Zenginleştirme çalışmalarında kullanılan numune (Altere Granit) makroskobik olarak benekli bir görünüme sahip olup, açık renkli mineraller olan feldspat ve kuvars ile koyu renkli minerallerden oluşmaktadır. Örneğin kimyasal analizleri XRD cihazında yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Örneğin kimyasal analizi

Bileşen	%
SiO ₂	73.54
Al ₂ O ₃	15.11
Fe ₂ O ₃	1.73
TiO ₂	0.16
CaO	1.23
MgO	0.32
Na ₂ O	3.56
K ₂ O	3.67
P ₂ O ₅	0.05
Cl	0.003
SrO ₂	0.02
Mn ₂ O ₃	0.07

Mikroskopik incelemeye göre (optik mikroskopu) altere graniti oluşturan mineraller ise; alkali hornblend, ojit, apatit, kuvars, albit ve ortoklas'tır.

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi, örnekteki $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ toplamı %7.23'tür. Bu değer, seramik veya cam endüstrisi için düşük bir değerdir. Ayrıca bu sektörler tarafından istenmeyen safsızlıklar da mevcuttur. Örneğin; Fe_2O_3 içeriği %1,73 gibi büyük bir rakamdır.

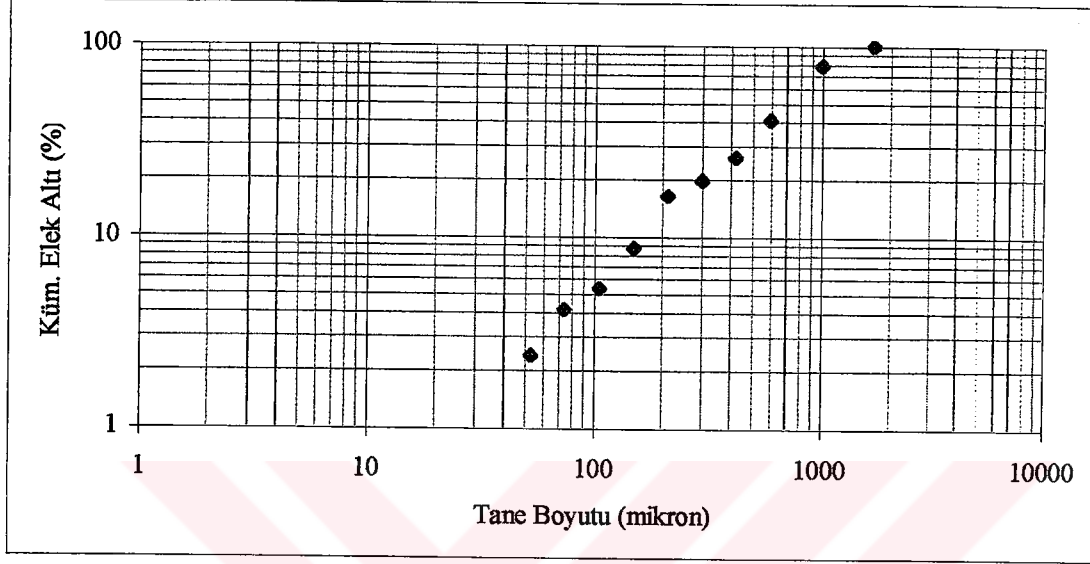
4.3. Elek Analizi

Zenginleştirme işlemine sokulacak altere granitlerin boyut dağılımını saptamak, tane boyutu ile miktarı arasındaki ilişkiyi görebilmek ve tane serbestleşme boyutunu belirleyebilmek için elek analizi yapılmıştır. 1 cm altına çeneli kırıcı ile kırılan tüm örnek konik kırıcıdan geçirilerek -1,68 mm boyutuna indirilmiştir. Örnekten numune ayırıcı yardımı ile yaklaşık 1500 gr örnek alınmıştır. Çizelge 4.2'de verilen elek serisi oluşturularak 1,5 kg örneğin elek analizi yapılmıştır. Çizelge 4.2'de görüleceği gibi örneğin %5,4'ü -100 μm 'nin altındadır.

Çizelge 4.2. Altere Granitin 1.68 mm. Boyut Altı Elek Analizi

Elek Açıklığı (mm)	Ağ.	%Ağ.	Kümülatif Elek Altı
-1.680 + 1.000	340.00	21.27	100.00
-1.000 + 0.595	604.00	37.79	78.73
-0.595 + 0.420	237.00	14.83	40.94
-0.420 + 0.300	101.08	6.33	26.11
-0.300 + 0.212	55.09	3.45	19.78
-0.212 + 0.150	121.73	7.62	16.33
-0.150 + 0.106	53.37	3.34	8.71
-0.106 + 0.074	19.01	1.19	5.37
-0.074 + 0.053	28.67	1.79	4.18
-0.053	38.27	2.39	2.39
	1598.22	100.00	

Şekil 4.1'de ise, 1,68 mm boyut altı örneğin kümülatif elek altı eğrisi verilmiştir.



Şekil 4.1. -1.68 mm. Elek Altı Eğrisi

4.4. Serbestleşme Derecesinin Tayini

Bir cevherde değerli mineralleri ve gang minerallerinden ayırmanın ön koşulu bağlı konumdaki söz konusu mineral tanelerinin birbirinden koparılmasıdır. Bu işlemde minerallerin koparılması yüzde yüz oranında gerçekleşmemektedir. Cevher parçaları içerisindeki mineral faz boyutlarından daha küçük tanelere ufalansalar bile tam bir serbestleşmeden söz etmek her zaman olası değildir. Çünkü kopma olayı minerallerin birbirlerine yapışık oldukları sınır boyunca her zaman gerçekleşmez.

Öğütme çok masraflı bir iş olduğundan, öğütme için yapılacak masrafı, ayırma işlemi sonucunda elde edilecek kazançla kıyaslayarak, ekonomik ve teknolojik yönden en uygun serbestleşme boyutunu tespit etmek gerekir. Genelde serbestleşme derecesi, %75-80 olarak uygulanmaktadır.

Serbestleşme derecesi, kırılmış cevherin elek analizi yapıldıktan sonra, elek üstlerinin binoküler mikroskopta incelenmesi ile tespit edilmiştir. Yalnız, mikroskopta bakma esnasında bağlı taneler lam üzerine düşüş konumlarına göre serbest görünebilirler. Bu nedenle bağlı tanelerin daima gözlenenenden fazla olma ihtimali vardır. Bu gözlem hatasını düzeltmek için, belirlenen bağlı tane sayısı, bağlılık faktörü denilen 1.4 sayısı ile çarpılarak hesaplanmıştır.

Tane sayımları iri boyutlu elekten başlanarak ince eleğe doğru yapılmış, serbestleşme uygun görüldüğünde daha ince elek ürünleri için serbestleşme derecesi tespit edilmemiştir.

Boyutlarına göre serbestleşme dereceleri aşağıdaki gibidir:

<i>Boyut (mm)</i>	<i>Ortalama Boyut (mm)</i>	<i>Serbestleşme Derecesi (%)</i>
-1.680 + 1.000	1.340	50.73
-1.000 + 0.595	0.798	77.51
-0.595 + 0.420	0.508	83.76
-0.420 + 0.300	0.360	84.73

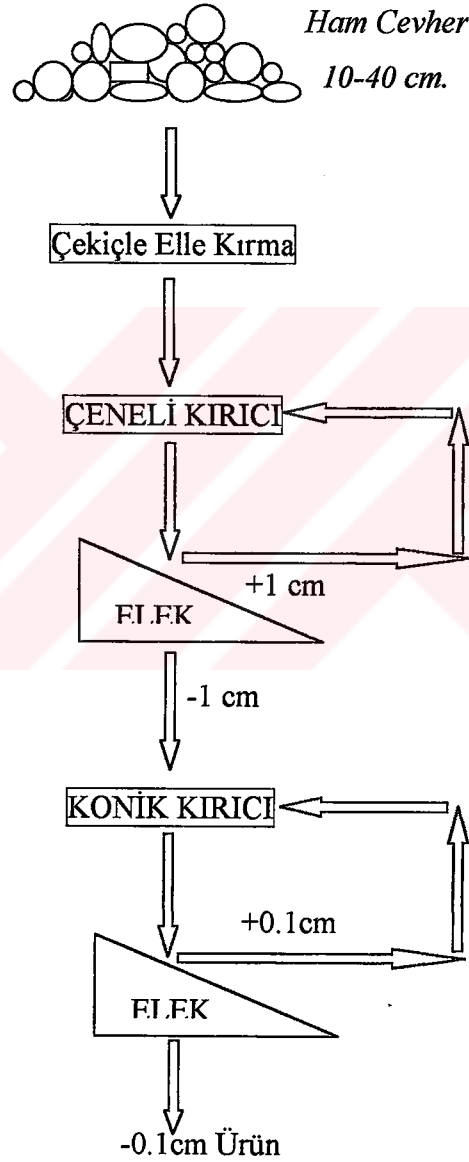
Zenginleştirme prosesinin başarısı için tane serbestleşme derecesinin minimum % 75-80 civarında olması istenir. Buna göre örneğin boyutunun 1 mm'nin altına indirilmesi gerekir. Dahada ince boyuta indirilirse, kırma öğütme masrafları artar ve kullanılacak zenginleştirme yönteminin başarısını düşürebilir.

4.5. Örnek Hazırlama

Elek analizi sonunda serbestleşme derecesi belirlenen numunenin zenginleştirme işlemi için uygun boyuta kırılması gerekmektedir. Bu boyut serbestleşme derecesi uygun görülen 1 mm'nin altıdır.

Yaklaşık 10-40 cm. boyutundaki örnekler ilk olarak el ile çekiç yardımıyla 5-10 cm.ye kırılarak boyut küçültülmüş, ardından Osmangazi Üniversitesi Maden

Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama laboratuvarında mevcut olan çeneli kırıcı yardımıyla numune boyutu 1-2 cm.ye indirilmiştir. Ürün 1 cm.lik elekten elenerek elek üstü çeneli kırıcıya tekrar beslenmiştir. Elek altı ürün ise konik kırıcıya beslenerek tane boyutu 1 mm.nin altına indirilmiştir. Kırma için uygulanan akım şeması Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Boyut küçültme için uygulanan akım şeması

1 mm'nin altına indirilen cevher bu aşamadan sonra manyetik ayırma ile zenginleştirme işlemine tabii tutulmuştur.

4.6. Zenginleştirme Çalışmaları

Altere granit üzerine yapılan mikroskobik incelemelere göre; Cevher, açık renkli, manyetik olmayan; kuvars, albit, apatit ve ortoklas, koyu renkli ve manyetik mineraller olarak; alkali hornblend ve ojit içermektedir.

Bu durumda altere granitten feldspatın kazanımı tek veya iki zenginleştirme yöntemi ile mümkün görülmektedir. Bunlar; yalnız başına manyetik ayırma yöntemi veya manyetik ayırma ve flotasyon (modifiye flotasyon kolonu) yöntemi ile zenginleştirmedir. Manyetik yolla zenginleştirilen ürün seramik sektörü için uygun olursa flotasyona gerek kalmayacaktır. Aksi halde flotasyon yöntemi manyetik ürün (konsantre) yeniden zenginleştirilecektir. Manyetik yolla altere granitten demirli mineraller uzaklaştırılacaktır.

4.6.1. Manyetik ayırma

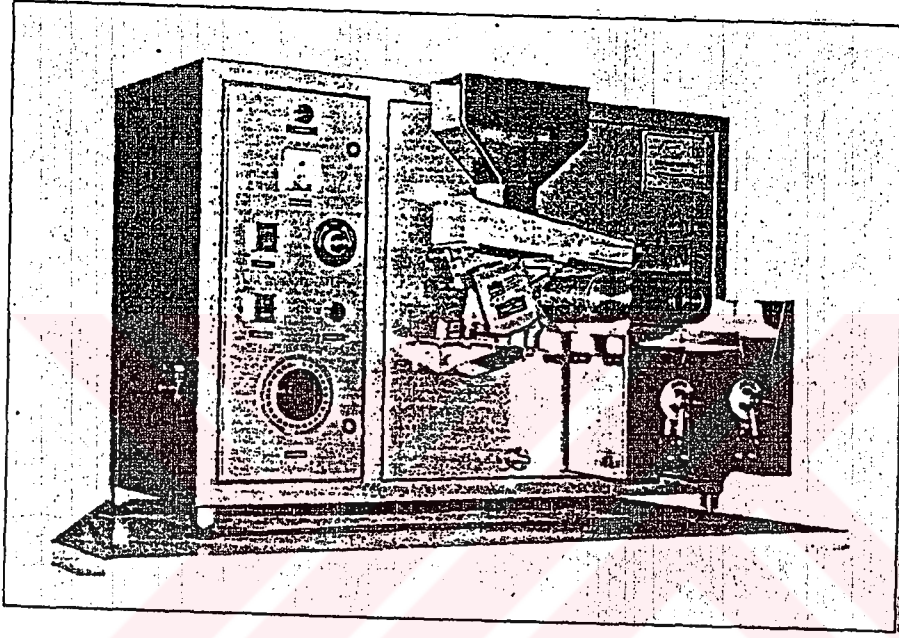
Manyetik ayırma ile zenginleştirme Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Zenginleştirme laboratuvarında yapılmıştır. Manyetik ayırma kuru olarak yapılmış ve ayırma için Permroll marka manyetik ayırıcı kullanılmıştır.

4.6.1.1. Permroll manyetik ayırıcı

Permroll laboratuvar manyetik ayırıcıları, küçük ölçekte, çeşitli cevher minerallerinin hassasiyetle, manyetik yollarla ayrılmasını test etmek üzere özel olarak tasarlanmıştır. Makinenin kalbi, ya da Permroll mıknatısı, tek bir patente göre yapılmış, son derece güçlü ve dayanıklı bir mıknatıstır.

Laboratuvar aygıtına standart olarak konulmuş Permroll, çok çeşitli uygulamalar için tasarlanmış bir genel amaç silindiridir (Şekil 4.3). Diğer büyüklük ve tasarımlardaki silindirler, belli büyüklükler ve madde tipleri için kullanılabilir.

Laboratuar sonuçlarını tam ölçekli performanslara ölçeklendirme işlemini basitleştirmek için, laboratuar aygıtındaki Permroll'ün çapı (71,5 mm), üretimde kullanılan endüstriyel ölçekteki ayırıcılar üzerinde kullanılan silindirlere orantılı bir uzunluğa sahiptir.



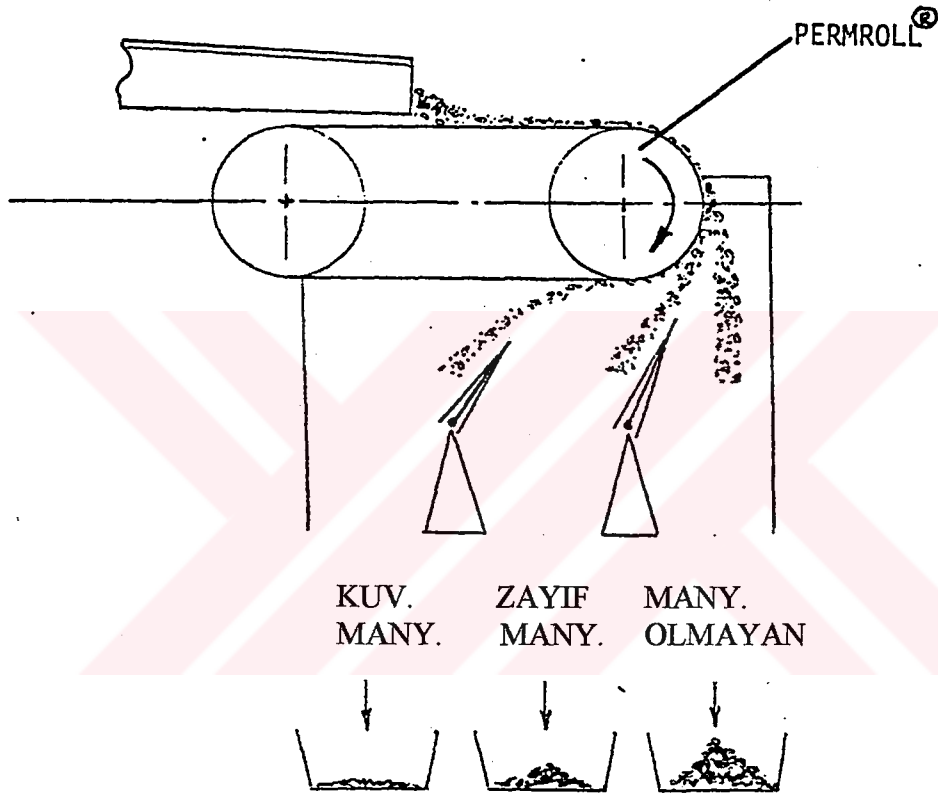
Şekil 4.3. Permroll Manyetik Ayırıcı

Aygıtın kendine ait bir üst tezgah birimi bulunur. Aygıt kasası dışında, boş makarası olan ve bir Permroll mıknatısı bulunan kısa bir bantlı taşıyıcı vardır. Ayrılması gereken materyal dönen banta bir besleme hunisi ve vibro-besleyici yoluyla beslenir. Materyal Permroll üzerinde taşınırken ferro magnetik ve para magnetik parçalar taşıyıcı banta yapışır. Manyetik olmayan parçalar ise bantın üzerinden serbestçe akarlar.

Taşıyıcı altında düzenlenen huni atılan materyalleri toplar ve iki ayarlanabilir parçalayıcı bıçak yardımı ile farklı bölümler huni altına yerleştirilmiş toplama tavaları içine yönlendirilir (Şekil 4.4).

Manyetik ayırıcının kasası, sağlam ama hafif ağırlıktadır. Yumuşak ve saf çelikten imal edilmiştir. Permroll sürücü, bant germe sistemi ve ayrı bir bölmede olmak

üzere elektrik sigortaları (elektrik kontrol ünitesi) kasa içine yerleştirilmiştir. Sürücü motoru tarafından üretilen ısının dağılımını sağlamak amacıyla havalandırma panelleri mevcuttur.



Şekil 4.4. Permall'de Ürün Ayırımının Şematik Görünümü

Saf çelikten imal edilmiş olan besleme hunisi yaklaşık 2 litrelik bir kapasiteyi taşıyabilir ve ürünün taşmasını düzenlemek amacıyla parça büyüklüğüne bağlı olarak ayarlanabilen bir kenar yerleştirilmiştir.

Titreşimli besleyici, materyali besleme hunisinden alarak , bant üzerine sabit bir besleme hızıyla ve düzenli bir akım içerisinde iletir. Besleyici, elektrik paneli

üzerindeki besleyici kontrol topuzunun ayarlanması yoluyla, geniş bir besleme hızı aralığında çalışabilir.

Permroll ile boş silindir arasında çalışan taşıyıcı bant, güçlü, aşınmaya dayanıklı ve en ince kalınlığa sahip olacak şekilde geliştirilmiştir. Başka bir tür kemerin kullanılmaması çok önemlidir. Aksi takdirde, ayırım performansı ciddi anlamda bozulmaktadır. Besleme materyalini etkili bir mıknatıs kalınlığına göre sınırlandırmak için, sıyırıcı rehber ayaklar konulmuştur. Bunlar, banta hafifçe temas edecek şekilde ayarlanmalıdır.

Permroll, iki adet temele oturtulmuş dayanaklar üzerinde taşınmakta ve 90 Watt lık D.C. değişen hızda motor ile çalıştırılmaktadır. Aygıt kasası içine yerleştirilmiş ve Permroll şaftına bir birleştirici yoluyla doğrudan bağlanmıştır. Permroll yaklaşık olarak 19 000 gaussluk manyetik alan oluşturmaktadır.

Boştaki silindir, makine içerisindeki bir taşıyıcı içerisine oturtulmuş dayanaklar üzerinde taşınır ve taşıyıcı tabanından üç düzlemde de bükülebilecek şekilde yerleştirilmiştir. Boş silindir bu hareketleri sayesinde, bantın gerilmesi ve çıkmasını engellemek gibi görevler üstlenir.

Boşaltım hunisi, saf çelikten üretilmiş ve üzerine monte edilen iki adet parçalayıcı bıçak yardımıyla üç bölüme ayrılmıştır. Huni gövdesine tutturulmuş topuzlar sayesinde parçalayıcı bıçaklar istenilen konuma getirilebilmektedir. Ayrıca huni üzerinde bıçakların konumunu gösteren açılış şablonu mevcuttur. Elektrik kontrolü, elektrik kabineye ulaşan kapak üzerine paneller halinde yerleştirilmiş kısımdan yapılmaktadır. Sürücü motoru için kontrol devresi ve titreşimli besleyici için kontrol devresi bu kısımda yer alır.

4.6.2. Manyetik ayırıcıya örnek hazırlama

Manyetik ayırıcı ile zenginleştirme için kırılmış tüvenan cevher üç farklı sınıfa ayrılmıştır. Burada amaç; beslenecek cevherin boyut aralığını daraltıp zenginleştirmede

altında olduğu için -1.68 mm olan örneği -1.00 mm'ye indirdikten sonra manyetik zenginleştirme işlemine geçilmiştir.

Çizelge 4.3. Manyetik ayırma giren örneğin boyut dağılımı ve kimyasal bileşimi

Boyut (mm)	% Dağılım (tüvenana göre)	Kimyasal Bileşim			
		%Na ₂ O	%K ₂ O	%Fe ₂ O ₃	%SiO ₂
-1.000+0.420	65.60	3.59	3.62	1.63	73.54
-0.420+0.212	16.06	3.56	3.71	1.88	73.69
-0.212+0.106	12.24	3.52	3.79	1.95	73.59
-0.106	6.10	3.32	3.86	2.30	72.39

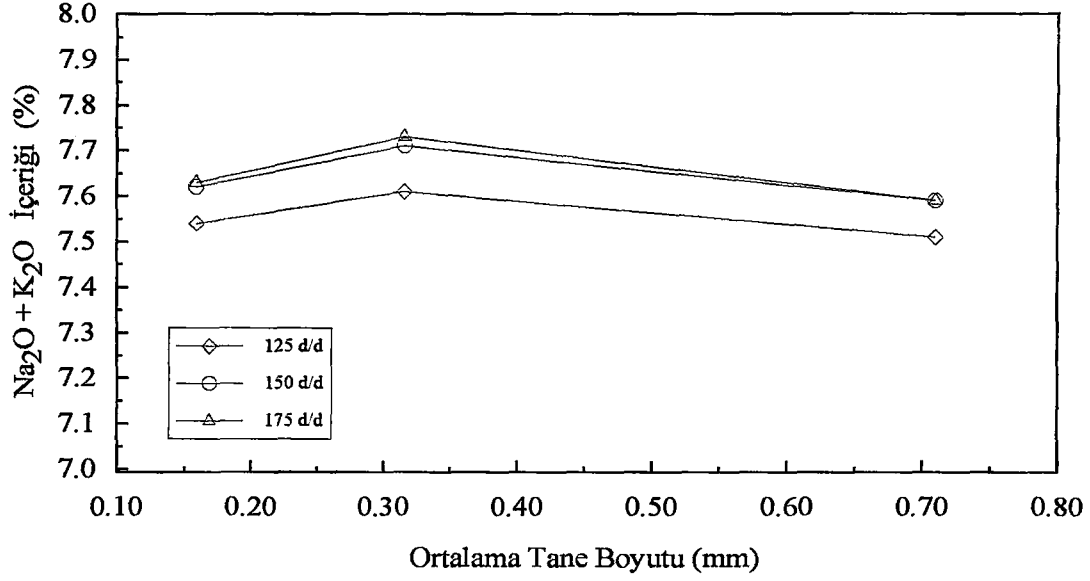
Tüvenan cevherin 0.106 mm boyut altı (% 6.10) ileride yaş manyetik ayırıcıda zenginleştirilmek üzere ayrılmıştır. Bilindiği gibi 100 µm boyut altı cevherlerin kuru manyetik zenginleştirme aletindeki zenginleştirme verimi oldukça düşüktür. Her zenginleştirme deneyinde 500 gr'lık numuneler kullanılmıştır.

4.6.3. Deneysel çalışmalar

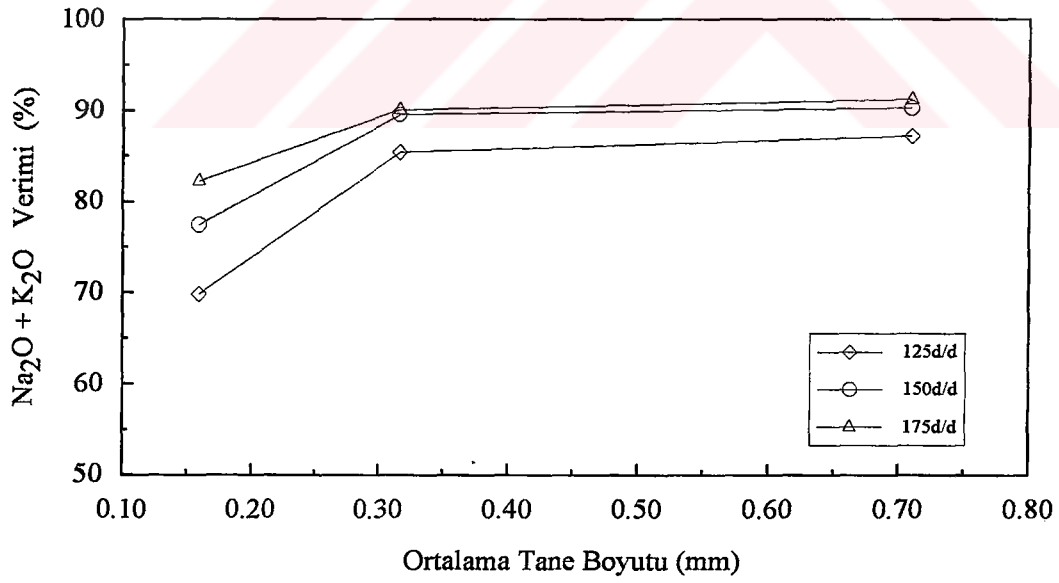
Kuru manyetik zenginleştirme işleminde, manyetik ayırıcının iki farklı parametresi denenmiştir. Bunlar; tamburun dönme hızı ve besleme hızıdır. Deneysel çalışmaların sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Ayrıca sonuçların daha iyi karşılaştırılabilmesi için boyut gruplarına göre toplam %Na₂O+K₂O tenörü ve verimi ve %Fe₂O₃ tenörü Şekiller 4.5; 4.6; 4.7; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11; 4.12; 4.13; 4.14; 4.15; 4.16; 4.17; 4.18; 4.19; 4.20; 4.21; 4.22; 4.23; 4.24; 4.25; 4.26; 4.27; 4.28'de sunulmuştur. Değişkenler ve gerekli açıklamalar şekil altlarında verilmiştir. Çizelge 4.4'teki SK kodları manyetik olmayan (konsantre) ürünü ifade etmektedir.

Çizelge 4.4. Manyetik Ayırma deney verileri ve konsantrasyon kimyasal analiz sonuçları

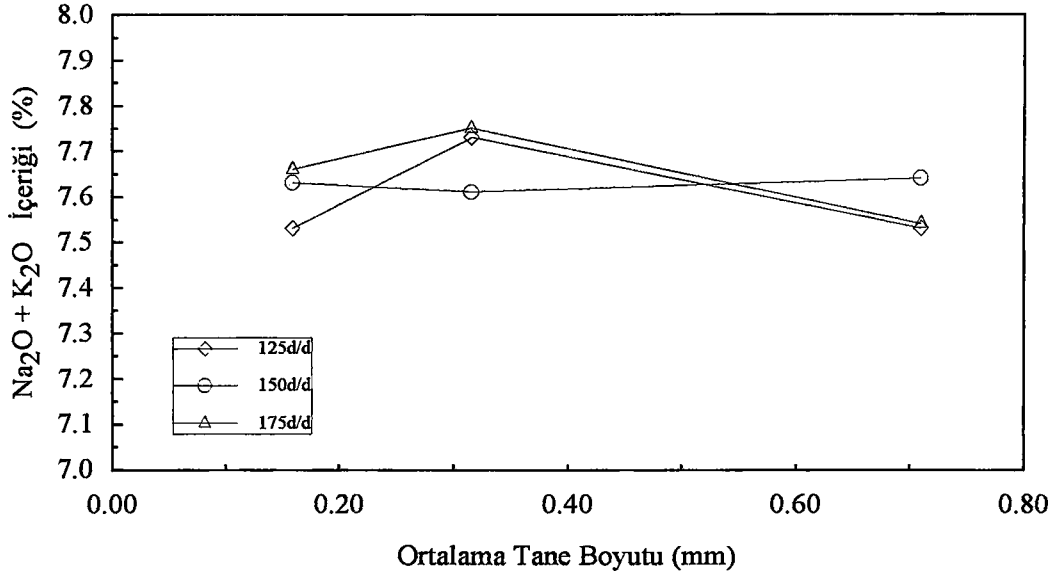
No	Boyut mm	Dönme Hızı dev/dk	Besleme Hızı(kg/dk)	Kons. %Ağ	Artık %Ağ.	Na ₂ O %	K ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %
Besleme -1.000+0.420									
SK11	-1.000+0.420	125	0.15	82.29	17.71	3.81	3.70	0.25	76.80
SK12	-1.000+0.420	150	0.15	84.29	15.71	3.83	3.76	0.26	77.13
SK13	-1.000+0.420	175	0.15	85.16	14.84	3.90	3.69	0.27	77.11
SK14	-1.000+0.420	125	0.40	82.29	17.71	3.81	3.72	0.26	77.46
SK15	-1.000+0.420	150	0.40	83.76	16.24	3.93	3.71	0.28	77.15
SK16	-1.000+0.420	175	0.40	85.43	14.57	3.82	3.72	0.28	77.07
SK17	-1.000+0.420	125	1.0	82.29	17.71	3.78	3.64	0.28	77.13
SK18	-1.000+0.420	150	1.0	84.00	16.00	3.84	3.78	0.29	77.04
SK19	-1.000+0.420	175	1.0	85.71	14.29	3.83	3.65	0.30	77.30
Besleme -0.420+0.212									
SK21	-0.420+0.212	125	0.15	80.34	19.66	3.73	3.88	0.23	77.44
SK22	-0.420+0.212	150	0.15	83.14	16.86	3.79	3.92	0.24	77.35
SK23	-0.420+0.212	175	0.15	83.43	14.87	3.89	3.84	0.26	76.66
SK24	-0.420+0.212	125	0.40	80.34	19.66	3.85	3.88	0.24	77.74
SK25	-0.420+0.212	150	0.40	82.67	17.33	3.74	3.87	0.24	77.45
SK26	-0.420+0.212	175	0.40	84.14	15.86	3.88	3.87	0.24	76.82
SK27	-0.420+0.212	125	1.0	79.77	20.23	3.78	3.88	0.23	77.34
SK28	-0.420+0.212	150	1.0	82.05	17.95	3.77	3.90	0.25	77.17
SK29	-0.420+0.212	175	1.0	83.62	16.38	3.78	3.82	0.26	77.31
Besleme -0.212+0.106									
SK31	-0.212+0.106	125	0.15	68.21	31.79	3.63	3.91	0.22	77.73
SK32	-0.212+0.106	150	0.15	74.86	25.14	3.67	3.95	0.23	77.14
SK33	-0.212+0.106	175	0.15	79.43	20.57	3.73	3.90	0.24	76.95
SK34	-0.212+0.106	125	0.40	68.00	32.00	3.63	3.90	0.23	77.54
SK35	-0.212+0.106	150	0.40	76.57	23.43	3.70	3.93	0.24	77.11
SK36	-0.212+0.106	175	0.40	79.14	20.86	3.75	3.91	0.23	77.20
SK37	-0.212+0.106	125	1.0	73.41	26.59	3.68	3.90	0.24	77.13
SK38	-0.212+0.106	150	1.0	78.00	22.00	3.76	3.93	0.25	77.04
SK39	-0.212+0.106	175	1.0	80.86	19.14	3.74	3.89	0.25	76.86



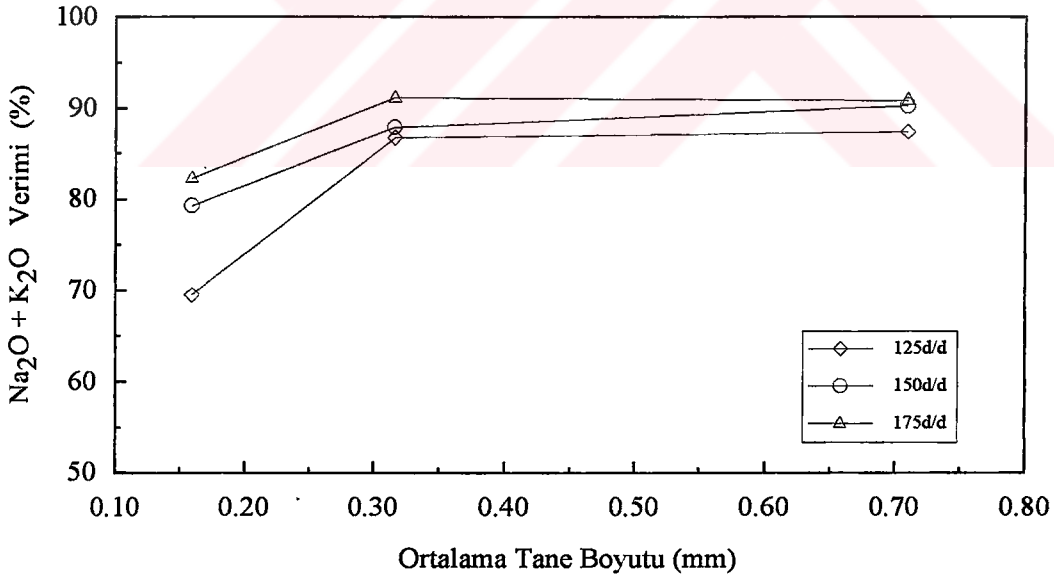
Şekil 4.5. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.15 kg/dk)



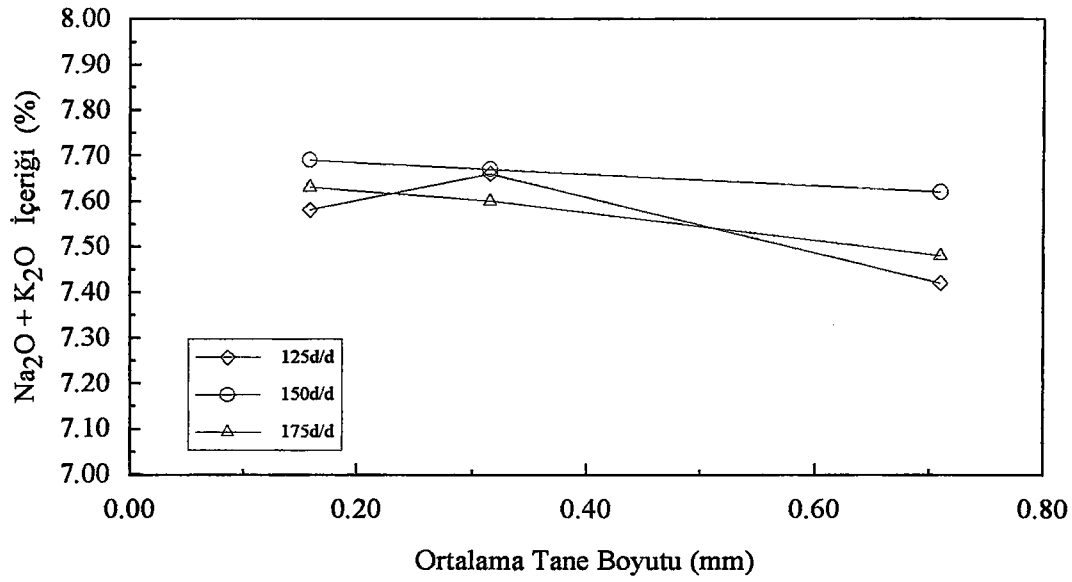
Şekil 4.6. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.15 kg/dk)



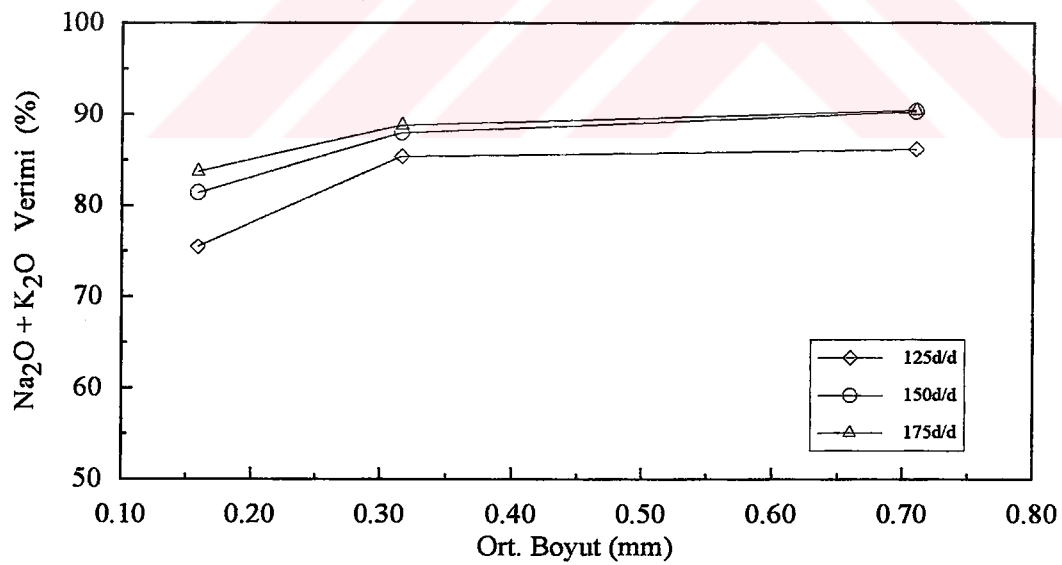
Şekil 4.7. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.40 kg/dk)



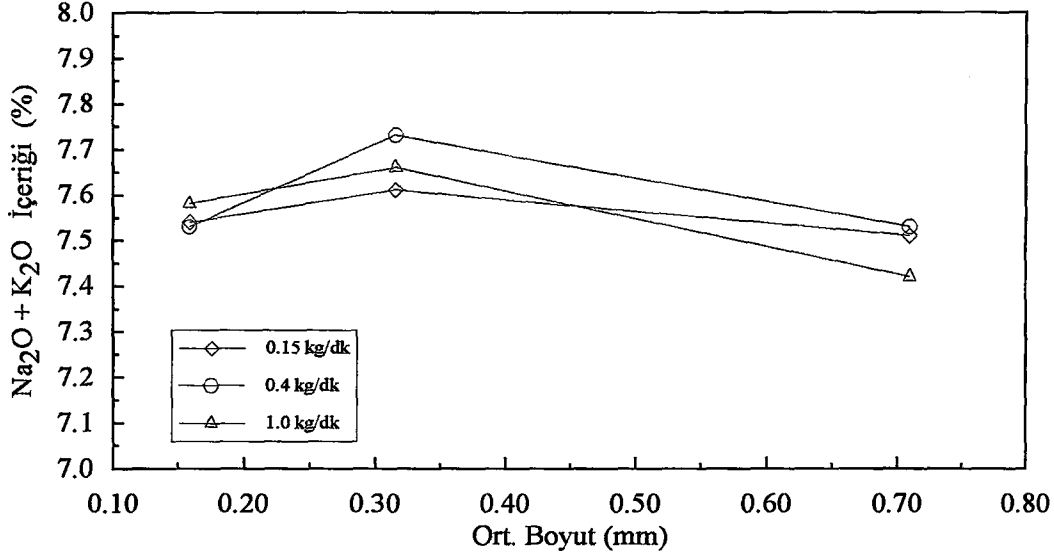
Şekil 4.8. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 0.40 kg/dk)



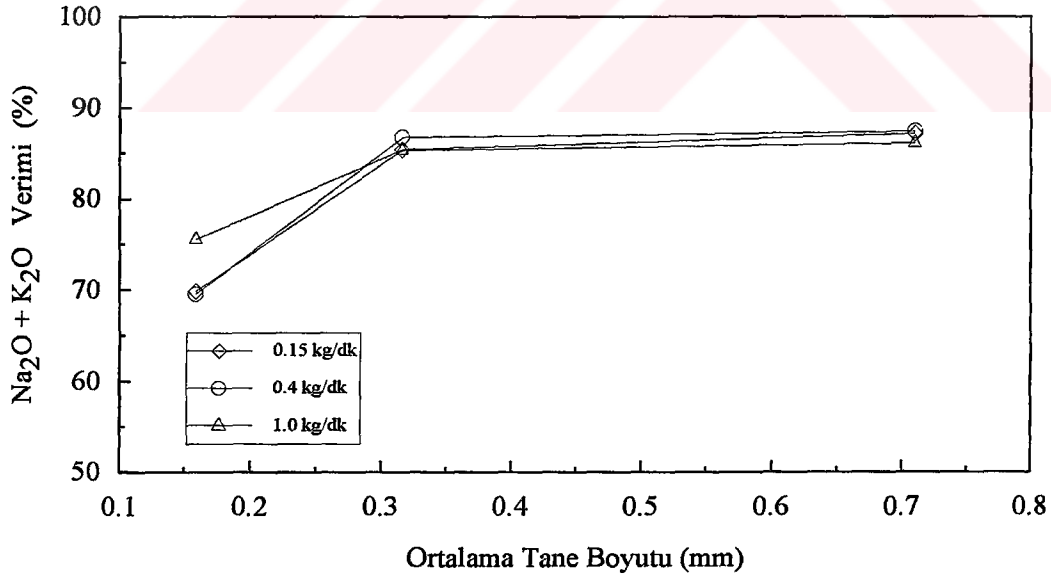
Şekil 4.9. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 1.0 kg/dk)



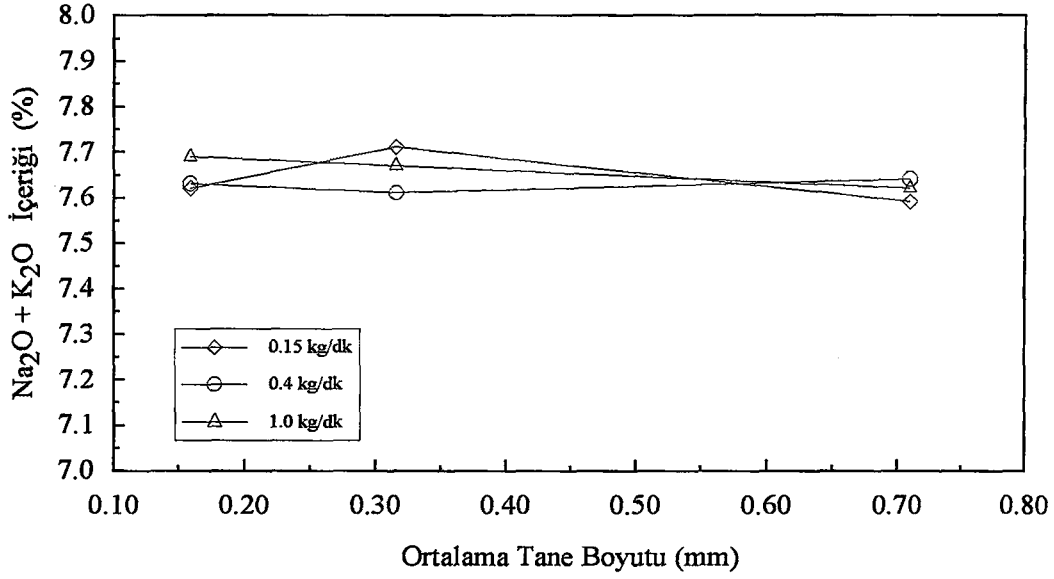
Şekil 4.10. Tambur hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimleri üzerine etkisi (Cevher besleme hızı sabit, 1.0 kg/dk)



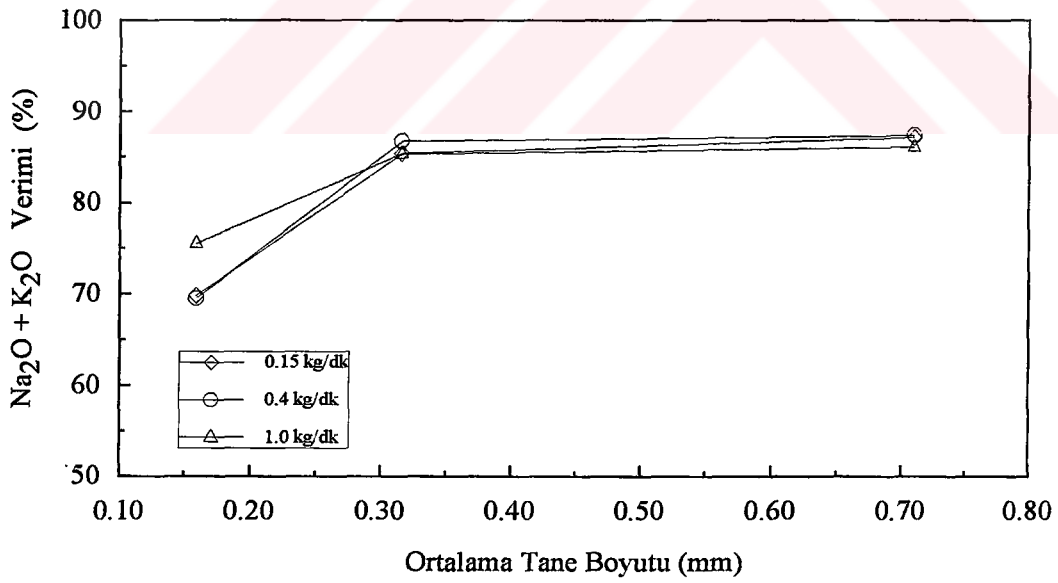
Şekil 4.11. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 125 dev/dk)



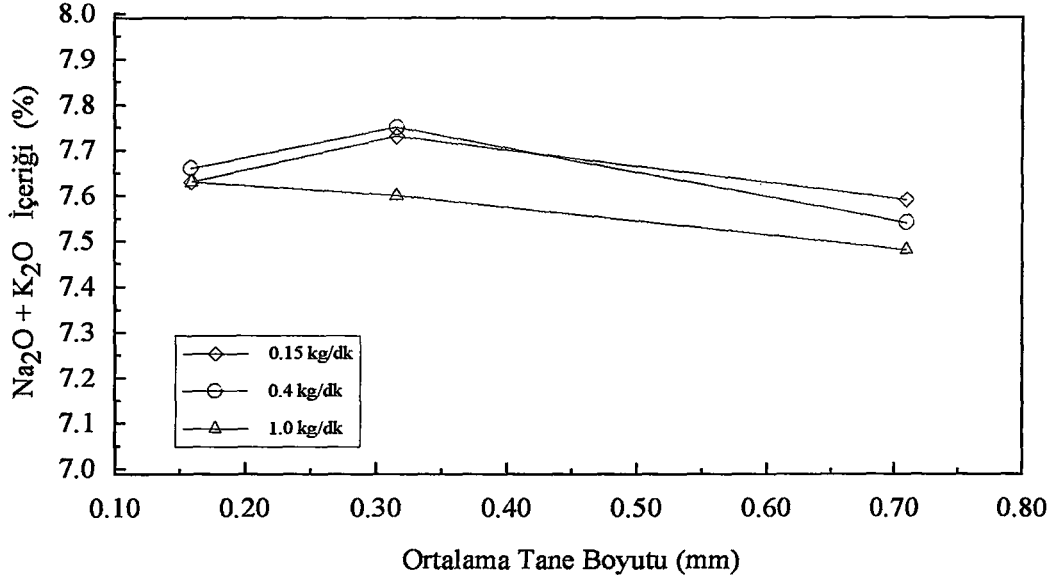
Şekil 4.12. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ verimleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 125 dev/dk)



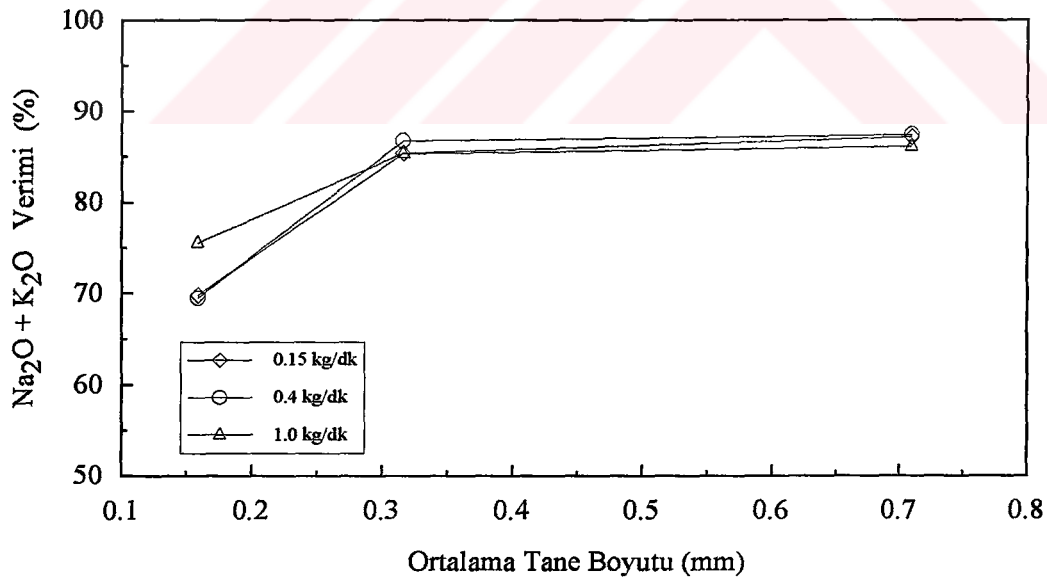
Şekil 4.13. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na₂O+K₂O içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 150 dev/dk)



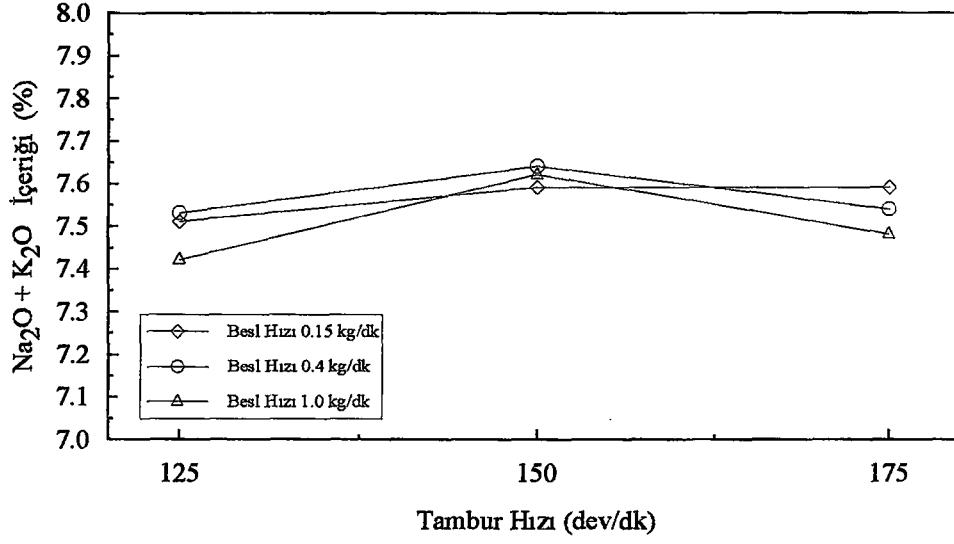
Şekil 4.14. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin Na₂O+K₂O verimleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 150 dev/dk)



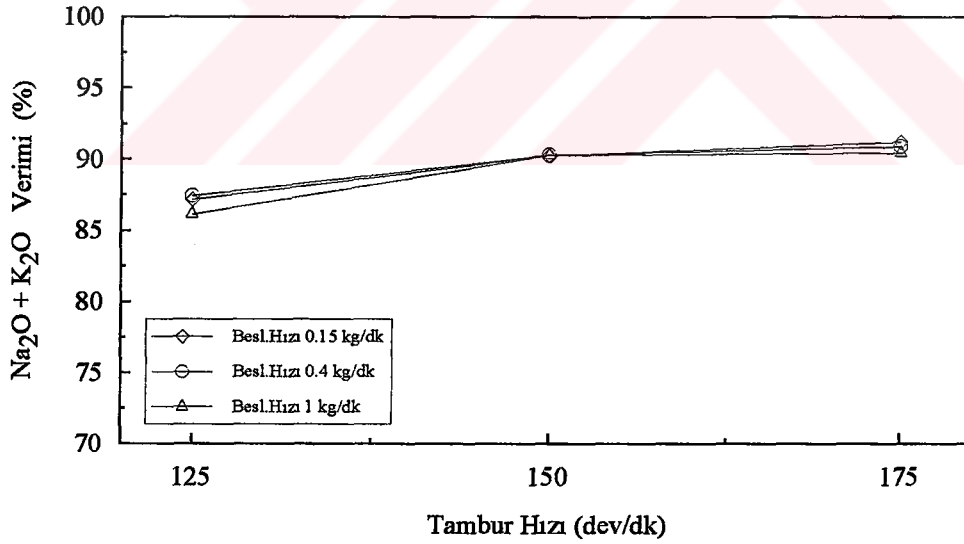
Şekil 4.15. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 175 dev/dk)



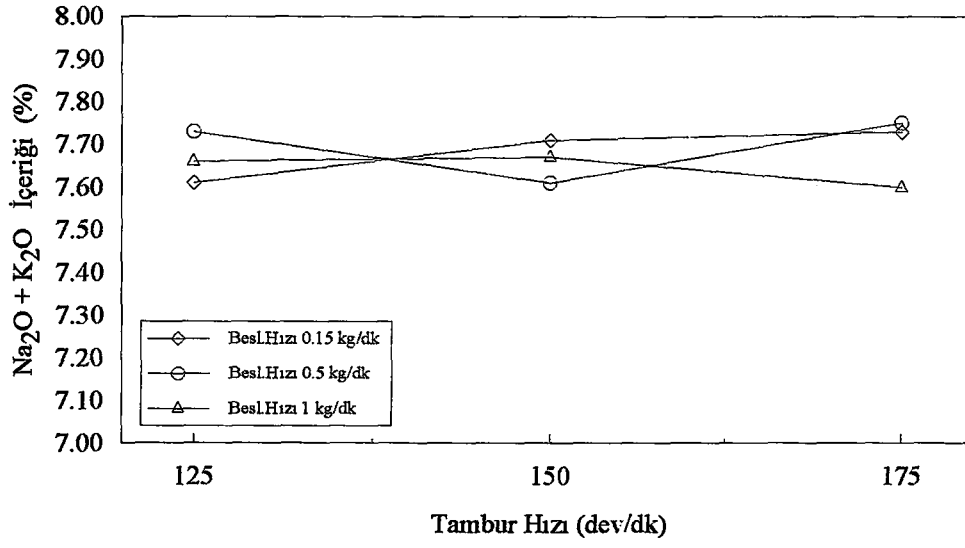
Şekil 4.16. Cevher besleme hızının tane boyutuna göre konsantrelerin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içerikleri üzerine etkisi (Tambur dönme hızı sabit, 175 dev/dk)



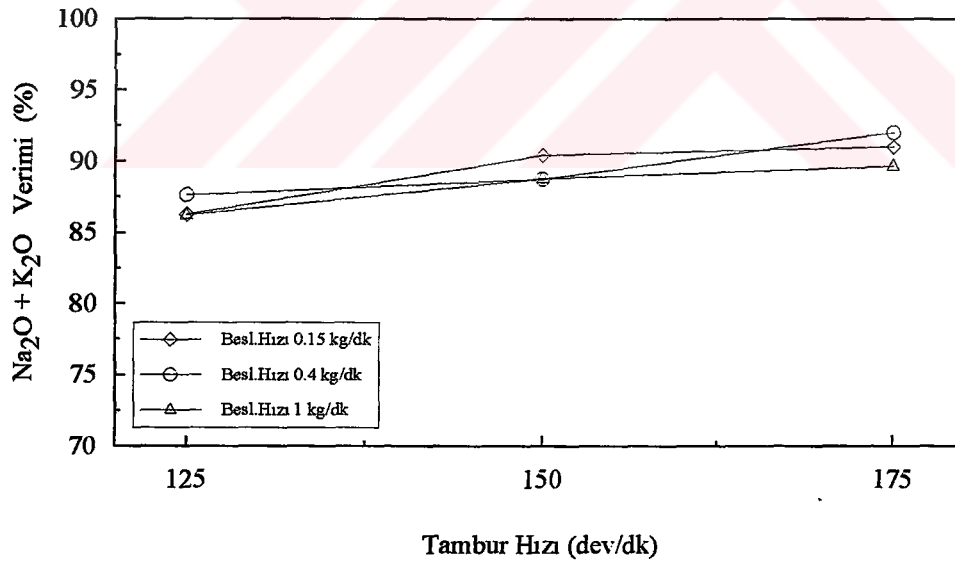
Şekil 4.17. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği üzerine etkisi



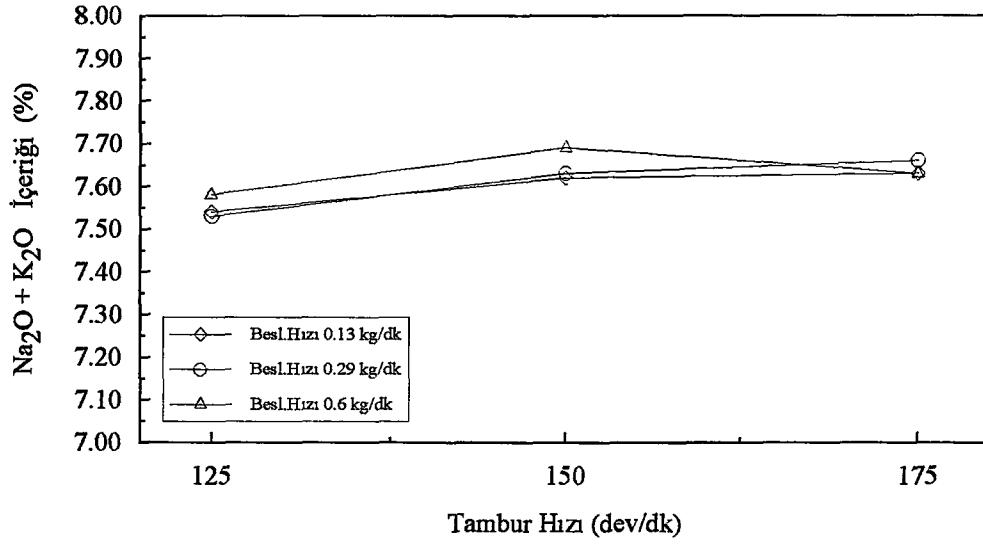
Şekil 4.18. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi üzerine etkisi



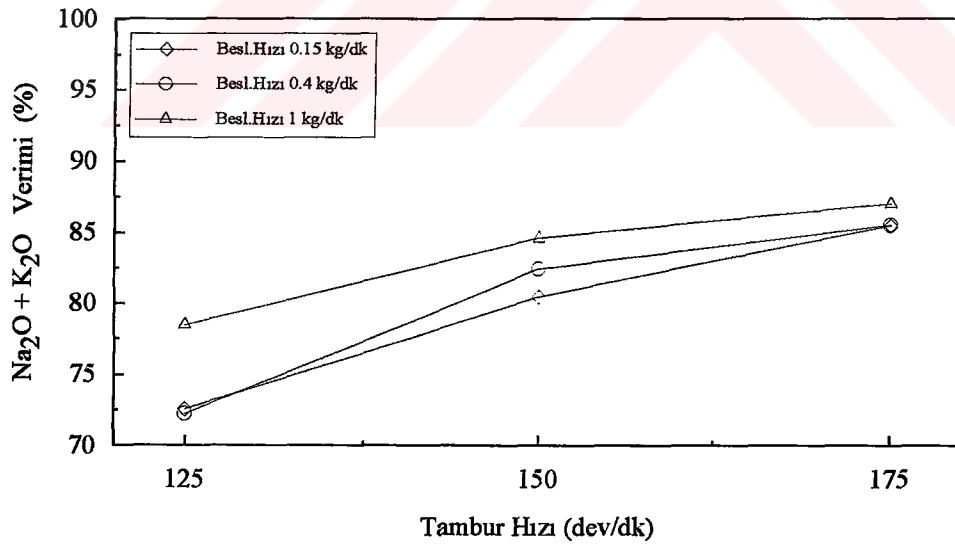
Şekil 4.19 Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+0.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği üzerine etkisi



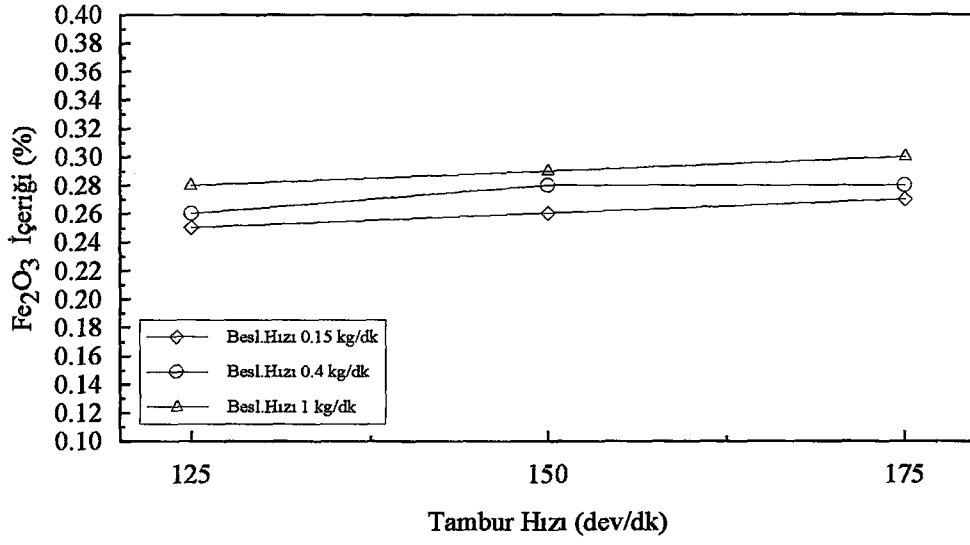
Şekil 4.20. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+0.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi üzerine etkisi



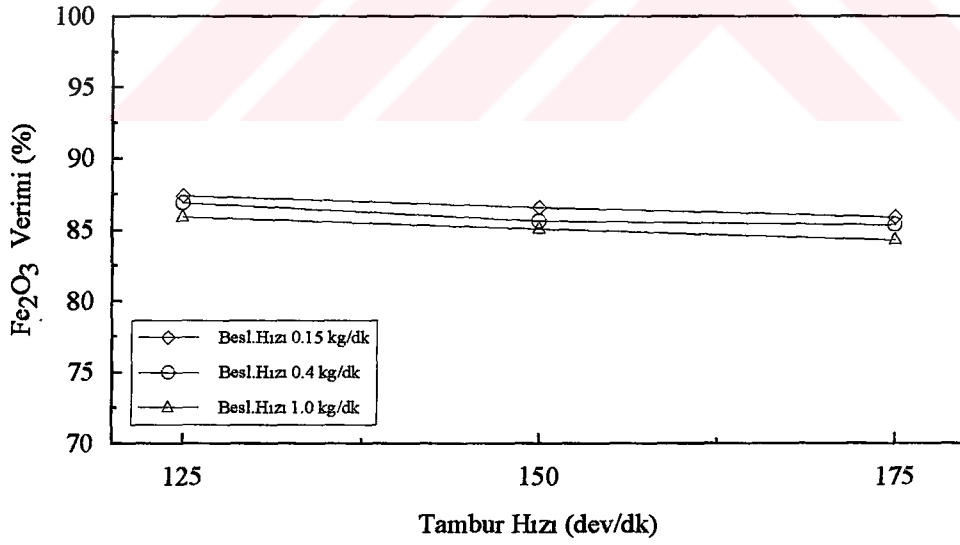
Şekil 4.21. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği üzerine etkisi



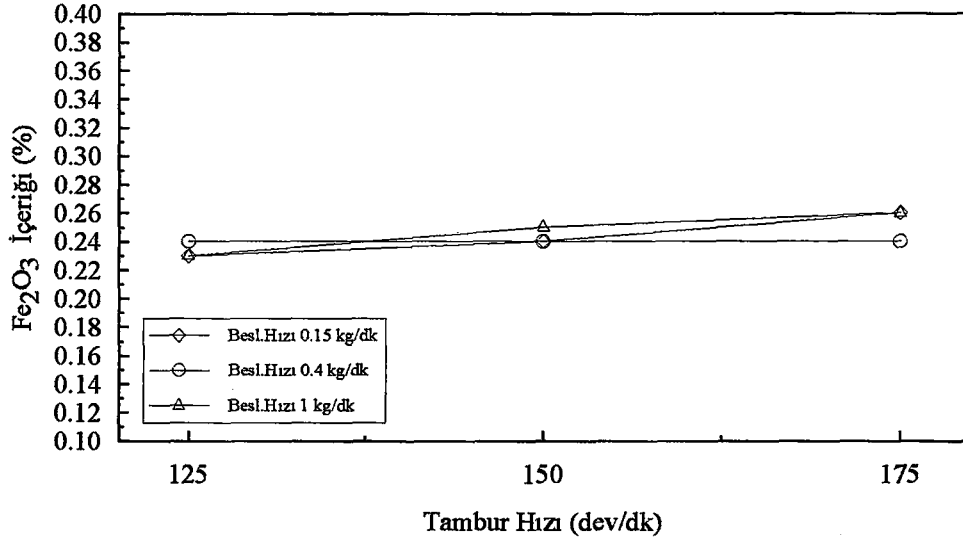
Şekil 4.22. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi üzerine etkisi



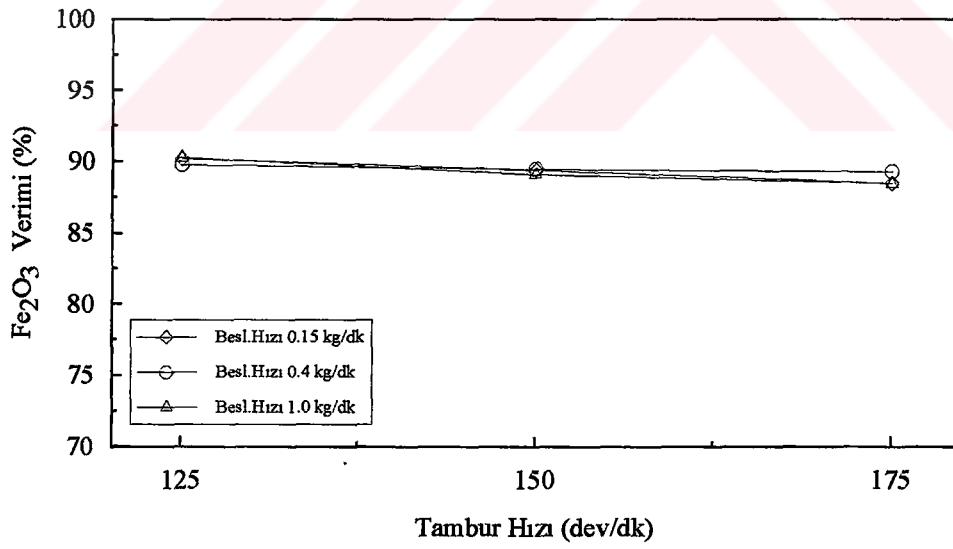
Şekil 4.23. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 içeriği üzerine etkisi



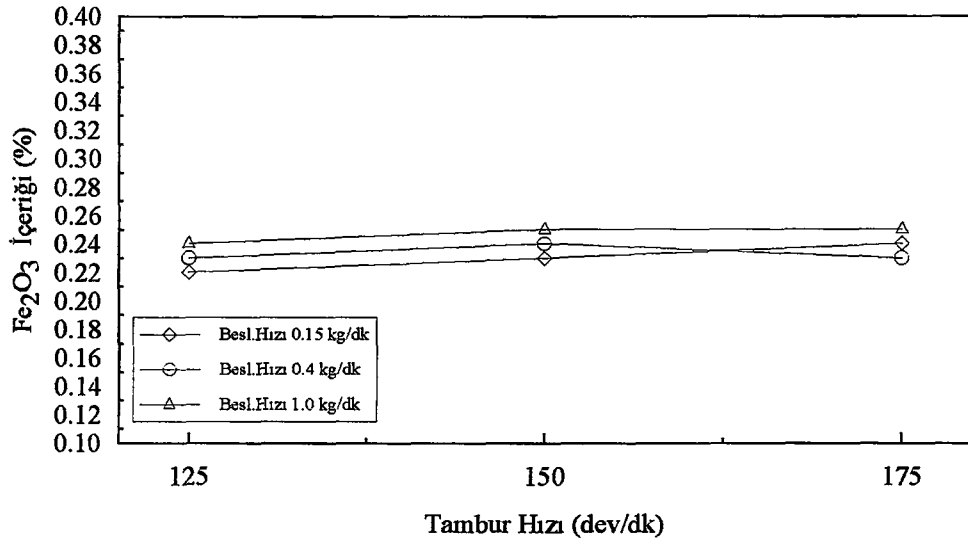
Şekil 4.24. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-1.000+0.420$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 uzaklaştırma verimi üzerine etkisi



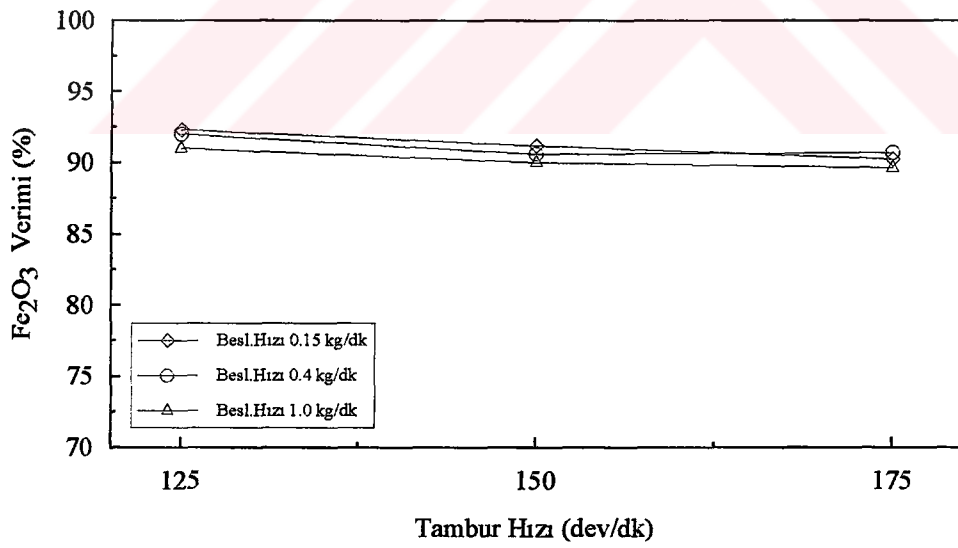
Şekil 4.25. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 içeriği üzerine etkisi



Şekil 4.26. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.420+.212$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 uzaklaştırma verimi üzerine etkisi



Şekil 4.27. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 içeriği üzerine etkisi



Şekil 4.28. Tambur hızının farklı besleme hızlarına göre $-0.212+0.106$ mm boyut aralığındaki konsantrenin Fe_2O_3 uzaklaştırma verimi üzerine etkisi

4.6.4. Deneysel sonuçlar ve değerlendirilmesi

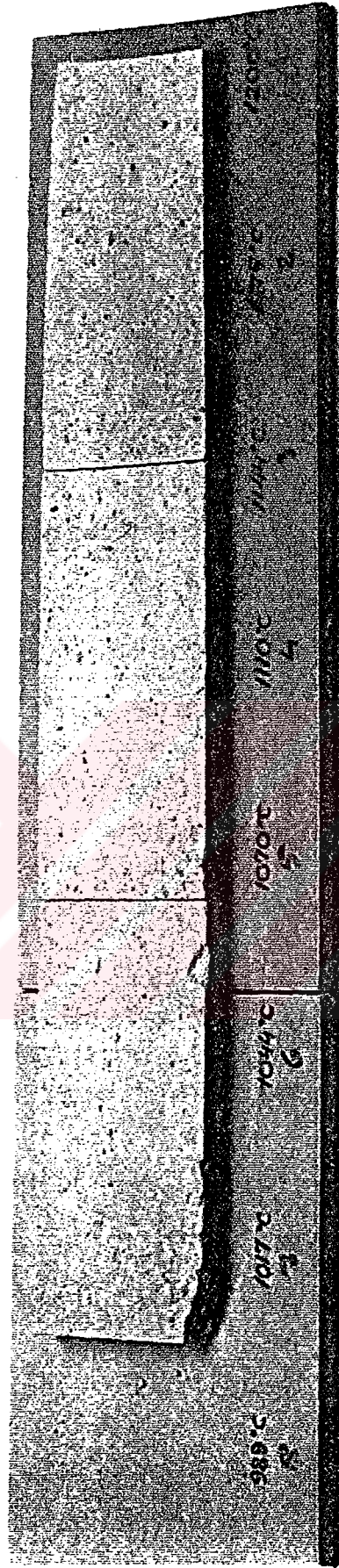
Çizelge 4.4. ve Şekiller 4.5; 4.6; 4.7; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11; 4.12; 4.13; 4.14; 4.15; 4.16; 4.17; 4.18; 4.19; 4.20; 4.21; 4.22; 4.23; 4.24; 4.25; 4.26; 4.27; 4.28 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkartılabilir;

- ✓ Tamburun dönme hızı arttıkça her üç farklı boyutun da konsantre (Manyetik olmayan ürün) miktarı artmaktadır. Bunun nedeni ise; demir içeren bağlı mineral tanelerinin veya zayıf manyetik tanelerin konsantreye (manyetik olmayan kısma) gitmesidir.
- ✓ Tamburun dönme hızı arttıkça konsantrenin Fe_2O_3 artmaktadır. Bu, zayıf manyetik veya bağlı tanelerin konsantreye gitmesiyle açıklanabilir.
- ✓ Konsantrenin Na_2O , K_2O ve SiO_2 tenörü tüvenan cevherinkine göre dikkate değer ölçüde artış göstermektedir. Buna karşılık Fe_2O_3 tenörü düşmektedir.
- ✓ Besleme miktarı artışı ile konsantre miktarı genellikle artmaktadır. Buna karşılık, Na_2O ve K_2O tenörü az da olsa azalmaktadır.
- ✓ İri boyuttan ince boyuta göre en ideal (toplam Na_2O ve K_2O tenörü ve en düşük Fe_2O_3 tenörü) tambur hızı ve besleme miktarı sırası ile;

- 1.000+0.420 mm için ;	Dönme Hızı :	150 dev/dk
	Besleme Hızı :	0.40 kg/dk
	% Na_2O+K_2O :	7.64
	% Fe_2O_3 :	0.28
-0.420+0.212 mm için ;	Dönme Hızı :	175 dev/dk
	Besleme Hızı :	0.40 kg/dk
	% Na_2O+K_2O :	7.75
	% Fe_2O_3 :	0.24

-0.212+0.106 mm için ;	Dönme Hızı :	175 dev/dk
	Besleme Hızı :	0.40 kg/dk
	%Na ₂ O+K ₂ O :	7.66
	% Fe ₂ O ₃ :	0.23

- ✓ Tane boyu küçüldükçe konsantrenin Fe₂O₃ tenörü azalmaktadır. Bu, minerallerin serbestleşme derecesinin artışı, yani bağlı tanelerin (manyetik - non manyetik) azalması ile açıklanabilir.
- ✓ Dönme hızına ve besleme miktarına bağlı olarak konsantrenin Na₂O ve K₂O tenörlerinde çok büyük farklılık gözlenmemektedir. Örneğin ; -1.000+0.420 mm boyut aralığı için %Na₂O'in en küçük değeri: 3.78 ve en büyük değeri: 3.90 dır. %SiO₂ içinde bu durum aynıdır.
- ✓ En iyi koşullarda elde edilen konsantrelerin ortalama Na₂O , K₂O ve Fe₂O₃ içerikleri şöyledir; % Na₂O ;4.05, K₂O; 3.51 ve Fe₂O₃;0.27. Bu durumda elde edilen ürün ilave K₂O ile rahatlıkla karo üretiminde massede kullanılabilir. (Matel ve Termal, 1999). Ürünün gradyen fırında farklı sıcaklıklarda davranışı incelenmiştir. 1100°C'de beyazlaşmış ve massede kullanılabilir özelliğe sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.29; 4.30).



Şekil 4.29. Manyetik zenginleştirme konsantrasyonunun gradyan fırında farklı sıcaklıklardaki davranışı



Şekil 4.30. Manyetik zenginleştirme konsantresinin oksijen alevinde pişmiş görüntüsü

4.6.5. Flotasyon ile zenginleştirme

Flotasyon bilindiği gibi farklı yüzey özelliğine sahip minerallerin zenginleştirilmesinde uygulanan bir yöntemdir. Genellikle ince taneli minerallerin zenginleştirilmesinde uygulanır. Ancak, flotasyon aletlerindeki gelişmeler onun uygulama tane boyut aralığını genişletmiştir. Yüzdürülebilir maksimum boyut 2-2,5 mm'ye kadar çıkmıştır. Bu aletlerden biri de modifiye flotasyon kolonlarıdır (Soto,1989,1992; Öteyaka, 1993).

Manyetik zenginleştirme yöntemi ile elde edilen feldspat konsantresinin kimyasal özellikleri incelendiğinde görülmüştür ki $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ortalama tenörü %7,66 ve Fe_2O_3 tenörü ise %0,27'dir. Bu ürün seramik endüstrisinde karo massesinde kullanılabilir özelliktedir (Termal Seramik Sanayi ve Ticaret A.Ş.,1999). Konsantre ürünün $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ tenörü seramik sektörünün feldspatlarda aradığı tenörün alt sınır değerindedir. Düşük tenöründen dolayı konsantre ürünün satış fiyatı düşüktür (7-8 milyon TL/ton). Maliyet açısından incelendiğinde, yaklaşık olarak maliyeti 6 milyon TL/ton civarındadır. Bu durumda, maliyet ve satış fiyatı oldukça birbirine yakındır. Eğer konsantre ürünün diğer yöntemlerle K_2O ve Na_2O tenörü artırılabilirse satış fiyatı haliyle artacaktır. Sonuçta ekonomikliği de artacaktır. Masse reçetesi hazırlanırken ilave K_2O gerek kalmayacaktır. Bu nedenlerden dolayı konsantre ürünün flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmesi düşünülmüştür.

Manyetik zenginleştirme ile elde edilen konsantrenin maksimum boyutu 1mm civarındadır. Bu boyut klasik flotasyon hücreleri veya kolonları için uygun değildir. Ancak modifiye flotasyon kolonlarında zenginleştirilmesi mümkündür. Bu nedenle flotasyon ile zenginleştirme deneylerinde modifiye flotasyon kolonunun kullanılması uygundur.

Mikroskobik incelemelere göre konsantre ürün oldukça serbest kuvars içermektedir. Flotasyon ile kuvarsın bir kısmı yüzdürülebilirse haliyle K_2O ve Na_2O tenörü artacaktır. Genelde kuvars ve feldspat mineralleri aynı yüzey özellikleri göstermektedir. Ancak, bugüne kadarki araştırma ve endüstriyel çalışmalarda kuvars HF

asidi ile bastırılmakta ve pH:2.5-3'te feldspatlar aminlerle yüzdürülmektedir (Atak,1974;Önal,1994;Sümer,1995;Geredeli,1995). Uygulanan yöntemde ortam oldukça asidik ve çevre için zararlı olan HF asidi içermektedir. Bu olumsuzluklardan uzaklaşmak için aminlerle (geniş pH aralığında, pH:6-9) kuvarsın bir kısmını yüzdürmek amacı ile flotasyon deneylerinin yapılması düşünülmüştür. Burada feldspatların yüzmesi de söz konusudur. Ancak, uygun kritik pH ve kritik reaktif miktarı saptanabilirse yukarıda belirtilen HF asitinin çevreye olan zararı da ortadan kalkmış olur.

Bu düşünce ile modifiye flotasyon kolonunda yaklaşık olarak 35-40 adet flotasyon deneyi yapılmıştır.

4.6.5.1. Kolon Flotasyonu

Flotasyon cevher hazırlamada geniş uygulama alanı bulan bir zenginleştirme yöntemidir. Bu yöntemin başarısı için bir çok aletler geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Günümüzde kullanılan flotasyon makinelerini mekanik karıştırmalı (flotasyon hücreleri) ve hava ile karıştırmalı olarak iki grupta toplayabiliriz (Öteyaka, 1993)

Hava ile karıştırmalı flotasyon aletlerinden biri olan flotasyon kolonları, mekanik karıştırmalı olanlara göre daha iyi performans gösteren aletlerdir. Klasik flotasyon kolonu, madencilik endüstrisinde cevher hazırlama aleti olarak ilk kez 1960'lı yılların başında Kanada'da kullanıldı. Yapılan teknik iyileştirmelerden sonra 1980'li yılların başından itibaren cevher hazırlama teknolojisine girmiştir(Bilir,1997).

Klasik kolon, hücre flotasyonu ile zenginleştirme verimi düşük olan ince taneli cevherlerin zenginleştirilmesinde kullanılır. Günümüzde bu aletin kullanıldığı bazı tesisler şunlardır; Les Mines Gaspé - Kanada (Cu-Mo temizleme devresi), Inco - Kanada (Cu-Ni zenginleştirilmesi), Harbour Lights Mining - Western Australia (altınlı sülfür cevherinin zenginleştirilmesi), Powell Mountain Coal Company - Virginia (Kömür zenginleştirilmesi) ve Cominco - Alaska (Pb-Zn zenginleştirilmesi) (Bilir,1997).

Kömür, feldspat, fosfat ve potas gibi metalik olmayan ve bazı metalik cevherler oldukça iri boyutta (0,2 -2 mm) serbestleşirler. Bu tip cevherlerin flotasyon hücrelerinde ve klasik flotasyon kolonunda zenginleştirilme verimi düşüktür(Bilir,1997). Flotasyon hücrelerinde verimin düşük olmasının sebebi ;

- Tanelerin çökmesini önlemek amacıyla kullanılan karıştırıcının yarattığı türbülansın kabarcık – tane agregasını parçalaması ve,

- Köpük zonunda, hava kabarcığı konsantrasyonunun yüksek olması nedeniyle kabarcıkların birleşmesi veya patlaması sonucu kabarcığa yapışmış taneciklerin stabilitesinin zayıflaması veya kabarcıktan ayrılmasıdır.

Mekanik karıştırıcısı bulunmayan klasik flotasyon kolonunda iri tanelerin flotasyon veriminin düşük olmasının nedeni ise, kolonun üst kısmında bulunan oldukça uzun (~1 m.) köpük zonundaki yüksek kabarcık konsantrasyonu ve kabarcıkların birleşmesi nedeniyle yapışmış iri tanelerin stabilitesinin zayıflaması ve konsantreye doğru taşınmasının engellenmesi ile köpük zonuna ilave edilen yıkama suyunun yapışmış iri taneleri kabarcıklardan koparması ve kopan iri tanelerin zenginleştirme zonuna doğru geri dönmesi olmaktadır.

İri tanelerin flotasyon verimini artırmak amacıyla, klasik flotasyon kolonu ile çalışma prensibi hemen hemen aynı olan modifiye flotasyon kolonu geliştirilmiş ve böylece iri tanelerin de flotasyon ile zenginleştirilmesi (laboratuar ve pilot ölçekte) mümkün olmuştur (Soto, 1989; Soto and Barbery,1991; Öteyaka,1993; Aliaga and Soto,1993).

Yıkama suyunun kullanılmaması, hemen hemen hiç köpük zonunun bulunmaması ve ters akımlı su sisteminin mevcut olması modifiye kolonu klasik flotasyon kolonundan ayıran en belirgin özelliklerdir.

Bu çalışmada, iri boyutta serbestleşen feldspatın modifiye flotasyon kolonunda zenginleştirilmesi incelenmiş ve deney koşulları araştırılmıştır.

4.6.5.2. Genel bilgi ve teknik terimler

Flotasyon kolonları, flotasyon hücrelerine göre daha yüksek flotasyon performansı gösteren aletlerdir. Bunun en önemli nedenleri; yüksek türbülans yaratan mekanik karıştırıcının kolonlarda bulunmaması ve kabarcık boyutu ve miktarının kontrol edilebilmesi ile yüksek zenginleştirme zonunun varlığı sayesinde tane-kabarcık çarpışma olasılığının yüksek oluşudur.

Çalışma prensipleri hemen hemen aynı olan flotasyon kolonları, klasik ve modifiye olmak üzere ikiye ayrılır. Ayrıca, çalışma prensipleri ve dizaynı farklı olan Jameson kolonu vardır ki, bu kolon ince taneli cevherlerin flotasyonunda endüstriyel ölçekte kullanılmaktadır.

Çalışma prensipleri aynı olan klasik ve modifiye kolon ile ilgili teknik terimler aşağıda açıklanmıştır;

Bias (B), artık debisi (Q_T) ile besleme debisi (Q_F) arasındaki farktır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir;

$$B = Q_T - Q_F \text{ cm}^3/\text{dak.}$$

Artık debisi, besleme debisinden fazla ise, yukarıdaki eşitlikten elde edilecek değer pozitiftir. Bu durum klasik flotasyon kolonlarında geçerlidir ve 'pozitif bias' olarak tanımlanır. Eğer besleme debisi artık debisinden fazla ise, yine eşitlikten elde edilecek değer bu kez negatif olacaktır. Bu durum ise modifiye flotasyon kolonlarında geçerlidir ve 'negatif bias' olarak adlandırılır.

Hava tutunum yüzdesi (% hold-up) ; su + hava ile dolu flotasyon kolonunda, toplam hava hacminin (V_g) kolon hacmine (V_c) oranıdır. Genelde ϵ_g sembolü ile gösterilir.

$$\epsilon_g = (V_g / V_c) * 100, (\%)$$

Yüzeysel hava hızı (superficial air rate) (J_A), saniyede kolona beslenen hava hacminin (Q_A) kolon kesit alanına (A_C) oranıdır.

$$J_A = Q_A / A_C \text{ cm/s}$$

Yüzeysel besleme hızı (superficial feed rate) (J_F), besleme debisinin (Q_F) kolon kesit alanına (A_C) oranıdır.

$$J_F = Q_F / A_C \text{ cm/s}$$

Yüzeysel yıkama suyu hızı (superficial wash water rate) (J_{ww}), yıkama suyu debisinin (Q_{ww}) kolon kesit alanına oranıdır.

$$J_{ww} = Q_{ww} / A_C \text{ cm/s}$$

Yüzeysel su yükselme hızı (superficial rate of rising water) (J_w), besleme ve artık debisi farkının kolon kesit alanına oranıdır.

$$J_w = (Q_F - Q_T) / A_C \text{ cm/s}$$

Yüzeysel artık hızı (superficial tailing rate) (J_T), artık debisinin (Q_T) kolon kesit alanına oranıdır.

$$J_T = Q_T / A_C \text{ cm/s}$$

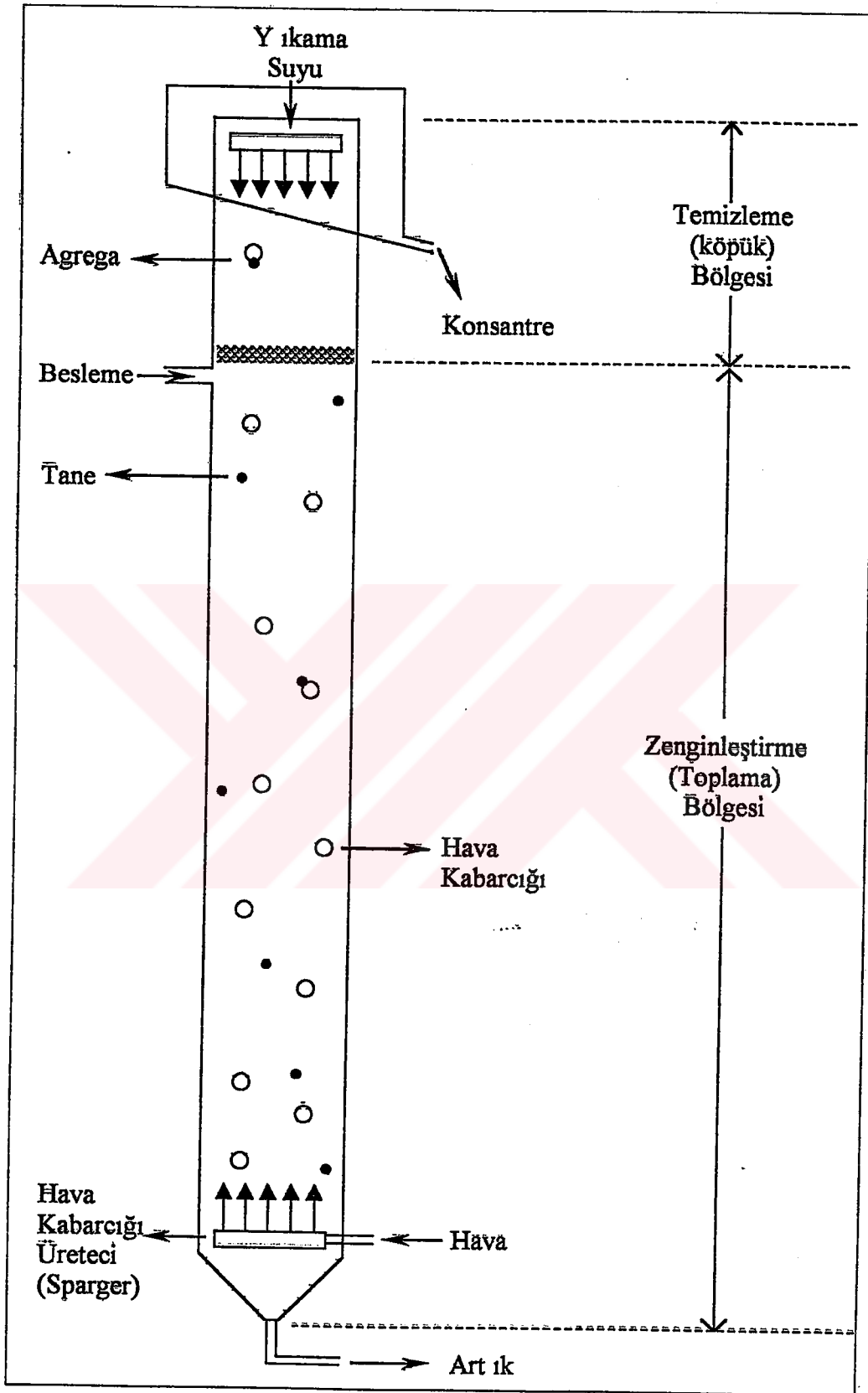
Taşıma kapasitesi (C_A), bir kolonun cm^2 birim alanına saniyede beslenebilecek yüzeysel mineral ağırlığıdır (g). Bu hava debisi, kabarcık çapı, cevher yoğunluğu gibi çeşitli parametrelere bağlıdır. Birimi ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{s}$) dir.

4.6.5.3. Klasik flotasyon kolonu

Klasik flotasyon kolonu (Şekil 7.3.), ince boyutlu veya ince boyutta serbestleşen (0.1 mm altı) cevherleri zenginleştirmek amacıyla geliştirilmiş bir flotasyon aletidir. Şekil 7.3.'de görüldüğü gibi klasik kolon iki farklı zondan oluşmaktadır. Kolonun alt kısmında zenginleştirme zonu ve üst kısmında ise köpük (yıkama) zonu mevcuttur. Bu iki zon arasındaki ara yüzey oldukça belirgindir. Bunun nedeni her bir zondaki hava kabarcığı konsantrasyonunun farklılığından dolayı kaynaklanmaktadır.

Zenginleştirme zonunda, karşılaşma, çarpışma, yapışma gibi flotasyonun temel mikro olayları gerçekleşir. Kolona pülp beslemesi bu zonun üst kısmından yapılır. Gravitenin etkisiyle pülp içindeki mineral taneleri kolon içinde düşerken, kolonun alt kısmında bulunan kabarcık üreticinden (sparger) çıkan ve kolonun üst kısmına doğru yükselen hava kabarcıkları ile karşılaşır. Bu sırada hidrofob taneler ile hava kabarcıkları arasında flotasyonun fiziksel mikro-olayları gerçekleşir ve tane(ler)-kabarcık agregaları oluşur. Bu agregalar, köpük zonuna doğru yükselirken hidrofilik olan gang taneleri flotasyon kolonunun alt kısmında bulunan artık çıkışından kolonu terk eder. Endüstriyel çapta zenginleştirme zonunun uzunluğu 10-12 m.dir ve buradaki hold-up genel olarak % 10-20 arasında değişir.

Köpük yada yıkama zonu olarak adlandırılan zon bir köpük yatağı olup yüksekliği endüstriyel olarak 1-2 m civarındadır ve bu zondaki hold-up % 60-90 arasında değişir. Yıkama suyu fiske ile bu zonun hemen üstünden veya birkaç santimetre içinden kolona ilave edilir. Yıkama suyunun görevi; Köpük zonunun yüksekliğini ayarlamak, bu zonun stabilizasyonunu sağlamak ve en önemlisi ince gang tanelerinin hidrolik yolla konsantre içine sürüklenmesini en aza indirmek ve böylece konsantre tenörünü artırmaktır. Klasik kolon, köpük zonunda aşağıya doğru su akışını sağlamak için pozitif bias ile çalışır.



Şekil 4.31. Klasik Flotasyon Kolonu

Klasik flotasyon kolonu çalışma prensibi ve dizaynı bakımından flotasyon hücrelerinden farklılıklar gösterir. Kolonun bu farklılıkları, temel olarak şunlardan oluşur;

- ◆ Mekanik karıştırıcının bulunmaması,
- ◆ Yıkama suyu ilavesi,
- ◆ Kabarcık üreticinin varlığı.

Belirtilen bu farklılıklar sayesinde flotasyon kolonu aşağıda sıralanan üstünlüklere sahip olmaktadır;

- Yıkama suyu ile ince gang tanelerinin konsantrine içine sürüklenmesinin önlenmesi sayesinde yüksek tenörlü konsantrine üretimi,
- İnce boyutlu cevherlerin zenginleştirilebilmesi (0.1 mm altı),
- Flotasyon hücrelerine göre yaklaşık % 20 daha ucuz ilk yatırım maliyetine sahiptir,
- Etkili otomatik kontrole sahiptir,
- Daha az yer kaplar,
- Değişken parçaların bulunmayışı ve düşük enerji tüketimi ile daha düşük çalışma maliyetine sahiptir,
- Zenginleştirme kapasitesi yüksektir ($g/cm^2/s$),
- Tasarım ve imalatı kolaydır.

Klasik flotasyon kolonunun belirtilen bu üstünlüklerinin yanında bazı mahsurlu yönleri de mevcuttur. Bunlar;

- İri taneli cevherlerin flotasyonunda düşük bir verime sahip oluşu,
- İnce taneli cevherlerin flotasyonunda, flotasyon kinetiği oldukça düşük olduğundan, flotasyon süresi oldukça uzun olmaktadır. Bu sebeple 10-15 m uzunluğundaki flotasyon kolonlarının kullanılma zorunluluğu daha yüksek yer gereksinimi doğurur.

4.6.5.4. Modifiye flotasyon kolonu

Modifiye flotasyon kolonu (Şekil 7.4.), iri boyutta serbestleşen (2-3 mm ve altı) cevherleri zenginleştirmek veya gereksiz ince öğütmeyi önlemek amacıyla değirmen-klasifikatör arasına yerleştirilip kaba zenginleştirmeyi sağlamak için geliştirilmiş bir flotasyon aletidir.

Çalışma prensipleri açısından klasik kolona benzeyen modifiye kolonun, klasik kolondan ayıran farklılıklar genel olarak şunlardır:

- ◆ Köpük zonu yoktur,
- ◆ Bias değeri negatiftir,
- ◆ Yıkama suyu gereksinimi yoktur,
- ◆ İri taneli cevherlerin flotasyon kinetiği yüksek olduğundan flotasyon süresi oldukça kısadır. Bu sebeple kolon uzunluğu 2-4 m arasındadır. Yani, kolon uzunluğu oldukça kısadır.

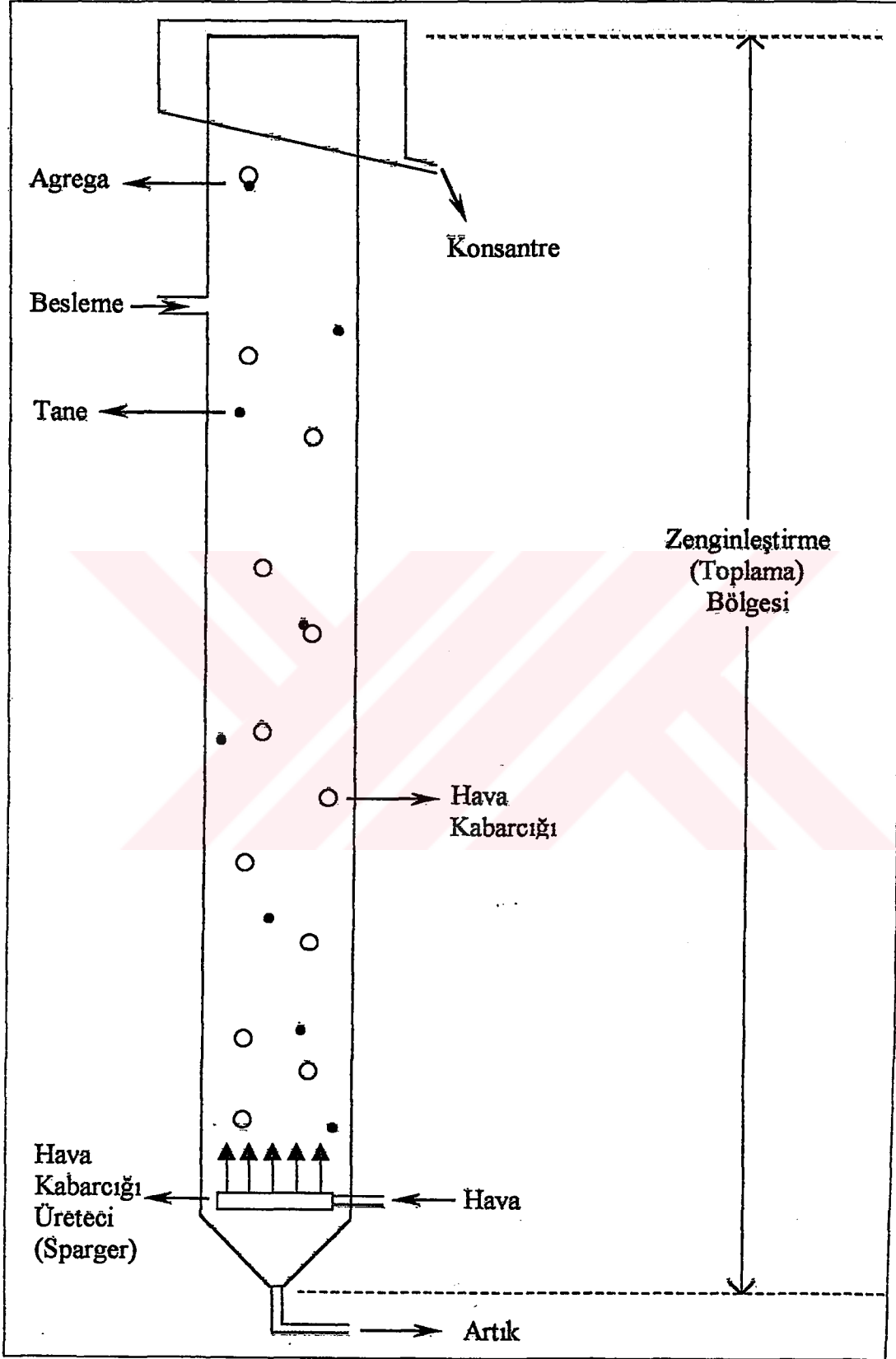
Belirtilen bu farklılıklar sayesinde modifiye kolonların klasik flotasyon kolonlarına göre üstün yönleri şu şekilde sıralanabilir:

- İri boyutlu cevherlerin (2-3 mm ile 0.1 mm arası) zenginleştirilebilmesi,
- Kolon yüksekliğinin daha düşük olması,
- Daha düşük çalışma maliyetine sahip olması.

4.6.6. Modifiye kolonda deneysel çalışmalar

4.6.6.1. Kolonun özellikleri

Deneyler, Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarında yapılmıştır. Deneyde kullanılan kolon, polyesterden imal edilmiş, tamamı şeffaf ve silindirik kesitlidir. Kolonun iç çapı 6 cm ve boyu 205 cm (gerekirse 300 cm.ye uzatılabilir) uzunluğundadır.



Şekil 4.32. Modifiye Flotasyon Kolonu

4.6.6.2. Çalışma şartları

Koşullandırılan pülp, 20 lt.lik karıştırma kabına konulmakta ve besleme pompası yardımıyla kolon tabanından 173 cm yüksekliğindeki besleme noktasından kolona verilmektedir. Hava ise, paslanmaz bir malzemedan yapılmış olan sparger (hava üretici) yardımıyla kolonun alt kısmından belirli bir basınç ve debide kolona verilmektedir. Cevher taneleri gravite ile aşağıya doğru inerken, yukarıya doğru yükselen hava kabarcıkları ile karşılaşmakta ve flotasyonun mikro-olayları oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak oluşan kabarcık-tane(ler) agregaları kolonun üst kısmındaki toplama kabına doğal taşma ile boşalmakta ve oradan da toplama kovasına alınmaktadır. Yüzmeyen taneler ise kolonun alt kısmından artık pompası yardımı ile alınmakta ve diğer bir kovada toplanmaktadır. Peristaltik pompalar yardımıyla, besleme debisi, artık boşalma debisi ve debi ölçer yardımıyla hava debisi kolaylıkla ayarlanabilmektedir.

4.6.6.3. Deney düzeneği

Deneyde, iri boyutta serbestleşen feldspat tanelerini kuvarstan ayırabilmek için modifiye kolon kullanılmıştır. Deney düzeneği Şekil 7.5.'de gösterilmiştir ve aşağıda belirtilen temel ekipmanlardan oluşmaktadır.

Besleme ve artık pompası : Deney düzeneğinde yer alan peristaltik pompalar, maksimum 600 dev./dak.lık bir hıza sahiptir. Besleme ve artık debisinin ayarlanması, hız kontrol ünitesi yardımıyla yapılmaktadır. Deneyler öncesinde pompaların (debi açısından) kalibrasyonu yapılmış ve kalibrasyon sonucunda besleme debisinin 0-1850 ml/dak , artık debisinin ise 0-3150 ml/dak arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Kompresör, deneyler esnasında gerekli olan basınçlı havanın temini için kullanılır.

Karıştırma kovası, 20 lt.lik bir hacme sahiptir ve tanelerin şartlandırılmasında ve kolona beslenmesinde kullanılmaktadır. Karıştırma, kovanın altına yerleştirilen matkap

yardımıyla dönen bir pervane ile sağlanmaktadır. Karıştırma sırasında malzemenin homojen olarak dağılmasını sağlamak amacıyla kova içine dört adet düşey levha yerleştirilmiştir. Bu levhaların genişliği, kova çapının 1/12 oranındadır.

Hava üretici (sparger) , poroz ve paslanmaz bir malzemedan yapılmış olup, 27.4 mm yüksekliğinde, 20.7 mm çapında ve 2.2 mm et kalınlığına sahiptir.

Flowmetre , kolona verilen hava debisini ayarlamak için kullanılmaktadır ve 65 mm uzunluğundadır.

Filtre regülatörü, kompresörden gelen basınçlı havayı arzu edilen bir değerde sabit tutabilmek amacıyla kullanılmaktadır (deney sırasında oluşabilecek basınç değişimi, kabarcık boyutunun değişimine neden olur). Ayrıca, kompresörden gelen hava içinde bulunabilecek nemin yoğuşmasıyla oluşa suyu da tutma özelliğine sahiptir.

Konsantre toplama kabı , kolonun üst kısmına monte edilmiş, 23*23*20 cm boyutlu ve şeffaf pleksiglastan yapılmıştır. Deneylerimizde bir hortum yardımıyla konsantre, konsantre toplama kabından konsantre kovasına alınmıştır.

Tamamlayıcı ekipmanlar, flotasyon kolonunun dışında bulunan ve sistemin çalışmasını sağlayan elemanlardır. Bunlar;

- ◆ Üç adet peristaltik pompa (besleme, artık, yıkama suyu pompaları; Ancak tıkama suyu pompası modifiye kolon için devre dışı bırakılmıştır),
- ◆ Koşullandırma tankı, artık tankı ve konsantre tankı,
- ◆ Flotasyon süreci bittiğinde, sistemin bir sonraki sürece hazır durumda olmasını sağlayan durulama fiskiyeleri,
- ◆ Hava basıncını ayarlayan ve sabit tutan regülatör,
- ◆ Hava debisinin kontrol edilmesini sağlayan iğneli hava vanası ve kumanda motoru,
- ◆ Hava debisinin gözlenmesini sağlayan debimetre (flowmetre),
- ◆ Havayı açıp kapayan selanoid valf,

- ◆ Flotasyon kolonunun ve konsantre toplama havuzunun durulanması için şebeke suyunu açan selanoid valf,
- ◆ Pülp hazırlama tankının durulanmasını veya şebekeden su alınmasını sağlayan selanoid valf,
- ◆ Pülpü karıştırmak için dönme hızı ayarlanabilen karıştırıcı,
- ◆ 8 bar basınç sağlayabilen 20 litrelik kompresör,
- ◆ Hava tutunum yüzdesini gözlemleyebilmek için şeffaf hortum,
- ◆ Havayı açıp kapayan selanoid valf güç ünitesi,
- ◆ pH elektrotu.

4.6.6.4. Örnek

Deney örnekleri manyetik ayırıcıdan zenginleşerek gelen konsantrelerdir. Renk vericileri uzaklaştırılan bu ürünler (-1.000+0.420 , -0.420+0.212 , -0.212+0.106 mm boyutlarında üç sınıfta yer alan manyetik ayırıcı konsantreleri) miktarlarına göre oranlanarak tartılıp 500'er gramlık torbalara alınarak flotasyon için hazırlanmıştır . -1 mm altı örneğin boyut dağılımı aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Görüleceği gibi flotasyon için kullanılan örneğin tane boyutu iri olarak nitelendirilebilir.

Elek Açıklığı (mm)	Ağ.	%Ağ.
-1.000 + 0.420	604.00	65.60
-0.420 + 0.212	101.08	16.06
-0.212 + 0.106	121.73	12.24

Flotasyona beslenen örneğin kimyasal analizi ise aşağıdaki çizelgede verilmiştir;

Çizelge 4.5. Flotasyon Beslemesinin Kimyasal Bileşimi

%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%Na ₂ O	%K ₂ O	%Fe ₂ O ₃	%CaO
77.10	13.33	3.90	3.76	0.27	0.94

4.6.6.5. Deneysel koşullar

Besleme Debisi (Q_F)	= 1360 ml/dak
Artık Debisi (Q_T)	= 1200 ml/dak
Yüzeysel Su Yükselme Hızı (J_w)	= 0.21 cm/sn
Hava Debisi (Q_A)	= 2000ml/dak
Ortalama Kabarcık Çapı (d_b)	= 1-1,5 cm
Hold-Up (ϵ_g)	= %11
Köpürtücü Tipi	= Aerofroth 65
Köpürtücü Miktarı (Q_f)	= 15 ppm
% Katı Oranı (ağırlıkça)	= %6 (İri tanelerin besleme pompasının hortumunu parçaladığı için % katı oranı düşük tutulmuştur.)
Kullanılan Deneysel Örneği Miktarı	= 500 gr
Örneklerin Boyut Dağılımı	= -1.000+0.106 mm
PH	= 6 – 7 – 8 – 9 - 10
Toplayıcı Cinsi	= Armacfloat ve Armac-T (Amin türü katyonik toplayıcı)

Toplayıcı Miktarı	= Armacfloat	-pH 7	-(500-750-1000 g/t)
	Armacfloat	-pH 8	-(500-750-1000 g/t)
	Armacfloat	-pH 9	-(500-750-1000 g/t)
	Armacfloat	-pH 10	-(500-750-1000 g/t)
	Armac-T	-pH 6	-(1000-1500-2000 g/t)
	Armac-T	-pH 7	-(1000-1500-2000 g/t)
	Armac-T	-pH 8	-(1000-1500-2000 g/t)
	Armac-T	-pH 9	-(1000-1500-2000 g/t)

Koşullandırma = pH'ı ayarlanan pülpe toplayıcı ilave edildikten sonra %12 katı oranında 5 dakika koşullandırılmıştır.

4.6.6.6. Deneysel yöntem

İlk olarak flotasyon hücresinde, kolon flotasyonuna ışık tutması amacıyla az miktarlarda numune ile örnek deneyler yapılmıştır. Bu sayede kolon flotasyonu için kullanılabilir pH aralığı ve deneye cevap veren uygun reaktifler belirlenerek, toplayıcıların hangi pH'larda kullanılabilirliği kaba olarak saptanmıştır.

Flotasyon kolonunda pH 7-10 arasında toplayıcı olarak amin türü Aerofloat ve Armac-T (katyonik) kullanılmıştır. Çeşitli pH aralıklarında toplayıcı cinsi ve miktarları değiştirilerek yaklaşık olarak 35-40 adet deney yapılmıştır. Artık kuvars yüzdürülerek, konsantre olan feldspat bastırılmıştır.

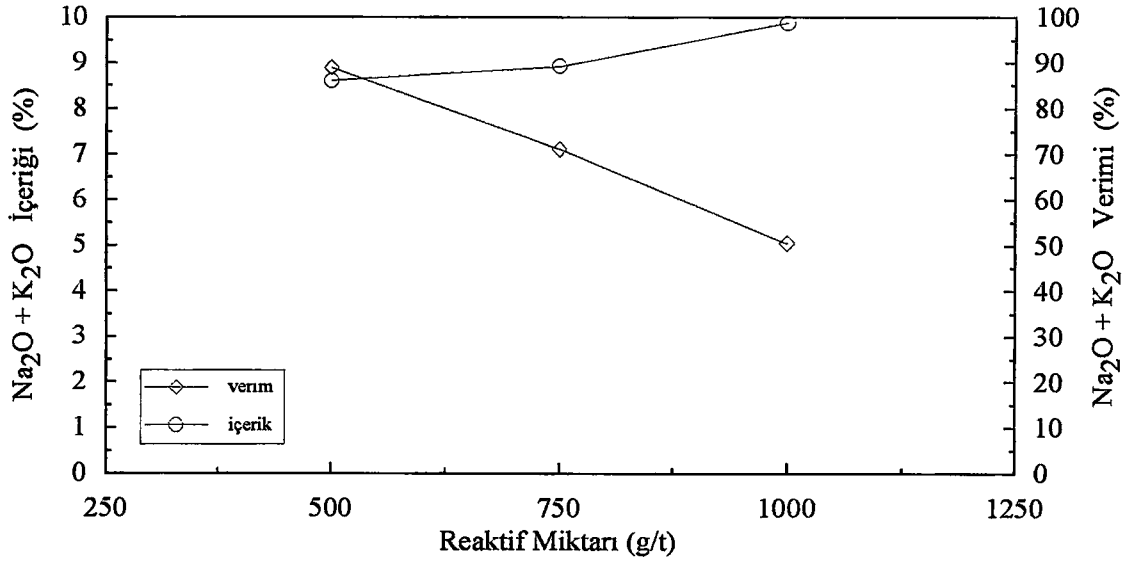
Deneyler aşağıda verilen aşamalar sırasıyla izlenerek gerçekleştirilmiştir;

- Her deney için kolonu doldurmaya ve flotasyon deneyini tamamlamaya yetecek miktarda su alınmıştır(40'lt). Bu suya önceden belirlenen miktarda köpürtücü katılmıştır.
- Köpürtücü miktarı belirli su ile kolon doldurulmuş ve kolonun önceden çalışma değişkenleri ayarlanmıştır (Besleme, artık ve hava debisi, hold-up vs.).

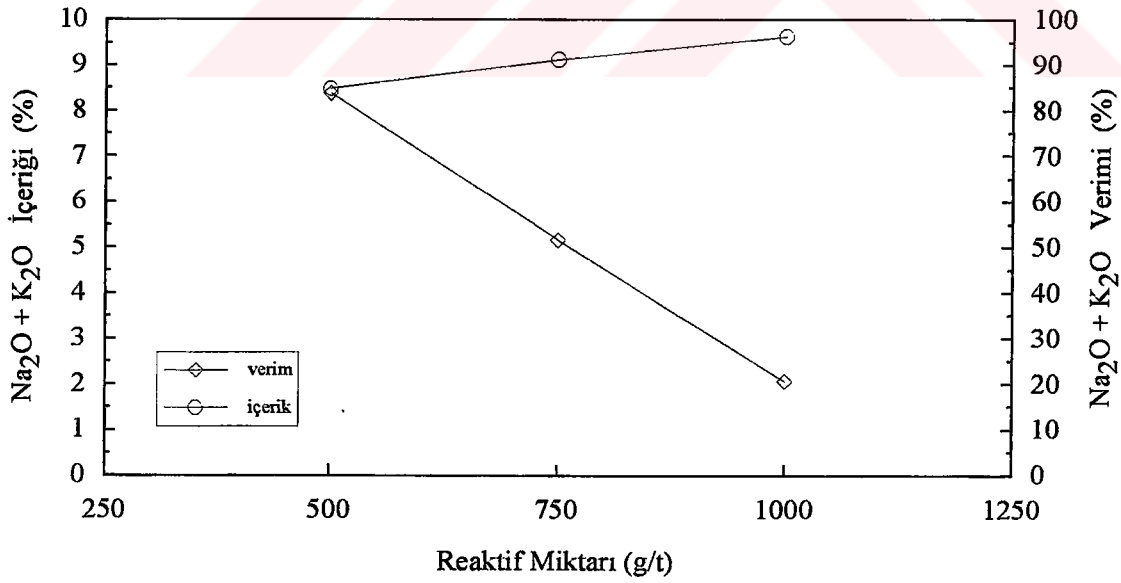
- Ortalama tane boyutu belirli 500gr örnek, besleme kabında gerekli miktarda köpürtücü miktarı belirli su ile karıştırılarak %12 katı oranlı pülp elde edilmiştir.
- Elde edilen pülpün pH'ı önceden belirlenen değere Na_2CO_3 ile veya H_2SO_4 yardımıyla ayarlanmıştır.
- Besleme kabındaki pülp karıştırıcı açılarak 5 dakika koşullandırılmıştır.
- Pülpün katı oranı, iri tanelerin beslenmesinden doğan güçlükler yüzünden düşük tutulmuştur. Bu oran %6 katı oranına su ilavesi ile düşürülerek, pH, köpürtücü miktarları kontrol edilerek kolona besleme yapılmıştır.
- Pülp beslemesi bittikten sonra, en son tanelere de sürüklenme fırsatı vermek ve kolonda pülp seviyesini düşürmemek amacıyla kolona bir müddet daha (3-5dak) köpürtücü miktarı belli sudan verilmiştir.
- Deney sonunda sistem durdurulmuştur. Elde edilen taşan (artık kuvars) ve batan (feldspat konsantresi) ürünler filtre edildikten sonra etüvde kurutulularak tartımları alınmıştır.

4.6.7. Deney sonuçları ve değerlendirilmesi

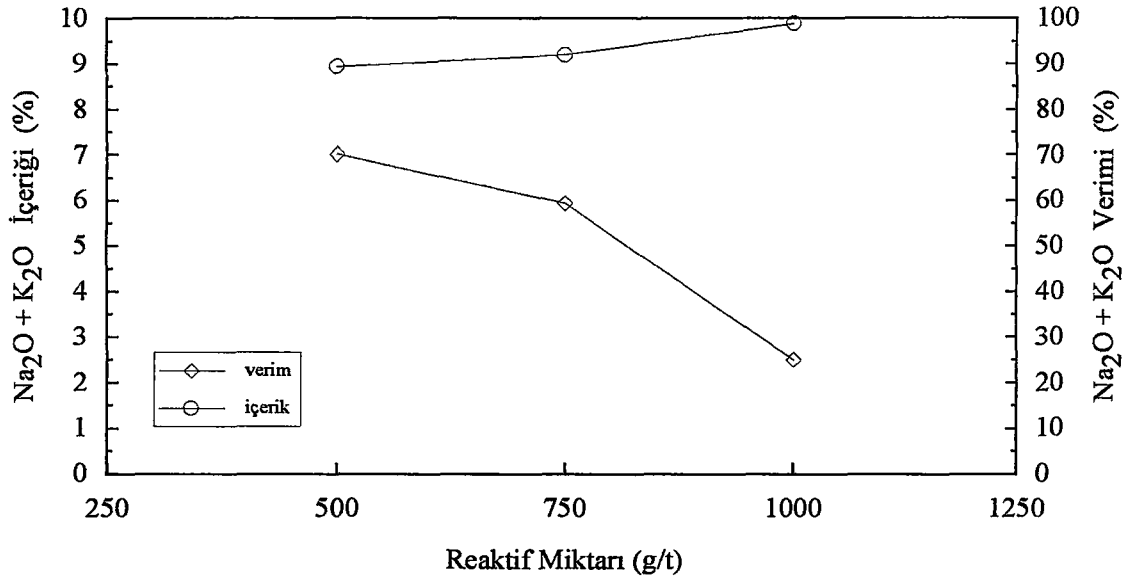
4.6.6.5 ve 4.6.6.6 nolu başlıklar altında açıklanan deneysel koşullarda ve deneysel yöntemde bahsedilen deneylerin sonuçları Çizelgeler 4.6; 4.7, Şekiller 4.34; 4.35; 4.36; 4.37; 4.38; 4.39; 4.40; 4.41; 4.42; 4.43; 4.44; 4.45; 4.46; 4.47; 4.48; 4.49; 4.50; 4.51; 4.52; 4.53; 4.54 ve 4.55'te verilmiştir. Ayrıca, önemli koşullar şekillerin altında sunulmuştur.



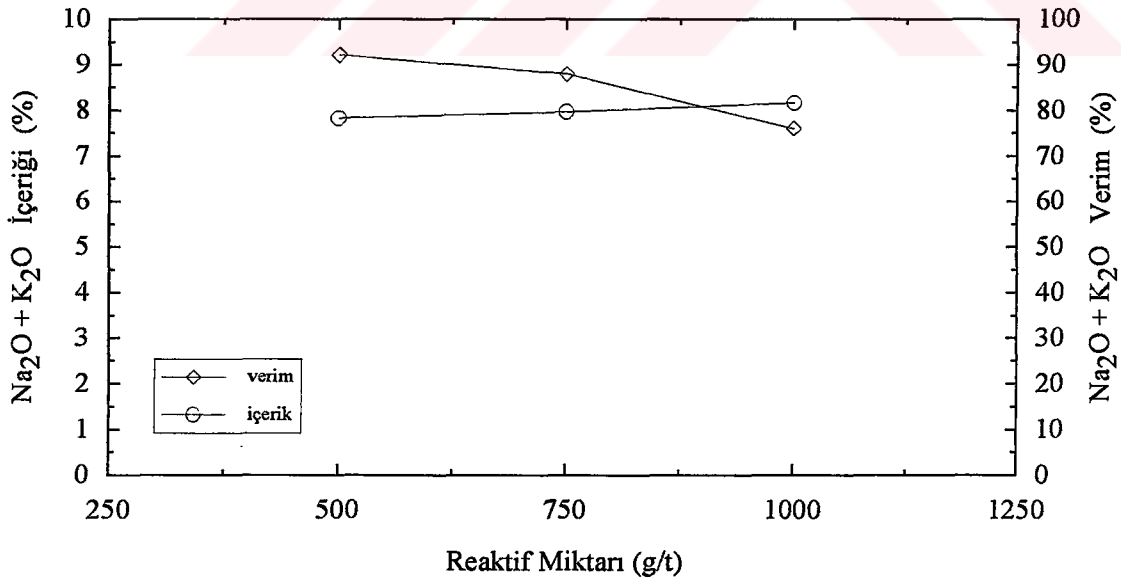
Şekil 4.34.- pH 7’de reaktif miktarının (armacfloat) Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



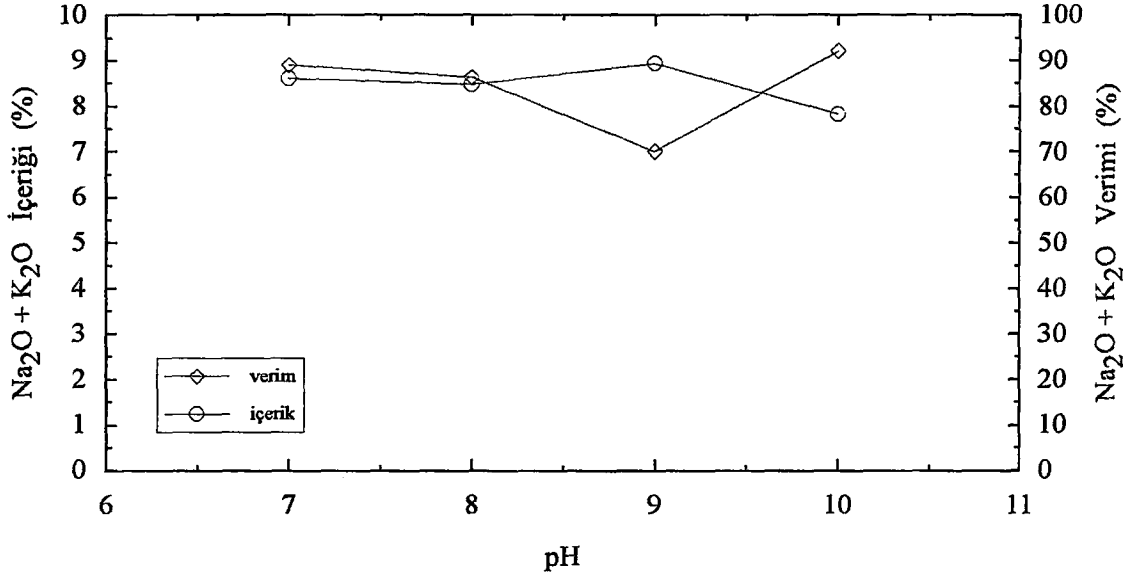
Şekil 4.35. - pH 8’de reaktif miktarının (armacfloat) Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



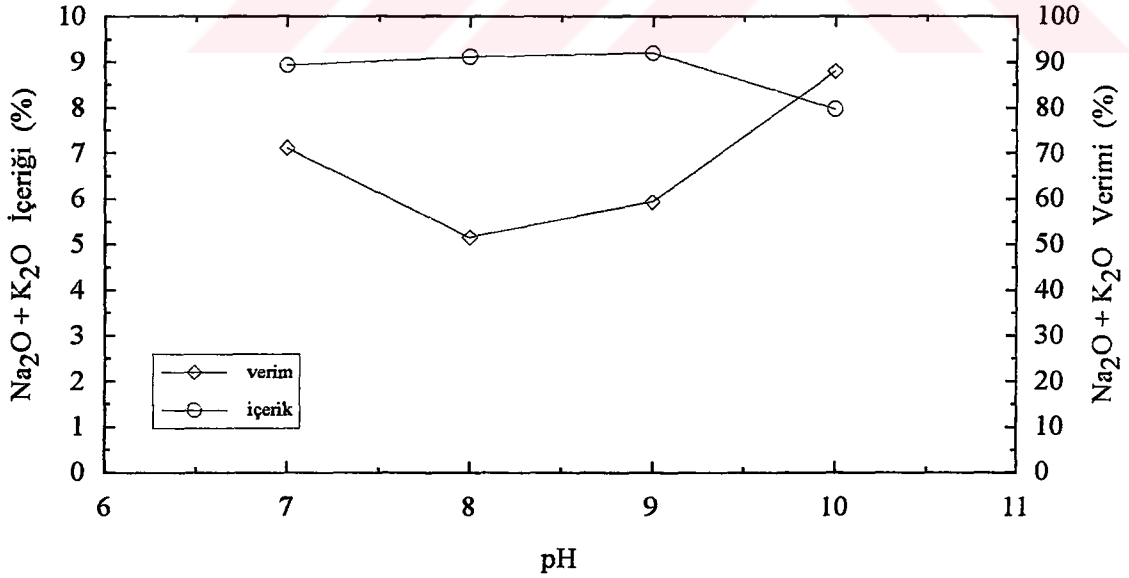
Şekil 4.36. - pH 9'de reaktif miktarının (armacfloat) Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



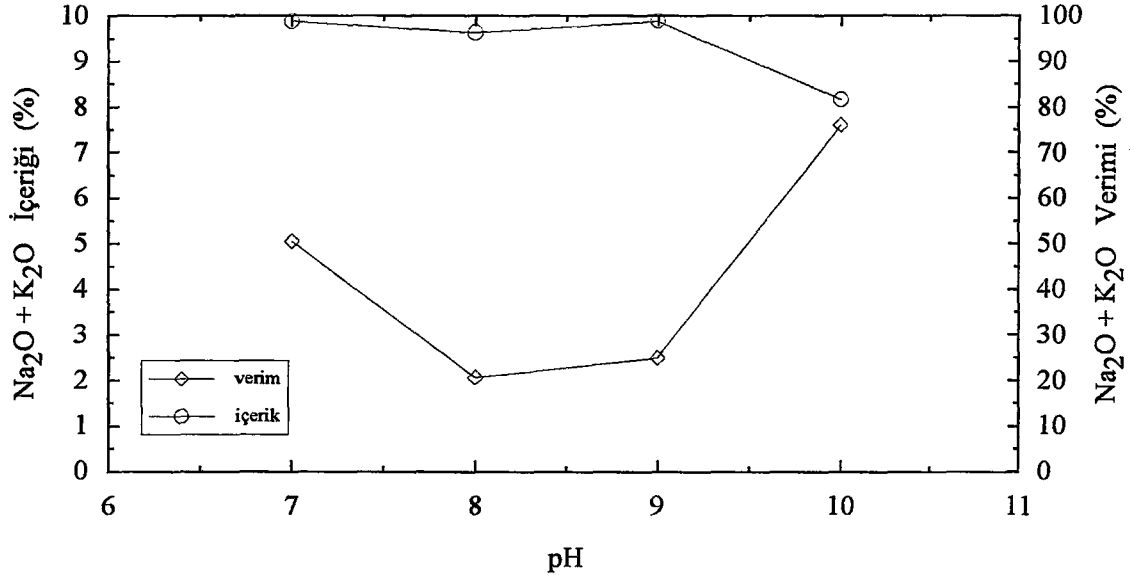
Şekil 4.37. - pH 10'de reaktif miktarının (armacfloat) Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



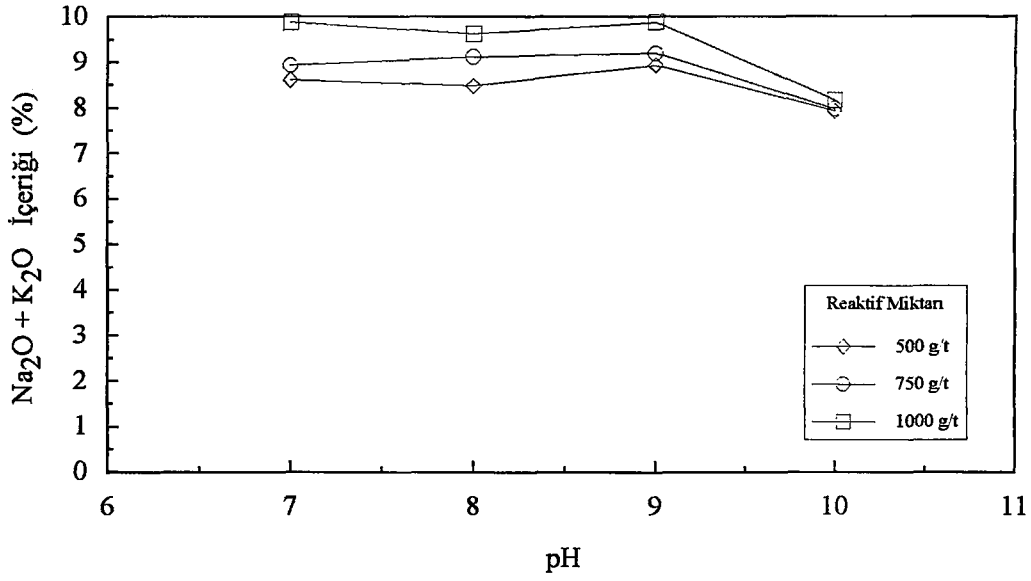
Şekil 4.38. - 500 g/t Armacfloat toplayıcısının pH'a göre Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



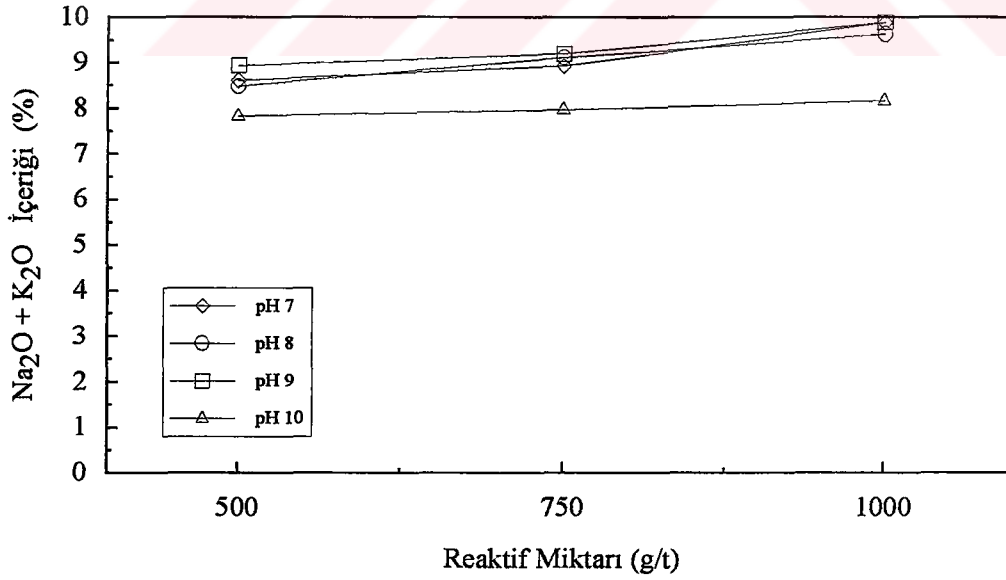
Şekil 4.39. - 750 g/t Armacfloat toplayıcısının pH'a göre Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



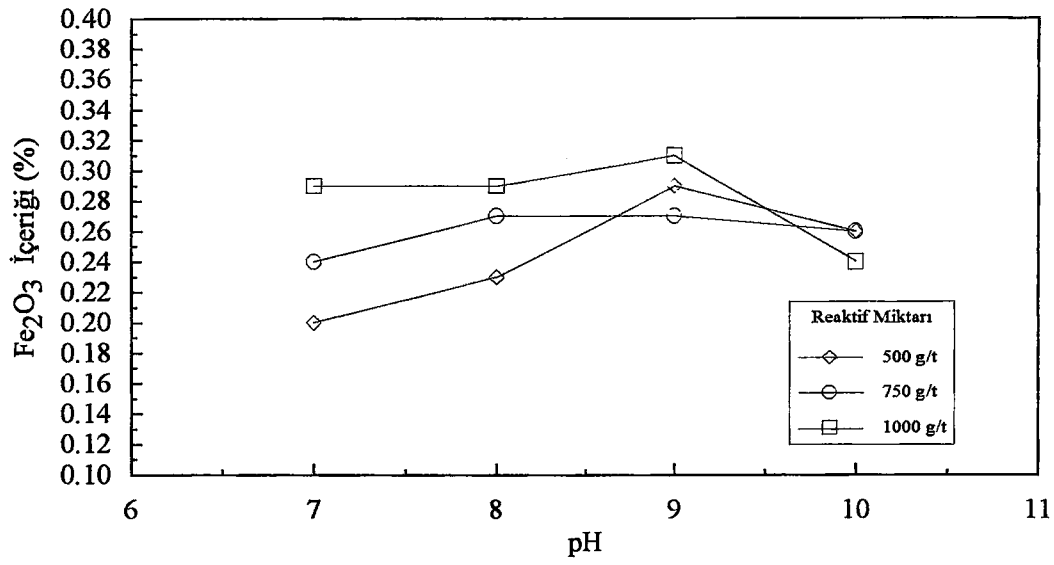
Şekil 4.40.- 1000 g/t Armacfloat toplayıcısının pH'a göre Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



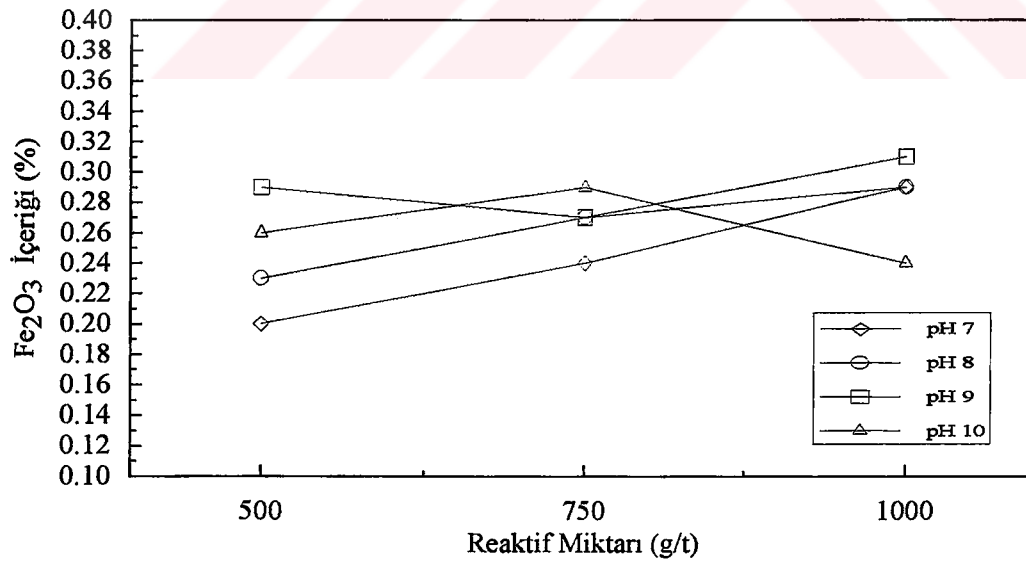
Şekil 4.41.- pH değişimine göre toplayıcı (Armacfloat) miktarının konsantre Na₂O+K₂O içeriğine etkisi



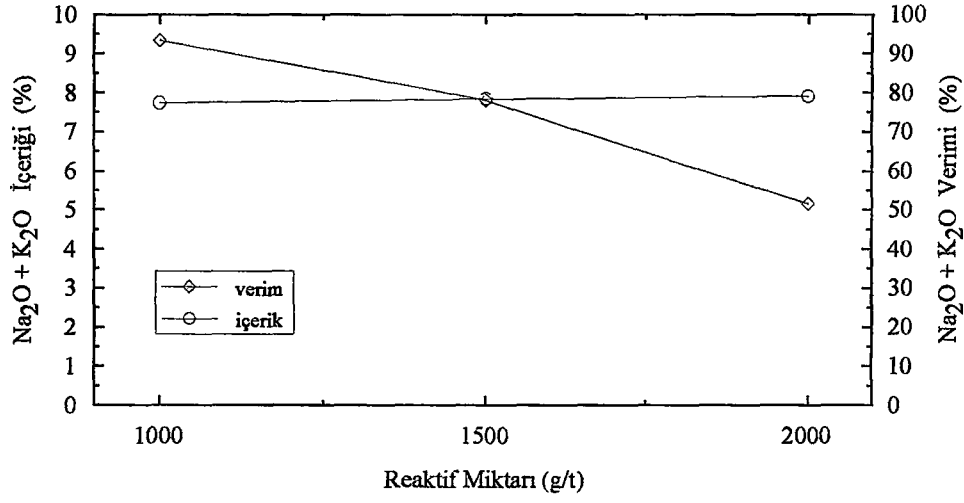
Şekil 4.42.- Toplayıcı (Armacfloat) miktarının pH değişimine göre konsantrenin Na₂O+K₂O içeriğine etkisi



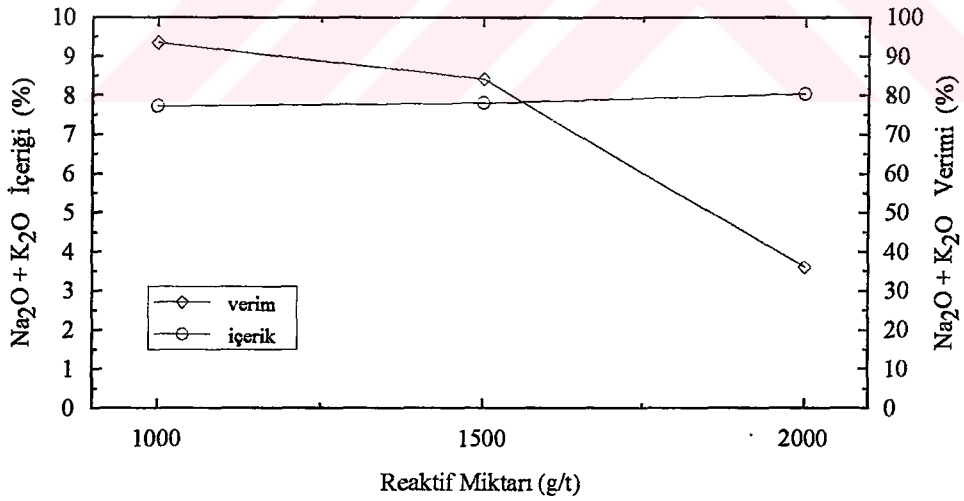
Şekil 4.43.- Toplayıcı (Armacfloat) miktarının pH değişimine göre Fe_2O_3 içeriğine etkisi



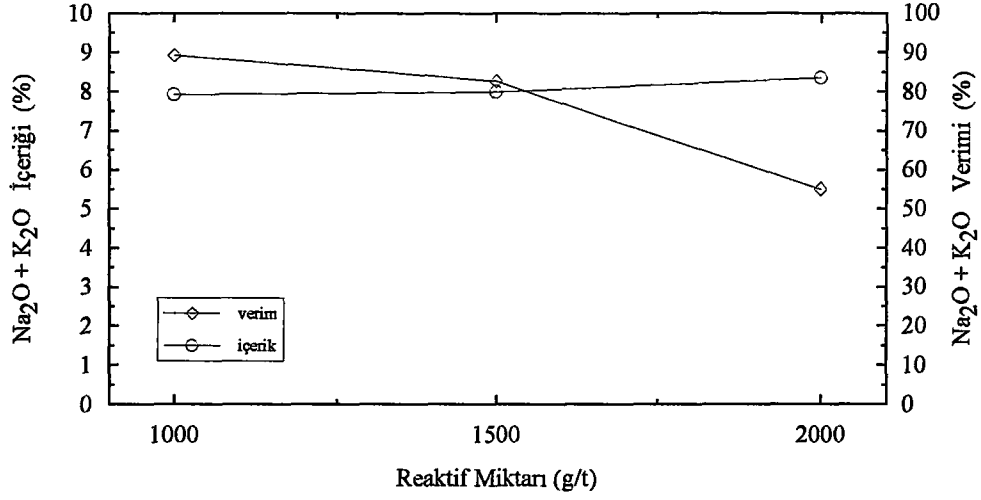
Şekil 4.44.- pH değişiminin toplayıcı (Armacfloat) miktarına göre Fe_2O_3 içeriğine etkisi



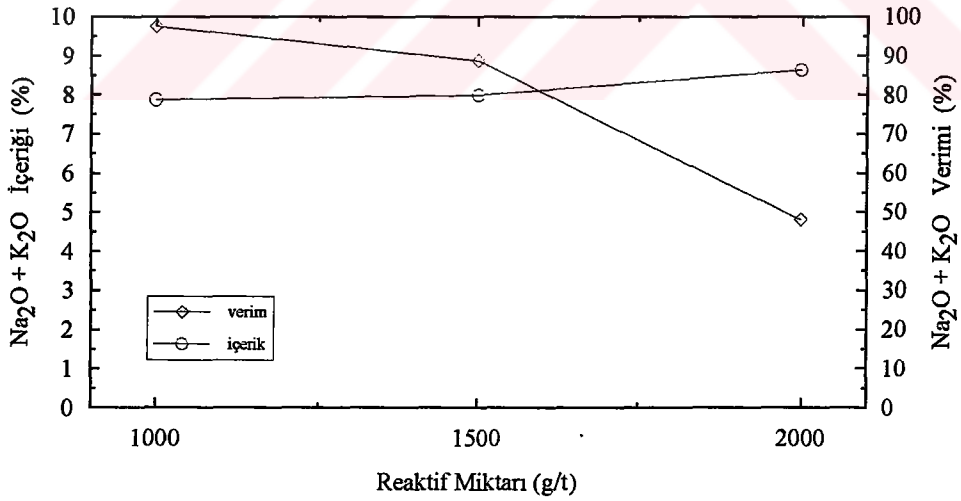
Şekil 4.45.- pH 6'da reaktif (Armac-T) miktarının $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği ve verimine etkisi



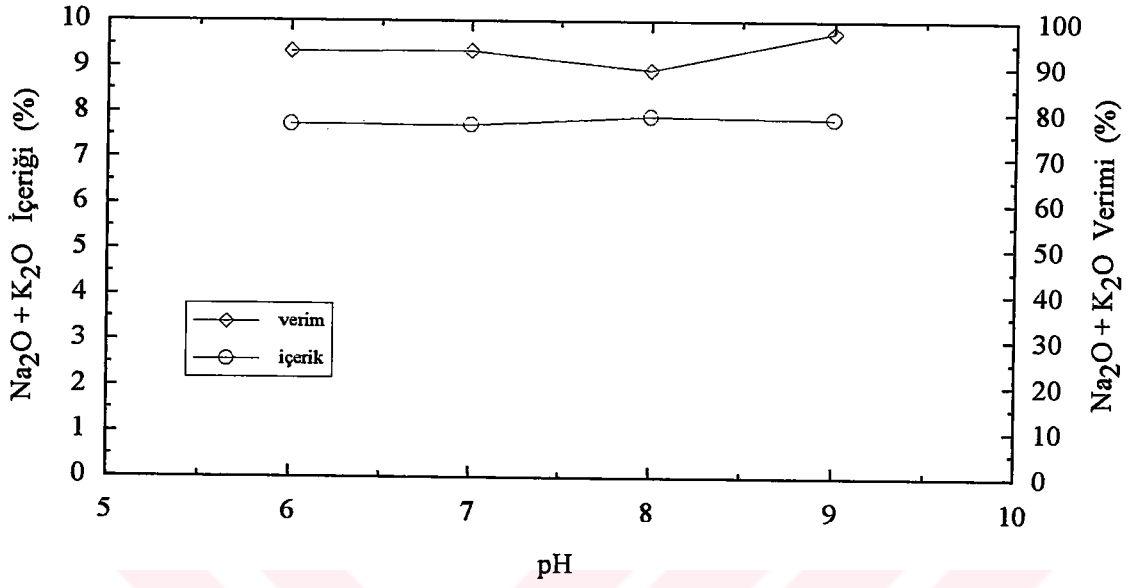
Şekil 4.46.- pH 7'de reaktif (Armac-T) miktarının $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği ve verimine etkisi



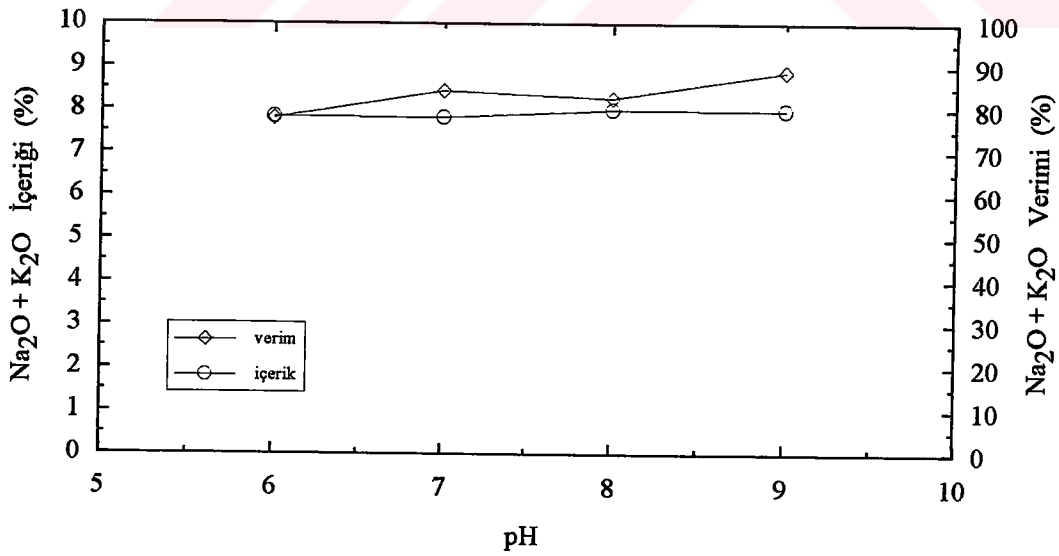
Şekil 4.47.- pH 8'de reaktif (Armac-T) miktarının Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



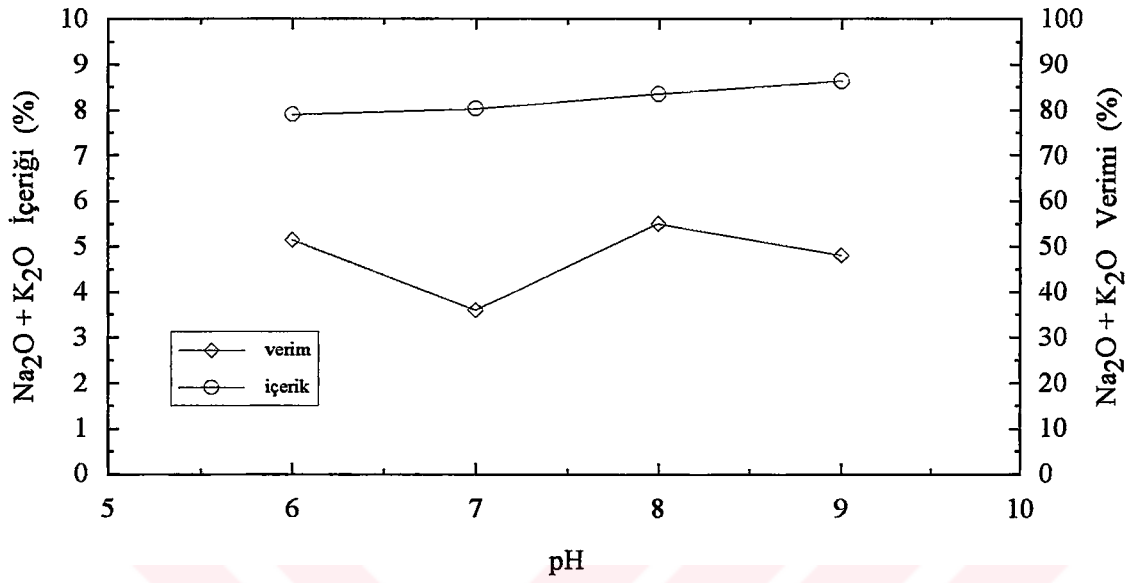
Şekil 4.48.- pH 9'da reaktif (Armac-T) miktarının Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



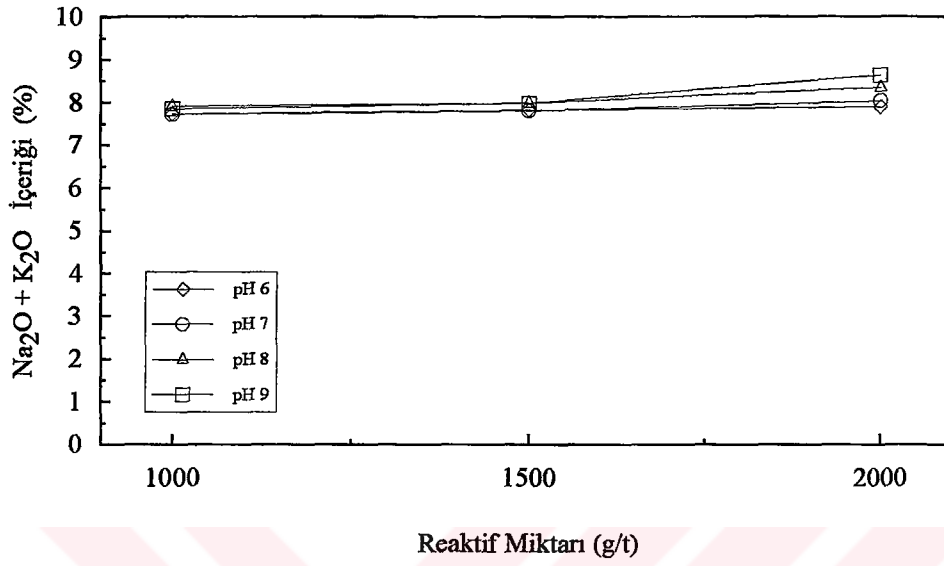
Şekil 4.49.- 1000 g/t Armac-T toplayıcısının pH'a göre Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



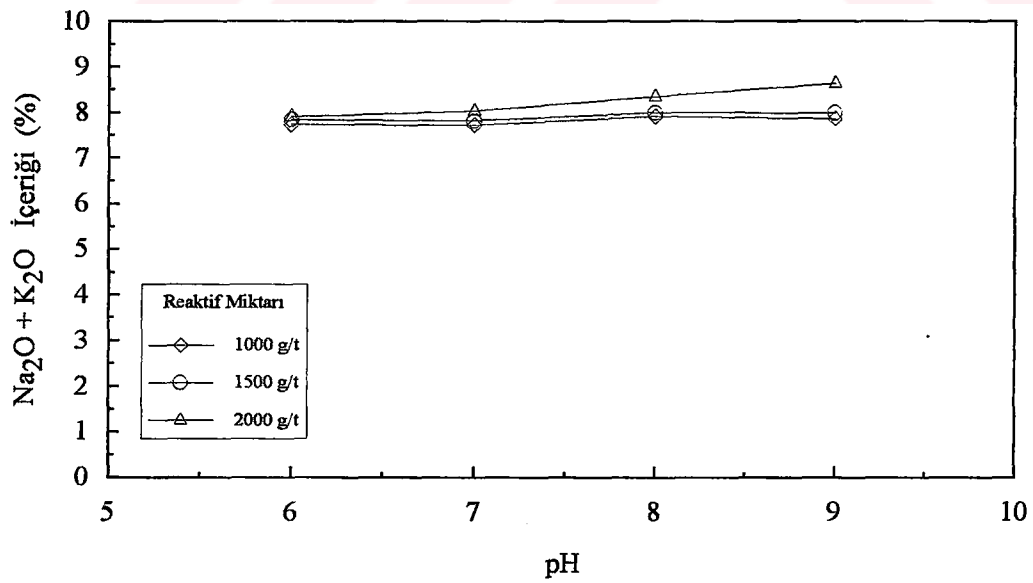
Şekil 4.50.- 1500 g/t Armac-T toplayıcısının pH'a göre Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



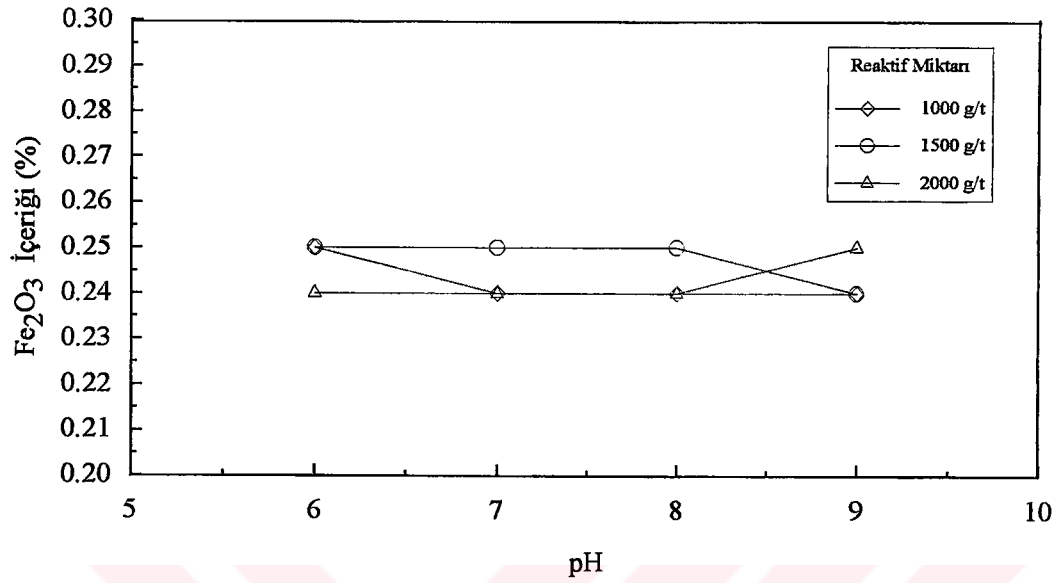
Şekil 4.51.- 2000 g/t Armac-T toplayıcısının pH'a göre Na₂O+K₂O içerik ve verimine etkisi



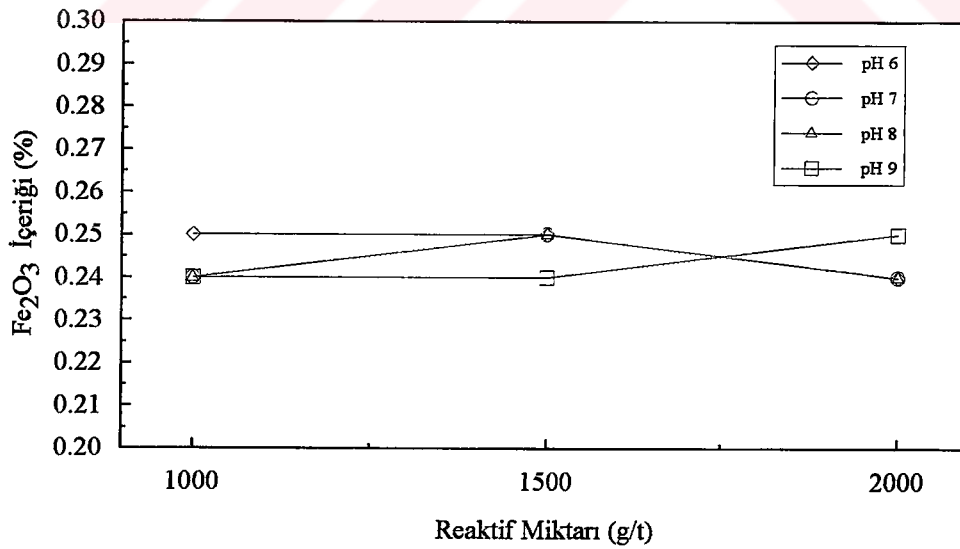
Şekil 4.52.- Toplayıcı (Armac-T) miktarının pH değişimine göre konsantredeki Na₂O+K₂O içeriğine etkisi



Şekil 4.53.- pH değişimine göre toplayıcı (Armac-T) miktarının konsantredeki Na₂O+K₂O içeriğine etkisi



Şekil 4.54.- Toplayıcı (Armac-T) miktarının pH değişimine göre konsantredeki Fe₂O₃ içeriğine etkisi



Şekil 4.55.- pH değişiminin toplayıcı (Armac-T) miktarına göre konsantredeki Fe₂O₃ içeriğine etkisi

Çizelge 4.6. Armacfloat kullanımında elde edilen ürünlerin %ağırlıkları ve kimyasal bileşimleri

Deney NO	pH	Reaktif Miktarı g/t	Ürün	Miktar (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	SiO ₂ (%)	Na ₂ O +K ₂ O (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
1	7	500	Kons.	79.21	4.35	4.25	75.48	8.60	0.20
			Artık	20.79	2.16	1.89	83.27		
2	7	750	Kons.	61.05	4.70	4.22	74.03	8.92	0.24
			Artık	38.95	2.65	3.04	81.91		
3	7	1000	Kons.	39.17	5.89	3.98	70.00	9.87	0.029
			Artık	60.83	2.62	3.62	81.67		
4	8	500	Kons.	78.00	4.45	4.02	76.79	8.22	0.20
			Artık	22.00	1.95	2.84	78.21		
5	8	750	Kons.	43.33	5.13	3.98	71.70	9.11	0.27
			Artık	56.67	2.96	3.59	81.23		
6	8	1000	Kons.	16.37	6.58	3.04	68.50	9.62	0.29
			Artık	83.63	3.76	3.90	78.78		
7	9	500	Kons.	60.07	4.81	4.12	74.37	8.93	0.29
			Artık	39.93	2.53	3.22	81.21		
8	9	750	Kons.	49.42	5.12	4.07	72.53	9.19	0.27
			Artık	50.58	2.71	3.46	81.56		
9	9	1000	Kons.	19.35	6.54	3.34	68.31	9.88	0.31
			Artık	80.65	3.27	3.86	79.21		
10	10	500	Kons.	90.20	3.92	3.90	76.80	7.82	0.26
			Artık	9.80	3.72	2.47	78.26		
11	10	750	Kons.	84.51	3.98	3.99	76.73	7.97	0.26
			Artık	15.49	3.46	2.51	79.10		
12	10	1000	Kons.	71.38	4.06	4.10	75.41	8.16	0.24
			Artık	28.62	3.50	2.91	81.32		

Çizelge 4.7. Armac-T kullanımında elde edilen ürünlerin %ağırlıkları ve kimyasal bileşimleri

Deney NO	pH	Reaktif Miktarı g/t	Ürün	Miktar (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	SiO ₂ (%)	Na ₂ O+ K ₂ O (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
1	6	1000	Kons.	92.45	3.93	3.80	77.03	7.85	0.25
			Artık	7.55	2.49	2.04	77.96		
2	6	1500	Kons.	76.29	3.98	3.85	76.95	7.70	0.25
			Artık	23.71	3.64	3.47	77.58		
3	6	2000	Kons.	49.98	4.03	3.87	75.26	7.53	0.24
			Artık	50.02	3.77	3.69	78.93		
4	7	1000	Kons.	92.66	3.94	3.78	76.85	7.72	0.25
			Artık	7.37	3.38	3.49	79.93		
5	7	1500	Kons.	82.55	4.05	3.76	75.92	7.81	0.25
			Artık	17.45	3.19	3.76	82.68		
6	7	2000	Kons.	34.36	4.28	3.75	69.02	8.03	0.24
			Artık	65.64	3.70	3.77	81.33		
7	8	1000	Kons.	86.41	3.96	3.95	76.59	7.91	0.23
			Artık	13.59	3.52	2.55	80.34		
8	8	1500	Kons.	79.20	4.04	3.95	75.10	7.99	0.25
			Artık	20.80	3.37	3.04	84.71		
9	8	2000	Kons.	50.48	4.40	3.95	73.02	8.35	0.25
			Artık	49.52	3.39	3.57	81.26		
10	9	1000	Kons.	94.90	3.94	3.92	77.05	7.86	0.24
			Artık	5.10	3.16	0.78	78.03		
11	9	1500	Kons.	95.23	4.03	3.95	77.00	7.98	0.23
			Artık	4.77	3.15	2.66	77.67		
12	9	2000	Kons.	42.65	4.62	4.01	72.24	8.63	0.26
			Artık	57.35	3.36	3.57	80.71		

Sırası ile şekiller incelendiğinde deneysel çalışmalardan çıkartılabilecek sonuçlar şunlardır;

- ✓ Konsantre ürünün $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ toplam tenörü ve verimi ayrıca , Fe_2O_3 tenörü açısından etkili olan ve en iyi sonuçların alındığı reaktif (toplayıcı) Armacfloat'tır. Armac-T'nin etkisi daha azdır.
- ✓ Armacfloat kullanımında en iyi koşullarda (reaktif miktarı 500g/t, pH 7) konsantrenin (Şekil 4.34; 4.38);
 - % $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği: 8.60
 - % $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi: 88.93
 - % Fe_2O_3 içeriği: 0.20
- ✓ Armac-T kullanımında en iyi koşullarda (reaktif miktarı 1000g/t, pH 9) konsantrenin (Şekil 4.48; 4.49);
 - % $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği: 7.86
 - % $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ verimi: 97.38
 - % Fe_2O_3 içeriği: 0.24
- ✓ Toplayıcı reaktif kullanımı arttıkça genel olarak $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ içeriği artmakta buna karşılık verim düşmektedir. Kuvarsın yüzmesi artarken, feldspatların yüzmesi de artmaktadır. Bu nedenle kritik reaktif miktarı;
 - Armacfloat için; 500 g/t
 - Armac-T için; 1000 g/t'dur.
- ✓ Konsantre tenörü ve verimi açısından kritik pH;
 - Armacfloat kullanımında; pH 7
 - Armac-T kullanımında ; pH 9'dur
- ✓ Yukarıda açıklanan sonuçların ışığında; flotasyon ile manyetik ayırıcı konsantresinin Na_2O ve K_2O içeriği artmakta ve Fe_2O_3 içeriği azalmaktadır. Elde edilen konsantre ürün rahatlıkla seramik sektöründe kullanılabilir. Ancak, kullanılan yöntemin (flotasyon) ekonomikliği araştırılmalıdır. Yani manyetik ayırıcı konsantresi ilave K_2O ile kullanıldığında mı ekonomiktir? Yoksa flotasyona ihtiyaç var mıdır?

5. GENEL SONUÇLAR

Altere granitten manyetik yolla ve manyetik + flotasyon yöntemiyle feldspatın kazanımı mümkündür. Manyetik ürün konsantresi ilave K_2O rahatlıkla karo seramik üretiminde massede kullanılır. Manyetik ayırıcı konsantresinin Na_2O ve K_2O içeriği floyasyon yöntemi ile kritik pH ve reaktif miktarında arttırılabilmekte ve konsantre karo seramik üretimine uygun görünmektedir.

Tüm deneysel sonuçlar yeniden irdelenirse;

- ✓ Manyetik ayırıcıda konsantrenin Na_2O , K_2O ve SiO_2 tenörü tüvenan cevherinkine göre dikkate değer ölçüde artış göstermiştir. Buna karşılık Fe_2O_3 tenörü düşmüştür.
- ✓ Manyetik ayırmada iri boyuttan ince boyuta göre en ideal (toplam Na_2O ve K_2O tenörü ve en düşük Fe_2O_3 tenörü) tambur hızı ve besleme miktarı sırası ile;

- 1.000+0.420 mm için ;	Dönme Hızı :	150 dev/dk
	Besleme Hızı :	0.40 kg/dk
	% Na_2O+K_2O :	7.64
	% Fe_2O_3 :	0.28

-0.420+0.212 mm için ;	Dönme Hızı :	175 dev/dk
	Besleme Hızı :	0.40 kg/dk
	% Na_2O+K_2O :	7.75
	% Fe_2O_3 :	0.24

-0.212+0.106 mm için ;	Dönme Hızı :	175 dev/dk
	Besleme Hızı :	0.40 kg/dk
	% Na_2O+K_2O :	7.66
	% Fe_2O_3 :	0.23

- ✓ Manyetik ayırmada, tane boyu küçüldükçe konsantrenin Fe_2O_3 tenörü azalmaktadır. Bu, minerallerin serbestleşme derecesinin artışı, yani bağlı tanelerin (manyetik - non manyetik) azalması ile açıklanabilir.
- ✓ Manyetik ayırıcıda en iyi koşullarda elde edilen konsantrelerin ortalama Na_2O , K_2O ve Fe_2O_3 % içerikleri şöyledir; % Na_2O ;4.05, % K_2O ; 3.51 ve % Fe_2O_3 ; 0.27. Bu durumda elde edilen ürün ilave K_2O ile rahatlıkla karo üretiminde massede kullanılabilir.
- ✓ Flotasyonda konsantre ürünün Na_2O+K_2O toplam tenörü, verimi ve Fe_2O_3 tenörü açısından etkili olan ve en iyi sonuçların alındığı reaktif (toplayıcı) Armacfloat'tır. Armac-T'nin etkisi daha azdır.
- ✓ Armacfloat kullanımında en iyi koşullarda (reaktif miktarı 500g/t, pH 7) konsantrenin (Şekil 4.34; 4.38);
 - % Na_2O+K_2O içeriği: 8.60
 - % Na_2O+K_2O verimi: 88.93
 - % Fe_2O_3 içeriği: 0.20
- ✓ Toplayıcı reaktif kullanımı arttıkça genel olarak Na_2O+K_2O içeriği artmakta buna karşılık verim düşmektedir. Kuvarsın yüzmesi artarken, feldspatların yüzmesi de artmaktadır. Bu nedenle kritik reaktif miktarı;
 - Armacfloat için; 500 g/t
 - Armac-T için; 1000 g/t'dur.
- ✓ Konsantre tenörü ve verimi açısından kritik pH;
 - Armacfloat kullanımında; pH 7
 - Armac-T kullanımında ; pH 9'dur
- ✓ Manyetik ayırma + flotasyon yöntemi ile elde edilen konsantre ürün rahatlıkla seramik sektöründe kullanılabilir. Ancak, kullanılan yöntemin (flotasyon) ekonomikliği araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Arcasoy, A., Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, 1983.

Benedusi, S., Feldspar in Sardinia, Industrial Minerals, February 1998.

Biffi, G., Fine Porcelain Stoneware Tiles, gruppo editoriale faenza editrice s.p.a.

Bilir, K., 1997, Modifiye Flotasyon Kolonunda İnce Tanelerin Sürüklenmesi ve İri Taneli Cevherlerin Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Boztepe, A.M., Tezcan, A., Bilecik-Söğüt Pegmatitlerinin Laboratuvar Ölçeğinde Yapılan Zenginleştirme Çalışmaları, M.T.A. Enstitüsü Teknoloji Dairesi Başkanlığı Cevher Zenginleştirme Servisi, Nisan 1980, Ankara.

Castle, J.E., Gillson, J.L., Feldspar, Nepheline, Syenite and Aplite, Industrial Minerals and Rocks, The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York, 1960, 339-363.

Ceramic Tecnology, Centro Ricerche Ceramiche SITI, Vol.1, 44-51.

Çıkışır, S., Toprak Seniteri ve İzolatör Sanayii A.Ş.'de Hazırlanan Teknik Fizibilite Etüdü, 1997, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Çobanlı, Z., Seramik Astarları, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 919 , Eskişehir 1996

Emir, E., 1995, Sarıcakaya Granitlerinin Fiziko Mekanik Özellikleri ve Değerlendirilebilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Geredeli, A., Özbayoğlu, G., Simav Feldspatının Flotasyonu, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 1995, (71-75).
- Gökalp, T., Ulu, E., Gümüşhane Karamustafa Köyü, Çamlı Köyü ve Aşağıhur Köyü Feldspat Cevherlerinin Zenginleştirme Çalışmaları, M.T.A. Enstitüsü Teknoloji Dairesi Başkanlığı Cevher Zenginleştirme Servisi, Haziran 1989, Ankara.
- Gökalp, T., Simav Demirci Alkali Granitlerinin Laboratuvar Ölçekte Zenginleştirme Çalışmaları, M.T.A. Enstitüsü Teknoloji Dairesi Başkanlığı Cevher Zenginleştirme Servisi, Nisan 1980, Ankara.
- Gökalp, T., Özmerih, L., Beypazarı Oymağaç-Dikilitaş Feldspatlı Pegmatitlerinin Zenginleştirme Çalışmaları, M.T.A. Enstitüsü Teknoloji Dairesi Başkanlığı Cevher Zenginleştirme Servisi, Aralık 1979, Ankara.
- Gökalp, T., Özmerih, L., Artvin-Şavşat Feldspat Numunesinin Zenginleştirilmesi Etüdü, M.T.A. Enstitüsü Teknoloji Dairesi Başkanlığı Cevher Zenginleştirme Servisi, Mayıs 1977, Ankara.
- Kaya, M., Sümer, G., Aydın-Çine Feldspatlarının Flotasyon ile Zenginleştirilmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 1995, (59-69).
- Kırkoğlu, S., Endüstriyel Hammaddeler, İtambul Teknik Üniversitesi, 1990.
- Kibici, Y., Güneş, G., Sivrihisar-Günyüzü-Dinek Granitporfirleri İçindeki Feldspatların Ekonomik Potansiyeli, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 1995,(83-95).
- Kužvart, M., Industrial Minerals and Rocks, Czechoslovak Academy of Sciences, 1984.
- Matel A.Ş., 1999, İşletme mühendisi ile kişisel görüşme.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Okur, E., 1984, Simav Dağardı Feldspatlarının Zenginleştirilme Olanaklarının Araştırılması, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 53, Eskişehir.

Önem, Y., Sanayi Madenleri, Ankara, Mart 1997.

Öteyaka, B., 1993, "Modélisation d'une colonne de flottation sans d'écume pour la séparation des particules Grossières", Doktora Tezi, Université Laval, Canada

Öteyaka, B., Kolon Flotasyonu, Yüksek Lisans Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü.

Pirinç, A., 1998, Modifiye Flotasyon Kolonunun Bilgisayar Yardımı İle Otomatik Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Soto, H., 1989, "Column flotation with negative bias", Processing of Complex Ores, (Dobby, g. and Rao, s. eds), Pergamon Press, pp. 379-385

Soto, H., 1992, "Development of novel flotation-elutriation method for coarse phosphate beneficiation", FIPR Publication, Florida Institute Phosphate Research

Süer, Ü., 1997, Feldspatların Kolon Flotasyonu ile Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, O.G.Ü.

Sümer, G., Seramik Sanayii El Kitabı, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 308., Uygulamalı Güzel Sanatlar Yüksek Okulu Yayınları No:1, Eskişehir, 1988.

Sümer, G., Endüstriyel Seramikler, Cilt:2, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 654, Eskişehir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Sümer, G., 1994, Aydın-Çine feldspatlarının özellikleri ve flotasyon yöntemi ile zenginleştirilmesi , Doktora Tezi

Termal Seramik Sanayii ve Ticaret A.Ş., 1999, Hammadde müdürü ile kişisel görüşme

Toraman, N., 1998, Altere Granitlerden Feldspatların Kazanılması, Bitirme Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

