

BOR VE BOR TUZLARI

"Tarihin akşına bakılacak olursa, ilkel insanların uğraşlarından ilki Endüstriyel Hammaddeler üzerine olmuştur. Eline aldığı bir taşı yontmuş, cilalamış ve bir alet olarak kullanmıştır. Bugün ise Endüstriyel Hammaddelerin önemi daha da anlaşılmiş olup, dün taş diye değer verilmeyen birçok kayaç ve mineral, metalik olmayan madenler sınıfında yerini almıştır. Bunlardan birtanesidir Bor Tuzları"

Elif Günen
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
egunen@eng.ankara.edu.tr

Borat minerallerinin dünyadaki tarihçesi 13. yüzyılda, Marco Polo zamanında cevherin Tibet'ten Avrupa'ya getirilmesiyle başlar. O devrilerde borun tıp alanında ve değerli metallerde kaynak olarak kullanılması, yeni yatakların bulunmasını zorunlu kılmıştır. 18. yüzyıl başlarında ilk işletme İtalya'da gerçekleşmiştir. 1864 yılında Kaliforniya'da, 1872 ve 1890 yıllarında Neva'da dünyanın en büyük yatakları bulunmuştur⁽¹⁾.

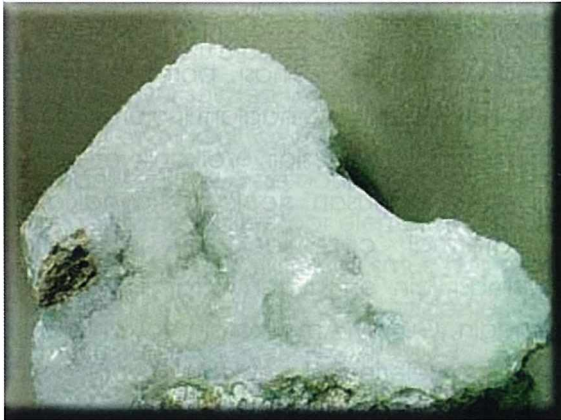
Türkiye'de ilk bor cevheri Balıkesir ili Susurluk ilçesine bağlı Sultançayırı yöresinde kesin olarak bilinmeyen bir tarihte bulunmuştur. Cevherin, 1815 yılında sürekli olarak işletilmeye başlatıldığı ve 1865 yılından itibaren de dış piyasalara satışı yapıldığı tespit edilmiştir. 1865 yılından 1887 yılına kadar bir Fransız ortaklığınca yönetilen işletme, 1887'de ise Borax Consolidated Ltd. adlı İngiliz ortaklığının eline geçmiştir. 1950 yılında Bigadiç (Balıkesir) dolaylarında borat minerali olan kolemanitin varlığının ortaya çıkması üzerine cevher önem kazanmış ve bölgede 12 ocak açılarak işletilmeye başlamıştır. 1952 yılında Mustafa Kemalpaşa (Bursa), 1956'da ise Emet (Kütahya)'de borat cevherleri bulunarak Türkiye bor rezervlerine katılmıştır. Bunun dışında Kırka (Eskişehir) bor cevheri de önemli miktarda işletim olanağına sahiptir.

Bor Elementi ve Borat Mineralleri

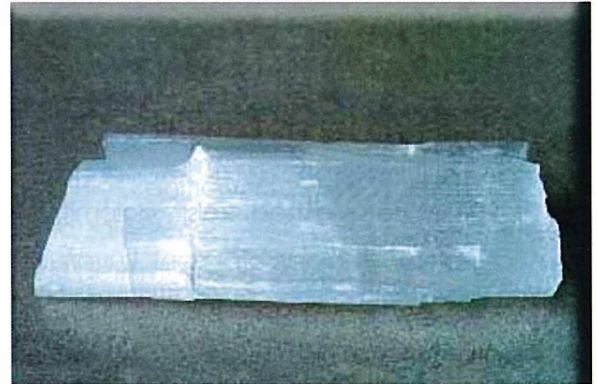
Periyodik tablonun 3. grubunda yer alan bor elementi, tetragonal ve hexagonal kristal yapısında olup, doğada kristal ya da amorf olarak bulunur. Atom

numarası 5, atom ağırlığı 10,811 ve ortalama yoğunluğu $2,33 \text{ gr/cm}^3$ olan bu elementin ergime noktası 2300°C , kaynama noktası ise 2550°C 'dir. Siyah renkte metal ile ametal arası özelliklere sahip ve metalik bir iletken çok, bir yarı iletken özelliği gösterir. Borun, yerkabuğu ve sularının başlıca elementlerinden biri olduğu söylenemez. Ancak bu mineralin pek çok kayaç ve sıvının ikincil önemli bileşeni olduğu bilinmektedir. Yerkabuğunda ortalama 10 ppm'den az bulunmaktadır. Yerkabuğundaki genel dağılımı çok az olmasına karşın, belli ortamlardaki bor konsantrasyonlarının çok fazla oranda oluşu, ekonomik bor yataklarının oluşmasını sağlamıştır.

Bor doğada tek başına bulunmaz. Oksijenle bağ kurmaya yatkın olduğundan pek çok değişik oksijen bileşimi oluşturmaktadır. Basitten karmaşığa, sonsuz sayıda değişik molekül yapılarına sahip olabilen bu bor-oksijen bileşimlerine "borat" ismi verilmektedir. Doğada %19,78 saflıkta 10B izotopu ya da %80,22 saflıkta 11B izotopu halinde bulunmaktadır. Yüksek saflıktaki kristal bor, bor triklorit ya da bor tribromit'in hidrojen ile buhar evresinde indirgenmesi sonucunda hazırlanabilmektedir. Kahverengimsi-siyah bir toz olan amorf bor ise bor trioksiti magnezyum tozu ile ısıtma süreci sonucunda elde edilebilmektedir⁽²⁾.



Kolemanit ($2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
Rengi: Renksiz-Beyaz
Kristal sistemi: Monoklinik
Sertlik: 4,0
Özgül Ağırlık: $2,42 \text{ g/cm}^3$



Üleksit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$)
Rengi: Beyaz-Renksiz
Kristal sistemi: Triklirik
Sertlik: 2,5
Özgül Ağırlık: $1,95 \text{ g/cm}^3$



Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
 Rengi: Renksiz-Beyaz
 Kristal sistemi: Monoklinik
 Serilik: 2-2,5
 Özgül Ağırlık: 1.71 g/cm³

Ülkemizdeki borat yatakları evaporitlerle benzer koşullarda oluşmuş olmalarına karşın, trona ve kaya tuzu türü evaporit minerallerini içermez.

Boratların, karbonatlı birimlerin çökelimini izlemesi ve Ca-evaporitlerin ilk çökelim ürünü olması nedeniyle, tüm havzalarda ilk çökelen borat mineralleri Ca-boratlardır. Buharlaşmanın hızlanması ile Na-Ca boratlar çöker. Ortamın, Na yoğunlaşması için elverişli olması koşulunda, Na-Ca-borat çökeliminden Na-boratlara; bu koşulun elverişli olmaması durumunda ise yeniden Ca-borat çökelimine geçiş söz konusudur. Bu çerçevede Emet, Bigadiç, Kestelek(Bursa) ve Sultançayırı(Balıkesir) Ca-borat yataklarını, Kirka ise Na-borat çökelimini karakterize etmektedir⁽³⁾.

Borat yataklarında, kalsit, dolomit, anhidrit, jips, sölestin, realgar, orpiment, kuvars, zeolit ve çört gibi borat olmayan mineraller ile montmorillonit ve illit gibi kil mineralleri de gözlenmektedir^{(3) (4) (5)}.

Yerkabuğunda ortam ve kaya türüne göre B ve borik asit içeriği şu şekildedir⁽⁶⁾.

| Kayaç Türü | B İçeriği (ppm) |
|------------------|-----------------|
| Granit | 15 |
| Bazalt | 5,0-31,0 |
| Şeyl | 100,0-320,0 |
| Liparit | 31,0-100,0 |
| Kil taşı | 300 |
| Tüfler | 114 |
| Riyolit ve Dasit | 32 |

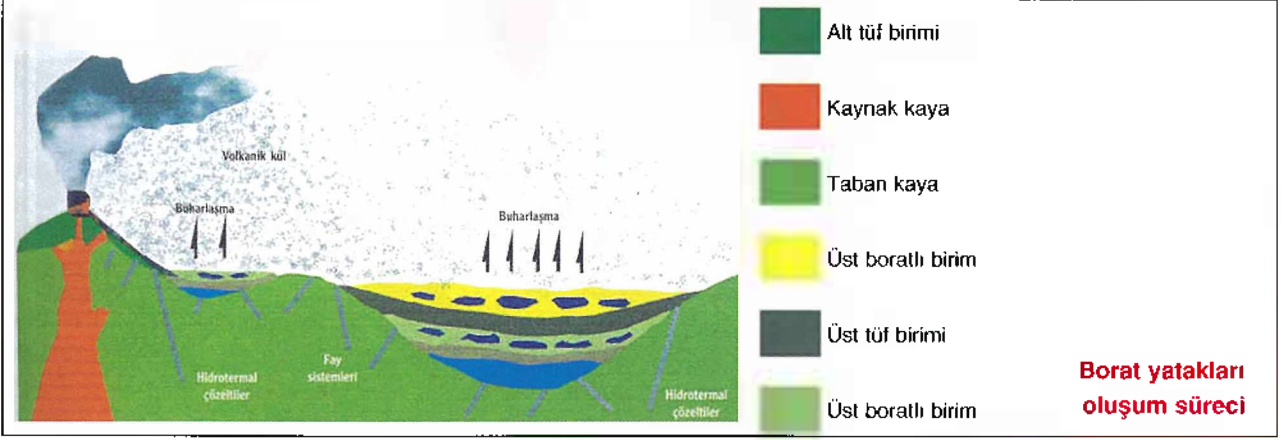
| Ortam Türü | B ₂ O ₃ içeriği (ppm) |
|--------------------------------|---|
| Yerküre ortalaması | 10 |
| Okyanus suyu | 4,6 |
| Akarsular | 0,013 |
| Sıcak su kaynakları | >100,0 |
| Sulphur Bank (ABD) | 720 |
| Okyanus taban çamurları | 50,0-500,0 |
| Siyah killer | 240 |
| Kıyı çamurları | 450 |
| Boksit | 5,0-10,0 |
| Ateş kili | 10 |
| Kül | 100,0-5000,0 |
| Deniz canlılarının iskeletleri | 50,0-1000,0 |
| Toprak | 5,0-100,0 |

Borat Yataklarının Oluşum Süreci

Dünyanın en büyük borat yatakları, kimyasal çökelme sonucu göl ortamlarında meydana gelmiştir. Bunlar genellikle kil, kiltası, volkanik kül, kireçtaşı ve benzer tortul tabakaları ile ara katmanlıdır. Volkanik kül tabakalarının yer alması, borat yataklarının etkin volkanizmayla bağlantılı olarak oluştuğunun bir göstergesidir. Volkanik etkinliklerle eş zamanlı oluşan sıcak su kaynakları ve hidrotermal çözeltiler, bor elementinin oluşması için en uygun ortamları oluşturur. Örneğin, Güney Amerika'nın volkanik olarak etkin bölgelerindeki sıcak su kaynaklarında, halen borat çökelmektedir. Ayrıca ABD'de keşfedilen ilk boraks cevheri de yine volkanik olarak etkin bir bölge olan Kaliforniya Eyaleti yakınlarındaki sıcak su kaynaklarının

oluşturduğu çamurlarda bulunmuştur. Bundan başka, 19. yüzyılın başlarında İtalya'nın Toskana bölgesinde keşfedilen boratların kökeninde de volkanik etkinlik olduğu saptanmıştır. Borat yataklarının göl ortamlarında oluşabilmesi için, volkanik etkinliğin yanı sıra, boratların çökelebileceği bir havza gereklidir. Ayrıca

bölgede kurak - yarı kurak bir iklimin hüküm sürmesi de önemli bir diğer koşulu oluşturur. Boratlar suda çözünebilir nitelikte olduğundan, bunların milyonlarca yıl boyunca böyle bir tehlikeden korunabilmesi, üzerlerinin başka kayaç tabakaları tarafından örtülmesi koşulunu doğurmaktadır.



Borat oluşumlarına, gösel ortamlar dışında, deniz ortamında oluşan tuz yatakları içinde de rastlanır. Ancak bu tür ortamlarda meydana gelen boratlar çoğunlukla ekonomik değere sahip değildir.

Borat mineralleri, yeraltındaki magmanın yeryüzüne doğru yükselirken kristalleşmesi sonucu da oluşabilir⁽⁷⁾. Bu tür bir oluşum sırasında bor; kayacı oluşturan minerallerin kristal yapısına girmez; magma kristalleşirken dışarı atılan suyla birlikte, sokulum kayacını terk eder. Borat minerallerinin diğer bir oluşum biçimi ise; magmanın yeraltından yükselmesi ve yüzeye yakın yerlerde soğuması sırasında, çevredeki farklı kayaçların magmanın yüksek ısı ve basıncından etkilenmesi ve bu değişimle birlikte bor elementinin oluşması şeklindedir. Bu tür yollarla oluşmuş bor madenlerine Doğu Rusya ve Çin madenleri örnek olarak gösterilebilir.

Borat Yataklarının Oluşum Süreci

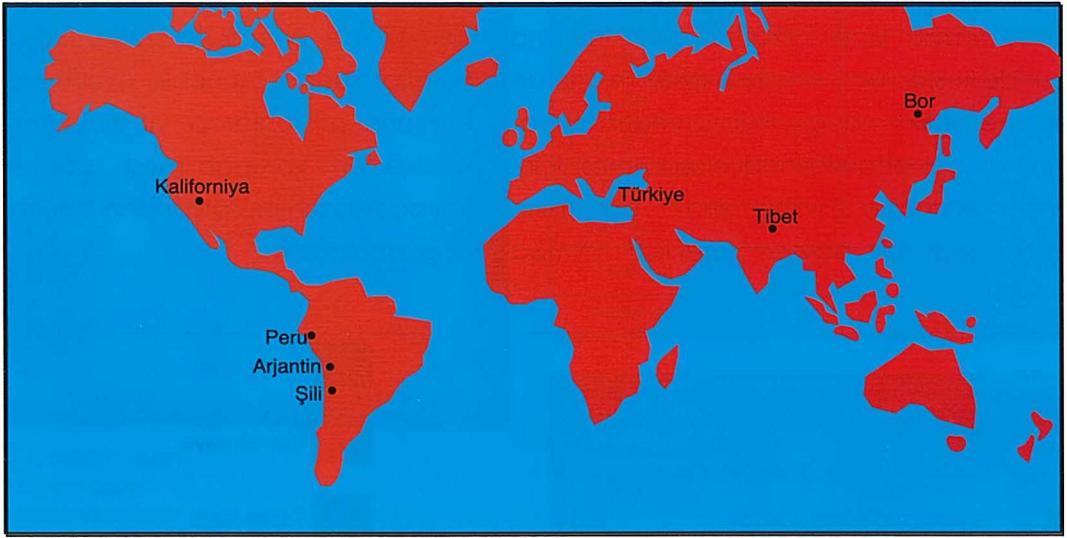
Bor, magmanın kristallenmesi sonrasında kalıntı sıvılar ve gazlar içinde yoğunlaşır. Volkanik

gazlarda ve sıcak su kaynaklarında bor içeriğinin çok yüksek olduğu bilinmektedir. Türkiye ve ABD'deki bor yatakları bölgelerindeki sıcak su kaynaklarında 100 ppm oranında ekonomik önemli miktarda bor belirlenmiştir.

Bu bulgular borun ana kaynağının magma olduğu görüşünü getirmesine karşın çökel kayaçların magmatik kayaçlardan daha fazla bor içerdiği göz önüne alındığında, borun magma kökenli olabileceği gibi, magmatik kayaçlar ile dokanağı olan çökellerden de oluşabileceğini belirtir. Denizel çökellerin, deniz suyundan aldığı bor içeriği, karalardan taşınarlardan daha çoktur. Bu durum, deniz suyuna karalar dışında diğer kaynaklardan bor geldiğinin kanıtıdır. Özellikle, okyanus tabanı açılma alanlarında okyanus suyuna gaz ve çözelti getirmesi çok yoğundur.

Borat Yataklarının Jeolojisi

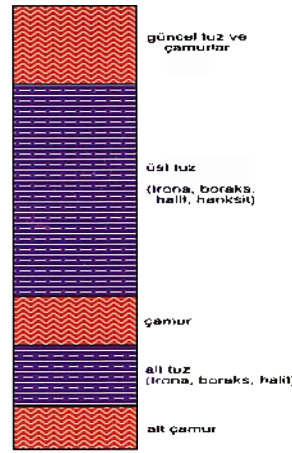
Tüm borat yatakları dünya üzerinde Senozoik yaşlı, tektono-volkanik kuşakların bulunduğu kurak iklimli bölgelerinde gözlenir.



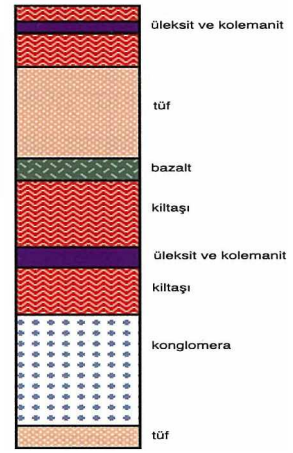
Boron, Kaliforniya



Searles Lake, Kaliforniya



Death Valley, Kaliforniya



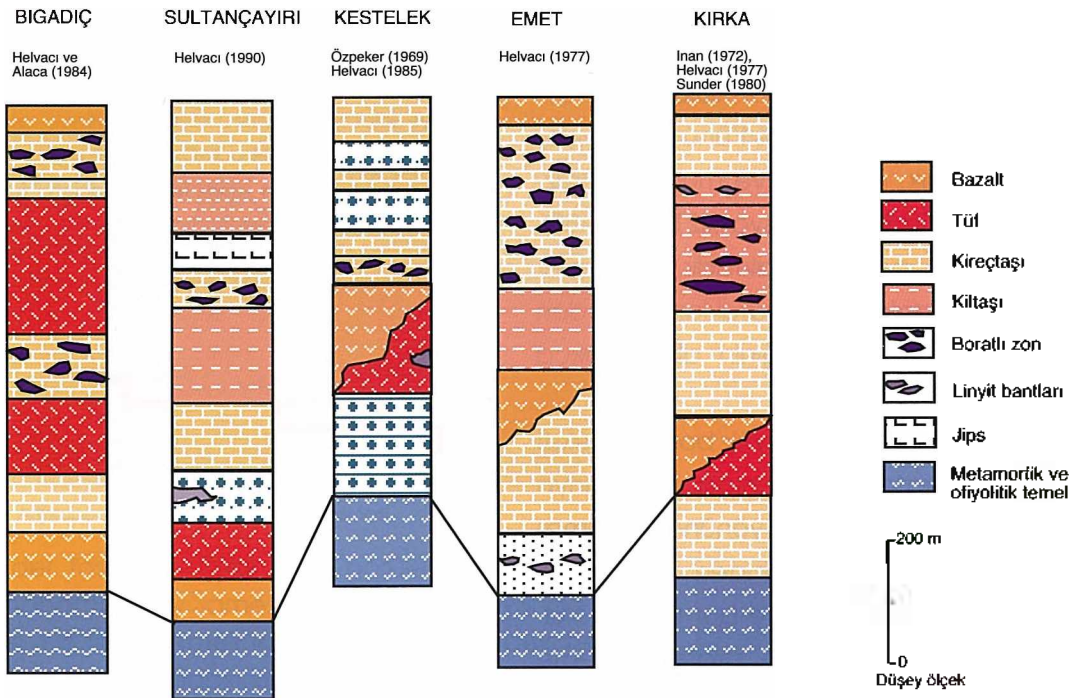
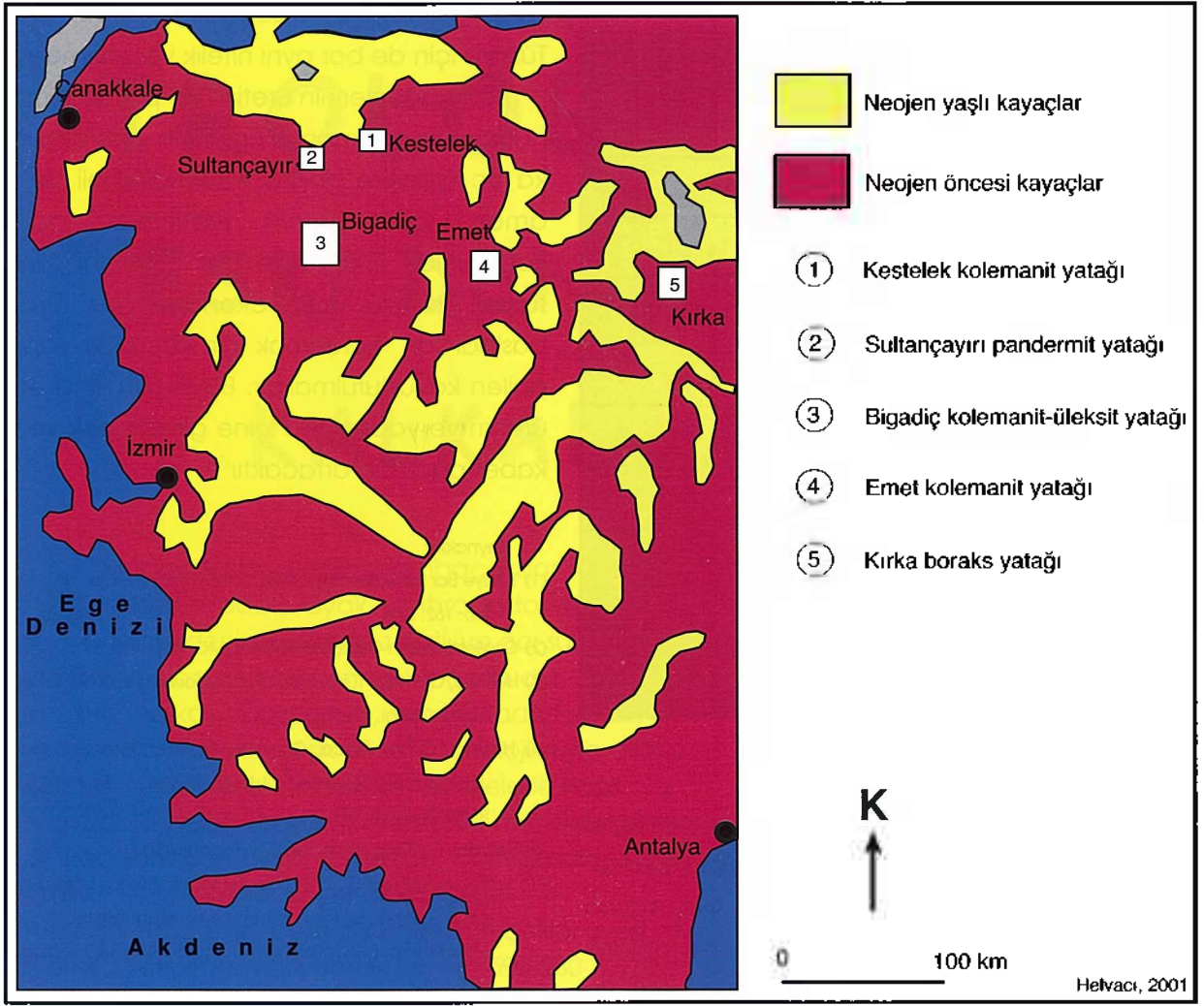
Amerika Birleşik Devletleri'ndeki borat cevherleri Kaliforniya bölgesinde (Boron, Searles Lake ve Death Valley Bölgeleri) yer almaktadır.

Ülkemizin bilinen borat yataklarının tümü Batı Anadolu'dadır. Bu yarıklar D-B doğrultusunda yaklaşık 300 km ve K-G doğrultusunda yaklaşık 150 km'lik bir alan içinde Bigadiç, Sultançayırı, Kestelek, Emet ve Kırka alanlarında yer alır⁽⁸⁾. Türkiye'nin bilinen bu borat yatakları, Tersiyer'de başlayan ve Kuvaterner'in başlangıcına kadar devam

eden volkanik aktivitelerin yer aldığı dönemlerde, Miyosen göl ortamlarında depolanmıştır. Borat yataklarının oluştuğu playa gölleri çökellerini genelde çakıltı, kumtaşı, kilitaşı, tuf, marn ve kireçtaşı oluşturur.

Dünyadaki Borat Yatakları

Borat yatakları ayrıntılarda birbirinden farklı olmalarına karşın, genel olarak benzer özellik gösterirler. Bu yatakların özellikle karasal ve göl fasiyeslerinde geliştiği gözlenmiştir.



Bor Kullanım Alanları

| Kullanım Alanları | % Olarak Kullanılma Oranları |
|----------------------|------------------------------|
| Cam Sanayii | 28 |
| Porselen Sanayii | 14 |
| Gübre Sanayii | 14 |
| Sabun Sanayii | 14 |
| İlaç Üretimi | 3 |
| Antifiriz | 3 |
| Yapışkan Madde | 2 |
| Tecrit Maddeleri | 2 |
| Diğer Sanayi Kullanı | 31 |
| Toplam | 100 |

Türkiye Bor Rezervleri

Günümüze kadar sürdürülmüş olan arama çalışmalarına göre dünyada görünür bor rezervleri toplamı (B_2O_3 bazında) 497 milyon ton, muhtemel ve mümkün rezervler toplamı ise 1 milyar 21 milyon ton civarındadır⁽²⁾. Bu rezervlerin ülkelere göre dağılımında ülkemiz, toplam dünya görünür ekonomik bor rezervlerinin %75,4'ünü, ABD ve Arjantin rezervleri %9,6'sını, Rusya'daki yataklar %5,6'sını ve Çin %5,4'ünü, diğer ülkeler ise %4'ünü içermektedir. Buna karşılık, mümkün ve muhtemel rezervlerde ülkemiz %51,3, Rusya %21,4 ve ABD-Arjantin %12,8 pay taşımaktadır. Bu veriler Batı Anadolu'daki borat yataklarının neden önemle izlenmesi gerektiğinin altını açıkça çizmektedir⁽²⁾.

Türkiye, dünyanın en büyük boraks, üleksit ve kolemanit yataklarına sahiptir. Tüm dünya ülkeleri kolemanit üretimi yönünden tamamen, üleksit üretimi yönünden ise kısmen Türkiye'ye bağımlıdır. Bor ve bor ürünleri kullanım alanları bakımından stratejik öneme

sahiptir. Örneğin, Ortadoğu için petrol ne ise, Türkiye için de bor aynı nitelik ve önemdedir.

Bor madenlerinin üretimi ve pazarlanması, ham veya yarı mamül ürünlerin yerine mutlaka uç ürünlere doğru yönlendirilmeli ve bu amaç için gerekli yatırımlar acilen yapılmalıdır. Türkiye'de bor üretimini elinde tutan Etibank A.Ş.; ekonomik ve siyasal baskılardan korunmak için özerk bir yapıya acilen kavuşturulmalıdır. Böylece daha etkin üretim ve yapılanma içine girebilecek ve rekabet gücü de artacaktır⁽⁹⁾.

Kaynaklar

- (1) Türkiye Bor Mineralleri Envanteri. 1976. MTA Yayınları. No. 162, 57 s.
- (2) Özelleştirilmenin Odağındaki Bor. JMO Yayınları: 59.
- (3) Helvacı, C., 1983. Türkiye Borat Yataklarının Mineralojisi. Jeoloji Mühendisliği, 37-48.
- (4) Helvacı, C. Ve Alaca, O., 1984. Bigadiç Borat Yataklarının Jeolojisi ve Mineralojisi. T. J. K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultay Bildiri Özetleri. 110-111.
- (5) Helvacı, C., Stamatakis, M., G., Zagourglou, C., ve Kanaris, J., 1993. Borate Minerals and related autogenic silicates in northeastern Mediterranean Late Miocene continental basins. Explor. Mining Geology 2, 171-178.
- (6) İleri, S., 1976. Bor Bileşikleri. Yeryuvarı ve İnsan, C 1, S 4, ss 48-66.
- (7) Bilim ve Teknik Dergisi. Tübitak, Mayıs-2002
- (8) Helvacı, C., 1989. Türkiye Bor Madenciliğinin İşletme, Stoklama ve Pazarlama Sorunlarına Mineralojik Bir Yaklaşım. Jeoloji Mühendisliği, No 34-35, ss 5-17.
- (9) Türkiye Borat Yatakları, JMO Yayınları: 71
- (10) Kistler, R. B. And Helvacı, C., 1994. Boron and Borates. Industrial Minerals and Rocks. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 6. baskı.