

- 3 mm. KOLEMANİT ARTIKLARININ ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Mukaddes SARI

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliđi Uyarınca  
Maden Mühendisliđi Ana Bilim Dalı  
Cevher Hazırlama Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

Danışman : Doç. Dr. Rifat BOZKURT

Şubat - 1988

Mukaddes SARI'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "-3 mm. KOLEMANİT ARTIKLARININ ZENGİNLEŞTİRİLMESİ " başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..../..../1988

Başkan : Doç. Dr. Rifat BOZKURT

Üye : Doç. Dr. Güher İnce

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Özdeğ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29 TEMMUZ 1988  
gün ve ..182/6..... sayılı kararıyla onaylan-  
mıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA  
Enstitü Müdürü

Enstitü Kütüphanesi  
Enstitü Kütüphanesi

# İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sahife</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
TABLolar DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1.1. GİRİŞ .....	1
1.2. GENEL BİLGİLER .....	2
1.2.1. Bor ve Bor Mineralleri .....	2
1.2.2. Bor Cevheri Oluşumları .....	5
1.2.3. Bor Ürünleri ve Üretimi .....	5
1.2.3.1. Üretim .....	6
1.2.3.2. Üretim için kullanılan Yöntemler	7
1.2.4. Bor Mineralleri ve Bileşiklerinin kulla- nım Alanları .....	8
1.2.5. Borun Çevresel Etkisi .....	9
1.2.6. Dünya ve Türkiye Bor Rezervleri .....	10
1.2.7. Bor Cevherlerinin Zenginleştirilmesi ..	11
1.2.8. Bigadiç Kolemanit İşletmesi hakkında Genel Bilgiler .....	13
1.2.8.1. Konsantre cevher Üretim Metodu	14
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	18
2.1. Bigadiç Kolemanit cevheri - 3 mm. fraksiyonu artıklarının değerlendirilmesi .....	18
2.2. Sonuç ve Öneriler .....	33
KAYNAKLAR .....	35

## ÖZET

---

Etibank Bigadiç Kolemanit cevherine ait - 3 mm. altındaki konsantre artığına zenginleştirme deneyleri uygulanarak artık tenörünün ürün haline getirilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalar; yıkama, dağıtma, suda bekletme ve ısıtma işlemleri içermektedir. Deneyler esnasında suda bekletme süresi, pülp yoğunluğu, sıcaklık, ısıtma süresi değiştirilmesi, numune boyutu ise sabit tutulmuştur.

Zenginleştirme deneylerinde kullanılan numune yaklaşık olarak % 22,3  $B_2O_3$  ve % 1,60  $SO_3$  içermektedir. İki aşamalı olarak yapılan zenginleştirme deneyi (karıştırma ve ısıtma işlemler) sonucunda - 0,20 mm boyut aralığında % 75,25  $B_2O_3$  verimi ile % 58,11  $B_2O_3$  tenörü ve % 17,37  $SO_3$  verimi ile % 0,43  $SO_3$  tenörü satılabilir konsantre ürün elde edilmiştir.

## SUMMARY

In this study, attempts have been made in the laboratory to concentrate the - 3 mm. fraction of Etibank Bigadiç Mines Colemanite tailings.

Atypical investigation was carried out as follows. A sample was placed in water and agitated prior to calcination. The variables were the retentation time in water, the agitation time, and the calcination time.

The feed sample used in these experiments contained 22,3 %  $B_2O_3$  and 1.60 %  $SO_3$  on average.

The results show that - 0,20 mm. Colemanite tailings could be upgraded to 59.11 %  $B_2O_3$  with a  $B_2O_3$  recovery of 75,25 %. With respect to  $SO_3$  the product contained 0,43 %  $SO_3$  with a  $SO_3$  recovery of 17,37 %.

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı olumlu karşılayan ve beni bu konuda yönlendiren değerli hocam Maden Bölümü Başkanı Doç. Dr. Sayın Rifat BOZKURT'a, ellerindeki dökümanları vererek yardımcı olan Balıkesir - Bigadiç Kolemanit İşletmesi Müessesesi Müdür Yardımcısı (Teknik) Sayın Gökhan OKTAR ve Maden Mühendisi Sayın Ayşe BIRIK'a, Kimyasal Analiz çalışmalarımda yardımcı olan Kimya Bölümü Asistanı Sayın Selahattin ÖNÇEK'e, ve ayrıca tezin düzenlenmesinde, daktiloya geçirilmesinde bana yardımcı olan çalışma arkadaşlarıma burada teşekkür etmeyi borç bilirim.

Eskişehir, Şubat/1988

Mukaddes SARI

TABLOLAR DİZİNİ  
=====

<u>Tablo</u>	<u>Sahife No</u>
1. Numunenin Yaş ve Kuru Elek Analizi .....	19
2. Numunenin Yaş Elek Analizi Sonuçları .....	19
3. 4 Saat Suda Bekletilen Numunenin Analizleri .	23
4. 8 Saat Suda Bekletilen Numunenin Analizleri .	23
5. 600 d/dak.da 10 dk. Karıştırma İşlemi .....	24
6. 600 d/dak.da 10 dk. Karıştırma İşlemi .....	24
7. 600 d/dak.da (% 60 Katı) Karıştırma İşlemi ..	25
8. 600 d/dak.da 20 dk. (% 40 Katı) Karıştırma İşlemi .....	25
9. 600 d/dak.da 20 dk. (% 50 Katı) Karıştırma işlemi .....	25
10. 600 d/dak.da 20 dk. (% 60 Katı) Karıştırma işlemi .....	26
11. 700 d/dak.da 10 dk. (% 50 Katı) Karıştırma işlemi .....	26
12. 700 d/dak.da 10 dk. (% 60 Katı) Karıştırma işlemi .....	26
13. 700 d/dak.da 20 dk. (% 40 Katı) Karıştırma işlemi .....	27
14. 700 d/dak.da 20 Dk. (% 50 Katı) Karıştırma işlemi .....	27
15. 700 d/dak.da 20 dk. (% 60 Katı) Karıştırma işlemi .....	27
16. (160°C'de 60 dk) Kuru elek Analizi .....	28
17. (190°C'de 15 dk) Kuru Elek Analizi .....	28
18. (190°C'de 30 dk) Kuru Elek Analizi) .....	28
19. (190°C'de 60 dk) Kuru Elek Analizi .....	28
20. (160°C'de 60 dk) Yaş Elek Analizi .....	29
21. (190°C'de 15 dk) Yaş Elek Analizi .....	29
22. (190°C'de 30 dk) Yaş Elek Analizi .....	29
23. (190°C'de 60 dk) Yaş Elek Analizi .....	29
24. Karıştırma Deney Sonuçları .....	30
25. Kalsinasyon (160°C'de 15 dk) Deney Sonuçları .	30
26. Kalsinasyon (160°C'de 30 dk) Deney Sonuçları.	30

TABLÖLAR DİZİNİ (Devam)

27. Kalsinasyon (190°C'de 60 dk) Deney Sonuçları .....	30
28. 350°C'de yapılan Kalsinasyon Deney Sonuçları .....	31
29. 400°C'de yapılan Kalsinasyon Deney Sonuçları .....	31
30. 450°C'de yapılan Kalsinasyon Deney Sonuçları .....	32
31. 500°C'de yapılan Kalsinasyon Deney Sonuçları .....	32



ÇİZELGELER DİZİNİ  
=====

<u>Cizelge</u>	<u>Sahife No</u>
1.1. Doğadaki Önemli Bor Mineralleri .....	4
1.2. Düzenlenmiş Bor Rezervleri Tablosu .....	10
1.3. Türkiye Bor Rezervleri .....	10

## 1.1. GİRİŞ

Bor, Son yıllarda hızla gelişen sanayi ile birlikte geniş kullanım alanı bulması ve bu alanda ikame edilememesi sonucu, önemi giderek artan bir hammadde konumuna gelmiştir.

Keskin bir ekonomik savaşın yoğunlaştığı ve tüm araştırmaların doğal kaymaklar üzerinde toplandığı günümüzde, büyük bir bor rezervi potansiyelinin oluşu, Türkiye için kazanılması son derece güç olan bir fırsattır. Son birkaç yıldan beri Bigadiç yataklarında yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye'nin toplam dünya rezervinin % 80'ine varan yataklara sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu potansiyelin ulusal ekonomimize ve uluslararası alanda etkin olabilmemiz yönünden kullanılması gereklidir. Bu amaçla, ulusal çıkarlarımız gözönünde bulundurularak arama, üretim, değerlendirme, işletme ve pazarlama birimlerini kapsayan bu ulusal bor politikasının uygulanması kaçınılmazdır.

Bu tez çalışmasında, genel özellikleri ile Bor, Bigadiç Kolemanit İşletmesi ve Konsantre Tesisi tanıtılmakta, ayrıca - 3 mm. konsantratör artığının değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yapılarak elde edilen sonuçlar verilmiştir.

## 1.2. GENEL BİLGİLER

### 1.2.1. Bor ve Bor Mineralleri

Bor, periyodik sistemin üçüncü grubunun başında yer alır. Bu grubun diğer üyeleri metal olarak bilindiği halde, bor ametal sayılmaktadır.

Atom no 5, atom ağırlığı 10,81, sembolü B, birleşme değeri + 3'dür. Ergime noktası 2190, kaynama noktası 3660°C, yoğunluğu 2,33 gr/cm<sup>3</sup> dür.

Bor elementine ait Clark sayısı volkanik kayalarda 3 ppm ve sularda 110 ppm'dir.

Bor elementi yer kabuğunda % 0,001 oranında, deniz suyunda ise 3-5 ppm düzeyinde bulunur.

Element bor doğada serbest halde bulunmaz. Yapay elementer bor ise amorf ve kristal yapısında olmak üzere iki şekilde elde edilebilir.

En yaygın bor bileşikleri ; borik asit ve borunsodyum, kalsiyum ve magnezyum ile meydana getirdiği bileşiklerdir. Bor elementinin yer yüzünde bilinen 200'e yakın bor minerallerinden sadece 7 tanesinin ekonomik değeri vardır. (Bunlar suda eriyebilen boratlar) Boraks ve kernit, (Suda erimeyen boratlar) kolemanit, üleksit, pandermit, (Magnezyum borat) Borasit ve sassolittir. Bunlarında en önemlileri Boraks ve Kolemanit olup, Dünya Bor üretiminin birlikte % 90'ını sağlayan Türkiye ve A.B.D. deki Bor cevherlerinin başlıca mineralleridir.

Bor mineralleri, bileşimindeki kristal suyunun ve sodyum, kalsiyum, magnezyum gibi elementlerin miktarına göre isimlendirilirler. Minerallerin içindeki kristal suyu, hidroksit ve halejen miktarına göre 4 grupta toplanabilirler.

#### 1. Kristal suyu içeren bor mineralleri :

Kernit, tinkalkonit, boraks, propertit, üleksit, Kolemanit, Mayerhoffe-rit, İnyoit, Tercit, İnderit, Hidroborasit, İnderborit, Veatçit, Lardere-rellit vb.

#### 2. Kristal suyu olmayan bor mineralleri :

Varvikit, Jeremejevite, Ludjigit, Paygeit, Pinakiolit, Hulsit vb.

3. Bileşik Boratlar (Hidroksit veya diğer tuzlar ile.) :

Teepleit, Bandilit, Hilgardit, Hambergit, Suseksit, Szaibelyit vb.

4. Karışık bor mineralleri :

Luneburgit, Kahmit, Sulfoborit vb.

Bor Minerallerinden, Bor Endüstrisi bakımından En Önemlileri :

Kolemanit : Kristal sistemi monoklinaldır. Sertliği 4-4,5 yoğunluğu 2-2,42 gr/cm<sup>3</sup>'dür. Kolemanit suda çok zor, asitlerde kolayca erir. Isıtıldığında çatırdayarak yanar ve alevi yeşile boyar. Camsı parlaklıktadır. Beyaz, sarımsı ve çamur beyaz renklindedir. Kırılma düzgün değildir.

Kolemanit çok küçük yıldız şeklindeki kristal küplerinden , 50 cm. çapındaki küresel ve şekilli nodüllere kadar değişen bor çok değişik formlarda ve sürekli tabakalar halinde bulunmaktadır.

Üleksit : Kristal sisteme triklinik veya monoklinaldır. Ufak yumrular, mercekler halinde bulunur. Genelde lifli görünüm verir. Kristal halinde nadir bulunur. Sertliği 2,5, yoğunluğu 1,97 rengi beyazdır. Mat ve ipek parlaklığındadır. Üleksit, soğuk suda az, sıcak suda ve asit içerisinde kolayca erir. Kapalı tüpte ısıtıldığında kolemanite nazaran daha çok su bırakır.

Kolemanit ve Üleksit minerallerinin her ikisinde ince bir parçası platin uçlu bir pensle tutularak ısıtılırsa ergime hızı artar ve camsı bir görünüm alır.

Boraks : Beyaz, grimsi, mavimsi veya yeşilimsi renklindedir. Reçine ve cam parlaklığı gösterir. Suda çözünür, tatlı su tadını verir. Monoklinaldır. Ve kristal yapısı kısa prizma şeklindedir. Özgül ağırlığı 1,72 gr/cm<sup>3</sup>, sertliği 2-2,5'dur. Boraks çamurlu ve tuzlu göllerin buharlaşma sonucu oluşan yataklarda ayrıca susuz bölgelerde toprakta veya sıcak su kaynaklarında bulunur.

Razorit : Monoklinaldır. Kristal biçimi yamılmaya elverişlidir. Sertliği 2,5 yoğunluğu ise 1,91'dir. Razorit suda borakstan daha az erir.

Pandermit : Kimyada adı priseit olarak bilinmektedir. Beyaz renklidir. Kristal sistemi ramboadriktir. Özgül ağırlığı 2,4., sertliği 3,5'dur. Bu mineraller ve özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. (Etibank Bigadiç 1986 ; Ersoy ve Polat, 1976)

ÇİZELGE 1 - Doğadaki Önemli Bor Mineralleri

Mineralin Adı	Kimyasal Bileşim	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% H <sub>2</sub> O	Sertlik	Yoğunluk
BORAKS (Tinkal)	Na <sub>2</sub> O.2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .10H <sub>2</sub> O	36,5	46,9	2.0-2.5	1,69-1,80
KERNİT (Razorit)	Na <sub>2</sub> O.2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .4H <sub>2</sub> O	51,9	26,5	2.5	1,91
ÜLEKSİT	Na <sub>2</sub> O.2CaO.5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .16H <sub>2</sub> O	42,9	35,5	2,5	1,96
KOLEMANİT	2CaO.3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O	50,8	21,9	4.0-4.5	2.26-2.48
PANDERMİT	4CaO.5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .7H <sub>2</sub> O	49,8	18,0	3,0	2.42
BORASİT	5MgO.7B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .MgCl <sub>2</sub> . H <sub>2</sub> O	62,2	-	4.0-7.0	2.9-3.0
SASOLİT	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	56,4	-	-	-

KAYNAK : "Dünya ve Türkiye'de Metal ve Mineral kaynaklarının Potansiyeli, Ticareti Beklenen Gelişmeleri, 10 Bor Mineralleri " MTA Yayınlarından No 187

### 1.2.2. Bor Cevheri Oluşumları

İşletilebilir Bor Cevheri oluşumları köken bakımından üç gruba ayrılabilir.

Mağmatik kökenli oluşum :

Bor elemanı mağma içerisinde vardır. Bundan dolayı intruzif ve evüfiz taşların oluşumu sırasında uygun koşullarda bazı bor mineralleri de oluşmuştur. Örneğin ; Sasolit minerali  $B(OH)_3$

Tortul Kökenli Oluşum :

K ayağların içerisindeki serbest Bor Tuzlarının deniz veya göllere taşınması ve sonradan bu suların buharlaşması ile tuzların göknelmesi (Konsantrasyonu) sonucu oluşurlar. Bu göknelme göllerde daha yoğundur. Tinkal, üleksit, razorit bu grupta sayılabilirler.

Kaliforniya'daki Searles gölü ve Kırka Boraks yataklanması bu tip cevherleşmeler için güzel örnektir.

Karmaşık kökenli oluşumlar :

Mağmatik olaylar, sıcak yer altı suları, hidrotermal olaylar ve göknelme olayının etkisi ile oluşmuşlardır.

Böylelikle kimyasal değişme, remplasman, erime yeniden kristalleşme olayları ile çeşitli bor mineralleri oluşabilmiştir.

Bazı volkanik kayalarda bor asidi, Ca ve Mg Boratları vardır. Böyle bir kütlede K ve Ca (hatta bor tuzları) içeren göllerle ilgisi ve ısı değişimi bazı kimyasal reaksiyonların oluşmasına neden olur, ve yeni bor mineralleri oluşur. (Dündar, 1984 ; Etibank Kırka, 1984)

### 1.2.3. Bor Ürünleri ve Üretimi :

Bor tuzlarından elde edilen mamül maddeler şunlardır.

1. Bor elemanı
2. Boraks
  - 10 Kristal su içerikli Boraks Dekahidrat
  - 5 Kristal su içerikli Boraks Pentahidrat
  - Anhidrik Boraks
3. Asitborik
4. Ferriboron
5. Borhidratlar
  - Diboron (sıvı haldedir)
  - Dekaboron (katı haldedir)

6. Boron nitrik
7. Bor kabrit
8. Perborat

ÇİZELGE 2 - Büyük ölçüde tüketilen Bor mineralleri kimyasal formülleri ve % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri

ADI	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kimyasal formül
BORİK ASİT	56.3	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
BOR TRIOKSİT	100.0	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
RAFİNE BORAKS DEKAHİDRAT	36.5	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O
HAM BORAKS PENTAHİDRAT	46.0	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 5H <sub>2</sub> O
HAM SUSUZ BORAKS	65.0	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>
SODYUM PERBORAT	22.0	Na B <sub>3</sub> O <sub>3</sub> · 4H <sub>2</sub> O
RAFİNE SUSUZ BORAKS	69.0	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>

#### 1.2.3.1. Üretim

1. Doğal Borakstan ve Kernitten boraks üretimi
2. Kolemanitten boraks üretimi
3. Göl sularından boraks üretimi
4. Sodyum tetraborat - Pentahidrat üretimi
5. Susuz sodyum tetraborat üretimi
6. Boraks ve kernitten borik asit üretimi
7. Borik asidin flotasyonla elde edilmesi
8. Bor trioksidin elde edilmesi
9. Elektroliz yoluyla sodyum perborat üretimi
10. Bor izotopları ve diğer bor ürünleri
  - Bor karbür (B<sub>4</sub>C)
  - Bor Nitrid (BN)

-Borürler

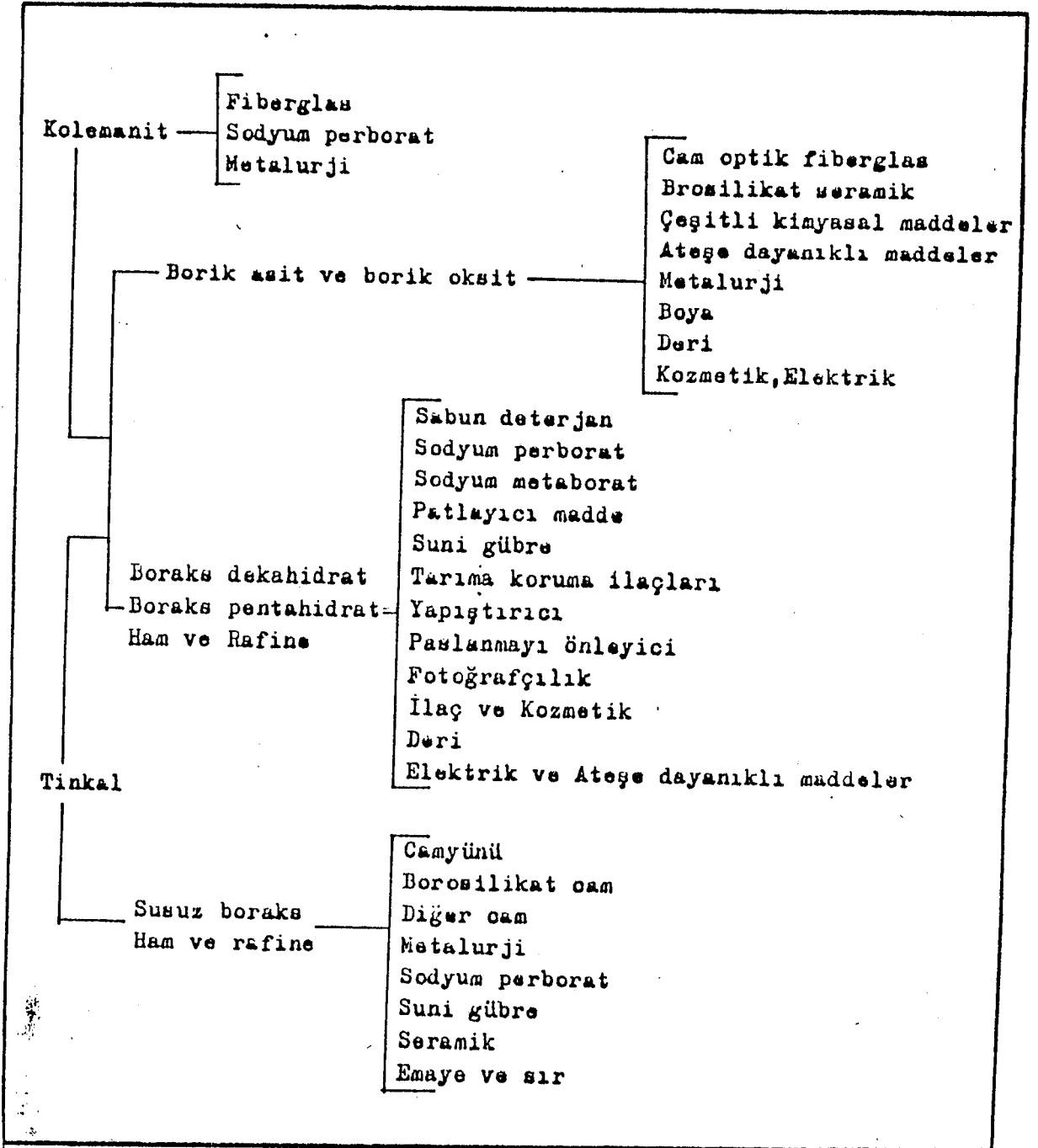
- Borhidrürler

#### 1.2.3.2. Üretim için kullanılan yöntemler

1. Reaksiyon bölümü
2. Dekatosyon
3. Süzme (filtrasyon)
4. Soğutma (Kristalizatör)
5. Santrifüjleme
6. Kurutma
7. Torbalama (Ersoy ve Polat, 1976)



1.2.4. Bor Mineralleri ve Bileşiklerinin Kullanım Alanları



KAYNAK : "Dünyada ve Türkiye'de Metal ve Mineral Kaynaklarının Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelişmeleri " M.T.A. Yayınlarından No.187

### 1.2.5. Borun Çevresel Etkisi :

Bor özellikle bitkiler için önemlidir. İnsanlar tarafından başta meyve ve sebzelerde olmak üzere yiyecek ve içecekler yoluyla günde 10-20 mg. bor vücuda alınabilmektedir. Su veya içecekler yoluyla alınan bor kısa sürede vücutta birikmeden üre ile atılmaktadır. Bor'un insanlar tarafından çok yüksek dozda alınması merkezi sinir sistemini etkileyerek bulantı, kramp, sara, koma ve benzeri belirti ve hastalıklara neden olabilir. Öldürücü doz olarak araştırmacılar tarafından 5-45 gr. arasında değerler verilmektedir. İçme suyunda ise bor sınırı 20-30 mg/lt. olarak önerilmektedir. Borik asidin hayvanlar için öldürücü dozu hayvanın türüne bağlı olmaktadır. Hayvanın içtiği suda 2500 mg/lt. borik asit bulunması büyümeyi engellediği için zararlıdır.

Bor tarım alanında önemli bir yer işgal etmektedir.

Literatürlere göre, toprakta 0,5 ppm bor bulunması bir çok bitki türü için yeterlidir.

Bor noksanlığı halinde bitkinin azot abzorpsiyonu da azalacaktır. Bor noksanlığı işaretleri, bitkilerin büyümekte ve gelişmekte olan genç kısımlarında ortaya çıkar. Meyve ağaçlarında genç yapraklar kararır, genç sürgünlerde zamk akıtma görülür, ürün miktarı azalır. Toprakta ve bitkide noksanlığı saptanırsa bu konu gübreleme ile çözümlenebilir.

Bor fazlalığı da bitkiye zarar vermektedir. Bitkiler gereksinim duydukları boru kökleri vasıtasıyla topraktan alırlar. Alınan borun bitki bünyesi için fazlası yapraklarda birikir. Zarar verecek konsantrasyona ulaşıncaya yaprak sararır, kahverengi lekeler görülür ve dökülmeler başlar. Fazla bor etkisi öncelikle yaşlı yapraklarda görülür.

A.B.D. Standartlarına göre sulama suyundaki Bor'un konsantrasyonunun 0,7 ppm den fazla olması halinde toprakta Bor birikimi başlamakta 4 ppm'e ulaştığında hiçbir bitki yetişmemektedir.

Ancak bitkilerin Bor'a karşı dayanıklılıkları farklıdır. Buna göre bitkiler duyarlı, yarı dayanıklı ve dayanıklı olarak gruplandırılmışlardır.

Yine A.B.D. sulama suyu standartlarında bu bitki grupları için

aşağıdaki değerler verilmiştir.

Bitki Türü	Kritik Bor Derişimi (mg/lt.)
Duyarlı bitkiler	0.3 - 1.0
Yarı dayanıklı bitkiler	1.0 - 2.0
Dayanıklı bitkiler	2.0 - 4.0

Hassas bitkiler grubunda ; turunçgiller, diğer meyve ağaçları ve fasülye, yarı dayanıklı bitkiler grubunda ; patates, tahılgiller, bezelye, pamuk, domates, ayçiçeği, dayanıklı bitkiler grubunda ; havuç, marul, lahana, soğan, yonca, şeker pancarı gibi bitkiler yer almaktadır. (Etibank Bigadiç Madenleri, 1986)

#### 1.2.6. Dünya ve Türkiye Bor Rezervleri :

Dünya bor rezervlerine ilişkin kesin veriler elde etmek son derece güçtür. Yapılan her yeni arama ve her yeni sondaj rezerv değerlerine biraz daha arttırmaktadır.

Dünyada belli başlı bor kaynağı olan ülkeler ; Türkiye, A.B.D., G. Amr., SSCB, Çin, Şili, Arjantin, İran, Hindistan'dır.

ÇİZELGE 3 - Düzenlenmiş Bor rezervleri Tablosu (Milyon ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Ülke	Türkiye	A.B.D.	G.Amr.	SSCB	Çin	Toplam
Rezerv	515.5	230	100	150	40	1035
%	49.8	22.2	9.7	14.5	3.8	100.0

ÇİZELGE 4 - Türkiye Bor Rezervleri (Milyon Ton)

Bölge	Rezerv (Tüvenan)	%	Tenör (%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Rezerv (B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Bigadiç-Balıkesir	657	36.4	30-40	197-263
Kırka-Eskişehir	520	28.8	25-26	130-135
Emet-Kütahya	620	34.4	30-40	186-248
Kestelek-Bursa	8	0.4	30-35	2.5-2.8
TOPLAM	1805	100.0		515.5-648.8

(İpekoğlu ve Polat, 1987)

### 1.2.7. Bor Cevherlerinin Zenginleştirilmesi

Bor cevherlerinin zenginleştirilmesi cevherin oluşma özelliğine ve zenginleştirmeden istenen amaca göre değişmektedir. Genelde bor cevherleri zenginleştirilerek ve nitelikleri yükseltilerek satışa sunulmaktadır. Zenginleştirme işleminden amaç, sadece  $B_2O_3$  tenörünü yükseltmektir. İçerisindeki arsenik ve kükürt gibi zararlı iz elementleri, fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile yapıdan uzaklaştırmak mümkün değildir. Bor cevheri konsantrasyonundan istenen tane iriliği zenginleştirme yöntemini belirler.

#### Tavuklama (Triyaj)

Bor cevherleri mineralleri ile gang mineralleri arasındaki renk ayrıcalığından yararlanılarak yapılan zenginleştirme yöntemidir. Ocakta veya ayıklama bandında yapılır. Bu tür zenginleştirme yöntemi bazen hazırlık, bazen ön zenginleştirme, bazen de sonuç zenginleştirme işlemi olarak uygulanabilir. Bu tür zenginleştirme parça konsantrasyon elde etmek için kullanılır. Küçük kapasiteli ve tane iriliği uygun işletmelerde kullanılır. Verim oldukça düşüktür. Elde olunan artık daha sonra değerlendirilmek üzere stok edilir. Genellikle insan emek gücüne dayandığı için, işçi ücretlerinin düşük olduğu yerlerde ekonomiklik kazanabilir.

#### Boyuta göre sınıflandırma ile Zenginleştirme

Boyut küçültme işlemleri sırasında Bor cevherini oluşturan mineraller dayanıklılık, kırılış şekli ve dilinim gibi yapısal özelliklerine bağlı olarak farklı büyüklük ve şekilde kırılabilirler değerli mineral iri kalırken gang minerali fazla ufalanabilir. Bu durumda boyuta göre sınıflandırma ile değerli mineral belirli ölçülerde zenginleştirilebilir. Bor cevherlerinde, kil minerali çok küçük boyutlara indiği halde diğer mineraller iri kalır. Cevher özelliklerine bağlı kalarak, ya doğrudan doğruya boyut küçültmeden sonra veya yıkama ve dağıtma gibi işlemleri izleyerek uygulanmaktadır.

Boyuta göre sınıflandırma ile zenginleştirmenin en çok karşılaşılan uygulamaları yıkama ve dağıtma işlemlerini de içermektedir. Genellikle sonuç zenginleştirmeden önce yapılan bir işlem, bazende sonuç zenginleştirme işlemi olarak görülür.

Ayıklama işlemi öncesinde yapılan yıkama, maden ocağından üretilen parça cevherlerin yüzeylerindeki toz ve kirin uzaklaştırılmalarını sağlar. Yıkama ve dağıtma, ile zenginleştirme işlemine sedimenter bor cevherleri çok uygundur. Bu bor cevherlerinin üstüne kil sıvaşmıştır. Bu killer yıkama ve dağıtma ile uzaklaştırılarak zenginleştirme yapılmaktadır. Bu tür zenginleştirme yöntemi ülkemizdeki bor cevherlerinde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Özgül ağırlık farkı ile zenginleştirme (ağır ortam ayırması)

Yer çekimi etkisi ile yapılan bu zenginleştirme yönteminde büyük iki etken, mineraller arasındaki özgül ağırlık farkı ve tane boyutlarıdır. Tane boyutları denetlenebildiği için asıl etken değerli ve gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farklarıdır. Ancak, ağır-ortam zenginleştirilmesinde bor mineralleri arasında çok az yoğunluk farkının olması nedeniyle istenilen düzeyde zenginleştirme sağlanamamaktadır. Ağır ortamın yoğunluğu ile bor mineralleri ile gang mineralleri arasında getirilmekte ve ayırım sağlanmaktadır. Ağır ortam zenginleştirmesinde uygun tane iriliği 0,5 - 20 mm olmaktadır. (Önal, 1980)

Sıvı - Sıvı Eksraksiyonu ile Zenginleştirme

Kerr-Mc Geenin westend Tesisinde karbonasyon prosesi kullanılır. Bu yöntemle kireç taşı kalsine edilerek CO<sub>2</sub> elde edilir. Bu gaz daha sonra karışık tuzlu sulardan soda külünü çökeltmede kullanılır. Reaksiyona uğramış olan sular tiknerlerden ve ısı değiştiricilerden geçerler. sonuçta Boraks, soğuk tuzlu suların girişi ile nötralizasyona uğrar ve kristalize olur. Daha fazla soğutulduğunda tuzlu sulardan sodyum sülfat kristallenir. Buradan elde edilen Boraks, borik asit üretimi için kullanılmaktadır.

Flotasyon yöntemi ile Zenginleştirme

Dünyada Amerikan Lathrop Kolemanit Tesisinde uygulanmıştır. Ocaktan kamyonlarla getirilen ve açıkta stoklanan kolemanit cevheri, kırma, eleme, öğütme, flotasyon, katı-sıvı ayırımı (tikner, filitre), kurutma ve kavurma işlemlerini içeren bir zenginleştirme yapılır. (American Borate, 1982)

## Kalsinasyon ile Zenginleştirme

Ayrıştırma sıcaklığına kadar (450°C) ısıtıldığında kolemanit yapısındaki suyun atılması sonucunda, ince toz halinde parçalanır. Bu özelliği kalsinasyonla zenginleştirme işleminin temelini oluşturur. Kalsinasyon işleminin sonucunda elde edilen kalsine ürün, eleme yada hava ile ayırma işlemine tabi tutularak kolemanitin kilden ayrılması sağlanır.  
(Oral, 1984)

### 1.2.8. Bigadiç Kolemanit İşletmesi Müessesesi (Etibank) Hakkında Genel Bilgiler

Etibank Bigadiç Kolemanit İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü, Balıkesir iline bağlı Bigadiç İlçesinin 12 km. kuzey doğusunda, Osmanca köyü mevkiinde kurulmuştur. İdari Tesisler ve Konsantratör Tesisi burada yer almaktadır.

Bigadiç Bor Yataklarının kapladığı alan pontid tektonik birliği içerisinde yer almaktadır. Havzanın temelinde paleozoyik yaşlı düşük dereceli metamorfizmaya uğramış metamorfizmalar, rekristalize kireç taşları ve serpantinitle mesozoyik yaşlı ofiyilitli seri kayalar oluşturur. Bunların üzerinde diskordansla gelen neojen yaşlı volkanik volkonosedimanter ve sedimanter kayalar yer alır. Borat yatakları burada teşekkül etmişlerdir. En üstte de pliyokuvaterner ve kuvaterner oluşuklar en genç örtü kayaları olarak dizilimi tamamlamaktadırlar.

Cevherleşme eğilimi, bölgenin tektoniğine bağlı olarak 10-40 derece arasında değişir. Bileşimde kolemanitten başka üleksit ve mayorhofferite rastlanmıştır. Oluşum biçimi olarak Emet ile aynıdır. Ancak yörede arsenik oluşumları çok düşüktür.

Eğim ve kalınlığa bağlı olarak yörede açık ve kapalı işletme uygulanmaktadır. İşletmede tüvenan cevher üretimi halen 6 kapalı ve bir adet te açık ocaktan yapılmaktadır.

Ocaklarda yaklaşık % 30 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü tüvenan kolemanit ve üleksit cevherleri üretilir. Ayrıca Ongünevi ocağında % 38 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü satılık tüvenan üleksit üretimi gerçekleştirilir.

Tüvenan cevher üretimi, şimdiye kadar ağırlıklı olarak kapalı işletmelerden gerçekleştirilmiştir. Kapalı ocakların yıllık üretimi 310.000 Ton civarındadır.

1985 yıl sonu itibariyle rezerv durumu 665.374.671 Ton olarak belirlenmiştir.

#### 1.2.8.1. Konsantre Cevher Üretim Metodu

Ocak içinden alınan örneklerin kimyasal ve elek analizleri ile düşük tenörlü tüvenan cevherlere uygulanan konsantrasyon testleri sonucunda cevherlerin yıkama, eleme ve triyaj suretiyle kil vs. empüritelerinden arındırılması ve  $B_2O_3$  tenörü bakımından zenginleştirilmesinin mümkün olduğu görülmüştür.

Tesis, yılda 600.000 ton tüvenan işleyerek (günde) 1.000 ton konsantre ürün elde edilmektedir. Konsantratör tesisi Mart-1980 yılında tamamlanarak fiilen üretime geçmiştir.

Faaliyette bulunan maden ocaklarından üretilen tüvenan kolemanit ve üleksit cevherleri ocak silo ve stoklarından kamyonlarla konsantratör üstü stok sahasına ve konsantratör tüvenan silosuna nakledilmektedir. Buradan konsantratöre beslenen tüvenan cevherler aşağıda izah edilen kırma ve yıkama ünitelerinden geçirilerek konsantre cevher haline getirilirler.

Silo ağzındaki sabit ızgaradan (3.8 x 4.9 m boyutunda, ızgara açıklığı 400 x 400 mm ve 93 ton/saat kapasiteli) geçirilerek tane büyüklüğü 400 mm ile sınırlandırılan cevher tüvenan silosunda (14,17 m<sup>3</sup>lük) stoklanır. Silo altından çelik paletli band (1.400 x 3.600 mm ebadında, 50-200 ton/saat ayarlanabilir kapasiteli) vasıtası ile alınan - 400 mm. ebadındaki malzeme sabit ızgaralı eleğe (93 ton/saat kapasiteli, 1.154x 2.200 ebadında, elek açıklığı 125 mm) verilir. Elek üstü (+125-400 mm) geneli kırıcıya (50-200 ton kapasiteli) verilir. Elek altı ve geneli kırıcıdan çıkan - 125 mm ebadındaki tüvenan cevher bant konveyör (900x 18.500 mm ebadında, 100 ton/saat kapasiteli) ve mekik konveyör (650 x 30.000 mm ebadında, 100 ton/saat kapasiteli) hızı 1.3 m/sn. vasıtasıyla

ıslatma havuzunun ( $500 \text{ m}^3 \times 4 \text{ Adet} = 2.000 \text{ m}^3$ ) boş gözüne aktarılır. Havuz su ile doldurulduktan sonra üzerine cevher verilip malzeme su ile ıslanır. Bir vardiya süresince kırılan cevher bir ıslatma havuzuna doldurulur. Cevher su altında 16-24 saat bırakılarak içinde bulunan kil ve benzeri gang materyali çözündürülür. Bu sırada küçük ahşap parçaları da yüzdürülmek suretiyle temizlenir.

Islatma havuzunda bekletilmiş olan ve suyu havuz dibindeki vana ve boru bağlantısı vasıtasıyla vibrör eleğin üstüne verilen malzeme, gezer köprü vinci (12 ton ve 7,5 ton kapasiteli, 2 Adet) yardımı ile bunkere (93 ton/saat) beslenir. Bunkerden varyatörlü besleyici vasıtası ile yıkama tamburuna (93 ton/saat) aktarılan cevher üzerine gerektiği kadar su verilir. Böylece kil sulu ortama geçer ve cevher kilden arındırılır, Yıkama tamburunu geçen ve kilden ayrılan malzeme tambur sonundaki salyan-goz vasıtasıyla tamburdan atılır. Tamburun çıkış tarafındaki, gövdeye tesbit edilen döner eleğe (konik, elek açıklığı 25 mm., 93 ton/saat kapasiteli) dökülen yıkanmış cevher elenirken bir su duğunun altından geçer ve yüzeylerdeki kirli sulardan arındırılır. Elek üzerinde kalan malzeme triyaj bandına (50 ton/saat kapasiteli) dökülür. Bu bant malzeme-yi 0,25 m/sn. hızla 25-125 mm konsantre ürün silolarına (2 Adet götürürken el ile triyaj işleminden geçirilir. Triyaj da cevher içindeki gang ve benzeri taşlar ayıklanarak triyaj bandının altında bulunan pasa bandına oradan da pasa silosuna atılır. Triyaj bandının üstünde kalan konsantre mekik konveyör (50 ton/saat kapasiteli, 1 m/sn. hızında) ile nihai ürün silolarına ( $135 \times 2 = 270 \text{ m}^3$ ) stoklanır. Nihai ürün ve pasa silolarındaki malzeme, silo diplerindeki kapak tertibatı ile kamyonlara yüklenir.

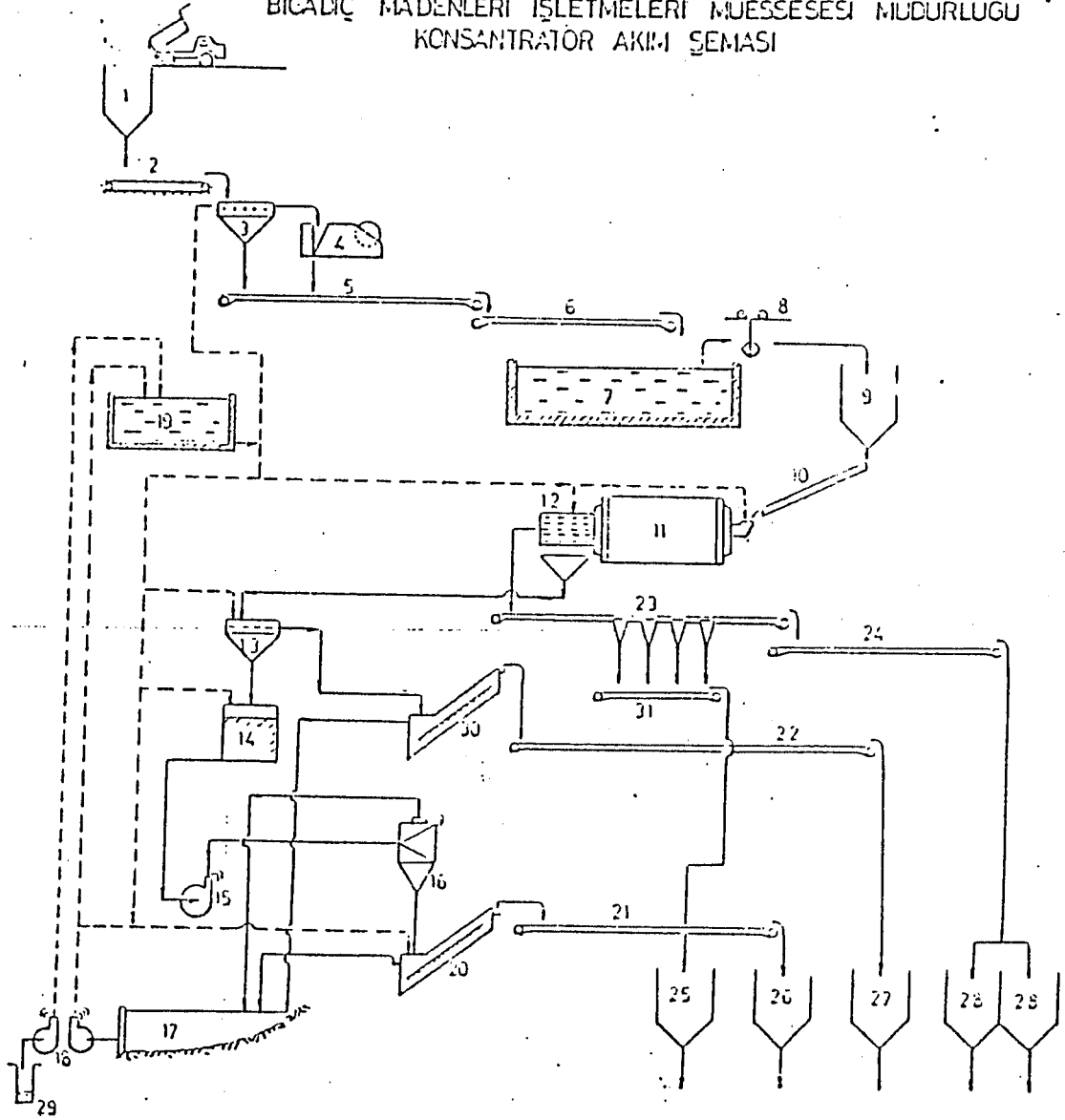
Yıkama tamburu eleğinden geçen - 25 mm ebatlı malzeme vibrör eleğe (50 ton/saat aktarılır) Vibrör elek açıklığı 3 mm. dir. Böylece 3 mm. den küçük malzeme sulu olarak elekte süzülüp alttaki tulumba havuzuna (24 ton/saat) geçer. Elek üstünde kalan malzemenin kilden tam arınması için elek üstüne bir su duşu konmuştur. Elek üstü 3-25 mm. ebadındaki malzeme duştan geçip fazla serbest suyunu bıraktıktan sonra klasifikatöre beslenir. Burada, cevher içinde bulunan küçük ahşap parçacıklar yüzdürülerek klasifikatör taşarından atılır. ve aynı zamanda cevherin



# AKIM ŞEMASI

## ETİBANK

### BİCADIÇ MADENLERİ İŞLETMELERİ MÜESSESESİ MÜDÜRLÜĞÜ KONSANTRATÖR AKIMI ŞEMASI



#### AKIM ŞEMASI HAYATINDA AÇIKLAMALAR

- 1-Şiş, 40 ton, çirş 12geçli
- 2-Flüvli besleyici, 1400x3600, 10 HP,  $\alpha = 0^\circ$
- 3-İşletmeli değir, 1154-2200, açıklık 125mm,  $\alpha = 40^\circ$
- 4-Çerçeli kırıcı, 500-650 çirş 400, çirş, 125 mm, 72 kw
- 5-Band konveyör, 500x18500,  $\alpha = 6^\circ$ , 5,5 kw
- 6-Çerçeli konveyör, 650x30000,  $\alpha = 0^\circ$ , 7,5 kw
- 7-Halma havuzu, 6000x10000x5000, 4 adet
- 8-Köprü vinçli, 7,5 w 12 tonluk, 2 adet (25.25 m)
- 9-İstak çevirer silosu (açıklık 150.150), 3500x3500
- 10-Kesici besleyici, varyatörlü, 4 kw
- 11-Yüksele taşıyıcı,  $\phi$  1600x6004, 45 kw
- 12-Tanımlı değir,  $\phi$  1600x1500, açıklık  $\phi$  22 mm, 45 kw
- 13-Tanımlı değir, 1572x3000, açıklık  $\phi$  2 mm, 10 HP,  $\alpha = 0^\circ$
- 14-Tanımlı değir, 3000x3500, 3250
- 15-Fujsa, 6.6" lik, 3 adet, 72 kw
- 16-Silolar, 4 adet,  $\phi$  300x150
- 17-Atık barajı, yığılma toprak set
- 18-Pumpa istasyonu, 5x6 kw 2 adet, 45 kw 3 adet (2 adet 45 kw keson kuyuda).

- 19-Su havuzu, 2500 m<sup>3</sup>
- 20-Klasifikatör,  $\phi$  500x7000, 4 kw,  $\alpha = 15^\circ$
- 21-Band konveyör, 650x27250,  $\alpha = 0^\circ$ , 4 HP
- 22-Band konveyör, 900x32500,  $\alpha = 4^\circ$ , 4 HP
- 23-Ayıklama barajı, 1300x34050,  $\alpha = 0^\circ$ , 3 HP
- 24-Çerçeli konveyör, 650x6500,  $\alpha = 0^\circ$ , 15 HP
- 25-Atık silosu, 50 ton, 6x6x6 m
- 26-Hazır ürün silosu (0.7-3mm), 50 ton, 6x6x6 m
- 27-Orta ürün silosu (3-25mm), 50 ton, 6x6x6 m
- 28-İri ürün silosu (25-125mm), 50 ton, 2 adet, 6x6x6 m
- 29-Keson kuyusu, 2 adet
- 30-Klasifikatör,  $\phi$  500x500, 11 kw,  $\alpha = 0^\circ$
- 31-Fujsa barajı, 650x10000,  $\alpha = 0^\circ$ , 3 HP

yüzeysel temizliği yapılır. Klasifikatör çıkışı bant konveyörle (26 ton/saat) 3-25 mm. konsantre ürün silosuna (135 m<sup>3</sup>) nakledilir.

Tulumba havuzuna gelen elek altı malzemesi kum tulumbası (24 ton/saat) marifetiyle siklon grubuna (4 Adet) aktarılır. - 100 mesh boyutunda olan siklon üstü, artık barajına sevk edilir. (99.4 ton/saat) siklon altı ise spiral klasifikatöre (14.6 ton/saat) beslenir. Klasifikatöre ayrıca temiz su ilave edilerek siklon altının içerdiği kil oranı azaltılır. Spiral klasifikatörden taşan şlam, siklon üstü ile birleştirilerek artık barajına verilir. Klasifikatör çıkışı ise - 3 mm. konsantre olarak bant konveyörle (14 ton/saat) nihai ürün silosuna (135 m<sup>3</sup>) stoklanır.

Artık suları ve beraberinde taşıdığı - 0.2 mm. boyutundaki katı malzeme artık barajlarında biriktirilir. Barajların üstünde durulaşan su tulumbalarla (115 m<sup>3</sup>/saat, 2 Adet) deposuna beslenir. ve bu su tesiste tekrar kullanılır. Ayrıca tesis için su, simav çayı kenarındaki keson suyundan da 85 m<sup>3</sup>/saat kapasiteli tulumba ile temin edilir.

1980 yılında işletmeye alınan 210.000 m<sup>3</sup> , I. Artık barajı 1983 yılında dolmuştur. Yaklaşık 1.000.000 m<sup>3</sup> kapasiteli II. Artık barajı Ekim-1983 yılında devreye girmiştir.

Kolemanit konsantrasyonunda konsantre ürünler üç ayrı fraksiyonda 25-125 mm., 3-25 mm. ve 0.2-3 mm. olarak ayrı ayrı stoklanmakta ve ayrı olarak satışa sunulmaktadır.

Üleksit konsantrasyonunda, 25-125 mm ve 3-25 mm büyüklükleri parça yapıлып 3-125 mm. ve ayrıca 0.2-3 mm olarak stoklanır.

Konsantratöre giren tüvenan cevherin ortalama tenörü % 30 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> civarındadır.

Konsantrasyon işlemi sonucunda konsantre ürünlerin ortalama tenörü ise şu şekilde gerçekleşir.

	<u>% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>
25 - 125 mm. Kolemanit	42
3 - 25 mm. "	36
0.2- 3 mm "	27

% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

3 - 125 mm. Üleksit

38

0.2- 3 mm. "

26

(Etibank Bigadiç, 1986)

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Bigadiç Kolemanit Cevheri (- 3 mm fraksiyonu) Artıklarının Değerlendirilmesi

#### 2.1.1. Deneysel Çalışmalar :

Etibank Bigadiç Kolemanit Konsantratör Tesisinin - 3 mm. fraksiyonu düşük tenörlü olması nedeniyle satışı yok denecek kadar azdır. Bu nedenle, ileride değerlendirilerek satılabilir konsantre ürün haline getirileceği düşünülerek 8 yıldan bu yana 650.000 ton artık birikmiş durumdadır.

Buradan getirilen numune (50 kg) oda sıcaklığında kurutulduktan sonra numune bölücü ve konileme dörtleme yöntemi ile 2,5'er kg.lık bölümlere ayrılarak torbalanmış, deneylerde bu numuneler kullanılmıştır.

Önce 2,5'er kg.lık - 3 mm kolemanit artığından temsili numune alınarak aşağıdaki çeşitli kimyasal analizler yapılmıştır.

<u>İçerik</u>	<u>(%)</u>
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.30
SO <sub>3</sub>	1.60
SiO <sub>3</sub>	18.13
CaO	26.25
MgO	5.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.36

Numunenin mineralojik özellikleri ise şöyledir.

Bigadiç Bor yataklarındaki ana bor minerali kolemanit ve az miktarda da

üleksittir. Büyük miktardaki gang mineralinin ise kil (montmorilonit), karbonat (kalsit, dolomit) ve silikatlardan (kuvars, hornblent, olivin, byotit, muskovit) oluştuğu anlaşılmış, ayrıca tali mineral olarak hematit, limonit ve götit saptanmıştır.

Oda sıcaklığında kurutulmuş 2,5 kg.lık numune yaş ve kuru bir seri elek analizine tabii tutularak boyut dağılımı saptanmıştır. (Tablo 1) daha sonra diğer çalışmalarda, seçilen elek grupları kullanılarak B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve SO<sub>3</sub> analizleri yapılmıştır.

TABLO 1 - Numunenin Yaş ve Kuru Elek Analizi

Elek boyutu (mm)	Kuru Elek Analizi	Yaş Elek Analizi
	% Ağırlık	% Ağırlık
+ 2	28.74	24.79
- 2 + 1	25.85	22.82
- 1 + 0.6	24.29	21.70
-0.6+0.25	14.60	11.30
-0.25+0.074	4.62	7.21
-0.074	2.10	12.18
TOPLAM	100.00	100.00

TABLO 2 - Numunenin Yaş elek Analizi Sonuçları

(%)					
Elek boyutu (mm)	Ağırlık	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	SO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub> verimi
+ 2	24,79	29.85	33.18	1.46	22.62
- 2 + 1	22.82	28.40	29.06	1.47	20.97
- 1 + 0.6	21.70	26.43	25.72	1.50	20.34
-0.6+ 0.25	11.30	15.70	7.90	1.66	11.72
-0.25+0.074	7.21	9.30	3.00	1.67	7.53
-0.074	12.18	1.93	1.14	2.21	16.82
TOPLAM	100.00	22.30	100.00	1.60	100.00

Yapılan zenginleştirme deneyleri, numunenin killerden arındırılması amacıyla karıştırma, suda bekletme ayrıca jipsten ( $\text{CaSO}_4$ ) ileri gelen kükürtüm uzaklaştırılması ve killerden arındırılması amacıyla da ısıt işlemler uygulanmıştır.

Suda bekletme deneyinde 2,5 kg. lık numune, bekletme süreleri değiştirilerek (4 ve 8 saat) suda bekletilmiş ve daha sonra yağ olarak elek analizi,  $\text{B}_2\text{O}_3$  ve  $\text{SO}_3$  analizleri yapılmıştır. (TABLO 3 ve 4)

Karıştırma işlemleri ise pervaneli laboratuvar tipi karıştırıcı kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde karıştırma hızı, karıştırma zamanı pülüp yoğunluğu değiştirilerek tane boyutu sabit tutulmuştur. (- 3 mm) (altındaki numune) en iyi sonuç seçilerek diğer deneylerde uygulanmıştır. (Tablolar 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15'de gösterilmiştir).

Isıt işlemlerde, önce numuneyi hiç bir işleme sokmadan 2,5 kg.lık numune dörde bölünerek her biri belli sıcaklıklarda (160 ve 190°C'de) ve değişik zamanlarda (15,30,60 dk.da) zamanlarda laboratuvar tipi Etüvde bekletilerek kuru elek analizi  $\text{B}_2\text{O}_3$  ve  $\text{SO}_3$  analizleri yapılmıştır. (TABLO 16,17,18,19)

İkinci olarak aynı koşullarda yapılan ısıt işlemler yağ olarak elenmiştir. 105°C'de etüvde kurutulularak analizleri yapılmıştır. (TABLO 20,21,22,23).

Bir başka deneysel çalışma olarak da numuneye iki aşamalı zenginleştirme işlemi yapılarak karıştırma ve ısıt işlemler birlikte uygulanmıştır. Bir bölümde önce karıştırma daha sonra da ısıt işlemler uygulanmış (TABLO 24,25,26) diğer bir bölümünde de önce ısıt işlemler daha sonrada karıştırma uygulanmıştır. (TABLO 27)

Ön zenginleştirmeyi içeren kalsinasyon işlemlerinden önce karıştırma işlemi (700 d/dak., % 60 katı, 10 dk) yapılarak - 0,075 mm.lık elekten elenen numunenin % 71,20'si ön konsantre, % 28.80'i ise şlam olarak ayrılmıştır.

Elek üzerinde kalan ön konsantre % 30.76  $\text{B}_2\text{O}_3$  ve % 1.34  $\text{SO}_3$  içermekte olup kalsinasyon deneylerinde bu tenörler gözönüne alınmıştır.

Değişik sıcaklık ve sürelerde yapılan diğer ısıtma işlemleri sırasında 350,400,450,500°C sıcaklıklar ve 15-20 dakikalık sürelerde kristal suyu ve uçucu gazların açığa çıkması dolayısıyla meydana gelen ağırlık kayıpları hesaplanarak bulunmuştur. Metalürjik denge diyagramlarından ağırlık kayıpları çıkartılarak ve ağırlık % 100'e tamamlanarak elek analizleri ile % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % SO<sub>3</sub> analizleri yapılmıştır. (Tablo 28, 29, 30, 31)

#### Kimyasal Analizler :

Kolemanit numunesinde yapılan kimyasal analizlerden Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CaO, MgO, SiO<sub>3</sub> ve SO<sub>3</sub> analizleri gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO analizleri yapılırken R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> süzütüsü sırayla kullanılmıştır. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> analizi ise spektrofotometrik yöntemle kolorimetrik olarak yapılmıştır.

Deneysel Çalışmalarda Yapılan Kimyasal Analizler ;

B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Analizi : Titrimetrik (volümetrik) olarak şu şekilde yapılmıştır.

Porselen havanda 0,15 mm (100 mesh) altına indirilen numune etüvde 100-110°C'de 1-1.5 saat bekletildikten sonra desikatörde soğutulur. 0,5-1 gr. arasında tartım alınır. 400 cc'lik behere konur. 50 ml. saf su ilave edilir. Üzerine 5 ml. derişik HCl ilave edilir. Saat camı kapatılarak kaynama noktasına kadar ısıtılır. (3-4 dk.) Birkaç damla metil kırmızısı ilave edilir. Bürete konulan 6 N. NaOH ile metil kırmızısına karşı nötralleştirilir. Bu esnada çözeltilinin rengi sarıya döner. ve çökelek oluşur. Daha sonra tekrar kaynama noktasına kadar kaynatılır. Siyah bant süzgeç kağıdından 250 ml.lik balon jöjeye süzülür. ve 250 ml.ye tamamlanır. Çökelek atılır. Bu çözeltiden behere 25-30 ml. alınır. 50 ml.ye kadar saf su ilave edilir. Birkaç damla seyreltik HCl çözeltisi ile numune asidik yapılır. Metil kırmızısı rengi olduğu an damlatmaya son verilir. Bu esnada karıştırmaya devam edilir. Bürete konulan ayarlı 0,5 N. NaOH ile numunenin renk tekrar sarıya dönene kadar titre edilir. Bu esnada 8-10 damla Fenol Ftole ve 1-2 kaşık mannit ilave edilir. Oluşan pembemsi renk birkaç damla 0,5 N NaOH çözeltisi ile sarıya döndürülür. Büret NaOH miktarı okumaya ayarlanır. Bürettteki ayarlı 0,5 N. NaOH çözeltisi ile renk soğan kabuğu kırmızısına olana kadar titre edilir. Tekrar 1-2 kaşık mannit ilave edilir. Renk değişmiyorsa titrasyon bitmiştir. Renk değişiyorsa (sarıya dönerse) titrasyona devam edilir. NaOH sarfiyatından % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hesaplanır.

$$\% B_2O_3 = \frac{0,01741 \times f \times s \times sf}{t} \times 100$$

F = Faktör

s = Sarfiyat (ml)

sf = Seyreltme faktörü

t = Tartım (gr)

SO<sub>3</sub> Analizi : 100-110°C'de etüvde kurutulduktan sonra soğutulan kolemanit numunesinden yaklaşık 1 gr. tartılır. 400 cc'lik behere konur. Üzerine 1 hacim HNO<sub>3</sub>, 3 hacim HCl ilave edilerek kuruluğa kadar ısıtılır. Soğuduktan sonra üzerine % 10'luk HCl'den 100 ml. ilave edilir. 5-10 dk. kaynatılır. Soğuduktan sonra orta bant süzgeç kağıdından 250 ml.lik balon jojeye süzülür. 250 ml.ye tamamlanan bu süzüntüden 100 ml. alınır. Kaynama noktasına kadar ısıtılır. Bu sıcaklıkta tutularak % 10' luk sıcak BaCl<sub>2</sub> çözeltisinden ilave edilir. Pipetle damla damla (10-15 ml) BaSO<sub>4</sub>'u çöker. Meydana gelen çökelek 80-90°C'de su banyosunda 2 saat kadar tutularak bir gece bekletilir. Daha sonra mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek çökelek tartımı belli olan bir krozede 900°C'de kızdırılır. Bu sıcaklıkta 1 saat kadar bekletilir ve tartılır. Bu tartıma "A" ve örnek tartıma "W" denirse formülden % SO<sub>3</sub> hesaplanır.

$$\% SO_3 = \frac{0,3430 \times A \times \frac{250}{100}}{W} \times 100$$

TABLO 3 - 4 Saat Suda Bekletilen Numunenin Analizleri

E.B. (mm)	% Ađ.	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+2.0	24.00	30.07	32.36	1.44	21.61
-2.0 +1.0	22.45	28.36	28.55	1.47	20.63
-1.0 +0.6	21.50	27.00	26.03	1.49	20.02
-0.6 +0.25	11.64	16.13	8.42	1.56	11.35
-0.25+0.074	8.00	9.44	3.39	1.68	8.40
-0.074	12.41	2.24	1.25	2.23	18.00
TOPLAM	100.00	22.30	100.00	1.60	100.00

TABLO 4 - 8 Saat suda bekletilen Numunenin Analizleri

E.B. (mm)	% Ađ.	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	23.03	31.00	32.01	1.41	20.30
- 2.0 + 1.0	21.00	29.00	27.31	1.45	19.02
- 1.0 + 0.6	20.37	27.15	24.80	1.49	18.96
- 0.6 + 0.25	13.30	17.20	10.25	1.53	12.70
-0.25 +0.074	9.12	10.00	4.10	1.65	9.41
-0.074	13.18	2.59	1.53	2.38	19.61
TOPLAM	100.00	22.30	100.00	1.60	100.00



KARIŞTIRMA DENEYLERİ

TABLO 5 - 600 d/dak.'da 10 dk. Karıştırma işlemi

(%) 40 Katı			
E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2	23.08	31.60	32.71
- 2 + 1	21.16	30.72	29.15
- 1 + 0.6	17.32	27.03	20.99
- 0.6 + 0.25	11.70	19.50	10.23
- 0.25 + 0.074	8.48	15.36	5.84
- 0.074	18.26	1.32	1.08
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 6 - 600 d/dak.da 10 Dk. Karıştırma İşlemi

(%) 50 Katı			
E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2	22.20	32.57	32.42
- 2 + 1	20.73	31.38	29.08
- 1 + 0.6	17.00	28.05	21.38
- 0.6 + 0.25	10.69	20.00	9.59
- 0.25 + 0.074	8.07	16.22	5.82
- 0.074	21.30	1.74	1.66
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 7 : 600 d/dak.da 10 dk. (% 60 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	21.76	33.14	32.34
- 2.0 + 1.0	19.60	31.81	28.05
- 1.0 + 0.6	17.00	28.50	21.73
- 0.6 + 0.25	10.64	20.87	9.96
- 0.25 + 0.074	8.00	16.51	5.97
- 0.074	23.00	1.89	1.95
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 8 : 600 d/dak.da 20 dk. (% 40 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	23.00	32.07	33.07
- 2.0 + 1.0	21.00	30.88	29.08
- 1.0 + 0.6	16.97	27.00	20.54
- 0.6 + 0.25	11.60	19.50	10.14
- 0.25 + 0.074	8.30	15.60	5.80
- 0.074	19.13	1.57	1.34
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 9 : 600 d/dak.da 20 dk. (% 50 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	21.72	33.45	32.58
- 2.0 + 1.0	19.68	32.00	28.24
- 1.0 + 0.6	16.85	28.26	21.36
- 0.6 + 0.25	10.46	20.99	9.85
- 0.25 + 0.074	8.47	16.70	6.36
- 0.074	23.15	1.55	1.61
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 10 : 600 d/dak.da 20 dk., (% 60 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	21.16	34.00	32.26
- 2.0 + 1.0	19.34	32.10	27.84
- 1.0 + 0.6	15.80	29.14	20.95
- 0.6 + 0.25	10.40	21.25	10.91
- 0.25 + 0.074	8.00	17.00	6.29
- 0.074	25.30	1.39	1.68
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 11 : 700 d/dak.da 10 dk., (% 50 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	20.50	34.82	32.00
- 2.0 + 1.0	18.86	33.35	28.20
- 1.0 + 0.6	16.13	30.26	21.85
- 0.6 + 0.25	10.15	22.30	10.15
- 0.25 + 0.074	7.76	18.10	6.28
- 0.074	26.60	1.30	1.52
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 12 : 700 d/dak. da 10 dk., (% 60 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	20.00	35.10	31.48
- 2.0 + 1.0	18.60	33.45	27.90
- 1.0 + 0.6	16.11	30.88	22.24
- 0.6 + 0.25	10.10	22.46	10.15
- 0.25 + 0.074	7.74	19.25	6.58
- 0.074	27.45	1.34	1.65
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 13 : 700 d/dak.da 20 dk., (% 40 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	22.45	32.72	32.94
- 2.0 + 1.0	20.10	31.50	28.39
- 1.0 + 0.6	17.00	27.23	20.75
- 0.6 + 0.25	11.30	20.76	10.52
- 0.25 + 0.074	8.43	16.28	6.19
- 0.074	20.72	1.30	1.20
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 14 : 700 d/dakbda 20 dk., (% 50 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	21.97	34.09	33.59
- 2.0 + 1.0	19.18	32.00	27.58
- 1.0 + 0.6	16.25	29.50	21.19
- 0.6 + 0.25	10.30	21.74	10.00
- 0.25 + 0.074	8.00	17.60	6.31
- 0.074	24.30	1.59	1.73
TOPLAM	100.00	22.30	100.00

TABLO 15 : 700 d/dak.da 20 dk. ( % 60 Katı) Karıştırma İşlemi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi
+ 2.0	20.90	34.45	32.10
- 2.0 + 1.0	19.24	33.00	28.53
- 1.0 + 0.6	16.20	29.71	21.65
- 0.6 + 0.25	10.15	22.00	10.01
- 0.25 + 0.074	7.75	18.00	6.25
- 0.074	25.76	1.26	1.44
TOPLAM	100.00	22,30	100.00

ISIL İŞLEMLER

TABLO 16 : (160°C'de 60 dk.) Kuru Elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	55.29	24.82	59.07	1.56	54.52
- 1.0 + 0.21	38.49	23.05	38.18	1.57	38.88
- 0.21 + 0.074	6.22	10.26	2.75	1.69	6.60
TOPLAM	100.00	23.23	100.00	1.60	100.00

TABLO 17 : (190°C'de 15 dk.) Kuru elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	54.02	25.00	57.46	1.54	53.57
- 1.0 + 0.21	39.28	23.55	39.37	1.56	39.43
- 0.21 + 0.074	6.70	11.08	3.17	1.63	7.00
TOPLAM	100.00	23.50	100.00	1.55	100.00

TABLO 18 : (190°C'de 30 dk.) Kuru Elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	51.26	25.68	54.15	1.51	50.45
- 1.0 + 0.21	41.26	24.43	41.47	1.55	41.68
- 0.21 + 0.074	7.48	14.20	4.38	1.61	7.87
TOPLAM	100.00	24.31	100.00	1.54	100.00

TABLO 19 : (190°C'de 60 dk.) Kuru Elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağırlık	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	49.38	26.45	51.89	1.48	48.40
- 1.0 + 0.21	42.78	25.29	42.98	1.54	43.63
- 0.21 + 0.074	7.82	16.37	5.13	1.58	7.97
TOPLAM	100.00	25.17	100.00	1.51	100.00

TABLO 20 : (160°C'de 60 dk) Yaş Elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağ.	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	52.96	28.65	29.83	1.41	50.79
- 1.0 + 0.21	39.59	23.35	36.35	1.53	41.21
- 0.21 + 0.074	7.45	13.00	3.82	1.63	8.05
TOPLAM	100.00	23.38	100.00	1.47	100.00

TABLO 21 : (190°C'de 15 dk) Yaş Elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağ.	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	51.71	29.20	57.72	1.40	49.39
- 1.0 + 0.21	40.43	24.48	37.83	1.52	42.00
- 0.21 + 0.074	7.86	14.76	4.45	1.63	8.61
TOPLAM	100.00	26.16	100.00	1.46	100.00

TABLO 22 : (190°C'de 30 dk.) Yaş Elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağ.	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	49.88	29.74	55.13	1.37	48.12
- 1.0 + 0.21	41.38	25.80	39.67	1.44	41.96
- 0.21 + 0.074	8.74	16.00	5.20	1.61	9.92
TOPLAM	100.00	26.91	100.00	1.42	100.00

TABLO 23 : (190°C'de 60 dk) Yaş Elek Analizi

E.B. (mm)	% Ağ.	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> verimi	% SO <sub>3</sub>	% SO <sub>3</sub> verimi
+ 1.0	45.50	31.00	50.45	1.35	44.84
- 1.0 + 0.21	44.15	27.12	42.82	1.34	43.30
- 0.21 + 0.074	10.35	18.20	6.73	1.57	11.86
TOPLAM	100.00	27.96	100.00	1.37	100.00

KARIŞTIRMA ve KALSINASYON DENEY SONUÇLARI

TABLO 24 : Karıştırma Deneyi(Ön Konsantre)

Elek Boyutu (mm)	MIKTAR	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SO <sub>3</sub>	
		%	verim%	%	verim%
+ 1.000	56.72	33.23	61.27	1.25	52.80
- 1.000 + 0.210	38.45	28.49	35.50	1.43	40.94
- 0.210 + 0.074	4.83	20.56	3.23	1.74	6.26
TOPLAM	100.00	30.76	100.00	1.34	100.00

TABLO 25 : Karıştırma deneyi sonrası 160°C'de 15 dk. Kalsinasyon Deneyi

+ 1.000	56.50	33.00	60.25	1.27	53.66
- 1.000 + 0.210	38.65	29.20	36.46	1.39	40.18
- 0.210 + 0.074	4.85	20.97	3.29	1.70	6.16
TOPLAM	100.00	30.95	100.00	1.34	100.00

TABLO 26 : Karıştırma deneyi sonrası (160°C'de 30 dk) Kalsinasyon Deneyi

+ 1.000	56.20	32.81	58.80	1.28	53.87
- 1.000 + 0.210	38.91	29.97	37.19	1.38	40.22
- 0.210 + 0.074	4.89	25.76	4.01	1.64	6.01
TOPLAM	100.00	31.36	100.00	1.34	100.00

TABLO 27 : Kalsinasyon sonrası (190°C'de 60 dk) Karıştırma Deneyi

+ 1.000	55.31	32.26	56.52	1.29	53.67
- 1.000 + 0.210	39.70	31.28	39.34	1.35	40.33
- 0.210 + 0.074	4.99	26.23	4.14	1.60	6.00
TOPLAM	100.00	31.57	100.00	1.33	100.00

TABLO 28 : 350°C'de Yapılan Kalsinasyon Deney Sonuçları

SÜRE Dk.	ELEK BOYUTU (mm)	MİKTAR %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SO <sub>3</sub>	
			%	Verim %	%	Verim %
15	+1.000	54.58	30.28	51.33	1.39	57.13
	-1.000 +0.200	40.36	34.60	43.37	1.25	37.99
	-0.200 +0.075	5.06	33.74	5.30	1.25	37.99
	TOPLAM	100.00	32.20	100.00	1.33	100.00
30	+1.000	48.02	28.70	42.52	1.44	52.44
	-1.000 +0.200	45.68	35.80	50.46	1.21	41.92
	-0.200 +0.075	6.30	36.07	7.02	1.18	5.64
	TOPLAM	100.00	32.41	100.00	1.32	100.00

TABLO 29 : 400°C'de Yapılan Kalsinasyon deney sonuçları

SÜRE Dk	ELEK BOYUTU (mm)	MİKTAR %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SO <sub>3</sub>	
			%	Verim %	%	Verim %
15	+1.000	41.14	26.85	33.49	1.48	46.76
	-1.000 +0.200	48.71	36.96	54.59	1.19	44.51
	-0.200 +0.075	10.15	38.70	11.91	1.12	8.73
	TOPLAM	100.00	33.00	100.00	1.30	100.00
30	+1.000	29.42	20.50	17.85	1.74	40.33
	-1.000 +0.200	52.10	37.72	58.16	1.16	47.61
	-0,200 +0.075	13.80	40.85	16.68	0.89	9.67
	-0.075	4.68	52.74	7.30	0.65	2.39
	TOPLAM	100.00	33.79	100.00	0.65	2.39



TABLO 30 : 450°C'de Yapılan Kalsinasyon deney sonuçları

SÜRE Dk	ELEK BOYUTU mm	MİKTAR %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SO <sub>3</sub>	
			%	Verim %	%	Verim %
15	+1.000	28.30	17.60	14.48	1.87	43.01
	-1.000 +0.200	41.34	33.26	39.98	1.23	41.33
	-0.200 +0.075	19.31	49.37	27.71	0.70	10.99
	-0.075	11.05	55.50	17.83	0.52	4.67
	TOPLAM	100.00	34.40	100.00	1.23	100.00
30	+1.000	27.16	13.35	10.33	1.96	44.78
	-1.000 +0.200	36.49	32.47	33.75	1.24	38.07
	-0.200 +0.075	22.37	52.47	33.44	0.63	11.86
	-0.075	13.98	56.44	22.48	0.45	5.29
	TOPLAM	100.00	35.10	100.00	1.19	100.00

TABLO 31 : 500°C'de Yapılan Kalsinasyon deney sonuçları

SÜRE Dk	ELEK BOYUTU mm	MİKTAR %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		SO <sub>3</sub>	
			%	Verim %	%	Verim %
15	+1.000	25.66	8.47	6.15	2.02	45.11
	-1.000+0.200	33.00	29.54	27.61	1.32	37.91
	-0.200+0.075	26.75	55.92	42.36	0.50	11.64
	-0.075	14.59	57.74	23.86	0.42	5.34
	TOPLAM	100.00	35.31	100.00	1.15	100.00
30	+1.000	25.00	4.62	3.23	2.10	46.27
	-1.000+0.200	28.65	26.87	21.52	1.44	36.36
	-0.200+0.075	29.83	57.34	47.79	0.45	11.84
	-0.075	16.52	59.50	27.46	0.38	5.53
	TOPLAM	100.00	35.79	100.00	1.13	100.00

## 2.2. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bigadiç kolemanit artıkları (-3 mm) , % 22,30 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 1,60 SO<sub>3</sub> içermektedir. Esas bor minerali kolemanit yanında az miktarda üleksit de bulunmaktadır.

Artığın % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörünü yükseltmek ve % SO<sub>3</sub>'i düşürmek için uygulanan ilk işlem yıkama, dağıtma ve eleyerek boyuta göre ayırma olmuştur. Böylece % 22,3 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olan artık tenörü % 30,76'ya çıkarılmış, % 1,60 olan SO<sub>3</sub> tenörü ise % 1,34'e düşürülmüştür.

Numunenin yaş elek analizi - 3 + 0,25 mm boyut aralığındaki % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörü 26,54 verimi % 88,77, % SO<sub>3</sub> tenörü 1,47 verimi ise % 75,65 olarak bulunmuştur.

Numunenin suda 4-8 saat bekletilmesi ile elde edilen sonuçlara göre zenginleştirme konusunda diğer yöntemlere nazaran etkili olmamıştır. Suda fazla bekletmenin killeri çözündürmede bir miktar etkisi olmuştur.

Kolemanit artığındaki % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörünün fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile indirgenmesinin mümkün olmadığı yapılan literatür araştırmaları sonucu görülmüştür. Bu nedenle istenilen saflıkta zenginleştirme sağlayabilmek amacı ile ısıtma işlemleri denenmiştir. Kolemanit ve üleksit gibi bor mineralleri 5-8 mol. arasında su içermektedir. Bu mineraller 265-500°C arasında suyunu kaybederek ayrılmaktadırlar. Kalkerin karbonat, jibsin sülfat, dekompozisyonunu 600-900°C gibi daha yüksek sıcaklıklarda olduğundan düşük sıcaklıklarda ısıtma yoluyla bor minerallerinin suyu kaybedilerek tercihen ince boyutlara geçmesi kalsinasyon yönteminin prensibini oluşturmaktadır.

Isıl işlemlerde önce doğrudan ısıtma işlemi yapılarak kuru ve yaş elek analizleri yapılmıştır. Burada kuru eleme ile zenginleştirmenin yok denecek kadar az ve yaş eleme ile bir miktar zenginleştirmenin ve iri tane boyutundan ince tane boyutuna doğru bir miktar artış gözlenmiştir.

Yapılan deneylerin sonucu olarak Bigadiç Kolemanit artıklarının yıkama ve dağıtma ile ön zenginleştirme işlemine takiben kalsinasyon ile zenginleştirilmesi öngörülmüştür. Ön konsantreler değişik zaman aralıklarında (15,30,60 dk.) ve sıcaklık derecelerinde (160,190,350,400,450,500°C) ısıtılmışlardır. Isınma işlemi sonucunda numunenin ağırlık kaybı % 1-17 oranında olmuştur.

Isıl işlem sonucu elde edilen numunelerin 1.0 ; 0.2 ; 0.075 mm. açıklıklı eleklerden elenmesi sonucu ince boyutta %  $B_2O_3$  tenörünün yükseldiği %  $SO_3$  tenörünün ise azaldığı görülmüştür. Isıl işlem deneylerinin bir özelliği de numunelerde bulunan kükürdün bir kısmının uçucu kısımlarla uzaklaştırılmış olmasıdır.

Kalsinasyon deneylerinde en uygun sonuca ;  $500^{\circ}C$ 'ta 30 dk. ısıtma -0.20 mm boyutundaki kalsine cevherde ulaşılmıştır. (Tablo, 31) Tabloda görüldüğü gibi cevherin % 46,35'i, % 58,11  $B_2O_3$  tenörlü ve % 75,25 bor kazanma verimi ile elde edilmektedir. Bu konsantrenin %  $SO_3$  içeriği ise 0,43'e kadar düşürülmüştür.

Yapılan deneylerin sonucu olarak, Bigadiç Kolemanit artıklarının yıkama ve dağılma ile ön zenginleştirme işlemini takiben kalsinasyon ile zenginleştirilmesi uygun görülmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

American Borat Company, 1982

Dündar, A. 1984, Kütahya Emet Bor Tuzu Yatakları Raporu,  
M.T.A. Enstitüsü Endüstriyel Hammaddeler Dairesi Başkanlığı.

Ersoy, H. Polat, O., 1976 Türkiye Bor Mineralleri Envanteri, M.T.A.  
Yayınlarından, No : 162

Etibank Bigadiç Madenleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü,  
Bor Cevherleri Konusunda Genel Bilgiler ve Müessese Faaliyetleri,  
Ağustos 1986.

Etibank Kırka Boraks İşletmesi Teknik Raporları, 1984.

Göncü, N., 1982, Dünyada ve Türkiye'de Metal ve Mineral Kaynaklarının  
Potansiyeli Ticareti, Beklenen Gelişmeleri, 10 Bor Mineralleri,  
M.T.A. Yayınlarından, No. 187

İpekoğlu, Üner., Polat, Mehmet., Mart 1987., Bor Endüstrisine Genel  
Bakış, Madencilik Dergisi.

Oran, B., 1984, Emet Kolemanit Yıkama Tesis Artıkları ve Düşük Tenörlü  
Kolemanit Cevherinin " Kalsinasyon" Yöntemiyle Zenginleştirilmesi,  
Etibank Bülteni, Sayı : 66

Önal, G., 1980, Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirilme  
Yöntemleri., İ.T.Ü. Yayınlarından, No : 1156.