

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERLİT ADSORPSİYONU KATKISIYLA SIVI BORLU
SUDAN HELEZON SİSTEMİYLE BOR ARITIMININ
TEKNOLOJİK ARASTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Sinan Mehmet TURP

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tech. Sci. Mirali S. ALOSMAN

OCAK 2004

152730

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERLİT ADSORPSİYONU KATKISIYLA SIVI BORLU
SUDAN HELEZON SİSTEMİYLE BOR ARITIMININ
TEKNOLOJİK ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Sinan Mehmet TURP

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mirali S. ALOSMAN

Bu tez 27/01/2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mirali S. ALOSMAN
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Recep İLERİ
Jüri Üyesi

Prof. Lütfü SALTABAŞ
Jüri Üyesi

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması süresince her türlü teşvik ve fedakarlığı gösteren, bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Tech. Sci. Mirali S. ALOSMAN' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmayı hazırlama aşamasında benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli aileme çok teşekkür ederim.

Sinan Mehmet TURP

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER.....	vii
KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
BOR HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	3
2.1 Bor Elementini Periyodik Cetveldeki Yeri ve Özellikleri.....	3
2.2 Bor Mineralleri ve Rezervleri	3
2.2.1 Önemli bor mineralleri.....	3
2.2.2 Bor rezervleri.....	4
2.3 Bor Bileşiklerinin Kullanım Alanları ve Özellikleri.....	4
2.3.1 Cam ve cam elyafı sanayi.....	4
2.3.2 Temizleme ve beyazlatma sanayi.....	5
2.3.3 Seramik ve emaye sanayi.....	5
2.3.4 Tekstil sanayi.....	6
2.3.5 Metalürji sanayi.....	6
2.3.6 Tarım sanayi.....	6
2.3.7 Nükleer sanayi.....	7

2.4 Dünya Bor Piyasasının Yapısı.....	8
2.5 Dünya Bor Üretimi,Tüketimi ve Ticareti.....	9
2.5.1 Dünya bor üreticileri ve kapasiteleri.....	9
2.5.2 Dünya bor ticareti.....	10
2.5.3 Dünyada ve Türkiye’de bor ekonomisi.....	11
2.6 Türkiye’de Bor.....	13
2.6.1 Türkiye’deki bor madeninin geçmişi ve bugünkü durumu.....	13
2.6.2 Türkiye’deki önemli bor yatakları.....	14
2.6.1.1 Eskişehir-Kırka tinkal yatağı.....	14
2.6.2.2 Kütahya-Emet bölgesi bor yatakları.....	15
2.6.1.3 Balıkesir-Bigadiç bölgesi bor yatakları.....	15
2.6.1.4 Bursa-Kestelek bölgesi bor yatakları.....	15
2.7 Bor Üretiminden Kaynaklanan Çevre Sorunları.....	16
2.7.1 Borun çevreye olumsuz etkisini azaltmak için.....	17
2.8 Günümüzde Kullanım Alanı Dışında Bor Üzerinde Çeşitli Çalışmalar.....	19
2.8.1 Bor ve süper iletkenlik.....	19
2.8.2 Bor ve süper kaygan yüzeyler.....	20
2.8.3 Enerji taşımada yeni bir olanak için sodyum borhidrür.....	21

BÖLÜM 3.

BOR CEVHERİNDEN VE ATIKLARINDAN (KATI,SIVI VE BUHAR) BORUN ARITILMASI YÖNTEMİ VE KULLANILAN REAGENTLER: PERLİT	23
3.1 Tanım ve Sınıflandırma.....	23
3.1.1 Fiziksel özellikleri.....	24
3.1.2 Kimyasal özellikleri.....	24
3.2 Mevcut Durum.....	26
3.2.1 Rezervler.....	26
3.2.2 Üretim.....	27
3.2.2.1 Üretim yöntemi ve teknolojisi.....	27
3.2.2.2 Sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar.....	28
3.2.2.3 Mevcut kapasiteler.....	29

3.2.2.4 Üretim miktarı.....	30
3.2.3 Tüketim.....	30
3.2.3.1 Tüketim alanları.....	31
3.2.3.1.1 İnşaat sektörü.....	31
3.2.3.1.2 Tarım sektörü.....	31
3.2.3.1.3 Sanayi sektörü.....	32
3.2.3.1.4 Diğer alanlardaki uygulamalar.....	34
3.2.3.2 Tüketim miktarı.....	34
3.3 Türkiye'de Durum.....	37
3.3.1 Ürünün Türkiye'de bulunuş şekilleri.....	37
3.3.2 Rezervler.....	37
3.3.3 Tüketim.....	38
3.3.3.1 Tüketim alanları.....	38
3.3.3.2 Tüketim miktarı.....	39
3.3.4 Üretim.....	39
3.3.4.1 Üretim yöntemi ve teknolojisi.....	39
3.3.4.2 Sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar.....	40
3.3.4.3 Üretim miktarı.....	41

BÖLÜM 4.

BOR ATIKLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	42
4.1 Borun Giderilmesi ve Giderilme Yöntemleri.....	42
4.1.1 Beraber çöktürme ve adsorpsiyona dayanan yöntemler.....	43
4.1.2 Solvent ekstraksiyona dayanan yöntemler.....	43
4.1.3 Sentetik iyon değiştiricilerle bor giderme.....	44
4.1.4 Karıştırma yıkamayla giderme.....	44
4.1.5 Flotasyonla giderme.....	44
4.1.6 Çözeltmeyle giderme.....	44
4.1.7 Dekrepitasyonla giderme.....	44

4.2 Bor Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevreye Etkileri.....	45
4.3 Bor Atıklarının Değerlendirilme Yöntemleri.....	46
4.3.1 Atıklardan borun tekrar kazanılması.....	46
4.3.2 Atıkların uygun sektörde kullanılması.....	48
4.3.3 Atıkların uygun bir şekilde depolanması.....	48
4.4 Bor Atıkları İle Yapılmış Çalışmalar.....	49
4.4.1 Kırka boraks işletmesi atıkları.....	49
4.4.2 Kestelek bor tesisi atıkları.....	50
4.4.3 Bigadiç kolemanit tesisi atıkları.....	51
4.4.4 Emet-Hisarcık kolemanit tesisi atıkları.....	52
4.4.5 Bandırma borik asit işletmesi.....	53
BÖLÜM 5. MATERYAL VE METOT.....	55
BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
Özgeçmiş.....	61

SİMGELER LİSTESİ

μ	: Mikrogram
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
$^{\circ}\text{C}$: Celcius Derecesi
gr	: Gram
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
mlt	: mililitre
Lt	: Litre
ppm	: Parts per Million (Milyonda bir)
pH	: Asitlik ve Bazlık Ölçüsü
B_2O_3	: Borik Asit

KISALTMALAR

HK	: Knoop Sertliği
HV	: Vickers Sertliği
$^{\circ}\text{C}$: Celcius Derecesi
mg	: Miligram
kg	: Kilogram
ml	: Mililitre
lt	: Litre
KW	: Kilowatt
m^3	: Metreküp
cal	: Kalori
Co	: Cooperation

ŞEKİLLER ve GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 6.1 Deney 1	58
Grafik 6.2 Deney 2	58
Şekil 1.1 Borlu atıksuyun arıtım şeması.....	59



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1 Başlıca Bor Mineralleri ve Kimyasal Formülleri.....	4
Tablo 2.2 Dünya Bor Üretimi (1997, B ₂ O ₃ bazında).	10
Tablo 2.3 Dünya Bor Cevheri Üretimi (10 ³ ton).....	11
Tablo 2.4 Dünya Bor Cevheri Üretimi (10 ³ ton).....	11
Tablo 3.1 Perlitin kimyasal Özelliği.....	19
Tablo 3.2 Dünya rezervleri (milyon ton).....	28
Tablo 3.3 Kapasiteler ve Firma İsimleri.....	27
Tablo3.4 Ülkelere göre üretim miktarları (Bin ton).....	29
Tablo 3.5 ABD Perlit Tüketim Miktarı (Bin Ton)*.....	38
Tablo 3.6 Avrupa Birliği Ülkelerinin Perlit Tüketimi (Bin Ton).....	38
Tablo 3.7 Türkiye Perlit rezervleri.....	40
Tablo 3.8 Türkiye Perlit Üretimi.....	43

ÖZET

Dünyada, bor rezervinin % 63'ü Türkiye'de bulunmaktadır. Buna rağmen, Türkiye uluslararası piyasalarda gereken yeri alamamıştır. Gelişmiş ülkelerde (Amerika, Japonya vs.) bor ürünleri başlıca uzay, savaş, nükleer endüstrilerde vd. kullanılmaktadır. Maalesef ülkemizde böyle kıymetli bir hammaddenin önemli bir kısmı atık olarak atılmaktadır. Bu, hem ülke ekonomisi için bir kayıp, hem de yer altında ve yer üstünde çevre açısından sorun olmaktadır.

Bunun yanında gölete basılan borlu sular yararlı toprak sahasını işgal ederek çevre ve çevredeki bitkileri faydasız duruma getirmektedir. Gölete depolanan endüstriyel borlu su, yer altına sızarak yararlı olan yer altı ve yerüstü suları kirletmektedir. Araştırmalarla belirlenmiştir ki gölete basılan borlu sular yer altından sızarak bir yılda 30-35 m yol kat etmektedir. Bu makalede, borlu atıksudan bor elementini adsorplama üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla laboratuarda, çeşme suyuna belli oranlarda borik asit ilave edilerek yapay bir borlu atık su oluşturulmuş, belli devirde karıştırılmış ve belli oranda adsorplayıcı madde olarak perlit atılmıştır. Analizler teknolojik şartlara bağlı olarak incelenmiştir. Sonuçlar doğrultusunda Boraks İşletmesinden kaynaklanan atık borlu sulardan bor elementi perlit ile adsorplanmıştır. Borlu atık sulardan bor elementi artırılmıştır.

THE TECHNOLOGICAL INVESTIGATION OF REFINING BORON FROM THE WASTE BORON WATER WITH HELEZONE SYSTEM USING THE PERLITE ADSORBANT

SUMMARY

Keywords: Boron, Adsorption, perlite adsorption, boron wastes, borax administrations

The 63 % of boron reserve in the world is found in Turkey. However, Turkey has not taken its required place in international markets. In the developed countries (USA, Japan etc.) the products of boron are mainly used in space, war, nuclear industry and etc. Unfortunately, important part of this valuable raw material is wasted in our country. This is both a loss for the economy of the country and it is a problem for both the underground and the surface in respect to environment.

In addition to this, the boron water pressed into the pond occupies the useful area of the land and it makes the plants useless in the environment. The industrial water with boron stored in the pond pollutes the useful underground and surface water by leaking underground. The researches have shown that the stored boron water in the pond goes 30-35 km in a year by leaking underground. In this article, a research on the adsorption of boron element from the boron water was done by helezone system. Perlite is used as adsorption material.

BÖLÜM 1 GİRİŞ

Bor; temizlik maddelerinden uzay teknolojisine kadar yayılan ve çok geniş bir alanda kullanılan bir madde olmasının yanı sıra, dünyanın en büyük bor rezervlerinin Türkiye' de bulunması açısından da büyük önem taşımaktadır. Borun ileri teknoloji gerektiren endüstriyel alanlarda kullanılmasının gittikçe artması, borun bir hammadde olarak kullanılmasını ve değerini daha da arttırmaktadır.

Ülkemiz açık bir farkla dünyanın en zengin bor yataklarına sahiptir. Dünyadaki toplam bor rezervinin (görünür+muhtemel+mümkün) yaklaşık 1 milyar ton olduğu tahmin ediliyor. Bu rezervin %60-65 'ü Türkiye'de, %11'i Rusya ve %9'u ABD'dedir. Bu da, yıllık tüketimler baz alındığında ve ülkelerin rezerv ömrü hesaplandığında, Türkiye'nin en uzun rezerv ömrüne sahip ülke olduğunu gösterir. Bir başka nokta ise, sahip olduğumuz bor rezervlerinin yüksek kalitede ve sanayide kullanım açısından çok elverişli ve çeşitli boratlar içermesidir. Bor maddesinin çeşitli bor türevi, 250'i aşkın alanda kullanılmaktadır. En önemli kullanım alanları deterjan, cam, seramik, tarım, tekstil sanayi oluşturmakta ve bu alanlardaki tüketim toplam tüketimin yaklaşık % 80' ini kapsamaktadır. Ekonomik açıdan en makbul boratlar; boraks, kolemanit ve üleksit ülkemizde büyük miktarlarda yer alır. Kısaca, ülkemiz çok önemli bir doğal kaynak avantajına sahiptir. Önemli olan nokta, ekonomik büyümenin ve gelişmenin koşulu olan öğrenmenin ve yenilikçiliğin büyük önem kazandığı şu dönemde, doğal kaynak avantajımızı en iyi şekilde, ülkemizin bilimsel ve teknolojik açıdan gelişmesini, dolayısıyla ekonomik büyümeyi hızlandırmasını sağlayacak biçimde değerlendirmektir.

Borun geniş kullanım yelpazesine ve bu elementle ilgili son yıllarda yapılan ileri teknolojilere yönelik araştırmalara ve yakıt malzemesi gibi yeni potansiyel kullanım alanlarına bakıldığında, bir bor hazinesine sahip olmamızın, ülke sanayisini canlandıran politikalar uygulandığında, ülkemize yeni ufuklar açacağı kesindir. İleri teknolojilerin geliştirilmesinde borun oynadığı önemli rol, bu element ve

bileşikleriyle ilgili araştırmalar yapılmasının ne derece önemli olduğunu gösterir. Burada önemli olan teknolojiyi izleyen konumundan sıyrılıp teknoloji üreten, yani yenilikler yaratan konumuna geçilmesidir. Bu yüzden, bor ve bileşiklerinin ileri teknoloji uygulamalarına yönelik bilimsel araştırmalara ağırlık verilmesi büyük önem kazanır.

Türkiye’ de devlete ait olan ETİ Holding A.Ş. aracılığı ile bor madenleri, Burhaniye’ den Savaştepe’ye, Susurluk’ tan Dursunbey’ e, Bigadiç’ten Sultançay’ ına, vd. gibi 1 milyon 700 bin hektarlık bir bor maden rezervleri alanı kamusallaştırılmış durumdadır. Bu alanlardaki yaklaşık 2.5 milyar tonluk bor rezervlerinin ihracatının % 50 ‘sini hammadde halinde, % 50 sini işlenmiş olarak satmaktadır.

Günümüzde, teknoloji üreten ülkelerde borla ilgili araştırmalar tüm hızıyla devam etmektedir. Öyle görünüyor ki bu element iki binli yıllarda yaşamımıza pek çok alanına girerek kolaylık sağlayacaktır. Burada önemli olan teknolojiyi izleyen ülke konumundan sıyrılıp teknolojiyi üreten ülke konumuna geçmektir.

Bu araştırmada, ülkemiz için son derece önem taşıyan bor cevherinin mevcut atıklardan geri kazanılmasına çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda bor endüstrisinden kaynaklanan atıksuların doğal adsorbent özelliği olan malzeme kullanılarak bordan arıtılması incelenmiştir.

BÖLÜM 2 BOR HAKKINDA GENEL BİLGİ

2.1 Bor Elementini Periyodik Cetveldeki Yeri ve Özellikleri

Periyodik cetvelin 3A grubunun başında bulunan ve atom numarası 5 olan Bor elementi, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotoptan oluşur. Diğer fiziksel özellikleri; Ergime noktası 2190+20°C, Kaynama noktası 3660°C, Knoop sertliği 2100-2580 HK, Mohs sertliği (elmas-15) 11 ve Vickers sertliği. 5000 HV dir. Doğada az bulunan ve duraysız olan bor, yer kabuğunda ortalama 10 ppm ve deniz suyunda ise 3-5 ppm civarında bulunur. Ekonomik bir maden yatağı oluşabilmesi için bu değerlerin 6000-35000 kez zenginleşmesi gerekir[1].

Bor elementi kimyasal bakımdan yüksek derecede reaktif özelliğe sahip olduğundan diğer elementlerle kolayca ve çok sayıda bileşik oluşturur. Bundan dolayı tabiatta bilinen 200'ü aşkın bor minerali mevcuttur[1].

2.2 Bor Mineralleri ve Rezervleri

2.2.1 Önemli Bor Mineralleri

Bor mineralleri; bünyelerinde değişik oranlarda bor oksit (B_2O_3) içeren mineraller olup Türkiye'de yaygın olarak bulunan bor mineralleri, tinkal, kolemanit ve üleksit'tir. Başlıca tinkal yatakları Eskişehir-Kırka'da, kolemanit yatakları Kütahya-Emet (Espey ve Hisarcık), Balıkesir-Bigadiç ve Bursa-Kemalpaşa'da (Kestelek), üleksit yatakları ise Balıkesir-Bigadiç civarında bulunmaktadır. Önemli bor mineralleri ve kimyasal formülleri Tablo-2.1'de verilmiştir[1].

Tablo-2.1: Başlıca Bor Mineralleri ve Kimyasal Formülleri

Tinkal	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Kernit	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Kolemanit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Üleksit	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Datolit	$\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{Si}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Hidroborsit	$\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

2.2.2 Bor Rezervleri

Dünyada önemli bor yatakları Türkiye, ABD ve Rusya'dadır. Dünya toplam bor rezervi B_2O_3 bazında 366 milyon ton görünür, 522 milyon ton muhtemel + mümkün olmak üzere 888 milyon tondur[1].

Türkiye'nin bor rezervi görünür bazda 224 milyon ton, muhtemel ve mümkün bazda 339 milyon ton olmak üzere toplam 563 milyon tondur. Dünya toplam bor rezervinde Türkiye'nin payı %64'dür. ABD ise görünür bazda 40 milyon ton, muhtemel ve mümkün bazda 40 milyon ton rezervle dünya toplam bor rezervinin %9'una sahiptir[1].

2.3 Bor Bileşiklerinin Kullanım Alanları ve Özellikleri

2.3.1 Cam ve cam elyafı sanayi

Günümüzde üretilen borun % 40'1 cam ve fiberglas sanayinde tüketilmektedir . Cam sanayinde yararlanılan belli başlı bor özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Hammaddenin ergime noktasını düşürür. .
- Ergimiş ortamın viskozitesini düşürür.
- Camın termal genişleme katsayısını düşürür.
- Camın kırılma indisini büyütür.
- Camın saydamlığını ve parlaklığını artırır.

Her türlü yalıtımdan bilişim sektörüne kadar çok çeşitli alanlarda, farklı amaçlar için kullanılan cam elyafının (fiberglas) temel hammaddelerinden birini bor oluşturur. Cam elyafına bor katıldığında yukarıda belirtilen özelliklere ilaveten;

- Kristalleşme eğilimini düşürür.
- Liflerin dayanıklılığını ve neme karşı direncini artırır.

Çeşitli metaller ile giydirilmiş fiberglas türleri; mikro çiplerde, fiber optik kablolarda, yarı iletken elemanların üretiminde ve buna benzer birçok elektronik parçanın üretiminde kullanıldığı gibi, diğer bor türevleri de elektronik sanayinde kullanılmaktadır[1].

2.3.2 Temizleme ve beyazlatma sanayi

Dünya bor tüketiminin yaklaşık %20'si sabun, deterjan gibi temizlik ürünlerinin üretimine yöneliktir. Bu sanayide yararlanılan başlıca bor özellikleri:

- Güçlü bir beyazlatıcıdır.
- Lekeleri çözer.
- pH' ı dengeler, suyu yumuşatır,yağları parçalar.
- Aktif oksijeni dengeler
- Anti bakteriyeldir.

Bu özellikler sayesinde kumaşı çok az yıpratır; renklerini soldurmaz. Düşük sıcaklıkta bile etkin sonuç verir. Çamaşırın yıkanma süresini düşürür. Su tüketimini azaltır. Makinalardaki çeliğin aşınmasını ve matlaşmasını azaltır.Deterjanların % 20-25'ini sodyum perborat oluşturur[1].

2.3.3 Seramik ve emaye sanayi

Bor, özellikle, seramiklerin sızılmasında ve emaye sanayiinde kullanılır. Bu sektör Türkiye'nin en çok bor tükettiği alanlardan birini oluşturmaktadır. Yararlanılan başlıca bor özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Sırın kıvamlılığını düşürür.
- Sırın yüzey gerilimini düşürür.
- Parlaklığı ve saydamlığı artırır[1].

2.3.4 Tekstil sanayi

Yanmayı geciktirici özelliğinden dolayı, cam elyafi halinde, tekstil üretiminde kullanılır. Bunun yanı sıra, kumaş boyalarını koruduğu için kumaş boyalarında ve aprelemede kullanılmaktadır.

2.3.5 Metalurji sanayi

Metalurjide yararlanılan özellikler:

- Ergime sıcaklığını düşürür.
- Cürufun akışkanlığını artırır.
- Çeliği sertleştirir.
- Fırın tuğlalarının aşınmasını azaltır.

Demir-çelik hammaddelerinin ergime sıcaklığını düşürmek suretiyle tüketilen enerjide tasarruf sağlar.Bor türevlerinin kendisinin ya da çelik ile alaşımlarının yüksek sertliği nedeniyle aşındırıcı ve kesici aletlerde kullanılır.Son dönemlerde manyetik ayırıcılarda kullanılmasıyla devrim yaratan, sürekli yüksek manyetik alan şiddeti oluşturan magnetlerin içinde nadir metallerin yanı sıra bor da bulunmaktadır.Bor, kaplama sanayinde kullanılan elektrolitlerin oluşturulmasında ve lehimleme işlemlerinde de kullanılmaktadır[1].

2.3.6 Tarım sanayi

Borun tarım ürünleri üzerinde zıt yönlü etkisi vardır. Çok az miktardaki bor bitkilerin gelişmesine yardım eder. Bu neden ile gübrelere katılır. Fakat, borun fazlası bitkiler üzerinde öldürücü etki yapar. Bu özellikten yararlanılarak, yabancı otlar ile mücadelede kullanılmaktadır[1].

2.3.7 Nükleer sanayi

Bor izotopları nükleer reaksiyonların denetlenmesine yardımcı olur. Çünkü B^{10} ve B^{11} izotoplarının nötron absorblama tesir kesiti yüksektir. Bazı tip güç reaktörlerinde fazla reaktiviteyi önlemek için soğutma suyuna borik asit ilave edilir. Nükleer reaktörlerde kullanılan kontrol çubukları % 2 bor içeren çelik ve alüminyum alaşımından yapılmaktadır. Yukarıda belirtilen kullanım alanlarının yanı sıra, bor, tıpta, anti bakteriyel ve dezenfektan olarak, antiseptiklerde, diş macunlarında, parfümlerde, şampuan ve lens solüsyonlarında kullanılmaktadır.

Kimya sanayinde, çeşitli tür boyalarda, elektrolitik işlemlerde, korozyon önleyicilerin üretiminde bordan da yararlanılmaktadır[1].

2.4 Dünya Bor Piyasasının Yapısı

Dünya bor pazarında bir ucunda uluslararası madencilik şirketi Rio Tinto plc. şirketine bağlı US Borax Inc. şirketinin, diğer ucunda Eti Holding A.Ş.'nin bulunduğu iki kutuplu bir yapı söz konusudur.

Dünyada bor cevherinde rezerv sorunu bulunmamaktadır. Dünya bor tüketim düzeyi dikkate alındığında, görünür rezerv bazında dünya ihtiyacını, Eti Holding AŞ. 146 yıl, US Borax Inc. ise 26 yıl tek başlarına karşılayabilecek konumdadırlar.

Dünya bor pazarı, diğer maden veya metal borsalarında olduğu gibi piyasa koşullarında oluşan fiyatlara göre alım satım işlemlerin gerçekleştirildiği bir pazar değildir. Bu piyasadaki fiyatlar, ürün ve pazar şartları dikkate alınarak belirlenen denge fiyatlarıdır. Çevreci baskıların artması nedeniyle, dünya bor tüketiminde cevherden rafine ürünlere hızlı bir geçiş görülmektedir. Bu durum, üreticilerin rafine ürün kapasitelerini büyük yatırımlar yaparak artırmalarını gerektirmektedir. Bu yapı, Eti Holding A.Ş. rafine bor yatırımlarının aksamadan sürdürülmesini zorunlu kılmaktadır. US Borax Inc. firması sektörde 140 yılı aşkın bir süredir geliştirdiği üretim teknolojileri ve pazarlama olanakları sayesinde bor pazarında güçlü konumdadır.

US Borax Inc. Eti Holding A.Ş. ikilisi dünya toplam bor arzının yaklaşık %75'ni karşılamaktadır. US Borax Inc. firması ham bor ihracatı yapmamaktadır. US Borax Inc. şirketinin rafine bor üretim kapasitesi Eti Holding A.Ş pazardan tamamen çekilse dahi pazarın ihtiyacını tek başına karşılayabilecek düzeydedir.

Dünya bor pazarının yapısı nedeniyle bor üretim teknolojileri kolay ulaşılabilen teknolojiler değildir. Bu nedenle , Eti Holding A.Ş kendi teknolojisini geliştirmek zorunda kalmış ve bu alanda önemli mesafeler kat etmiştir[1].

2.5 Dünya Bor Üretimi, Tüketimi ve Ticareti

2.5.1 Dünya bor üreticileri ve kapasiteleri

Dünya bor sektöründe bor bileşikleri üretim kapasitesine ilişkin bilgilere ulaşmak neredeyse olanaklı olmamaktadır. İngiltere'de yerleşik Roskill firmasının bor sektörü ile ilgili olarak belli aralıklarla yayımlanan Economics of Boron isimli yayınında, bor bileşikleri ve soda külü üretiminde büyük bir şirket olan IMC Corp. şirketinin ABD'de Searles gölü suyundan bor ürünleri elde ettiği 3 fabrika ile, dünyanın en büyük bor üreticisi US Borax Inc. şirketinin bazı bor bileşikleri için üretim kapasitesi değerleri bulunmaktadır. Dünya bor sektöründe üretim faaliyetinde bulunan firmalar ve üretim miktarları tabloda verilmiştir.

Bor sektöründe 1970 yılında B_2O_3 bazında 770.000 tonun altında olan üretim miktarı, günümüzde yılda 1,5 milyon tona yükselmiştir. Bu durum, büyük ölçüde Türkiye'deki üretim artışından ileri gelmektedir. Türkiye'de bor üretimi 1970 yılında 122.000 ton B_2O_3 'den 2000 yılında 490.000 ton B_2O_3 'e ulaşmıştır.

ABD'nin bor üretimi ise sabit kalarak aynı dönemde 510.000-627.000 ton B_2O_3 arasında değişim göstermiştir. Bu dönemde, Güney Amerika ülkeleri ve Çin'in üretimlerinde artış, BDT ülkelerindeki üretimde düşüş görülmüştür.

Dünyadaki başlıca bor üreticilerine bakıldığında, 1998 yılında pazarın %41 'ine Rio Tinto

plc. ye %31 'ine Eti Holding A.Ş.'nin sahip olduğu görülmektedir. 2000 yılı itibariyle Türkiye'nin üretimi 490.000 ton B₂O₃ ve Rio Tinto plc.'nin üretimi 590.000 ton B₂O₃ olup toplam dünya üretimi ise 1.444.000 ton B₂O₃ olarak gerçekleşmiştir[1].

Tablo 2.2: Dünya Bor Üretimi (1997, B₂O₃ bazında)

Firma Adı	Ülke	Miktar	Pay
US Borax	ABD	560.000	37
Borax Argentina	Arjantin	27.000	2
Eti Holding A.Ş.	Türkiye	475.000	31
Kamu Kuruluşları	Çin	140.000	9
JSC Bor	Rusya	73.000	5
NACC	ABD	60.000	4
Quiborax	Şili	60.000	4
Sucersal Argentina	Arjantin	30.000	2
SQM Salar	Şili	16.000	1
Inca Bor	Peru	13.000	1
Diğerleri		57.000	4
Toplam		1511.000	100

2.5.2 Dünya bor ticareti

Eti Holding A.Ş., dünya bor pazarında US Borax Inc. şirketi ile birlikte stratejik bir konumda bulunmaktadır. ABD ve Türkiye dünya bor sektöründe %75 paya sahiptir. Türkiye ham bor ihracatında dünyada %95'in Üzerinde bir paya sahip olup bu özelliği ile ham bor ihracatçısı tek ülke durumundadır.

Türkiye'nin son yıllarda 700.000-750.000 ton ham bor ihracatı olmuştur. Bu durum, son yıllarda benimsenen politika ile değiştirilmeye çalışılmakta olup bu kapsamda ham bor yerine rafine bor ürünlerinin satışına ağırlık verilmektedir. Diğer önemli bor ihracatçısı ülkeler Şili ve Peru 'dur. Bor ithalatında Avrupa ülkeleri ön sıralarda bulunmaktadır. İtalya, İspanya, İngiltere, Fransa gibi Avrupa ülkeleri ile Japonya, Güney Kore ve Tayvan gibi Uzak Doğu ülkeleri belli başlı bor ithal eden ülkelerdir. Dünya bor pazarında en fazla paya sahip olan US Borax Inc. şirketi, dünyada birçok ayrı merkezde üretim, depolama, dağıtım ve pazarlama faaliyetlerini sürdürmekte ve tek organizasyon yapısı ile tüm faaliyetleri kontrol ederek sinerji sağlamaktadır. Bor tüketim pazarını gelişmiş ülkeler oluşturmaktadır.

Dolayısıyla Türkiye ihracatının büyük çoğunluğunu bu ülkelere yapmaktadır. Ancak, ihraç edilen bor esaslı ürünlerin gelişmiş ya da daha az gelişmiş ülkelere olan dağılımına bakıldığında, gelişmiş ülkelere daha çok cevher ve konsantre (ham bor) ürünlerinin satıldığı ortaya çıkmaktadır. Bu ürünler katma değeri daha düşük olan ürünlerdir. Diğer taraftan, örneğin Orta Doğu ve Afrika ülkelerine yapılan ihracatın hemen hemen tümü rafine bor ürünleridir. Bu durum gösteriyor ki, özellikle Avrupa ve Japonya'ya ihraç edilen ham borların büyük bir kısmı bu ülkelerde rafine ürüne dönüştürülerek kullanılmaktadır [1].

2.5.3 Dünyada ve Türkiye'de bor ekonomisi

Dünya bor mineralleri üretiminde Türkiye ve ABD lider konumdadır. Önemli miktarlarda üretimi yapan diğer ülkeler ise, Arjantin, Kazakistan, Rusya, Şili, Çin, Peru ve Bolivya'dır. Tablo 2.3 'den anlaşılacağı gibi, 1970 yılında % 21 olan ülkemizin payı, 1980 yılında %31'e, 1992 yılında ise % 41'e yükselmiş ve Türkiye dünyanın en büyük bor minerali üreticisi konumuna gelmiştir. Aynı yıllarda ABD'nin dünya üretimindeki payı ise % 65, %54 ve %39 olarak gerçekleşmiştir. Tablo 2.3 ve tablo 2.4 'te dünya bor cevheri üretimi verilmiştir.(Poslu, 1995; Sivrioğlu, 1996, Alp vd.,1995).

Tablo 2.3 Dünya Bor Cevheri Üretimi (10³ ton)

Yıl	Türkiye	A.B.D.	Arjantin	B.D.T.	Şili	Çin	Peru	Toplam
1970	304	947	32	141	-	31	-	1455
1980	801	1402	138	200	3	27	12	2583
1985	954	1151	158	200	5	27	10	2505
1990	1253	1094	260	180	132	27	15	2966
1991	1209	1240	250	160	130	27	15	3045
1992	1059	1140	250	160	130	27	15	2796
1993	1123	-	-	-	-	-	-	-
1994	1206	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 2.4 Dünya Bor Cevheri Üretimi (10³ ton)

Yıllar	Etibank	ABD	Arjantin	BDT	Diğer	Toplam
1990	1253	1094	260	180	177	2966
1991	1150	1240	250	160	186	2988
1992	1200	1140	250	160	187	2937
1993	1124	1055	125	90	104	2624
1994	1250	1110	140	90	268	2858

Türkiye bor mineralleri üretiminde birinci sıraya yükselirken, rafine bor bileşiklerinde ikinci sırada yer almaktadır. Çünkü A.B.D.'nin ürettiği tüm ürünler rafine olup, B_2O_3 oranları yüksektir. Türkiye'nin B_2O_3 üretimindeki payının 480.000 ton olmasına karşılık A.B.D.'nin payının 580.000 ton olduğu tahmin edilmektedir. B_2O_3 baz alındığında A.B.D. ve Türkiye'nin dünya üretimindeki payı sırasıyla % 48 ve % 39 olmaktadır. ETİBANK'IN bor mineralleri üretiminde birinci sıraya yerleşmesinin nedeni, gerek madencilik alanında gerekse tesisler bazında yapmış olduğu önemli yatırımlardır (Poslu, 1995). Tablo 2.5 ETİBANK bor cevherleri ve rafine bor ürünleri üretimini vermektedir (Poslu, 1995) [1].

2.6 Türkiye'de Bor

2.6.1 Türkiye'deki bor madeninin geçmişi ve bugünkü durumu

Türkiye'de bor cevherlerinin varlığının bilinmesi Romalılara kadar uzanmakta ise de ilk verimli bor madenciliğine 1861 yılında Balıkesir-Susurluk Sultan çayırı pandemit yataklarında Fransız "Companie Industriel Des Mazures" firması tarafından başlanmış, daha sonra 1887 yılında İngiliz-İtalyan ortak şirketi "Cove-Hanson" tarafından sürdürülmüştür. Bu firma daha sonra "Borax Consolidated Limited" şirketine dönüştürülmüştür. Özet olarak, Türkiye'de bor cevherleri Osmanlı Devletinin son yılları ile Cumhuriyetin ilk yıllarında yabancı firmalar tarafından işletilmiştir [2].

Türkiye'de 1930'lu yıllara kadar gerek Osmanlı dönemi ve gerekse Cumhuriyet döneminde doğal kaynakların tespitine yönelik bilimsel çalışmaların yapıldığını söylemek olanaklı değildir. Bu durumun ortadan kaldırılması amacıyla 1935 yılında maden -aramalarını yapmak üzere MTA, diğer taraftan madencilik, enerji üretimi ve dağıtımını yapmak üzere de Eti bank (Eti Holding A.Ş.) kurulmuştur [2].

O zamanki adı ile Etibank'ın 2805 sayılı Kuruluş Kanununun 5. maddesinde MTA ekonomik değere sahip sahaları, ilgili Bakanlık kanalıyla Eti Holding A.Ş. 'ne devretmeye, Eti Holding A.Ş. de bu kaynakları işletmeye zorunlu kılınmıştır.

1970'li yıllara kadar Türkiye'de bor cevheri üretim ve ihracatı büyük oranda İngiliz kökenli Borax Consolidated Limited şirketinin elinde ve kontrolünde kalmıştır. Ancak, Türkiye'de bor cevherlerinin dünya piyasasındaki gerçek değerine ulaşabilmesi, amacıyla 1978 yılında bor cevherleri 2172 sayılı Kanunla devletleştirilmiş ve böylece dünyada en büyük bor üreticileri ABD'de US Borax Inc. ile Türkiye'de Eti Holding A.Ş. olmuştur.

Sonuç olarak, 2172 sayılı Devletçe İşletilecek Madenler Hakkındaki Kanunun I. maddesi uyarınca 17.1 1.1978 tarih ve 16462 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 31.10.1978 tarih 7/16681 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile bor tuzlarının arama, işletme ve pazarlama faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi Eti Holding A.Ş.'ne verilmiştir. 2840 sayılı Kanunla kamu kuruluşlarına devredilen haklar yeniden düzenlenmiş olup Eti Holding A.Ş., ilgili bu kanun maddeleri ile ayrıca, 10.10.1983 tarih ve 99 sayılı KHK ve Ana Statüsü uyarınca, Devlet eliyle aranacak ve işletilecek olan bor tuzları, trona (tabii soda), uranyum ve toryum madenlerinin işletme ve arama görevini üstlenmiş, 2805 sayılı Kuruluş Kanunu yürürlükten kaldırılmıştır[2].

Bu aşamadan, yani bor cevherlerinin 1978'de devletleştirilerek Eti Holding AŞ.'ne devredilmesinden sonra, Eti Holding AŞ. Tarafından yapılan toplam 500 milyon US\$'a yakın yatırım neticesinde, 1978 yılında cevher bazında toplam 660 milyon ton olan bor rezervi, günümüzde cevher bazında 2 milyar tonun, üzerine, dünya bor üretiminde Türkiye'nin payı da; 1975'de %11'den günümüzde %32 seviyesine çıkartılmıştır.1978'de 83 milyon US\$ olan Türkiye'nin bor ihracat gelirleri günümüzde 210-220 milyon US\$/yıl seviyelerine yükseltilmiştir

.Bor madenleri 2840 sayılı Kanun gereğince Devletçe işletilecek maden kapsamında olup devlet adına bu görev Eti Holding A.Ş.'ne verilmiştir.Eti Holding A.Ş. 'nin ana faaliyet alanı olarak tespit edilen bor sektöründe; çokuluslu firmalar ile daha etkin olarak rekabet edecek bir yapıya kavuşturulmasını teminen üretimden pazarlamaya kadar uzanan tüm birimlerin tek elden yürütülmesi dünya bor sektörünün işleyişinin getirdiği teknik bir zorunluluktur.Eti Holding A.Ş.'nin teknoloji üretme, ürün yenileme ve pazar politikaları ile dünya bor pazarında söz sahibi olabilmesi ve kaliteli, ucuz ürün geliştirebilmesi için her türlü gayret gösterilecektir.Çevre dostu, kaliteli Ürün ve teknoloji geliştirilmesine ve çevre standartlarının kalite standartları ile entegrasyonuna dikkat edilmekle birlikte bundan sonra

bu hususlara daha fazla özen gösterilecektir[2].

2.6.2 Türkiye'deki önemli bor yatakları

Türkiye'de başlıca dört bölgede bor cevheri üretilmektedir. Bunlar:

2.6.2.1 Eskişehir-Kırka tinkal yatağı

Eskişehir ilinin 60 km güneybatısında yer almaktadır. Havzada miosen sonunda oluşan fay çatlaklarından gelen borik asit, sodyum ve magnezyum içeren eksolasyonlar, volkanik çamur ve küller neojen göl sularına karışarak çökelmişlerdir. Derin kısımlarda ise boraks kristalleşmiştir.

2.6.2.2 Kütahya-Emet bölgesi bor yatakları

Bor yatakları Kütahya ilinin 60 km batısında yer almaktadır. Cevherleşme kolemanit ağırlıkta olup yatakta % 1'e varan oranlarda arsenik bulunmaktadır. Arsenik, orpiment ve realgar minerallerine bağlı olarak kolemanit içerisinde kırmızılıklar olarak ortaya çıkmaktadır. Bölgede 2 farklı alanda üretim yapılmaktadır. Espey bölgesinde iki ocakta yeraltı işletmeciliği yapılırken, Hisarcık bölgesinde açık işletme yöntemi uygulanmaktadır. Hisarcık cevher yatağında iki tip cevherleşme söz konusudur. Üst kısımda, birinci kalite olarak isimlendirilen ve ortalama kalınlığı 15 m, tenörü %29 B₂O₃ olan cevher bulunmaktadır. İkinci kalite kolemanit cevheri ise, hemen bu zonun altında bulunup, ortalama kalınlığı 5-6 m, tenörü %17 B₂O₃ civarındadır (Sönmez, 1991) [3].

2.6.2.3 Balıkesir-Bigadiç Bölgesi Bor Yatakları

Bor yatakları Balıkesir ilinin 40 km kadar güneyinde yer almaktadır. Bölgedeki yataklanma, diğer Batı Anadolu borat yataklarında olduğu gibi neojen göl tortulları içerisinde oluşmuştur. Alttan ve üstten kalker tabakaları ile çevrelenen boratlı zonun ortasında, zayıf bir tinkal oluşumu vardır. Bu tinkalin çevresi ise kolemanit ile sarılmıştır. Boratlar 1-3 m' lik tabakalar halinde killerin içerisinde yer alırlar. Arsenik içeriğinin düşük olması nedeniyle, pazarda tercih edilmektedir. Bölgede halihazırda altı adet yeraltı

işletmesi ve bir açık ocak ile kolemanit ve üleksit cevheri üretilmektedir (Sönmez, 1991) [3].

2.6.2.4 Bursa-Kestelek bölgesi bor yatakları

Bu bölge cevher yatağı, Emet bölgesi yatağına benzerlik göstermektedir. Yatak neojen göl tortulları içerisinde oluşmuş ve paleozoik kristalin kayalar üzerine oturmuştur. Boratlar, killer arasında oluşmuş yumrular halindedir [3].

2.7 Bor Üretiminden Kaynaklanan Çevre Sorunları

Bor ürünlerinin çevreye olumsuz etkileri diğer sanayi sektörlerine oranla çok daha düşük düzeydedir. Hatta; kemoterapi sonrası radyoaktif maddelerin etkisini azaltmak üzere kullanımı, insan ve canlılara gerekliliği nedeniyle çevre dostu sayılabilecek elementlerdendir. Birçok ülkede mineral takviyesi amacıyla insanlar için bor tabletleri üretilmeye başlanmıştır. Tarımda kullanımı da aynı şekilde gelişime açık görülmektedir [4].

Bor, insanlarda beyin gelişiminden kemik gelişimine, menopozdan alerjiye ve metabolizmaya kadar birçok işlevinden dolayı günlük olarak alınması gereken elementlerden birisidir. İnsanlar günlük bor ihtiyacını sulardan ve yiyeceklerden karşılamaktadırlar. İnsanlar tarafından günlük alınan bor miktarı 1.2 mg/gün olarak tahmin edilmektedir. Global düzeydeki içme sularında kabul edilebilen bor seviyesi ise 0.1 - 0.3 mg/l'tir (WHO,1998). Yetişkin insanların; güvenilir olarak günlük alabileceği bor miktarı ise 1-13 mg /gün olarak kabul edilmektedir (Nielsen,1997 (WHO,1998). Borların insan ve hayvanlarda; kanserojen etkisi ise yoktur[4].

Maden ve proses tesislerinde çalışan işçilerde yapılan testlere göre; bu tür işlerde çalışmayan işçilere nazaran aşağıdaki oranlarda akut etki görülmüştür(Dell ve diğerleri,1997) [4]:

Burun tahrişi	RR=8.8
Boğaz tahrişi	RR=5.2
Göz tahrişi	RR=2.9
Öksürük	RR= 1.7
Solunum güçlüğü	RR= 7.1

Ancak, devam ettirilen gözlemler sonucunda; bu etkilerin ilgili işyerlerinden ayrıldıktan sonra herhangi bir sekel bırakmadan düzeldiği görülmüştür. İşçiler için kabul edilebilir eşik limit değeri ise; TLV=IO mg borat/m³ olarak verilmekte ve bunun toz standartlarına da uyduğu belirtilmektedir (Dell ve diğerleri, 1997).

B. S. Şaylı (1997) tarafından yapılan araştırmalarda borun insan sağlığına olumsuz etkisi kesin olarak tespit edilememiştir.

Bitkilerde ve hayvanlarda eksikliği de bazı sorunlara yol açmaktadır. Dolayısıyla, tüm canlıların bora hayati ihtiyacı vardır. Bor, ağızdan alındığında düşük toksitite değerine sahiptir. Hayvanlarda toksitite belirtileri; diyetle 100 g/g B'yi geçtiğinde görülmektedir. Farelerde; Borik asitin ağızdan alınması neticesindeki toksititesi ise 4000 mg/kg'da görülmektedir. Fare ve sıçanlarda 4500 mg/kg B alındığında bazı sorunlar görülebilmektedir (Nielsen,1997). Hayvanlarda yapılan deneylerde; borik asitin normalden 100-1000 kat fazla alındığında zehirlenme ve üreme sorunlarına yol açmaktadır(WHO,1998) [4].

Topraktaki bor konsantrasyonu; 10-300 mg/kg(ortalama 30 mg/kg) arasında bulunmaktadır (WHO,1998). Borun topraktan absorpsiyonu ise; toprağın pH' ına, yapısal karakteri vb özelliklerine bağlıdır. Bor sulama suyunda 4 mg/lt'den fazla olması durumunda bitkilere zararlı olmaktadır. Bitkilerin bor içerikleri kuru madde de 20-100 ppm arasında değişmektedir. Yapılan denemelere göre Bor içeriği >0.35-0.40 ppm olan toprakta yada bitki yapraklarında <35 ppm den düşük bor düzeyi, semptomlara neden olmaktadır. Humid iklim koşullarında yetişen bitkilerde bor toksititesi toprak çözeltisinde bor içeriği >0.7 mg/lt düzeyinde bulunduğu koşullarda ortaya çıkmaktadır.(Haktanır, 1998). Alabalık ve zebra balığında 10 mg/lt'de akut toksitite görülmüştür (WHO,1998) [4].

Borların canlılara etkisi konusundaki araştırmalar yetersiz olmakla birlikte; birçok canlının boru tolere edebilme kapasitesinin yüksek olduğu görülmektedir.

2.7.1 Borun evreye olumsuz etkisini azaltmak için

Bor rnlerinin nakliyesinde kullanılan tüm vasıtalar; sızdırmaz, tozlaşmaya ve dökülme gibi, kirlenmeye ve zayıyata neden olmayacak şekilde seçilmelidir [4].

Cevher zenginleştirme ve rafinasyon işlemleri esnasında oluşan Bor içeren sıvı atıkların sızdırmaz gölet veya barajlarda depolanması, kan atıkların ise yine çevreyi kirletmeyecek şekilde muhafaza edilmesine aynı zen içerisinde devam edilmelidir.

Eti Holding Aş. 'nin borun gerek insan sağlığı, gerek bitki üzerindeki etkilerini incelemek üzere bilimsel kuruluşlar ve üniversitelerle işbirliği sürdürülmektedir. Borun evreye olan etkilerini araştıran projelerin desteklemesine devam edilmelidir.

Solu bor gübre ve tarım sektöründe kullanılan en önemli bir bor ürünü olup borik asit ve borakstan üretilmektedir. Tanım lkesi ve borik asit-boraks üreticisi durumunda olduğumuz göz önünde bulundurularak katma değeri yüksek bu ürünün retilbilmesi için girişimlerde bulunulmalıdır[4].

Atık barajlarında toplanan bor atıklarının sanayide kullanımı için gerekli araştırmalar yapılmalı ve ilgili endüstri dalları ile ortak projeler geliştirilmelidir.

2.8. Günümüzde Bilinen Kullanım Alanları Dışında Bor Üzerinde Çeşitli Çalışmalar

2.8.1 Bor ve süper iletkenlik

Geçtiğimiz yılın Şubat ayında bir grup Japon bilim adamı, bir bor bileşiği olan magnezyum diboridin (MgB_2), 39K gibi yüksek bir kritik sıcaklığa sahip olması nedeniyle, geleceğin süper iletken malzemesi olabileceğini keşfettiler. Süper iletkenlik, sıcaklığın belli bir noktanın (kritik sıcaklık) altına düşürülmesiyle her türlü elektriksel direncin kaybolması durumu; genel olarak $-273\text{ }^\circ\text{C}$ olan "mutlak sıfır" noktasına yakın sıcaklıklarda gerçekleşen bir olgudur. Bu derece düşük bir sıcaklığı oluşturabilmek oldukça pahalı malzeme ve teknoloji gerektirdiğinden, örneğin büyük fizik deneyleri için gerekli süper iletkenleri görece yüksek sıcaklıklarda üretmeye yönelik yoğun araştırmalar yürütülüyor. Süper iletkenler, çok yüksek akım yoğunluklarını (santimetrekare başına 1 milyon amper gibi) hiç bir enerji kaybına neden olmadan taşıyabildikleri için santrallerden şehirlere verimli enerji iletimi, güçlü mıknatıs isteyen uygulamalar (manyetik rezonans, maglev trenleri vs.), büyük miktarlarda enerjinin manyetik alan depolanması ya da mikro elektronikte istenmeyen ısının önlenmesi gibi birçok uygulama alanları vardır. Ne var ki bilinen süper iletkenlerin çok düşük olan kritik sıcaklıkları, bu tür önemli uygulamaları gerçekleştirmeye engel oluyordu [2].

Japon araştırmacılar, yıllarca kullanıla gelen bakır oksit süper iletkenlerinin kritik sıcaklığının yükseltilmesi konusunda kaydedilen önemli aşamaları göz önüne alarak, kritik başka malzemelerde ne ölçüde yükseltilebileceğini düşünmüşlerdir. Bakır oksit olmayan malzemelerdeki süper iletkenlik için o güne kadar saptanan en yüksek değer 33K olmuştur. Oysa magnezyum diborid üzerinde yapılan izotop etkisi ölçümleri, çoğunlukla ^{11}B biçiminde bulunan bor atomları ^{10}B atomları ile değiştirildiği zaman kritik sıcaklığın 39K'den 40K'a çıktığını göstermiştir. Böylece araştırmacılar, bakır oksit olmayan bir süper iletkende saptanan en yüksek kritik sıcaklık olan 39K değerini elde etmişlerdir. Bu derece yüksek bir kritik sıcaklık, magnezyum diboridin süper iletkenlik teknolojisi için çok uygun bir malzeme olduğunu gösteriyor. Magnezyum diboridin bir süper iletken malzemesi olarak kullanılmasındaki tek sorun, oldukça kırılğan yapıda bir ara metalik bileşik olması; çünkü süper iletkenler kablo biçiminde üretilir. Bu nedenle araştırmacılar, önümüzdeki

yıllarda, süper iletken boritlerden dayanıklı kablolar geliştirme ve bunları düşük maliyetle üretme konusuna ağırlık verecekler. Malzemenin gerçekten de sorunsuz ve kullanışlı olması halinde bu tür kabloların 5-10 yıl sonra pazara sürüleceği tahmin ediliyor [2].

2.8.2. Bor ve süper kaygan yüzeyler

Bir bor bileşiğinin (borik asit) özelliklerinden yararlanılarak yapılan, son yılların önemli buluşlarından biri de "sürtünmeyi neredeyse ortadan kaldıran karbon film kaplaması" (near-friction-less carbon film coating). Buluşun sahibi yıllardır ABD'nin Illinois eyaletindeki Argonne Ulusal Laboratuvarı'nda malzeme bilimi konusunda araştırmalarını sürdüren bir Türk bilim adamı: Ali Erdemir. Buluşu, 1998 yılında Argonne Ulusal Laboratuvarı'nın önemli ödüllerinden "R&D 100 Award" (Ar&Ge 100 Ödülü) ile ünlü popüler bilim dergisi Discover'ın "Discover Magazine Avvvard" ödülünü aldı. ERDEMİR in geliştirdiği karbon film kaplamasının en önemli özelliği 0,001 gibi olağanüstü düşük bir sürtünme katsayısına sahip olmasıdır. Havasız (kuru azot atmosferinde) ortamda ölçülen bu değer, bu alanda bir önceki rekoru elinde tutan molibden disülfid malzemesinden 20 kez daha düşük, aynı koşullar altında, teflon adlı kaplama malzemesinin sürtünme katsayısı yaklaşık olarak 0,04, yağla kaplı çelik yüzeylerle kıyaslandığında da ERDEMİR' in kaplama malzemesi daha da büyük fark atmıştır. Geliştirdiği yeni malzeme, bu tür geleneksel uygulamalardan 100 kez daha düşük bir sürtünme sağlanmıştır[2].

Sürtünme, pek çok alanda olduğu gibi özellikle de otomotiv sanayiinde pek de istenmeyen bir durumdur. Otomobillerin çalışması sırasında enerji kayıplarına, dolayısıyla da daha düşük verimle çalışmalarına yol açar. Bir başka sorunsuz parçaların sürtünmeden dolayı aşınmaya uğrayarak hızla yıpranmaları ve bunun doğuracağı bakım masraflarıdır. Geliştirilen yeni karbon film kaplaması, sürtünme sorununu ortadan kaldırdığı gibi, aynı zamanda çok sert bir malzeme olması nedeniyle aşınma tehlikesini de büyük ölçüde giderir[2].

Malzeme, alüminyum ve çelik gibi metallerin yanı sıra plastik ve seramik gibi daha farklı özellikteki malzemelere de kolaylıkla tutunabilir, bunların yüzeylerini herhangi bir yağla

kaplı oldukları zamankinden çok daha kaygan hale getirir. Bu kayganlık borik asitin kendine özgü yapısından kaynaklanır. Bileşik, atomların bir birlerine sıkı sıkı tutundukları ince tabakalar halinde kristalleşir. Tek tabakalar arasındaki bağlar daha zayıf; gerilme anında birbirleri üzerinde kolaylıkla kayarlar. Böylece de sürtünme düşük düzeyde kalır[2].

Günümüzde, Ali ERDEMİR ve ekibinin bu önemli buluşu, elektronik, ziraat, uzay ve havacılık, tıp gibi pek çok değişik alanda yaygın olarak kullanılıyor. Bundan başka, bu oldukça yeni sayılabilecek kaplama malzemesinin önemli yararlar getireceği alanlardan biri otomotiv sanayii, özellikle de geleceğin otomotiv teknolojileri. Kaplama malzemesi, 2004 yılına kadar bir "temiz araba" prototipi geliştirmeyi amaçlayan ve bir ABD devlet-sanayi işbirliği projesi olan "Yeni Kuşak Otomobilleri Ortaklığı" (Partnership for a New Generation of Vehicles - PNGV) çerçevesinde yakıt hücreleri sistemiyle çalışan kompresörlerde ve gelişmiş dizel motorları yakıt enjeksiyon sistemlerinde deneniyor[2].

2.8.3. Enerji taşımada yeni bir olanak için sodyum borhidrür

Günümüzde enerji gereksiniminin %80'i fosil yakıtlardan (petrol, doğal gaz ve kömür) karşılanıyor. Ancak fosil yakıtların giderek artan miktarlarda kullanımı yerel, bölgesel ve küresel ölçeklerde çevre kirliliğine neden oluyor. Fosil yakıtlar çıkarılmalarından taşınmalarına, işlenmelerine ve son kullanımlarına kadar geçen tüm süreçlerde çevre üzerinde pek çok olumsuz etkiye sahiptir. En önemli etkiyse yanma şeklinde olan son kullanım sırasında görülüyor. Bunlar yanma ürünü olan CO₂, SO₂, NO₂, hidrokarbonlar, kül, katran vb. bileşikler. Ayrıca atmosferik tepkimelerle fotokimyasal oksidanlar, asit aerosolleri gibi ikincil kirleticilerin de oluşumuna neden olur [2].

Fosil yakıtlarla ilgili bir diğer darboğaz da, gittikçe azalıyor olmaları. Petrol ve doğal gazın bilinen rezervleri 8×10^{21} J ve bugünkü tüketim hızıyla 40 yıl sonra bitmesi bekleniyor. Kömür rezervleri daha çok (20×10^{21} J bilinen 150×10^{21} J olası) ama bunların da çevresel etkileri daha olumsuz. Bu nedenlerle bol bulunan ve çevreye olumsuz etkileri daha az olan yeni enerji kaynaklarına yönelmek zorunlu hale geliyor. Yeni enerji kaynakları,

- Doğrudan güneş radyasyonu
- Dolaylı güneş radyasyonu (rüzgar, dalgalar, biyokütle, hidrojen, okyanusların ısı enerjisi)
- Jeotermal Enerji
- Gel git enerjisi gibi çok bulunan, yenilenebilir ve "temiz" enerji kaynakları. Ancak bu kaynaklar son kullanım için uygun değil. Bir "ara enerji taşıyıcıya" gereksinim var. Elektrik, enerji taşıyıcı olarak bir seçenek ama kolayca depolanamadığı, çok uzaklara taşınması uygun olmadığı ve taşıtlarda olduğu gibi bazı durumlarda kullanılmadığı için her türlü kullanım alanı için uygun bir seçenek değil. Diğer seçenek ise hidrojen. Taşıdığı özelliklerle tek olan hidrojen, ara enerji taşıyıcı olarak kullanıldığında aşağıdaki avantajlara da sahip:
 - Enerji üretimindeki son ürünün su olması
 - Boru hattı veya tankerlerle çok uzak mesafelere taşınabilmesi
 - Alevli yanma, katalitik yanma, elektro kimyasal dönüşüm ve hidrür oluşumu gibi pek çok yöntemle etkin bir şekilde enerji üretiminde kullanılabilmesi
 - Yenilenebilir kaynaklardan üretildiğinde çevreye herhangi bir emisyonu olmayışı, çevre dostu olması.

Ancak bir enerji taşıyıcısı olarak hidrojen kullanımının henüz çözümlenememiş sorunları da var:

- Pahalı oluşu
- Yaygın kullanım için yeterli üretim ve taşıma alt yapısının olmayışı
- Taşıma, depolama ve kullanımda emniyeti sorunları oluşu.

Hidrojen, çelik tanklarda basınçlı gaz, kriyojenik koşullarda sıvı, ısı bozunmayla hidrojen veren kimyasal bileşikler (metanol, hidrokarbonlar vb.) ve metal hidrürler halinde ya da karbon nano tüplerde soğurulmuş halde depolanabilir ve taşınabilir. Ancak bu ortamlarda depolanabilen hidrojen, kullanılan malzemenin ağırlıkça en fazla % 10'u kadar ve kullanılabilen hidrojen miktarını artırmak için tüm dünyada yoğun araştırmalar devam etmektedir [2].

Kuvvetli indirgen özelliğe sahip bir bor bileşiği olan sodyum borhidrür (NaBH_4), günümüzde kağıt hamurunun ağartılması, çözeltilerden değerli metallerin (altın, gümüş vb.) geri kazanılması, atık sulardan ağır metallerin (kadmiyum, cıva vb.) giderilmesi, vitamin, antibiyotik vb. bazı organik kimyasalların üretilmesi gibi pek çok alanda ticari olarak kullanılıyor. Sodyum borhidrür, bir katalizör varlığında su ile tepkimeye girerek hidrojen gazı üretme özelliğine sahip[2].

Sodyum borhidrürün alkali çözeltisine, oda sıcaklığında bile bir katalizör eklendiğinde (örneğin, kobalt, rutenyum, asit) yukarıdaki tepkimeye göre hidrojen gazı açığa çıkar. Hidrojen üretiminde sodyum borhidrür kullanımının avantajları,

- Sodyum borhidrür ve sodyum metaborat çözeltilerinin yanıcı olmaması
- Tepkimenin kolayca kontrol edilebiliyor olması
- Hidrojenin yansının sodyum borhidrürden, diğer yansımnsa sudan gelmesi (100 g sodyum borhidrürden ~21 g H_2)
- Heterojen katalizörlerin pek çok kez kullanılabilir olması
- Sodyum metaboratın yeniden sodyum borhidrür üretiminde kullanılabilmesi
- Sodyum borhidrürde ağırlık/enerji oranının benzindeki orana yakın oluşu
- Mevcut benzin dağıtım altyapısının sodyum borhidrür çözeltisi taşımada kullanılabilir ya da katı olarak kolayca taşınabilir oluşu
- İçten yanmalı motorlarda yapılacak bazı ufak değişikliklerle bu şekilde üretilen hidrojen gazının araçlarda yakıt olarak kullanılabilmesi.

Millenium Cell şirketi, sodyum borhidrürün bu özelliğine dayanan taşınabilir hidrojen depolama sistemleri geliştirmiş (Hydrogen on Demand) bulunuyor[2].

Sodyum borhidrürün elektro kimyasal tepkimesiyle sodyum borata oksidasyonu, bir pil içinde de gerçekleşebilir. Ancak pilin içindeki borhidrür bitince enerji üretimi, yani pil de biter. Diğer taraftan bir yakıt pilinde sodyum borhidrür beslemesi sürdükçe elektrik enerjisi üretimi de sürer, çözeltide sodyum borhidrür bitse bile elektrolizör, oluşan sodyum metaborat boşaltılıp yeniden sodyum borhidrür çözeltisi doldurulup çalıştırılabilir.

Yakıt pilleri, elektrokimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren düzenekler. Güç üretim santrallerinden cep telefonlarına kadar çok değişik kapasitede geniş uygulama alanı ve farklı türleri var. Böyle bir yakıt pilinde sodyum borhidürün %44' lük (ağırlıkça) çözeltisi kullanılırsa, bir litre çözülden 5,11 KW/saat enerji elde edilebilir ki bu değer 1 litre benzinden teorik olarak elde edilebilecek enerjinin % 56'sına eşit. Ancak yakıt pili-elektrik motorundaki enerji dönüşüm verimi, içten yanmalı motora kıyasla 2,5-3 kat daha fazla. Dolayısıyla mevcut yakıt tanklarıyla katledilen yol sodyum borhidür kullanımı için de geçerli[2].

Sodyum borhidürden üretilen hidrojen, içten yanmalı motorda yakılarak bir Ford Crown Victoria takside, akülü sistemde Ford Explorer'da, yakıt pili olarak ise Ford Mercury Sable'de, prototip olarak uygulanmış. Millenium Celi aynı zamanda fotovoltaik enerjiyle kullanılmış metaboratı elektrolizle borhidüre çeviren bir prototip de yapmış.

Türkiye, dünya bor cevheri rezervinin %65'ine sahip. Bor için çok yaygın bir kullanım olanağı açan sodyum borhidürün hidrojen taşıyıcı olarak kullanımını ülkemizin bu zenginliğini değerlendirmede yeni ufuklar açacaktır[2].

BÖLÜM 3 BOR CEVHERİNDEN VE ATIKLARINDAN (KATI, SIVI VE BUHAR) BORUN ARITILMA YÖNTEMİ VE KULLANILAN REAGENTLER PERLİT

3.1 Tanım ve Sınıflandırma

Perlit asidik karakterli volkanik bir camdır. Perlit ismi bazı perlit tiplerinin kırıldığına inci parlaklığında küçük küreler elde edilmesi nedeni ile inci anlamına gelen perle kelimesinden türetilmiştir.

Perlit, ısıyla genleşme özelliği olan, genişletildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen bir kayadır.

Perlit kelimesi hem ham perlit ve hem de bunun genişletilmesiyle elde edilen ürün için kullanılmaktadır.

Çeşitli perlit kayaları renk ve yapı itibarıyla birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Ham perlitin rengi saydam açık griden parlak siyaha kadar değişebilmektedir. Genleştiğinde renk tamamen beyazlaşır. Perlitte en önemli özellik, hidrasyona uğramış camsı silika yapısındaki %2.5 arasında bileşik halinde içerdiği sudur ve bu su perlitin kararlılığını sağlamaktadır.

Perlit 750-1200 °C arasında ani olarak ısıtıldığında bünyesinden çıkan buharın etkisiyle genişleyerek camsı tanelerden oluşan bir köpük agregasına dönüşür. İlk hacminin 20 katına kadar genişleyebilir. Bu ürüne genişlemiş perlit denir.

Perlitin fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir [5].

3.1.1 Fiziksel özellikleri

- Tanım : Konkoidal, sferidal kırıklı camsı volkanik kayaç
- Renk : Beyaz, gri ve tonları, geni eşince tümüyle beyaz
- Sertlik (Mohs) : 5-6
- Özgül ağırlık : 2200-2400 kg/m³
- Gevşek yoğunluk : 32-400 kg/m³
- Yumuşama noktası : 871-1093 C°
- Ergime noktası : 1260-1343 C°
- Özgül ısı : 0,2 cal/g C°
- Isı iletkenliği : 0,04 W/Mk
- Refraktif indeks : 1,5
- pH : 6,5-8
- Serbest nem (%) : Maksimum 0,5
- Asitte erime özelliği : Konsantre sıcak alkali ve hidrolik asitte erir
: Konsantre mineral asitlerinde az erir. (%2)
: Seyreltik mineral veya konsantre zayıf asitlerde çok az erir (%0,1) [5].

3.1.2 Kimyasal özellikleri (%)

Perlit, özel dokulu, iç yapısında belli oranda su içeren, asit bileşimli esas itibariyle volkanik camdır. Fibrık yapılı değildir. Nitrat sülfat, fosfor, ağır metal, radyoaktif element ve organik madde içermez. Dolayısıyla kimyasal olarak oldukça saftır.

Tipik bir perlitin kimyasal analizi aşağıda gösterilmiştir [5].

Tablo 3.1: Perlitin kimyasal Özelliği

SiO ₂	71.0-75.0
AlO ₃	12.5-18.0
NaO	2.9-4.0
K ₂ O	0.5-5.0
CaO	0.5-2.0
Fe ₂ O ₃	0.1-1.5
MgO	0.02-0.5
TiO ₂	0.03-0.2
H ₂ O	2.0-5.0
MnO ₂	0.0-0.1
SO ₃	0.0-0.2
FeO	0.0-0.1
Cr	0.0-0.1
Ba	0.0-0.05
PbO	0.0-0.03
NiO	Eser
Cu	Eser
B	Eser
Be	Eser
Serbest Silis	0.0-0.2
Toplam Klorürler	0.0-0.2

3.2 Mevcut Durum

3.2.1 Rezervler

Dünyada, nemli perlit rezervleri Tersiyer-Erken orta Kuvaterner yaşlı volkanik bölgelerde yoğunlaşmıştır. Ülkeler ve bölgeler için perlit rezervleri Tablo3.2' de verilmiştir. ABD, Ermenistan, Japonya, İtalya, Türkiye, Yunanistan perlit kaynakları bakımından zengin ülkelerdir [5].

Tablo 3.2. Dünya rezervleri (milyon ton)

Ülkeler	Görünür Rezervler
ABD	50
Diğer	5
Kuzey Amerika Toplamı	55
Türkiye	30
Yunanistan	50
Diğer	490
Avrupa Toplamı	570
Japonya	10
Filipinler	10
Diğer	30
Asya Toplamı	80
Afrika ve Okyanusya	25
Dünya Toplamı	700

Kaynak: USBM Mineral Yearbooks 1995, Mineral Commodity Summaries 1996

Türkiye'de yapılan araştırmalarda toplam mümkün perlit rezervinin 4,5 milyar ton belirtilmektedir. (İst. Maden İh. Birliği 1999 çalışma raporu) [5].

3.2.2 Üretim

3.2.2.1 Üretim yöntemi ve teknolojisi

Perlit cevheri açık işletmecilik metodu ile genellikle patlatarak yapılır. Daha sonra kırma-öğütme- sınıflandırma işlemlerini takiben genişletme işlemi yapılmaktadır.

Tüvenan cevherinin ocağa yakın bir yerde ilk kaba kırmadan geçirilip gerekli tane iriliğine getirilmesi, genişleyen perlitin ise hafif fakat hacimce büyük olduğundan pazar alanlarına yakın yerlerde tesisler kurularak genişletme işlemi yapılması ekonomik bulunmaktadır [5].

Perlitin hazırlanmasında önemli hususlar şunlardır:

- Perlitin nodüllerine ayırmak veya küp şeklinde taneler elde etmek,
- Fazla inceltmeden ve kabuk dokusunu bozmadan sadece gerekli tane iriliğine kadar kırmak,
- İstenen tane boyuna göre ayırmak
- Perlit genellikle kolayca kırılabilen iyi öğütülebilen bir kayadır. Ancak tane dağılımı kırma darbelerine bağlı olduğundan, kırma ve öğütücü seçimi özel dikkat gerektirir [5].

Perlit hazırlama tesislerinde gerekli işlemler şöyle sıralanabilir;

- Kırma
- Ön öğütme
- Kurutma
- Öğütme
- İnce öğütme
- Eleme, sınıflandırma, boyutlama
- Depolama

Perlit ile ilgili talep alanları değişik boyutlara yöneldiğinden öğütmede esneklik önem taşımaktadır. Çeşitli kullanım alanlarının gereklerine paralel olarak perlit talebinin genel olarak aşağıdaki gruplarda görece bir ağırlık taşıdığı söylenebilir.

- 0-0,5 mm; 0,3-1 mm; 0,3-1,6 mm (0,3 mm altındaki miktar max.%8)
- 0-0,4 mm; 0-2,2 mm; 0,4-1,2 mm; (0,3 mm altındaki miktar % 10)
- 0,3-2 mm (0,3 mm altındaki miktar % 40)
- 0,8-1,6 mm; 0-2 mm; 1,2-2 mm (0,3 mm altındaki miktar % 40)

Piyasada en çok aranan 0,03-1 mm ile 0,8-3 mm arasındaki tane boyutudur.

Öğütülmüş, boyutlanmış ham perlit 400 °C 'ye kadar bir ön ısıtmaya tabi tutulur. Daha sonra 700-1200°C arasında sıcaklığı olan bir ortalama verildiğinde içindeki suyun buhar halinde çıkmasıyla kısa sürede mısır gibi patlayarak hacmi 4-30 kat artar. Bu şekilde genişleştirilmiş perlit, çok gözenekli ve hafif camsı bir yapıya dönüşür. Bu olaya "İntümesens" denilmektedir.

Perlitin aktif olarak genişletilmesinde başlıca şu faktörler rol oynamaktadır.

- Kullanılan perlitin cinsi, bileşimi, efektif su miktarı
- Gerekli ısıtma süresi
- Tane boyutu
- Genleşme sıcaklığı

Perlit genişletme tesisleri hammadde depolama, genişletme, ayırma ve paketleme olmak üzere üç üniteden oluşmaktadır.

Genleşme tesisinde kullanılacak fırının tipi perlitin cinsine ve istenen ürüne göre değişmekle birlikte son yıllarda sabit, dikey fırınlar tercih edilmektedir. Bu fırınlar genellikle mazotla çalışmaktadır [5].

3.2.2.2 Sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar

Mevcut durumda ham perlit ve işlenmemiş perlit ürünlerini en çok üreten ve tüketen ülke ABD'dir. Perlit yatakları ülkenin batı eyaletlerinde bulunmaktadır. Bu eyaletler özellikle New Mexico, Arizona, Kaliforniya, Kolorado, Nevada, Oregon ve Utah eyaletleridir. Bunlardan New Mexico toplam tonajın büyük bir kısmını karşılamaktadır. Genleşme tesisleri ise tüketim alanlarına yakın olan doğu eyaletlerinde bulunmaktadır. Okyanus navlunu demiryolu arzularına göre daha ucuz

olduğundan kırılmış elenmiş perlit Avrupa'dan özellikle Yunanistan'dan ithal edilmektedir. Mevcut durumda ABD'de 62 adet firma faal durumdadır. Bunlardan 7 tanesi üretimin % 85 'ini karşılamaktadır. Bunlardan her birinin üretimi 25.000 ton/yıl dan fazladır.

Üretimde söz sahibi diğer ülkeler ise Çin, Yunanistan, Japonya, Türkiye, Slovakya, İtalya, Macaristan ve Fransa'dır.

Sektörde tanınan önemli firmalar aşağıda verilmektedir [5].

- a) Harbolite Co (ABD)
- b) American perlite Co (ABD)
- c) Wilkins Mining and Trucking Co (ABD)
- d) Grafco (Dicalite) (ABD)
- e) Silver and Baryte Ores Mining (Yunanistan)
- f) Otavi Minen Hellas (Yunanistan)
- g) Henan xinyag Shantianti ('in)
- h) Etibank (Türkiye)
- i) Perlite SPA (İtalya)

3.2.2.3 Mevcut kapasiteler

Bölüm 3.2.2,2'de bazı önemli perlit üretici firmalarının isimleri verilmiş, Tablo 3.3'te ise firma isimleri ile birlikte kapasiteleri gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Kapasiteler ve Firma İsimleri

Firma Adı	Kapasite (ton/yıl)	Kapasite Kullanım Oranı %
Silver and Baryt	250.000	80
Otevi Minen Hellas	120.000	58
Orszagos Ercaes	120.000	-
Nord Perlite	41.000	-
Per Filtre SA	27.000	-
Etibank	145.000	17

Kaynak: Coope, 8. 992 Larkin, K. 993

3.2.2.4 Üretim miktarı

Ülkelere göre üretim miktarı Tablo 3.4 'te verilmiştir [5].

Tablo 3.4. Ülkelere göre üretim miktarları (Bin ton)

ÜLKE	1994	1995	1996	1997	1998
ABD	644	700	684	706	685
Yunanistan	372	431	418	425	425
Japonya ¹	200	200	200	200	200
Türkiye ²	165	171	175	175	150
Macaristan ²	85	151	150	150	150
İtalya ¹	65	60	60	60	60
Slovakya ¹	50	50	50	50	50
Diğerleri ³	69	77	73	74	100
Toplam	1650	1840	1810	1840	1820

1- Tahmini; 2- Tüvenan cevher, 3- Ermenistan, Filipinler, Avustralya, Meksika Güney Afrika, İran Kaynak: İstanbul Maden ihracatçıları Birliği 1999 Çalışma Raporu)

Üretime Çin, Bulgaristan, Mozambik, Cezayir, İzlanda gibi ülkeler dahil edilmemiştir. Çin'in de önemli üreticilerden biri olduğu bilinmektedir. (WalleceP. Bolan-1998) [5]

1995'li yıllarda ABD, Yunanistan, Japonya ile birlikte Türkiye ana üretici konuma gelmiştir. (USBM, Roskill, Metals and Minerals Annual Review-1996)

3.2.3 Tüketim

Perlit tüketimini etkileyen en önemli faktör inşaat sektöründeki aktivitedir. Bu nedenle perlit talebi inşaat sektöründeki gelişme ve durgunluklara paralel bir durum arz etmektedir. İklim koşulları da yapılardaki yalıtım sistemlerinin geliştirilmesine, dolayısıyla perlit kullanımına etki eden bir diğer faktördür [5].

Dünyanın en büyük üretici ve tüketici konumundaki ülkelere biri olan ABD'de 1999'da tüketilen perlitin %71'i inşaat üretim ürünlerinde, %10'u tarım agregası %9'u filtre yardımcı malzemesi, %7'si dolgu malzemesi, %3'ü diğer alanlarda

kullanılmıştır (Wallece p. Bolen-Şubat 2000). Dünyada inşaat üretim ürünlerinde kullanılan perlitin yaklaşık %70'inin izolasyon plakaları ile tavan döşemelerinde kullanıldığı belirtilmektedir (USBM, Roskilli, Metals and minerals Annual Review - 1996) [5].

3.2.3.1 Tüketim alanları

Genleşmiş perlite ticari değer kazandıran en önemli özellik; az hacimdeki düşük yoğunluğu, fiziksel esnekliği, kimyasal sabitliği, düşük ses geçirgenliği, ateşe karşı dayanıklılığıdır [5].

Perlitin tüketim alanları başlıklar halinde aşağıda verilmektedir [5].

3.2.3.1.1 İnşaat sektörü

- a) Şekillendirilmiş izolasyon malzemeleri (çan ve zemin izolasyonlarında)
- b) Perlitli Sıvalar
- c) Perlit agregalı hafifi yalıtım betonu (Çimento veya alçı bağlayıcı)
- d) Perlit agregalı hafifi yapı elemanları tavan kiremitleri, boru izolasyonları vs.
- e) Gevşek dolgu malzemesi olarak (tavan aralan zemin ve duvar boşluklarında yalıtım malzemesi olarak; silikonla özel bir işleme tabi tutularak köpük halinde)
- f) Yüzey döşemelerinde (ısı ve ses yalıtıcı olarak)
- g) Çimento ve alçı dışındaki bağlayıcılarla yapılan özel amaçla perlit betonları

3.2.3.1.2 Tarım sektörü

Toprağın fiziksel özelliklerini artırıcı "substrat" Maddesi olarak, gerekli uygun toprak koşullarını sağlamak topraktaki sıklığın artmasına yardım ederek su drenajını azaltmak ve nemi muhafaza etmek, fideler için üreme ortamı oluşturmak, toprağı havalandırmak gibi nedenlerle aşağıdaki alanlarla geniş olarak kullanılır [5].

- a) Tarla tarımında
- b) Bahçe tarımı ve seracılıkta (fide yetiştiricilik, kültür tanımı gibi)
- c) Çimli spor alanlarında

3.2.3.1.3 Sanayi sektörü

i) Gıda, ilaç ve kimya sanayiinde filtre yardımcı maddesi olarak

a) Gıda sanayiinde

- Meyve sularını süzmede
- Bitkisel yemeklik yağlarını süzmede
- Şeker şerbeti süzmede
- Mısır şerbeti süzmede(Glikoz /Dekstroz üretiminde)
- Bira, şarap ve likörleri süzmede

b) İlaç ve kimya sanayiinde

- Boyaların süzülmesinde
- Kağıt sanayiinde (Beyaz su filtrasyonu)
- Antibiyotiklerin sürülmesinde
- Pektin süzmede
- Sitrik asit süzmede
- Soda külü eriyiklerinin filtrasyonu
- Sodyum silikat (su cam)
- Sülfürik asit filtrasyonu
- Uranyum şerbeti filtrasyonu
- Flok süzmede (Alüminyum hidroksit ve flokülasyon işlemlerinde)
- Fosforik asit süzmede

c) Diğer süzme işlemlerinde

- İçme suyu süzmede
- Yüzme havuzlarının suyunu süzmede
- Atık sulan temizleme ve süzme işlemlerinde
- Makina yağı süzmede (kullanılmış makina yağlarının rejerasyonu)

ii) İlaç ve kimya sanayiinde dolgu maddesi olarak

- a) Çeşitli ilaçlarda (insan sağlığı ilaçların veteriner ilaçları)
- b) Haşere ilaçlarında (bitki koruma vb.)
- c) Temizleyici tozlarda
- d) Gübrelerde
- e) Dinamit üretiminde
- f) Testüre örtücülüğü yüksek (yüzeyi genli) boyaların üretiminde
- g) Kozmetik sanayiinde (sabun vb.)

iii) Sanayide ısı yalıtım malzemesi olarak

- a) 1000°C ye kadar sıcaklıktaki reaktörlerin potanların vb. yalıtımında
- b) Soğuk hava depolarının yalıtımında
- c) Sıvılaştırılmış gaz tanklarının ısı yalıtımında
 - Sıvılaştırılmış petrol gazları (LPG)
 - Sıvılaştırılmış doğal gazlar (LNG)
 - Sıvı oksijen
 - Sıvı azot ve amonyak
 - Sıvı propan, etan ve metan
 - Sıvı soygazlar, itici gazlar (propellanlar), soğutucu gazlar (refrigeranlar vb.)

iv) Seramik ve cam sanayiinde katkı maddesi olarak

v)Metalurjide

- a) Döküm kumuna katkı maddesi olarak
- b) Dökümcülükte metalurjik flaks olarak
- c) Potadaki ergimiş metalin korunmasında
- d) Demir-Çelik sanayimde ergimiş metalin cüruf kontrol unda
- e) Dövmede veya haddeye giden sıcak metal ingotların ısı kayıplarını önlemede
- f) Perlitli yalıtıcı refrakterlerin üretiminde
 - Seramik bağlayıcılı refrakter tuğlalar
 - Alüminyum fosfat bağlayıcılı perlit refrakter tuğla veya betonlar
 - Perlitli refrakter harçlar

3.2.3.1.4 Diğer alanlardaki uygulamalar

- 1- Petrol, su ve jeotermal sondajlarda (çimentolama işlemini kolaylaştırıcı katkı maddesi olarak)
- 2- Gemi diplerini kaplama ve yalıtımında (kalafat macunları)
- 3- Petrol artıklarından veya diğer yağlı atıklarından kaynaklanan su kirliliğini gidermede (Bilhassa denizlerdeki)
- 4- Baraj göllerinde, kentlerde, açık su rezervuarlarda buharlaşmayla su kaybını önleyici olarak
- 5- Ambalajlamada dolgu malzemesi olarak
- 6- Plastik köpük ve plakalara dolgu ve katkı malzemesi olarak
- 7- Ucuz ve hafif plastik mobilya yapımında dolgu maddesi olarak (Bahçe sandalye ve masası)
- 8- Yangına karşı özellikle çelik konstrüksiyonlarda yalıtım katı olarak

Perlit genişlemiş olarak kullanıldığı gibi ham olarak da geniş kullanım alanlarına sahiptir. Ham perlit kimyasal bileşimi itibariyle silisli ve alüminyumlu bileşikler içerdiğinden kalsiyum esaslı bağlayıcılar ile kimyasal reaksiyona girerek hidrolik aktivite gösterir. Bu özelliği nedeniyle inşaat sektöründe geniş çapta kullanılmaktadır. Perlit çimentoya dayanıklılık kazandırmaktadır. Bunun için ham perlit kayası kırılıp öğütülüp elendiği gibi doğal olarak agrega halinde bulunan perlit kaynakları da kullanılmaktadır. Bu şekilde doğal agrega olarak bulunan perlitin ülkemizde geniş rezervleri vardır (Erzincan, Nevşehir, Ankara civarındaki yataklarda) [5].

Ham perlit agregası hafif yapı malzemesi niteliğinde olup aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- | | | |
|--|---|--------------------------|
| a) Agreganın kuru gevşek birim ağırlığı | : | 1,264 gr/cm ³ |
| b) " " sıkı " " | : | 1,467gr/cm ³ |
| c) " " kıvam su ihtiyacı | : | %38 |
| d) " " su emmesi | : | %6 |
| e) " yaş gevşek birim ağırlığı | : | 0,969gr/cm ³ |
| f) " yaş sıkı " " | : | 1.280gr/cm ³ |
| g) " asit ve bazlara karşı dayanıklılığı | : | |

- Asitlerde çözünürlük:

Hidroflorik asit (sıcak derişik)	: % 94,94 Çözünür
Hidroklorik asit (1/10'luk sıcak)	: %3,32 Çözünür
Hidroklorik asit (1/10 N sıcak)	: %2,55 Çözünür

Bazlarda Çözünürlük:

Sodyum hidroksit (doygun sıcak çözelti)	: %9,13 çözünür
“ “ (1 N Sıcak)	: % 8,77 Çözünür
“ “ (0,1 N Sıcak)	: % 2,64 Çözünür

Ham perlitin, kırılmış öğütölmüş ve tane boyutlarına ayrılmış olarak kullanım alanları şöyledir [5]:

- 1- Asit ve bazlara karşı dayanıklı olduğu için özellikle kanalizasyon borularının üretiminde kullanılır.
- 2- İç ve dış inşaat sıvalarında
 - a) Dona karşı dayanıklı olduğundan su alan inşaatlarda
 - b) Çatı ve terasların su izolasyonlarında
 - c) Yüzme havuzların yapımında
 - d) Isı izolasyonunda sıva olarak veya briket kiremit gibi izolasyonla hafif yapı elemanı üretiminde
- 3- Demiryollarında patinaj kumu olarak
- 4- Abresif sanayiinde aşındırıcı olarak
- 5- Filtre kumu ve /veya çakıllı olarak su arıtma tesislerinde
- 6- Karayollarında asfalt dolgu malzemesi olarak
- 7- Dökümhanelerde atık koyulaştırıcı, metal temizleyici ve silis kaynağı olarak.

3.2.3.2 Tüketim miktarı

Dünyada üretilen ham perlitin büyük bölümünü genleştirilmiş şekilde tüketilmektedir. Genleştirilmiş perlit mükemmel ısı ve ses yalıtım özelliği nedeniyle kullanımı hayli yaygın, az yoğun yapı malzemesidir. Bu itibarla perlit tüketimi geniş ölçüde inşaat sektöründeki aktiviteye bağlıdır [5].

Dünyanın en büyük üretici ve tüketici konumundaki ABD de 1998 yılında geni eşmiş perlit tüketimi bir önceki yıla oranla %7 artış göstermiş, ancak ham perlit tüketimi ise bir miktar düşmüştür, genleşmiş perlit tüketimindeki artış bilhassa inşaat sektöründe göze çarpmaktadır [5].

Aşağıda Tablo 3.5 ve 3.6 'da ABD ve Avrupa ülkelerinin tüketim rakamları verilmektedir [5]:

Tablo 3.5. ABD Perlit Tüketim Miktarı (Bin Ton)*

1994	1995	1996	1997	1998
636	652	670	695	742

* Genleştirilmiş perlit

Kaynak: BÖLEN, P. W. 1999

Tablo 3.6. Avrupa Birliği Ülkelerinin Perlit Tüketimi (Bin Ton)

1992	1993	1994	1995
428	696	540	576

* Tüketimde 12 ülke baz olarak alınmıştır.

Kaynak: European Minerals Yearbook (1998)

Dünya perlit üretimi 1998'de 1.820 bin ton olduğu göz önüne alınarak stok miktarının yok denecek kadar az veya sınırlı olduğu düşünüldüğünde gelişmiş ülkelerdeki perlit tüketim görünür miktarının 1.800 bin ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir [5].

3.3 Perlitin Türkiye'deki Durumu

3.3.1 Ürünün Türkiye'de bulunuş şekilleri

Ülkemizdeki önemli perlit rezervleri Tersiyer-Erken orta Kuvaterner yaşlı volkanik bölgelerde yoğunlaşmıştır. Genel olarak riyolitik volkanizmalarla ilgilidir.

Doğu Anadolu'daki Sarıkamış perlitleri genç neojen riyolitik volkanizmaları ile ilgili olarak doğrudan bu akıntılarla teşekkül etmiş, riyolit lavların, riyolitik ruf ve diğer volkanik tortular içerisinde geniş alanlara yayılmıştır. Güneydeki Mescitli Köyü civarından başlayıp Keklik Deresinin her iki tarafında yayılarak Sarıkamış yakınlarına kadar 15 km ' lik bir uzanım gösterir.

İç Anadolu'daki Nevşehir perlitleri ünlü Acıgöl krateri civarında plio-kuvaternere ait tali domlar şeklindedir.

Ege Bölgesi perlitleri, Menderes ve Karaburun masifleri arasında kalan mesozoik bir kıvrımın miyosen riyolitik volkanizmaları ile ilgilidir.

Menderes (Cuma Ovası) perlitleri Murat tepe ile Karadağ arasında yer yer kesintili olarak 10 km boyunca uzanır. Cevher yataklarının derinliği 25-90 m arasındadır [5].

3.3.2 Rezervler

Türkiye perlit rezervi 4,5 milyar ton düzeyindedir. Bu rakam tahmini dünya rezervlerinin önemli bir bölümünü oluşturur. Türkiye perlit rezervinin dağılımı Tablo 3.7 ' de verilmiştir [5].

Tablo 3.7. Türkiye Perlit rezervleri

Bölge	Rezerv (mümkün) Bin Ton
Ankara- Çamlıdere	8.000
Ankara-Çubuk	32.000
Ankara- Kızılcaham	34.200
Balıkesir-Evrindi	25.000
Balıkesir- Savaştepe-Sındırgı	47.000
Bitlis-Adilcevaz-Tatvan-(Van-Erciş)	1.400.000
Çankırı-Orta	30.000
Çanakkale-Biga	3.400
Eskişehir-Seyitgazi	20.000
Erzincan-Merkez	27.000
Erzurum-Pasinler	100.000
İzmir-Bergama	16.500
İzmir-Dikili	8.000
İzmir-Foça	16.500
İzmir-Menderes (Cuma Ovası)	60.000
Kars -Sarıkamış	1.500.000
Manisa-Demirci-Soma	18.600
Manisa-Saruhanlı	18.000
Nevşehir-Acıgöl	862.000
Nevşehir-Derinkuyu (Niğde-Gölcük)	350.000
Toplam	4.576.200

3.3.3 Tüketim

Genleşmiş perlite ticari değer kazandıran önemli bazı fiziksel özellikleri az hacimdeki düşük yoğunluğu, fiziksel esnekliği, kimyasal sabitliği, düşük ısı ve ses geçirgenliği, ateşe karşı dayanıklılığı yağ ve su tutma kapasitesidir [5].

3.3.3.1 Tüketim alanları

Ülkemiz perlit bakımından zengin kaynak ve kapasiteye sahip olmasına rağmen yurtiçi talep çok sınırlı kalmaktadır. Çok iyi bir izolasyon maddesi olan perlit iç tüketimdeki gerekli ivmeyi bir türlü kazanamamıştır.

Türkiye'deki perlit tüketiminin %60'ı inşaat, %20'si sanayi, %17'si tarım ve %3'ü diğer kullanım alanlarına ait olduğu, bu miktarlarında yıllık genişmiş perlitin üçte biri civarında olduğu görülmektedir [5].

3.3.3.2 Tüketim miktarı

Türkiye'de 95-98 yılları arasında ortalama tüvenan perlit tüketimi 30 bin ton /yıl genişmiş perlit tüketimi ise 100.000 m³ civarındadır. Bir ton kırılmış elenmiş perlitte ortalama 12m³ genişmiş perlit elde edildiği düşünülürse kırılmış elenmiş perlit tüketiminin 8000-8500 ton/yıl olduğu anlaşılmaktadır [5].

3.3.4 Üretim

3.3.4.1 Üretim yöntemi ve teknolojisi

Perlit yataklarından ham cevher üretimi açık işletme metodu ile yapılmaktadır. Yüzeyde veya yüzeye yakın geniş alan kaplayan yataklar ekonomik olarak işletilmektedir. Bazı gevşek yapılı perlit ocakları ripperli dozer ile sökülebilirse de genellikle üretimde patlayıcılar kullanılır. Üretilen ham cevher fabrikalara taşınır, burada çenelik kırma veya merdaneli kırma makineleri kullanılarak kırılır ve kurutulur, daha sonra çekiçli ve çubuklu değirmenlerden geçirilir ve elekler vasıtasıyla tane boylarına göre tasnif edilir ve torbalanır (Burada tane boyu çok önemlidir, zira birçok kullanım alanı ham cevherin tane boyutuna dayanmaktadır. En çok aranan 0,8-3 mm arasındaki tane boyudur). Belirli tane iriliğine göre tasnif edilmiş perlit, cevher kalitesine göre ön ısıtma işlemlerinden geçirilir. Bu işlem ile perlitteki su miktarı %2'ye kadar düşürülerek genişletilmeye hazır hale getirilir. Bazı perlit cevherleri ise ön ısıtma gerektirmeyebilir. Patlatma genel olarak 760-1000°C arasında fırında ani ısıtma ile elde edilir. Tabii olarak perlitin bünyesinde bulunan su, buhar haline geçer ve bu yumuşatılmış kayaç içerisinde kabarcıklar oluşturur. Burada perlitin hacimce genişmesi ortalama olarak 4-20 mislidir. Genleştirilen perlit havalı ayırıcılardan geçilerek sınıflandırılır ve torbalanır. Genleşen perlit hafif fakat hacimce büyük olduğundan tesisler pazar alanlarına yakın yerlerde kurulmaktadır. Perlit teknolojisi daha çok makina ile ilişkisi olan yoğun bir teknolojidir. Eti Holding

Menderes tesislerinde ön ısıtmalı bir teknoloji uygulamaktadır. Böylece genişletmeden önce sıkı bağlı su oranı optimuma getirilmiş olan perlit cevherinin genişletilmesiyle pek çok avantaj sağlanmaktadır [5].

Bunlar;

- Daha iri taneli perlit elde edilmektedir (İnce partikül ve toz azalmaktadır).
- Genleşmiş perlitteki kapak gözenekler büyük oranda artmaktadır.
- Genleşmiş ürünün kapiler su emmesi %65 düzeyinde azalabilmektedir.
- Genleştirme fırınının verimi artmaktadır.

Eti Holding kırma, eleme, sınıflandırma ve genişletme tesisleri kaliteli perlit yataklarına yakın yerde kurulmakla birlikte ön ısıtma sistemi ile de prosesin teknik gereklerine göre ürünleri işleyerek sabit ve yüksek kalitede üretim yapabilme olanağına sahiptir. Aynı şekilde kırma eleme ve genişletme ünitelerinde yapılan tadilatlarla istenilen kalitede üretim gerçekleştirilmektedir.

3.3.4.2 Sektörde üretim yapan önemli kuruluşlar

Türkiye'de perlit işletmeciliği yapan önemli 6 firma sayılabilir.

- a) Eti Holding (Menderes)
- b) Perlisan Ltd.-DPM Ltd. (Bergama)
- c) Harborlite Aegean (Ege Endüstri Mineralleri) (Bergama)
- d) Silver and Baryt (Saba Madencilik) (pabalk) (Karabiga)
- e) Persa (İstanbul)
- f) Perlitaş (Bergama)

Eti Holding faaliyetlerine 1979 yılında başlamıştır. Faal olan üç ocağı Menderes, Bergama ve Demirci Tesisleri'dir [5].

Perlisan Ltd. IMP Ltd., Türkiye'de en fazla perlit ihraç eden kuruluştur. Bergama civarında beş tane ocağı mevcuttur [5].

Harbolite Aegean, Kıska inşaat grubunun bir üyesidir. Bu grup Ege Endüstrisi Mineralleri Sanayii A.Ş.olarak faaliyet gösterirken ABD'deki Harborlite firması ile işbirliğine giderek adını da bu şekilde değiştirmiştir. Ocakları Bergama'da tesisleri Dikili 'dedir [5].

Saba Madencilik, Pabalk Madencilik San. A.Ş adı ile faaliyet yürütürken ABD kökenli Silverand Baryte Ores Mining Co'nun Yunanistan şubesi ile birleşerek adına Saba Madencilik olarak değişmiştir. Ocakları Biga ve Balıkesir civarında, tesisleri ise Çanakkale Karabiga'dadır. Persa perlit türevleri San. Ticaret Limited Şirketi genişmiş perlit üretimi için kurulmuş olmakla beraber perlit madenciliğinde yenidir. Firmanın batı, orta ve Doğu Anadolu'da perlit sahaları vardır. Perlitaş, Perlisan'a bağlı bir kuruluştur. Tesisleri Bergama'dadır [5].

3.3.4.3 Üretim miktarı

Türkiye tüvenan perlit üretimi yıllar itibariyle Tablo 3.8 'de verilmektedir. Ortalama yıllık üretimin 150.000 ton civarında seyrettiği tablodan anlaşılmaktadır.

Tablo 3.8. Türkiye Perlit Üretimi

<u>Yıllar</u>	<u>Üretim Miktarı (Ton)</u>
1994	164.582
1995	171.058
1996	157.580
1997	103.416
1998	124.312
1999	142.061

Kaynak: DİE Maden İstatistikleri

BÖLÜM 4 BOR ATIKLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Borun Giderilmesi ve Giderilme Yöntemleri

Atık sulardan bor giderilmesi çevre kirlenmesi, tarım sulama sularının kullanılabilmesi, kimyasal proseslerde bor varlığının olumsuz etkilerinin giderilmesi amacıyla yapılmaktadır.

Bu atıktaki kil içinde ve doygun su içinde önemli miktarlarda boraks kaybedilmektedir. Bu nedenden dolayı, işletme tasarımında öngörülen kapasite değerlerinin %40'ında çalışmaktadır.

4.1.1 Beraber çöktürme ve adsorpsiyona dayanan yöntemler

Yapılan bir çalışmada atık içindeki kristallerin su fazında çözülüp uygun bir çöktürücü madde veya maddeler bileşimi kullanarak atık içindeki killerin çöktürülerek sıvı kısmın kazanılması yoluna gidilmiştir. Sonuç olarak; Alüminyum sülfat, kalsiyum klorürü, Superfloc 214 gibi çöktürmeye yardımcı maddelerden meydana gelen bir karışım ile temiz bir sıvı fazı, hızlı çökme ve iri - dayanıklı kil kümeciklerinin elde edilebileceği kanıtlanmıştır. Bu işlemde atık çamurdaki B_2O_3 'ün %74'ü çöktürülmüştür.

Bu yöntemler ancak yüksek konsantrasyonlu sulara tatbik edilebilmektedir. Giderilen bor miktarı da fazla olmayıp, ekonomik de değildir.

4.1.2 Solvent ekstraksiyona dayanan yöntemler:

Bu yöntemlerde, polialkoller kullanılarak solvent ekstraksiyonu yöntemiyle B_2O_3 'ün atık çamurdan ayrılabilceği kanıtlanmıştır. Temel prensip; diollerin 1,2 veya 1,3 mevkilerinde bor ile dayanıklı asidik kompleksler yapabilmesidir.

- Borik asit ekstraksiyonları yalnızca 1,3-dioller ile yapılabilir ve sıyırma için kalevi çözeltiler kullanılmalıdır.
- 1,3 diol-bor komplekslerinin sıyırma verimini, NaOH konsantrasyonunu artırarak yükseltmek mümkündür.
- 1,2 diol-bor kompleksleri için asidik sıyırma çok iyi sonuçlar vermektedir. ND (2,3-naftalin diol), IPE (Isopropil ETER), KTMF (2-klor (1,1,3,3-tetrametil bütül)-6-metilol fenol), PE (petrol eteri) karışımı ile %97'yi aşan sıyırma verimleri elde edilmiştir.
- Boraks çözeltileri hemen hemen yarı yarıya nötralize edilmiş boraks asit çözeltilerine eşdeğer olduklarından bu çözeltilerden yapılan ekstraksiyonlar hem 1,3, hem de 1,2-dioller ile ancak %50 civarında gerçekleştirilebilir.
- Borik asit ve boraks çözeltileri eşit miktarlarda karıştırıldıktan sonra kısa zamanda katı kısım çökmekte ve üstte berrak bir çözelti kalmaktadır. Bu çözelti, pH'ı 9.2'nin üzerinde tutulmak şartıyla 1,2-diol ile devamlı bir ekstraksiyona ve asidik sıyırmaya tabi tutulunca olumlu sonuçlar vermektedir.

4.1.3 Sentetik iyon değıştiricilerle bor giderme

Bor en iyi kuvvetli bazik anyon değıştiricilerle tutulmaktadır. İyon değıştirici reçineler, çoğunlukla iyonlaşabilen aktif grupları ihtiva eden ve karşı yük taşıyan hareketli iyonları suda çözünmeyen dev yapıdaki iyonlardan meydana gelmiş olup, jel şeklinde moleküllü bileşiklerdir. Reçine pozitif yüklü iyonları değıştirebiliyorsa katyon değıştirici, negatif yüklü iyonları değıştirebiliyorsa anyon değıştirici adını alır. İyon değıştiricilerle bor giderilmesinde öngörülen kimyasal reaksiyon mekanizması, aynı solvent

ekstraksiyonunda olduğu gibi borun polihidroksi bileşiklerle yaptığı komplekslere dayanmaktadır.

4.1.4 Karıştırma yıkamayla giderme

Su kullanılarak yapılan deneyler sonucunda karıştırma süresi arttıkça B_2O_3 tenörünün arttığı ancak verimin düştüğü görülmüştür. Doygun çözelti kullanılarak yapılan deneyler sonucunda ise daha iyi bir verim elde edildiği görülmüştür.

4.1.5 Flotasyonla giderme

Saf tinkal ile yapılan flotasyon deneylerinde, değişik tane iriliklerinde, çeşitli cins ve miktarlardaki reaktiflerle elde edilen flotasyon verimleri tespit edilmiştir. En iyi sonuç, toplayıcı reaktif olarak 1750 g/t R 801 ve 1750 g/t R 825'in birlikte kullanıldığı deneyde alınmıştır. Verim %84.6 olmuştur. Ancak flotasyon yoluyla zenginleştirmenin ekonomik açıdan uygun olduğu söylenemez.

4.1.6 Çözeltmeyle giderme

Belli tane iriliğinde öğütülen B_2O_3 atıkları belli miktardaki suya katılarak, oda sıcaklığından itibaren sıcaklıkla orantılı olarak B_2O_3 'ün çözeltilmeye geçmesi sağlanmaktadır. Yapılan deneylerden, çözeltme işlemi için gerekli olan sürenin, çözeltmeye oda sıcaklığında başladığında minimum 27 dakika, 98°C'deki suya numune atılmak suretiyle başladığında minimum 24 dakika olduğu sonucu alınmıştır.

4.1.7 Dekrepatasyonla giderme

Yaş yöntemleri su temini, artık barajlarının yapılması ve bunların korunması gibi Problemlerle karşı karşıya bulunması nedeniyle kuru yöntemlerle tinkal cevherinin zenginleştirilebilirliğini araştırılması gereği ortaya çıkmıştır. Dekrepatasyon yoluyla

cevherin killerden arındırılması kolay ve yüksek bir verimle olmaktadır. Ayrıca nakliye, artıkların depolanması ve su giderleri açısından büyük avantajları vardır

4.2 Bor Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevreye Etkileri

Cevher zenginleştirme tesislerinden çıkan atıklar genellikle ince boyutlu katı veya pulp halindedir. Çevre bilinci gelişmeden önce bu atıklar maden alanlarının yakınındaki sahalara, artık barajlarına, denizlere, göllere veya nehirlere boşaltılmaktaydı. Günümüzde ise zenginleştirme tesis atıklarından yararlanmak veya eğer bu mümkün değilse un uygun biçimde bertaraf etme yoluna gidilmektedir. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, Dünyanın birçok ülkesinde araştırmacılar ve işletmeler bu konuda yoğun çaba harcamaktadır. Yapılan araştırmalar daha çok yapı malzemeleri üretimine, cam ve seramik endüstrilerine hammadde hazırlamaya yöneliktir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni yöntem ve ekipmanların geliştirilmesi ile cevherlerin ekonomik tenörleri aşağılara çekilmekte, artık konumundaki bir çok depolanmış yığın da bu sayede değerlendirilmektedir. Buna göre atıkların atılmasında gelecekte muhtemel değerlendirilme olanakları göz önünde bulundurulmalıdır. Bor atıkları bu konumda belki de en önde gelen atıklardan biridir. Bu nedenlerden dolayı bor atıklarının depolanmasına azami önem göstermek gereklidir [1].

Atıkların uygun bir şekilde değerlendirilmesinde elde edilecek avantajları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Atıkların stoklamadan doğan sorunları ve stoklama maliyeti azalacaktır.
- Stoklama maliyeti azalacaktır.
- Çevre kirliliği en az seviyeye inecektir.
- Üretilen yeni ürünle ek bir kazanç elde edilecektir.
- Atıkların yer altı ve yer üstü sularını kirletmesi önlenecektir.
- Ülkemizde her yıl boran mineralleri üretimi sırasında 600 000 ton atık ortaya çıkmaktadır (Yaman 1998). Bu atıkların düzenli bir şekilde depolanması ile ileride kullanılabilme imkanı vardır. Bor atıklarının değerlendirilmesi ile aşağıdaki

avantajlar sağlanmış olacaktır

- Hali hazırda büyük bir potansiyel olan stoklar ülke ekonomisine kazandırılacaktır.
- Çevre kirliliği önlenmiş olacaktır.
- Atıkların atıldıkları göletlerin yapımı için işletilmeler büyük meblağlar ödemektedir.

4.3 Bor Atıklarının Değerlendirilme Yöntemleri

4.3.1 Atıklardan borun tekrar kazanılması

Genelde bor atıklarına, zenginleştirme sırasında atığa kaçan borun tekrar kazanılması amacıyla suda bekletme+mekanik dağıtma+sınıflandırma, gravite yöntemleri, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma,soda liçi, çözeltme + flokülasyon, flotasyon, ısıl işlem (kalsinasyon, dekrepitasyon) ve briketleme yöntemleri uygulanmaktadır Ayrıca son zamanlarda ses ötesi dalgaların kil uzaklaştırmadaki etkinliği, ve atıklardaki borun doğrudan çözme helezonu ile kazanımı araştırılmış ve olumlu neticeler alınmıştır[1].

Bor konsantratör tesislerinde uygulanan elle ayıklama, mekanik dağıtma+sınıflandırma yöntemleri ancak iri boyutlara uygulanabilmekte,ince boyuttaki (-0.5 mm) %15-20 B₂O tenörlü cevherler ise atık barajına gönderilmektedir [1].



Şekil 4.1 Bor atıklarının değerlendirilmesinde mevcut seçenekler.

Atıkların Uygun Şekilde Depolanması :

- Atıkların kompaktlaştırılarak depolanması
- Pulp halindeki atıkların flokülasyonu

Atıklardaki Kıymetli İçeriklerin Kazanılması :

- Mekanik dağıtma+sınıflandırma
- Gravite ayırımı,
- Manyetik ayırma,
- Elektrostatik ayırma,
- Flotasyon.
- Isıl işlem (kalsinasyon, dekrepitasyon),
- Liç
- Biriktirme

Kilin Uygun Sektörde Değerlendirilmesi

- Seramik sektöründe masse içine (tuğla , kiremit , karo, çini)
- Seramik sektöründe sır içine
- İnşaat sektöründe dolgu malzemesi

Atıklardaki killerin içinde ferro manyetik ve para manyetik minerallerin bulunması durumunda sabit mıknatıslı yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar etkili bir ayırım yapabilmektedir Flotasyonla yapılan bor zenginleştirmede mekanik dağıtma ve sınıflandırma ile kil içerikli şlamın atılması ve doygun bor çözeltilerinde çalışılması gereği üzerinde durulmaktadır Şlam halinde bulunan kilin bor mineralleri üzerine şlam kaplama mekanizması nedeniyle flotasyon verimini düşürdüğü kanıtlanmıştır.%5 oranında kil varlığında bile flotasyon verimi büyük ölçüde düşmektedir Kilin kolemanit yüzeyine elektrostatik çekim mekanizmasıyla yapıştığı tespit edilmiştir .Çelik ve kolemanit flotasyonun da sonik ve Ca^{+2} iyonlarının birlikte etkisi ile kilin flotasyona

olan olumsuz etkisinin azaltılarak %80-90'lara varan flotasyon verimine ulaşılabileceğini göstermiştir. Bor minerallerine 400-600 °C' de kristal sularını uzaklaştırılması amacıyla yapılan işleme kalsinasyon (dekrepitasyon) denmektedir. Bor mineralleri kalsinasyon esnasında patlayarak ince boyutlara geçerken kil mineralleri agrega haline gelmektedir. Kalsinasyon yönteminin yaş yöntemlere göre daha verimli, ekonomik ve kolay olduğu yanında çevre kirliliği meydana getirmedeği belirtilmektedir. Araştırmalar bor atıkları içindeki borun kalsinasyon yöntemi ile kazanılabileceğini göstermiştir. Bor minerallerinin kalsinasyon ile zenginleştirilmesi hakkında ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. İster ham cevher olsun ister konsantre olsun boratların çok ince boyutta (-0.5 mm) satışının mümkün olmaması, bunların briketleme ile boyut kazandırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu çalışmalardan çıkan ortak sonuç, tanelerin suyla veya borik asitle nemlendirilmesi ile istenen özellikte briketler elde etmek mümkün olduğu yönündedir[1].

4.3.2 Atıkların uygun sektörde kullanılması

Bor minerallerinin yan kayacının çoğunlukla kil mineralleri içermesi, bu atıkların seramik sanayinde değerlendirilebileceğini akla getirmektedir. Atık killerin tuğla sanayinde değerlendirilmesi ile hem tuğla sanayi ne ek hammadde kaynağı sağlamakta hem de işletmede atıkların atılması sırasında ortaya çıkan problemler en aza indirilmektedir. Atık killer seramik sanayinde frit, sır ve masse yapımında da kullanılabilir. İnşaat sektöründe çimento ve betona katkı malzemesi, yol, baraj ve köprü yapımında da dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir[1].

4.3.3 Atıkların uygun bir şekilde depolanması

Atıkların atık sahasında çok fazla yer kaplamaması ve çevre kirliliğinin azaltılması amaçlarıyla preslenerek kompaktlaştırılabilir. Atıkların göletlere verilmeden önce uygun flokülasyon ve koagülasyon yöntemleriyle katı sıvı ayırımına tabi tutulur. Susuzlaştırma ile göletlerin hızlı bir şekilde dolması engellenebileceği gibi elde edilen sıvı tekrar kullanılmak üzere tesise de beslenebilecektir. Atıkların, diğer sektörlerde

kullanılabilmesi için de susuzlaştırma işleminin gerekliliği göz arda edilmemelidir [1].

4.4 Bor Atıkları ile Yapılmış Çalışmalar

Bor atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili olarak ülkemizde araştırma aşamasında olan ve laboratuvar çapta başarı sağlanan çalışmalar mevcuttur. Aşağıda bor üretimi yapılan yerlere göre bor atıkları ile yapılmış araştırmaların bazıları kısaca özetlenmiştir[1].

4.4.1 Kırka boraks işletmesi atıkları

Kırka Boraks İşletmesinde oluşan atıkların büyük boyutlara ulaşması ve çevre kirliliği meydana getirmesi nedenleriyle son yıllarda bu atıkların değerlendirilmesi ile ilgili bir çok araştırma yapılmıştır.

Kavas ve Emrulloğlu, Seydişehir kırmızı çamuru ile Kırka bor atık killerini değişik oranlarda karıştırarak yüksek mukavemetli ve düşük su emme özelliğine sahip kaliteli tuğla imal etmişlerdir. Bu karışımın endüstriyel hammadde olarak, seramik ve inşaat sektöründe kullanılabileceği belirtilmiştir.

Genç, konsantratör atıklarının, termal genişleme katsayılarının yüksek olmasından dolayı fayans sırasında direkt olarak kullanılamayacağını, fakat genişleme katsayısını düşürecek şekilde reçete düzenlenmesi ile atıkların fayans ürünlerinde sır olarak kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Yaman yapmış olduğu fiziksel testler sonucunda Kırka tesis atıklarının yer karasunda ve fayansta masse olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Sönmez, bor türevleri atık killerin seramik sanayinde frit ve sır yapımında, pestil killerin ise hamur hazırlamada, Sönmez ve Yorulmaz , Ediz ve Özdağ , Sur ise bor türevleri atık killerin tuğla toprağı ile karıştırılarak tuğla yapımında kullanılabileceğini deneysel olarak göstermişlerdir.

Çolak, Kırka boraks işletmesi atık malzemesi ve Bloksan tuğla-kiremit hammaddesinin mineralojik, kimyasal özelliklerini belirlemiş ve bu hammaddelerin %50 oranlarındaki

karışımın 900 °C gibi düşük sıcaklıkta pişmesi ile enerji maliyetinin azaltacağını tespit etmiştir. Aynı çalışmada bu karışımın seramik malzemelerde aranan düşük su emme, düşük aşınma, yüksek mukavemet ve beyazlık gibi özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir.

Yaman, Kırka ve Bandırma bor atıklarının döşeme tuğlası, yer karasu ve fayans hamurlarına %6'ya kadar ilave edilebileceğini bildirmektedir. Yine başka bir çalışmada bor atıklarının kimyasal bileşimine göre bora silikat cam, emaye ve silika astarlara katkı malzemesi olarak kullanılabilceği belirtilmektedir

Bentli&Çakı (2001) bor türevleri tesisi DSM elek üstü atık kilinin %10 oranına kadar çini çamuruna ilave edilebileceğini deneysel olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada elde edilen çini çamurun hem uygun fiziksel özellikleri taşıdığı hem de daha ekonomik olduğu belirtilmektedir.

Yeşilkaya, konsantratör atıklarındaki kilin salkımlaştırılarak sudan ayrılması ve seramik sanayinde kullanılabilirliği üzerinde araştırmalarda bulunmuştur. Konsantratör atığının seramik endüstrisinde sır üretiminde, katkı maddesi olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Boraks kristalleri içindeki dolomitli killerde, cevher içindeki ara yeşil killerde ve üleksit zonu üst killerde yüksek tenörde lityum (Li) ve stronsiyum (Sr) varlığını tespit edilmiştir Mordoğan, kavurma ve su ile çözeltme yöntemleri ile bu killerdeki lityumun kazanılabileceğini deneysel olarak göstermişlerdir.

Sabah ve Yeşilkaya (2000) tarafından konsantratör atıklarının çökelme davranışları incelenmiş, çökelmenin etkinliği, ekonomik açıdan en uygun flokülant tipi ve dozajı belirlenmiştir[1].

4.4.2 Kestelek bor tesisi atıkları

Kestelek -0.2 mm bor atıklarından kolemanitin kazanılması amacıyla mekanik

dağıtma+sınıflandırma ile zenginleştirilen ön konsantreye, ayrı ayrı elektrostatik ayırma, ısı işlem ve flotasyon yöntemleri uygulanmıştır. Sonuçlar atıklarından borun tekrar kazanılabileceğini göstermektedir. Kestelek Bor işletmeleri bor atıklarından borun kazanılması amacıyla yapılan mineralojik inceleme sonucunda, atıklarda montmorillonit, kasit, klotrit ve biyotit gibi para manyetik minerallerin bulunduğu ve bu minerallerin yüksek alan şiddetli kuru Penmoll manyetik ayırıcılarla başarılı bir şekilde ayrılabilceği tespit edilmiştir. Kestelek Bor İşletmesinin yıkama tesisinden çıkan -3 mm boyutlu atıkların yüksek alan şiddetli sürekli manyetik ayırıcı kullanılarak kolemanit kazanılmıştır. Her bir boyut fraksiyonuna uygulanan manyetik ayırma sonucunda $\%>41.76 \text{ B}_2\text{O}_3$) tenörlü konsantre $\%94.8$ bor kazanma verimi ile elde edilmiştir.

Kestelek konsantratör tesisinde atıl vaziyette bekleyen -25+3 ve -3 mm ara ürünlerin, mekanik dağıtma+sınıflandırma sonrası manyetik ayırma ile satılabilir B_2O_3) tenörüne yükseltilebileceği belirlenmiştir[1].

4.4.3 Bigadiç kolemanit tesisi atıkları

Bigadiç kolemanit atıkları üzerinde yapılan çalışmada, atıkların fiziksel, kimyasal ve mineralojik incelenmesinden sonra atık içindeki kolemanitin kazanılması için bir dizi zenginleştirme çalışması yapılmıştır. Mekanik dağıtma+sınıflandırma ile bir ön konsantre alınmış ve bu ön konsantreye gravite ayırması, elektrostatik ayırma, flotasyon ve ısı işlem uygulanmıştır. Gravite ve elektrostatik ayırma ile istenen düzeyde bir ayırım elde edilemezken, flotasyon ve ısı işlem ile istenen. Ayırım yapılabilmektedir. Ancak ısı işlem flotasyona göre daha başarılı sonuç vermiştir

Bigadiç -3+0.2 mm bor atıklarından kolemanitin kazanılması amacıyla mekanik dağıtma+sınıflandırma ile zenginleştirilen ön konsantreye, ayrı ayrı elektrostatik ayırma, ısı işlem ve flotasyon yöntemleri uygulanmıştır. Sonuçlar atıklarından borun tekrar kazanılabileceğini göstermektedir.

Bigadiç Kolemanit konsantratörü -3mm atıklarından kolemanitin kazanılması amacıyla

yapılan mekanik dağıtma+sınıflandırma deneylerinden alınan sonuçların suda bekletme + sallantılı masa deneylerden alınan sonuçlardan daha başarılı olduğu tespit edilmiştir Bigadiç yöresi kolemanit cevheri, flotasyonla zenginleştirmek amacıyla fizikokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Tromel yıkama atıkları üzerinde yapılan flotasyon çalışmalarında şlam lamanın gerekliliği, flotasyon boyutunun önemli olduğu ve flotasyon reaktifleri belirlenmiş, bu sonuçlara göre bir akım şeması önerilmiştir. Şlamı alınmış ,cevherin flotasyonu sonucu %45-47 B₂O₃) tenörlü konsantre %93'e varan kazanma verimleri ile elde edilebilmiştir[1].

Bigadiç kolemanit cevherine pilot çapta kalsinasyon zenginleştirmesi uygulanmıştır. Buradan alınan kalsinasyon atığına uygulanan sarsıltılı masa sonucunda %68.67 verimle %51.01 B₂O₃ içeren konsantre elde edilmiştir. Çalışma sonunda Bigadiç kolemanit cevherinin zenginleştirilmesi amacıyla kalsinasyon+sarsıltılı masa yöntemlerini içeren bir akım şeması önerilmiştir[1].

Bigadiç bor konsantratör tesisleri atıklarının kirlilik problemini önlemek amacıyla, kolemanit ve üleksit atıkları, laboratuvar ve pilot çapta bir tikiner ve bir dekanter santrifüj kullanılarak katı-sıvı ayırımına tabi tutulmuştur. Pilot çapta test dilerek önerilen bu yeni katı-sıvı ayırımı ile tesis atıklarının miktarının 10 kat azalacağı dolayısıyla atık depolarının ömrünün 10 kat artacağı bildirilmektedir

4.4.4 Emet-Hisarcık kolemanit tesisi atıkları

Emet-Hisarcık kolemanit yatağında %60-90 oranında simektit (Li içerikli saponit kil minerali) en baskın kil minerali olarak tespit edilmiştir Diğer bir çalışmada ise smektit minerallerinin demir ve alüminyumca zengin olduğu belirtilmektedir.

Emet kolemanit işletmesi kaba atıklar içindeki borların kazanılması amacıyla yapılan manyetik ayırma ve kalsinasyon zenginleştirmeleri sonucunda başarılı sonuçlar alınmıştır.Çalışmada farklı tane fraksiyonlarında gerçekleştirilen manyetik ayırma deneylerinde %71-94 verimlerle %41-43 B₂O₃) tenörlü konsantreler, dekrepitasyon

deneylerinde ise %65-89 verimlerle %57 B₂O₃ tenörlü konsantreler elde edilmiştir. Aynı zamanda bu konsantrelerdeki demir ve arsenik içeriklerinin de düşürüldüğü. bildirilmiştir Sönmez, Emet Kolemanit işletmesinde %88'i kaba, %12'si ince olmak üzere 1,5 milyon ton atık bulunduğunu belirtmektedir. Araştırmacılar atıklardan satılabilir kolemanit konsantresi elde edebilmek amacıyla suda bekletme + mekanik dağıtma + manyetik ayırma deneyleri yapmışlar ve sonuçta %22-23 B₂O₃ içeren atıklardan %39.17 B₂O₃ içerikli konsantreyi %64.73 bor kazanma verimi ile elde etmişlerdir. Başka bir çalışmada yine kaba atıklarından borun kazanılması amacıyla, suda bekletme+mekanik dağıtma sonrası ses ötesi dalgalarla zenginleştirme deneyleri yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Deneyler sonucunda %83.79 verimle %36.04 B₂O₃) tenörlü konsantre elde edilmiştir. Beslemeye göre konsantrenin demir ve arsenik içerikleri ise azaltılmıştır

Alp ve Özdağ, Emet kolemanit konsantratörü -3 mm atıkları üzerinde yaptıkları ultrasonik zenginleştirme ile %24.57 B₂O₃ içeren atıklardan %43.35 B₂O₃ tenörlü konsantreyi %97.75 kazanma verimi ile elde etmişlerdir.

Emet Kolemanit İşletmesi kaba atıklarından borun kazanılması amacıyla yapılan flotasyon çalışmalarında; şlam atıldıktan sonra birinci kademede arsen mineralleri ikinci kademede ise petrol sülfonat olan AP825 ile kolemanit başarılı bir şekilde yüzdürülmüştür

Emet Kolemanit İşletmesi, Hisarcık ve Espey konsantratörlerinden göletlerine gönderilen atık pulpun fiziksel, kimyasal ve çökelme özellikleri belirlenmiş ve daha iyi bir katı-sıvı ayırımı için önerilerde bulunulmuştur [1].

4.4.5 Bandırma borik asit işletmesi

Bandırma Borik asit işletmesinde Borik asit üretimi sırasında şlam olarak adlandırılan atıklar belli oranlarda yer karosu hamuruna katılarak yer karosu üretilmiştir. Atıkların üretilen yer karosuna belirli oranlarda katılabileceği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada bor

atıklarının portland çimentosuna katılabileceği ve atıkların B_2O_3 içermesiyle nedeniyle nötron tutucu özellikte olduğu belirtilmektedir Yukarıda belirtilenlere dayanarak söylenebilir ki Atıklardaki borların tekrar kazanılması amacıyla zenginleştirilebilirliği, atıkların çevreye zarar vermeden ve ileride kullanımına uygun bir şekilde stoklanması, kil içerikli atık killerin seramik ve inşaat sektöründe kullanılabilirliği yapılabilir. Atıklardaki borun tekrar kazanılması amacıyla yapılan zenginleştirme çalışmalarında en etkili yöntemler flotasyon, manyetik ayırma ve ısı işlem olarak saymak mümkündür. Ancak bu yöntemlerin başarısı için ortak kanaat şlamı alınmış bir ön konsantrenin olması gerektiği yönündedir. Bununla beraber son zamanlarda ultrasonik ve doğrudan çözeltide yöntemlerinde olumlu sonuçlar alınmıştır. Kırka killerin içinde Lityum (Li), Stronsiyum (Sr), Emel killeri içinde bulunan Lityum (Li) gibi elementler değerlendirilmeye açıktır[1].

Seramik ve inşaat sektörüne hammadde kaynağı olarak Kırka atık killeri üzerinde yapılan çalışmaların tamamına yakını olumlu sonuçlar vermiştir. En uygun bor atıkları değerlendirme şeklinin atıklar içindeki borun tekrar kazanılmasından sonra kalan kil içeriklerin uygun sektörlerde değerlendirilmesidir[1].

BÖLÜM 5 MATERYAL VE METOT

İlk olarak Kırka Boraks İşletmesi'nden alınan borlu atık suyun içerisindeki bor miktarı ölçülerek bu sonuçlar baz alınarak, saf su ve borik asit karıştırılarak yapay atıksu elde edilmiştir. Elde edilen yapay atıksuyun içerisinde bire üç oranında perlit koyularak borlu atıksuyun içerisindeki bor adsorplanmıştır.

Bu işlem ilk olarak 250 ml saf suya 0.5 gr borik asit karıştırıldı. Borik asidin tam olarak suyun içinde çözülmesinden sonra 1,5 gr perlit ilave edildi. Oluşan süspansiyon 30 dakika karıştırıldıktan sonra katıyla sıvının birbirinden ayrılması için filtre kağıdıyla sıvı ve katı birbirinden ayrıldı.

Daha sonra 250 ml saf suya 1 gr borik asit eklenerek yapıldı. Borik Asit suda çözüldükten sonra içerisinde 3 gr perlit ilave edildi. Oluşan süspansiyon 30 dk. karıştırıldıktan sonra katıyla sıvının birbirinden ayrılması için filtre kağıdıyla sıvı ve katı birbirinden ayrıldı.

Bu deney değişik Borik Asit ve değişik Perlit dozlarında yapıldı.

Borik Asit dozları : 0,5 gr, 1 gr, 1,5 gr, 2 gr, 2,5 gr;

Perlit dozları: 1,5 gr, 3 gr, 4,5 gr, 6 gr, 7,5 gr'dır.

Bu işlemden sonra TUBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde ölçülen yapay atıksu numunelerinin sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Deney 1

Borik Asit-Perlit Miktarları 250 ml' de	250 ml Atıksuda Kalan Bor Miktarı
0,5 gr Borik Asit-1,5 gr Perlit	6,325 mg
1 gr Borik Asit-3 gr Perlit	6,4375 mg
1,5 gr Borik Asit- 4,5 gr Perlit	6,425 mg
2 gr Borik Asit-6 gr Perlit	6,3875 mg
2,5gr Borik Asit- 7,5 gr Perlit	6,525 mg

Deney 2

Borik Asit-Perlit Miktarları 250 ml' de	250 ml Atıksuda Kalan Bor Miktarı
0,5 gr Borik Asit-1,5 gr Perlit	6,3125 mg
1 gr Borik Asit-3 gr Perlit	6,375 mg
1,5 gr Borik Asit- 4,5 gr Perlit	6,5125 mg
2 gr Borik Asit-6 gr Perlit	6,4375 mg
2,5 gr Borik Asit- 7,5 gr Perlit	6,5 mg

Tablo 5.1: TUBİTAK MAM' da ölçülen araştırma deneyi sonuçları

BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz bor minerallerin; dünya rezervinin 2/3'ünü oluşturduğu, dünya pazarlarında aranan özelliklerde ve kalitede olduğu, kullanıldığı yerlerin stratejik öneme sahip olduğu ve ikame edilemediği, madenciliği, zenginleştirme yöntemleri, bor türevleri, ihracat ve pazarlama, ile ilgili literatürde bir çok bilgi mevcuttur.

Bor konsantresi üretimi, Eti Holding Eti Bor A.Ş.'ye ait Kütahya-Emet, Eskişehir-Kırka, Balıkesir-Bigadiç ve Bursa-Kestelek İşletmelerinde gerçekleştirilmektedir. Bu tesislerde konsantre bor üretimi yıkama işlemi sonunda dağıtma ve sınıflandırma sonucunda killi malzemenin uzaklaştırması esasına dayanmaktadır. Bor türevleri tesisleri ise yine Eti Bor A.Ş. ait Kırka Bor Türevleri tesisinde Boraks Pentahidrat, Boraks Dekahidrat, Susuz Boraks, Bandırma Bor Türevleri Tesisinde Boraks Pentahidrat, Boraks Dekahidrat, Borik asit ve Sodyum Perborat üretimi şeklindedir.

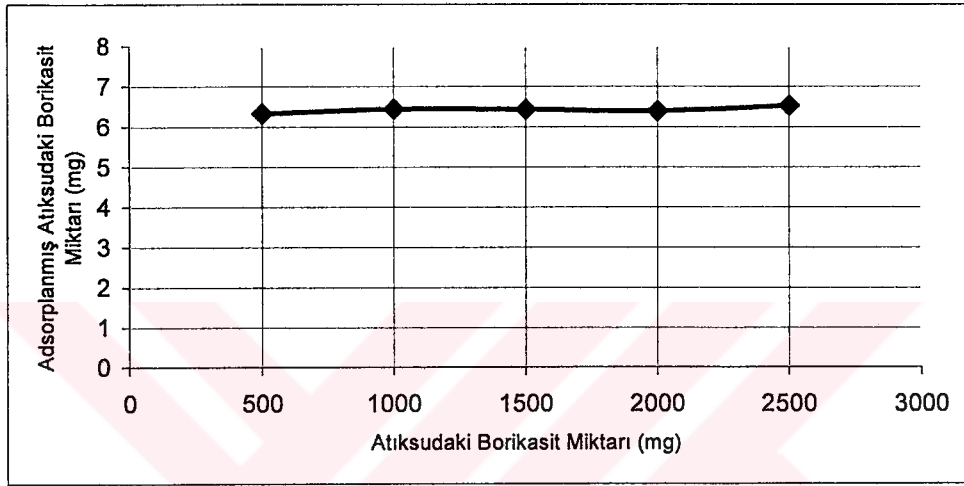
Madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atıkların, miktarlarının giderek artması, depolanacağı yer, doğa tahribatı, atıkların stabilizesi ve emniyeti, hava, toprak ve su kirliliği ve ıslah çalışmaları başlıca çevre sorunlarıdır. Amerika'daki bor madenlerinin işletilmesin de çevreye zarar verilmemesi için gerekli tedbirlerin alınması en önde gelen aşamalardan biridir.

Madenciliğimizin gelişmesini ve büyümesini etkileyen en önemli problemlerden biri atıkların çevreye verdikleri zararlardır. Bundan böyle atıkların atılmasında standartlar, yönetmelikler ve ilgili kanunlarla getirilen sınırlamalar mevcuttur. Ancak atıkların atılmasında ve çevre ile ilişkisinde bu sınırlamalara uyulması gereklidir[8].

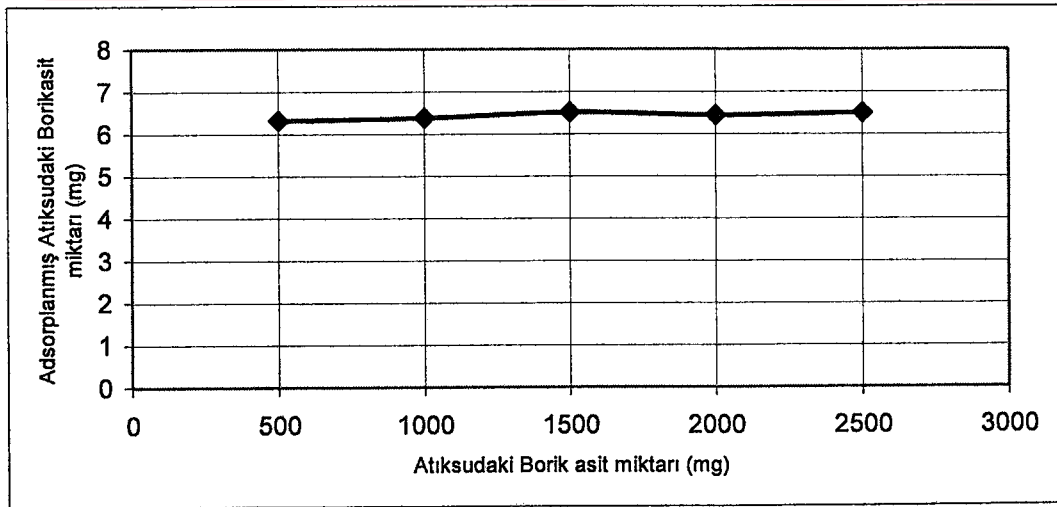
Atıklardaki borun tekrar kazanılması amacıyla yapılan zenginleştirme çalışmalarında en etkili yöntemler flotasyon, manyetik ayırma ve ısı işlem olarak saymak mümkündür. Ancak bu yöntemlerin başarısı için ortak kanaat alınmış bir ön

konsantrenin olması gerektiği yönündedir. Bununla beraber son zamanlarda ultrason ve doğrudan çöktürme yöntemlerinde olumlu sonuçlar alınmıştır. Seramik ve inşaat sektörüne hammadde kaynağı olarak kırık atık killeri üzerinde yapılan çalışmaların tamamına yakını olumlu sonuçlar vermiştir.

En uygun bor atıkları değerlendirme şeklinin, atıklar içindeki borun tekrar kazanılmasından sonra kalan kil içeriklerin uygun sektörlerde değerlendirilmesidir.



Grafik 6.1 Deneysel verimlerin kıyaslanması

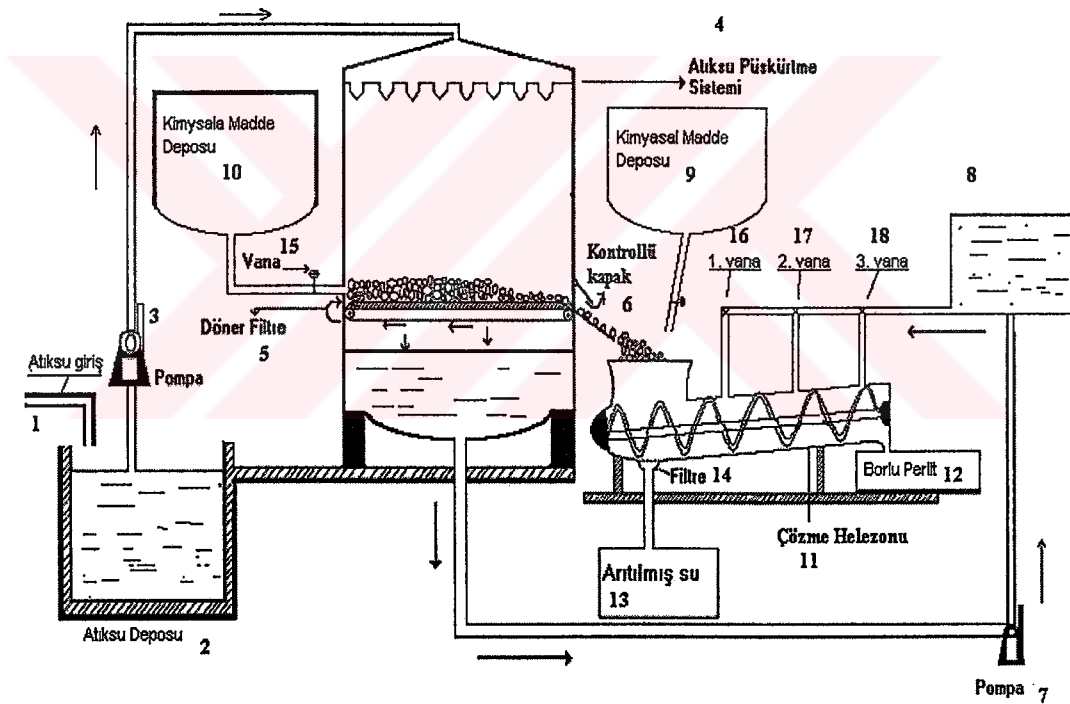


Grafik 6.2 Deneysel verimlerin kıyaslanması

Sonuç olarak, grafikten de görüldüğü gibi 250 ml 'lik ayrı reaktörlerde bulunan 0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, 2.0 g ve 2.5 gramlık bor konsantrasyonu içeren 250 ml' lik yapay

atıksuya sırasıyla 1.5 g, 3.0 g, 4.5 g, 6.0 g ve 7.5 g perlit adsorbantı atılarak, sonuçlar, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde standart yöntemlere SM-4500 C Karmin Yöntemine göre analiz edilmiş ve sırasıyla 250 ml' de 6,3125 mg, 6,325 mg, 6,5125 mg, 6,4375 mg ve 6,5 mg bor konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, perlit adsorbantı kullanarak bor içerikli atıksu ve jeotermal sulardan bor elementinin geri kazanılma verimi araştırılmıştır. Sonuçlara göre bor elementinin geri kazanımı % 90' ın üstündedir[7].

Bu sonuçlar göz önüne alındığında borlu atıksulardan, bor elementini adsorplayabilmek için aşağıdaki şekil göz önüne alınmıştır.



Şekil 1: 1: Atıksu girişi; 2: atıksu deposu; 3, 7: pompa; 4: atıksu püskürtme sistemi; 5 Döner filtre; 6 kontrollü kapak; 8 ilk arıtılmış su deposu; 9, 10 Kimyasal madde deposu (perlit); 11 çözme helezonu; 12 Adsorplanmış perlit deposu; 13 Arıtılmış su deposu; 14 Filtre; 15, 16,17,18 Vana.

Şeklin Açıklanması: Atıksu 1 no'lu bor ile atıksu deposuna depolanır. Burada biriktirilen borlu atıksu 3 no'lu pompa yardımıyla reaktörün içinde olan atıksu püskürtme sisteminden püskürtülür. Aynı anda 10 numaralı kimyasal madde deposundaki perlit 15 numaralı vana açılarak 5 numaralı döner filtreye, reaktörün içine alınır ve bu arada püskürtülen borlu atıksu perlit ile ilk adsorplanması sağlanır.

Aşağıda biriken ilk arıtılmış atık su 7 numaralı pompa yardımıyla 8 numaralı depoya alınır. 6 numaralı kontrollü kapak açılarak reaktörün içinde perlitin adsorplanma kapasitesine göre, döner filtre yardımıyla 11 numaralı çözme helezonunun içine boşaltılır veya 9 numaralı perlit deposunun vanası açılarak 11 numaralı çözme helezonunun içine boşaltılır.

Atıksuyun bor konsantrasyonuna göre, 16.veya 17. veya 18. vana açılarak 11 numaralı çözme helezonuna alınır. Burada perlit ile ikinci adsorplanma sağlanır. Ardından bordan arıtılmış su aşağıya doğru süzülürken perlit helezon sistemiyle yukarıya alınır ve yukarıya taşınan perlit 12 numaralı depoya alınır. Aşağıya süzülen arıtılmış su, 14 numaralı filtre yardımıyla katı, sıvıdan ayrılır ve 13 numaralı arıtılmış su deposuna toplanır.



ÖZGEÇMİŞ

Sinan Mehmet TURP, 26.11.1978 tarihinde Mersin' de doğdu. İlkokul öğrenimini 1989 yılında Barbaros İlkokulu'nda, ortaokul ve lise öğrenimini Toros Koleji'nde okuduktan sonra 1996 yılında aynı okuldan mezun oldu. 1996 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde üniversite öğrenimine başladı. 2000 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden İngilizce destekli Bölüm derslerinden başarılı olarak mezun oldu.

