

T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BOR ATIKSULARININ ÇÖKTÜRME
METODU İLE ARITIMI ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA

Mehtap CANTÜRK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd.Doç. Dr. Nihal BEKTAŞ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BOKÜ MANTASYON MERKEZİ
GEBZE

2002

121276

Mehmet CANTUR 'ın tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 22.07.2002 tarih ve 2002/124 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.



JÜRİ

121276

ÜYE
(Tez Danışmanı)

: Yrd. Doç. Dr. Mehmet BEKTAŞ Bektas

ÜYE

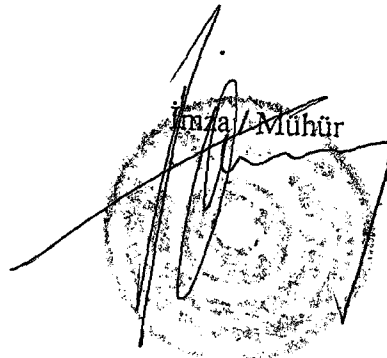
: Prof. Dr. Anatoly DİMOĞLU Anatoly

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Asuman DEMİROĞLU Asuman

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20.08.2002 tarih ve 2002/126 sayılı kararı.



ÖZET



Çevreye olan ilginin hızla arttığı günümüzde, kirlilik konusundaki araştırmalar giderek yoğunlaşmış ve önem kazanmıştır. Bor minerallerinin işlenmesiyle ana maddeler olan boraks ve borik asit elde edilir. Organik ve anorganik çok sayıda bor bileşiği elde bu ana maddelerden elde edilir. Bor ürünleri bir çok endüstri dalının hammaddesi olmuştur. Bor bileşiklerinin kullanım alanı yaygınlaştıkça endüstriyel ve evsel atıksulardaki bor miktarı artmıştır.

Günümüzde kullanılan bor teknolojisinde atık problemi her zaman mevcuttur. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde denize deşarjda atıksuda ki bor konsantrasyonunun 500 mg/L olması gerektiği belirtilmiştir. Bundan yola çıkılarak literatür ve teorik bilgilerin ışığında bu çalışmada sönmüş kireç ve Al_2O_3 kullanılarak arıtım şartları belirlenmiştir.

SUMMARY



As the public interest to the environment is rapidly growing in these days, pollution researches are becoming very insensitive and important. Boron and boric acid are produced from boron. Many organic and inorganic boron compounds are produced. From these principal substances boron products have been principal substances boron products have been principal substances for industrial raw materials. While boron products are being used significant amount, boron concentrations in industrial and domestic wastewater are increasing.

Today's boron technology always produced boron pollution problems. Boron concentration in wastewater has been limited 500 mg/L by discharging into the sea, according to water Pollution Control Regulation. In this study, boron wastewater treatment has been worked using $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and Al_2O_3 under the literatical and theoretical conditions.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, benden ilgi ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Nihal BEKTAŞ'a, Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU'ya, bölüm öğretim görevlileri Yrd. Doç.Dr. Salim ÖNCEL, Yrd. Doç. Dr. Mehmet KOBYA, Yrd. Doç. Dr. Cengiz YATMAZ'a, Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi tüm arkadaşlarıma ve ETİ Holding A.Ş. Çevre Müdürlüğü Başmühendisi Doğan YINANÇ'a, yaşamım boyunca en büyük destek ve ilgiyi gördüğüm anne ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

Mehtap CANTÜRK

Temmuz 2002

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

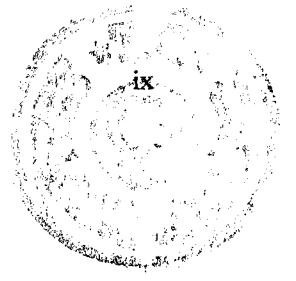


Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. BOR	3
2.1. Bor Elementi	3
2.2. Bor Mineralleri	5
2.3. Oluşum ve Rezervleri	9
2.4. Ticari Bileşikleri ve Kullanım Alanları	11
2.5. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları	11
2.6. Türkiye’de Mevcut Durum	14
2.6.1. Türkiye Rezervi	15
2.7. Dünyada Mevcut Durum	15
2.7.1. Dünya Bor Rezervleri	15
2.7.2. Dünyada Bor Üretim Yöntemleri	17
2.8. Bor Bileşiklerinin Çevreye Etkisi	17
2.8.1. Bor Bileşiklerinin Hayvanlara Etkisi	18
2.8.2. Bor Bileşiklerinin İnsanlara Etkisi	20
2.8.3. Bor Bileşiklerinin Bitkilere Etkisi	21
3. ATIK SUDAN BOR GİDERİLMESİ	24
3.1. Kimyasal Reaktiflerle Çöktürme	24
3.2. İyon Değiştirici Reçinelerle Bor Giderimi	25
3.3. Organik Çözücülerle Ekstraksiyon	26
3.4. Termal Yöntemlerle Bor Giderimi	26

3.5. Ters Osmoz ve Elektrokimyasal Yöntemlerle Bor Giderimi	26
3.6. Anorganik Sorbentlerle Tutma	27
4. MATERYAL ve METOT	28
4.1. Materyal	28
4.1.1. Kullanılan (Koagülanlar) Kimyasal Çöktürücü Maddeler	28
4.1.2. Kullanılan Cihazlar	29
4.1.3. Deşarj Standartları	29
4.1.4. Deneysel sistem	29
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	31
5.1. Kireçle Yapılan Çalışmalar	31
5.2. Kalsiyum Bileşikleriyle Çöktürme Deneyi	32
5.3. Al_2O_3 ile Yapılan Çöktürme Deneyi	39
6. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	48

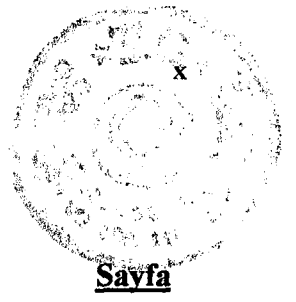
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ



T	: Sıcaklık (°C)
Co	: Başlangıç bor konsantrasyonu (mg/L)
t	: Süre (dak)



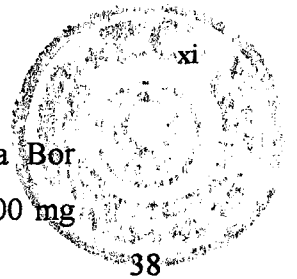
ŞEKİLLER DİZİNİ



Sekil

Sayfa

4.1. Deney Düzenegi	30
5.1. % 53 lük 0,57 gCa(OH)₂/100 mL Dozajı Sonucunda Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,34, pH=7,95, T=18,0°C, C₀=2500 mg B/L)	33
5.2: % 53 lük 0,57 gCa(OH)₂/100 mL Dozajı Sonucunda Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonunu Değişimi (Ca/B=0,34, pH=7,95, T=18,0°C, C₀=2500 mgB/L)	33
5.3. % 53 lük 0,43 gCa(OH)₂/100mL Dozajı Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,25, pH=7,81, T=20,00°C, C₀=2500 mg B/L)	34
5.4. % 53 lük 0,43 gCa(OH)₂/100mL İlavesiyle Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi (Ca/B=0,25, pH=7,81, T=20,00°C, C₀=2500 mg B/L)	34
5.5. % 53 lük 0,78 g Ca(OH)₂/100 mL İlavesiyle Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,45, pH=7,83, T=15,46°C, C₀=2500 mg B/L)	35
5.6. % 53 lük 0,78 gCa(OH)₂/100 mL İlavesiyle Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi (Ca/B=0,45, pH=7,83, T=15,46°C, C₀=2500 mg B/L)	35
5.7. % 53 lük 0,57 g Ca(OH)₂/100 mL Kireç Dozajı Sonucu Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,33, pH=7,84, T=17,41°C, C₀=2500 mg B/L)	36
5.8. % 53 lük 0,57 g Ca(OH)₂/100 mL Kireç Dozajı Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi (Ca/B=0,33, pH=7,84, T=17,41°C, C₀=2500 mg B/L)	36
5.9. % 53 lük 0,66 gCa(OH)₂/100 mL Kireç Dozajıyla Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,38, pH=7,85, T=17,50 °C, C₀=2500 mg B/L)	37
5.10. % 53 lük 0,66 gCa(OH)₂/100 mL Kireç Dozajıyla Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi (Ca/B=0,38, pH=7,85, T=17,50°C, C₀=2500 mg B/L)	37
5.11. % 53 lük 0,54 gCa(OH)₂/100 mL Kireç Dozajı Sonucunda Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,31, pH=7,90, T=16,00 °C, C₀=2500 mg B/L)	38



5.12. % 53 lük 0,54 gCa(OH)₂/100 mL Kireç Dozajı Sonucunda Bor Konsantrasyonu Değişimi (Ca/B=0,31, pH=7,90, T=16,00°C, C₀=2500 mg B/L)

38

5.13. 0,50 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mg B/L)

40

5.14. 0,50 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor (mg B/L) Konsantrasyonu Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mg B/L)

40

5.15. 0,75 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor (mg/L) Konsantrasyonu Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mgB/L)

41

5.16. 0,75 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor (mg/L) Konsantrasyonu Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mg B/L)

41





ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

5.1. Kireç Miktarına Bağlı Olarak pH Değişimi	31
5.2. Ca/B=0,34, Co= 2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,57 g Ca(OH) ₂ /100 mL Koagülant Dozajı Sonucunda T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim	33
5.3. Ca/B=0,25, Co= 2500 mg/L Olan Su Numunesine 0,43 g Ca(OH) ₂ /100 mL Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim	34
5.4. Ca/B=0,45, Co=2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,78 g Ca(OH) ₂ /100 mL İlavesi Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim	35
5.5. Ca/B=0,33, Co= 2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,57 g Ca(OH) ₂ /100 mL Kireç Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim	36
5.6. Ca/B=0,38, Co= 2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,66gCa(OH) ₂ /100 mL Kireç Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim	37
5.7. Ca/B=0,31, Co= 2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,66g Ca(OH) ₂ /100 mL Kireç Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim	38
5.8. 100 mL Co=2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,25 g Al ₂ O ₃ /100 mL Koagülant Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Konsantrasyonu Değişimi	39
5.9. 100 mL Co=2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,50 g Al ₂ O ₃ /100 mL Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/l) Konsantrasyonu Değişimi	40
5.10. 100 mL Co=2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,75 g Al ₂ O ₃ /100 mL Koagülant Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Konsantrasyonu Değişimi	41

TABLolar DİZİNİ

Tablo

Sayfa

2.1. Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri	4
2.2 Ticari Önemi Olan Bor Mineralleri	11
2.3. Bazı Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları	13
2.4. Türkiye’de Sektördeki Kuruluşlar	14
2.5. Türkiye Bor Rezervi (milyon ton) (Roskill, 1999)	15
2.6. Türkiye Bor Rezerv Tipi (milyon ton) (Roskill, 1999)	15
2.7. Rezervler ve Bor Kaynakları (milyon ton B ₂ O ₃) (Roskill, 1999)	16
2.7. Bitkilerin Bor Mineraline Karşı Dayanaklıklarına Göre Sulama Sınıflandırılması (Etibank Monitör Master Plan Prosedürü, 1992)	22

1.GİRİŞ

Su temininde ve atıkların uzaklaştırılmasında gün geçtikçe daha büyük sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar su kaynaklarının tükenmesinden ziyade doğal kaynakların kirlenmesinden ileri gelmektedir. Su kaynaklarının kirlenmesi çevre sağlığı yönünden büyük bir problem oluşturmaktadır. Endüstriyel atıksular döküldüğü suyun bileşimine etki ederek su ortamının kirlenmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle endüstriyel atıkların herhangi bir nehir veya denize veya bir kullanılmış su kanalına dökülmeden önce arıtılması gerekir. Bu sayede zararın en aza indirilmesi mümkün olabilecektir. Ayrıca kullanılmış suyun tekrar kullanılması ve değerlendirilmesiyle su ortamının korunması sağlanabilir.

Bor birçok toprak ve bitkide eser miktarda geniş şekilde dağılmış ise de yoğun bir şekilde sadece birkaç coğrafi bölgede bulunur. Dünyada sayılı yerlerde bulunması nedeniyle, bor endüstrisi atıkları, henüz yeterince incelenmemiş bir atık çeşididir. Kirlenme bakımından atığın ihtiva ettiği bor ve arsenik iyonu, yaşayan organizmalar üzerinde belirli değerleri aştığında suda yaşayan canlılara veya tarımsal sulamada kullanılması halinde bitkilere zehirli etkisi ile çok büyük zararlar vermektedir.

Belirli konsantrasyonları geçmemesi halinde bor bitkiler için önemli bir mineraldir. Hormon ve nükleik asit metabolizmasında rol oynayarak hücre olgunlaşması ve farklılaşmasında görev almaktadır (Underwood, 1971). Hayvanlarda gerekliliği kesinlik kazanmamış olmakla birlikte memelilerde hormon sentezi, enzim aktivitesi ve mineral metabolizması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Sisk ve ark., 1990). İnsanlarda klinik ve beslenme açısından önemini vurgulayan çalışmalar da yoğunluk kazanmıştır (Newnham, 1994).

Günümüzde kullanılan bor teknolojisinde atık problemi her zaman mevcuttur. Biyolojik arıtım ve kullanılmış su arıtımında kullanılan kimyasal maddeler(alum, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$) bor giderilmesi bakımından etkin olmamaktadır. Yapılan literatür taramalarında atıksudaki bor içeriğine bağlı olarak; buharlaştırma-kristalizasyon, çözücü ekstraksiyonu, fiziksel adsorbsiyon, kimyasal çöktürme ve iyon değiştiriciler

kullanılabilmektedir. İyon deęiřimi yoluyla bor giderimi çok daha dūřuk kirlilik konsantrasyonlarında gerçekleřebilmektedir. Bor konsantrasyonunun yūksek olması halinde kimyasal reaktiflerle ōktūrme iřlemi ōnerilmektedir.



2.BOR

2.1. Bor Elementi

Bor doğada serbest olarak bulunmaz. Genellikle Na^+ ve Ca^{++} 'un tuzları halinde bulunur. Bu hallerde doğada hemen hemen her yerde mevcuttur, neredeyse tüm sularda, bitkilerde ve hayvanlarda bulunmaktadır. Borakstan elde edilmesi ve karbona benzerliği nedeniyle "boron" olarak adlandırılmıştır. Yoğunluğu $2-2.5 \text{ g/cm}^3$ dür. Ergime derecesi 2200°C civarındadır. Su ile 100°C üzerinde, oksijenle 700°C de, hidrojenle 840°C de reaksiyona girer (Greenwood and Earnshaw, 1984). Borun elektrik iletkenliği normal oda sıcaklığında düşük, yüksek ısılarda ise yüksektir.

Bor, yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Bor yatakları bakımından Türkiye ve ABD şanslı ülkelerdir. Ayrıca Arjantin, Rusya, Çin, Şili ve Peru da bor yatakları bulunmaktadır. Türkiye de Kırka bölgesinde büyük bir tinkal yatağı oluşurken Kütahya-Emet yöresinde kolemanit, Balıkesir- Bigadiç yöresinde kolemanit ve üleksit, Bursa-Kestelek yöresinde ise kolemanit ve probertit yataklanmıştır. Bu yörelerde daha az oranda olmak üzere diğer pek çok bor mineraline de rastlanmaktadır. Deniz suyunda $0.5-9.6 \text{ mgB/L}$, tatlı sularda ise $0.01-1.5 \text{ mgB/L}$ aralığındadır. Toprağın bor içeriği genelde ortalama $10-20 \text{ mgB/g}$ olmakla birlikte ABD'nin batı bölgeleri ve Akdenizden Kazakistan'a kadar uzanan yörede yüksek konsantrasyonlarda bulunur (Woods, 1994).

Tarihte ilk olarak 4000 yıl önce Babiller Uzak Doğu'dan boraks ithal etmiş ve bunu altın işlemede kullanmışlardır. Mısır ve Mezopotamya uygarlıklarında bazı hastalıkların tedavisinde ve ölülerin mumyalanmasında boraks kullanıldığı bilinmektedir (Göncü, 1982). İlk bulunan boraks kaynağının Tibet Göllerinde olduğuna inanılmaktadır. Boraks, koyunlara bağlanan torbalarda Himalayalar'dan Hindistan'a getirilmiştir. Eski Yunanlılar ve Romalılar boratları temizlik maddesi olarak kullanmış, ilaç olarak ilk kez Arap doktorları tarafından M.S. 875 yılında

kullanılmıştır. Borik Asit 1700'lü yılların başında borakstan yapılmış, 1800'lü yılların başında ise elementel bor elde edilmiştir (Moseman, 1984).

Elementel bor 1808 yılında Fransız Kimyacı Gay-Lussac ile Baron Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyacı Sir Humphry Davy tarafından bulunmuştur. On sekizinci yüzyıl ortalarında İtalya'nın Toskana bölgesinde sıcak sulardan borik asit elde edilmiştir. Daha sonra 1852 de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği Şili'de başlamıştır.

Borat mineralleri; endüstride, tüketici pazarlarında ve tarımda zaruri bitki mikrobisini olarak (şeker pancarı, zeytin, yağ tohum posaları, üzüm vs.) iki yüzün üzerinde uç üründe önemli bir bileşen olarak yer almaktadır.

Bor elementinin kimyasal özellikleri morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla ve bazen şiddetli olarak reaksiyona girerken kristalin bor kolay reaksiyon vermez. Bor yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve bazı diğer ürünleri oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlayıcı olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşturur. Tablo 2.1. de bor elementinin fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.1. Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri

Özellik	Değeri
Atom ağırlığı (g/mol)	10.811±0.005 veya 0.007
Ergime noktası °C	2190+20
Kaynama noktası °C	3660
Isıl genleşme katsayısı (25-1050 °C arası, 1 °C için)	5x10 ⁻⁶ -7x10 ⁻⁶

2.2. Bor Mineralleri

Bor mineralleri genellikle Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} gibi alkali ve toprak alkali metallere birleşmiş halde bulunan sulu boratlardır. Doğada ikiyüzü aşkın minerallerin birbirinden farkı, daha çok içerdikleri farklı su miktarından ileri gelmektedir. Bileşimlerinde bulunan metallerin oranlarına, ihtiva ettikleri su miktarına ve kristal yapılarına göre isimler alırlar (Taneri, 1971).

Bor minerallerinin içerdikleri alkali elementlere göre sınıflandırılması:

1-) Sodyum İçeren Boratlar

a-) **Tinkal** : Boraks olarak da nitelendirilmektedir. Doğal boraks dekahidrattır. Kimyasal bileşimi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ şeklindedir. % 11.4 B içermektedir. En önemli ve ekonomik bor mineralidir. En büyük tinkal yatağı Türkiye’de Kırka’dadır. ABD de Boron da ve Arjantin de bulunmaktadır.

b-) **Kernit** : Mineralin asıl adı “razorit”dir. Kimyasal bileşimi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dur. % 15,9 B içerir. ABD de Boron da Kern ilinde üretilmektedir. Arjantin’de de bir miktar kernit mevcuttur.

c-) **Tinkalkonit**: Doğal boraks pentahidrattır. Kimyasal bileşimi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dur. %14.9 B içerir. Tinkalle birlikte, genellikle yüzeydeki tinkalin suyunu kaybetmesiyle oluşur.

2-) Sodyum ve Kalsiyum İçeren Boratlar

a-) **Üleksit** : Kimyasal bileşimi $\text{NaCa B}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dur. % 13,5 B içerir.

b-) **Probertit** : Kimyasal bileşimi $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dur. % 15,4 B içerir. Üleksit ve probertit, borat yataklarında diğer minerallerle birlikte karışık olarak bulunur. Önceleri işletilen ve yıllarca önemini kaybetmiş olan mineraller Bigadiç ve Death Walley de tekrar üretilmeye başlanmıştır.

3-) Kalsiyum İçeren Boratlar

a-) **Kolemanit** : Borakalsit ismi de verilmektedir. Kimyasal bileşimi $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dur. %15,8 B içerir. Kalsiyumlu boratların en önemlisidir. En büyük yataklar Türkiye'dedir. Gerek ABD de, gerekse Türkiye'de ihracata yönelik olarak üretilmektedir (Barker and Lefond, 1984).

b-) **Pandermit** : İsmi Bandırma Türkiye'den verilmiştir. Kimyasal bileşimi $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dur. %15,4 B içerir.

c-) **Priseit** : Kimyasal bileşimi $\text{Ca}_5\text{B}_{12}\text{O}_{23} \cdot 7/2 \text{H}_2\text{O}$ dur. %15,7 B içerir. Pandermit ve priseit kolemanit minerali ile bir arada bulunurlar.

4-) Magnezyum İçeren Boratlar

a-) **Borasit** : Kimyasal bileşimi $\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$ dir. %19,3 B içerir. Türkiye'de üretilen kalsiyumlu boratlara pek çok literatürde yanlış bir şekilde borasitte denilmektedir. Borasit ve diğer magnezyumlu boratlar birçok bor yatağında mevcuttur. Ancak üretimleri yapılmamaktadır.

b-) **Szaybelit** : Kimyasal bileşimi MgBO_2OH 'dır. %12.8 B içerir. Rusya bor endüstrisinin ana kaynağıdır.

İhtiva ettikleri su miktarlarına ve kristal yapılarına göre:

A-) Kristal Suyu İçeren Boratlar

Kernit (razorit)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Tinkalkonit	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Boraks (Tinkal)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Sborgit	$\text{NaB}_5\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Eakwrit	$\text{Na}_4\text{B}_{10}\text{O}_{17} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Probertit	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



Üleksit	:NaCaB ₅ O ₉ .H ₂ O
Nobleit	:CaB ₆ O ₁₀ .4H ₂ O
Gowerit	:CaB ₆ O ₁₀ .5H ₂ O
Florovit	:CaB ₂ O ₄ .4H ₂ O
Kolemanit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O
Meyerhofferit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .7H ₂ O
İnyoit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ . 13H ₂ O
Preseit(pandermit)	:Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O
Tercit	:Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .2H ₂ O
Ginorit	:Ca ₂ B ₁₄ O ₂₃ .8H ₂ O
Pinnoit	:MgB ₂ O ₄ .3H ₂ O
Kaliborit	:HKMg ₂ B ₁₂ O ₂₁ .9H ₂ O
Kurnakavit	:Mg ₂ B ₆ O ₁₁ .15H ₂ O
İnderit	:Mg ₂ B ₆ O ₁₁ .15H ₂ O
Predorazhenskit	:Mg ₃ B ₁₀ O ₁₈ .4 1/2H ₂ O
Hidroborasit	:CaMgB ₆ O ₁₁ .6H ₂ O
İnderborit	:CaMgB ₆ O ₁₁ .11H ₂ O
Larderellit	:(NH ₄) ₂ B ₁₀ O ₁₆ .4H ₂ O
Ammonioborit	:(NH ₄) ₃ B ₁₅ O ₂₀ .(OH) ₈ .4H ₂ O
Veatçit	:SrB ₆ O ₁₀ .2H ₂ O
p-Veatçit	:(Sr, Ca) B ₆ O ₁₀ .2H ₂ O

B-) Bileşik Boratlar(Hidroksil ve/veya Diğer Tuzlar İle)

Teepleit	:Na ₂ B (OH) 4Cl
Bandilit	:CuB(OH) 4Cl
Hilgardit	:Ca ₂ BO ₈ .(OH) 4Cl
Borasit	:Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl
Fluoborit	:Mg ₃ (BO ₃)



Hambergit	:Be ₂ (OH, F) BO ₃
Suseksit	:MnBO ₃ H
Szaybelit	:(Mg, Mn)BO ₃ H
Roveit	:Ca ₂ Mn ₂₂ ⁺ ((OH) ₄ (B ₄ O ₇ (OH) ₂)
Seamanit	:Mn ₃₂ ⁺ (OH) (B (OH) ₄ (PO ₄)
Viserit	:Mn ₄ B ₂ O ₅ (OH, Cl) 4
Lüneburgit	:Mg ₃ (PO ₄) ₂ B ₂ O ₃ .8H ₂ O
Kahnit	:Ca ₂ BAs
Sulfoborit	:Mg ₃ SO ₄ B ₂ O ₄ (OH) ₂ .4H ₂ O

C-) Borik Asit

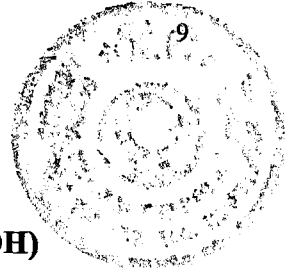
Sassolit (doğal borik asit) :B(OH)₃

D-) Susuz Boratlar

Jenemejevit	:Al ₆ BO ₁₅ .(OH) ₃
Kotoit	:Mg ₃ B ₂ O ₈
Nordenskiöldine	:CaSnB ₂ O ₆
Rodozoit	:CsB ₁₂ Be ₄ Al ₄ O ₂₈
Varvikit	:(Mg, Fe) ₃ TiB ₂ O ₈
Ludvigit	:(Mg, Fe ₂ ⁺) ₂ Fe ₂ ⁺ BO ₅
Paygeit	:(Fe ₂ ⁺ , Mg) ₂ Fe ₃ ⁺ BO ₅
Pinakiolit	:Mg ₃ Mn ₂ ⁺ Mn ₂₃ ⁺ B ₂ O ₁₀
Hulsit	:(Fe ₂ ⁺ Mg ₂ ⁺ , Fe ₃ ⁺ , Sn ₄ ⁺) ₃ BO ₃ O ₂

E-) Borofluoritler

Avagadrit	:(K, Cs) BF ₄
Ferruksit	:NaBF ₄



F-) Borosilikat Mineralleri

<u>Akzinit grubu</u>	: (Ca, Mn, Fe, Mg) $3\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15}(\text{OH})$
Bakerit	: $\text{Ca}_4\text{B}_4(\text{BO}_4)(\text{SiO}_4)_3(\text{OH}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Kapelenit	: $(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{Na})_3(\text{V}, \text{Ce}, \text{La})_6(\text{BO}_3)_6$
Karyoserit	: Melanoseritin toryumca zengin türüdür.
Danburit	: $\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
Datolit	: CaBSiO_4OH
Dumortiyerit	: $\text{Al}_7\text{O}_3(\text{BO}_3)(\text{SiO}_4)_3$
Grandiyeir	: $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_3\text{BSiO}_9$
Homilit	: $(\text{Ca}, \text{Fe})_3\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$
Hovlit	: $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{SiO}_9(\text{OH})_5$
Hyalotekit	: $(\text{Pb}, \text{Ca}, \text{Ba})_4\text{BSi}_6\text{O}_{17}(\text{OH}, \text{F})$
Kornerupin	: $\text{Mg}_3\text{Al}_6(\text{Sr}, \text{Al}, \text{B})_5\text{O}_{21}(\text{OH})$
Manondonit	: $\text{LiAl}_4(\text{AlBSi}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_8$
Melanoserit	: $\text{Ce}_4\text{CaBSiO}_{12}(\text{OH})$
Safir	: $\text{Mg}_3, 5\text{Al}_9\text{Si}, 5\text{O}_2$
Searlesit	: $\text{NaBSi}_2\text{O}_6\text{H}_2\text{O}$
Serendibit	: $\text{Ca}_4(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{Al}, \text{Fe})_9(\text{Si}, \text{Al})_6\text{O}_4$

Turmalin grubu mineraller

Tritom	: $(\text{Ce}, \text{La}, \text{YTh}_5(\text{Si}, \text{B})_3(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_{13}$
İdokreyz (Vezüvyanit)	: $\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{Si}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$

2.3. Oluşum ve Rezervleri

Yeryüzünde belirli bölgelerde yüksek konsantrasyonda az sayıda ve büyük bor yatakları oluşmuştur. Bor yatakları bor getirimine uygun ırmak veya fay hatlarının bulunduğu ve evaporasyona müsait kurak veya yarı kurak bölgelerde, genellikle volkanik hareketlerin eşliğinde oluşmuştur. Bor teşekkülü için bölgenin tektonik yapısı, bor içeren mağmatik buhar ve sıcak suların yukarılara hareketine uygun

olmalı, bu buhar veya suların iyon alışverişini gerçekleştirebilecekleri içerisinde çökebilecekleri kapalı göl sistemleri mevcut olmalıdır (Özpeker, 1968; Helvacı, 1976).

Kapalı bir göl sistemine ulaştıklarında mağmadan kaynaklanan borik asit buharları gibi borca zengin buharlar veya borca zengin ırmak suları bu bölgede bulunan kalsiyum ve sodyumla reaksiyona girerek bor tuzlarını oluşturmuşlardır. Getirimin devam etmesi ve buharlaşma sonucu göldeki tuz konsantrasyonunun devamlı artması neticesinde, belirli bir termodinamik sıraya göre önce karbonatlar sonra sodyum ve potasyumlu tuzlar çökerek, çökme sisteminin ortasında yer alırlar.

Bu çökellerde genelde çakıltası, kil, marn, kireçtaşı, kumtaşı, tuf, tüfit yer alır ve bu çökeller yataklar ile ara katmanlıdır. Yatak düzeyleri tavan ve tabanda kil taşı ve kireçtaşı katmanlarına geçer. Bu göllerin çevresinde volkanizma çok yaygın olup, kalkalen ve asidikten bazıge değişen doğal volkaniklerin yanı sıra çökellerle ardalanan volkano tortullar da izlenir. Ayrıca çökeller içinde volkanik ürünlerin kırıntıları da bol miktarda bulunmaktadır.

Borat yataklarının özellikle karasal alanlarda ve göl fasiyesinde gelişmiş olduğu gözlenmiştir. Bu yatakların oluşum alanlarının çoğunlukla volkanik bölgelerde yer alması ve yataklarda volkanik ürünlerin bol bulunuşu, borat oluşumu için volkanizmanın gerekli olduğu düşüncesini ortaya çıkarmaktadır.

Bor, magmanın kristallenmesi sonunda oluşan kalıntı sıvılar ve gazlar içinde yoğunlaşmaktadır. Ülkemiz ve ABD'deki bor yatakları dolaylarındaki sıcak su kaynaklarında 100 ppm ölçüsünde ekonomik derişim değeri bulgulanmıştır.

Bu bulgular borun ana kaynağının magma olduğu görüşünü güçlendirmiştir. Ancak çökel kayaçların magmatiklerden daha çok bor içerdiği göz önüne alındığında, borun magma kökenli olabileceği gibi magmatikler ile dokanağı olan çökellerden de türeyebileceği vurgulanmaktadır (Bayrak ve ark., 2001).



2.4. Ticari Bileşikleri ve Kullanım Alanları

Bor üstün özellikleri nedeniyle dünyada en çok kullanılan elementlerden biri olmakla birlikte bakır ya da demir gibi elementer olarak kullanımı son derece sınırlıdır. Genellikle cevherlerinden üretilen bazı bileşikleri kullanılmaktadır. Bazı hallerde doğrudan cevherleri kullanılmaktadır. Örneğin fiberglas üretiminde doğrudan kolemanit cevheri kullanılmaktadır. Nihai borlu ürünler üretimi için girdi malzemesi olarak kullanılan başlıca ticari bor bileşikleri tablo 2.2 'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Ticari Önemi Olan Bor Mineralleri

Mineral	Formülü	% B ₂ O ₃	Bulunduğu yer
Boraks (Tinkal)	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	36.6	Kırka, Emet, Bigadiç, A.B.D
Kernit (Razorit)	Na ₂ B ₄ O ₇ .H ₂ O	51.0	Kırka, A.B.D., Arjantin
Üleksit	NaCaB ₅ O ₉ .8H ₂ O	43.0	Bigadiç, Kırka, Emet, Arjantin
Propertit	NaCaB ₅ O ₉ .5H ₂ O	49.6	Kestelek, Emet, A.B.D
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O	50.8	Emet, Bigadiç, Küçükler, A.B.D
Pandermit(Priseit)	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O	49.8	Sultançayır, Bigadiç
Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl	62.2	Almanya
Szaybelit	MgBO ₂ (OH)	41.4	B.D.T. (Eski S.S.C.B.)
Hidroborasit	CaMgBO ₁₁ .6H ₂ O	50.5	Emet

2.5. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları

Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Bir çok endüstri dalının hammaddesidir. Üretilen bor minerallerinin % 10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için

kullanılmaktadır. Tablo 2.3'de bor mineral ve bileşiklerinin kullanım alanları verilmiştir.

Bor mineralleri ve ürünlerinin kullanıldığı sanayi grupları aşağıda verilmiştir.

- Cam sanayii
- Seramik sanayii
- Temizleme ve beyazlatma sanayii
- Yanmayı önleyici (geciktirici) maddeler
- İlaç ve Kimya Sanayii
- Tarım
- Metalurji
- Enerji depolama
- Arabalardaki hava yastıklarında
- Atık temizleme işlemleri
- Pigment ve kurutucu olarak
- Nükleer uygulamalar
- Diğer kullanım alanları

A.B.D., Batı Avrupa ve Japonya'da bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım oranları farklıdır. A.B.D.'de en çok tüketim fiberglas izolasyon sanayiinde olmaktadır. Batı Avrupa'da ise sabun ve deterjan sanayii bor tüketiminde öndedir. Japonya'da en büyük bor tüketimi tekstil ve fiberglas sanayiinde gerçekleşmektedir.

Tablo 2.3. Bazı Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları

<u>ÜRÜN</u>	<u>Kullanım Alanları</u>
Amorf Bor ve Kristalin Bor	Askeri Piroteknik, Nükleer Silahlar ve Nükleer Güç Reaktörlerinde Muhafaza
Bor Flamentleri	Havacılık İçin Kompozitler, Spor Malzemeleri İçin Kompozitler
Bor Halidleri	İlaç Sanayii, Katalistler, Elektronik Parçalar, Bor Flamentleri ve Fiber Optikler
Özel Sodyum Boratlar	Fotoğrafçılık Kimyasalları, Yapıştırıcılar, Tekstil, "Finishing" Bileşikleri, Deterjan ve Temizlik Malzemeleri, Yangın Geciktiricileri, Gübreler ve Zırai Araçlar
Fluoborik Asit	Kaplama Solüsyonları, Fluoborat Tuzlar, Sodyum Bor Hidrürler
Trimetil Borat	Kaplama Solüsyonları, Fluoborat Tuzlar, Sodyum Bor Hidrürler
Sodyum Bor Hidrürler	Özel Kimyasalları Safılaştırma, Kağıt Hamurunu Beyazlaştırma, Metal Yüzeylerin Temizlenmesi
Bor Esterleri	Polimerizasyon Reaksiyonları için Katalist, Polimer Stabilizatörleri, Yangın Geciktiricileri
Kalsiyum Bor Cevheri (Kolemanit)	Tekstil Kalite Cam Elyafı, Bor Alaşımları, Curuf Yapıcı, Nükleer Atık Muhafazası
Sodyum Bor Cevheri (Üleksit ve Probertit)	Yalıtım Cam Elyafı, Borosilikat Cam
Borik Asit	Antiseptikler, Bor Alaşımları, Nükleer, Yangın Geciktirici, Naylon, Fotoğrafçılık, Tekstil, Gübre, Katalist, Cam, Cam Elyafı, Emaye, Sır
Susuz Boraks	Gübre, Cam, Cam Elyafı, Metalutjik Curuf Yapıcı, Emaye, Sır, Yangın Geciktirici
Sodyum Perborat	Deterjan ve Beyazlatıcı, Tekstil
Sodyum Metaborat	Yapıştırıcı, Deterjan, Zırai İlaçlama, Fotoğrafçılık, Tekstil
Sodyum Pentaborat	Yangın Geciktirici, Gübre

2.6. Türkiye’de Mevcut Durum

Türkiye’de bor cevherlerinin varlığı çok eski yıllardan beri bilinmekle beraber, ilk madencilik 1861 yılında Fransız Compañie Industriell des Mazures tarafından yapılmaya başlanmıştır. Bu şirketin işletme hakkı 1883 yılında Osmanlı Devletince kaldırılmıştır. 1887 yılında İngiliz-İtalyan şirketi Cove-Hanson işletmeye başlamış, bu şirket daha sonra Borax Consolidated Ltd. şirketine dönüşmüştür. 1927 de 642 adedi yabancı olan şirketler, 1944 yılında devletleştirilmiştir. Ancak Borax Consolidated Ltd. Şirketi varlığını sürdürmüştür. 1935 yılında kurulan MTA ve Etibank tarafından yapılan aramalarla 1951 yılında Bigadiç’te, 1956 yılında Emet’te yeni kolemanit cevherleri bulunmuştur. 1958 yılında Emet, 1968 yılında Kırka bor yatakları Etibank’a devredilmiştir. 1979 yılında Bigadiç madenleri de devletleştirilerek Etibank’a devredilmiştir (Özpeker, 1985; Taneri, 1984).

Türkiye’de bor minerallerinin işletmeciliği yalnızca Eti Bor A.Ş. tarafından gerçekleştirildiği için ham ve konsantre bor üretimi tablo 2.4. de verilen dört işletme tarafından gerçekleştirilmektedir.

Tablo 2.4. Türkiye’de Sektördeki Kuruluşlar

Sıra No	Kuruluş Adı	Yeri	Mülkiyeti	Üretim Konusu
1	Bigadiç Bor İşl. Müd.	Balıkesir	Kamu	Kolemanit, Üleksit
2	Kestelek Bor İşl. Müd.	Bursa	Kamu	Kolemanit
3	Kırka Bor İşl. Müd.	Eskişehir	Kamu	Tinkal
4	Emet Bor İşletme Müd.	Kütahya	Kamu	Kolemanit

2.6.1. Türkiye Rezervi

Türkiye'nin en önemli ihraç madeni olan bor Batı Anadolu bölgesinde yataklanmıştır. Özellikle Eskişehir-Kırka, Balıkesir-Bigadiç, Bursa-Kestelek ve Kütahya-Emet'te bulunmaktadır

Tablo 2.5. Türkiye Bor Rezervi (milyon ton) (Roskill, 1999)

Rezerv Yeri	Rezervler	B ₂ O ₃
Bigadiç	935	330
Emet	545	200
Kestelek	7	3
Kırka	520	140
TOPLAM	2007	673

Tablo 2.6. Türkiye Bor Rezerv Tipi (milyon ton) (Roskill, 1999)

Ürün Tipi	Rezervler
Kolemanit	1.050
Boraks	519
Üleksit	61
TOPLAM	1.630

2.7. Dünyada Mevcut Durum

2.7.1. Dünya Bor Rezervleri

Dünya bor rezervleri hakkında kesin bir rakam vermek güç olmakla birlikte, Tablo 2.7.'ye göre dünya rezervinin yaklaşık 170 milyon ton B₂O₃ ve rezerv bazında

ise 473 milyon ton B_2O_3 olduğu görülmektedir. Dünyadaki önemli bor yataklarının ise; Türkiye, Rusya ve ABD’de olduğu bilinmektedir.

Ülkemizden sonra dünyanın bilinen en önemli bor yatakları ABD’nin Kaliforniya eyaletindeki Mojave Çölü’ndedir. Yine aynı bölgede Searles Gölünde önemli borat yatakları mevcuttur.

Ayrıca, Sırbistan’ da bor yatakları bulunmuş olup, bölgede çıkan savaş dolayısıyla arama işlemleri tamamlanamamıştır.

Dünya ticari bor rezervleri genellikle 3 bölgede toplanmaktadır:

Amerika’da Güney-Batı Mojave Çölü
Türkiye’yi de içeren Güney-Orta Asya Orojenik Kemer
Güney Amerika Andean Belt

Tablo 2.7. Rezervler ve Bor Kaynakları (milyon ton B_2O_3) (Roskill, 1999)

Ülkeler	Görünür Rezervler	Muhtemel Rezervler
Arjantin	2	9
Bolivya	4	19
Şili	8	41
Çin	27	36
İran	1	1
Kazakistan	14	15
Peru	4	22
Rusya	40	100
Türkiye	30	150
ABD	40	80
TOPLAM	170	473



2.7.2. Dünyada Bor Üretim Yöntemleri

Bor mineralleri, doğada toprak, kayalar ve özellikle suda yaygın olarak hemen hemen her yerde bulunmaktadır. Üretim yöntemleri bulundukları yer ve derinliğe göre değişmektedir. Karada çeşitli yerlerde bulunan bor bileşiklerinin üretimi; cevherin bulunduğu derinliğe ve fiziksel yapısına bağlı olarak açık ocak veya kapalı ocak yöntemi veya çözelti madenciliği yöntemi ile üretilmektedir. Sularda bulunan borlar ise özellikle çözelti madenciliği yöntemi ile üretilmektedir.

Dünyada en fazla üretim açık ocak yöntemi ile yapılmaktadır. Cevher ve örtü tabakasının fiziksel özelliklerine göre delme-patlatma ile yüzey gevşetilir. Cevherin üzerindeki örtü tabakası alındıktan sonra; cevher çıkarılır. Bu işlemler sırasında ekskavatör ve loderler kullanılır.

Amerika, Türkiye, Arjantin, Şili, Çin ve Rusya'da açık ocak yöntemi ile üretim yapan ocaklar mevcuttur. Ayrıca, Güney Amerika ve Çin'de üst kayacın alınmasından sonra el ile selektif madencilik yapıldığı belirtilmektedir.

Açık ocak yöntemine göre daha pahalı olan yeraltı madenciliği ise Türkiye(Bigadiç), Amerika(Billie Madeni, Death Valley) ve Çin(Lioning)'de yapılmaktadır.

Diğer bir yöntem olan çözelti madenciliği ise; Amerika Searles Lake, Kaliforniya ve Çin-Qinghai Basın'da ticari bor üretimi amacıyla yapılmaktadır.

2.8. Bor Bileşiklerinin Çevreye Etkisi

Bor, doğal koşullarda serbest değil, oksijenle bağlanmış olarak doğada hemen hemen her yerde mevcuttur ve genel olarak ayrışmamış borik asit olarak neredeyse tüm sularda, bitkilerde ve hayvanlarda bulunmaktadır. Borat mineralleri endüstride, tüketici pazarlarında ve tarımda zaruri bitki mikro besini olarak (şeker pancarı, zeytin, yağ, tohum posaları, üzüm vs.) iki yüzün üzerinde uç üründe önemli bir bileşen olarak yer almaktadır.

Bor yatakları üzeri veya yakınındaki yerlerin içme ve kullanma sularında bor konsantrasyonu yüksektir. Normal sularda 1 mg/L ve daha az bulunur. Ana maden suları 0,02-4.3 mg/L gibi borca zengindirler. Yerkabuğunda % 0.001 oranında, deniz suyunda 0,5-9,6 mg/L düzeyinde bulunmaktadır. Akarsulardaki miktarı buhar ve sıcak sularda 0,2-1000 mg/L'e kadar ulaşan yüksek konsantrasyonlardadır (Woods, 1994).

Bor çevremize denizler, yanardağlar ve kaplıcalar başta olmak üzere kayalardan, topraktan ve yeraltı sularıyla sonbaharda dökülen yapraklardan, sanayi ürünlerinin yapımı sırasındaki atıklardan (özellikle deterjan, sabun ve daha az olmak üzere gübre, böcek öldürücü, yapıştırıcı ve kozmetiklerden), ve kömürle işletilen güç kaynaklarının küllerinden gelmektedir.

Bor bileşikleri; cam, porselen ve seramik sanayilerinde, tekstil kimyasalları, deri giysileri yapımında, gübre sanayinde, metalurji sanayinde, böcek öldürücülerde, kozmetiklerde ve bazı nükleer uygulamalarda, yanmayı önleyici maddelerde, kağıt sanayi ürünleri ve yapıştırıcılarda değişik oranlarda kullanılmaktadır.

Cam porselen ve benzeri ürünlerin yapısındaki bor bileşikleri suda eriyip serbest hale geçemedikleri için çevre kirliliğinden söz edilmemektedir. Zambak, yanmaz eşya ve mobilya koruyucusu gibi malzemeler içinde kullanıldığında kısmen çözülür, yani, suda az da olsa eriyip çevreye bulaşır. Çamaşır ve bulaşık deterjanlarıyla, yapay gübre, böcek öldürücü ve sağlık-güzellik malzemelerindeki bor bileşikleri suda kolayca eriyip ortama yayılmaktadır. Ayrıca kömürlü elektrik santrali gibi tesislerin külleriyle de etrafa saçılmaktadır.

2.8.1. Bor Bileşiklerinin Hayvanlara Etkisi

Borik asit, boraks ve sodyumlu diğer bor tuzlarının kullanılış sahaları arasında deterjan, insektisit ve herbisit imalatının da bulunması bu iyonun hayvan ve bitkiler üzerindeki etkilerinin tesbitine imkan vermiştir.

Borun hayvanlara etkisini incelemek maksadıyla çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar borun hayvanlar üzerindeki etkisinin bor miktarı ve temas süresine bağlı olduğunu göstermiştir.

Hayvanlar için öldürücü doz hayvan türüne göre 1.2-3.45 g/kg arasında değişmektedir. 2500 g/L bor konsantrasyonun büyümeyi önlediği için zararlı olduğu gözlenmiştir.

Farelerin, tavşanların ve sıçanların borik asiti ağızdan alması durumunda düşük toksitite gözlenmektedir. Göz ve deride tahriş çözeltinin alkaliliğine bağlıdır. Ağız yoluyla kg vücut ağırlığına 3000-4000 mg gibi pek yüksek dozlar sıçanlarda kısa sürede depresyon ve titremeler yaratmakta ve hayvanı ölüme götürmektedir. Ayrıca farelerde ishal, köpeklerde kusma gibi belirtilerde gözlenmektedir (Mastromatteo and Sullivan, 1994).

Kronik etkilerin incelenmesi ağızdan bor alımının sıçanlarda büyüme, ölüm oranı ve üremelerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir. Genç sıçanlarda içme suyundaki % 0.25 B ancak 30 günde büyümeyi durdurucu etki göstermiştir ve otopsilerinde patolojik lezyona rastlanmamıştır. Yine sıçanlarla yapılan çalışmalar borun iki kuşak boyunca önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir. Solunum yoluyla alınan boraks tozlarının deney domuzlarına etkisi incelenmiş ve bir anormalliğe neden olmadığı bulunmuştur. Sıçanlarda havadaki 100-500 mg/m³ B ancak dört hafta sonra idrardaki keratinde bir miktar artışa neden olmuştur. Havadaki 10 hafta 470 mg/m³ veya 24 hafta 77 mg/m³ borun etkisi olmadığı bulunmuştur.

Balıklar üzerine etkisi düşük toksitite olarak vasıflandırılmaktadır. Bazı larva ve böceklerin imhasında bor iyonu uzun süreden beri kullanılmaktadır. Balıkların daha yüksek konsantrasyonları tolere edebileceği, örneğin 5000 mg/L borun alabalıkta sadece derinin koyulaşmasına neden olduğu veya küçük tatlı su balıklarında hiçbir etki yapmadığı gözlenmiştir. Küçük deniz balıklarının 20 °C de 6 saat süreyle damıtık suda 18 g/L- 19 g/L veya sert suda 19-19.5 g/L bor iyonu ile teması öldürücü doz olarak tespit edilmiştir. Bir süt ineğine 40 gün boyunca 16-20 g/gün borik asit verilmesi durumunda herhangi bir etki gözlenmemiştir (EPA,1986).

2.8.2. Bor Bileşiklerinin İnsanlara Etkisi

İnsanlar, hava ve sudaki bor mineralleriyle temas ederek, bor yataklarıyla temas halindeki yeraltı ve yerüstü sularını içerek ve kullanarak, bor yoğunlukları yüksek yiyecek ve/veya içecekleri alarak, bor ocak ve fabrikalarında çalışarak, sabun, deterjan gibi temizleyici ve beyazlatıcılarla güzellik malzemesi ve benzeri maddeleri yapan yerlerde çalışarak borun etkisine maruz kalmaktadır.

Bor insan vücuduna;

- Yiyecek ve içeceklerle ağız,
- Tozların buruna dolmasıyla solunum ve
- Deri yoluyla, üç şekilde girmektedir.

İnsan vücuduna herhangi bir yoldan gelen borun, % 90-95 kadarı vücutta birikmeden hemen üre ile dışarı atılmaktadır ve vücutta pek tutulmamaktadır. Yalnızca, kemik, tırnak ve kıllarla karaciğer ve dalak gibi organlarda biraz birirmektedir (Şaylı, 1997).

Yapılan araştırmalar borun toksik etkisinin çok düşük olduğunu göstermiştir. Borun akut etkisi 15-30 g boraks veya 2-5 g borik asit doğrudan alınırsa ortaya çıkmaktadır. Kronik etkisi açısından günde 3 g borik asit veya 5 g boraksın etkisinin olmadığı, 5-10 g boraksın sadece protein metabolizmasını etkilediği ve idrardaki azot miktarını arttırdığı gözlenmiştir (Moseman, 1984).

Borun toksik etkisi yetişkinlerde baş ağrısı, kusma, ishal, heyecan veya depresyon; çocuklarda ise daha çok havale, koma gibi beyin zarı tahribi etkileri şeklinde görülmektedir. Parmak uçlarında görülen pembe renk, bor ile zehirlenmeye işaret eden karakteristik görünüşlerdir (Mc Kee and Wolf, 1963).

Bazı kaynaklarda bor tozlarıyla temas eden işçilerin sperm sayısında düşüklük, cinsel hayatlarında gerileme olduğu iddia edilmiştir. Ancak ülkemizde ve dünyada yapılan pek çok araştırmada borun kısırlığa yol açmadığı sonucuna varılmıştır (Şaylı, 1997).

Borun insan vücudu için çok yararlı etkileri olduğu da tespit edilmiştir. Düşük düzeyde bor içeren bir diyetin günde 3 mg borla takviye edilmesi başlıca minerallerin ve kemiklerle ilgili hormonların metabolizmasını olumlu etkilemiştir. Borun kalsiyum ve D vitamini olmak üzere vücut minerallerinin düzenlenmesinde rol oynadığı, kalsiyum ve magnezyumun azalmasını önleyerek kemik yapısını koruduğu belirlenmiştir. Bor alımının günde 0,25 mg'den 3,25 mg'a çıkarılması plazma estradiol ve testosteron konsantrasyonlarını arttırmış, idrarla kalsiyum atılımını azaltmıştır (Beattie and Peace, 1993). Ayrıca küçüklerin öğrenme yetenek ve okul becerilerinin artmasına katkıda bulunduğu, sportif performans ve atletik yapının gelişmesi için tablet şeklinde bor alındığı bilinmektedir.

2.8.3. Bor Bileşiklerinin Bitkilere Etkisi

Bor bitkilerin normal gelişmesi ve optimal derecede ürün vermeleri için gereklidir. Ancak fazla miktarda olması durumunda da zehirli bir elementtir. Gerekli miktarı ile zararlı miktarı arasında ki fark çok azdır. Topraktaki bor konsantrasyonu; 10-300 mg/kg (ortalama 30 mg/kg) arasında bulunmaktadır (WHO, 1998). Topraktan boraks iyonları halinde alınmaktadır. Borun topraktan absorpsiyonu ise; toprağın pH na, yapısal karakterine vb. özelliklerine bağlıdır (Wilcox, 1958).

Borun bitkilerde eksik olması bağlayıcı dokuları etkilediğinden bitkilerde çeşitli dokuların meydana geliş ve gelişmelerinin normal olarak gerçekleşmesini engellemekte, ürün kalitesi ve verimini azaltmaktadır. Aynı zamanda bitkilerin su düzeni bozulmakta ve karbonhidrat iletimi zorlaşmaktadır. Köklerin normal gelişmesi için kalsiyum yanında fazla miktarda bor iyonuna ihtiyaç vardır (Wilcox, 1958).

Ancak borun fazla bulunması da bitki gelişmesini geciktirir veya tamamen öldürür. Bor iyonu bitkiler için bir mikronütrienttir. Mikrobeseleyici olarak sulama suyunda 0,5 mg/L'ye kadar bulunması gerekirken bora karşı çok hassas bitkilerde 0,5-1.0 mg/L 'de zararlı olabilmektedir. En az etkilenen bitkiler içinse 4 mg/L 'nin üstü zararlıdır . Tablo 2.8. de bitkilerin bor minerallerine karşı dayanıklılıklarına göre sulama sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 2.8. :Bitkilerin Bor Mineraline Karşı Dayanaklıklarına Göre Sulama Sınıflandırılması (Etibank Monitör Master Plan Prosedürü,1992)

Sulama Suyu Sınıfı	* Duyarlı Bitkiler (mg/L)	** Orta Derecede Dayanıklı Bitkiler (mg/L)	*** Dayanıklı Bitkiler (mg/L)
1	< 0.33	< 0.67	< 1.0
2	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
3	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
4	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
5	> 1.25	>2.50	> 3.75

* Örnek : Ceviz, limon, incir, Elma, Üzüm ve Fasulye

** Örnek : Arpa, Buğday, Mısır, Yulaf, Zeytin ve Pamuk

*** Örnek : Şeker, Pancar, Yonca, Bakla, Soğan, Marul ve Havuç

Köklerle topraktan alınan bor bitkilerin dokularına zarar verebilecek yüksek konsantrasyona ulaştınca borun fazlası yapraklara taşınır ve buharlaşma sonucu yaprak kenarında birikir. Yapraklar kenardan ortaya doğru kıvrılır. Olgun yapraklarda yarılmalara, olgunlaşmamış yapraklarda döküm, büyümenin azlığı ve üründe verimin azalması gibi belirtiler gösterir.

Vişne, elma, üzüm, fındık ve ceviz gibi meyvalarla, fasulye, biber gibi sebzelerin bor konsantrasyonu yüksek; buğday ve öteki tahıl çeşitleri ve unda bor konsantrasyonu düşüktür. Et, süt ve yumurta gibi hayvansal ürünlerin bor düzeyleride oldukça düşüktür (Şaylı, 1997).

Bitkilere zararlı etkiyi verecek bor miktarı aynı zamanda toprak kalitesinden, drenaj kolaylığından ve iklimsel değişimlerden etkilenmektedir. Çok kuru iklimler ve hafif toprakta birikme olasılığı daha fazladır.

Bor, bitkileri geliştirmede kullanıldığı gibi, yabani ot kontrolünde ve toprak sterilizasyonunda, petrol rafinerileri ve kereste depoları gibi alanlarda bitkileri yok etmek içinde kullanılmaktadır.

Aynı zamanda bakteri gelişmesini durdurucu bir etkiye sahip olan borun organik bileşikleri akaryakıt depolarında ve boru hatlarında bakteri ve mantarların üremesine engel olmak içinde kullanılmaktadır.



3. ATIKSUDAN BOR GİDERİMİ



Borlu atıksular genelde bor madenleri ve tesislerinden kaynaklanmaktadır. Bunların yanı sıra termal sular ve nükleer güç üretim tesislerinde düşük konsantrasyonlu radyoaktif izotop içeren sular, arıtım tesislerinde biyolojik arıtmaya giden sularda belli miktarda bor içermektedir.

Atıksulardan bor giderimi çevre kirliliğinin önlenmesi, suların zirai amaçlı kullanılabilmesi, kimyasal proseslerde bor varlığının olumsuz etkilerinin giderilebilmesi maksadıyla yapılmaktadır.

Borlu atıksular, içermiş oldukları bor konsantrasyonuna bağlı olarak; iyon değiştiriciler kullanarak, kimyasal çöktürme, fiziksel adsorbsiyon, çözücü ekstraksiyonu, buharlaştırma-kristalizasyon gibi yöntemlerle giderilebilir (Rodinov *et.al.*, 1991; Pilipenko *et.al.*, 1990).

3.1. Kimyasal Reaktiflerle Çöktürme

Bu yöntem bor konsantrasyonu yüksek olan atıksulara uygulanmaktadır. Çöktürücü madde olarak alüminyum sülfat, kireç, bakır, mangan, kobalt ve magnezyum oksit gibi maddeler kullanılmaktadır (Rodinov *et.al.*, 1991; Kaverzin *et.al.*, 1973).

Kireç ile yapılan çöktürme işleminde, çöktürme şartlarına bağlı olarak çeşitli kalsiyum boratlar ($x\text{CaO} \cdot y\text{B}_2\text{O}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$) çöktürülebilir.

Çökelme işlemini pratikte şu şekilde ifade edebiliriz.



Optimum şartlar sıcaklık için 22-27 °C, pH için 11,4 ± 0,2 (Kaverzin *et.al.*; 1973) olarak belirtilmiştir. Ortam sıcaklığı, pH ve kireç kalitesi çöken kristalin türünü etkilemektedir (Gode, 1971; Tkachev and Pliyshesvky, 1981).

Magnezyum oksit ile yapılan çöktürme işleminde, bor mineralleri $x\text{B}_2\text{O}_3.y\text{MgO}.z\text{H}_2\text{O}$ halinde çökebilmektedir. 95 °C'de 2 saat karıştırma ile $\text{B}_2\text{O}_3:\text{MgO}$ oranı 1:4:5 mol olduğunda borun %90'ı kazanılarak atık çözeltinin bor içeriği % 0,26 B_2O_3 'e düşürülmektedir.

Borun arıtımı amacıyla yapılan bir çalışmada önce pH ≥ 11 'de Ca^{+2} ve Al^{+3} ile çöktürme işlemi yapılmış, süzme işleminin ardından, süzöntü buharlaştırılarak yeniden pH ≥ 11 'de Ca^{+2} ve Al^{+3} ile çöktürme işlemi sonucunda yüksek verimde arıtılmış su üretilmiştir (Yamada and Eto, 1995).

3.2. İyon Değiştirici Reçinelerle Bor Giderimi

İyon değiştirici reçineler atıksuda bor içeriğinin az (en fazla 2-3 g/L) olması durumunda kullanılır (Plyshevskiy, 1976). Bor en iyi kuvvetli bazik anyon değiştiricilerle alkali ortamda tutulur (Şahin, 1996). Ancak asit anyonların varlığı sorun yaratmaktadır (Lukhiyanova *et.al.*, 1983). Borun iyon değiştirici tarafından tutulma derecesi reçinenin bazitesine, iyonların yapısına ve suyun pH değerine bağlıdır (Materova and Rojenskaya, 1961). pH arttıkça toplam anyon miktarı artmaktadır pH = 2 ye kadar bor tutulması artmaktadır. Optimum pH 7,5-9 arasındadır.

Borun iyon değiştirici reçinelerle giderilmesi konusunda pek çok çalışma vardır.

Maden sularında bulunan borun giderimi için kompleks yapıcı reçineler olan AH-11 ve AH&-11m reçineleri kullanılır (Galitskaya *et.al.*, 1983b; Klimov *et.al.*, 1983). Bu reçinelerin optimum çalışma pH'ı 7 dir. Bu reçinelerle HCl ile kolayca rejenere edilebilirler (Materova and Vesti, 1965).

Rohm ve Haas Co. Tarafından geliştirilen bor-spesifik iyon değiştirici reçine, Amberlite XE-243, boratlar ve borik asit için yüksek seçiciliğe sahiptir. Endüstriyel ölçekte pek çok kullanım alanı bulmuştur (Kunin, 1973; Tanabe *et.al.*, 1996).

3.3 Organik Çözücülerle Ekstraksiyon

Bu yöntemde çok etkin bir bor giderimi sağlanmaktadır. Çözücü seçimi önemlidir (Tkachev and Pliyshevskiy, 1983). OH⁻ grubu içeren organik bileşiklerin, borik asitle kolay ester ve kompleksler verdiği için uygun olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemin avantajı, hızlı olmaları ve kesiksiz çalışmaları yanında yüksek ürün saflığıdır. Dezavantajları ise organiklerin kısmen de olsa suda çözünbilmeleri, çevre kirliliği oluşturmaları ve pahalı olmasıdır (Tkachev and Pliyshevskiy, 1983; Galitskaya *et.al.*, 1983a).

3.4. Termal Yöntemlerle Bor Giderimi

Termal yöntemlerle bor giderimi genelde 10 g/L H₃BO₃, içeren sular için uygulanır. Bu yöntemde bor giderimi atıksuların kısmen buharlaştırılması ve daha sonra aşı kristali verilip, soğutularak borik asidin kristalizasyonuna dayanır.

3.5. Ters Osmoz ve Elektrokimyasal Yöntemlerle Bor Giderimi

Ters osmoz işlemiyle ancak küçük oranlar da (% 10 oranında) bor giderilebilir. Bu yöntemler çok temiz atıksu veya çok temiz bor bileşiği istendiği durumlarda uygulanmaktadır.

Nükleer santrallerin atıksularındaki borik asidin ayrılması için bir ters osmoz sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemlerde sıcaklık 20-25°C, pH 5-6,5'tur (Trenovich and Lobanov, 1970).

Ayrıca nükleer reaktörlerden ve endüstri atıksularından borik asiti uzaklaştırmak ve yoğunlaştırmak için elektrodializ yönteminde uygulanmaktadır (Kucheruk *et.al.*, 1984). Ters osmoz yönteminin uygulanabilmesi için suyun tuz içeriğinin en fazla 0,7 mg/L olması gerekmektedir (Kolodin *et.al.*, 1988).

3.6. Anorganik Sorbentlerle Tutma

Bazı metal hidroksitleri sulu çözeltilerden bor iyonunu tutabilme özelliğine sahiptir. Böylece metallerin boratları oluşmaktadır. Bu uygulamada sorbentin doyma süresi ve rejenerasyon sırasında açığa çıkan çözeltinin konsantrasyonu önemlidir.

Bu yöntemde sorbent olarak $Zn(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, $Sn(OH)_4$, $Mn(OH)_4$, $Mg(OH)_2$ gibi metal hidroksitler kullanılmaktadır (Volkin *et.al.*, 1983; Khodjamamedov and İsmailov, 1980).

Bor madeni işletmeleri atıksularından borun adsorbsiyonla giderilmesi için yapılan bir çalışmada aktif kömür, kaolin, bentonit, alümina ve lüle taşı gibi malzemeler kullanılmıştır (Balkı ve Pekin, 1983).

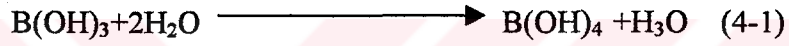
Yapılan çalışmalarda en etkin sorbent olarak $Zr(OH)_4$ ve $Al(OH)_3$ tespit edilmiştir. Ancak bu sorbentlerin dayanıklılıkları azdır. Ve ayrıca bu sorbentler asidik veya nötr ortamda kimyasal olarak inert değildir (Pliyshevskiy *et.al.*, 1984).

4. MATERYAL ve METOT

4.1. Materyal

Bor, sulu çözeltilerde borik asit ve borat iyonları halinde bulunur. Borik asit altı köşeli, parlak, beyaz kristaller şeklindedir. Özgül ağırlığı 1.572 gr/cm^3 , ergime noktası normal şartlarda $170.9 \text{ }^\circ\text{C}$ dir. Suda çözünür ve çözünürlik sıcaklıkla birlikte artar. Borik asit, kaynar suda çözünür ve soğutulduğunda kolaylıkla kristalize olur ve üretimde bu özelliğinden yararlanılmaktadır. Buharla birlikte uçuculuk özelliği vardır.

Borik asit sulu çözeltide çok zayıf bir asittir. İyonizasyonu



şeklinde yazılabilir. İyonizasyon sabite değeri $25 \text{ }^\circ\text{C}$ de $5,84 \cdot 10^{-10}$ dur. İyonizasyon sabitesi sıcaklıkla doğru orantılı olarak biraz değişebilir. ($0 \text{ }^\circ\text{C}$ de $\text{pK}=9,508$ ve $60 \text{ }^\circ\text{C}$ de $\text{pK}= 9,031$)

Deneylerde 1000 mL saf suya $14,30 \text{ g}$ borik asit karıştırmak suretiyle oluşturulmuş 2500 mg/L bor ihtiva eden su numunesi kullanılmıştır.

4.1.1.Kullanılan (Koagülanlar) Kimyasal Çöktürücü Maddeler

Koagülasyon işleminde piyasadan temin edilen koagülanlar kullanılmıştır.

Bunlar;

- Al_2O_3
- Kireç, Ca(OH)_2

4.1.2. Kullanılan Cihazlar

Deneylerde Varian Spectraa A-300 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi kullanılarak bor analizleri yapılmıştır.

pH ölçümleri Orion Model 720A pH metre kullanılarak, tartımlar ise Leco-250 hassas tartım cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

4.1.3. Deşarj Standartları

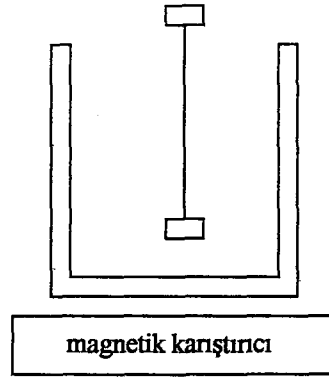
4 Eylül 1998’de yürürlüğe giren “ Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)” denize deşarjda bor konsantrasyonuna belirli sınırlar koymaktadır. Bu değer 500 mg/L bor değerindedir.

4.1.4. Deneysel Sistem

Literatür ve teorik bilgilerin ışığında bor, sülfat ve arsenik kirliliklerinin bir arada olduğu durumlarda uygun koagülasyon-çöktürme maddeleri kalsiyum (CaO , CaCl_2 , Ca(OH)_2), baryum (BaCl_2 , Ba(OH)_2), veya alüminyum (Al_2O_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) bileşikler olabilir. Bu maddelerle tek kademede tek madde (Ca(OH)_2 vb.) veya ikisi birlikte (Ca(OH)_2 ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ vb.) çöktürme yapılabileceği gibi birden çok kademede de çöktürme yapılabilir.

Bu tezde denenmiş olan tek kademede tek madde kullanılarak yapılan çöktürme deneylerinde 2500 mg/L bor içeren sentetik numune kullanılmıştır.

Çöktürme deneyleri bir manyetik karıştırıcı ile karıştırılan 500 mL’lik cam beherlerde 100 mL atıksu kullanılarak yapılmış, deney süresince sıcaklık ve pH izlenmiştir. Belirli aralıklarla alınan örneklerde katı ve sıvı faz süzgeç kağıdından süzülerek ayrılmış ve gerekli bor analizleri yapılmıştır. Şekil.4.1’de deney düzeneği verilmiştir.



Şekil 4.1: Deney Düzenegi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Kireçle Yapılan Çalışmalar

Yapılan çalışmalarda kireç koagülant maddelerden biri olarak kullanılmıştır. Kirecin numuneye beslenmesi iki şekilde olabilir.

- 1- Çözelti halinde
- 2- Toz halinde

Çözelti şeklindeki besleme için öncelikle kirecin çözünürlüğü ve pH ilişkisi belirlendi.

Sıcaklığı 20,4 °C ve pH= 7,03 olan çeşme suyundan 1000 mL alınarak, içerisine kireç ilave edildi.

İlave edilen kireç miktarına göre pH ın değişimi şöyle bulundu.

Çizelge 5.1. Kireç Miktarına Bağlı Olarak pH Değişimi

İlave edilen kireç miktarı (g)	pH
0,1	8,33
0,2	9,11
0,3	9,90
0,4	10,62
0,5	10,72
0,6	10,87
0,7	11,01
0,8	11,11
0,9	11,22
1,0	11,42
1,5	11,61
2,0	11,71

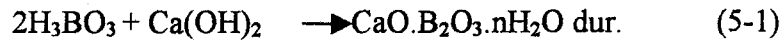
Elde edilen kireç çözeltisini, pH'ı 6,63 olan atıksudan alınan 100 mL numuneye ilave ederek, karışımın pH'ı 10,5'e getirilmeye çalışıldı.

50 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı = 7,89
100 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı = 8,19
150 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 8,48
200 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 8,66
250 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 8,90
300 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 8,97
400 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 9,12
500 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 9,25
700 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 9,50
800 mL	pH= 11,71 olan çözelti ilavesi ile karışımın	pH sı= 9,88

Yani 100 mL numunenin pH'ını 10'a çekmek için 800 mL den fazla kireç çözeltisi harcanmıştır. Bu hacmin fazlalığı çözelti halinde kirecin koagülant amacıyla kullanımının uygun olmadığını göstermiştir.

5.2. Kalsiyum Bileşikleriyle Çöktürme

Literatürden bulunan çalışmalar incelendiğinde, atıksuya kalsiyumlu bir bileşik eklendiğinde, çözelti konsantrasyonu, sıcaklığı, pH ve diğer iyonların varlığına bağlı olarak kirlilik yaratan anyonlarla çökelti oluşturabilecek reaksiyon pratikte şöyledir.



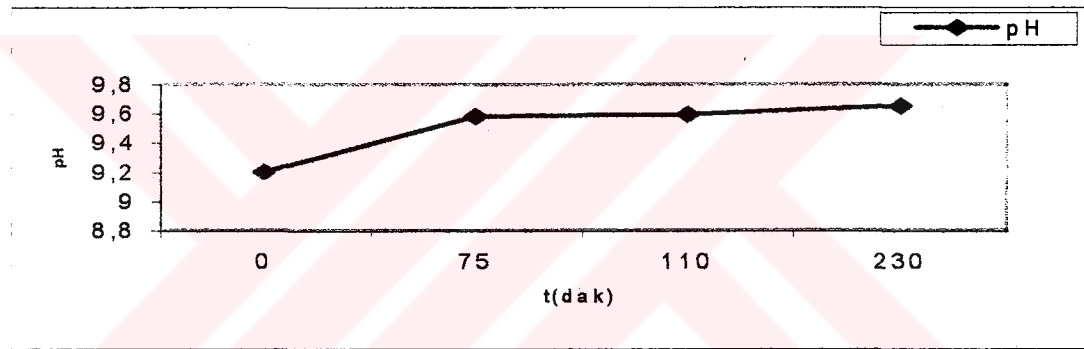
Bu teorik bilginin ışığında Ca/B molar oranının 0,50 olduğu görülmüştür. Bu amaçla bu oran çerçevesinde değişik Ca/B oranlarına göre bor artımı denenmiştir. Atık su bor içeriğine göre beslenecek $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarı $(\text{Ca/B})_{\text{mol}} = 0,25, 0,31, 0,33, 0,34, 0,38, 0,45$ için denenmiştir.

Atık su pH'ının çöktürme maddesiyle ayarlanması daha ekonomik ve işletilmesi kolay bir proses vereceğinden ve ilave katyon eklememek için sönmüş kireç ilavesi ile çöktürme denenmiştir.

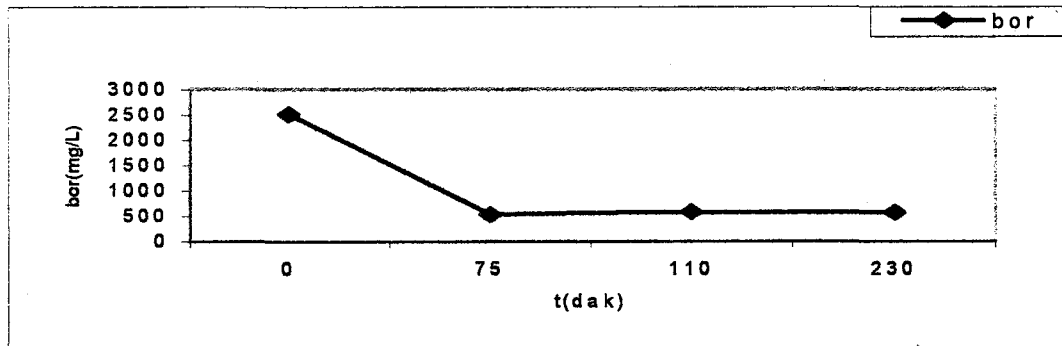
1. deneyde 100 mL 2500 mg/L bor içeren pH=7,95, T= 18,0 °C olan su numunesine Ca/B= 0,34 iken 0,57g % 53 lük kireç ilavesi yapıldı. pH ve bor konsantrasyonunda ki değişim gözlemlendi.

Çizelge 5.2. Ca/B=0,34, Co= 2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,57 g Ca(OH)₂/100 mL Koagülant Dozajı Sonucunda T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim

t(dak)	T(°C)	pH	B(mg/L)
0	20,40	9,20	2500
75	21,85	9,58	527,48
110	22,20	9,59	575,38
230	22,27	9,65	569,49



Şekil 5.1. % 53 lük 0,57 gCa(OH)₂/100 mL Dozajı Sonucunda Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,34, pH=7,95, T=18,0°C, Co=2500 mg B/L)

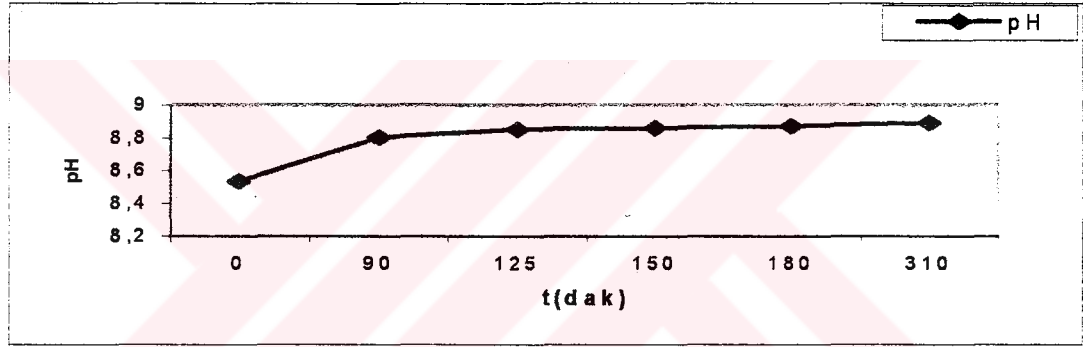


Şekil 5.2: % 53 lük 0,57 gCa(OH)₂/100 mL Dozajı Sonucunda Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonunu Değişimi (Ca/B=0,34, pH=7,95, T=18,0°C, Co=2500 mgB/L)

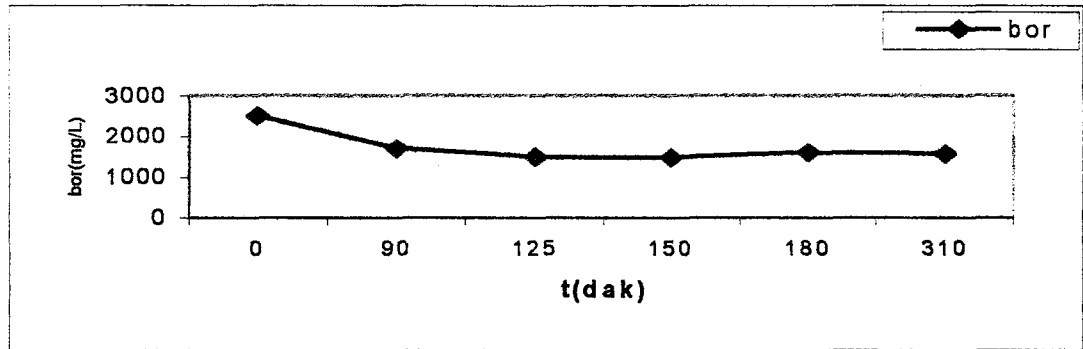
2. deneyde yine $\text{pH} = 7.81$ $T = 20.00^\circ\text{C}$ olan 2500 mg/L bor ihtiva eden su numunesine $\text{Ca/B} = 0,25$ iken $0,43 \text{ g } \%53$ 'lük kireç ilavesi yapıldı. pH ve bor miktarındaki değişim gözlemlendi.

Çizelge 5.3. $\text{Ca/B} = 0,25$, $C_0 = 2500 \text{ mg/L}$ Olan Su Numunesine $0,43 \text{ g Ca(OH)}_2/100 \text{ mL}$ Dozajı Sonucu $T(^{\circ}\text{C})$, pH ve $B(\text{mg/L})$ Miktarındaki Değişim

t(dak)	T($^{\circ}\text{C}$)	pH	B(mg/L)
0	21,77	8,53	2500
90	22,58	8,80	1685,31
125	22,14	8,85	1486,06
150	22,00	8,86	1470,35
180	21,87	8,87	1592,06
310	18,84	8,89	1573,41



Şekil 5.3. $\% 53$ lük $0,43 \text{ gCa(OH)}_2/100\text{mL}$ Dozajı Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bağlı Olarak pH Değişimi ($\text{Ca/B} = 0,25$, $\text{pH} = 7,81$, $T = 20,00^\circ\text{C}$, $C_0 = 2500 \text{ mg B/L}$)

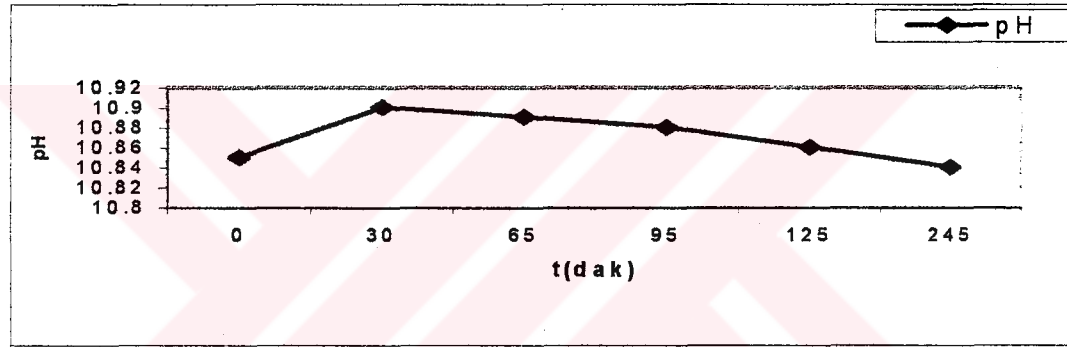


Şekil 5.4. $\% 53$ lük $0,43 \text{ gCa(OH)}_2/100\text{mL}$ İlavesiyle Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi ($\text{Ca/B} = 0,25$, $\text{pH} = 7,81$, $T = 20,00^\circ\text{C}$, $C_0 = 2500 \text{ mg B/L}$)

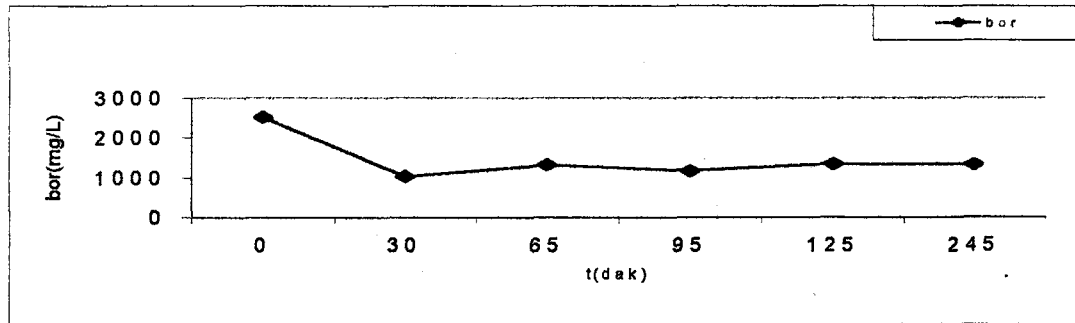
3.deneyde pH=7,83 T =15,46°C iken 2500 mg/L bor içeren su numunesine Ca/B=0,45 iken 0,78 g %53 lük kireç ilavesi yapıldı.

Çizelge 5.4. Ca/B=0,45, Co= 2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,78 g Ca(OH)₂/100 mL İlavesi Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim

t(dak)	T(°C)	pH	B(mg/L)
0	17,34	10,85	2500
30	17,33	10,90	1016,88
65	17,60	10,89	1309,38
95	17,85	10,88	1151,35
125	18,14	10,86	1329,99
245	18,86	10,84	1314,29



Şekil 5.5. % 53 lük 0,78 g Ca(OH)₂/100 mL İlavesiyle Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,45, pH=7,83, T=15,46°C, C_o=2500 mg B/L)

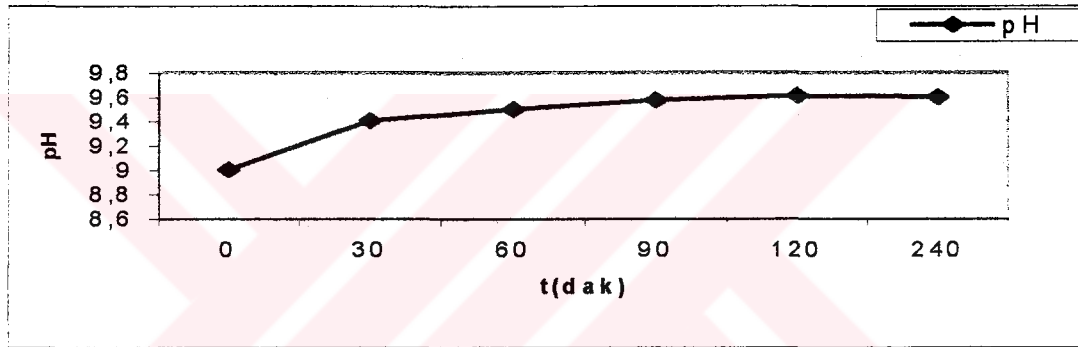


Şekil 5.6. % 53 lük 0,78 gCa(OH)₂/100 mL İlavesiyle Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi (Ca/B=0,45, pH=7,83, T=15,46°C, C_o=2500 mg B/L)

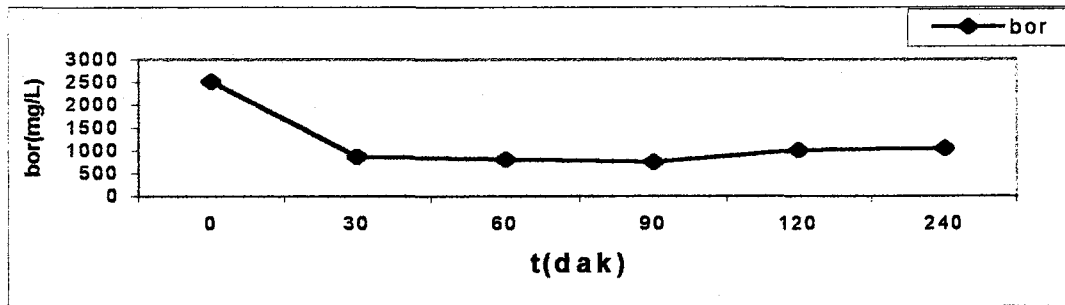
4. deneyde pH=7,84 iken $T=17,41^{\circ}\text{C}$, 2500 mgB/L ihtiva eden su numunesinin $\text{Ca/B}=0,33$ iken 0,57 gr % 53'lük kireç ilavesi yapıldı.

Çizelge 5.5. $\text{Ca/B}=0,33$, $\text{Co}=2500$ mg B/L Olan Su Numunesine 0,57 g $\text{Ca(OH)}_2/100$ mL Kireç Dozajı Sonucu $T(^{\circ}\text{C})$, pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim

t(dak)	$T(^{\circ}\text{C})$	pH	B(mg/L)
0	18,75	9,00	2500
30	19,43	9,40	853,94
60	20,20	9,50	796,95
90	20,90	9,57	746,03
120	21,47	9,61	991,36
240	21,48	9,60	1041,42



Şekil 5.7. % 53 lük 0,57 g $\text{Ca(OH)}_2/100$ mL Kireç Dozajı Sonucu Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi ($\text{Ca/B}=0,33$, $\text{pH}=7,84$, $T=17,41^{\circ}\text{C}$, $\text{Co}=2500$ mg B/L)

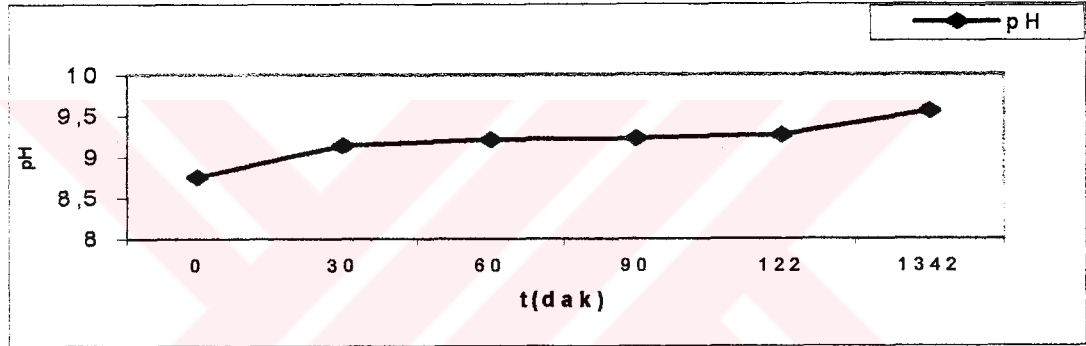


Şekil 5.8. % 53 lük 0,57 g $\text{Ca(OH)}_2/100$ mL Kireç Dozajı Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi ($\text{Ca/B}=0,33$, $\text{pH}=7,84$, $T=17,41^{\circ}\text{C}$, $\text{Co}=2500$ mg B/L)

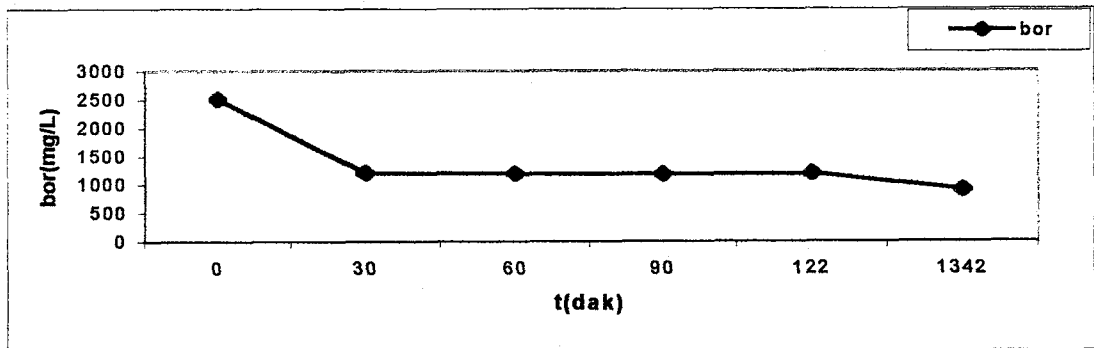
5. deneyde pH= 7,85, T= 17,50°C iken 2500 mg/L bor içeren su numunesine Ca/B=0,38 iken 0,66 g % 53 lük kireç ilavesi yapıldı.

Çizelge 5.6: Ca/B=0,38, Co= 2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,66gCa(OH)₂/100 mL Kireç Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim

t(dak)	T(°C)	pH	B(mg/l)
0	18,49	8,74	2500
30	18,90	9,13	1203,37
60	19,45	9,20	1189,63
90	20,01	9,22	1170,00
122	20,63	9,26	1185,70
1342	23,00	9,55	905,96



Şekil 5.9. % 53 lük 0,66 gCa(OH)₂/100 mL Kireç Dozajıyla Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Ca/B=0,38, pH=7,85, T=17,50 °C, C₀=2500 mg B/L)

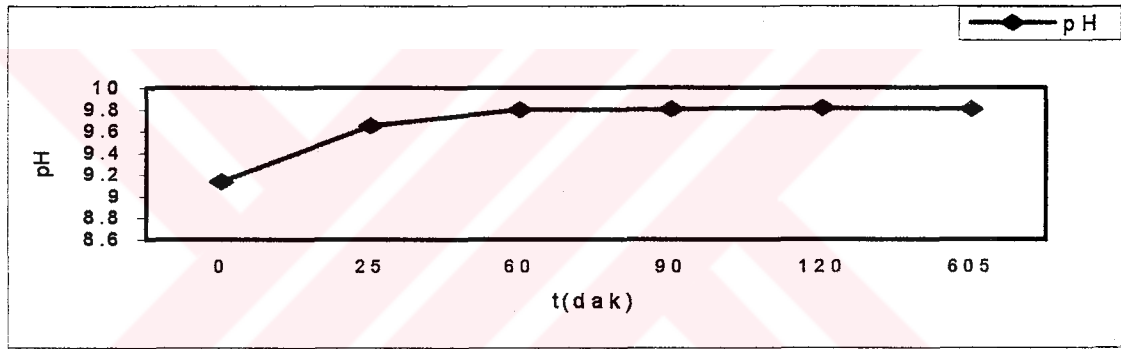


Şekil 5.10. % 53 lük 0,66 gCa(OH)₂/100 mL Kireç Dozajıyla Süreye Bağlı Olarak Bor Konsantrasyonu Değişimi (Ca/B=0,38, pH=7,85, T=17,50°C, C₀=2500 mg B/L)

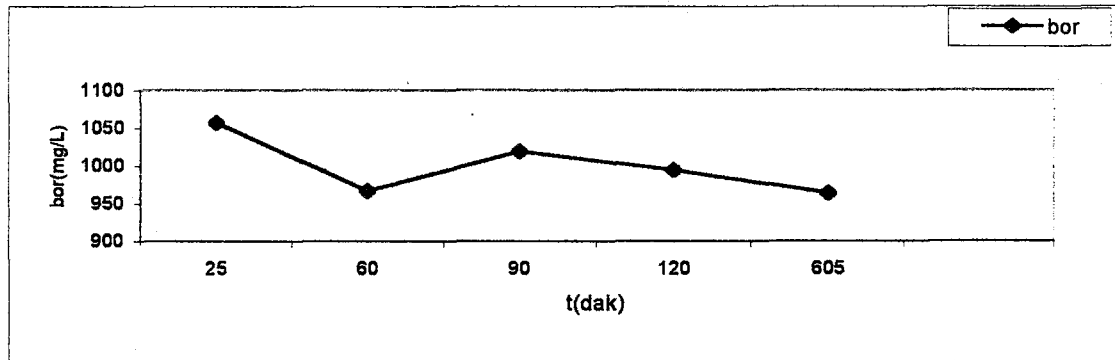
6. deneyde $\text{pH} = 7,90$, $T = 16,00^\circ\text{C}$ iken 2500 mg/L bor içeren su numunesine $\text{Ca/B} = 0,31$ iken $0,54 \text{ gr \%53'lük}$ kireç ilavesi yapıldı.

Çizelge 5.7. $\text{Ca/B} = 0,31$, $\text{Co} = 2500 \text{ mg B/L}$ Olan Su Numunesine $0,66 \text{ g Ca(OH)}_2/100 \text{ mL}$ Kireç Dozajı Sonucu $T(^{\circ}\text{C})$, pH ve B(mg/L) Miktarındaki Değişim

t(dak)	T($^{\circ}\text{C}$)	pH	B(mg/L)
0	17,34	9,13	2500
25	17,51	9,64	1056,14
60	17,85	9,79	965,84
90	18,12	9,80	1017,86
120	18,49	9,81	993,32
605	19,41	9,80	962,89



Şekil 5.11. $\% 53$ lük $0,54 \text{ gCa(OH)}_2/100 \text{ mL}$ Kireç Dozajı Sonucunda Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi ($\text{Ca/B} = 0,31$, $\text{pH} = 7,90$, $T = 16,00^\circ\text{C}$, $\text{Co} = 2500 \text{ mg B/L}$)



Şekil 5.12. $\% 53$ lük $0,54 \text{ gCa(OH)}_2/100 \text{ mL}$ Kireç Dozajı Sonucunda Bor Konsantrasyonu Değişimi ($\text{Ca/B} = 0,31$, $\text{pH} = 7,90$, $T = 16,00^\circ\text{C}$, $\text{Co} = 2500 \text{ mg B/L}$)

5.3. Al₂O₃ ile Yapılan Çöktürme Deneyi

Literatürlerde yapılan araştırmalarda aluminyum oksitin arıtımda etkili olduğu belirlenmiş bu amaçla yapılan çalışmalarda Al₂O₃'ün bor giderimine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 0,25 g, 0,50 g, 0,75 g Al₂O₃ ilavesinin 100 mL su numunesinde bor giderimine olan etkisi incelenmiştir.

1. deneyde 100 mL 2500 mg/l bor içeren pH=7,88, T=19,33°C olan su numunesine 0,25 g Al₂O₃ ilavesi yapılarak T(°C), pH ve B(mg/L) konsantrasyonunda ki değişim gözlemlendi.

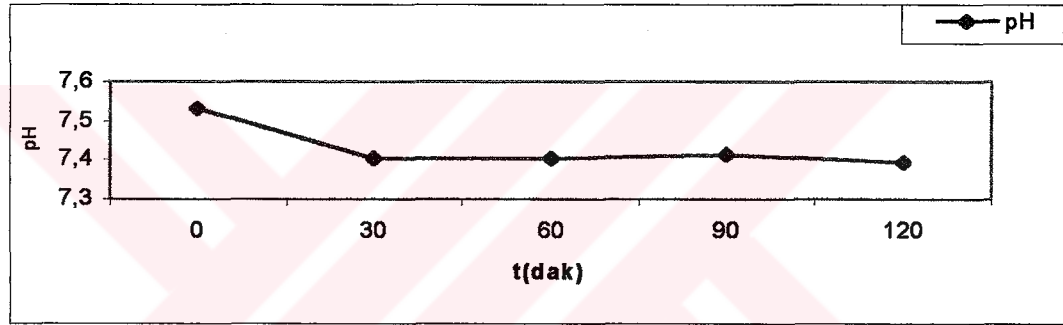
Çizelge 5.8. 100 mL Co=2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,25 g Al₂O₃ /100 mL Koagülant Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Konsantrasyonu Değişimi

t(dak)	T(°C)	pH	B(mg/L)
0	20,39	7,77	2500
60	22,62	7,58	1146,44

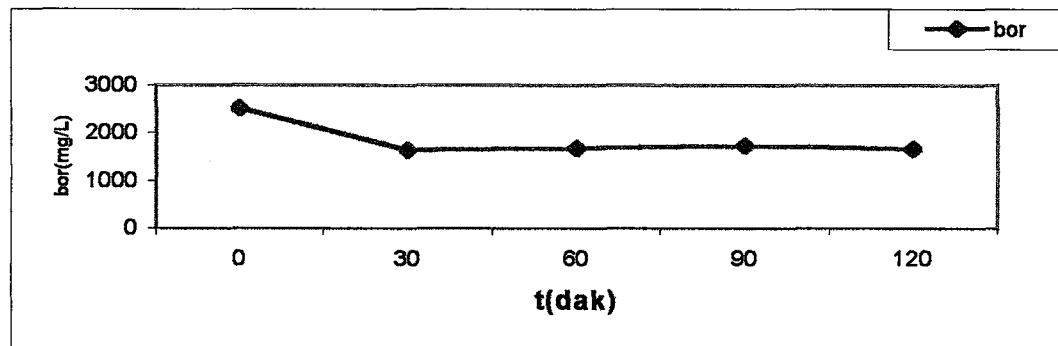
2. deneyde 100 mL 2500 mg B/L içeren pH= 7,87, T =19,21°C olan su numunesine 0,50 g Al₂O₃ ilavesi yapılarak pH ve bor konsantrasyonunda ki değişim gözlemlendi.

Çizelge 5.9. 100 mL Co=2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,50 gr Al₂O₃ /100 mL Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/l) Konsantrasyonu Değişimi

t(dak)	T(°C)	pH	B(mg/L)
0	20,9	7,53	2500
30	20,93	7,4	1628,38
60	22,15	7,4	1666,66
90	22,84	7,41	1723,59
120	23,58	7,39	1658,81



Şekil 5.15. 0,50 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak pH Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mg B/L)

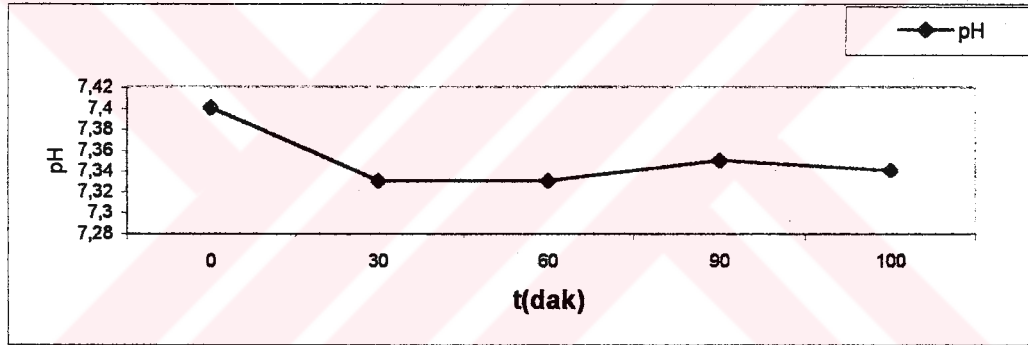


Şekil 5.16. 0,50 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor (mg B/L) Konsantrasyonu Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mg B/L)

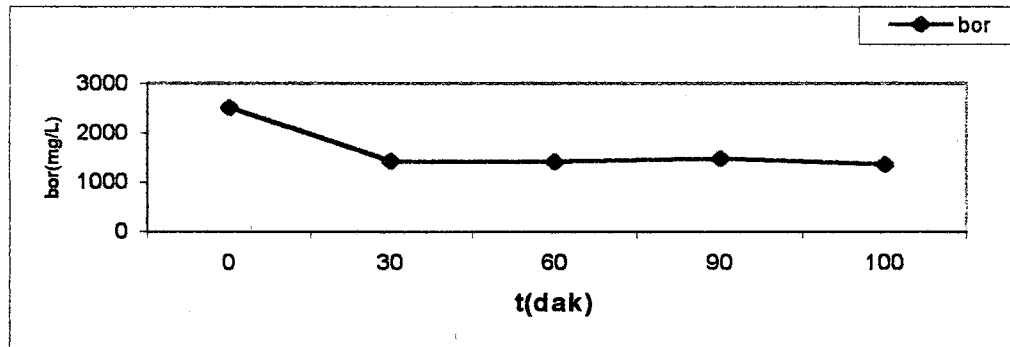
3.deneyde 100 mL 2500 mg/L bor içeren pH=7,87, T=19,11°C olan su numunesine 0,75 g Al₂O₃ ilavesi yapılarak pH ve bor miktarındaki değişim gözlemlendi.

Çizelge 5.10. 100 mL Co=2500 mg B/L Olan Su Numunesine 0,75 g Al₂O₃/100 mL Koagülant Dozajı Sonucu T(°C), pH ve B(mg/L) Konsantrasyonu Değişimi

t(dak)	T(°C)	pH	B(mg/L)
0	20,11	7,4	2500
30	19,97	7,33	1416,37
60	19,5	7,33	1396,74
90	21,04	7,35	1462,5
100	21,45	7,34	1350,68



Şekil 5.15. 0,75 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor (mg/L) Konsantrasyonu Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mgB/L)



Şekil 5.16. 0,75 g Al₂O₃ İlavesi Sonucu Süreye Bağlı Olarak Bor (mg/L) Konsantrasyonu Değişimi (Başlangıç pH:7,87, T(°C): 19,21°C, Co=2500 mg B/L)

6. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER

Su temininde ve atıkların uzaklaştırılmasında gün geçtikçe artarak karşılaşılan sorunlar bilinmektedir. Bir çok alanda olduğu gibi bor teknolojisinde de atık problemi halen devam etmektedir. Bor fabrikalarından çıkan atıkların belli konsantrasyonları aşması halinde çevreye olumsuz etkileri olacağı muhakkaktır. Bu çalışma bu sorunlar dikkate alınarak gerçekleştirilerek 2500 mg/L bor içeren su numunesine sönmüş kireç (Ca(OH)_2) ve Al_2O_3 eklenmesiyle Ph ve sıcaklıkta süreye bağlı olarak meydana gelen değişimler gözlenmiştir. Deney sonuçlarından anlaşılabileceği gibi reaksiyon 1 saat içinde hemen hemen tamamlanmaktadır.

Suyun pH'ının çöktürme maddesiyle ayarlanması daha ekonomik ve işletilmesi kolay bir proses vereceğinden ve ilave kation eklememek için sönmüş kireç ile çöktürme denenmiştir. Deneylerde koagülant olarak toz kireç kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda çözelti halinde kireç kullanımının çok fazla hacim gerektirdiğinden uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Yapılan tek maddeyle tek kademede çöktürme deneyleri sonucunda grafiklerden de görüleceği üzere tüm çöktürmeler ilk 1 saat içinde tamamlanmaktadır. Ca(OH)_2 kullanımında Al_2O_3 'e göre daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. $\text{Ca/B} = 0,34$ olarak alındığı $\text{pH} = 7,95$, $T = 18,0^\circ\text{C}$ olan su numunesinde bor konsantrasyonunda en iyi arıtımın sağlandığı gözlenmiştir. Ancak hiç birinde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlere inilememiştir. Deneylerde 1 saatten daha uzun bekleme sürelerinin bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Bu sebepten dolayı kireçle beraber ikinci bir koagülant kullanılarak iki kademeli veya daha fazla kademeli çöktürme kademelerinin denenmesi veya tek kademe çöktürme işleminden sonra bor içeriğinin az olması durumunda kullanılması düşünülen iyon değiştirici reçineyle arıtım işleminin denenmesinin daha olumlu sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Balkı N., Pekin B., Simav Çayı'nın Bor Kirliliği Yönünden İncelenmesi ve Kirliliğe Neden Olan Atıksuların Adsorpsiyon ile Arıtılma Yöntemlerinin Araştırılması, Çevre'83, II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu, İzmir, 1983
2. Barker, J.M., Lefond, S., Borates- Economic Geology and Production, SME-AIME Symposium, Oct. 1984
3. Bayrak D., Bozbeyoğlu F., Çağlan D., Cengiz İ., Çelebi A., "Özelleştirmenin Odağındaki Bor" Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını 59, 2001
4. Beattie, J.H. and H.S. Peace The influence of a low-boron diet and boron supplementation on bone, major mineral and sex steroid metabolism in post menapausal women. Brit. J. Nutr 69: 871-884. 1993
5. Etibank Çevre Monitör Master Planı, Gebze- Kocaeli. Marmara Araştırma Merkezi, Temmuz 1992
6. EPA, Quality Criteria for Water, U.S.EPA, Washington D.C., 440/5-86/001, May 1986
7. Galitskaya N.B., Ponomareva A.K., Zernov. A. I., Iyonobmenniy Materialiy, 84, 1983a.
8. Galitskaya N.B., Samsonov I.G. Shilin I.K., Iyonoobmenniy Materialiy, 84, 1983b.
9. Greenwood, N.N.; Earnshaw, A.: Chemistry of the Elements, Dept. Of Inorganic and Structural Chem. Of Leed, O.K., 1984
10. Gode G.K., Sinteziy boratov, Riya, Zinante, 1, 58, 1971

11. Göncü, N; 1982, " Dünya ve Türkiye'de Metal ve Mineral Kaynakların Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelişmeler-10. Bor Mineralleri", M.T.A. Enst. Yayınları, No: 187, Ankara, 1982
12. Helvacı, C., Geological Setting and Mineralogy of Emet Borate Deposits Turkey, Applied Earth Science, Vol.85, pp 142-152, 1976
13. Kaverzin E.K., Plyshevskiy Y.S., Futoryanskıy A.Y., IV. Oblastnaya Nauchnotekhnicheskaya konf. Po khimii i Khimicheskoy Technologii, perm, 1,47,1973
14. Kemp, P.H., "The Chemistry of Boraks", Part 1, Borax Consalidated limited, S.W.I. London, 1956
15. Khodjamamedov A.M., Ismailov K.I., Izv. AN. TSSR, Ser. Phys-Techn. Khimii i Geolog. Nauk, No:3, 77, 1980
16. Klimov I.G., Aleekseev I.V., Tomskıy B.V., Tr. In-ta NIITEHIM, 45, 1983.
17. Kolodin M.V., Sanin M.V., Elpiner L.I. Rahmanin Y.A., Vremenniye Rekomendatsiyi po Ispolzovaniyv opresnenoy vodi y V Selskom Khozaystve, Ashkhabad, Ilim, 52, 1988.
18. Kucheruk D.D., Voystekhovskiy R.V., Badekha V.P., Tsapyuk E.A., Sovremenniye Visokoefektivniye Methodi Ochistkh i Vodiy, Moskva, Znaniye, 42-46, 1984.
19. Kunin R., A Macroreticular Boron-Specific Ion Exchange Resin, Advances Chemistry Soica, 123, 139-143, 1973.
20. Lukhiyanova N.L., Balavadze E.M., Bochkova L.P. et.al., Iyonobmeniye Materialiy Moskva, NIITEKHIM, 102-109, 1983.

21. Mastromatte, E. and F. Sullivan. Summary: International symposium on the health effects of boron and its compounds. Environ. Health Perspect. 102 (suppl. 7). 139-141, 1994
22. Materova E.A., Rojenskaya T.I. Journ. Neorg-Khimii, 6(1), 177-181, 1961
23. Materova E.A., Vesti L.G.U. Ser. Phis-khim., 4(22), 365, 1965
24. Mc Kee, J.E. and Wolf, H.W., " Water Quality Criteria" , California State Water Resources Control Board, USA, 1963.
25. Moseman, R.F. Chemical disposition of boron in animals and humans. Environ. Health Perspect. 102(Suppl. 7):113-118, 1984
26. Newnham, R.E. Essentiality of boron for healthy bones and joints Environ. Health Perspect. 102 (Suppl. 7) : 83-85, 1994
27. Özpeker, I. : Bor İhtisas Komisyonu- kişisel rapor İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul 1985
28. Pılıpenko A.T., Grebenyuk V.D., melnik L.A., Tabii ve Atıksularda Bor Bileşiklerinin Arıtılması, Khimiia Tekhnologiya Vody, 12(3), 1990
29. Plyshevskiy Y.S., Tez. Dokl. Nauchno-teknicheskoy Konf., Dalnegorsk, 116, 1976
30. Plyshevskiy Y.S., Petrov B.A., Balan Z.V., Izsledovaniye i Razrobatka Malootkhodnikh Proizvodstv Mineralnikh Soley, Sverdlovsk, UNIKHIM, 33-35, 1984
31. Rodionov I., Voytova O.M., Romanov N.Y., Borlu Atıksuların Arıtılmasında Güncel Problemleri Uspekhi Khimii, 2448-2462, 1991

30. Roskill ; "The Economics of Boron", Roskill Information Services Ltd. 2, Clapham Road, London, England, 1999
32. Sisk, D.B., B.M. Colvin and A. Merrill Experimental Acute Inorganic boron Toxicosis in the goat: Effects on Serum Chemistry and CFS Biogenic Amines. Vet. Hum Toxicol. 32(3): 205-211;1990
33. Şahin S., Mathematical Model of Boron Adsorption by Ion Exchange, ACH Models In Chemistry, 133(1-2), 143-150, 1996.
34. Şaylı B.S., Bor Minerallerinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri: " Yiyecek ve İçeceklerle Alınan Borun Sağlığa Etkilerinin Araştırılması", 1997.
35. Tanabe M., Kaneko, S., Shindo, I., Method of Manufacturing Pure Water or Ultrapure Water and Apparatus for Manufacturing the Same, WO Pat. No. 96/03350, 1996
36. Taneri, A. Etibank Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü, Etibank Bülteni Ocak 1984
37. Taneri, A., "Bor Bileşiklerine Kısa Bir Bakış", Etibank Bandırma Boraks , Asitborik ve Sülfürik Asit Fabrikaları, Etibank Yayını, Ankara, 1971
38. Tkachev K.V., Plyshevskiy Y.S., Khimiya Kislorodnikh Soyedineniy Bora, Riga, 141-142, 1981
39. Tkachev K.V., Plyshevskiy Y.S., Tekhnologiya Neorganicheskikh Soedineniy Bora, Leningrad, Khimiya, 208, 1983
40. Trenovich A.L., Lobanov I.K., Journal Prikl. Khimii, 15(1), 38, 1970
41. Underwood, E.J. Trace Elements in Human and Animal Nutrition 3 rd ed. Academic Press, New York, 1971

42. Wilcox, L.V., Water Quality from the standpoint of Irrigation, Journal AWWA, Vol: 509 S, s 651, May, 1958.

43. WHO, "Environmental Health Criteria 204 Boron", IPCS, US Environmental Protection Agency, USA, 1998

44. Woods, W.G. An introduction to boron: History, sources, uses and chemistry. Environ. Health Perspect. 102(Suppl.7): 5-12, 1994

45. Volkin V.V., Neneshev A.I., Kozinsev A.G., Journal Prikl. Khimii, No:4, 767, 1983

46. Yamada R., Eto Y., Treatment of Water Containing Boron with Calcium Ion and Aluminum Ion., Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 07323292 A2, 1995 (C.A.: 124:184696).

ÖZGEÇMİŞ



1976 yılında Sivas'ta doğan Mehtap Cantürk, ilk, orta, lise tahsilini Sivas'ta tamamladı. 1994 yılında başladığı Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 1998 yılında mezun oldu. 1999-2000 eğitim döneminde Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü İngilizce Hazırlık Sınıfına devam etti. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Ağustos 2000 yılında göreve başladığı Eti Holding A.Ş. Genel Müdürlüğünde halen Çevre Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir.

