

166516

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BEYPAZARI VE KAZAN TRONA CEVHERLERİNİN
FLOTASYON VE MANYETİK AYIRMA
YÖNTEMLERİYLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Maden. Müh. Daniyar MATAZİMOV
(505021014)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 1 Haziran 2005**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Mehmet Sabri ÇELİK
Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Ali GÜNEY (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Özgül ÖZCAN (İ.T.Ü.)**

Mehmet Sabri Çelik
Ali Güney
Özgül Özcan

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Dünyada ikinci en büyük trona rezervlerine sahip olan ülkemizin bu serveti verimli bir şekilde kullanabilmesi teknolojik gelişmelerin ivme kazanması için önem arz etmektedir. Halen kullanılmakta olan doğrudan çözünme yerine kısmen zenginleştirme işlemlerinin konulabilmesi alternatif olarak sunulmaktadır. Bu çerçevede, ileride ülkemizde özellikle Kazan trona cevheri için kullanılması mümkün görülen flotasyon yöntemiyle trona cevherinin zenginleştirme çalışmalarının mutlaka desteklenmesi gerekir.

Bu çalışmada Beypazarı ve Kazan tronasının flotasyon ve manyetik ayırma yöntemleriyle zenginleştirme parametreleri araştırılmıştır. Çalışmalarım süresince bilgi ve deneyimlerinden çok faydalandığım sayın hocam ve danışmanım Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK, deney çalışmalarım süresince bana yardımlarını esirgemeyen değerli meslektaşlarım Yüksek Maden Mühendis Mustafa Özer, Mustafa Çınar ve Mehmet Fatih Can'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitimim boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürler.

Haziran 2005

Daniyar MATAZİMOV

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
2. TRONA HAKKINDA GENEL BİLGİLER	3
2.1. Tanımı ve Oluşumu	3
2.2. Kimyasal, Fiziksel ve Mineralojik Özellikleri	3
2.3. Dünyada ve Türkiye’de Trona	6
2.3.1. Dünyada Durum	6
2.3.1.1. Amerika’daki Trona Yatakları	6
2.3.1.2. Çin’deki Trona Yatakları	7
2.3.2. Türkiye’de Durum	8
2.3.2.1. Beypazarı Trona Yatağı	8
2.3.2.2. Kazan Trona Yatağı	9
2.4. Rezervler	10
2.5. Soda-Trona İlişkisi	11
2.6. Dünya’da Kullanılan Klasik Soda Üretim Teknolojileri	12
2.6.1. Sentetik Soda Üretimi	12
2.6.1.1. Le Blanc Yöntemi	12
2.6.1.2. Solvay Yöntemi	13
2.6.2. Doğal Kaynaklardan Soda Üretimi	14
2.6.2.1. Monohidrat Yöntemi	14
2.6.2.2. Sesqikarbonat Yöntemi	15
2.6.2.3. Karbonatlaştırma Yöntemi	18

2.6.2.4. Alkali Ekstraksiyon Yöntemi	18
2.7. Dünyada ve Türkiye’de Soda Üretimi	22
2.7.1. Dünyada Soda Üretimi	22
2.7.1.1. Doğal Soda Üretimi	22
2.7.1.2. Sentetik Soda Üretimi	23
2.7.2. Türkiye’de Soda Üretimi	25
2.7.2.1. Doğal Soda Üretimi	25
2.7.2.2. Sentetik Soda Üretimi	26
2.8. Kullanım Alanları	28
3. MALZEME VE YÖNTEM	30
3.1. Kullanılan Malzemelerin Tanımı	30
3.1.1. Beypazarı Numunesinin Özellikleri	30
3.1.1.1. Numunenin Fiziksel Özellikleri	30
3.1.1.2. Numunenin Kimyasal Özellikleri	31
3.1.1.3. Numunenin Mineralojik Özellikleri	32
3.1.2. Kazan Numunesinin Özellikleri	32
3.1.2.1. Numunenin Fiziksel Özellikleri	32
3.1.2.2. Numunenin Kimyasal Özellikleri	33
3.1.2.3. Numunenin Mineralojik Özellikleri	34
3.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar	35
3.3. Deneylerde Uygulanan Yöntemler	39
3.3.1. Flotasyon Yöntemi	39
3.3.2. Manyetik Ayırma Yöntemi	47
4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ	50
4.1. Beypazarı Trona Cevheri ile Flotasyon Deneyleri	50
4.1.1. Kıvamlandırmada PKO’nın Flotasyona Etkisi	51
4.1.2. DAH Miktarının Flotasyona Etkisi	53
4.1.3. Gazyağı Miktarının Flotasyona Etkisi	56
4.1.4. Flotasyon Süresinin Flotasyon Sonuçlarına Etkisi	58
4.2. Kazan Tronasının Flotasyon Davranışı	61
4.2.1. (-0.5+0.212) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Bağlı Flotasyon Davranışı	61
4.2.2. (-0.212+0.038) mm Kazan Malzemesinin DAH Miktarına Bağlı Flotasyon Davranışı	64

4.3. Manyetik Ayırma Deneyleri	67
4.3.1. Beypazarı Tronasının Manyetik Ayırma Deneyleri	67
4.3.2. Kazan Tronasının Manyetik Ayırma Deneyleri	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	75
EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ	80



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Monohidrat Prosesinin Teknolojik Yürüyüşü..... 16
Şekil 2.2	Sesqikarbonat Prosesinin Teknolojik Yürüyüşü..... 17
Şekil 2.2	Karbonatlaştırma Yöntemi..... 20
Şekil 2.4	Alkali Ekstraksiyon Yöntemi..... 21
Şekil 2.5	Dünya Geneline Soda külünün Kullanıldığı Sektörler Ve Tüketim Payları..... 28
Şekil 3.1	-1 mm Altına Kırılan Beypazarı Trona Malzemesinin Elek Altı Eğrisi..... 31
Şekil 3.2	Beypazarı Trona Cevherinin Mikroskop Altında Görüntüsü 32
Şekil 3.3	-1 mm Altına İndirilen Kazan Trona Malzemesinin Elek Altı Eğrisi..... 33
Şekil 3.4	Kazan Trona Cevher Empüritelerinin Mikroskop Altında Görüntüleri 34
Şekil 3.5	Pervaneli Karıştırıcının Görünümü..... 35
Şekil 3.6	“Denver” Marka Flotasyon Makinesi..... 36
Şekil 3.7	Vakumlu Pompa ve Filtre Tertibatı..... 36
Şekil 3.8	“Snijders” ve “Janke&Kunkel” Ika-Labortechnik Marka Termometreli Manyetik Karıştırıcılar 37
Şekil 3.9	Doygun Çözelti Süzmede Kullanılan Vakumlu Filtre..... 37
Şekil 3.10	Fisher Scientific Model 143 Serial 103N0021 Tipi Yüksek ve Alçak Torkta Çalışan Karıştırıcı 38
Şekil 3.11	MEMMERT 854 Schwabach Marka Etüv..... 38
Şekil 3.12	“Precisa 310 M” Marka Elektronik Tartı..... 39
Şekil 3.13	Flotasyon Yöntemiyle Soda Külü Üretim Prosesinin Akım Şeması..... 43
Şekil 3.14	$\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ üçlü sisteminin 25°C’de faz diyagramı... 44
Şekil 3.15	Flotasyon Akım Şeması..... 46
Şekil 3.16	Yüksek ve Düşük Alan Şiddetli Permroll Manyetik Ayırıcı..... 48
Şekil 3.17	Manyetik Zenginleştirme Akım Şeması..... 49
Şekil 4.1	PKO Oranına Göre Batan Üründe Trona İçerik ve Verim Eğrileri. 52
Şekil 4.2	PKO Oranına Göre Yüzen Üründe Empürite İçerik ve Verim Eğrileri..... 53
Şekil 4.3	DAH Miktarına Göre Batan Üründe Trona İçerik ve Verim Eğrileri..... 55
Şekil 4.4	DAH Miktarına Göre Yüzen Üründe Empürite İçeriği ve Verim Eğrileri..... 55
Şekil 4.5	Gazyağı Miktarına Göre Batan Üründe Trona İçerik ve Verim Eğrileri..... 57
Şekil 4.6	Gazyağı Miktarına Göre Yüzen Üründe Empürite İçerik ve Verim Eğrileri..... 58
Şekil 4.7	Flotasyon Süresine Göre Batan Ürünün % Trona İçerik Değişimi. 60

Şekil 4.8-	Flotasyon Süresine Göre Yüzen Ürünün % Empürite İçerik Değişimi.....	60
Şekil 4.9	(-0.5+0.212) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Yüzen Ürünün Empürite İçerik ve Empürite Verim Eğrileri.....	63
Şekil 4.10	(-0.5+0.212) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Batan Ürünün Trona İçerik ve Trona Verim Eğrileri.....	64
Şekil 4.11	(-0.212+0.038) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Yüzen Ürünün Empürite İçerik Verim Eğrileri.....	66
Şekil 4.12	(-0.212+0.038) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Batan Ürünün Trona İçerik ve Verim Eğriler.....	67
Şekil 4.13	Permroll Manyetik Ayırıcısı İle -1+0,5 mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona İçerikleri	69
Şekil 4.14	Permroll Manyetik Ayırıcısı İle -1+0,5 mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona Verimleri.....	69
Şekil 4.15	Permroll Manyetik Ayırıcısı İle -0,5+0,212 mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona İçerikleri	70
Şekil 4.16	Permroll Manyetik Ayırıcısı İle -0,5+0,212 mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona Verimleri.....	70

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1	Doğal Soda Mineralleri..... 5
Tablo 2.2	Tipik Bir Trona Cevherinin Kompozisyonu 5
Tablo 2.3	ABD'nin Soda Külü İçin Dağılımı 6
Tablo 2.4	ABD'de Soda Külünün Kullanıldığı Sektörler (2002)..... 7
Tablo 2.5	ABD, Trona Hakkında Önemli İstatistikler..... 7
Tablo 2.6	Dünyada Soda Külüne Elverişli Rezervler 10
Tablo 2.7	Dünyada Soda Külüne Elverişli Bölgeler (milyon ton)..... 11
Tablo 2.8	Trona'da Farklı Yöntemlerle Üretilecek Soda Miktarı (100 ton)..... 22
Tablo 2.9	ABD Firmalarının Wyoming'de Yıllara Göre Ürettiği Trona Miktarları..... 23
Tablo 2.10	Dünya Trona Üretim Projeksiyonu (1000 ton)..... 23
Tablo 2.11	Dünya Soda Külü Üretimi (ülkeler bazında) (1.000 ton/yıl).... 24
Tablo 2.12	TS 525 Ürün Standartları ve Soda Sanayi A.Ş.'nin Ürettiği Ürün Özellikleri..... 26
Tablo 3.1	-1 mm Altına Kırılan Beypazarı Trona Malzemesinin Boyut Dağılımı..... 30
Tablo 3.2	Beypazarı Trona Cevher Numunesinin Boyuta Göre Trona Dağılımı 31
Tablo 3.3	-1 mm Altına Kırılan Kazan Trona Malzemesinin Boyut Dağılımı..... 33
Tablo 3.4	Kazan Trona Cevher Numunesinin Boyuta Göre Trona Dağılımı..... 34
Tablo 3.5	Değişik Reaktiflerle Trona Flotasyonu..... 42
Tablo 4.1	PKO'na Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi..... 51
Tablo 4.2	DAH Miktarına Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi..... 54
Tablo 4.3	Gazyağı Miktarına Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi..... 56
Tablo 4.4	Flotasyon Süresine Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi..... 59
Tablo 4.5	(-0.5+0.212) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Bağlı İçerik ve Verim Değişimleri..... 62
Tablo 4.6	(-0.212+0.038) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Bağlı İçerik ve Verim Değişimleri..... 65
Tablo 4.7	Beypazarı Trona Cevherinin Manyetik Ayırma Deney Sonuçları..... 68
Tablo 4.8	(-0,5+0,212) mm Tane Boyut Aralığında Kazan Tronasının Manyetik Ayırma Deney Sonuçları..... 71
Tablo 4.9	(-0,212+0,038) mm Tane Boyut Aralığında Kazan Tronası İle Yapılan Manyetik Ayırma Deney Sonuçları..... 72

“BEYPAZARI VE KAZAN TRONA CEVHERLERİNİN FLOTASYON VE MANYETİK AYIRMA YÖNTEMLERİYLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ”

ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında Beypazarı ve Kazan tronalarının flotasyon ve manyetik ayırma yöntemiyle zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır.

Flotasyonla zenginleştirilme işlemlerinde -1+0,5 mm boyut grubu Beypazarı cevherinde bulunan empüriteleri yüzdürmek için öncelikle özel bir tank içinde DAH (n-Dodesil Amin Hidroklorür ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NH}_2\cdot\text{HCl}$), kationik kolektör) ve gazyağı karışımından oluşan çözeltiye trona cevherinin ilavesi ile yapılan kıvamlandırma işlemi ardından süspansiyonun flotasyon hücresine alınıp hava verilmesi durumunda yüzmediği görülmüştür. Bunun üzerine kıvamlandırma işlemi sırasında katı ilavesinden sonra doygun trona çözeltisi ilave edilmesi ile empüritelerin yüzdüğü görülmüştür. Bundan sonra yapılan flotasyon işlemleri sırasında kıvamlandırma sırasında süspansiyon içersine doygun trona çözeltisinden ilave edilmeye karar verilmiş ve tüm deneyler bu koşullarda yapılmıştır.

Pülpte katı oranına göre yapılan flotasyon deneyleri sonrasında en iyi pülpte katı oranının % 65 PKO'nı olduğu görülmüş ve tüm deneyler bu katı oranı baz alınarak yapılmıştır. Kolektör olarak kullanılan %1 DAH çözelti miktarının optimize edilmesi için yapılan flotasyon deneyleri sonrası en iyi DAH miktarının 2,5 kg/ton olduğu saptanmış ve bundan sonra deneyler bu miktar baz alınarak yapılmıştır. Emülgatör olarak kullanılan gaz yağı miktarı da 6,25 kg/ton olarak optimize edilmiştir.

Ayrıca emülsiyonun yüksek karıştırma hızına tabi tutulması, DAH-Gazyağı karışımının köpürmesine sebep olduğundan, emülsiyonu oluşturulmasında 260 dev/dak karıştırma hızı optimum olarak alınmıştır.

Flotasyon süresi uzadıkça trona kaçakları sürekli arttığından, flotasyon süresine bağlı olarak deneyler yapılmış ve 90 saniye flotasyon süresi optimum olarak bulunmuştur.

Araştırılan parametreler ışığında, % 65 PKO, 2,5 kg/ton DAH, 6,25 kg/ton gazyağı ve 90 saniye flotasyon süresi optimum zenginleştirme şartları olarak alınmış ve bu şartlar altında % 95,92 trona içerikli cevherden % 99,27 içerikli trona % 73,08 verimde kazanılmıştır.

Düşük trona içeren (%55) Kazan tronası ile yapılan deneylerde, kolektör miktarı yeniden optimize edilmiştir. İki farklı boyut grubuna sınıflandırılan (-0,5+0,212 mm ve -0,212+0,038 mm) cevher ile yapılan flotasyon deneyleri sonucunda -0,5+0,212 mm boyut grubu için 2,5 kg/ton DAH miktarında % 82,27 verim ile % 91, 75 içerikli, ve -0,212+0,038 mm boyut grubu için 5 kg/ton DAH miktarında % 61,88 verim ile % 92,13 trona içerikli konsantreler elde edilmiştir.

-1+0,5 ve -0,5+0,212 mm tane boyutlarında Beypazarı tronasına uygulanan manyetik ayırma sonucu alınan manyetik olmayan ürünlerin çok temiz gözükmesine rağmen her iki boyutta da trona içerikleri % 97,20'ye yükseltilmiştir. Ancak ayırma verimleri sırasıyla % 71,08 ve (% 64,43 ile daha düşük seviyelerde seyretmiştir.

Kazan trona cevheri ile yapılan manyetik ayırma deneylerinden alınan sonuçlar manyetik olmayan ürünlerde kısmen zenginleşme göstermektedir. Ara ürünlerde ise empürite kazanımı görülmüştür. Manyetik ürünlerin miktarlarının az olması, bu ürünün gang olarak atılmasına izin vermektedir. Ancak ara ürünlerdeki trona içeriklerinin yüksek olması bu ürünün tekrar boyutu küçülterek manyetik ayırmaya geri beslenmesi önerilmektedir.

Özetle, elde edilen flotasyon sonuçları özellikle düşük trona içeren Kazan tronası için ümit vaat etmektedir. İyi bir optimizasyon ile manyetik ayırma işlemi de flotasyon öncesi bir ön zenginleştirme işlemi olarak dikkate alınması da önerilmektedir.



“PROCESSING OF ‘BEYPAZARI’ AND ‘KAZAN’ TRONA BY FLOTATION AND MAGNETIC SEPARATION METHODS”

SUMMARY

This study aims to remove as much impurity as possible from ‘Beypazari’ and ‘Kazan’ trona ores by flotation and magnetic separation methods.

The impurities in the Beypazari trona ore sample of $-1+0,5$ mm in size did not float when the conditioning of trona with the emulsion composed of DAH as collector and kerosene as emulsifier was prepared in a separate conditioning tank. It was found that the addition of some brine during the condition made the impurities float. Because of this observation brine was added to the conditioning tank throughout the experiments.

Experiments made as a function of pulp density showed that, 65 % trona by weight gave the best results. The solution of 1 % DAH was used to optimize the concentration of collector. It is found that 2,5 kg/ton of DAH addition provided the optimum results and thus used as the base for other experiments. Kerosene used as an emulsifier gave the best results at 6,25 kg/ton dosage.

Because mixing the emulsion at high stirring speed generated excessive froth, the mixing speed of DAH-kerosene solution was kept at 260 rpm. It is observed that long flotation time causes unwanted trona losses in the froth so the optimum flotation time was kept at 90 seconds to avoid trona losses in the froth and also maintain a reasonable recovery in the concentrate.

In summary, the flotation process of trona under the conditions of 65 % by weight, 2.5 kg/t DAH collector, 6.25 kg/ton kerosene and 90 second flotation time gave the best results and the content of trona increased from % 95,92 to % 99,27 with a recovery of 73,08 %.

Because the trona content of Kazan ore (55 %) is less than Beypazari trona ore the amount of collector has been studied. The two size groups ($-0,5+0,212$ mm and $0,212+0,038$ mm) of ore were subjected to flotation with the aim of optimizing the amount of DAH and kerosene; 2,5 kg/ton and 5 kg/ton, respectively were found to be the optimum. While the $-0,5+0,212$ mm trona ore was upgraded to % 91,75 % with a yield of 82,27 %, $-0,212+0,038$ mm trona was enriched to 92,13 % with a yield of 61,88 %.

Magnetic separation method was applied to both Beypazari and Kazan trona ores. Beypazari trona prepared in $-0,5+0,212$ mm and $-0,212+0,038$ mm size fractions. The non-magnetic product was upgraded to 97,20 % with a yield of 71,08 % and 64,43 %, respectively.

Magnetic separation of Kazan trona ore exhibited different results. $-0,5+0,212$ mm trona ore sample was not much successful despite excellent visual colour separation. $-0,05+0,038$ mm size fraction produced better results but not sufficient. It was found that although colour separation was unusually successful, trona is only partly liberated. Therefore, middlings require further size reduction to enable better grade and recoveries.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Amaç

Trona doğal olarak oluşan bir sodyum seskikarbonat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) mineralidir. Doğal kaynaklardan soda üretimi Dünyanın en büyük doğal soda külü üreticisi ABD’de sentetik soda üretimini tamamen sıfırlamıştır [Çelik ve Miller, 2002]. Doğal kaynaklardan soda üretimi Türkiye ve Çin’de de üretim aşamasındadır.

Soda külü ve diğer bir adıyla sodyum karbonat cam, kimyasallar, sabunlar, deterjanlar ve alüminyum üretiminde olduğu kadar tekstil prosesi, petrol ve su arıtımında da kullanılmaktadır [Yurtoğlu., 2002]. A.B.D.’de sodyum karbonatın hemen tümü trona cevherinden elde edilmektedir. En büyük trona yatakları A.B.D. de bulunmaktadır. 1979 ve 1998 yılları bulunan Beypazarı ve Kazan trona yatakları Türkiye’yi dünyada rezerv bakımından ikinci sıraya çıkarmıştır. Trona yatakları, Kenya, Çin ve Meksika’da da yer almaktadır. Ancak Türkiye dahil olmak üzere bunların hiç biri Green River havzasındaki (A.B.D.) uçsuz bucaksız yataklarla mukayese edilecek büyüklükte değildir.

Sodyum karbonat üretiminde seskikarbonat ve monohidrat prosesleri kullanılmaktadır. Her iki proses de şist şeklinde tanımlanan çözünmeyen empüritelerin uzaklaştırılması için tasarlanmış olup her bir proses çözündürme, berraklaştırma, filtrasyon, kalsinasyon ve kristalizasyon gibi işlemlerin prosese bağlı olarak farklı sıralanmasıyla oluşmaktadır. Madencilik maliyeti de ilave edildiğinde nihai ürünün maliyeti belirlenmiş olmaktadır.

Cam, kimya ve Deterjan endüstrisinin en önemli hammaddelerinden soda külünün uluslar arası piyasada kullanım alanı oldukça geniş olup, bu alanda üreticiler arasında ciddi bir rekabet vardır. Türkiye’nin de bunu bilerek doğru bir strateji izlemesi gerekmektedir.

Soda külü endüstriyel bir hammaddedir ve pazarlanma şartları satış fiyatlarına karşı hassastır. Pazarlanacak ürünün nakledileceği yer da önemli bir faktördür. Beypazarı ve Kazan soda külü için pazar noktaları daha çok Orta Doğu, Akdeniz ve Doğu Avrupa üzerinde yoğunlaşmaktadır. Buna ek olarak, Beypazarı tronası köken olarak oldukça temiz ve kaliteli bir cevher olması, pazarlama kolaylığı açısından ekstra bir avantaj sağlayacaktır.

Hem ekonomi hem de Pazar yönünden avantajlara sahip olan Türkiye bu imkanlarını iyi değerlendirirse dünya soda piyasasında güçlü ve sağlam bir konuma sahip olacaktır.

Bu çalışmada Beypazarı ve Kazan trona cevherlerinden flotasyon yöntemi ile konsantre ürün eldesi ve verimi etkileyen parametrelerin optimizasyonu hedeflenmiştir.



2. TRONA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. Tanımı ve Oluşumu

Tanımı: Adını “natrun” sözcüğünden türeyen ve Arapça’da yerli tuz anlamına gelen “tron” sözcüğünden almıştır. Kimyasal literatürde “sesque carbonat”, “urao” veya “trona” isimleriyle geçmektedir [Küçükylmaz., 2004]. Trona doğal olarak oluşan bir sodyum seskikarbonat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) mineralidir. Tabii soda olarak da nitelendirilir.

Oluşumu : Yapılan araştırmalar sonucunda trona yataklarının oluşumuna neden olan etkenler şu şekilde sıralanmıştır:

- Kapalı göl havzalarında, volkanik faaliyetlerden doğrudan gelen sodyumca zengin küller ve göl civarında volkanik faaliyetler esnasında oluşan sıcak su kaynaklarının göle boşalması ve bol sodyum iyonu taşınması,
- Göl toplanma havzasına yayılan volkanizma ürünlerinden gelen yerüstü sularının sodyumca zengin birimlerden geçerken iyon alışverişi türünden meydana getirdikleri kimyasal tepkimeler,
- Bütün bu olaylar esnasında ortamdaki iklimin yarı kurak olması,
- Gölün içinde trona yataklanmasını sağlayacak fay ve kıvrımla oluşan, setlerin sağladığı paleocoğrafik çukurluğun olması,
- Tronanın çökmesi ve kristallenebilmesi için gerekli jeokimyasal şartların oluşması, bunlarda suyun pH’ının 12’den büyük olması, su derinliğinin az olması, su sıcaklığının ılık olması [Çelik ve Miller., 2002].

2.2. Kimyasal, Fiziksel ve Mineralojik Özellikleri

Trona ülkemizde mevcut olan, bor, zeolit, pomza taşı, pirofillit, feldspat, selestit, barit, asbest, manyezit, antimon, mermer, boksit, kuvars, perlit, bentonit gibi çok önemli bir endüstriyel hammaddedir [Küçükylmaz., 2004].

-Kimyasal özellikleri:

Sodyum karbonat minerallerinin doğal olarak bilinen bir şeklidir. Kimyasal formülü; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 'dur, yani trona sodyum karbonat, sodyum bikarbonat ve iki molekül su içeren bir mineraldir. Ampirik formülü ise $\text{Na}_3(\text{HCO}_3) \cdot (\text{CO}_3) \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ 'dur.

Trona, monoklinal ve prizmatik sistemde kristalleşen, doğal olarak oluşmuş sodyum seskikarbonatın ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) saf olmayan şeklidir. Asitte köpürür, suda çözünür ve ısıнын etkisi ile kalsinasyona uğrayarak, içerdği molekül suyun ve bir miktar da karbondioksitin ortamdan uzaklaşması ile soda (Na_2CO_3) haline gelir [Küçükylmaz., 2004].

- Fiziksel özellikleri:

Trona cevherinin fiziksel özellikleri şöyledir;

- Moleküler ağırlığı 226.03 gr'dır.
- Rengi içerdği organik madde itibariyle kahverengiden koyu sarıya kadar değişir. Saf numunelerinde ise rengi beyazdan şeffafa kadar değişmektedir.
- Yoğunluğu 2.11- 2.17 arasındadır. Ortalama 2.13 dür.
- Cam kadar parlaktır.
- Yarısaydamlığa gelecek kadar transparandır.
- Kristal sistemi monoklinik
- Sertlik derecesi Mohs skalasına göre 2,5-3 arasındadır.
- Alkalın tadı mevcuttur.
- Bölünme bir tarafta kusursuz diğer iki tarafta çok zayıftır: [100] Mükemmel, [111] Belli belirsiz, [111] Belli belirsiz
- Çizgisi beyazdır.

-Mineralojik özellikleri:

Trona için en önemli safsızlık kaynağı olan kil ve kilaşının yanı sıra, mineralin bitümle beraber olduğu durumlarda da sarımsı beyaz, kahverengi renkler söz konusudur. Saf olduğu durumda % 70.4 oranında sodyum karbonat içermesine rağmen, genelde mineralin % 90 kadarı sodyum seskikarbonat tuzu ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) halindedir. Doğal soda mineralleri Tablo 2.1'de, tipik bir trona cevherinin kompozisyonu ise Tablo 2.2'de verilmiştir [Küçükylmaz., 2004].

Tablo 2.1 Doğal Soda Mineralleri

Mineral	Kompozisyon	% Na ₂ CO ₃
Termonatrit (Monohidrat)	Na ₂ CO ₃ .H ₂ O	85.5
Trona (Seskikarbonat)	Na ₂ CO ₃ .NaHCO ₃ .2H ₂ O	70.4
Nakolit (sodyumbikarbonat)	NaHCO ₃	63.1
Bradleyit	Na ₂ PO ₄ .MgCO ₃	47.1
Pirsonit	Na ₂ CO ₃ .CaCO ₃ .2H ₂ O	43.8
Northupit	Na ₂ CO ₃ .NaCl.MgCO ₃	40.6
Tychit	2MgCO ₃ .2NaCO ₃ .Na ₂ SO ₄	42.6
Natron	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	37.1
Dawsonit	NaAl (CO ₃) (OH) ₂	35.8
Gaylusit	NaCO ₃ .CaCO ₃ .5H ₂ O	35.8
Şortit	Na ₂ CO ₃ .2CaCO ₃	34.6
Burkeit	Na ₂ CO ₃ .2Na ₂ SO ₄	27.2
Hanksit	2Na ₂ CO ₃ .9Na ₂ SO ₄ KCl	13,6

Tablo 2.2 Tipik Bir Trona Cevherinin Kompozisyonu

Bileşimi	%	Çözünmeyenler ve Empüriteler	%	Genel Toplam
Na ₂ CO ₃	41.8	Dolomit, CaCO ₃ .MgCO ₃	5.5	
NaHCO ₃	33.1	Kuars, SiO ₂	1.1	
H ₂ O	14.1	Feldspat, (K, Na)O.x24Al ₃ O ₃ .SiO ₂	3.3	
		Kil, 2K ₂ O.3MgO.8Fe ₂ O ₃ .SiO ₂ .2H ₂ O	0.6	
		Şortit, Na ₂ CO ₃ .2CaCO ₃	0.1	
		Organik Madde, (Element C)	0.2	
		Diğerleri	0.2	
Toplam	89.0	Toplam	11.0	100.0

2.3. Dünyada ve Türkiye’de Trona

Dünyada bilinen trona yataklarının başlıcaları Amerika Birleşik Devletleri’nin Wyoming eyaletinde, Türkiye’de Beypazarı’nda ve Çin’deki Wusheng Gölü’nde bulunmaktadır.

2.3.1. Dünyada Durum

2.3.1.1. Amerika’daki Trona Yatakları

Dünya üzerindeki yatakların %95’ini temsil eden en büyük trona yatakları ABD’de yer almaktadır. Dünyanın en büyük Trona yatağı Wyoming eyaletinin Green River havzasında yer almaktadır. Buradaki trona yatağı eosen yaşlıdır. Toplam rezervi 114 milyar ton olup işletilebilir rezervi 52 milyar tondur. Bu eyalet aslında pek çok maden rezervini barındırması itibariyle zengin bir bölgedir. Uranyum, kömür, bentonit ve çeşitli metal rezervlerini barındıran Wyoming bölgesi için trona ve soda külü üçüncü büyük madencilik endüstrisini oluşturmaktadır ve bu endüstri dalında ABD şu an için dünya sıralamasında bir numaradır.

Bunun dışında Amerika’da soda içeren ve güncel alkalin gölü olan Searles Gölü bulunmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri İçişleri Bakanlığı Jeolojik Araştırma Kurumu verilerine göre; 2003 yılında sodanın %49’u cam sanayi, %26’sı sabun ve deterjan, %11 dağıtımçı firmalar, %14’ü diğer çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Bugünkü Amerikan Soda külü endüstrisi Wyoming ve Kaliforniya’da bulunan toplam beş adet trona rezervine dayanmaktadır [Küçükyılmaz., 2004].

Tablo 2.3 ABD’nin Soda Külü İçin Dağılımı [Kostick., 2004]

Başlıca Dağılım Yerleri	1000 Ton	% Toplam
Endüstriyel stok	271	3
İthalat	3840	36
ABD Tüketimi	6480	61
Toplam	10591	100

Tablo 2.4 ABD’de Soda Kültünün Kullanıldığı Sektörler (2002) [Mineral Commodity Summaries., 2005]

Sektör	1000 Ton	% Toplam
Cam	3040	47
Kimya sanayi	1690	26
Sabun ve deterjan	785	12
Kağıt	183	2
Su arıtımı	87	1
Diğer	695	11
TOPLAM	6480	100

Tablo 2.5 ABD, Trona Hakkında  nemli İstatistikler [Mineral Commodity Summaries., 2005]

	1999	2000	2001	2002	2003
Üretim (ton)	10200	10200	10300	10500	10600
Tüketim İçin İthalat (ton)	92	75	33	9	5
İhracat (ton)	3620	3900	4090	4250	4400
<u>Tüketim (ton)</u>					
- Rapor edilen	6430	6390	6380	6430	6200
- Görünüşte gerçekleşen	6740	6430	6310	6250	6200
<u>Fiyat (\$)</u>					
-FOB, Green river, WY	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
-FOB, Searles Valley, CA	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00

2.3.1.2. Çin’deki Trona Yatakları

Çin’in Henan eyaletinde Nanyang bölgesi ve İ  Moğolistan’da toplam 154 milyon ton trona rezervi mevcuttur. Wucheng trona yatağı ve Anpeng nahkolit yatağı Henan bölgesinde, Chaganor doğal soda yatağı ise İ  Moğolistan’da bulunmaktadır. İ  Moğolistan’da bulunan bir diğer kaynak da Ordus platosunda bulunan Ordus Alkali G lleri’dir. Bu alkali g llerinden en b y   1,7 milyon ton sodyum karbonat rezervi

mevcut olup ana mineraller tuz içerikli natron ve tronadır [Küçükyılmaz, Aysun., 2004].

2.3.2. Türkiye’de Durum

2.3.2.1. Beypazarı Trona Yatağı

Ankara’nın Beypazarı ilçesinde 1979 yılında yaklaşık 235,000,000 ton jeolojik rezerve sahip dünyanın bilinen ikinci büyük doğal trona (soda) yatağı bulunmuştur. Bu yatak en az 23 yıl işletme ömrüne sahiptir [Park Holding Grubu., 2002.].

Sahanın jeolojisi: Beypazarı-Çayırhan Neojen havzasının kuzey doğusunda yer alan Trona havzası Orta-Üst miosen yaşlıdır. Havza kuzeyden Orta Jura-Alt Kretase yaşlı denizel kireçtaşları, güneyden ise permo-triyas yaşlı granodiyoritler ile sınırlanmıştır. Soda yatağı sınırları bölgesel tektonik aktivitelerle (fay ve kıvrım sistemleri) şekillendirilmiştir. Sahayı ortadan bölen Kanlıceviz fayı ile yatak, iki ana sektöre (doğu-batı doğrultulu) ayrılmış ve bunlar Elmabeli ve Arıseki sektörleri olarak isimlendirilmiştir. Cevherleşme zonları genelde, Elmabeli Sektörü’nde daha sığ bir derinlikte yer alıp, yatak derinliği 200-300 m arasında değişir. Hırka formasyonu içinde yer alan bitüm katkılar başka bir deyişle organik kalıntılar, trona damarları yakın çevresinde metan gazı oluşumuna neden olmaktadır.

Yatakta bulunan temel mineral tronadır. Bunun yanı sıra, doğal sodyum bikarbonat minerali bulunmaktadır. Özellikle U1 ve U2 damarları nahkolit içeriği bakımından daha zengindir. Trona ve nahkolitten başka doğal soda damarları içinde ve yan taşları arasında daha az miktarda olmak üzere termonatrit natron, gaysulit, pirsonit, şortit gibi soda minerallerine de rastlanmıştır.

Saha genelde ticari değerlendirmeye esas olacak trona mineralinin tenörü %80-90 arasında olup, bu değer, dünyada bilinen diğer trona yataklarının içeriklerine göre oldukça yüksek seviyededir. Cevher yatağına ait kaynak ve rezerv hesapları çeşitli zamanlarda, değişik kuruluşlar tarafından ve farklı kriterler alınarak gerçekleştirilmiştir. Son olarak, uzun yıllar yapılan sondaj veri tabanlarının değerlendirilmesiyle, Fizibilite Grubu tarafından yeni bir kaynak-rezerv hesabı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, muhtemel kaynak toplam 237 milyon ton olarak belirlenmiştir. Saha kenarlarındaki fay ve kıvrım zonları ile yeraltı madenciliği açısından uygunsuz olan bölgelerdeki kaynağın elimine edilmesi ile

sahadan elde edilebilecek toplam cevher miktarının yaklaşık 135 milyon ton civarında olduğu belirlenmiştir [Yurtoğlu., 2002].

Sahanın Hidrojeolojisi: Yeraltı suları, cevherin yeraltından üretilmesi esnasında göz önüne alınması gereken önemli bir unsurdur. Cevherleşme seviyelerinin üzerinde iki adet akifer formasyonun bulunmasından dolayı, sahanın hidrojeolojik etütlerine fizibilite çalışmaları içinde özel yer verilmiş ve bu konuda detaylı etütler MTA Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmiştir.

Doğal soda sahası akifer formasyonları, sahanın kuzey ve batı kesimlerinden beslendiği belirtilmektedir. Özellikle, yakın zamanda gerçekleştirilen izleme deneyleri de bu konuda kanıtlar ortaya koymaktadır. Soda damarlarının yer aldığı Hırka formasyonu yeraltı suyu içermekte, ancak Zaviye-Elmabeli ve Zaviye-Kanlıceviz fayları kesişim bölgelerinde yer alan sodalı zonlarda bir miktar sodalı yeraltı suyu (salamura) mevcudiyeti olduğuna dikkat çekilmelidir.

Yeraltı suyu ve cevher etkileşiminden salamura (çözelti halindeki cevher, tuzlu su) meydana gelmiştir. Etüt dönemi sırasında, oluşum mekanizmasının bir sonucu olan salamura kapanlarına, yerüstü ve yeraltı sondajları ile galeri ilerlemesi sırasında rastlanmıştır. Organik kökenli çürümenin bir sonucu olan metan gazına da salamura kapanları ile birlikte rastlanmaktadır [Yurtoğlu., 2002].

2.3.2.2. Kazan Trona Yatağı

Ankara'nın 35 km kuzeybatısında bulunan Kazan trona yatağının, İncirlik ve Fethiye köyleri arasındaki hattın kuzeybatısında kaldığı ve yaklaşık 15 kilometrelik bir alanı kapladığı, yatakta 0.1 ila 28 metre arasında değişen çeşitli trona katmanlarının bulunduğu belirtiliyor. Jeolojik rezervin ortalama yüzde 42 trona tenörlü 600 milyon ton tronadan oluştuğunun vurgulandığı belgeye göre, maden yatağının 30 yılı aşkın bir potansiyelinin olduğu da ifade ediliyor. Yatağın kuzeybatıda 400 metre, Güneydoğuda ise 900 metreden fazla derinlikte olduğu belirtiliyor. Kazan trona yatağının 1998 yılında Rio Tinto'nun jeologları tarafından yüzey etüdüleri ve sondaj çalışmaları sonucunda keşfedildiği belirtilerek, "Bu yatak, dünyada trona minerali aranması sonucunda bulunan ilk trona yatağıdır" deniliyor. İngiltere merkezli Rio Tinto'nun bir alt kuruluşu olan Rio Tinto Madencilik AŞ ön işletme lisansı ile İncirlik (Sincan) Fethiye (Kazan) köyleri civarında bulunan trona yataklarının madencilik ruhsatlarını elinde bulunduruyor [Küçükylmaz., 2004].

2.4. Rezervler

Dünyanın en büyük rezervleri ABD’de bulunmaktadır. Ülkede doğal soda külü üretimine elverişli 138 milyar ton rezerv mevcuttur. Green River havzası dünya rezervlerinin %95’ini temsil etmektedir. Ayrıca Kaliforniya’da Searles ve Owens göllerinde de yaklaşık 815 milyon soda külü rezervi olduğu tahmin edilmektedir [Mineral Commodity Summaries., 2005].

Tronadan doğal soda külü üretimi haricinde sodyum karbonatlı göl yataklarından da soda külü üretimi yapılmaktadır. Bunlar Meksika’daki Texcoco göl yatağı ile Botswana Sua Pan’daki göl yatağıdır. Diğer doğal sodyum karbonat yatakları ise Çad, Etiyopya, Nijerya, Güney Afrika Cumhuriyeti, Tanzanya, Uganda, Bolivya, Brezilya, Kanada, Hindistan, Pakistan, BDT ve Venezuela’da bulunmaktadır [Mineral Commodity Summaries., 2005].

Tablo 2.6 Dünyada Soda Külüne Elverişli Rezervler [Mineral Commodity Summaries., 2005].

Ülkeler	Rezerv (10 ³ Ton)
ABD	23.000.000
Botswana	400.000
Kenya	7000
Meksika	200.000
Türkiye	200.000
Uganda	20.000
Diğer Ülkeler	260.000
Dünya Toplamı, (doğal)	24.000.000

Tablo 2.6’da belirtilen ülkelerdeki soda külüne elverişli bölgeler ise Tablo 2.7’de verilmektedir.

Tablo 2.7 Dünyada Soda Külüne Elverişli Bölgeler (milyon ton) [Mineral Commodity Summaries., 2005].

Ülkeler	Bölge Adı	Baz Alınan Rezerv	Tenör (%)
ABD	Wyoming, Green River,	68.700	90,0
	California Searles Gölü	2000	25,0
	California Owens Gölü	50	82,0
Çad	Çad Gölü	50	50,0
Çin	İç Mogolistan, Chaganor	11	27,0
	İç Mogolistan, Hetongchahanor	2	20,0
Kenya	Magadi Gölü	4000	94,0
Tanzanya	Natron Gölü	1000	80,0
Türkiye	Beypazarı	235	87,0
Toplam		76047	

2.5. Soda-Trona İlişkisi

Soda sentetik yollardan olduğu gibi tronadan da elde edilebildiğinden, doğal soda külü üretiminde kullanılan temel bir hammadde ve tabiatta doğal olarak bulunan soda minerallerinin en yaygın olanıdır. Evaporasyon (buharlaşma) sonucu oluşan soda yataklarıdır .

Trona bulunmadan önce, Eski Mısır'da doğal olarak oluşmuş tuzlu sular ve katı tuzlar cam üretiminde saf olmayan soda kaynağı olarak kullanılmışlardır. 18.yüzyıla gelindiğinde Avrupa'da yanmış yosun üzerine sıcak su dökülerek elde edilen kül çamaşır yıkamada kullanılmıştır. 19. yüzyıla kadar soda, bitki külünün ekstraksiyon ile üretilmiştir (Ekstraksiyonda herhangi bir malzemenin özünü çıkarmak istediğinizde, özütün kimyasal yapısını bozmadan elde edebilmek için o özütle karışmayan bir sıvıyla işlem görmesi gerekmektedir). Örneğin zeytinyağı da aynen bu şekilde elde edilmektedir. Sıcak su kullanılarak öğütülmüş olan zeytin pülünün içinden yağ ve su karışmayacağı için sıcak su yağı 'ekstre' ederek sıvı fazına alır ve sonra da iki ayrı faz mekanik olarak ayrılır (veya yağ üstten sıyrılarak alınır).

Ekstraksiyonda sadece su kullanılmaz, farklı kimyasallar da kullanılabilir. En önemlisi elde edilecek ürün ile kullanılacak ekstraksiyon sıvılarının karışmayan sıvılardan seçilmesidir. Bu sistemde ters akış hızları, sıcaklık vs gibi birçok parametre daha etkindir .

Trona ilk kez gaz ve petrol aramaları sırasında 62 yıl önce Wyoming eyaletinde bulunmuştur. Bölge ilk sekiz yıl kazılmış ve 1946 yılında da ticari üretime başlanmıştır.

2.6. Dünya’da Kullanılan Klasik Soda Üretim Teknolojileri

Soda üretimi genellikle %70’i sentetik ve %30’u doğal kaynaklardan olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

2.6.1. Sentetik Soda Üretimi

2.6.1.1. Le Blanc Yöntemi

İlk olarak 1791 LeBlanc tarafından gerçekleştirilmiş bir yöntemdir. Yöntem bu yüzden “Leblanc” adıyla anılır.

Bu yöntem sodyum sülfatın kireçtaşı ve kömür ile birlikte kavrulması ve bundan sonra ürünün su ile ekstrakte edilmesi şeklindedir. Genellikle sodyum sülfat ve sodyum klorürün sülfürik asit ile muamelesinden elde edilir.



Daha sonra sodyum sülfat, kireçtaşı ve kömür ile birlikte 900-1000 °C’de ısıtılarak sodyum karbonat, kalsiyum sülfür ve reaksiyona girmemiş karbon içeren siyah kül elde edilir.



Siyah küldeki sodyum karbonat su ile ekstrakte edilerek, saflaştırmak için karbonatlaştırılır ve daha sonra bu çözeltiden kristallendirilir.

2.6.1.2. Solvay Yöntemi

Solvay yönteminde ana hammaddeler sodyum klorür, kireçtaşı ve kömürdür. Sistemde büyük ölçüde amonyak kullanılmasına rağmen amonyak bir hammadde değildir. Bir cins katalizör rolü oynar ve tekrar geri kazanılır. Bu metotta kullanılan tuzlu çözeltiler çoğunlukla yeraltı tuz yataklarından elde edildiği için, prosese girmeden önce içerdiği kalsiyum ve magnezyum iyonlarından arındırılması gerekir. Aksi halde amonyak absorblayıcısında borularda kabuk oluşumuna ve tıkanmalara neden olur. Ayrıca üretilen sodanın saflığı da azalır. Yöntemin hammaddeleri göz önüne alınırsa, toplam reaksiyon:



denklemleri ile gösterilebilir. Soda üretimi birçok ara kademe üzerinden yürümektedir. Bu reaksiyonlar aşağıda belirtilmektedir:



Burada (2.6) ve (2.7) no'lu denklemler tuzlu çözeltinin amonyaklanması ve karbonatlaştırılmasını göstermektedir. (2.8) no'lu denklem sodyum bikarbonatın kalsinasyonudur. (2.9) no'lu denklem kireçtaşının kireç fırınında kalsinasyonunu, (2.10) no'lu denklem ise kirecin söndürülmesi işlemini ifade etmektedir. (2.11) no'lu denklem de kireç ile amonyakın geri kazanılmasını göstermektedir.

Soda üretiminin ¼'ünü teşkil eden sentetik sodanın üretimi sırasında klor açığa çıkmakta ve bu durum çevre kirliliğine yol açmaktadır. Kirliliğe sebep olan bir diğer etken de, üretim sırasında kullanılan kömürün yanmasıdır.

Ticari soda külü üretim yöntemlerinden birisi de Japonlar'ın geliştirdiği ve Dual veya AC (amonyum klorür) diye tanımlanan yöntemdir. Burada tuzda bulunan sodyum içeriğinin hepsi soda külüne dönüştürülmektedir. Bu yöntemde yan ürün olarak çıkan amonyum klorürü, pirinç tarlalarında gübre olarak kullanılabilmektedir.

2.6.2. Doğal Kaynaklardan Soda Üretimi

Doğal soda külü tronadan elde edilmekte olup bu üretimde en çok bilinen yöntemler Monohidrat ve Seskikarbonat yöntemleridir. Bu yöntemlerden başka hem çözelti madenciliğine hem de klasik madenciliğe uygulanabilen karbonatlaştırma ve alkali ekstraksiyon yöntemleri bulunmaktadır

Doğal soda kaynaklarının doğada bulunuş şekilleri çeşitlidir:

- a) Göllerin tabanında ya da tuz yataklarındaki sığ derinliklerdeki nemli ortamda natron kristalleri şeklinde,
- b) Yüzeyde termonatrit şeklinde,
- c) Sığ alkali göllerin tabanında ve sahilinde nispeten sert trona yatakları şeklinde
- d) Gömülü kalmış trona, nahkolit ve benzeri sodyum karbonatlı minerallerin yatakları şeklinde,
- e) Yüzeyde veya yeraltında, tuzlu bir su bileşiği halindeki çözelti biçiminde [Nasün., 1992].

Tronadan Soda Üretiminde Uygulanabilecek Prosesler;

Trona doğal soda elde edilebilirliği ile değerli bir cevherdir. Ancak sodanın elde edilmesine yönelik farklı işlemler mümkündür. Bunlar:

2.6.2.1. Monohidrat Yöntemi

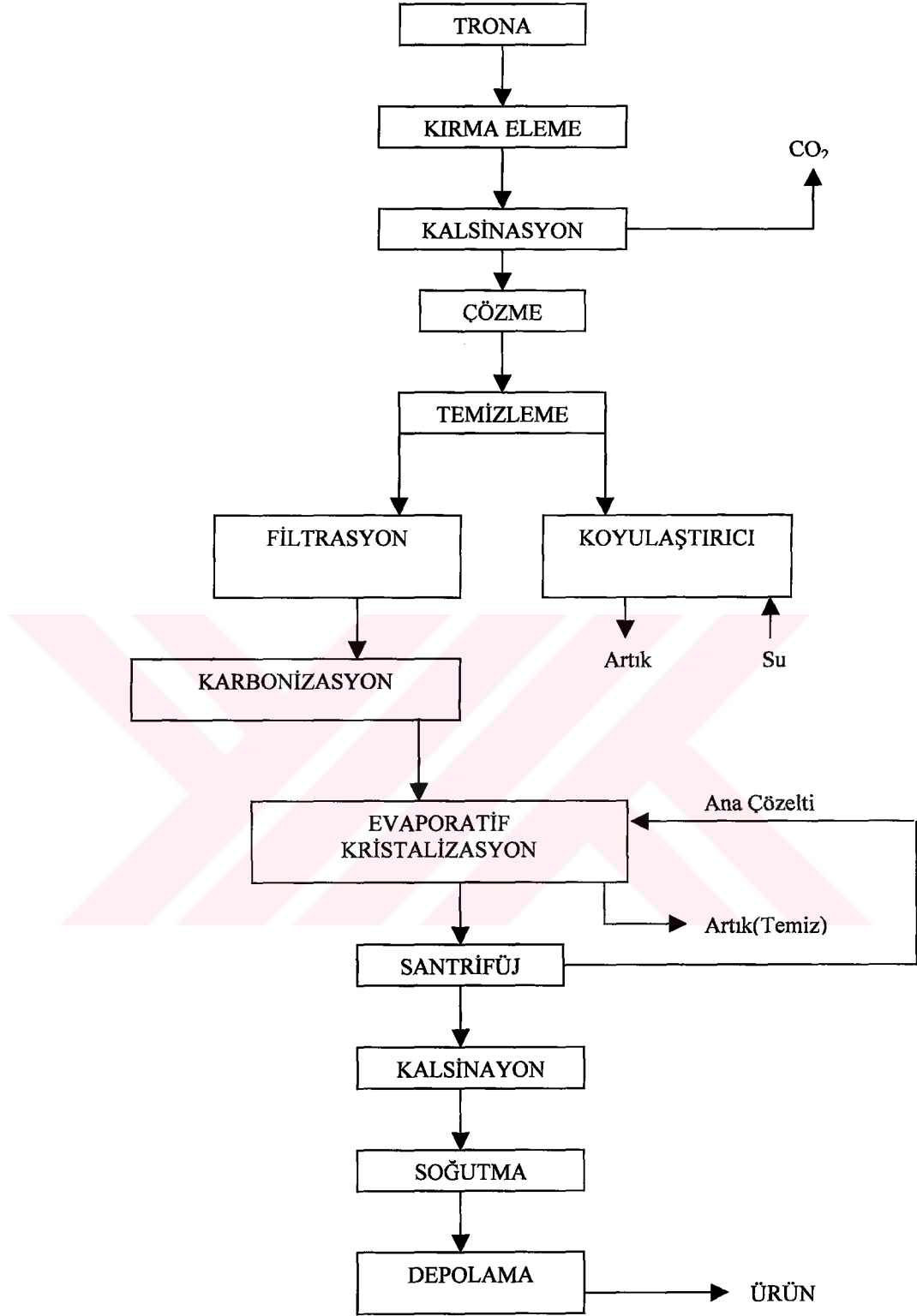
Monohidrat prosesi (Şek. 2.1) seskikarbonat yönteminden daha yeni olup günümüzde en yaygın olarak kullanılan procestir ve Wyoming'te kullanılmaktadır. Bu yöntemde nihai ürün ağır soda külüdür. Monohidrat prosesinin ana hatları aşağıda verilmiştir.

- Trona kırılır ve öğütülür.
- Kırılan trona cevheri döner fırına verilerek 163-204⁰C sıcaklıkta kalsine edilir.
- Kalsine edilen malzeme suda çözündürülür çözünmeyen kısımlar çöktürülerek veya filtre edilerek çözeltiden ayrıştırılırlar.

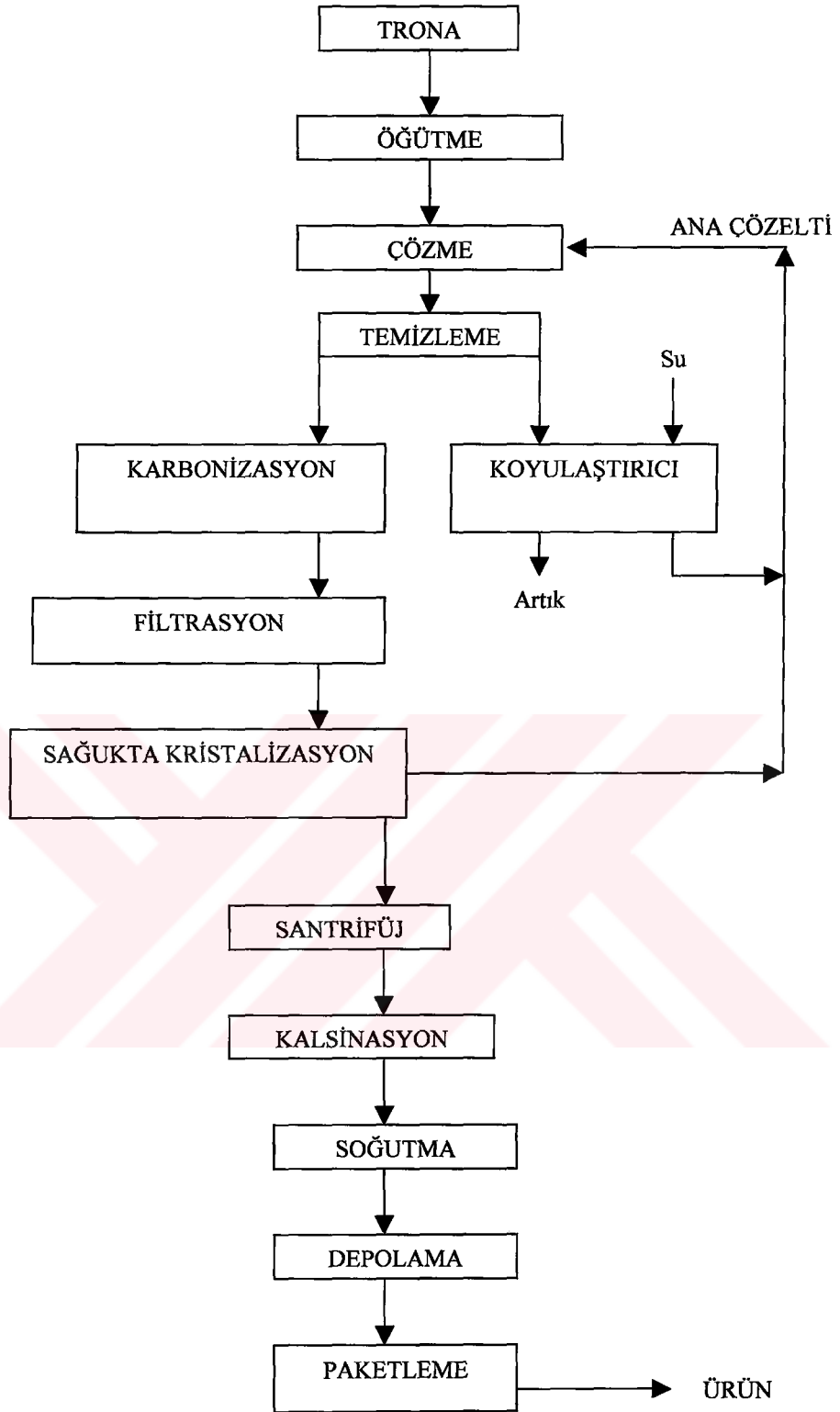
- Çözeltinin bir kısmı buharlaştırılarak sodyum karbonat monohidrat kristalleri $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ çökeltir. Diğer çözünen safsızlıklar ise çözeltide kalır. Kristaller ve likör santrifuj işlemi ile birbirinden ayrıştırılırlar.
- Sodyum karbonat monohidrat kristalleri 150°C 'de kalsine edilerek ağır soda külü üretilir.

2.6.2.2. Seskikarbonat Yöntemi

Seskikarbonat yönteminde ise kırılmış trona bir seri çözücü tankından geçirilerek doymuş ana çözelti haline getirilir, berraklaştırılır, filtrelendir, seskikarbonat vakum kristalizatöründe buharlaştırmaya tabi tutulur ve 40°C 'ye kadar soğutularak çöktürülür. Çökelen seskikarbonat kristalleri separatörlerle ana çözeltiden ayrılır ve ana çözelti tekrar çözelti tanklarına beslenir. Seskikarbonat kristalleri 200°C 'deki döner kalsinasyon fırınlarında kalsine edilerek hafif soda külü elde edilir. Seskikarbonat yöntemiyle üretilen hafif soda külünün yoğunluğu ($0.5-0.85 \text{ g/cm}^3$) monohidrat yöntemiyle üretilen ağır soda külünün yoğunluğundan ($0.95-1.25 \text{ g/cm}^3$) daha küçüktür. Ayrıca seskikarbonat yöntemiyle ince ve uzun kristaller elde edilirken monohidrat yöntemi uzun ve merkeze doğru küreselleşen kristaller vermektedir. Ağır soda külü yaygın olarak cam sanayinde kullanılırken, hafif soda külünün başlıca kullanım alanı deterjan sanayidir. Bu yöntem Wyoming'de bulunan trona rezervinden yapılan ilk soda üretimi bu yöntem ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1 Monohidrat Prosesinin Teknolojik Akım Şeması [Nasün., 1992].



Şekil 2.2 Sesqikarbonat Prosesinin Akım Şeması [Nasün., 1992].

2.6.2.3. Karbonatlaştırma Yöntemi

Klasik madencilik yöntemlerinin yanısıra çözelti madenciliğine de uygulanabilen karbonatlaştırma prosesinin esasını aşağıdaki reaksiyon ifade etmektedir:

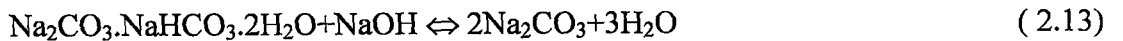


Sodyum karbonat, sodyum bikarbonat ve sudan oluşan tronanın suyla çözülmesinden elde edilen $\text{NaHCO}_3\text{-Na}_2\text{CO}_3$ karışım çözeltisine karbondioksit beslemesi yapıldığında ortamdaki sodyum karbonat sodyum bikarbonata dönüşmektedir. Oluşan bikarbonat çözeltisi soğutulduğunda sodyumbikarbonat kristallenmektedir. Sodyumbikarbonat ise kalsinasyonla sodyum karbonata dönüştürülmektedir. Karbonatlaştırma yöntemi trona mineraline uygulanabildiği gibi doğal soda içeren göllerden sağlanan çözeltilere de uygulanarak hafif soda üretilmektedir. Karbonatlaştırma yöntemi akım şeması Şekil 2.3'te verilmektedir.

2.6.2.4. Alkali Ekstraksiyon Yöntemi

Çözelti yöntemi klasik madencilik yöntemleriyle değerlendirilemeyen düşük tenörlü, düşük tonajlı ya da yüksek tenörlü olup ta bulunduğu yer nedeniyle erişilmesi zor cevher yataklarının değerlendirilmesinde ekonomik olarak önerilen bir yöntemdir. Bu yöntem madencilik, jeokimya, kimyasal reaksiyon kinetiği, çözünme kimyası, hidroloji ve proses tasarımı konularını bir araya getirmektedir .

Bu yöntemle farklı olarak trona seyreltik sodyumhidroksit ile çözülmemektedir. Bu işlemin temel basamakları, sodyum hidroksit çözeltisinde çözündürme, safsızlıkların uzaklaştırılması, buharlaştırmalı kristalizasyon, filtrasyon ve kurutma olarak sıralanabilir. $\text{Na}_2\text{CO}_3.\text{NaHCO}_3.2\text{H}_2\text{O}$ yapısında olan trona mineralinin sıcak suda soğuk suya nazaran daha iyi çözündüğü bilinmektedir. Su ekstraksiyonunda elde edilen sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat karışımı çözeltisinden çeşitli yöntemlerle hafif soda veya saf sodyum seskikarbonat elde edilebilmektedir. Bununla beraber tronanın alkali bir sistemde de çözünmesi mümkündür. Yapılan çalışmalarda seyreltik sodyum hidroksit çözeltisinin tronanın çözünürlüğünü arttırdığı belirtilmiştir. Tronanın sodyum hidroksit ile reaksiyonu aşağıda verilmektedir .

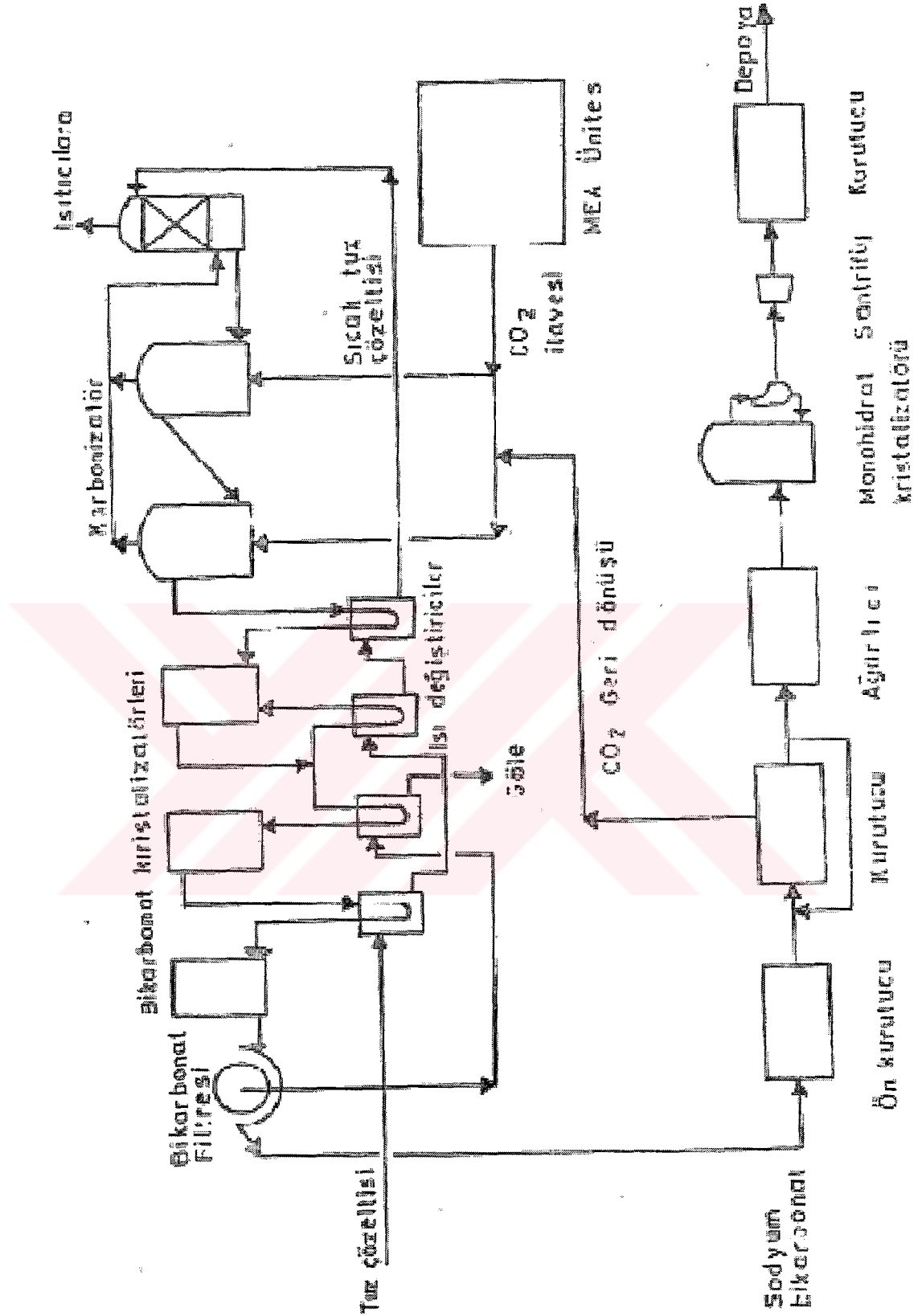


Bu reaksiyon sonucu oluşan sodyum karbonat çözeltisinden çeşitli yöntemlerle ağır sodaya geçebilmek mümkündür. Yöntemlerden biri oluşturulan sıcak, karbonat çözeltisinin soğutulması ile sodyum karbonat dekahidrat kristallerinin oluşumu, daha sonra bu kristallerin monohidrata dönüştürölmesi ve kalsinasyon ile ağır soda üretimidir .

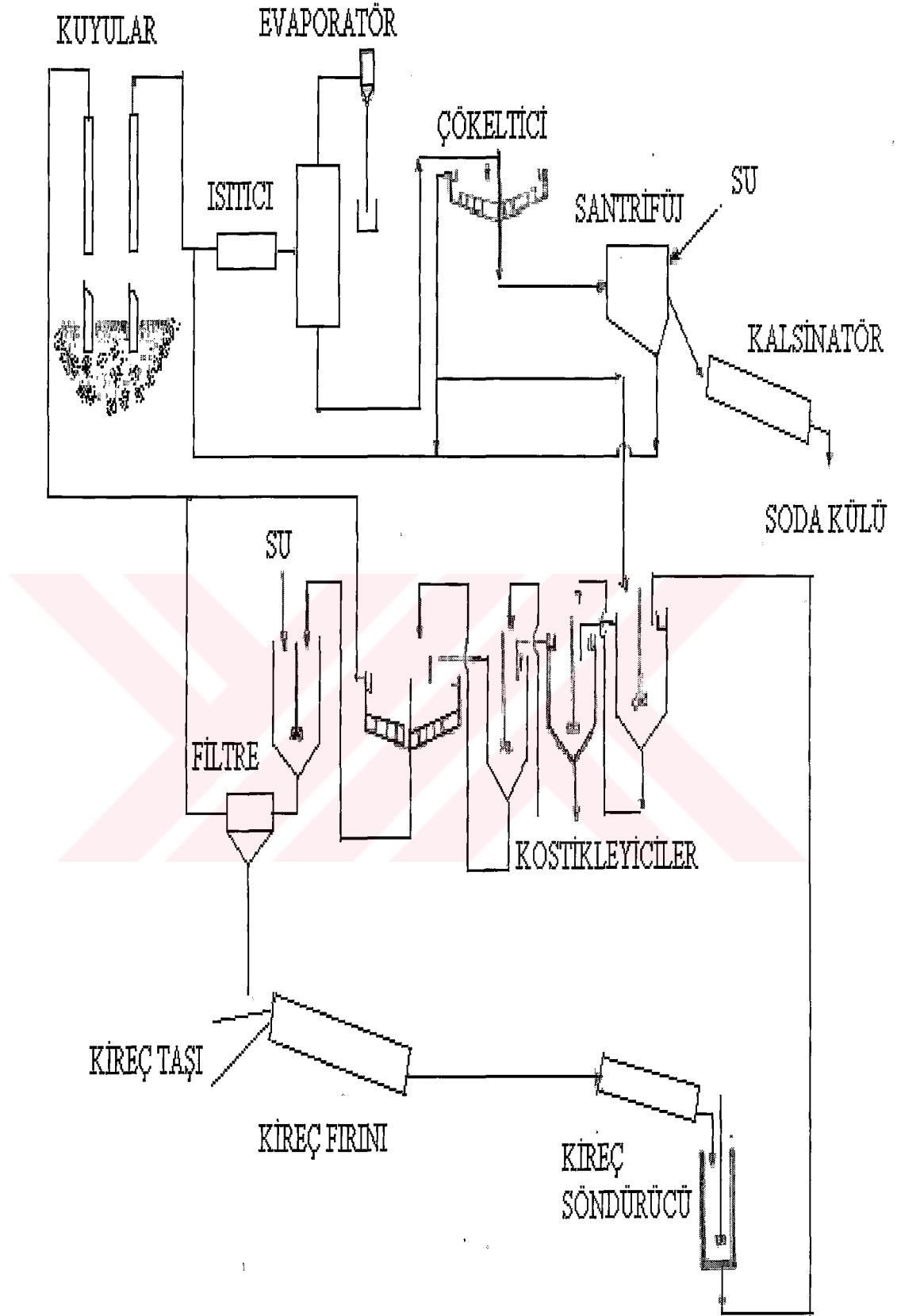
Bir diğerk metod ise sıcak sodyum karbonat çözeltisinden buharlaştırılmalıkristalizasyon sonucu elde edilen sodyum karbonat monohidrat kristallerinin kalsinasyonla ağır sodaya dönüştürölmesidir. Alkali ekstraksiyon yönteminin bir üstünlüğü trona çözünürlüğünü arttırmasıdır. Yöntemin akım şeması şekil 2.4'te verilmektedir.

Yöntemin uygulanmasından göz önünde tutulması gereken temel aşamalar;

- Cevher yatağının ekstraksiyon için hazırlanması
- Formasyonda hareket eden çözeltilerin kaya kütleleri ve gözenekler içinden akışı
- Mineralin ucuz, geri kazanılabilen ve sahanın özelliklerine uygun bir çözücü sistemle ekstrakte edilmesi
- Hedef ürünün (metal veya metal bileşiklerinin) üretim kuyusundan alınan çözeltiden kazanılması.



Şekil 2.3 Karbonatlaştırma Prosesinin Teknolojik Akım Şeması [Küçükyılmaz., 2004]



Şekil 2.4 Alkali Ekstraksiyon Prosesinin Teknolojik Akım Şeması

Yukarıdaki yöntemlere göre 100 ton Beypazarı trona cevherinden üretilebilecek (% 92 tenör) soda miktarları şöyledir [Kostick., 2004]:

Tablo 2.8 Trona’da Farklı Yöntemlerle Üretilcek Soda Miktarı (100 ton) [Mineral Commodity Summaries., 2005]

Proses İsmi	Üretilen Ağır Soda Miktarı, %
Monohidrat	51.10
Seskarbonat	44.34
Karbonatlaştırma	39.80
Alkali ekstraksiyon	28.55

2.7. Dünyada ve Türkiye’de Soda Üretimi

2.7.1. Dünyada Soda Üretimi

2.7.1.1. Doğal Soda Üretimi

Trona çeşitli proseslerden geçerek soda külüne dönüştürülmekte ve ticari bir değer kazanabilmektedir. Tronanın önem kazanan bir cevher olmasının nedeni doğal soda külü elde edilmesinde kullanılmasıdır. Bugün sentetik soda külü üreten pek çok firma vardır ancak bu; maliyeti yüksek, üretim prosesi karışık ve çevre kirliliğini artıran bir yöntemdir. Bu sebeple trona cevherlerinin bulunması sonrasında, 1970’lerin sonunda ABD’de sentetik yoldan soda üretiminden vazgeçilerek bu konuda faaliyet gösteren pek çok firma kapatılmıştır [Okutan, Hasancan., ve arkadaşları., 1994 - Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı., 1995].

ABD dünyanın en büyük soda üreten ülkesidir. Ülkedeki doğal soda üretimi Kaliforniya, Kolorado ve Wyoming eyaletlerinde gerçekleştirilir. Dünya soda üretiminin %94’ü ABD’nin altı büyük soda üreticisinin 1984 yılında oluşturduğu ANSAC (American Natural Soda Ash Corporation) adındaki kartel tarafından gerçekleştirilmektedir. Doğal kaynaklardan üretim yapan diğer ülkeler Kenya, Meksika ve Çad’dır.

Tablo 2.9 ABD firmalarının Wyoming'de yıllara göre ürettiği trona miktarları
[Mineral Commodity Summaries., 2005].

	OCI Chemical (Yer altı)	F.M.C. Wyoming Corp. (Yer altı)	General Chemical Corp. (Yer altı)	Solvay Chemicals, Inc. (Yer altı)	F.M.C. Wyoming Corp. (Yer altı)	<u>Wyoming'd e Trona üretimi</u>
<i>Yıl</i>	<i>Cevher Üretimi (Tons)</i>	<i>Cevher Üretimi (Tons)</i>	<i>Cevher Üretimi (Tons)</i>	<i>Cevher Üretimi (Tons)</i>	<i>Cevher Üretimi (Tons)</i>	<i>Cevher Üretimi (Tons)</i>
2003	3,627,384	4,500,242	4,281,000	3,894,847	0	16,303,473
2002	3,603,005	4,247,000	4,493,096	3,598,023	0	15,941,124
2001	3,544,283	4,482,531	4,547,431	3,539,006	280,619	16,510,312
2000	3,468,340	4,351,876	4,322,239	3,398,405	1,139,988	16,680,848
1999	3,479,978	4,592,902	4,294,659	3,424,265	969,763	16,761,567
1998	3,399,057	3,984,630	4,510,981	3,111,834	2,203,971	17,210,473
1997	3,425,557	4,445,846	4,135,020	3,598,695	2,476,766	18,081,884
1996	3,386,277	3,990,792	4,115,869	3,565,351	2,433,602	17,491,891
1995	3,344,664	4,718,823	4,303,711	3,306,637	2,497,422	18,171,257

Tablo 2.10 Dünya Trona Üretim Projeksiyonu (1000 ton).

Ana Mallar	Yıllar						Yıllık Artılar, %	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2004	2005
Trona	18037	18275	19040	19900	20600	22700	+3,5	+10,2

2.7.1.2. Sentetik Soda Üretimi

Doğal sodanın yanında sentetik soda üretimi de önemli yüzdelerde seyretmektedir. Sentetik soda üretiminden dünyanın en büyük kuruluşu Belçika kökenli Solvay ve Cie'dir. Bu firmanın üretim kapasitesi 4,4 milyon ton/yıldır. Pazar payı dünyada %19, Avrupa'da ise %90'dır. İkinci büyük firma ise İngiliz ICI firmasıdır.

Tablo 2.11 Ülkeler Bazında Soda Külü Üretimi (1.000 ton/yıl). (3: Rapor edilmiş. 4: Doğal olarak. r: Öngörülen) [Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü]

Ülkeler	1999	2000	2001	2002	2003
Avustralya	300	300	300	300	300
Avusturya	150	150	150	150	150
Bosna Hersek	15	15	15	15	15
Botsvana	234 ³	191 ³	251 ³	283 ^{r,3}	285
Brezilya	200	200	200	200	200
Bulgaristan	800	800	800	800	800
Kanada	300	300	300	300	300
Çin	7,654 ³	8,343 ³	9,144 ³	10,330 ^{r,3}	11,075 ³
Mısır	50	50	50	50	50
Etiyopiya	4 ^{r,3}	4 ^{r,3}	8 ^{r,3}	8 ^r	8
Fransa	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Almanya	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
Hindistan	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
İran	146 ³	120 ^r	120 ^r	120 ^r	120
İtalya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Japonya	722 ³	669 ³	461 ^{r,3}	460 ^r	460
Kenya ⁴	246 ³	238 ³	298 ³	304 ^{r,3}	350
Kore Cumhuriyeti	310	310	310	310	310
Meksika	290	290	290	290	290
Hollanda	400	400	400	400	400
Pakistan	230	230	230 ^r	230	230
Poland	910 ^{r,3}	1,018 ^{r,3}	1,062 ^{r,3}	1,054 ^{r,3}	1,000
Portekiz	150	150	150	150	150
Romanya	550	550	560	550	500
Rusya	1,918 ³	2,199 ³	2,370	2,400	2,400
İspanya	500	500	500	500	500
Tayvan	140	140	140	140	140
Türkiye	620	620	640	600	600
Ukrayna	460 ³	500	650	678	650
Birleşik Britanya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A.B.D. ⁴	10,200 ³	10,200 ³	10,300 ³	10,500 ³	10,600 ³
Toplam	33,400 ^r	34,400 ^r	35,600 ^r	37,000 ^r	37,800

2.7.2. Türkiye’de Soda Üretimi

Türkiye 1975 yılına kadar soda ithal eden bir ülke olmuştur çünkü daha öncesinde herhangi bir soda üretimi gerçekleşmemiştir. Cam sanayi ve soda girdisi kullanan diğer sanayilerde meydana gelen gelişme soda ihtiyacının artmasına neden olmuştur ve bu da zamanla ithal edilen sodanın ihtiyacı karşılamaması durumunu ortaya çıkarmıştır. Sodyum karbonat ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda bir firma tarafından Van Gölü’nden soda çıkarılması sağlansa da, yılda 3000 ton üretime rağmen ihtiyacın karşılanmaması nedeniyle sentetik soda üretimine gidilmiştir. 1969 yılında kurulan ve 1975 yılında faaliyete geçen Mersin Soda Sanayi A.Ş. faaliyetlerine halen devam etmektedir.

2.7.2.1. Doğal Soda Üretimi

Türkiye’de doğal soda üretimine daha yeni geçilmiştir ancak bulunan trona kaynaklarına kurulan tesisler ile üretimi gerçekleştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Ülkemizde bu yönde Beypazarı ve Kazan trona yatakları bulunmaktadır.

- Beypazarı Trona Yatağı

Eti Holding ve Park grubu tarafından ortaklaşa işletilmekte olan Beypazarı Eti Soda Maden İşletmesi’nin temeli 2002 yılı Ekim ayında atılmıştır. Tesisin ilk aşamada 500 bin ton/yıl soda külü kapasitesiyle çalışmaları başlamıştır [www.maden.org.tr].

- Kazan Trona Yatağı

Ankara’nın yaklaşık 35 km kuzeybatısında yer almaktadır. 1998 yılında bulunmuştur. Yapılan çalışmalar sonrasında bölgede %31 tenörlü 607 milyon tonluk bir cevher olduğu belirlenmiştir. Bu projede Rio Tinto firması ile pek çok bağımsız Türk ve uluslararası (ABD, İngiltere, Avustralya, Kanada) firmalardan uzmanlar birlikte çalışmaktadırlar. Bu bölgenin yaklaşık 46 milyon yıl önce bir göl ortamında oluştuğu belirlenmiştir. Şirket tarafından yapılan açıklamaya göre projenin planlandığı şekilde bitirilmesi halinde işletme ömrü süresince tahminen 5,8 milyar ABD doları (FOB, Derince Limanı) tutarında ihracat geliri sağlanması beklenmektedir. Proje planı aşağıdaki şekilde belirlenmiştir [Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü]:

1998 : Tesisin bulunuşu

2000 : Proje ekibinin kurulması

2003 : İşletme ruhsatının alınması, CED çalışmalarının başlaması

2004 : Pilot tesis çalışmalarının başlaması

2007 : Küçük ölçekli üretim ve pazar testi

2011 : 900 bin ton/ yıllık üretime geçiş

2014 : 1,8 milyon ton/yıllık üretime geçiş

2.7.2.2. Sentetik Soda Üretimi

Türkiye'de sentetik soda külü üretimi yapan tek kuruluş Mersin Soda Sanayi A.Ş. dir. Mersin Soda Sanayii A.Ş.; Türkiye İş Bankası, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. ve Sümerbank'ın ortaklığı ile kurulmuştur.

Mersin Soda Sanayii A.Ş. ye ait soda külü tesisleri Mersin'in 14 km. doğusunda Kazanlı bucağı bitişinde ve deniz kıyısında bulunmaktadır. Ayrıca Mersin'in 24 Km. kuzeyinde, Gözne yolu üzerinde, Dalakderesi mevkiinde Kireçtaşı İşletmesi ve Mersin'in 48 km. kuzeydoğusunda Arabalı mevkiinde yeraltı tuz işletmesi tesisleri mevcuttur.

Türkiye'de soda külü (sodyum karbonat) Mersin Soda Sanayii A.Ş. tarafından Solvay yöntemi ile sentetik olarak üretilmektedir. Sodyum Karbonat için (kalsine) T.S.525 ve sodyum bikarbonat için T.S.3050 Türk Standartları mevcuttur. Soda Sanayii A.Ş. Türk Standartlarına uygun olarak üretim yapmaktadır. T.S. 525'in istediği özellikler ve Soda Sanayii A.Ş.'nin fiili değerleri karşılaştırmalı olarak aşağıya çıkarılmıştır.

Tablo 2.12 TS 525 Ürün Standartları ve Soda Sanayi A.Ş.'nin Ürettiği Ürün Özellikleri

T.S.525 Kalsine Soda		Soda Sanayi A.Ş. Ort.Değerler
Na ₂ O ₃	Min. % 99,1	% 99,41
SO ₄	Max. % 0,027	% 0,02
Cl	Max. % 0,4	% 0,25
Fe	Max. % 0,004	% 0,003
Cu	Max. % 0,003	% 0,003
Çözünmezler	Max. % 0,02	% 0,02

Tesiste hafif ve ağır soda, rafine sodyum bikarbonat ve sodyum silikat üretilmektedir. İç tüketiminin karşılanması yanısıra zaman zamanda ihraç edilmektedir.

Burada üretilen soda ürünleri şunlardır:

a) *Ağır soda*: Beyaz, granül, higroskopik, suda kolayca çözünen bir maddedir. Sudaki çözeltisi berrak ve renksiz görünümündedir. Hafif soda külünün hidratasyonu ile değiştirilir. Bunun sonucu daha büyük sodyum karbonat monohidrat kristaller elde edilir. Esas bileşimi “Sodyum Karbonattır”. Daha az uçucu özellik gösterir ve nispeten daha kolay akan bir üründür. Cam, deterjan, kimya sanayi ve diğer sodyum bileşiklerinin üretiminde kullanılır. Döküm yoğunluğu $0.95-1.1 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

b) *Hafif soda*: Beyaz, toz, higroskopik, suda kolayca çözünen bir maddedir. Esas bileşimi sodyum karbonattır. Daha ince taneli ve daha az serbest akışlı bir görünümündedir. Tekstil, kimya sanayi, deterjan, kağıt, cam ve diğer sodyum bileşiklerinin üretiminde kullanılır. Döküm yoğunluğu $0.52-0.60 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

c) *Sodyum silikat*: Şeffaf, açık mavi-yeşil renkli, belli bir şekli ve boyutu olmayan, suda kolayca çözünmeyen, kolayca öğütülmeyen, öğütülünce beyaz toz haline dönüşen bir maddedir. Basınç altında sıcak suda çözünür. Çözeltisi alkalidir. Çözeltideki madde miktarı ile orantılı olarak viskozitesi artar. Deterjan, kimya sanayi, kağıt, beton katkı maddesi ve silika türevlerinin üretiminde kullanılır.

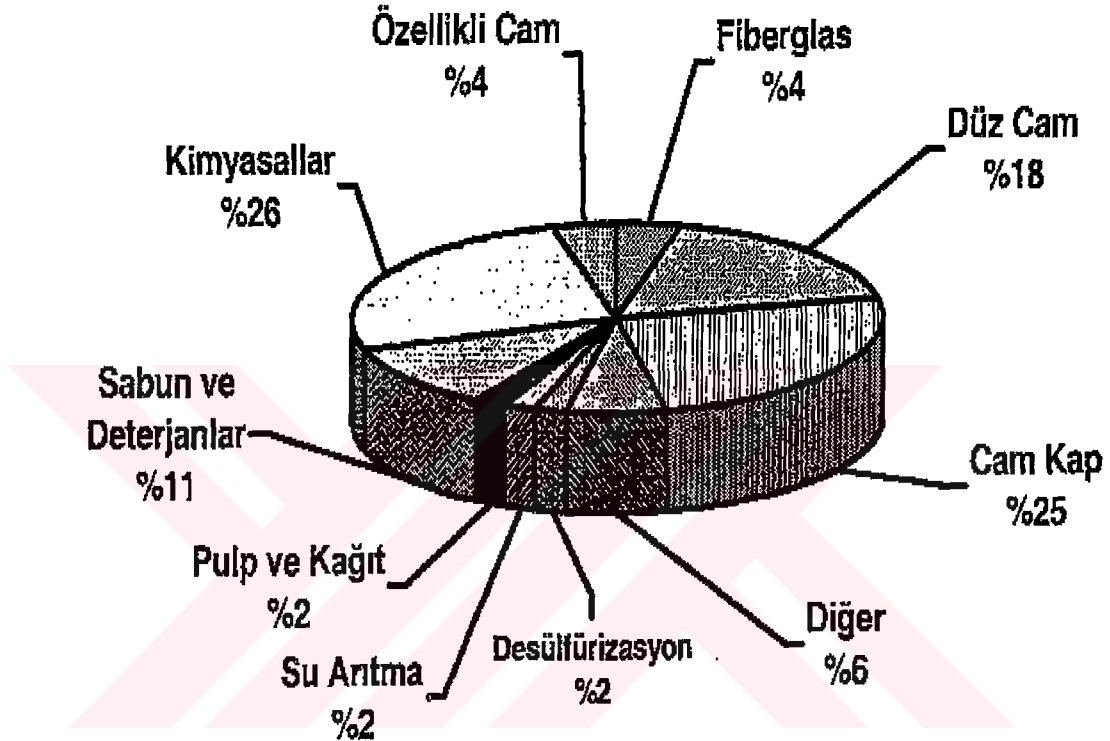
d) *Rafine sodyum bikarbonat (besin türü)*: Beyaz, opak, kokusuz, küçük monoklinik kristal veya çok küçük kristallerden oluşan tozdur. Suda çözünen, sudaki çözeltisi berrak ve renksiz hafif alkali bir maddedir. Esas bileşimi sodyum bikarbonattır. Gıda, yem ve ilaç sanayinde kullanılır.

e) *Rafine Sodyum Bikarbonat (teknik tür)*: Beyaz, opak, kokusuz, küçük monoklinik kristal veya çok küçük kristallerden oluşan tozdur. Suda çözünen, sudaki çözeltisi berrak ve renksiz hafif alkali bir maddedir. Esas bileşimi sodyum bikarbonattır. Deri, deterjan, kimya sanayi ve tekstilde kullanılır.

Türkiye'nin tek soda külü üreticisi olan Mersin soda Sanayii A.Ş. Solvay yöntemi ile kayatuzundan soda külü üretmektedir. Bölgedeki kayatuzu rezervleri işletmenin yaklaşık 100 yıl ihtiyacını karşılayacak kapasitededir.

2.8. Kullanım Alanları

Trona madenler içinde “endüstriyel hammadde” olarak geçmektedir. Cevherin farklı birçok kullanım alanı mevcuttur. Asıl önemli tarafı ise; %52’si cam sektörü, ki soda külü tüketiminde en önemli kullanım payına sahiptir, %22’si kimya sektörü, %11’i deterjan sektörü ve geri kalanı da tekstil ve diğer sanayi kollarında olmak üzere neredeyse %100’ünün kullanılabilir olmasıdır. Dünya genelinde soda külünün kullanıldığı sektörler ve tüketim payları Şekil 2.5’de gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Dünya Geneline Soda Külünün Kullanıldığı Sektörler Ve Tüketim Payları

Konuya biraz daha açıklık getirirsek [Okutan ve arkadaşları.,1994]:

- Cam üretiminde. (1 Ton cam üretimi için yaklaşık 200 Kg. ağır soda külü tüketimi gerekmektedir).
- Kimya sanayinde çeşitli maddelerin üretiminde: sodyum tripolyphosphate, sodyum silikat, sodyum kromit ve sodyum dikromat, sodyum bikarbonat, sodyum karbonat peroxhydride, sodyum seskikarbonat, sodyum hexacyanoferrate, chlorine monoxide,

- Deterjan sanayinde,
- Su tasfiyesinde,
- Topraktan çıkarıldığı şekliyle, sadece baca gazı desülfürizasyonunda ve bazı hayvan yemlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.
- Selülöz ve kağıt sanayinde,
- Alümina üretiminde,
- Sondaj çamurlarında,
- Galvaniz kaplama banyolarında,
- Kurşun rafinasyonunda,
- Bakır flotasyon konsantrelerinden telleryumun geri kazanılmasında,
- Rafine edilmiş diatomitin üretiminde,
- Fotoğrafçılıkta, Brominin üretiminde,
- Tarın distilasyonunda,
- Hidrojen sülfitin geri kazanılmasında,
- Döküm kumlarında,
- Tekstil sanayinde,
- Su arıtma,
- Asit nötralizasyonu,
- Parfümeri,
- Eczacılık,
- Reçine,
- Tutkal,
- Gıda imalatında kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi trona ucuz olduğu için endüstrinin hemen her alanında kullanımı vazgeçilmez bir hammaddedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Malzemelerin Tanımı

Bu çalışmada, % 95,92 saflıkta, Beypazarı ve % 55,22 saflıkta Kazan trona numuneleri flotasyon ve manyetik ayırmaya tabi tutularak empüritelerin uzaklaştırılması amaçlanmıştır.

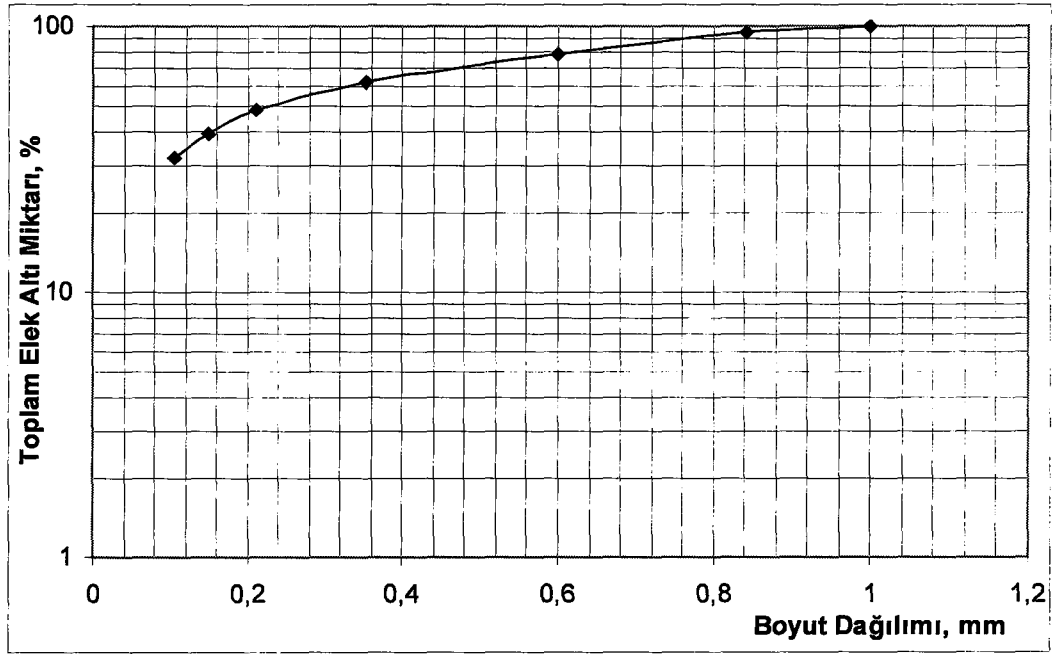
3.1.1. Beypazarı Numunesinin Özellikleri

3.1.1.1. Numunenin Fiziksel Özellikleri

%95,92 saflıkta trona numunesi, flotasyon işlemine geçilmeden önce sırasıyla çeneli, konili ve merdaneli kırıcılarda kırılarak -1mm altına indirilmiştir. 0.150 mm altı numune, doygun çözelti hazırlanmasında kullanılırken, flotasyon işlemlerinde -1+0.150 mm arası numune kullanılmıştır. Numunenin boyut dağılımı ve elek altı eğrisi Tablo 3.1’de ve Şekil 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3.1 -1 mm Altına Kırılan Beypazarı Trona Malzemesinin Boyut Dağılımı

Boyut Aralığı (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü Miktarı (%)	Toplam Elek Altı Miktarı (%)
-1+0.841	4.70	4.70	100.00
-0.841+0.600	16.90	21.60	95.30
-0.600+0.354	16.90	38.50	78.40
-0.354+0.212	13.30	51.80	61.50
-0.212+0.150	8.70	60.50	48.20
-0.150+0.106	7.40	67.90	39.50
-0.106	32.10	100.00	32.10
Toplam	100.00		



Şekil 3.1 -1 mm Altına Kırılan Beypazarı Trona Malzemesinin Elek Altı Eğrisi

3.1.1.2. Numunenin Kimyasal Özellikleri

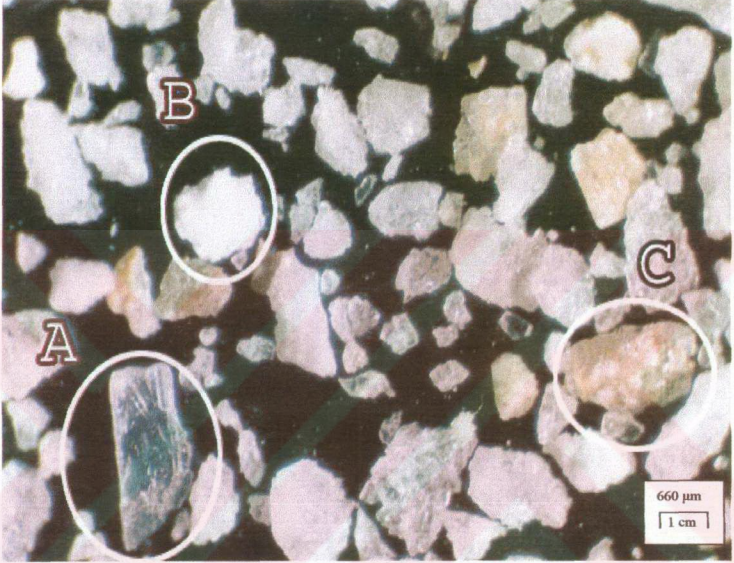
Malzeme flotasyona işlemine tabi tutulmadan önce boyuta göre sınıflandırılarak numunenin trona ve empürite içerikleri belirlenmiştir. Trona içeriğinin tayininde belirli bir miktar cevher, hacmi bilinen 50 C⁰ sıcaklıkta su içerisinde çözündürülerek çözünmeyen kısmı kurutulup tartıldıktan sonra hem trona hem de % empürite içeriği bulunmuştur. Tablo 3.2’de de elde edilen sonuçlar tane boyutu küçüldükçe cevherdeki empürite içeriğinin belirgin oranda değişmediğini göstermektedir.

Tablo 3.2 Beypazarı Trona Cevher Numunesinin Boyuta Göre Trona Dağılımı

Boyut Aralığı (mm)	Miktar (%)	Trona (%)	Dağılım (%)
-1+0.841	4.70	96.01	4.70
-0.841+0.600	16.90	95.76	16.86
-0.600+0.354	16.90	95.97	16.90
-0.354+0.212	13.30	95.86	13,28
-0.212+0.150	8.70	95.99	8.71
-0.150+0.106	7.40	95.68	7.37
-0.106	32.10	96.20	32.18
Toplam	100.00	95.92	100.00

3.1.1.3. Numunenin Mineralojik Özellikleri

Malzemenin mikroskop altında yapılan mineralojik etüdlarinde empürite içeriğinin pirit, kil grubu mineraller, kuvars, feldspat, kömür, dolomit ve kalsitten oluştuğı belirlenmiştir. Şekil 3.2’de trona cevherinin mikroskop altındaki görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3.2 Beypazarı Trona Cevherinin Mikroskop Altında Görüntüsü (A,B: Trona, C: Kil mineralleri)

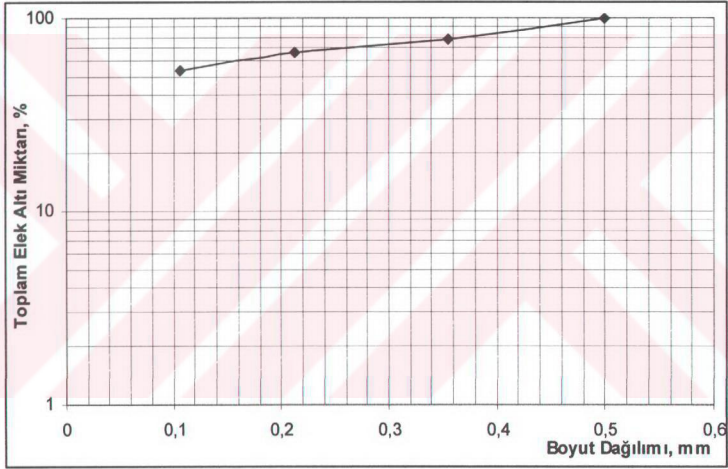
3.1.2. Kazan Numunesinin Özellikleri

3.1.2.1. Numunenin Fiziksel Özellikleri

% 55,22 saflıkta trona numunesi, flotasyon işlemine geçilmeden önce sırasıyla çeneli, konili ve merdaneli kırıcılarda kırılarak -0.5 mm altında indirilmiştir. Flotasyon işlemlerinde -0.5+0.038 mm arası numune kullanılmıştır. Numunenin boyut dağılımı ve elek altı eğrisi Tablo 3.3’de ve Şekil 3.3’de verilmektedir.

Tablo 3.3 -1 mm Altına Kırılan Kazan Trona Cevher Numunesinin Boyut Dağılımı

Boyut Aralığı (mm)	Miktar (%)	Toplam Elek Üstü Miktarı (%)	Toplam Elek Altı Miktarı (%)
-0.5+0.355	21,71	21,71	100,00
-0.355+0.212	11,23	32,94	78,29
-0.212+0.106	12,95	45,89	67,06
-0.106	54,11	100,00	54,11
Toplam	100.00		



Şekil 3.3 -1 mm Altına İndirilen Kazan Trona Cevher Numunesinin Elek Altı Eğrisi

3.1.2.2. Numunenin Kimyasal Özellikleri

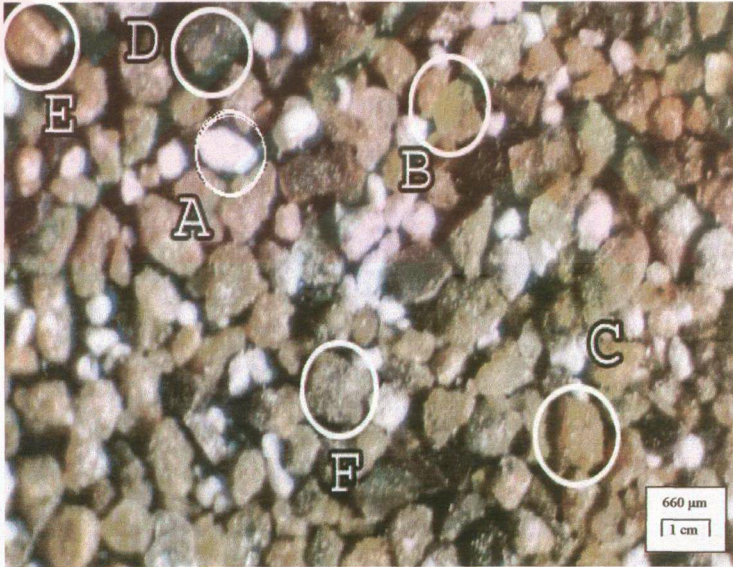
Malzeme flotasyona işlemine tabi tutulmadan önce boyuta göre sınıflandırılarak numunenin trona ve empürte içerikleri belirlenmiştir. Trona içeriğinin tayininde belirli bir miktar cevher, hacmi bilinen 50 C⁰ sıcaklıkta su içerisinde çözündürülerek çözünmeyen kısmı kurutulup tartıldıktan sonra hem trona hem de % empürte içeriği bulunmuştur. Tablo 3.4’de de elde edilen sonuçlar tane boyutu küçüldükçe ve özellikle 0.106 mm’nin altında trona içeriğinin önemli ölçüde yükseldiğini göstermektedir.

Tablo 3.4 Kazan Trona Cevher Numunesinin Boyuta Göre Trona Dağılımı

Boyut Aralığı (mm)	Miktar (%)	Trona (%)	Dağılım (%)
-0.5+0.355	21,71	45,50	17,89
-0.355+0.212	11,23	48,80	9,92
-0.212+0.106	12,95	42,50	9,97
-0.106	54,11	63,50	62,22
Toplam	100.00	55,22	100.00

3.1.2.3. Numunenin Mineralojik Özellikleri

Malzemenin X-ışınları kırınımı (XRD) ile yapılan karakterizasyon etüdlerinde empürite içeriğinin Nortüpit, Glauberit, Pirsonit, Termonatrit, Gaylüsit, Dolomit ve Nakolitten oluştuğu belirlenmiştir. Eklerde empüritelerin XRD grafikleri verilmiştir. Şekil 3.4’de empüritelerinin mikroskop altında görüntüleri görülmektedir.



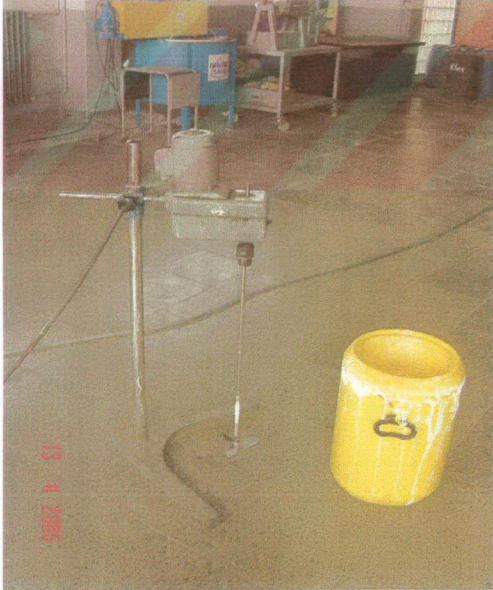
Şekil 3.4 Kazan Trona Cevher Empüritelerinin Mikroskop Altında Görüntüleri (A: Glauberit, B,C,E: Nortüpit, D,F: Termonatrit)

Flotasyon ve Çözünmeyen Katıların Empürite analizi:

Manyetik ayırım sonucu alınan ürünlerin her birinden 10'ar gr numune alınarak 70-90 °C saf suda, termometreli manyetik karıştırıcılarda çözündürülmüştür. 1 lt'lik suda 1 saat çözündürüldükten sonra filtre edilmiştir. Çözünmüş numuneden kalan empüritelerin elektronik tartıda ağırlıkları alınmış her ürünün verimleri hesaplanmıştır.

3.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar

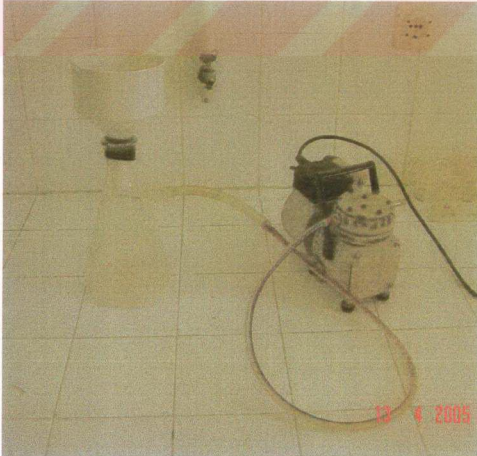
Öncelikle doygun çözelti hazırlamak için pervaneli karıştırıcı kullanılmıştır. Tüm deneyler 1.5 litre hücre donanımlı Denver tipi flotasyon makinasıyla yapılmıştır. Flotasyondan çıkan ürünler Neuberger marka D79112 model vakumlu filtre ile susuzlandırıldıktan sonra açık havada kurumaya bırakılmıştır. Ayrıca çözündürme işlemlerinde ve reaktif hazırlama işlemlerinde Snijders marka termometreli manyetik karıştırıcılar kullanılmıştır. Çözündürme işlemleri 80 C⁰-100 C⁰ sıcaklıkta, reaktif hazırlama işlemleri de oda sıcaklığında yapılmıştır. Karıştırma hızı her iki proses için de pervane üzerindeki orta ayarda seçilmiştir.



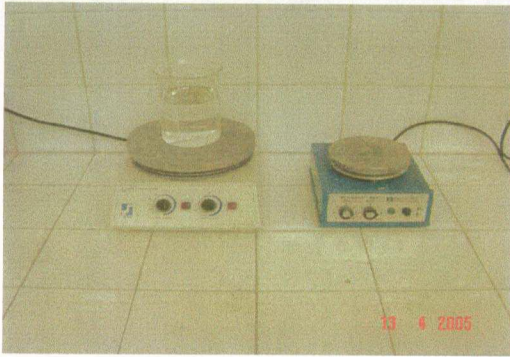
Şekil 3.5 Pervaneli Karıştırıcının Görünümü



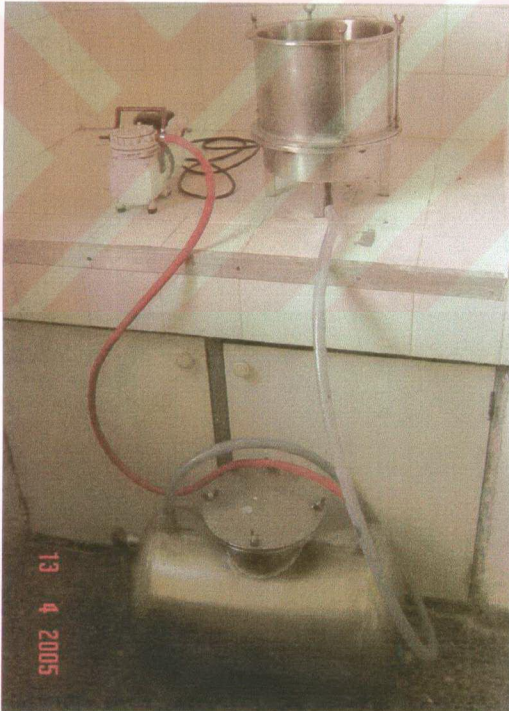
Şekil 3.6 “Denver” Marka Flotasyon Makinesi



Şekil 3.7 Vakumlu Pompa ve Filtre Tertibatı

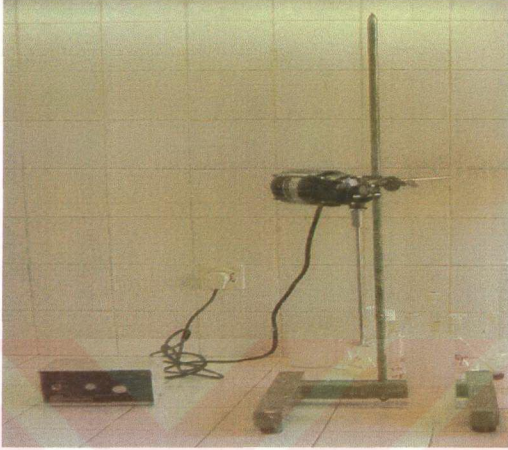


Şekil 3.8 “Snijders” ve “Janke&Kunkel” Ika-Labortechnik
Marka Termometreli Manyetik Karıştırıcılar



Şekil 3.9 Doygun Çözelti Süzmede Kullanılan Vakumlu Filtre

Flotasyon işlemi öncesi DAH ve gazyağı karışımını emülsiye etmek için pervaneli bir karıştırıcıdan yararlanılmıştır.

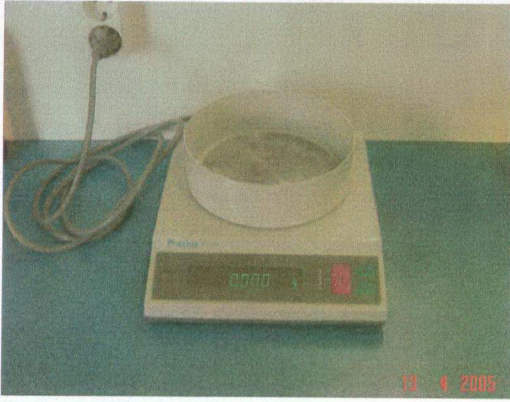


Şekil 3.10 Fisher Scientific Model 143 Serial 103N0021 Tipi Yüksek ve Alçak Torkta Çalışan Pervaneli Karıştırıcı

Flotasyon işlemi sonucu elde edilen yüzen ve batan ürünlerinin çözündürülmesinden arta kalan empüriteler Şekil 3.11’da gösterilen etüvde kurutulmuştur. Ayrıca malzemelerin tartımında elektronik tartı kullanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.11 MEMMERT 854 Schwabach Marka Etüv



Şekil 3.12 “Precisa 310 M” Marka Elektronik Tartı

-DAH (Dodesilamin hidroklorür)

n-Dodecylamine Hydrochloride ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NH}_2\cdot\text{HCl}$ -Laurylamine Hydrochloride), Moleküler Ağırlığı =221.81 olan, “TCI” ve “KODAK” marka kationik kollektör kullanılmıştır.

- Gazyağı (Kerosene)

Flotasyon işlemi öncesi DAH ile karıştırılarak emülsiyon oluşturmak (emülgatör olarak) için petrol istasyonlarından temin edilen ticari gazyağı kullanılmıştır.

3.3. Deneylerde Uygulanan Yöntemler

3.3.1. Flotasyon Yöntemi

Flotasyon çok ince tane büyüklüğünde ayrılması mümkün olan minerallere tatbik edilen bir zenginleştirme yöntemidir. Flotasyon yöntemi, gravite yöntemleri ile zenginleştirilmeleri mümkün olmadığı için kıymetsiz kabul edilen, pek çok düşük dereceli veya kompleks yapılı cevherleri ekonomik olarak işletilmesinin mümkün kılmaktadır. Bu tür zenginleştirmenin esası, bazı minerallerin hava kabarcığına ilişerek yüzmelerini ve ayrılmalarını sağlar. Bu mineraller yüzey özelliklerine veya çeşitli reaktiflerle yüzey özelliklerinin değiştirilmesine bağlı olarak hava kabarcığına ilişirler. Bu özellikleri göstermeyen diğer mineraller ise, su içinde ıslanarak batarlar. Flotasyon yöntemi sırası ile şu işlemleri içerir: (1) Cevherin 0.5-0.2 mm gibi bir

boyutun altına öğütülmesi; (2) %15-35 arasında katı içerecek şekilde sulandırılması; (3) pülpe, bir veya birkaç çeşit inorganik kontrol reaktifinin çok az miktarda ilave edilmesi; (4) mineral yüzeyini kaplayarak köpüğe yapışmasını sağlayacak toplayıcı (kollektör) reaktifin ilavesi; (5) dayanıklı hava kabarcığı oluşturan köpürtücü reaktifin ilavesi; (6) karıştırma yolu ile veya basınçlı hava sevki ile köpüğün oluşturulması; (7) mineral taşıyan köpük zonu ile, köpüğe yapışmayan mineralleri bulunduran pülpin birbirinden ayrılması. Bu işlemler bazen birbirini takip etmek yerine, bir arada da uygulanabilir [Atak., 1990 – Önal ve Ateşok., 1994].

Flotasyon genelde farklı yüzey özelliğine sahip minerallerin zenginleştirilmesine uygulanan bir yöntemdir. Örneğin doğal yüzebilme yeteneği olan kömür, grafit, kükürt gibi mineraller yan taştan flotasyonla kolayca ayrılır. Sülfürlü mineraller bazen doğrudan doğruya, bazen de toplayıcı (kollektör) reaktiflerin yardımı ile yan taştan ayrılabilir. Çeşitli kontrol reaktiflerin yardımı ile değişik sülfürlü mineraller de birbirinden kolaylıkla ayrılabilir. Kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından benzer yapıda olan değişik oksit, silikat ve tuz tipi mineraller de uygun kontrol reaktifleri ve toplayıcılarla zenginleştirilebilmektedir

Flotasyon yönteminde genelde kıymetli mineraller yüzdürülür. Bazen de kıymetli mineraller batırılarak kıymetsiz mineraller yüzdürülür. Bu tür flotasyona, ters flotasyon denir.

Çözünen tuzların flotasyonu doymuş çözeltilerinde yapılır. Bu flotasyonun diğer oksit ve tuz tipi minerallerin flotasyonundan en önemli farkı, çözeltilerin iyon konsantrasyonunun çok yüksek değerlerde (1-5 mol/l gibi) olmasıdır. Bu durumda elektriksel çift tabaka kalınlığı bir iyon kalınlığına, yüzey elektrik yükü veya zeta potansiyeli de sıfıra inmektedir. Bu durum minerallere alışılmamış bir flotasyon özelliği kazandırır. Bu bakımdan kollektör iyonunun elektrik yükünden çok, hidrokarbon zinciri uzunluğu, molekül çapı, yüzeydeki kimyasal tepkimeler ve yüzey çökelmeleri çözünen tuzların flotasyonunda önem kazanır [Önal ve Ateşok., 1994].

Flotasyon yöntemiyle trona kazanımı amacıyla yapılan araştırmalar fazla bulunmamaktadır. Soda külü üretimine alternatif olarak enerji maliyetini düşürmek amacıyla flotasyon zenginleştirme yönteminin kullanılması büyük tasarruflara yol açması mümkündür. Dolayısıyla dünya trona üretici devi A.B.D'deki firmalar tronadan soda üretiminde flotasyon zenginleştirme yöntemi kullanmak için araştırma

yapmaktadırlar. 1981 yılında alınan “Flotasyonla Trona Kazanımı” patentine göre flotasyon yönteminin soda külü üretim prosesinde kullanımı Şekil 1’de görülmektedir. Burada tüvenan trona 30 meş altına kuru ya da yaş öğütme ile indirilmekte ve ardından trona sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat doygun çözeltisinin kollektor ile yapılan karışımı (emulsiyon) ile kıvamlandırılmaktadır. Sonra da kaba flotasyon tankına alınarak empüriteler yüzdürülüp batan ürün iki tane temizleme kademesinden geçmektedir. Son temizleme tankından çıkan konsantr e çöktürülür santrifüj ya da filtre ile doygun çözeltisinden arındırılır, sonra da kalsine edildikten sonra soğutulur.

Doygun çözeltinin yaklaşık hemen hepsi geri dönüşümlüdür. Flotasyon sistemi için doygun çözelti hazırlama flotasyon artıklarını, kalsinasyon ürünleri, atık tankından gelen temiz su ve normal temiz su çözündürme tankında karıştırılarak yapılır. 100 gram doygun çözelti yaklaşık 18 g Na_2CO_3 ve 4 g NaHCO_3 içermektedir. Çözündürme tankından taşan çözelti atık tikinere gelir ve burada empüritelerinin arındırılması için flökulant kullanılabilir. Atık tikinere çöken ürün atık havuzuna atılır, taşan ürün de doygun çözelti temizleme tankına geçer ve burada aktif karbon kullanılarak organik empüritelerin atılması sağlanır. Temizlenen doygun çözelti geri dönüşümlü doygun çözelti tankına alınır ve burada tikiner ve filtreden gelen çözelti ile birleşerek gereken yerlere gönderilir.

Genel olarak, bu yöntemde sodyum karbonat ve sodyum bikarbonattan oluşan doygun çözeltide tronanın kazanımı için kullanılan organik kollektörün aşağıdaki özelliklerden birine sahip olması gerekmektedir [Patent., 1981];

- a) En azından 10 karbon atom içeren bir non-polar hidrokarbon grubu
- b) En azından bir polar karboksil grubu,

Flotasyon Testleri:

Green River bölgesindeki Wyoming yatağından alınan trona cevheri 6 mesh altına indirilmiştir. 500 g numune laboratuvar değirmende 1-2 dakika arasında yaş öğütülürken tronadan doygun çözelti alınır ve geri kalan organik empüriteler uzaklaştırılarak flotasyon ortamını oluşturulur.

Kondisyonlama aşamasında, 500 g yaş öğütülmüş numune 600g kapasiteli Wemco® laboratuvar flotasyon hücresine alınır ve ortama kollektör ilave edilecek

900 dev/san hızıyla, 3-9 dakika arasında, belirli bir sıcaklıkta, hava verilmeden karıştırma işlemi yapılır. Kondisyonlama bitimine 10 saniye kala ortama az miktarda Dowfroth ® 250 köpürtücüsü atılır.

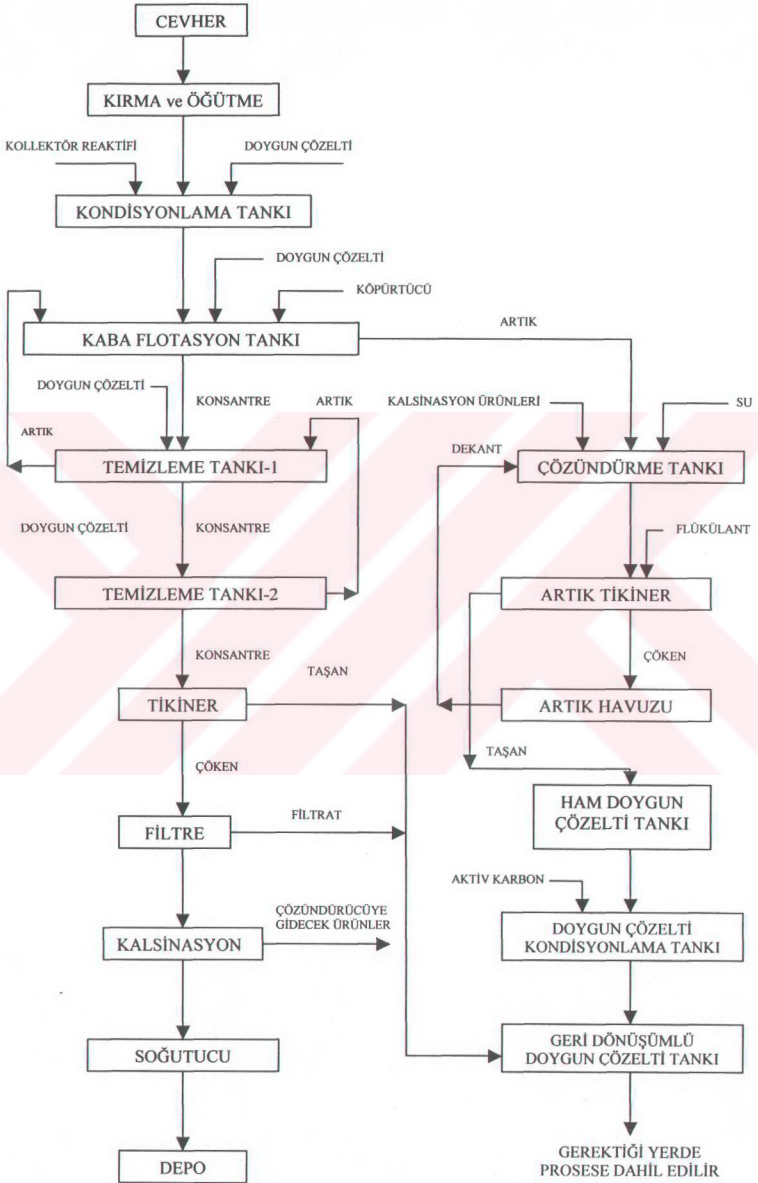
Bir sonraki flotasyon aşamasında, ortama hava verilir. Katı malzeme etkisiyle hava kabarcıklarına yapışarak hücreden taşar. Taşan ürün doygun çözeltiden arındırılarak tartılır ve yüzdeleri hesaplanarak verimi belirlenir. Tablo 1'de değişik reaktiflerin flotasyon verimine etkisini verilmektedir. Genel olarak kollektor reaktif miktarının artmasıyla verim yükselir.

Empürite içeriğini öğrenmek amacıyla asitte (13,6 % HCl, hacimce) çözündürülür. Suda çözünmeyen şorit yüzen trona ürününde istenmeyen empürite olarak tanımlanamaz. Dolayısıyla, değerlendirmede asitte çözünmeyen baz olarak alınmıştır. Tablo 3.5'de değişik reaktiflerle trona flotasyonun verimlerini vermektedir.

Genel olarak, taşan üründe miktarın yükselmesi ve bu katı miktarın asitte çözünmeyen empüritelere azalması flotasyon verimliliği göstermektedir [Patent., 1981]

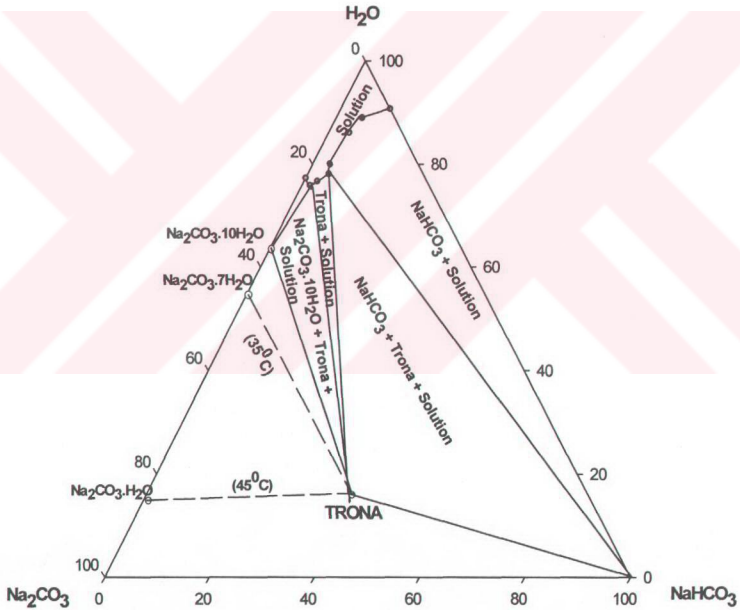
Tablo 3.5 Değişik Reaktiflerle Trona Flotasyonu

Reaktif	Miktar (Lbs./Ton)	Taşan Üründe Verim	
		Ağ, %	Asitte Çözünmeyen, %
$\text{C}_{18}\text{H}_{37}-\text{N}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{O}}{\parallel}}-\text{C}-\overset{\text{SO}_2\text{Na}}{\underset{\text{CH}_2\text{CH}}{\parallel}}-\text{CONa}$	3,0	61,3	34,6
$\text{C}_{14}\text{H}_{29}-\text{C}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{O}}{\parallel}}-\text{C}-\overset{\text{COH}}{\underset{\text{CH}}{\parallel}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{COH}$	4,0	92,3	35,1
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{N}}{\parallel}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{OH}$	2,0	90,1	36,6
$\text{C}_{18}\text{H}_{37}-\text{N}-\overset{\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{ONa}}{\underset{\text{CH}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{ONa}}{\parallel}}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{SO}_2\text{Na}}{\underset{\text{CH}}{\parallel}}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{CONa}$	2,0	73,4	37,3
$\text{C}_{11}\text{H}_{23}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{N}}{\parallel}}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{OH}$	2,0	83,0	32,2
$\text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}-\text{C}-\text{OH}$	1,0	70,6	39,5
Reaktifsiz	0,0	8,2	14,5



Şekil 3.13 Flotasyon Yöntemiyle Soda Külü Üretim Prosesinin Akım Şeması

Kısıtlı araştırmalarda trona yzrlerek ya da batırılarak zenginleştirilmektedir. elik ve Miller tronayı oluşturan iki temel inorganik bileşik, sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat tuzlarının, dodesilamin hidroklorür (DAH) ve sodyum dodesilsülfat (SDS) ile flotasyon davranışı mikroflotasyon deneyleriyle incelemiştir. Trona sıcaklık ve konsantrasyona bağlı olarak l faz ($\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$) diyagramında pek çok sayıda faz bir arada bulunabilir. Bunlardan bazılar trona, $\text{Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{NaHCO}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$; sodyum bikarbonat, NaHCO_3 ; veya muhtelif hidratasyon konumlarında sodyum karbonat, susuz, monohidrat, heptahidrat veya dekahidrat ($\text{Na}_2\text{CO}_3\cdot x\text{H}_2\text{O}$) şeklinde sıralanmaktadır. l sistem için $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ 25°C 'de faz diyagramı şekil 2'de gösterilmektedir.



şekil 3.14 $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-NaHCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ l sisteminin 25°C 'de faz diyagramı

Çözünür tuzlardan; halitler, oksianyon tuzları ve çift tuzların flotasyon özellikleri literatur ışığında tuzun suyun yapısını koruyan (structure maker) veya bozan (structure breaker) iyonların davranışı ve aşağıdaki üç temel fizikokimyasal özelliğe göre davranmaktadır:

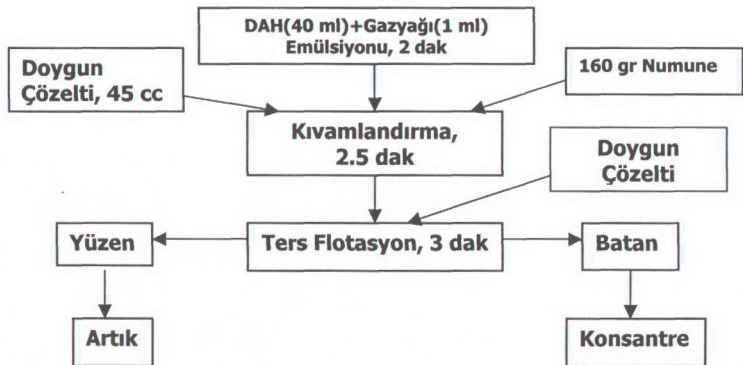
- 1) Termal kararlılık
- 2) Arayüzeydeki suyun yapısı
- 3) Viskozite

Sodyum karbonat monohidrat ve dekahidrat ve sodyum bikarbonatın flotasyon davranışı bu üç fizikokimyasal özelliğe göre açıklanabilir. Sodyum karbonat su yapısını koruyan özelliğinden dolayı yüksek viskozite sergilemektedir. Sodyum karbonatın viskozitesi konsantrasyon ile hızlı bir değişim gösterdiğinden dolayı suyun yapısını koruyan NaCl, NaF, LiCl gibi tuzlarla aynı sınıfına girmektedir. Suyun yapısını koruyan bu tuzlar genellikle kuvvetli hidrasyona sahip yüzeyler oluşturarak DAH ve SDS gibi reaktiflerin yüzeye yapışmalarını ve dolayısıyla flotasyonu engellerler (Hancer vd., 2001; Rogers ve Schulman, 1957). Sodyum karbonat dekahidratın zayıf flotasyon özelliği de bu şekilde arayüzeydeki su yapısını koruyan iyonların varlığı ile açıklanabilir.

Buna karşın, NaHCO_3 çözeltilerinin konsantrasyona bağlı yavaş değişimi ilgili iyonların suyun yapısını kısmen koruyan “zayıf su yapıcılar” hatta “hafif etkili su bozucular” olarak adlandırılmaları mümkündür. Kuvvetli flotasyon özellikleri sergileyen sodyum bikarbonatın davranışı da KCl, CsBr ve KNO_3 gibi suyun yapısını bozan ve bu sayede reaktiflerin yüzeylere kolay penetrasyonunu sağlayan iyonlarla aynı kapsama girmektedir. Bu bağlamda, sodyum karbonat, sodyum bikarbonat ve tronanin doygun çözeltileri ile çekilen FTIR spektrumları bu tuzların yüzebilirlikleri ile su yapıları arasında bir ilişki olduğunu açıkça göstermektedir. Ayrıca sodyum karbonat monohidrat ve sodyum karbonat dekahidrat (her ikisi de viskoziteleri yaklaşık aynı olan çözeltide yüzdürüldü) flotasyon davranışları termal kararlılığın önemini vurgulamaktadır. Monohidrat 40°C ve 109°C sıcaklıkları arasında kararlı olup flotasyon bu sıcaklık aralığında mümkündür. Fakat 40°C altında yüzmektedir. Sodyum karbonat dekahidrat 32°C 'nin altındaki sıcaklıklarda kararlı olup oda sıcaklığında pek yüzmekte ve yine 32°C 'nin üstündeki sıcaklıklarda yüzmektedir [Çelik, M.S., Miller, J.D., 2002].

Trona suda kolay çözünen mineral olduğu için flotasyon işlemi doygun çözelti ortamında yapılması gerekmektedir. Bunun için doygun çözelti hazırlama aşaması trona flotasyonunun en kritik ön işlemlerinden biridir. Flotasyon deneylerinde % 40 pülpde katı oranında hazırlanmış doygun çözelti kullanılmıştır. Hazırlanan pülp yaklaşık 2 gün Resim 3.3'deki pervaneli bir karıştırıcı ile oda sıcaklığında karıştırılmıştır. 2 gün sonrasında sistem durdurulup bir gün bekledikten sonra yüzeyde kristaller gözlenmiştir, bu da çözeltinin hazır olduğunu göstermektedir. Daha sonra bu çözelti filtre edilmiş ve elde edilen doygun berrak çözelti flotasyon deneyleri için kullanılmıştır.

Deneyler, Beypazarı tronası için $-1+0.150$ mm, Kazan tronası için $-0.5+0.038$ mm tane boyutlu numuneler kullanılarak yapılmıştır. -0.150 mm tane boyutlu Beypazarı trona ürünü doygun çözelti hazırlanmasında kullanılmıştır. Deneylerde kollektör olarak primer amin olan DAH (dodesilamin hidroklorür) ve bunun yanı sıra gazyağı kullanılmıştır. Daha sonra belli miktarlarda seçilen DAH ve gazyağı bir beher içerisinde 2 dakika karıştırılarak yağ-kollektör emülsiyonun yeterli olması sağlanmıştır. 160 gr trona ve belli bir miktarda doygun trona çözeltisi bu emülsiyonla 2.5 dakika boyunca kıvamlandırıldıktan sonra flotasyon hücresine alınmıştır. Emülsiyon hazırlama ve kıvamlandırma işleminde Şekil 3.10'daki Fisher Scientific marka, 143 model karıştırıcıdan yararlanılmıştır. Karıştırma sonrası hemen doygun çözelti ilave edilmiş flotasyon hücresine alınmış ve kondisyona gerek duymadan hemen hava verilerek flotasyona başlanmıştır.



Şekil 3.15 Flotasyon Akım Şeması

3.3.2. Manyetik Ayırma Yöntemi

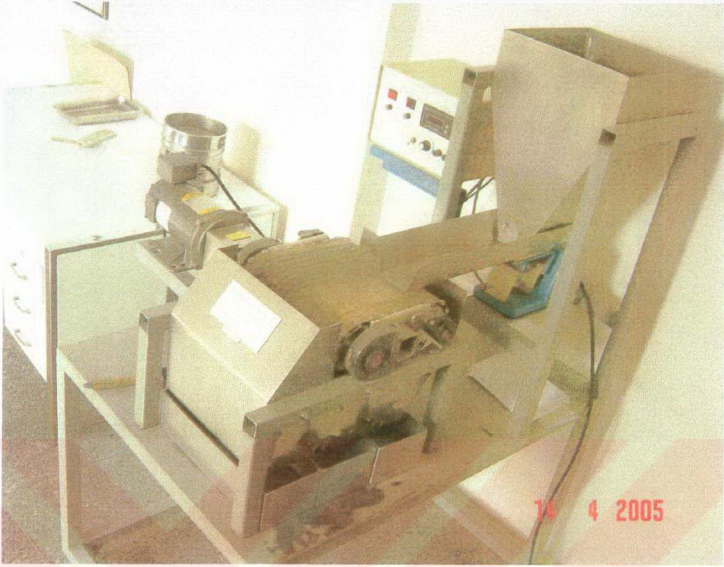
Manyetik ayırma, cevher içerisinde bulunan veya sonradan karışmış olan kuvvetli, orta ve zayıf manyetik özellik gösteren minerallerin zenginleştirilmesinde kullanılan yöntemidir.

Manyetik ayırıcılar, boyca ve ağırlıkça oldukça iri parçaları ayırmada kullanabildiği gibi, çok ince parçaların ayrılmasında da kullanılırlar. Ayrılması istenen mineralin manyetik özelliğine bağlı olarak uygulanan alan şiddetine göre düşük veya yüksek alan şiddetli olarak sınıflandırılan manyetik ayırıcılar, ayırma tane boyuna göre yaş veya kuru olarak çalışırlar.

Doğada bulunan minerallerin hepsi biri birinden farklı manyetik özellik gösterirler. Manyetik özelliği açısından diamanyetik (çok zayıf manyetik özellik gösteren), paramanyetik (orta manyetik özellik gösteren) ve ferromanyetik (çok kuvvetli manyetik özellik gösteren) mineraller olarak ayrılırlar. Manyetik ayırma, mineral tanelerinin üç farklı kuvvetin etkisi altında biri birinden ayıran fiziksel bir ayırma yöntemidir. Bu kuvvetler sırası ile şunlardır:

1. Manyetik kuvvetler,
2. Yer çekimi, merkezkaç, sürtünme ve atalet kuvvetleri,
3. Parçacıklar arası itici veya çekici elektrostatik kuvvetler.

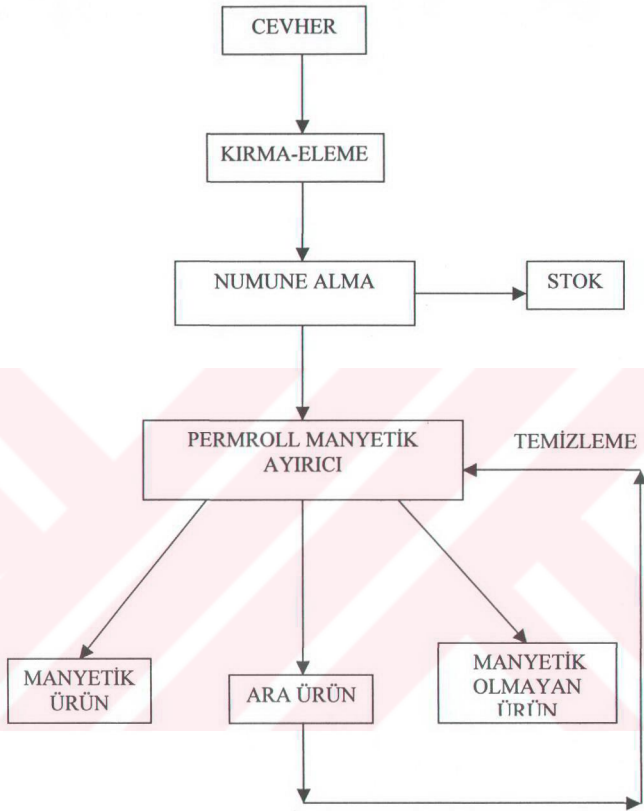
Manyetik ayırıcılar, manyetik alan ve kullanım ortamına bağlı olarak dört ana gruba ayrılırlar. Uygulanan alan şiddetine göre düşük ya da yüksek alan şiddetli olarak adlandırılan manyetik ayırıcıları ortamın hava olması durumunda kuru, su olması durumunda ise yaş manyetik ayırıcılar olarak sınıflandırılırlar. Bir manyetik ayırıcıda uygulanan manyetik alan, 2000 gauss'un altında ise düşük alan, 10 000-20 000 gauss arasındaysa yüksek alan olarak kabul edilir [Hopstock, D.M., 1985]. Düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılar ferromanyetik maddelerin, örneğin manyetit, kazanımı için kullanılırken; yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar zayıf manyetik özellik gösteren minerallerin, örneğin hematit, ayrılmasında kullanılırlar. Eğer ayırmanın tane boyutu iri ise kuru, ince ise yaş ayırma tercih edilir [Önal ve Ateşok., 1994].



Şekil 3.16 Bu çalışmada Kullanılan Yüksek ve Düşük Alan Şiddetli Permroll Manyetik Ayırıcısı

Beypazarı ve Kazan trona numuneleri, Şekil 3.13'deki Permroll manyetik ayırıcıya tabi tutularak ön zenginleştirme çalışmaları yapılmıştır. Bununla, flotasyona daha temiz malzeme besleme yapılması hedeflenmiştir.

Manyetik ayırım deney çalışmalarından, manyetik olmayan, ara ürün ve manyetik olmak üzere 3 ürün alınmaktadır. Alınan her ürünün empürite analizi yapılarak değerlendirmeleri yapılmıştır. Manyetik ayırmanın şematik gösterimi Şekil 3.14'de gösterilmektedir.



Şekil 3.17 Manyetik Zenginleştirme Akım Şeması

4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

4.1. Bepazarı Trona Flotasyon Deneyleri

Flotasyon yöntemiyle zenginleştirilecek trona cevheri, Bepazarı maden yatağından temin edilmiştir. Cevherin trona içeriği % 95,92 olarak bulunmuştur. Doygun çözelti hazırlanmasında aynı trona malzemesinden kullanılmıştır. Bütün deneyler için aynı tane aralığında (-1.0+0.15) mm, ve aynı miktarda (160 gr) trona numunesi kullanılmıştır. Deney numunesinin içeriği yüksek olduğundan ve taneler üzerindeki kilin flotasyonu etkilemeyeceği düşüncesiyle yaş yıkama ile kil arındırma işlemi yapılmamıştır.

Daha önce yapılan flotasyon çalışmaların, PKO'nun flotasyon verimine etkisi incelenmiş ve optimum besleme miktarın 160 gr olarak tespit edilmiştir, ayrıca empüriteleri yüzdürmek için DAH/Gazyağı (%1'lik DAH çözeltisi (40 ml) ve 4 g gazyağı) ile yapılmıştır. Emülsiyon hazırlama süresi olan 2 dakikanın yeterli olduğu ve emülsiyon karıştırma hızının yüksek torkta 260 dev/saniye'nin optimum olduğu belirlenmiştir [Cevelek, M., 2002]. Flotasyon süresi de 3 dakika olarak alınmıştır. Önceki deneysel çalışmalarda flotasyon öncesi kıvamlandırma DAH+Gazyağı ile yapıldığında empüritelerin yüzmediği görülmüş ve bunun üzerine kıvamlandırmaya ek olarak doymuş trona çözeltisi ilave ederek empüritelerin yüzdürülmesi sağlanmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalarda trona gibi doymuş çözelti kullanan sistemlerde flotasyon öncesi kıvamlandırma işleminin kritik olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle kıvamlandırmayı etki eden parametreler daha detaylı çalışılmıştır. Bu çerçevede, flotasyon verimine etki eden parametreleri araştırmak için kıvamlandırmadaki katı-sıvı oranından başlanmıştır.

4.1.1. Kıvamlandırmada PKO'nın Flotasyona Etkisi

Trona flotasyonunda hedef empüriteleri yüzdürürken tronanın mümkün mertebe köpüğe az karışmasını sağlamaktır. Bu ön şartı yerine getirmek için optimum emülsiyon formülasyonu araştırılmıştır.

Flotasyon şartları:

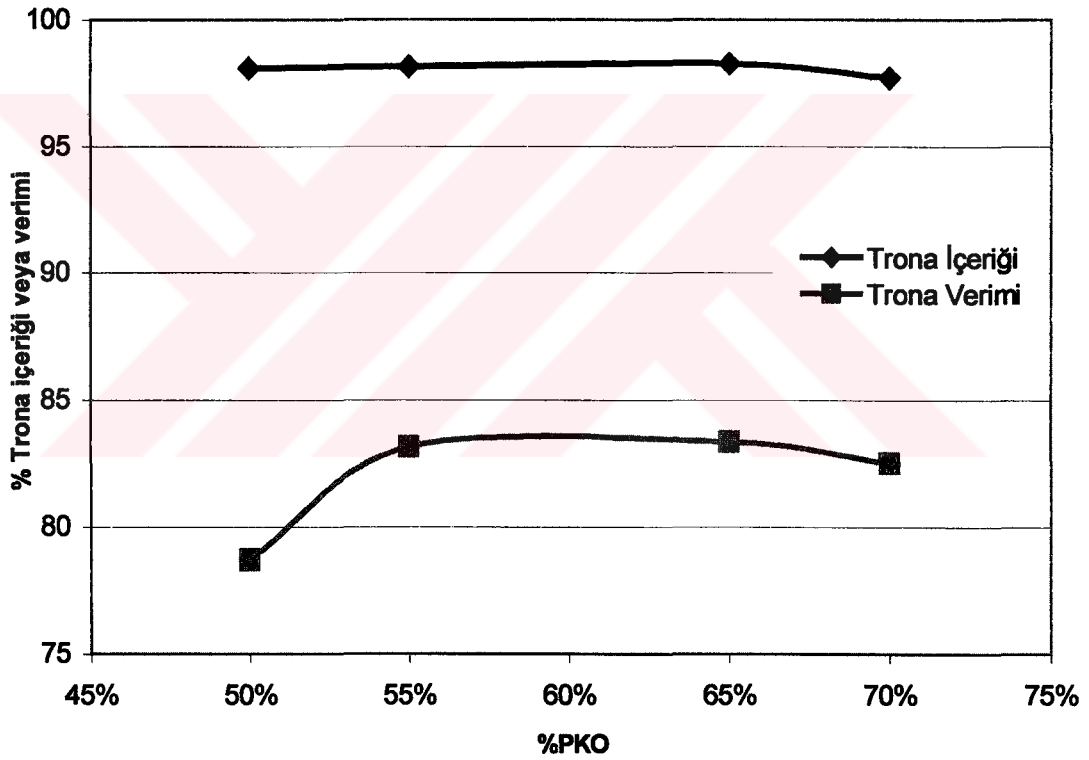
% PKO	: Değişken
DAH Miktarı	: 250 kg/ton
Gazyağı Miktarı	: 25 kg/ton
Emülsiyon Hazırlama Süresi	: 2 dak
Kıvamlandırma Süresi	: 2,5 dak
Flotasyon Süresi	: 3 dak
Emülsiyon Karıştırma Hızı	: 260 dev/dak
Flotasyon Karıştırma Hızı	: 1300 dev/dak
pH	: 10.7 (doğal)

Tablo 4.1 PKO'na Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi

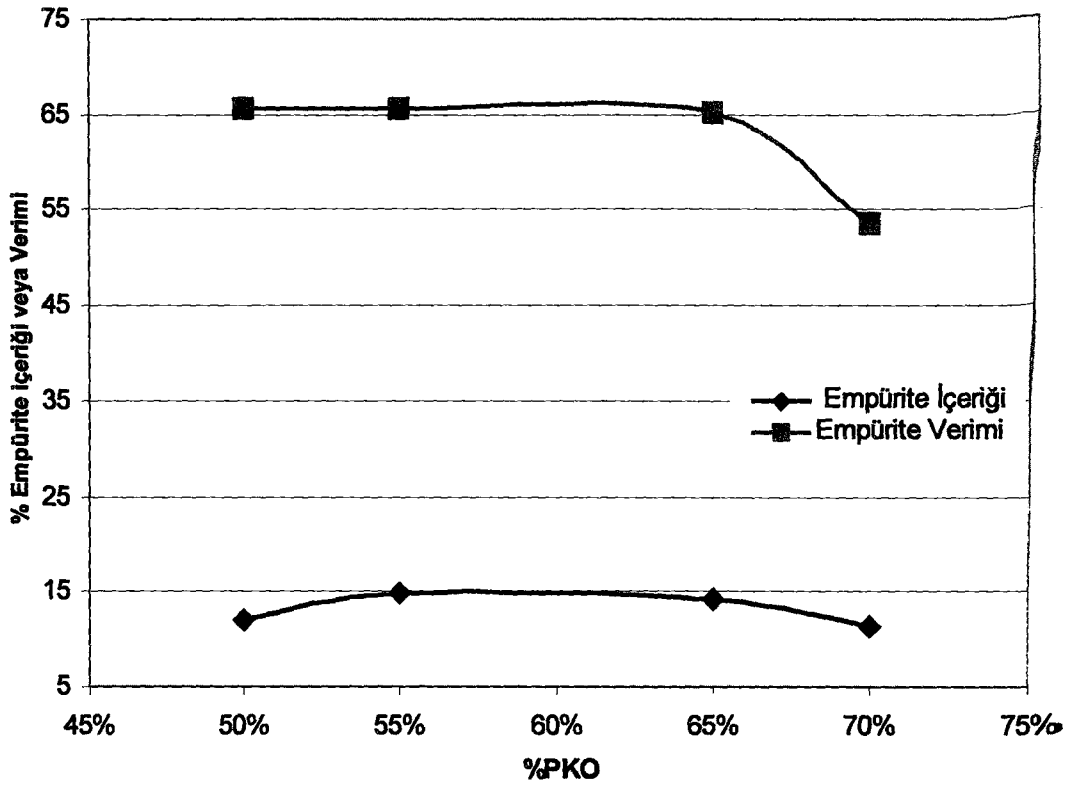
PKO %	Ürünler	Miktar, %	Trona, %	Empürite İçeriği, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
% 50	Batan	76,83	98,1	1,9	78,71	34,41
	Yüzen	23,17	87,97	12	21,29	65,59
	Beslenen	100	95,75	4,25	100	100
% 55	Batan	81,03	98,16	1,84	83,13	34,44
	Yüzen	18,98	85,08	14,9	16,87	65,56
	Beslenen	100	95,68	4,32	100	100
% 65	Batan	81,38	98,28	1,72	83,34	34,78
	Yüzen	18,62	85,9	14,1	16,66	65,22
	Beslenen	100	95,98	4,03	100	100
% 70	Batan	81,06	97,73	2,27	82,5	46,38
	Yüzen	18,94	88,75	11,3	17,5	53,62
	Beslenen	100	96,03	3,98	100	100

Trona flotasyonunda empüritelerin yüzdürülmesi için iyi bir kıvamlandırma sağlanması gerekmektedir. Ancak, DAH, gazyağı ve katıdan oluşan kıvamlandırma empüritelerin yüzdürülmesinde pek etkili olmadığı bulunmuştur. Kıvamlandırmaya ek olarak doygun çözelti ilave edildiği zaman empüritelerin yüzmeye başladığı gözlemlenmiştir. Doygun çözelti ilavesinin önemli olduğundan yola çıkarak doygun

trona çözeltisi miktarının tespiti için katı-sıvı oranına bağlı olarak deneyler yapılmıştır. Belirli PKO'larında yapılan deney sonuçları Tablo 4.1 ve Şekil 4.1'de görülmektedir. En temiz konsantre içeriği (batan ürün) %65 PKO'nda %98,28'e çıkmaktadır. Yüzen ürünün empüritesi (artık) Tablo 4.1. ve Şekil 4.2'de de görüldüğü gibi, en yüksek seviyesine %55 PKO'nda %14,9 trona içeriğine ulaşmaktadır. %65 PKO'nda yüzenin empürite içeriği ise % 14,1'e çıkmıştır. Yani %55 ve %65 PKO'ndaki yüzenin empüritelerinde çok az bir fark gözükmemektedir. Konsantre ve artık verimi %65 PKO'nda diğerlerine göre yüksek seviyelerde seyretmektedir. Bu nedenle bundan sonraki deneylere %65 PKO sabit tutularak devam edilmiştir.



Şekil 4.1 PKO Oranına Göre Batan Üründe Trona İçerik ve Verim Eğrileri



Şekil 4.2 PKO Oranına Göre Yüzen Üründe Empürite İçerik ve Verim Eğrileri

4.1.2. DAH Miktarının Flotasyona Etkisi

Flotasyonda konsantre içeriğini iyileştirmek için en önemli parametrelerden birisi kollektör konsantrasyonunun ayarlanmasıdır.

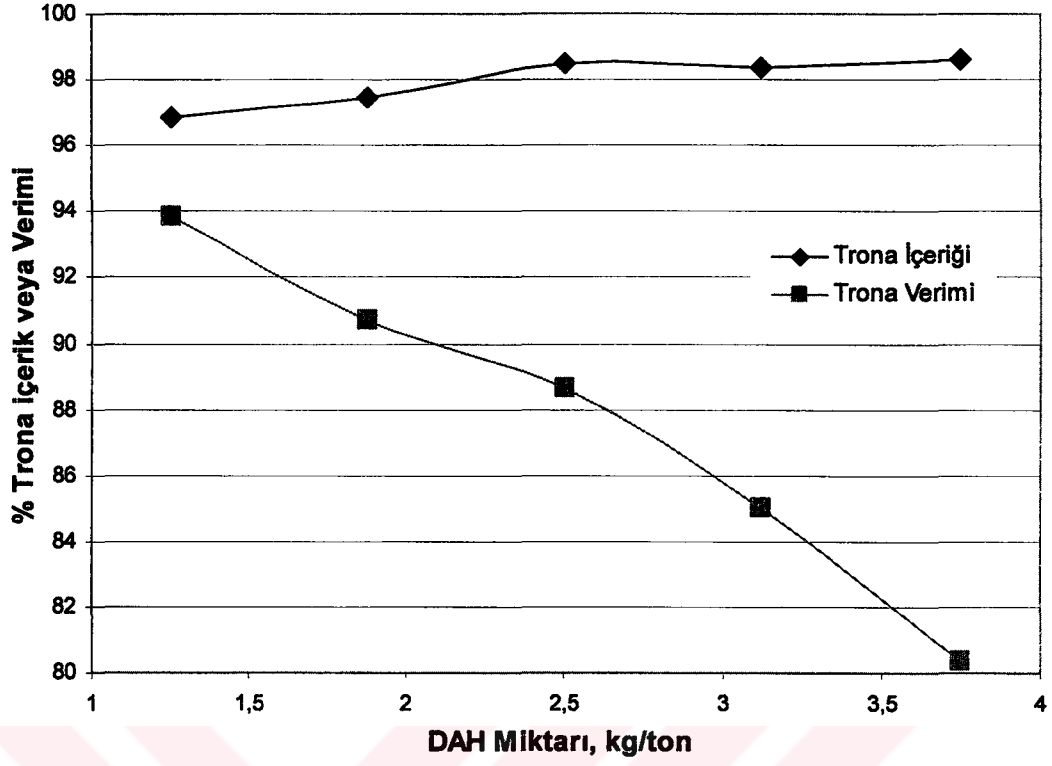
Flotasyon Şartları:

DAH Miktarı	: Değişken
Gazyağı Miktarı	: 25 kg/ton
% PKO	: %65
Emülsiyon Hazırlama Süresi	: 2 dak
Kıvamlandırma Süresi	: 2,5 dak
Flotasyon Süresi	: 3 dak
Emülsiyon Karıştırma Hızı	: 260 dev/dak
Flotasyon Karıştırma Hızı	: 1300 dev/dak
pH	: 10.7

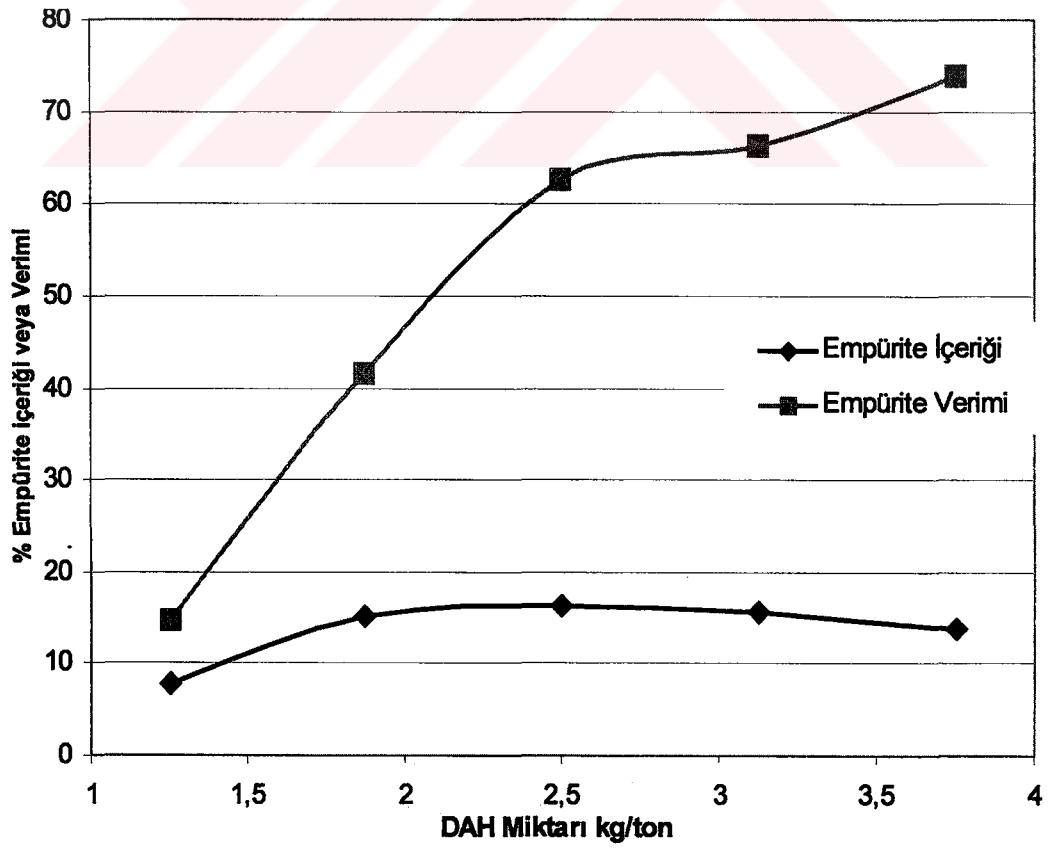
Tablo 4.2 DAH Miktarına Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi

DAH Miktarı, kg/ton	Ürünler	Ağ, %	Trona, %	Empürite İçeriği, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
1,25	Batan	93,51	96,84	3,16	93,81	85,23
	Yüzen	6,488	92,1	7,9	6,19	14,77
	Beslenen	100	96,53	3,47	100	100
187,5	Batan	89,43	97,48	2,52	90,68	58,41
	Yüzen	10,57	84,8	15,2	9,323	41,59
	Beslenen	100	96,14	3,86	100	100
250	Batan	86,88	98,52	1,48	88,64	37,45
	Yüzen	13,12	83,61	16,4	11,36	62,55
	Beslenen	100	96,56	3,44	100	100
312,5	Batan	82,92	98,36	1,64	84,99	33,69
	Yüzen	17,08	84,3	15,7	15,01	66,31
	Beslenen	100	95,96	4,04	100	100
375	Batan	78,16	98,62	1,38	80,37	26,3
	Yüzen	21,84	86,2	13,8	19,63	73,7
	Beslenen	100	95,91	4,09	100	100

Konsantre tenörünü daha da yükseltmek için konsantrede kalmış empüriteleri de yüzdürmek gerekmektedir. Flotasyonda silikat, karbonat ve kil içeren empüritelerin yoğun bir ortamda yüzdürülmesi için kolektör miktarının değişimi incelenmiştir. DAH miktarına göre yapılan deney sonuçları Tablo 4.2’de, yüzen ve batan ürünlerin trona ve empürite eğrileri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmektedir. En saf konsantreler 2,50 ve 3,75 kg/ton’luk DAH’ta, %98,52 ve %98,62’lik trona içerikleri ile elde edilmektedir. 3,75 kg/ton’luk DAH miktarında konsantre tenörü en yüksek görüldüğü halde verimi 2,50 kg/ton DAH konsantre içeriğine göre %8,27’lik düşüş göstermektedir. Konsantrelerdeki %0,1’lik içerik farkının %8,27’lik verim farkı yanında etkili olmadığı kararına varılmıştır. Uygun görülen DAH miktarı 2,50 kg/ton olarak seçilmiştir.



Şekil 4.3 DAH Miktarına Göre Batan Üründe Trona İçerik ve Verim Eğrileri



Şekil 4.4 DAH Miktarına Göre Yüzen Üründe Empürite İçerik ve Verim Eğrileri

4.1.3. Gazyağı Miktarının Flotasyona Etkisi

Flotasyon Şartları:

Gazyağı Miktarı	: Değişken
DAH Miktarı	: 250 kg/ton
% PKO	: %65
Emülsiyon Hazırlama Süresi	: 2 dak
Kıvamlandırma Süresi	: 2,5 dak
Flotasyon Süresi	: 3 dak
Emülsiyon Karıştırma Hızı	: 260 dev/san
Flotasyon Karıştırma Hızı	: 1300 dev/dak
pH	: 10.7

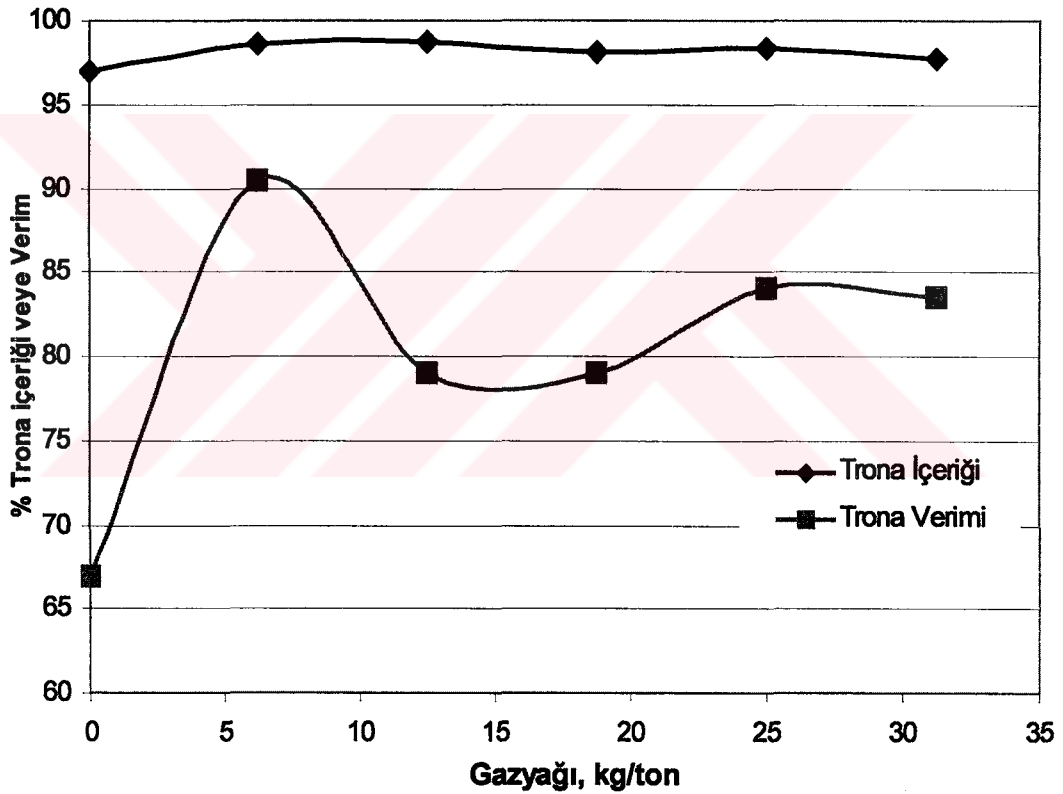
Tablo 4.3 Gazyağı Miktarına Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi

Gazyağı Miktarı, kg/ton	Ürünler	Ağ, %	Trona, %	Empürite İçeriği, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
0	Batan	66,20	96,97	3,03	66,9	50,00
	Yüzten	33,80	94,10	5,90	33,1	50,00
	Beslenen	100	95,99	4,01	100	100
6,25	Batan	88,29	98,67	1,33	90,5	31,39
	Yüzten	11,71	78,07	21,9	9,50	68,61
	Beslenen	100	96,26	3,74	100	100
12,5	Batan	76,80	98,75	1,25	79,00	24,00
	Yüzten	23,20	86,80	13,20	21,00	76,00
	Beslenen	100	95,97	4,03	100	100
18,75	Batan	77,20	98,12	1,88	79,00	35,14
	Yüzten	22,80	88,30	11,70	21,00	64,86
	Beslenen	100	95,87	4,13	100	100
25	Batan	82,10	98,36	1,64	84,00	34,70
	Yüzten	17,90	85,90	14,10	16,00	65,30
	Beslenen	100	96,12	3,88	100	100
31,25	Batan	81,70	97,70	2,3	83,50	42,80
	Yüzten	18,30	86,30	13,7	16,50	57,20
	Beslenen	100	95,61	4,39	100	100

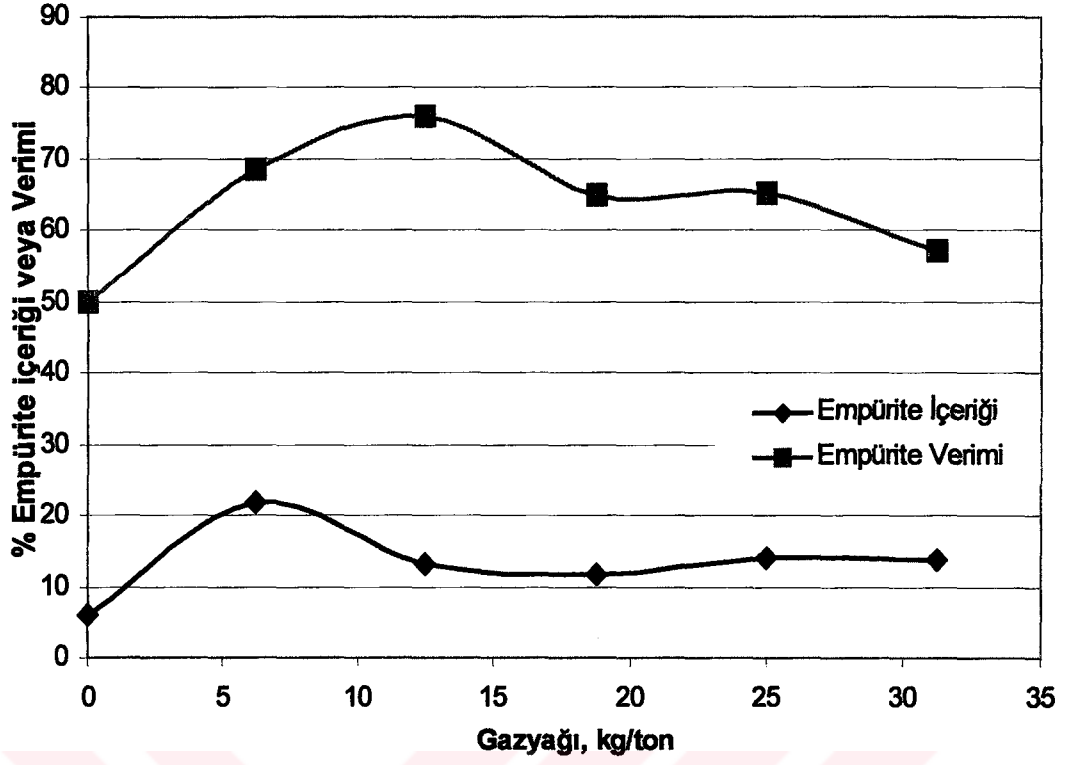
Kollektör ve gaz yağından oluşan emülsiyon, empüritelerin yüzdürmesinde önemlidir. İyi bir emülsiyonu oluşturmak için DAH ve gazyağı oranlarının optimum olması gereklidir. Ayrıca emülsiyonun karıştırma hızının da optimizasyonu prosenin

başarısı açısından kritik öneme haizdir. Daha önce yapılan çalışmalarda optimum emülsiyon karıştırma hızın yüksek torkta 260 dev/san olarak belirlenmiştir [Civelek, M., 2002]. Çeşitli gazyağı miktarlarında yapılan flotasyon deney sonuçları Tablo 4.3'de ve Şekil 4.5, Şekil 4.6'da batan ve yüzen ürünlerinin trona ve empürite eğrileri verilmiştir.

Gazyağının 6,25 ve 12,5 kg/ton olarak kullanıldığı durumlarda en saf konsantreler elde edilmektedir. Ancak 12,5 kg/ton gazyağı kullanımındaki konsantre veriminde 6.15 kg/ton gazyağı kullanımındaki konsantre verimine göre % 11,5'lik düşüş elde edilmiştir. Burada empürite giderme verimi açısından optimum gazyağı miktarı 6,25 kg/ton olarak alınmıştır.



Şekil 4.5 Gazyağı Miktarına Göre Batan Üründe Trona İçerik ve Verim Eğrileri



Şekil 4.6 Gazyağı Miktarına Göre Yüzen Üründe Empürte İçerik ve Verim Eğrileri

4.1.4. Flotasyon Süresinin Etkisi

Flotasyon şartları:

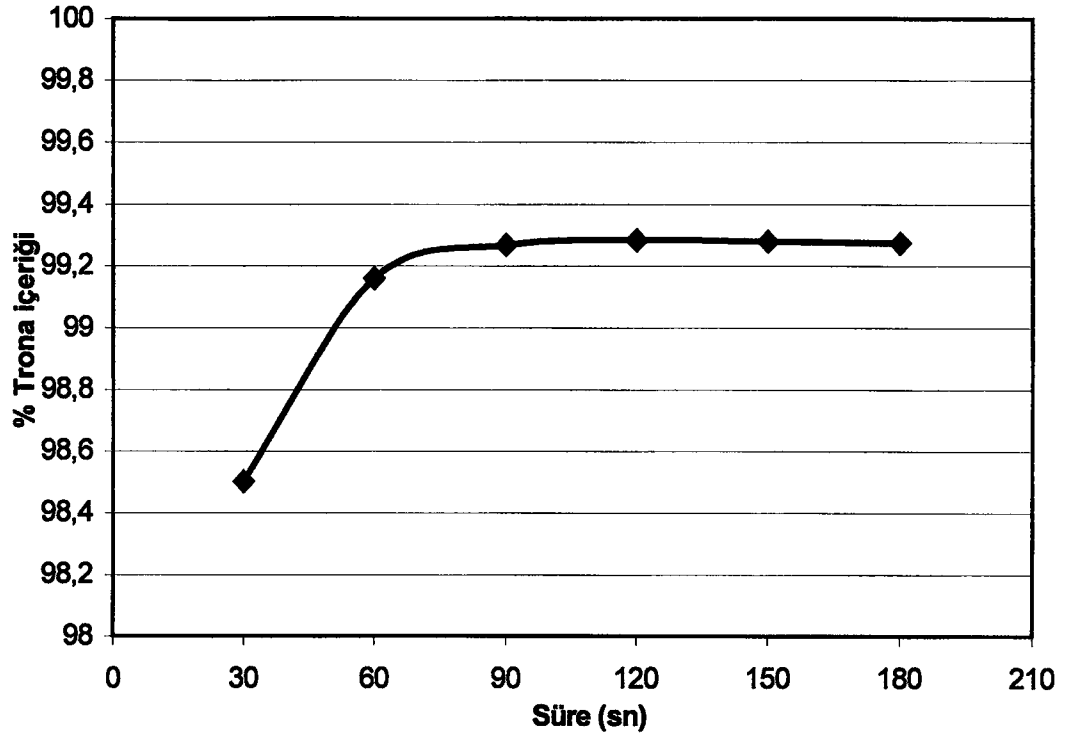
Flotasyon Süresi	: Değişken
Gazyağı Miktarı	: 6,25 kg/ton
DAH Miktarı	: 250 kg/ton
% PKO	: %65
Emülsiyon Hazırlama Süresi	: 2 dak
Kıvamlandırma Süresi	: 2,5 dak
Flotasyon Süresi	: 3 dak
Emülsiyon Karıştırma Hızı	: 260 dev/san
Flotasyon Karıştırma Hızı	: 1300 dev/dak
pH	: 10.7(Doğal)

Tablo 4.4 Flotasyon Süresine Bağlı Olarak Trona Konsantresinin Değişimi

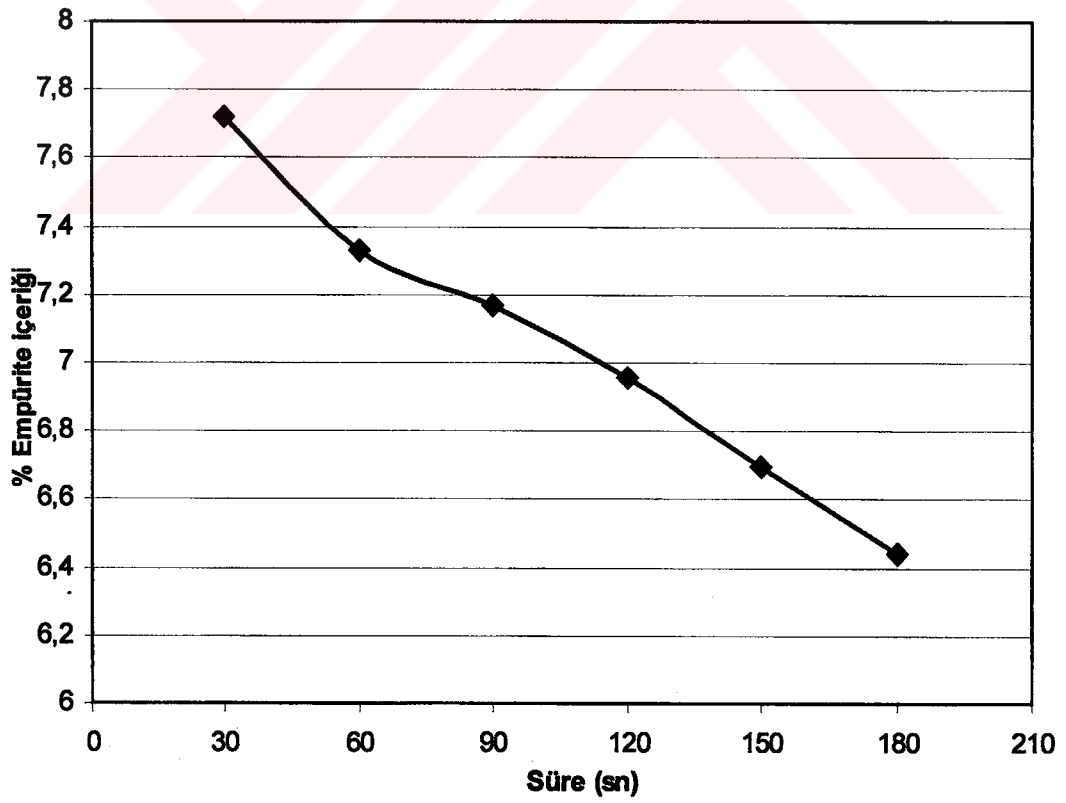
Süre, saniye	Ürünler	Ağ, %	Trona, %	Empürite İçeriği, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
30	Batan	83,1	98,5	1,5	83,98	48,77
	Yüzen	16,9	92,28	7,72	16,02	51,23
	Beslenen	100	97,45	2,55	100	100
60	Batan	73,7	99,16	0,84	74,95	24,26
	Yüzen	26,3	92,67	7,33	25,05	75,74
	Beslenen	100	97,45	2,55	100	100
90	Batan	71,7	99,27	0,73	73,08	20,59
	Yüzen	28,3	92,83	7,17	26,92	79,41
	Beslenen	100	97,45	2,55	100	100
120	Batan	70,6	99,28	0,72	71,95	19,85
	Yüzen	29,4	93,04	6,96	28,05	80,15
	Beslenen	100	97,45	2,55	100	100
150	Batan	69,4	99,28	0,72	70,68	19,61
	Yüzen	30,6	93,3	6,7	29,32	80,39
	Beslenen	100	97,45	2,55	100	100
180	Batan	68,1	99,27	0,73	69,35	19,36
	Yüzen	31,9	93,56	6,44	30,65	80,64
	Beslenen	100	97,45	2,55	100	100

Empüritelerin yüzdürülmesinde flotasyon süresi arttıkça trona kaybının artışı bilinmektedir [Cevelek, M., 2002]. Optimum flotasyon süresini belirlemek için toplam 180 saniye olmak üzere her 30 saniyede yüzenden ürünler alınmış ve Tablo 4.4'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 4.7'deki süre arttıkça, konsantredeki trona tenörünün % 99,2'ye kadar dike yakın şekilde hızla yükseldiği görülmektedir. Bu seviyeden 120 saniyelere çıktıkça konsantre tenörü yükselmiş ardından yavaşlamış ve 120 saniyede konsantre pik noktasına çıkmıştır. 120 saniyeden 180 saniyelere gittikçe konsantrenin trona içeriğinde bir miktar düşüş elde edilmiştir. Şekil 4.8'de verilen yüzen üründe ise, süre arttıkça empürite yüzdesinin sabit bir şekilde düştüğü görülmektedir. Bu şartlarda, flotasyon süresinin 90 saniye olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.7 Flotasyon Süresine Göre Batan Ürünün % Trona İçerik Değişimi



Şekil 4.8 Flotasyon Süresine Göre Yüzen Ürünün % Empürite İçerik Değişimi

4.2. Kazan Tronasının Flotasyon Davranışı

Kazan tronasının tenör bakımından Beypazarı tronasına göre çok düşük olması flotasyon tekniği açısından daha ilginç bir konudur. Kazan trona numunesinin trona içeriği ortalama % 55 civarlarındadır. Bu çalışmada kullanılan numune sondaj karotundan alındığından dolayı sondaj çamurunun ve kendi bünyesindeki empüritesinden dolayı oldukça killi bir görünüş arz etmektedir. Bu yüzden tanelere yapışan killerin flotasyon ortamında şlam etkisi göstererek reaktif tüketimini arttıracak ve viskoziteyi yükselteceği düşüncesiyle zenginleştirme verimini yükseltmek için, numune doygun çözeltide yaş olarak elemenden geçirilmiştir. Deneyde Beypazarı tronasından hazırlanan doygun çözelti kullanılmıştır.

Deneylerde Beypazarı trona flotasyon deney şartları göz önünde bulundurularak, DAH miktarı hariç bütün parametre koşulları aynı tutulmuştur.

Numune $-0,5+0,212$ mm ve $-0,212+0,038$ mm olmak üzere iki ayrı boyut grubuna ayrılmıştır. Her bir boyut grubunun flotasyon davranışı ayrı olarak ele alınmıştır.

4.2.1. $(-0.5+0.212)$ mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Bağlı Flotasyon Davranışı

Flotasyon şartları:

DAH Miktarı	: Değişken
Gazyağı Miktarı	: 6,25 kg/ton
% PKO	: %65
Emülsiyon Hazırlama Süresi	: 2 dak
Kıvamlandırma Süresi	: 2.5 dak
Flotasyon Süresi	: 2.5 dak
Emülsiyon Karıştırma Hızı	: 260 dev/dak (yüksek torkta)
Flotasyon Karıştırma Hızı	: 1300 dev/dak
pH	: 10.7 (doğal)

Tablo 4.5 (-0.5+0.212) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Bağlı İçerik ve Verim Değişimleri

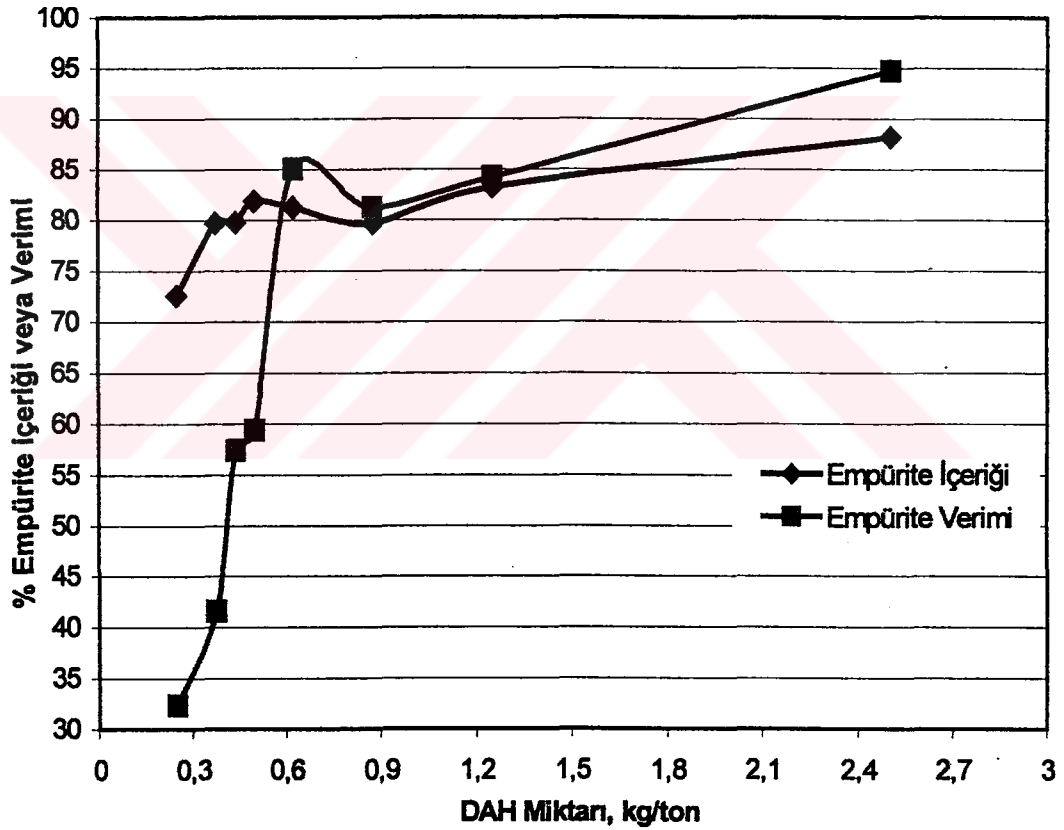
DAH Miktarı, kg/ton	Ürünler	Ağ, %	Trona, %	Empürite İçeriği, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
0,25	Batan	77,25	55,26	44,74	87,26	67,66
	Yüzen	22,75	27,39	72,61	12,74	32,34
	Beslenen	100	48,92	51,08	100	100
0,375	Batan	72,54	57,58	42,42	88,26	58,42
	Yüzen	27,46	20,24	79,76	11,74	41,58
	Beslenen	100	47,33	52,68	100	100
0,4375	Batan	62,69	64,75	35,25	84,34	42,6
	Yüzen	37,31	20,2	79,8	15,66	57,4
	Beslenen	100	48,13	51,88	100	100
0,5	Batan	62,08	65,77	34,23	85,59	40,64
	Yüzen	37,92	18,13	81,87	14,41	59,36
	Beslenen	100	47,71	52,29	100	100
0,625	Batan	44,38	82,08	17,92	77,75	14,96
	Yüzen	55,63	18,74	81,26	22,25	85,04
	Beslenen	100	46,85	53,15	100	100
0,875	Batan	46,09	78,39	21,61	76,76	18,82
	Yüzen	53,91	20,29	79,71	23,24	81,18
	Beslenen	100	47,07	52,93	100	100
1,25	Batan	41,18	77,63	22,37	76,41	15,84
	Yüzen	58,83	16,78	83,22	23,59	84,16
	Beslenen	100	41,83	58,17	100	100
2,5	Batan	37,43	91,75	8,25	82,27	5,30
	Yüzen	62,58	11,83	88,17	17,73	94,70
	Beslenen	100	41,74	58,26	100	100

Beslenen trona içeriği çok düşük olduğundan dolayı kollektör konsantrasyonunun artırılmasıyla daha kaliteli bir ürün alınacağından yola çıkarak DAH konsantrasyonu değiştirilerek bir dizi flotasyon deneyleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.5’de sunulmaktadır.

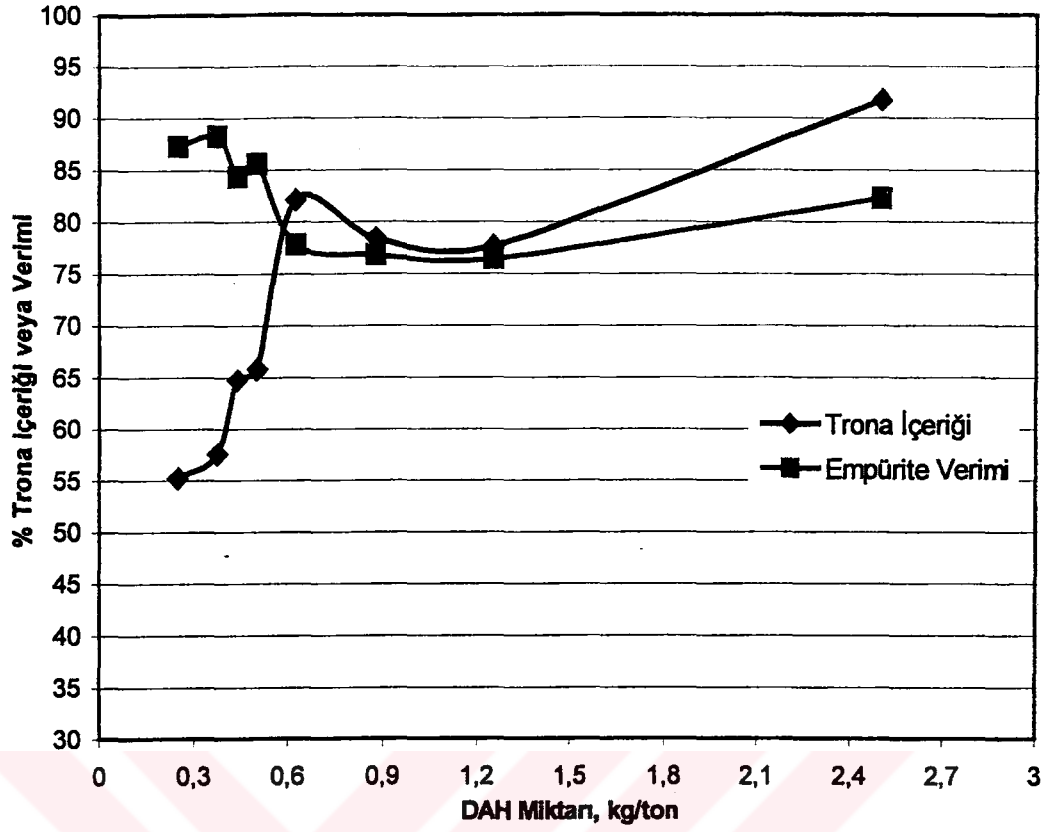
Şekil 4.9’da, 0,25 kg/ton’luk DAH konsantrasyonundan başlayan deneylerde DAH konsantrasyonu yükseldikçe yüzen üründe empürite miktarının hızla arttığı bulunmuştur. Ancak 0,5 kg/ton’luk DAH’tan itibaren 0,875 kg/ton’luk DAH’a kadar yüzen üründeki empürite miktarında % 2,16’lık düşüş görülmektedir. Bundan sonraki DAH artışlarında yüzende empürite miktarı 2,5 kg/ton’luk DAH’a kadar

artmaya devam etmektedir. Verimlere bakıldığında da, yüzende empürite verimi 0,25-0,625 kg/ton DAH aralığında hızlı bir artış gözükmemektedir. Ancak, 0,625-0,875 kg/ton DAH aralığında ise verimler yaklaşık % 4'lük düşmüş. 2,5 kg/ton DAH'a kadar empürite verimi tekrar yükselmiştir. Empürite uzaklaştırma açısından en iyi sonuc 2,5 kg/ton'luk DAH konsantrasyonunda elde edilmesine rağmen bu DAH konsantrasyonunda trona konsantresi hem miktar hem de verim açısından tatminkar değildir. Ancak yüzen ürünün tekrar temizlemeye tabi tutularak trona konsantresi ile birleştirilmesi ilginç bir yaklaşım olabilir.

Yüzendeki empüritenin uzaklaştırma durumu dikkate alındığında 2,5 kg/ton DAH ilavesi ile iyi sonuçların alınacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.9 (-0.5+0.212) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Yüzen Ürünün Empürite İçerik ve Empürite Verim Eğrileri



Şekil 4.10 (-0.5+0.212) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Batan Ürünün Trona İçerik ve Trona Verim Eğrileri

4.2.2. (-0.212+0.038) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Bağlı Flotasyon Davranışı

Flotasyon şartları:

DAH Miktarı	: Değişken
Gazyağı Miktarı	: 6,25 kg/ton
% PKO	: %65
Emülsiyon Hazırlama Süresi	: 2 dak
Kıvamlandırma Süresi	: 2.5 dak
Flotasyon Süresi	: 2.5 dak
Emülsiyon Karıştırma Hızı	: 260 dev/dak (yüksek torkta)
Flotasyon Karıştırma Hızı	: 1000 dev/dak
pH	: 10.7 (doğal)

Tablo 4.6 (-0.212+0.038) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Bağlı İçerik ve Verim Değişimleri

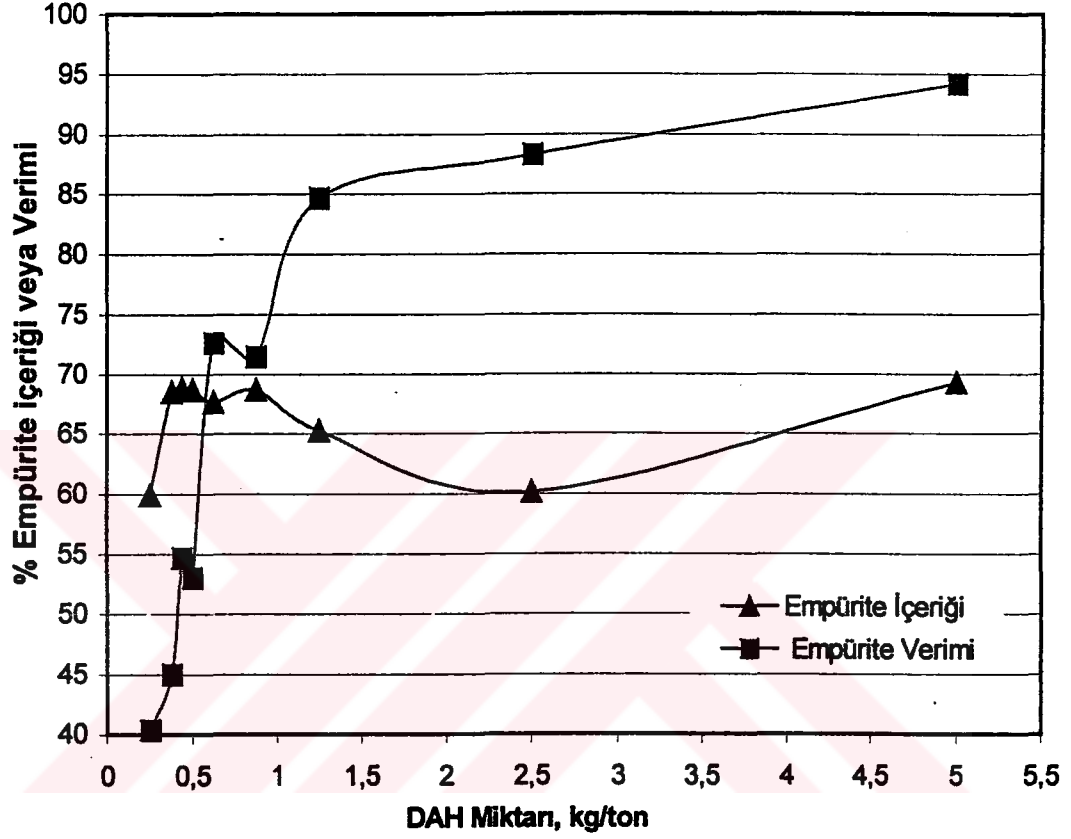
DAH Miktarı, kg/ton	Ürünler	Ağ, %	Trona, %	Empürite İçeriği, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
0,25	Batan	72,03	65,65	34,35	80,82	59,62
	Yüzen	27,98	40,1	59,9	19,18	40,38
	Beslenen	100	58,5	41,5	100	100
0,375	Batan	69,56	63,33	36,67	82,12	55,03
	Yüzen	30,44	31,52	68,48	17,88	44,97
	Beslenen	100	53,65	46,35	100	100
0,475	Batan	64,14	68,1	31,9	79,63	45,33
	Yüzen	35,86	31,17	68,83	20,37	54,67
	Beslenen	100	54,86	45,14	100	100
0,5	Batan	64,31	66,22	33,78	79,2	46,99
	Yüzen	35,69	31,33	68,67	20,8	53,01
	Beslenen	100	53,77	46,23	100	100
0,625	Batan	52,97	77,39	22,61	72,93	27,34
	Yüzen	47,03	32,35	67,65	27,07	72,66
	Beslenen	100	56,21	43,79	100	100
0,875	Batan	53,33	75,98	24,02	73,5	28,55
	Yüzen	46,67	31,3	68,7	26,5	71,45
	Beslenen	100	55,13	44,88	100	100
1,25	Batan	46,49	86,41	13,59	68,36	15,32
	Yüzen	53,51	34,75	65,25	31,64	84,68
	Beslenen	100	58,76	41,24	100	100
2,5	Batan	42,1	89	11	61,9	11,7
	Yüzen	57,9	39,9	60,1	38,1	88,3
	Beslenen	100	60,6	39,4	100	100
5	Batan	35,11	92,13	7,868	61,88	5,789
	Yüzen	64,89	30,72	69,28	38,12	94,21
	Beslenen	100	52,28	47,72	100	100

-0,212+0,038 mm boyutlu Kazan tronasıyla yapılan flotasyon deney sonuçları Tablo 4.6'da gösterilmektedir. Burada da, 0,25 kg/ton'luk DAH konsantrasyonuyla başlayan deneyler 5 kg/ton'luk DAH konsantrasyonuna kadar devam edilmiştir.

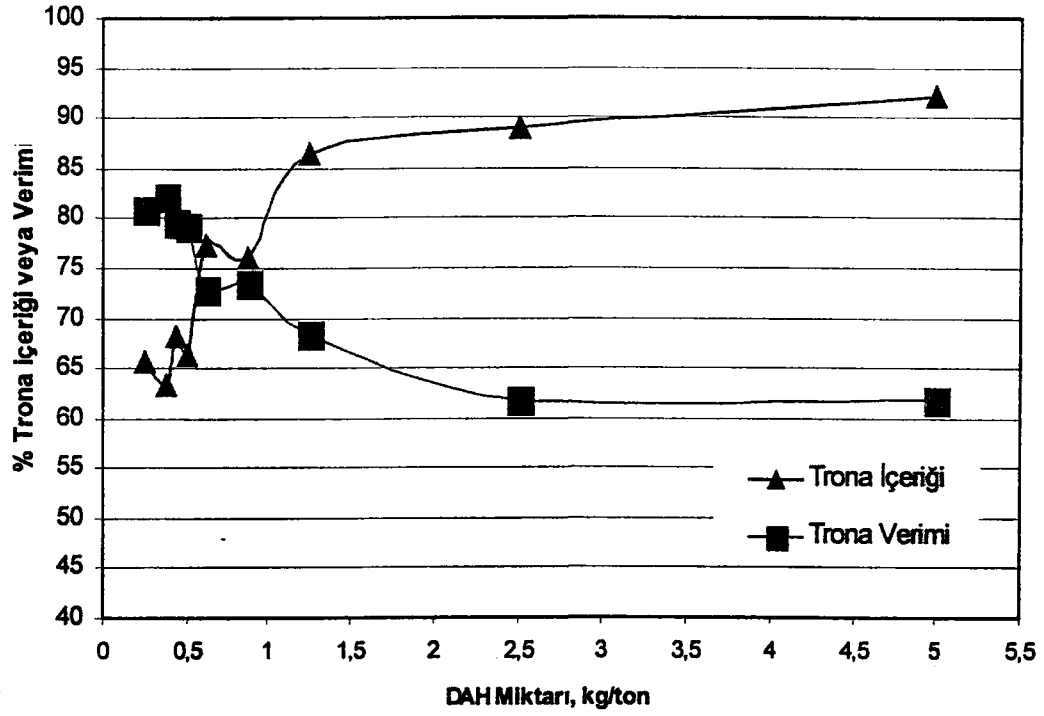
Tablo 4.6 ve Şekil 4.11'de görüldüğü gibi yüzen ürünün en yüksek empürite içeriği 5 kg/ton'luk DAH konsantrasyonunda % 94,21'lik empürite uzaklaştırma verimi ve % 69,28 empürite içeren bir yüzen ürün elde edilmiştir.

Tablo 4.6 ve Şekil 4.12’de benzer şekilde batan ürünün yani trona konsantresinin 5 kg/ton’luk DAH konsantrasyonunda trona içeriği % 92,13 olan bir trona konsantresi elde edilmiştir.

Kazan trona cevheriyle -0,5+0,212 mm ve -0,212+0,038 mm boyutlarında elde edilen flotasyon sonuçları kalite açısından ümit vaat etmektedir.



Şekil 4.11 (-0.212+0.038) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Yüzen Ürünün Empürite İçerik Verim Eğrileri



Şekil 4.12 (-0.212+0.038) mm Kazan Tronasının DAH Miktarına Göre Batan Ürünün Trona İçerik ve Verim Eğrileri

4.3. Manyetik Ayırma Deneyleri

Bey pazarı ve Kazan trona cevherlerinde gang minerali olarak manyetik empüritelerin olduğu bilinmektedir. Nitekim mineralojik karakterizasyon amaçlı yapılan manyetik ayırma deneylerinde oldukça farklı renkte ürünlerin elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu bulgulara dayanarak manyetik empüritelerin arındırılması amacıyla Bey pazarı ve Kazan trona numuneleri ile manyetik ön zenginleştirme deneylerine tabi tutulmuştur.

4.3.1. Bey pazarı Tronasının Manyetik Ayırma Deneyleri

Bey pazarı trona cevherinin içeriği % 95'tir. Geri kalan % 5'lik empürite pirit ise kil grubu mineraller, kuvars, feldspat, kömür, dolomit ve kalsitten oluşmaktadır. Empüritedeki manyetik özellik taşıyan gang mineralleri flotasyon öncesi ön zenginleştirme amacıyla manyetik ayırma deneyine tabi tutulmuş ve sonuçlar Tablo 4.7'de verilmektedir. Manyetik ayırma $-1+0.5$ ve $-0.5+0.212$ mm tane boyutlarına uygulanmıştır. Ayırma sonucunda, $-1+0.5$ mm boyut aralığında manyetik, ara ürün ve manyetik olmayan ürünleri elde edilirken, $-0.5+0.212$ mm boyut aralığında ise manyetik, ara ürün-1, ara ürün-2 ve manyetik olmayan ürünler elde edilmiştir.

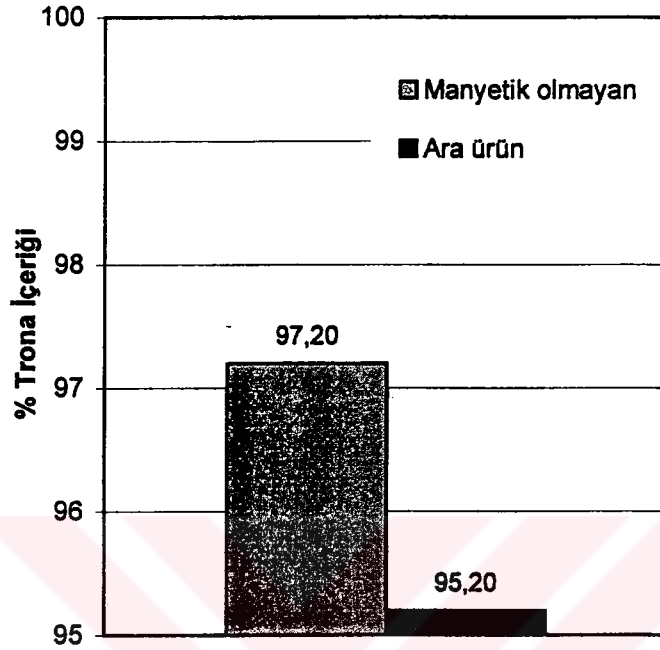
Tablo 4.7 Beypazarı Trona Cevherinin Manyetik Ayırma Deney Sonuçları

Permroll Ayarları	Boyut Aralığı, mm	Ürünler	Ağ, (%)	Trona, %	Empürite, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
99°/60° 101.5°/60°	-1+0,5	Manyetik	3,96	54,68	45,32	2,28	35,77
		Ara Ürün	26,6	95,2	4,80	26,64	25,44
		Manyetik Olmayan	69,5	97,2	2,8	71,08	38,78
		Besleme Malı	100	94,98	5,01	100	100
102,5°/60° 105°/60° 107,5°/60°	-0,5+0,212	Manyetik	7,41	76,6	23,4	5,97	34,75
		Ara Ürün-2	11,8	93,4	6,6	11,61	15,63
		Ara Ürün-1	17,8	96,01	3,99	17,99	14,25
		Manyetik Olmayan	63,0	97,2	2,8	64,43	35,36
		Besleme Malı	100	95,01	4,99	100	100

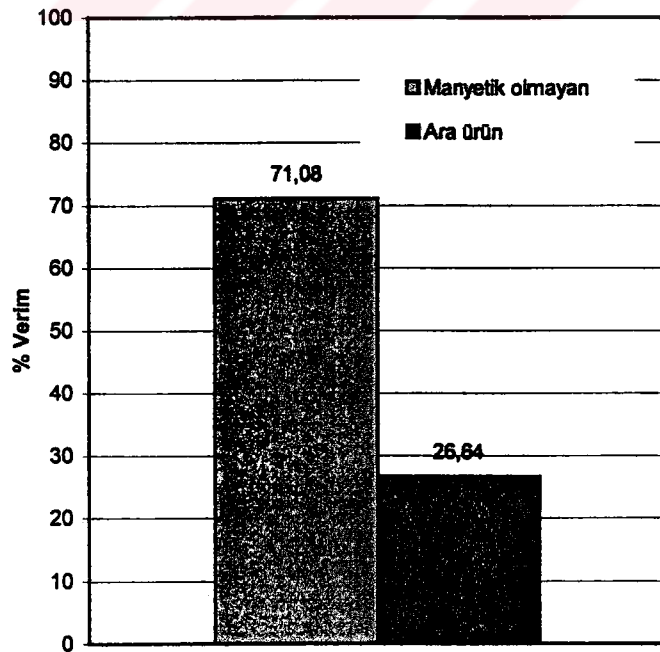
Permroll Manyetik ayırma cihazından aynı anda manyetik, ara ürün ve manyetik olmayan ürün alınabilmektedir (Şekil 3.14). -1+0,5 mm boyut aralığı için cihazın ürün ayırma bıçakları göz kararıyla en iyi ayırma açısı 99° soldan ve 60° sağdan ayarlanmıştır. 99°'den manyetik olmayan ve ara ürün alınırken, 60°'de ise manyetik ürün alınmıştır. Manyetik olmayan üründe neredeyse empürite olmadığı, ara üründe ise empüritelerin çok az olduğu gözlenmiştir. Ancak ara ürünün miktarı nerdeyse toplam ürünün yarısı kadar olduğu için tekrar temizlenmiştir. Temizlemede sol ayırım bıçağı 101.5°, sağ ayırım bıçağı ise yine 60°'ye ayarlanmıştır. Temizlemeden çıkan ürünler bir önceki kendi ürünlerine ilave edilmiştir. Sonuç olarak manyetik olmayan trona konsantresi % 94,98 %'den % 97,20'ye yükselmiştir. Verimler de % 71,08'e yükselmiştir. Ara ürünün trona konsantresi de % 95,5'ye yükselmiştir. Burada, manyetik olmayan ürün ve ara üründe yeterli bir zenginleşme görülmektedir. Bu boyut aralığı için, 101,5°/60° Permroll ayarları en optimum olarak kabul edilmiştir.

-0,5+0,212 mm boyut aralığındaki numunenin manyetik ayırma deneyleri ise 102,5°/60°, 105°/60°, 107,5°/60° bıçak ayarları ile yapılmıştır. 2 kez temizleme yapılarak manyetik olmayan, ara ürün-1, ara ürün-2 ve manyetik ürünler elde edilmiştir. Burada da manyetik olmayan üründe trona konsantresi % 95,01'den % 97,2'ye kadar yükselmiştir. Ara ürün-1 içeriğinde % 95,01'den %1'lik artışla % 96,01'e çıkmıştır. Ara ürün-2'de trona içeriğinin % 93,4'e düştüğü görülmektedir. Bu durumda manyetik olmayan ürün ile ara ürün-1'de kısmi zenginleşme gözükmemektedir.

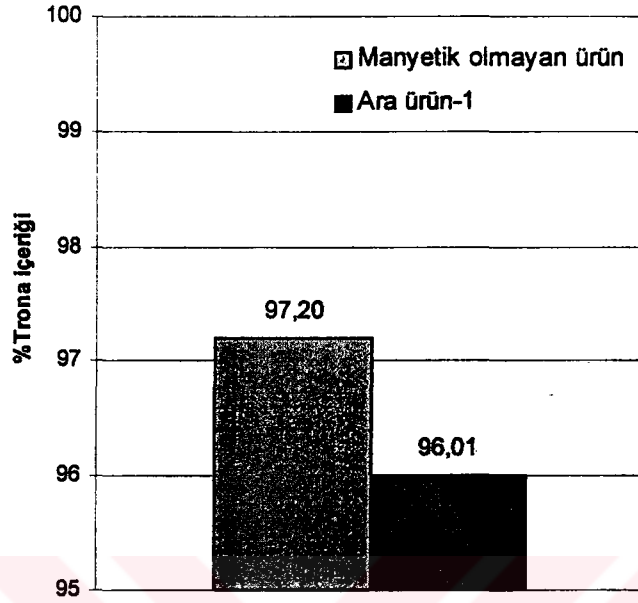
Bununla birlikte toplam miktarın % 7,41'ini teşkil eden manyetik üründe % 76,6 trona kaçağı bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre, $-1+0,5$ mm boyut aralığındaki malzemenin $101,5^0/60^0$ Permroll ayarlarında zenginleştirilmesi öngörülmektedir.



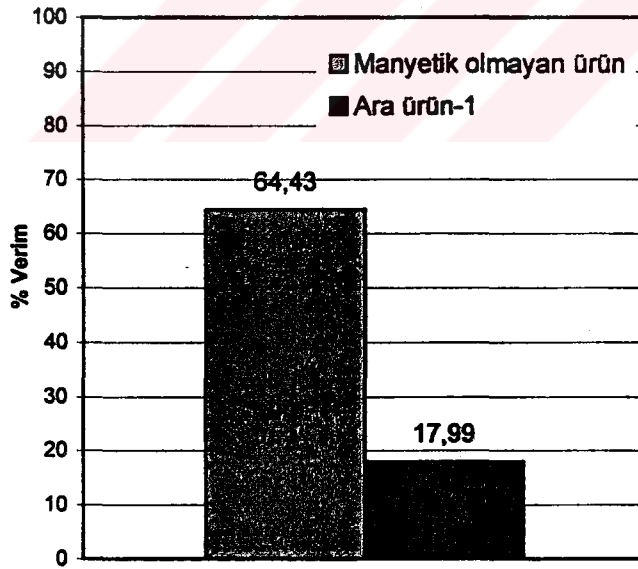
Şekil 4.13 Permroll Manyetik Ayırıcısı İle $-1+0,5$ mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona İçerikleri



Şekil 4.14 Permroll Manyetik Ayırıcısı İle $-1+0,5$ mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona Verimleri



Şekil 4.15 Permroll Manyetik Ayırıcısı İle -0,5+0,212 mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona İçerikleri



Şekil 4.16 Permroll Manyetik Ayırıcısı İle -0,5+0,212 mm Boyut Aralığında Elde Edilen Ürünlerin % Trona Verimleri

Permroll manyetik ayırıcısı bir bant üzerinde ayırım yaptığından dolayı cevherin manyetik özelliklerini yansıttığı kadar, trona ve gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farkı ile de zenginleştirme yaptığı kömür gibi bazı malzemelerde görülmüştür.

4.3.2. Kazan Tronasının Manyetik Ayrıma Deneyleri

Kazan tronasında empürite miktarı yüksek olduğundan, flotasyon öncesi manyetik ön zenginleştirmeye tabi tutularak trona tenörünün yükseltilmesi hedeflenmiştir. Deneyler farklı boyut aralıklarında yapılarak Tablo 4.8. ve Tablo 4.9'daki sonuçlar elde edilmiştir.

• -0,5+0,212 mm boyut aralığında yapılan deneylerde üç farklı manyetik özellik gösteren ürün alınmıştır. Manyetik olmayan ürünler, empüriteden kısmen arındırılmış temiz trona'dır. Manyetik ürünler ise çoğunlukla empürite içermektedir. Ara ürün de, empürite bakımından zenginleşmiştir. Tablo 4.8'e baktığımızda, 107.5⁰/40⁰ bıçak ayırımında en iyi sonuçlar alınmıştır. Üç farklı ayırımda elde edilen trona içerikleri arasında % 2,5'lik oynamalar söz konusudur. Verimlerde, 107.5⁰/40⁰'de %89,72'lik seviyeyi yakalanmıştır. Diğerlerinde ise verimler % 64,63 ve % 77,66 seviyesinde kalmaktadır.

Manyetik ürünlerin miktarlarının az olması, bu ürünün gang olarak atılmasına izin vermektedir. Ancak ara ürünlerdeki trona içeriklerinin yüksek olması bu ürünün tekrar boyutunun küçülterek manyetik ayırmaya geri beslenmesi önerilmektedir.

Tablo 4.8 (-0,5+0,212) mm Tane Boyut Aralığında Kazan Tronasının Manyetik Ayrıma Deney Sonuçları

Permroll Ayarları	Boyut Aralığı, mm	Ürünler	Ağ, (%)	Trona, %	Empürite, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
105 ⁰ /60 ⁰	-0,5+0,212	Manyetik	1,75	19,37	80,63	0,65	2,94
		Ara Ürün	40,50	44,6	55,40	34,72	46,84
		Manyetik Olmayan	57,70	58,3	41,70	64,63	50,21
		Beslenen	100	52,06	47,94	100	100
107.5 ⁰ /40 ⁰	-0,5+0,212	Manyetik	1,85	27,37	72,63	0,98	2,79
		Ara Ürün	14,7	32,91	67,09	9,30	20,47
		Manyetik Olmayan	83,5	55,80	44,20	89,72	76,74
		Beslenen	100	51,91	48,09	100	100
110 ⁰ /40 ⁰	-0,5+0,212	Manyetik	2,11	25,72	74,28	1,00	3,44
		Ara Ürün	24,9	46,59	53,41	21,34	29,11
		Manyetik Olmayan	73,0	57,8	42,2	77,66	67,45
		Beslenen	100	54,33	45,67	100	100

- -0,212+0,038 mm boyut aralığında yapılan manyetik deney sonuçları Tablo 4.9'da verilmektedir.

Tablo 4.9 (-0,212+0,038) mm Tane Boyut Aralığında Kazan Tronası İle Yapılan Manyetik Ayırma Deney Sonuçları

Permroll Ayarları	Boyut Aralığı, mm	Ürün	Ağ, (%)	Trona, %	Empürite, %	Trona Verimi, %	Empürite Verimi, %
122° / 65°	-0,212 +0,038	Manyetik	4,91	47,42	52,58	4,47	5,39
		Ara Ürün	46,1	52,31	47,69	46,23	45,87
		Manyetik Olmayan	49,0	52,4	47,6	49,31	48,74
		Beslenen	100	52,11	47,89	100	100

Bu boyut aralığı ile elde edilen olumsuz sonuçlar bu cevherin ayırma ile ön zenginleştirmeye uygun olmadığını göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Beypazarı ve Kazan tronasının flotasyon ve manyetik ayırma ile zenginleştirilmesine yönelik olan bu çalışmada elde edilen sonuçlar özet olarak aşağıda sunulmaktadır.

1. Yapılan deneysel gözlemler sonucunda DAH, gazyağı ve katıdan oluşan kıvamlandırmanın empüritelerin yüzdürülmesinde pek etkili olamadığı bulunmuştur. Kıvamlandırmaya ek olarak doygun çözelti ilave edildiği zaman empüritelerin yüzmeye başladığı gözlemlenmiştir.

2. Beypazarı tronası ile yapılan deneylerde flotasyon öncesi kıvamlandırma işlemi kritik olduğundan doygun çözelti miktarının tespiti için katı-sıvı oranına bağlı deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda en temiz konsantre içeriği % 65 PKO'nda % 98,28'e çıkarken verim de en yüksek seviye olan % 83,34'e ulaşmaktadır.

3. Silikat, karbonat ve kil içeren empüritelerin yoğun bir ortamda yüzdürülmesi için kolektör miktarına bağlı yapılan deneylerde, 2,5 kg/ton'luk doygun çözeltide % 98,52 trona içerikli trona konsantresi % 88,64 verimle alınmıştır.

4. İyi bir emülsiyonun oluşturulmasında DAH-Gazyağı oranı kritik bir önem taşımaktadır. 6,25 kg/ton'luk gazyağında empüritelerin optimum içerik ve verimle yüzdüğü tespit edilmiştir.

Ayrıca emülsiyonun oluşturulmasında 260 dev/dak karıştırma hızının optimum olduğu gözlenmiştir.

5. Süreye bağlı yapılan flotasyon deneylerinde empüritelerin 90 saniye sonra köpükte azaldığı ve flotasyon süresinin artmasıyla trona kaybı olduğundan dolayı optimum flotasyon süresi 90 saniye olarak alınmıştır.

6. Kazan tronası karot numunesi olduğundan dolayı kendi bünyesinden ve sondaj çamurundan gelen empürite miktarı oldukça yüksektir. Ayrıca tanelere yapışan killerin flotasyon ortamında şlam etkisi göstererek kollektörün tanelere yapışarak

reaktif tüketimini arttıracak ve viskoziteyi yükselteceği düşüncesiyle zenginleştirme verimini yükseltmek için, numune doygun çözeltide yaş elemeyi geçirmiştir.

7. $-0,5+0,212$ mm Kazan tronasının DAH miktarına göre değişimleri incelenmiştir. $0,25$ kg/ton DAH ile başlayan deneyler $2,5$ kg/ton DAH'a kadar devam edilmiştir. Batan üründe $2,5$ kg/ton DAH'ta % 82,27 verimle % 91,75 trona içerikli bir konsantre ve yüzende % 88,17 empürite içerikli bir ürün % 94,70 verim elde edilmiştir. Optimum ayırmayı $2,5$ kg/ton DAH ile elde edilmiştir.

8. $-0,212+0,038$ mm boyutlu Kazan tronasıyla yapılan flotasyon deneylerinde yüzen üründe en yüksek empürite içeriği 5 kg/ton DAH'ta % 94,21'lik empürite uzaklaştırma verimi ve % 69,28 empürite içeriği ile elde edilmiştir. Batan ürünün yani trona konsantresinin 5 kg/ton DAH'ta trona içeriği % 92,13'ye ulaşmıştır.

9. Ön konsantre elde etmek amacıyla $-1+0,5$ ve $-0,5+0,212$ mm tane boyutlarında Beypazarı ve Kazan tronalarına uygulanan manyetik ayırma deneylerinde manyetik olmayan ürünlerin çok temiz gözükmesine rağmen içerik açısından tatminkar olmadığı tespit edilmiştir.

10. Kazan numunesi ile yapılan deneylerde manyetik ürünlerin miktarlarının az olması, bu ürünün gang olarak atılmasına izin vermektedir. Ancak ara ürünlerdeki trona içeriklerinin yüksek olması bu ürünün tekrar boyutunun küçültürerek manyetik ayırmaya geri beslenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

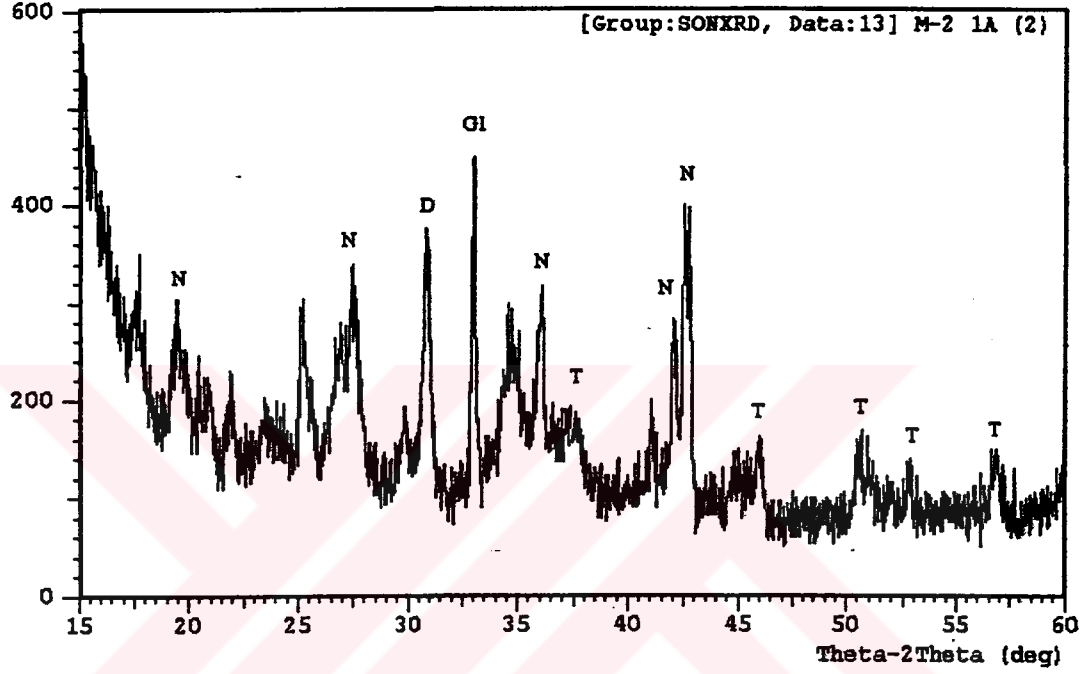
- Aslanbaş, A., 1998.** “Aydın-Çine Feldspatlarının Manyetik Ayırma ve Flotasyon Yöntemi İle Zenginleştirilmesi” Lisans Bitirme Tezi, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı. Haziran 1998.
- Atak, S., 1990.** “Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması”, *İTÜ Vakfı*, No: 34, İstanbul.
- Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995.** “Trona” Kimya Sanayii Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, T.C. Eylül-1995.
- Civelek, M., 2002.** “Beypazarı Trona Cevherinin Flotasyonu”, Lisans Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı. Mayıs 2002.
- Çelik, M.S., Miller, J.D., 2002.** “Flotation Technology For The Trona Industry”, Tübitak-International Cooperative Research Program, National Science Foundation (NSF), Division of International Programs, U.S.-Turkey Cooperative Research Program.
- Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, “Trona Raporu”.**
- Henry. W., Haynes, Jr., “Thermodynamic Solution Model for Trona Brines”**
Dept. of Chemical and Petroleum Engineering, University of Wyoming,
Laramie, WY 82071.
- Hopstock, D.M., 1985.** “Fundamentals of Magnetic Separation”, SME Mineral Processing Handbook, s.6-26-66-39, SME/AIME.
- Kaya, M., 1991.** “Flotasyon El-Kitabı-1”, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi.
- Küçükylmaz, A., 2004.** “Trona”, Sektörel Profil Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- Kostick, D.S., 2004.** “Soda Ash Report, 2004” .
- M, M.P., The Mineral Industry Of Turkey” .**
- Mineral Commodity Summaries., 2005.** “U.S. Geological Survey”, January 2005.
- Nasün, S, G., 1992.** “Beypazarı Trona Mineralinin Çözelti Madenciliği İle Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, İTÜ.

- Okutan, H., 2000.** DPT Teknolojik Araştırma Projesi, “Beypazarı Trona Mineralinden Soda Üretimi” İTÜ. www.dpt.gov.tr.
- Okutan, H., 1994.** “Beypazarı Trona Mineralinden Soda Üretimi” DPT Teknolojik Araştırma Projesi, İTÜ.
- Önal, G., Ateşok, G., 1994.** “Cevher Hazırlama El Kitabı”, Madencilik Geliştirme Vakfı, İstanbul.
- Özcan, Ö., Çelik, M.S., 2003.** “Effect of Thermal Stability on The Flotation Response of Sodium Carbonate Salts”. 2003. Minerals Engineering 16 (2003) 353-358 www.elsevier.com/locate/mining
- Özcan, Ö., J.D.Miller., 2002.** “Flotation of Sodium Carbonate and Sodium Bicarbonate Salts From Their Saturated Brines” May-2002. Minerals Engineering 15 (2002) 577-584 www.elsevier.com/locate/mining
- Park Holding Grubu., 2002.** “Beypazarı Trona Projesi Genel Tanıtımı”, Beypazarı, Ocak-2002.
- Patent., 1981.** “Benefication of Trona By Flotation” Inventors: Robert J. Brison; John C. Gathje, both of Arvado, Colo. Assignee: Stauffer Chemical Company, Westport, Conn. Appl. No: 34,527. Filled: Apr. 30, 1979
- Tolun, R., “Minerallerin Ayrılma Prensipleri ve Maden Sanayiindeki Tatbikatı”,** Cevher Zenginleştirme, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara .
- Yurtoğlu, A., 2002.** “Beypazarı Trona Cevherinin Monohidrat Yöntemi İle Zenginleştirilmesi” Lisans Bitirme Tezi, İ.TÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı. Aralık-2002.

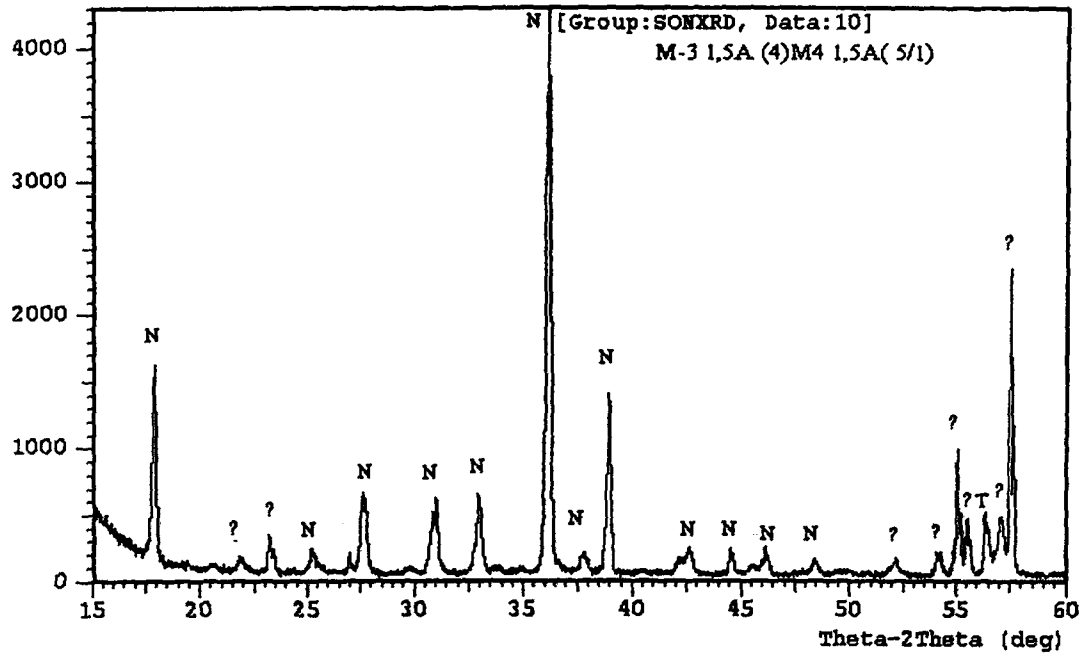
İlgili Web Siteleri:

www.maden.org.tr
www.riotinto.com
www.die.gov.tr
www.boraxtr.com
www.securities.com
www.sodakrom.com.tr
www.mineral.galleries.com
www.mines.itu.edu.tr
www.enerji.gov.tr
www.migem.gov.tr
www.mta.gov.tr
www.webmineral.com

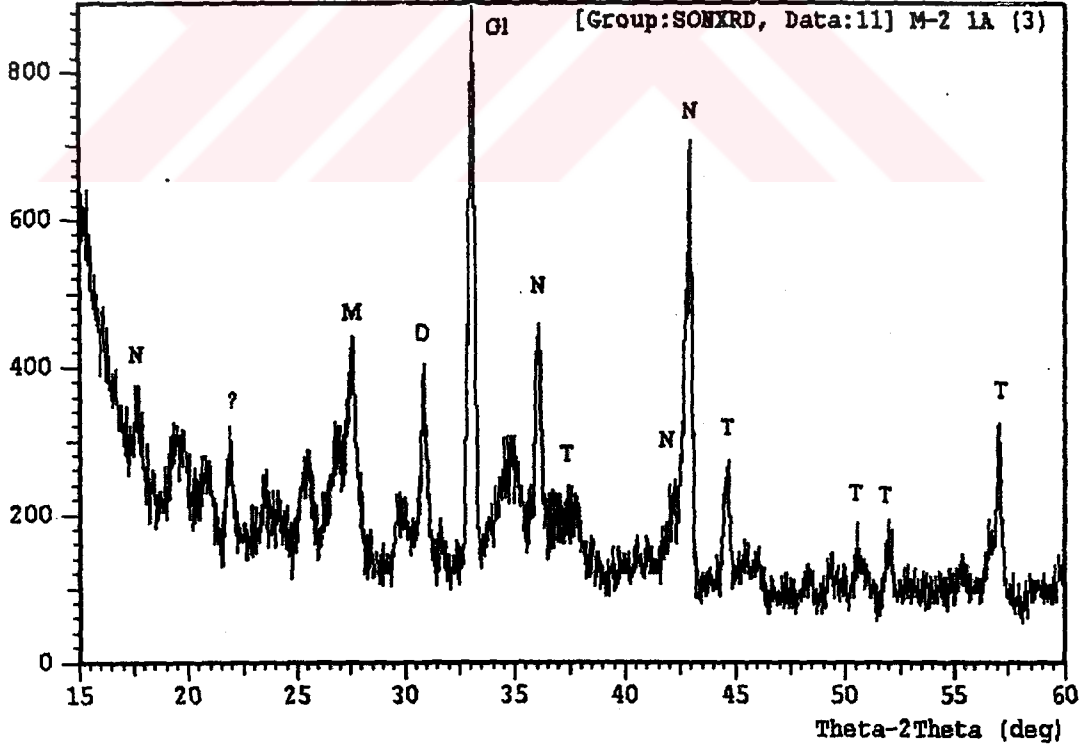
EKLER



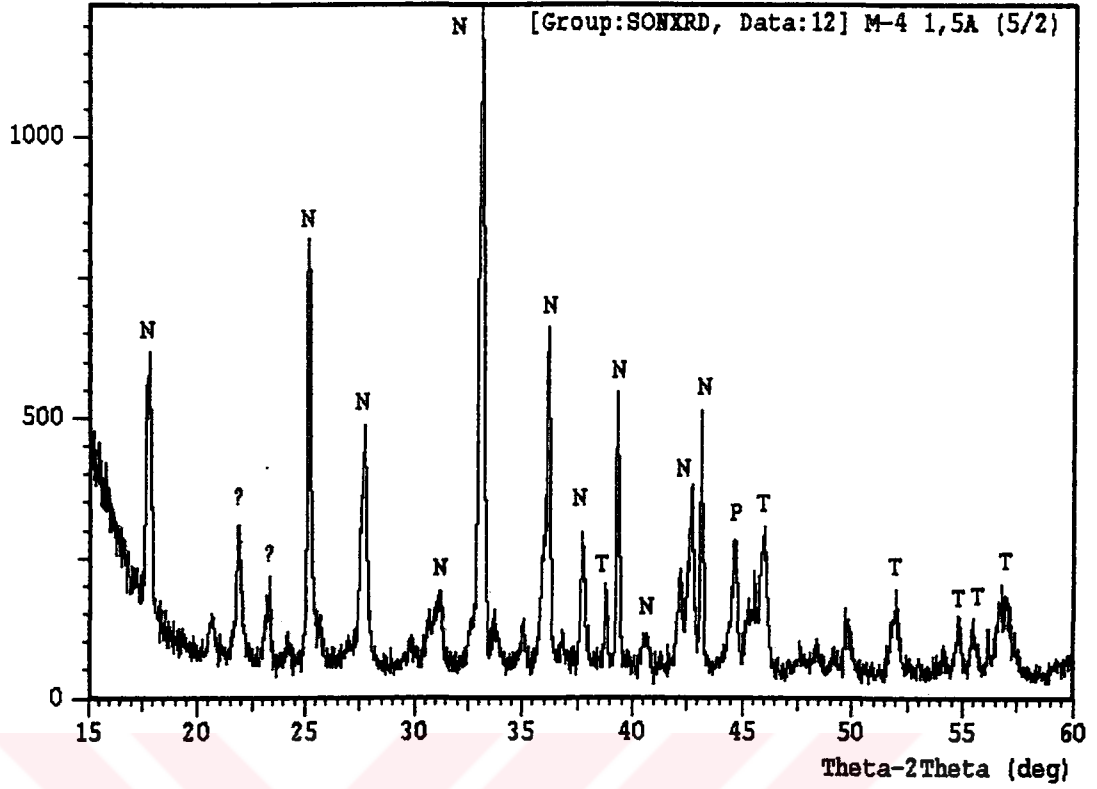
EK 1. Kazan Trona Cevher Empürিতelerin XRD spektraları (2-Manyetik ürün, 1 A, - 212+106 mikon), (Gl: Glauberit, N: Nörtüpit, D: Dolomit, T: Termonatrit)



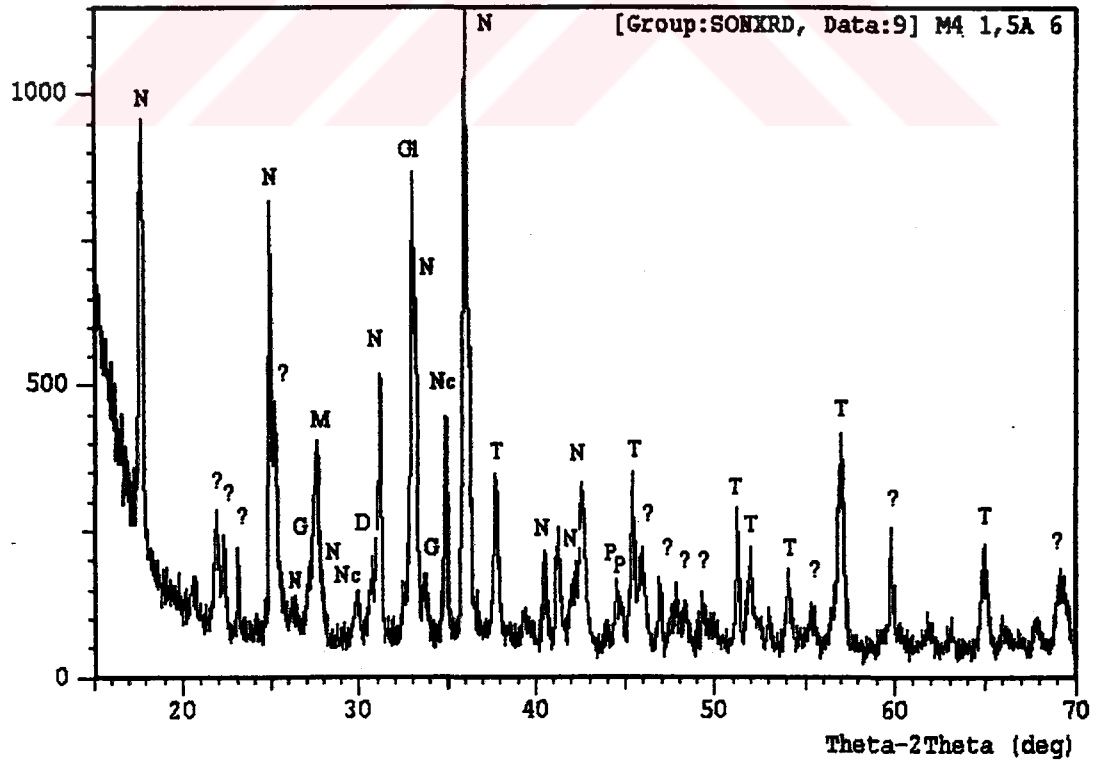
Ek 2. Kazan Trona Cevher Empüritelerin XRD spektraları (3-Manyetik ürün, 1.5 A, -212+150 mikron), (N: Nörtüpit, T: Termonatrit, P: Pirsonit)



Ek 3. Kazan Trona Cevher Empüritelerin XRD spektraları (3-Manyetik ürün, 1 A, -212+106 mikron), (Gl: Glauberit, N: Nörtüpit, D: Dolomit, T: Termonatrit)



Ek 4. Kazan Trona Cevher Empüritelerin XRD spektraları (4-Manyetik ürün, 1.5 A, -212+150 mikron), (N: Nörtüpit, P: Pirsonit, T:Termonatrit)



Ek 5. Kazan Trona Cevher Empüritelerin XRD spektraları (4-Manyetik ürün, 1.5 A, -106+74 mikron), (Gl: Glauberit, N: Nörtüpit, D: Dolomit, T: Termonatrit, Nc: Naklolit, P: Pirsonit, M: Mirabilit)

ÖZGEÇMİŞ

Daniyar MATAZİMOV, 3 Mart 1978 yılında Kırgızistan'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kırgızistan'da devlet okulunda noktaladıktan sonra, lise öğrenimini Kırgız-Türk Lisesi'nden 1997 yılında tamamladı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden 2002 yılında "Maden Mühendisi" olarak mezun oldu. 2002 yılında, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Cevher&Kömür Hazırlama ve Değerlendirme Programı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. İyi derecede Rusça, Türkçe, İngilizce ve Kırgızca bilmektedir.

