



Mühendislik Fakültesi

Kimya Mühendisliği Bölümü

KMB 245-Enerji Teknolojileri

Dr. Öğr. Üyesi, İsa DEĞİRMENCI

3A	4A	5A	6A	7A
5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.00674	8 O Oxygen 15.9994	9 F Fluorine 18.998403
13 Al Aluminum	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine

BOR

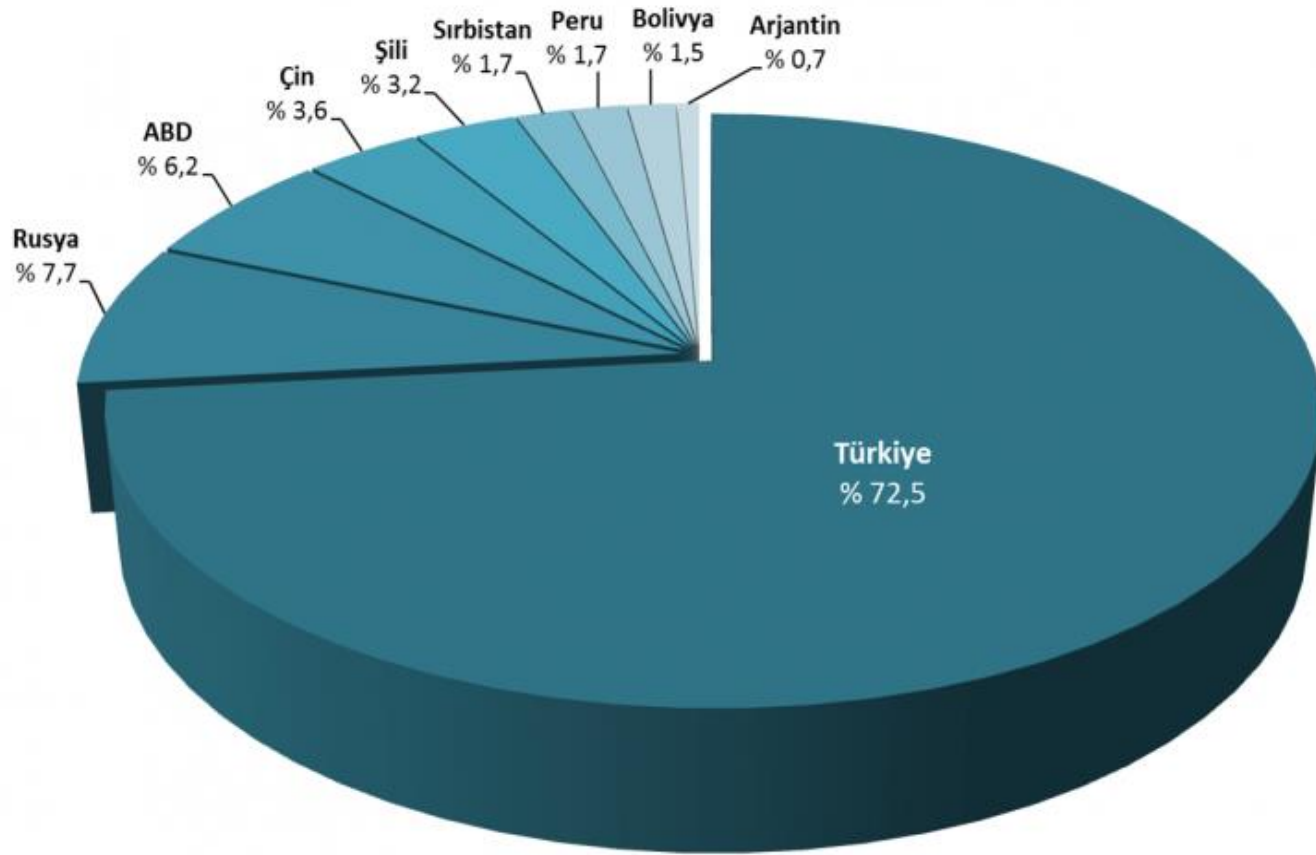


BOR

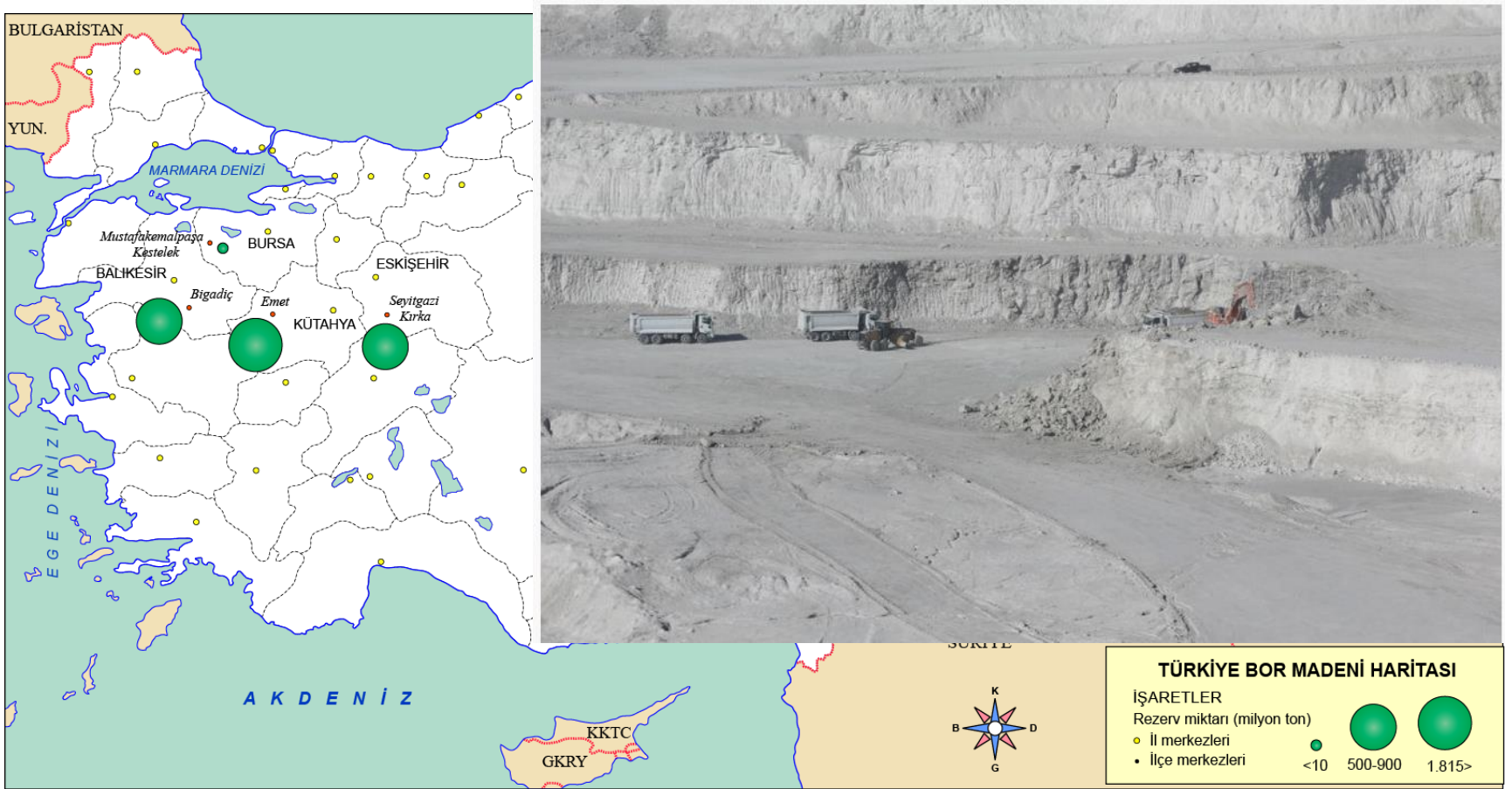
Uygulama alanları

- Bor bileşiklerinin, genel olarak %87'si
- cam, cam yünü ve cam elyafı (%6), seramik (%19), tarım ve deterjan (%62) sektörlerinde kullanılmaktadır.
- %13'lük kısım ise diğer olarak adlandırılan nükleer uygulamalar, askeri araçlar, yakıtlar, polimerik malzemeler, nanoteknolojiler, otomotiv ve enerji sektörü, metalürji ve inşaat gibi 500'e yakın alanda kullanılmaktadır.





- Dünyada 8 ülkede bor rezervi bulunmakla birlikte önemli bor yatakları Türkiye, ABD ve Rusya'da yer almaktadır.
- Türkiye toplam 3 milyar ton rezerv miktarı ile Dünya toplam bor rezervi (B_2O_3 dibor trioksit) sıralamasında %73'lük pay ile ilk sıradadır.



- Bor madeni yataklarının tümü Batı Anadolu'da, başlıca;
- Eskişehir-Kırka, Kütahya-Emet, Bursa-Kestelek ve Balıkesir- Bigadiç'de bulunmaktadır.
- 2012 yılında Dünya bor talebinin %46'sının Eti Maden, %23'ünün RT Borax, %31'ininde diğer üreticiler tarafından karşılandığı tahmin edilmektedir.



Bor madeni

- Kolemanit ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Kolemanit + $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3$ Borik asit eldesi

- Tinkal ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Tinkalin rafine edilmesi Boraks türevleri eldesi

- Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)



Rafine ürünler

- Boraks pentahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- Boraks dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Susuz boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$)
- Borik Asit (H_3BO_3) veya $\text{B}(\text{OH})_3$, Boraks'ın HCl ile tepkimesinden kolayca elde edilebilir.

Antiseptik= mikrop öldürücü, yalıtım malzemelerinde, Nükleer Reaktörlerde nötron absorplayıcı)

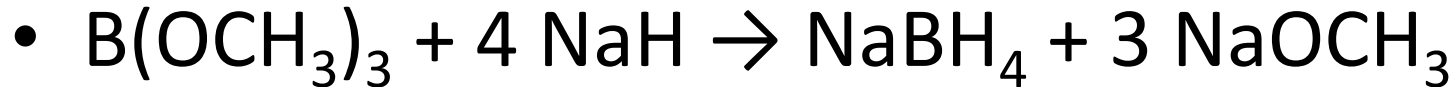
- Sodyum perborat (NaBO_3), deterjan olarak kullanılır



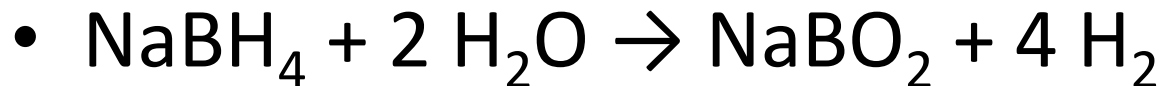
Bor'a H₂ depolanması

- Trimetil borat'ın sodyum hidrür ile tepkimesi sonucunda Bor'a H yüklemesi gerçekleşir.

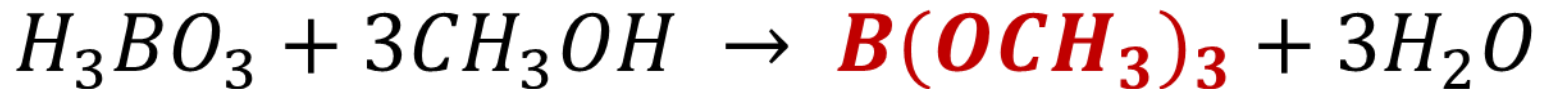
Bu yöntem endüstride sıkça kullanılan bir yöntemdir.



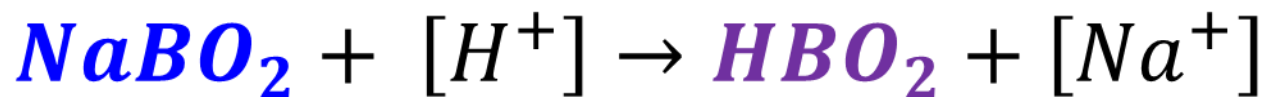
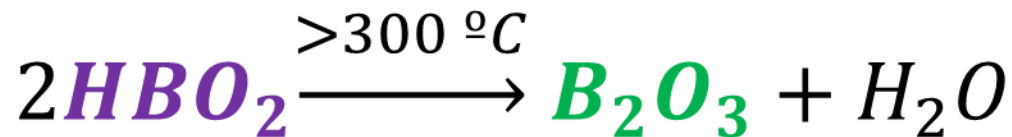
Enerji üretimi



*Trimetil Borat'*ın Metanolden eldesi



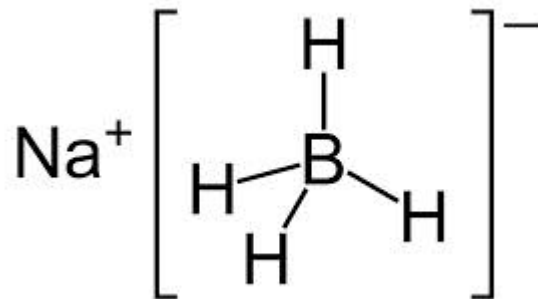
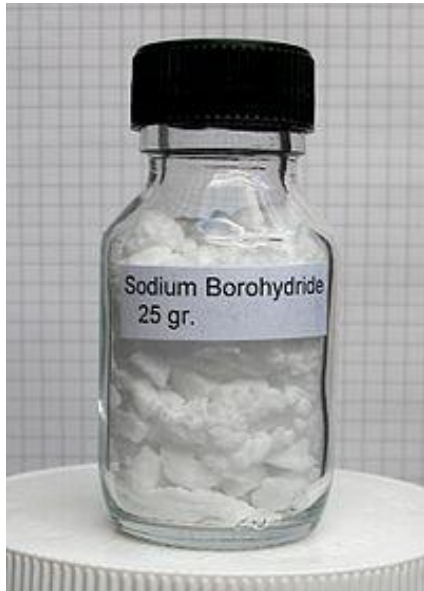
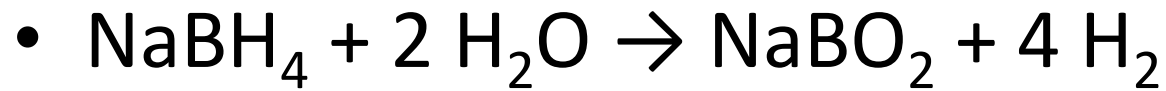
*Diboran trioksit'*in *Metaborik Asitten* eldesi



*Sodyum metaborat'*ın asitleştirilmesi



Enerji Üretimi

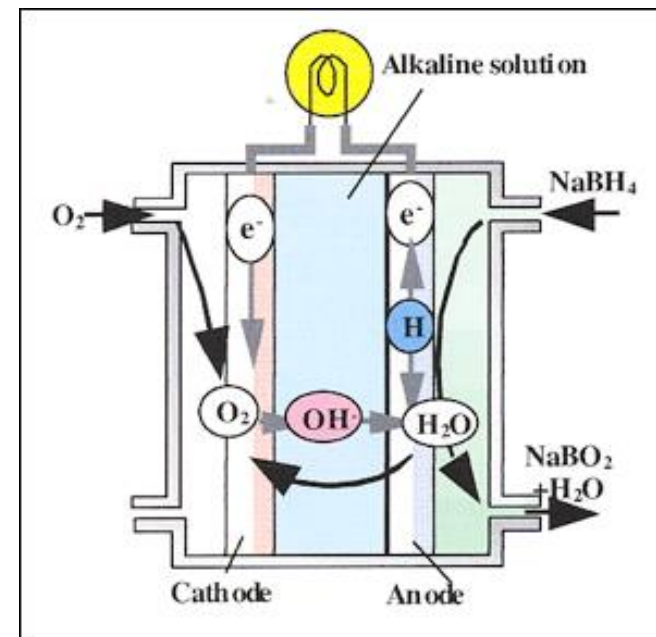
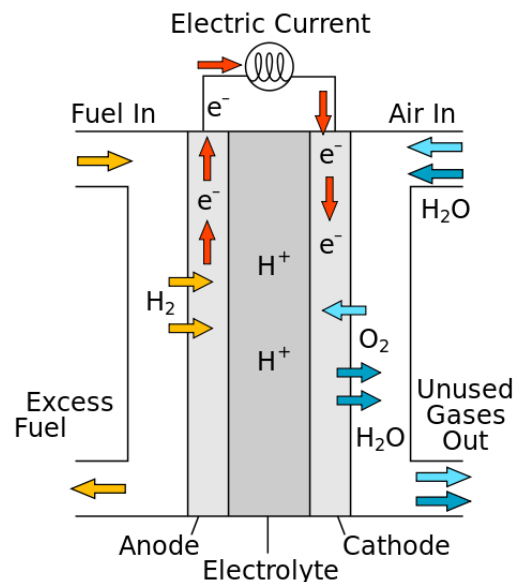


Direkt NaBH₄ Yakıt Pili

Katod: $2\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- \rightarrow 8\text{OH}^-$ ($E^0 = +0.4\text{V}$)

Anod: $\text{NaBH}_4 + 8\text{OH}^- \rightarrow \text{NaBO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^-$ ($E^0 = -1.24\text{ V}$)

Toplam $E^0 = +1.64\text{V}$



Avantajları

- Bu yakıt pilleri, geleneksel yakıt pillerinden daha ucuza mal edilebilir. Çünkü pahalı platin katalizörü yok.
- Katalizörün defalarca kullanılmaya uygun olması.
- Diğer yakıt pillerine göre yüksek yakıt yoğunluğuna sahip olması.
- Sodyum borhidrür (NaBH_4) ve Sodyum metaborat (NaBO_2)'ın yanıcı yada korozif olmaması.
- Sodyum borhidrürde, ağırlık/enerji oranının benzindeki orana yakın olması.



Dezavantajları

- Katalizör üzerinden H_2 elde edilmesi gerekirken, $NaBH_4$ ün sıcak su ile temasından, yan ürün olarak H_2 çıkışı oluşabilmekte. Yan ürün sonucu oluşan H_2 , egzozdan atıldığı için verimi düşürmekte.
- Sodyum metaborat'ın ($NaBO_2$), tekrar sodyum borhidrüre ($NaBH_4$) dönüştürülmesinin zorluğu. Açığa çıkan $NaBO_2$ 'ın, geri dönüştürmek için sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir.
- Sodyum metaborat ($NaBO_2$) ın araç içerisinde ($NaBH_4$) e dönüştürülme verimi %1'in altındadır ki bu da uygulanabilir değildir.

