

## TÜBİTAK BOR RAPORU

### 1. Genel Değerlendirme

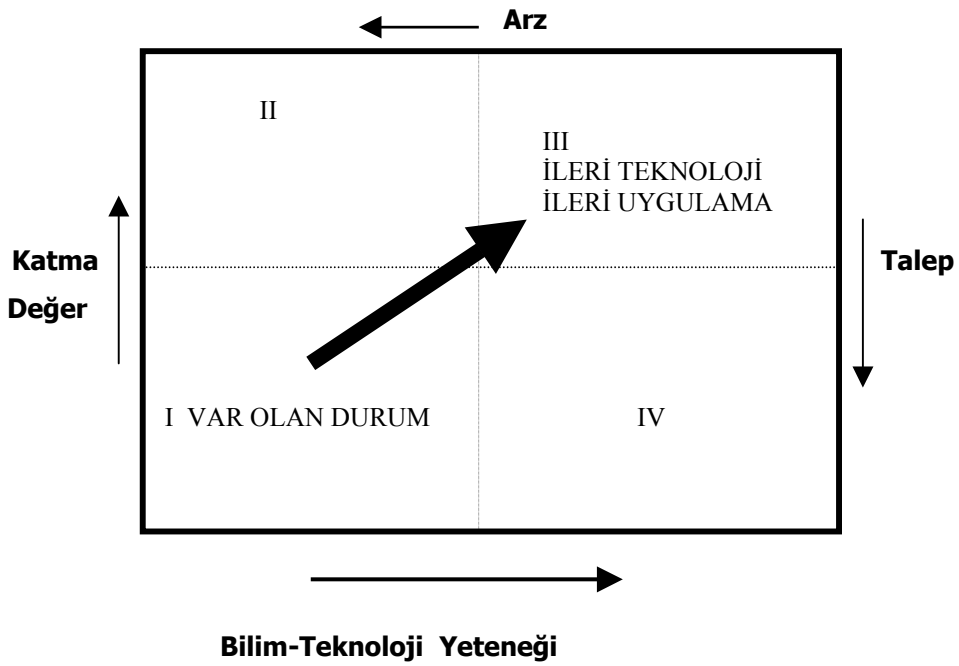
Bor minerallerinin insanlık tarihi boyunca kullanıldığını biliyoruz (bkz.EK 1). Bugün, dünya ölçüsünde bilimsel ve teknolojik gelişmelerin getirdiği çağdaş uygulamalara baktığımızda bor ürünlerinin tekstil elyaflarından, camlara, nükleer uygulamalardan yeni ve ileri miktatlara hatta gübrelere kadar çok büyük bir yelpazede kullanıldığını görmekteyiz. Bu bakımdan, bor mineralinden hammadde girdisi olarak başlayan uygulama ve etkinlikler pek çok sektör ve teknoloji alanını yakından ve doğrudan ilgilendiren bir "teknö-ekonomik" unsur haline gelmiştir. Ülkemizin sahip olduğu bor yatakları zenginliği göz önünde bulundurulduğunda bunun son derece önemli, hayati ve stratejik bir kaynak olarak değerlendirilmesi gereği açıkça görülmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de bor yatakları, bor minerali üretimi, bor bileşikleri üretim yöntemleri, kullanım alanları, yeni teknolojiler, geleceğe damgasını vuracak ileri teknoloji uygulamaları ve pazar durumları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- Bor yatakları dünyada birkaç bölgede yoğunlaşmıştır ve en önemli yataklar Türkiye'de bulunmaktadır (bkz EK 2).
- Bor bileşikleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri, üretim yöntemleri, tüketim miktarı, teknoloji ve kullanım alanlarına göre iki ana grup kapsamında ele alınabilir. Bunlar şunlardır (bkz EK 3):
  - A. Ticari Boratlar,
  - B. Özellikli Bor Bileşikleri
- Türkiye'de maden konsantratörlerinin yanında bu iki ana gruptan sadece birincisinde olma üzere bazı ticari borat bileşikleri üreten tesislere sahiptir.
- Bu tesislerin kurulmasında Türkiye iyi teknolojileri temin edememiş, teknolojik sorunlarla uğraşarak geliştirme yapma durumunda kalmıştır. Bu bakımdan ülkemiz ticari boratlar kapsamında arzu edilen düzeye gelememiştir.
- Özellikli bor bileşikleri açısından bu durum daha da vahim bir görünüm arz etmekte ve bu alanda kesinlikle atılımlar yapılması gereği bulunmaktadır.
- Türkiye, dünya bor rezervlerinin üçte ikisine sahip olmasına rağmen pazar payını ancak %20-30'lara artırmıştır.
- Ticari borat bileşikleri klasik kimyasal üretim teknolojileri ile üretilmekte, yaygın bir şekilde ve birbirinin yerine geçerek kullanılabilir. Bu bakımdan boratlar üretiminde teknolojik sorunlar ve birbirinin yerine geçerek kullanılabilir.
- Özellikli ürünler daha ileri üretim teknolojileri gerektirmekte, üretim miktarı sınırlı olmakta ve genellikle ileri teknoloji ürünlerinde kullanılmaktadır.

Dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip olan Türkiye, bor minerali ve ticari boratlar üretiminde belirli bir yerde olup jeopolitik konumu ve sahip olduğu diğer değerlerle birlikte düşünüldüğünde stratejik önemde bir kaynağın başında bulunmaktadır. Ancak bu ulusal avantajın en iyi şekilde

değerlendirilebilmesi ve dünya ölçüsünde üstün bir rekabet gücü kazanılması için ürün çeşidini artırması ve özellikli bor ürünleri üretimine geçmesi gerekir. Ekonomik anlamda dünyadaki arz-talep dengeleri incelendiğinde, Türkiye dahil sınırlı sayıda ülkenin sahip olduğu rezervlere karşın, var olan kapasiteler gelecek on yıldaki büyüme hızı da dikkate alındığında yeterli düzeylerde görünmektedir. Gerçek anlamda rekabet üstünlüğü için ancak yüksek katma değerde özellikli bor bileşiklerinde yoğunlaşmayı gerektirmektedir. Bu konu ise ağırlıklı olarak yüksek bilgi içeriği ve ileri teknoloji uygulamaları göz önünde bulundurulduğunda bilimsel-teknolojik yeteneğin yükseltilmesi ile mümkün görünmektedir. Bu husus aşağıdaki şekilde şematik olarak gösterilmektedir.



**Şekil 1: Bor Minerallerinde Türkiye İçin Tekno-Ekonomik Durum ve Hedef Şeması**

Yukarıda gösterilen şemadan da görüleceği üzere dünyada var olan kapasitelere bağlı olarak yüksek düzeydeki arz ve talep daha düşük katma değerli ve ileri bilimsel-teknolojik içerik gerektirmeyen ticari boratlar için Türkiye I no ile gösterilen alanda sıkışmış bulunmaktadır. Yüksek katma değerde özellikli bor bileşikleri üretimi ve bunun için gerekli ileri teknoloji ve yeni uygulamalar ise önemli ölçekte bilimsel-teknolojik birikim ve yetenekten geçmektedir. Bu tür ürünlerin yüksek katma değere karşın kısıtlı miktarda üretimleri de göz önüne alınmalıdır. Bu şema kapsamında Türkiye net olarak hedefini kalın çizgili okun işaret ettiği IV no ile gösterilen "ileri teknoloji, ileri uygulama" bölgesine bir atılım ve sıçrama süreci olarak şekillendirmelidir.

Bu amaçla özellikli bor bileşiklerinin yurt içi ve yurt dışı pazar durumu, tüketim alanlarının geliştirilme potansiyeli ve üretim teknolojileri araştırmalarına ivedilikle başlamalı ve bu amaca yönelik olarak "**Bor Master Planı**" hazırlamalıdır. Dünya bor bileşikleri üretiminde ve pazarında

lider konumuna gelebilmesi, katma değerini artırabilmesi, dünya bor fiyatlarının belirlenmesinde daha fazla söz sahibi olabilmesi, bor bileşiklerine yaygın ve kalıcı yeni tüketim alanları oluşturabilmesi için planlı ve programlı araştırmalar yapması ve teknoloji geliştirme amacıyla "**Bor Araştırma Enstitüsünü**" kurmalıdır.

Genel anlamda bir diğer önemli husus ise, bor minerallerinin gerek ticari borat gerek özellikli bor bileşikleri olarak üretimleri, geliştirilmeleri, uygulamaları ve yaygın teknoloji alanları ve ticari sektörlerdeki konumları gereği "çok-disiplinli (multi-disciplinary)" ve "çok-teknolojili (multi-technological)" niteliğinin göz önünde bulundurulmasıdır. Bu bakımdan önerilmekte olan "Bor master Planı" ve "Bor Araştırma Enstitüsü" olgu ve yapılanmalarının uzun soluklu, yani kısa, orta ve uzun dönem ülkü ve hedeflerini gözetken, kurumsal ve sürdürülebilir yapıda kalıcı olmaları büyük önem arz etmektedir.

Bir diğer önemli husus ise, bor alanında üstün rekabet gücü yaratabilecek geliştirme ve üretim birikimi ve yeteneği yaratmak üzere klasik gelişim sürecinde bulunan ve özellikle Japon modelinde gözlemlenen

TAKLİT (IMITATION)

TEKRAR (DUPLICATION)

BULUŞ (INNOVATION)

İLERİ BİLİM-TEKNOLOJİ OLUŞTURMA VE ÜRETİM

sürecindeki "Buluş" ve "İleri Bilim-Teknoloji Oluşturma ve Üretim" sürecinin mutlaka ve kesinlikle hedef olarak konulması ve hedef odaklı ilkelerle hareket edilmesidir.

## **2. Bor Master Planı**

Türkiye dünyanın en büyük ve önemli bor cevherlerine sahiptir. Bu zenginliğin ülke yararına en iyi şekilde değerlendirilebilmesi için öncelikle dünyada ve Türkiye'de durum tespiti yapılmalı kesin veri ve bilgilere ulaşılmalıdır. Daha doğrusu "Master Plan" özü itibarıyla bir "bilgi toplumu" oluşumunu kendisine genel çerçeve olarak almalıdır. Bu kapsamda bor bileşikleri mevcut üretim kapasitesi, üretimi, tüketimi ve tüketim eğilimleri belirlenmelidir. Bor bileşiklerinde yaygın yeni kullanım alanları ve yeni ürünler için temel bilimsel araştırmalardan, uygulamalı araştırma, analitik yeteneklerin oturtulması gibi iyi kurgulanmış strateji ve politikalar ışığında yol haritaları oluşturulmalıdır. Elde edilecek veri ve bilgilerin değerlendirilmesi ile bor yatırımları, mevcut tesislerin durumu, pazarlama, Ar-Ge, üretim planları kısa, orta ve uzun ölçekte yapılmalıdır.

Bu çalışmalar ancak bir master plan çerçevesinde gerçekleştirilebilir. Master plan çalışması 5 grupta yürütülebilir. Bu gruplar ve grup içindeki genel alt başlıklar şunlardır:

### **1. Dünyadaki durum ve geleceği**

- i. Dünya bor rezervleri, mevcut durumu, değerlendirme, gelecekteki durum.
  - ii. Bor bileşimi (ticari boratlar ve özel ürünler) üretim tesisleri (tarihçe, sahipler, kapasite, verim).
  - iii. Bor bileşikler ticareti mevcut durum, pazar eğilimleri.
  - iv. Darboğazlar (mevcut durumda ve gelecekte).
2. Türkiye'deki durum ve geleceği
- i. Bor rezervleri, mevcut durumu, değerlendirme, gelecekteki durum.
  - ii. Bor bileşimi (ticari boratlar) üretim tesisleri (tarihçe, kapasite, verim)
  - iii. Bor bileşikler ticareti mevcut durum, pazar eğilimleri.
  - iv. Bor ve bileşiklerini katkı olarak kullanan sanayiinin durumu,
  - v. Tesislerin darboğazları (üretimde depolama ve dağıtım-taşıma da yaşanan sorunlar)
  - vi. Ar-Ge uygulaması mevcut durum, sorunlar
  - vii. Pazarlama
  - viii. Darboğazlar için çözüm önerileri, projeleri.
3. Yeni ve özellikli ürünler ve kullanım alanları
- i. Dünyada üretilen yeni ve özellikli ürünler
  - ii. Dünyada araştırılan yeni ve özellikli ürünler
  - iii. Yeni ürünlerin potansiyel kullanım alanları
  - iv. Türkiye'de üretim potansiyeli olan yeni ve özellikli ürünler
  - v. Türkiye için seçilen yeni ve özellikli ürünlerin fizibiliteleri
4. Genel strateji ve politikaların belirlenmesi ve bu politikaları gerçekleştirebilecek en uygun yapılanmanın tüm unsurlarıyla birlikte ortaya konması
- i. AR-GE
  - ii. Yatırım
  - iii. Üretim
  - iv. Pazarlama
  - v. Eğitim
5. Türkiye için kısa (5 yıl), orta (15 yıl) ve uzun (30 yıl) dönem eylem planlarının hazırlanması
- i. AR-GE
  - ii. Yatırım
  - iii. Üretim
  - iv. Pazarlama
  - v. Eğitim

Bu çalışmada ilgili kamu kuruluşlarının yanında birikimli yurt içi kuruluşlarla, uzmanlarla ve üniversitelerle iş birliği yapılmalıdır (maden alanları, madencilik sorunları, pazarlama, mevcut AR-GE uygulamaları vb. konularda). Bu işbirliğini hayata geçirebilecek en etkin ve çağdaş model tıpkı gelişmiş ülkelerde işletilen "yaygın ağ-yapı (Networking)" olacaktır. Bor mineralleri ve bu alanda

ülkede potansiyel katkıya sahip doğrudan ve dolaylı birim, kurum ve kuruluşların bir "Ağ-Yapı (Network)" modeli ile iletişim ve etkileşime geçmeleri "Bor Master Planı" çalışmasının ilk ve önemli aşamalarından birisi olacaktır. Ağ-Yapı oluşumu ile ilgili kısa bilgi aşağıda verilmektedir:

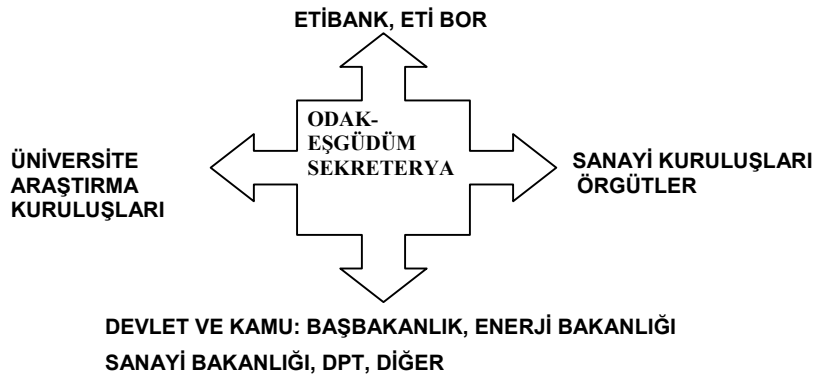
Ağ-Yapı oluşumu (Networking) ve yaygın anlamda çağdaş sistemlerde kullanılması, özellikle bilgi teknolojileri, internet imkanları ve iletişim araçlarının yaygınlaşması ve gelişmesiyle yakından ilgilidir. Ağ-Yapı (Network) çeşitli düzeylerde var olan veya gelişmekte olan imkan ve kabiliyetlerin entegrasyonunu (bütünleşme) amaçlar. Buna bağlı olarak yapılanma giderek kendini geliştirerek "mükemmeliyet" niteliğine ulaşabilir. Bu anlamda Ağ Yapı aslında var olan imkan ve kabiliyetlerin en üst düzeyde işbirliğini, eşgüdümünü ve birlikteliğini amaçlayarak uzun vadeli ve çok disiplinli hedeflere odaklanır. Bir Ağ Yapı amaçladığı hedefler için ulusal ve/veya uluslar arası katılımcılarıyla etkin bir iletişim örgütlenmesi gerektirir. Katılımcılarıyla birlikte oluşturulan Ağ Yapıda en önemli unsur tarafların "kritik uzmanlık ve alt yapı gücüne" sahip olmalarıdır. Buna bağlı olarak bir dizi ortak etkinlikler vasıtası ile oluşturulan bilgi, uzmanlık, birikim ve imkanlar hayata geçirilir.

İlk aşaması itibarıyla, "Bor Master Planı" hazırlıkları ve oluşturulması için önerilen taraflar Tablo 1'de verilmektedir:

**Tablo 1: Ulusal bir Bor Ağ-Yapısı oluşumunda olası katılımcı taraflar (öneri)**

Sanayi kuruluşları ve ilgili sivil-mesleki örgütler	Üniversite ve araştırma kuruluşları	Devlet ve kamu kurum ve kuruluşları
<ul style="list-style-type: none"> <li>ETİBANK, ETİ BOR</li> <li>Özel sektör firmalar</li> <li>KOBİ'ler</li> <li>Kosgeb</li> <li>Meslek odaları</li> <li>Sanayi ve Ticaret Odaları</li> <li>Diğer kamu sektör firmaları: MKE, Erdemir gibi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Üniversiteler: İTÜ, ODTÜ, BÜ, AÜ tüm diğer</li> <li>Bölge üniversiteleri: Kütahya, Balıkesir, Afyon, Bursa</li> <li>TÜBİTAK</li> <li>TÜBİTAK Merkez ve Enstitüleri: MAM, SAGE, BİLTEN, ATAL</li> <li>Teknoparklar: Tekseb, Teknokent, İTÜ-Kosgeb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Başbakanlık</li> <li>İlgili bakanlık ve müsteşarlıklar</li> <li>DPT</li> <li>Yerel yönetimler</li> <li>Silahlı Kuvvetler</li> <li>Diğer</li> </ul>

Şekil 2'de önerilen bu kuruluşlardan oluşan Bor Ağ-Yapısı gösterilmektedir:



## **Şekil 2. Bor Ağ Yapısı Modeli**

Etkin bir "Odak-Eşgüdüm Sekreteryası" koordinasyonunda bu "Bor Ağ Yapısının" ana çalışma ilkesi "yoğun, kesintisiz ve kopuk olmayan bir iletişim" anlayışından geçmektedir. Burada bilgi teknolojileri-internet imkan ve potansiyellerinden sonuna kadar yararlanmak çok büyük önem arz etmektedir. Söz konusu odak-eşgüdüm sekreteryası en kısa sürede kendi "intranet" sitesini oluşturur ve katılımcı kurum ve kuruluş ve birey e-posta adresleri ve gerekli parola düzenlemeleri ile Ağ Yapıyı çalıştırmaya başlar. İlk aşamada önerilen Bor Ağ-Yapısının TÜBİTAK önderliğinde eşgüdüm sekreteryası olarak gerçekleştirilmesidir.

Buna göre etkin bir ağ yapı oluşumunun yapacağı çalışmalar özetle aşağıda verilmektedir:

- Katılımcı kuruluş insan gücü ve alt yapı birikimlerinin bir envanter halinde toplanması;
- Katılımcı kuruluşların ilgi alanları ve bütünleştirme çalışmaları içerisindeki yerleri;
- Gelişmelerin ve bilmesi gereken ilkesiyle yeniliklerin duyurulması;
- Toplantıların düzenli olarak plan, icra ve sekreteryası;
- İnteraktif ve sanal ortam araçları ile iletişim ve etkileşim sistemlerinin sürekli geliştirilmesi;
- Katılımcı kurum ve kuruluşların bilgilendirme sunuşları;
- Ortak işbirliği çalışmalarının araştırılması;
- Etkinliklerin yaygınlaştırılması;
- BOR MASTER PLANININ HAZIRLANMASI
- Ağ Yapının gerçekleştirdiği ve başardığı etkinliklerin sonuçlarıyla birlikte yaygınlaştırılması ve diğer üst ağ yapılarla iletişimin sağlanması;
- Yıllık planlamalar; orta ve uzun dönemli hedefler ve ilgili plan ve programların oluşturulması;

Planlanan çalışmanın ilk aşamasında 2.viii ve 3.v alt alanları dışındaki 1.-3. çalışmalar gerçekleştirilecektir. İkinci aşamada ise Türkiye için üretim potansiyeli olan bileşikler için fizibilite çalışması ve mevcut darboğazların giderilmesi için öneriler çıkarılacaktır (mevcut bilgi birikimi ve düşük maliyetli altyapı çalışmalarıyla giderilecek sorunlar, projelendirilip ayrıntılı araştırma gerektiren konular vb.)

Çalışmanın ilk aşamasında derlenecek bilgiler irdelenip bir raporda toplandıktan sonra ikinci aşamanın kesin kapsamı Bor Ağ-yapısındaki ilgili taraflarca belirlenmelidir. İkinci aşama çalışmasının sonunda darboğaz giderme önerileri ve projeleri ile seçilen yeni ve özellikli ürünlerin fizibilite rapor(lar) haline getirilerek, genel strateji ve politikalar ile Türkiye için kısa, orta ve uzun dönem eylem planları hazırlanmalıdır.

Genel olarak Bor Master Planı özü itibariyle ticari boratlar ve özellikli bor bileşikleri ayrımı ile stratejik ve doğrudan yol haritası olacak yönlendirmeler içerecektir. Ticari boratlar olarak klasik kimya mühendislik, mineral süreçler, maden işleme, ekstraktif metalurji teknikleri açısından bir hayli güçlü alt yapıya sahip olan ülkemizin, tüm bu kaynaklarının seferber edilmesine dönük bir yönlendirme önemli olacaktır. Bu yönlendirmede doğrudan bor bileşiklerinin ürün olarak Türkiye'nin güçlü olduğu cam, tekstil, inşaat, tarım, seramik ve metal sektörlerini hedeflemesi ve buradaki güçleri fırsatlar haline getirmeyi ön plana getirmesi gerekecektir.

Bunun yanı sıra, dünyada fosil yakıtların enerji üretiminde kullanılmasının neden olduğu çevre sorunları ve fosil yakıt rezervelerinin giderek azalması ile yeni enerji kaynakları arayışları ve enerji taşıyıcıları araştırmaları hızla devam etmektedir. Bu kapsamda Millenium Cell'in geliştirdiği ve sodyum borhidrürün ( $\text{NaBH}_4$ ) hidrojen depolama/taşıma malzemesi olarak kullanıldığı sistem, Türkiye bor cevherleri için yeni ve yaygın bir kullanım alanı potansiyeli oluşturmaktadır. Yukarıda açıklanan "master plan" çalışmasının yanında aynı paralelde ve öncelikte sodyum borhidrür üretimi, hidrojen depolama malzemesi olarak kullanımı, son kullanıcıya dağıtım alt yapısının oluşturulması, kullanılacağı sisteme (araç, evsel ısıtma, ev aletleri vb.) entegrasyon, hidrojen üretiminden sonra kalan sodyum metaborat çözeltilerinin toplanması, yeniden sodyum borhidrüre dönüştürülmesi gibi konuların ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, özgün üretim ve kullanım bilgisinin geliştirilmesi ve fizibilitesinin yapılması gerekmektedir.

Bu alan ticari borat ve özellikli bor bileşikleri alanları ara yüzeyinde önemli açılımlara neden olabilecektir. Öte yandan özellikli bor bileşikleri için başta savunma, makine-imalat, enerji, otomotiv, ulaşım, tasarım, mikroelektronik, sensör teknolojileri alanlarını hedefleyerek bu konularda ülkenin rekabet gücünü artırmaya ve belirli dönemler için dünya liderliğini hedefleyen bir anlayış oturtulacaktır.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de bu konudaki yoğun ilgi (üniversiteler, özel kuruluşlar, yurt dışı ortaklı kuruluşlar) giderek mükemmelleşen bir Bor Ağ-Yapısı ile bir avantaja çevrilmeli ve Türkiye bor kaynakları için yaygın ve uzun soluklu bir tüketim alanı potansiyeli olan bu konuda proje çalışmalarına bir an önce başlanmalıdır.

### **3. Bor Araştırma Enstitüsü**

Dünyadaki bor cevheri rezervleri, cevher ve bor bileşikleri üreticileri incelendiğinde, konu ile ilgili çok az sayıda ülke ve kuruluş olduğu görülür. En büyük ve ekonomik kaynaklar sadece Türkiye ve Amerika'da mevcuttur. Güney Amerika kaynakları daha az öneme sahiptir ve ilgili firmalar genellikle A.B.D. ortaklıdır. Çin ve Rusya'da bulunan cevherler ise Türkiye ve A.B.D.'de bulunan cevherlerden

çok farklıdır. Bunun anlamı bor bileşikleri özellikle ticari boratlar üretim bilgisinin yalnızca A.B.D.'de ve Türkiye'de olduğudur. Sodyum perboratlar için ise en önemli üreticiler Solvay, Degussa gibi çok uluslu dev kimya şirketleridir. Özellikle bor bileşikleri üreticileri ise A.B.D., Japonya, Çin ve Avrupa'da bulunan çoğu çok uluslu ileri endüstriyel bilgiye sahip büyük şirketlerdir.

Bu ortamda

- Türkiye'nin sahip olduğu cevher zenginliğini katma değeri yüksek ürünlere dönüştürebilmesi için teknolojisini mutlaka kendisi üretmek zorundadır. Diğer seçenek bu dev şirketlerin bir alt kuruluşu olmaktır.
- Türkiye tüm dünyaya yüz yıllarca yetecek cevhere sahiptir. Bu zenginliği bu günden paraya çevirebilmek için bor bileşiklerine yeni kullanım alanları ya da mevcut kullanım alanlarına yeni bor bileşikleri geliştirmek, dünyada bor bileşikleri kullanımı yaygın hale getirmek zorundadır.
- Dünya devlerinin bulunduğu bir alanda söz sahibi olabilmesi için üretimini en ekonomik, çevreyi en az etkileyen biçimde ve en iyi kalitede ürün verecek şekilde yapmak zorundadır.
- Bor teknolojilerinde izleyici değil önder olmalıdır ki doğal zenginlik ülke refahına katkıya dönüşsün. Bu çalışmalar kıt ülke olanaklarını en iyi değerlendirecek şekilde tek elden tekrarlardan kaçınarak yürütülmek zorundadır. Bunun için yukarıda önerilen Bor Ağ-yapısı sürekli iletişim ve etkileşim işlevi ile yaygın bir bilgilendirme de yapacağı için önem taşımaktadır.
- Tüm bu çalışmalar ancak uzman kadroların planlı ve sürekli bir şekilde çalışmasıyla gerçekleştirilebilir.

Bu nedenle borla ilgili özel bir araştırma kurumuna diğer bir deyişle "Bor Araştırma Enstitüsü'ne" gereksinim vardır. Kurulacak enstitünün kesin yapısı ancak "bor master planı" çalışmalarıyla ortaya koyulabilecekse de şimdiden söylenebilecek olmazsa olmazlar aşağıda kısaca verilmektedir.

- Türkiye'nin bor konusunda dünya pazarında, sahip olduğu cevher zenginliğine koşut bir konuma gelebilmesi için kısa, orta ve uzun dönem bor politika ve stratejileri kararlarını almaya ışık tutacak bilgileri oluşturmak;
- Bor Ağ-Yapısını tüm ülke çapında ve uluslar arası etkinlikleri de gözeterek işletmek, çalıştırmak ve kurumsallaştırmak,
- Mevcut bor bileşikleri üretim teknolojilerini geliştirmek,
- gerekli araştırma ve geliştirme çalışmalarını planlamak, programlamak, yürütmek ve koordine etmek,
- yeni ve ileri üretim teknolojilerini bor bileşikleri üretimine uygulamak,
- yeni bor ürünleri geliştirmek; bu konuda ayrıcalıklı (niche) Pazar yaratabilecek ticari borat ve özellikli bor bileşikleri alanlarında özel stratejiler uygulamak ve gerçekleştirmek
- bor bileşikleri için yeni kullanım alanları oluşturmak,

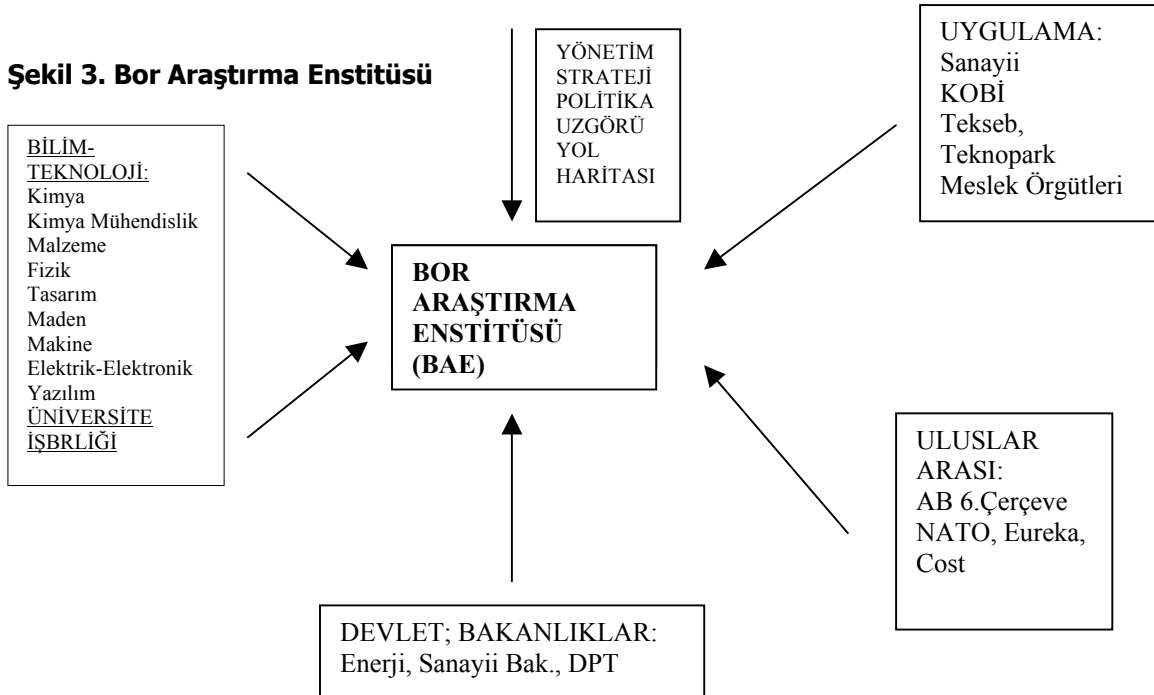


- mevcut üretim tesislerinde kalite ve verim artırıcı, ekonomi iyileştirici, çevre kirliliğini azaltıcı iyileştirme çalışmalarını gerçekleştirmek ve darboğaz giderme çalışmalarını yapmak,
- bu amaçlara uygun insan gücünü yetiştirmek,
- bor cevheri envanterini oluşturmak,
- düşük tenörlü cevher kaynaklarını ve birikmiş borlu atıkları değerlendirmek,
- bor konusunda çevresel etkilerin irdelenmesi, değerlendirilmesi
- borun insan sağlığına, bitki ve hayvanlara etkisini belirlemek.

Bor Araştırma Enstitüsü bu amaçlara yönelik olarak yapılandırılmalıdır. Bor Araştırma Enstitüsü

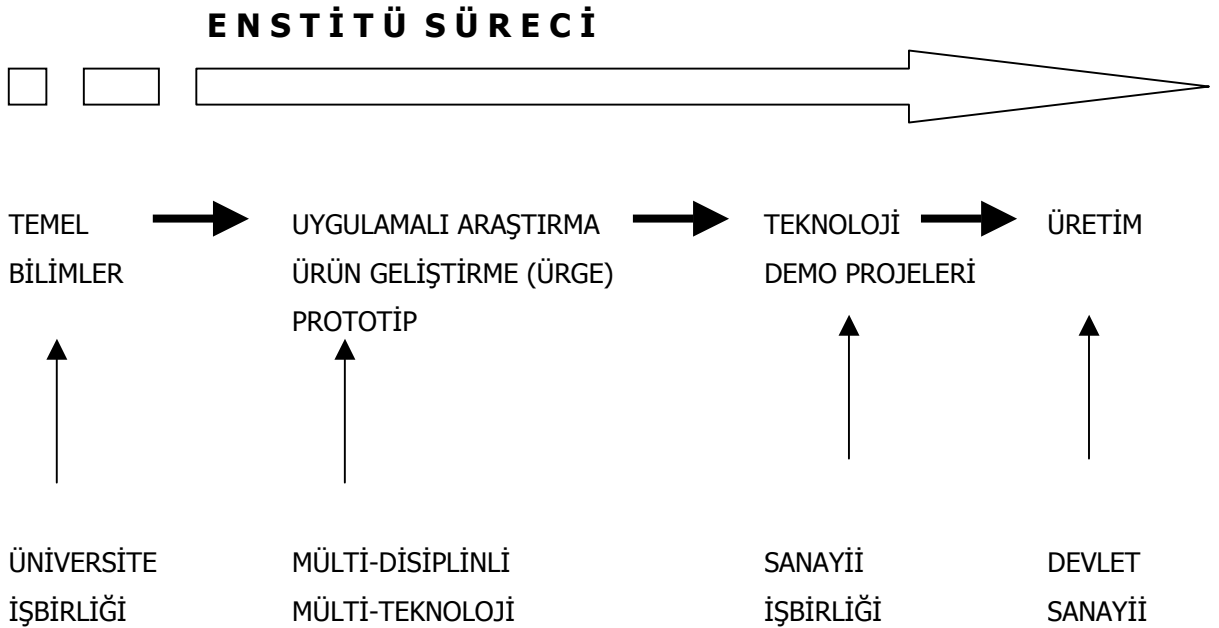
- çok-disiplinli, çok-teknolojili olmalıdır,
- Dünya'daki gelişmeleri yakından izleyebilen ve dünya ölçüsünde kalite ile öncü konumda olabilecek insan ve alt-yapı birikimine ulaşabilmelidir.
- teknoloji üretimine odaklanmalıdır,
- son kullanıcı sanayi kuruluşlarına yakın olmalıdır,
- gerçekleştirilen teknolojilerin üretime geçirilmesinde etkin, çağdaş model ve mekanizmalardan yararlanabilmelidir: Teknoparklar, Tekseb, Kosgeb, Teknokent imkanları ile KOBİ niteliğinde yeni, küçük ama buluşa dayalı spin-off şirketler, yeni ve genç girişimcilere imkan ve ufuklar açabilmelidir.
- temel araştırmaları üniversitelere yönlendirebilmeli; bunları tekrarları önleyecek şekilde koordine etmeli ve sonuçta teknoloji üretimine yardımcı olabilmelerini sağlamalıdır,
- Yukarıda verilen Bor Ağ-Yapı modelini mükemmelleştirerek bir "Mükemmellik Ağ-Yapısı (Network of Excellence)" haline getirebilmeli ve dünya çapında kalitede işletebilmelidir.
- Buna bağlı olarak kendi çalışma alanında uzman kuruluşlarla işbirliği içinde olmalıdır,
- üretim tesisleriyle (Eti Holding) birlikte ve koordineli çalışmalıdır,
- organizasyon şemasında Eti Holding yer almalıdır.

Yukarıda sıralanan bu hususlar ışığında "Bor Araştırma Enstitüsü (BAE)" yapılanması için taraflar ve nitelikleri aşağıda verilen Şekil 3'teki şemada gösterilmektedir:



- BOR ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ (BAE) ilk aşamada aşağıdaki bölümleri içermelidir:
  - yönetim (mali işler, insan kaynakları dahil)
  - planlama (pazar araştırması, yeni pazarlar oluşturulması ve ekonomik analiz)
  - destek hizmetleri (analiz laboratuvarları, bilgi işlem, dokümantasyon, bakım onarım)
  - teknoloji geliştirme birimleri
- i. cevher hazırlama (cevher hazırlama, düşük tenörlü cevher değerlendirme, atık değerlendirme)
- ii. kimyasal ve metalurjik prosesler (ticari boratlar, özellikli ürünler)
- iii. proses ve ekipman tasarımına yönelik bilgisayar destekli çalışmalar (modelleme, simülasyon ve kontrol)
- iv. bor bileşikleri kimyasalları ve ilgili malzemelerde temel bilimsel araştırmalar
- v. yeni ürün geliştirme
- vi. yeni kullanım alanı geliştirme
- vii. çevre araştırma (geri kazanım, atık arıtımı)
- viii. bor'un insan sağlığına ve eko-sisteme etkisi
  - pilot tesisler
  - eğitim

Aşağıda verilen Şekil 4, Bor Araştırma Enstitüsü yapılanmasında hedeflenmesi gereken boyutları ve buna bağlı olarak Enstitü niteliklerini ve çalışma-işleme süreçlerini göstermektedir.



**Şekil 4. Bor Araştırma Enstitüsü yapılanma süreci esaslarının şematik gösterimi**

Bor Araştırma Enstitüsü genel yapılanmasını ticari boratlar ve özellikli bor bileşikleri hedefleriyle şekillendirecektir. Bu kapsamdaki stratejilerin genel başlıkları ve içeriklerinde aşağıdaki hususlar ön plana çıkacaktır.

a. TİCARİ BORATLAR:

- Türkiye’de var olan ve yarı-pilot, pilot tesis niteliğindeki temel işlem süreç laboratuvar ve alt yapısı devreye alınarak bu alanda bir tekrar-duplikasyon ve yeni yatırım gerekmeden doğrudan çalışmalar şekillendirilebilir (bkz. EK 4). Bu alanda İTÜ maden Fakóltesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, ODTÜ, MTA ve diğer önemli kurum ve kuruluşlarımızın alt yapıları devreye almak gereklidir.
- Yeni ürünlerde özellikle dünya pazarlarında “ayrıcalık (niche)” yaratabilecek ürünlerde dünya pazarlarında söz sahibi olunması için etkin işbirlikleri, konsorsiyumlar rahatlıkla BAE önderliğinde konulabilir. Özellikle ülkemizin güçlü alt yapısı ve önemli iç pazarı bulunan aşağıdaki konularında bu süratle hayata geçirilebilir: Tekstil, İnşaat-Yalıtım Malzemeleri, Tarım-Ziraat, Cam, Seramik, Mobilya, Kağıt, Demir-elik
- Bu aşamada kamu ve özel sektörün büyük ve güçlü kuruluşları stratejik ortaklıklarda dikkate alınmalıdır.
- Bu alışmalarda Etibank ve Eti Bor son derece kritik rol oynayacaklardır.
- Doğrudan ürün kapsamında düşünölebilecek konular: cam elyaf yalıtım, tekstil elyafı, borosilikat camlar, frit, sır hammaddeleri, gübre, zirai ilaç formölasyonlarında borlu katkılar, sabun ve deterjan sektörüne doğrudan nitelikli hammadde, kağıt için borlu katkılar, demir-elik sektörü için bor katkıları
- Ticari boratlarda, ülkemizin özellikle güçlü olduğu ve istihdam potansiyeli ile de dikkat çeken tekstil, gıda, kimya, seramik/cam/imento, metal, inşaat, mobilya gibi geleneksel sektörlerimizde “ayrıcalık” yaratabilecek ve doğrudan Bor Araştırma Enstitüsü kapsamında yoğunlaşabilecek alanlar Tablo 2’de verilmektedir.

b. ÖZELLİKLI BOR BİLEŞİKLERİ

- Esas itibariyle Türkiye’deki Bor Araştırma enstitüsü uzun soluklu stratejilerini bu alanda yoğunlaştırmalı ve bu alanı bir numaralı “**ulusal kritik teknoloji**” olarak seğımeli ve tüm enerji, kaynak ve imkanlarını bu doğrultuda seferber etmelidir.
- Bu alan başta enerji olmak üzere savunma, makine-imalat, elektrik-elektronik, tasarım, otomotiv, ulaşım gibi ülke ekonomisinde ağdaş ileri bilgi toplumuna geçiş aşamasında lokomotif işlevi görecektir.
- Bu alanda ön plana getirilmesi gerekli olası konular şunlardır:
- Hidrojen depolama
- MEMS

- Nanoteknoloji
  - Akıllı malzemeler
  - İşlevsel malzemeler, sistem mühendisliği
  - Device ve entegre sistemler
  - Sensör teknolojileri
  - Fine chemicals
  - Yanma geciktirici sistemlerin eko-sisteme ve plastik teknolojisi ile bütünleşmesi
  - Optik fiberler
  - Manyetik malzemeler
  - Sert malzemeler
- Yukarıda verilen konuların temel bilimsel araştırma ve geliştirme etkinliklerinden yola çıkarak tekno-ekonomik sonuçlara ulaşacak ve ülke için yüksek katma değer yaratarak dünya pazarlarında yarışabilecek düzeylere getirilmesi esastır.
  - Bu alanda tüm dünyada olduğu gibi küçük ve orta ölçekli, dinamik-geç atılımcı ve risk alabilen girişimci potansiyelimizi, her zaman övündüğümüz "genç nüfus" avantajımızı hayata geçirmek söz konusu olacaktır.
  - Bu alanda ülkemizde de önemli kabullerle gelişmekte olan teknopark, bilim parkı, teknoloji serbest bölgesi imkanları hayati işlevde rol alabilecektir.
  - Özellikle bor bileşiklerinde, ülkemizin özellikle geliştirmeye çalıştığı ve özellikle son yıllarda ihracat ataklarıyla dikkat çeken otomotiv, makine-imalat, elektrikli makine, ulaşım gibi mühendislik sektörlerimizde "ayrıcalık" yaratabilecek ve doğrudan Bor Araştırma Enstitüsü kapsamında yoğunlaşabilecek alanlar Tablo 3'de verilmektedir

**Tablo 2 Ticari Boratlarda Türkiye'de Geleneksel Sektörlerde Rekabet Gücü Yaratabilecek ürünler**

Ayrıcalık Ürünler	Yaratabilecek	Tekstil	Gıda Tarım	Kimya	Seramik Cam	Metal	İnşaat Mobilya
• Cam elyaf		*			*		
• Borlu alaşımlar				*		*	
• Metalurjik Fluks				*		*	
• Borlu cam					*		
• Alev geciktirici	*			*			*
• Naylon	*			*			
• Gübre			*				
• Frit, sır, emaye					*		
• Katalist				*			
• Deterjan,sabun				*			
• Yapıştırıcı				*			*
• Zirai ilaç			*	*			
• Çimento					*		
• Korozyon önleyici				*			
• İlaç, kozmetik				*			
• Deri	*						
• Endüstriyel yağ				*			
• Kağıt katkı				*			
• Selüloz yalıtım							*

**Tablo 3 Özelliikli Bor Bileşiklerinde Türkiye’de Mühendislik Sektörlerinde Rekabet Gücü Yaratabilecek Ürünler**

Ayrıcalık Ürünler	Yaratabilecek	Otomotiv	Makine	Elektrik Elektronik	Ulaşım: Demiryol,Uzay Havaçılık	Savunma	Enerji
• Hidrojen depolama	*	*			*	*	*
• Kompozitler	*				*	*	
• İlaç						*	
• Fine Chemicals	*					*	
• Elektronik komponent	*		*	*	*	*	
• Bor elyaf					*	*	
• Borlu Fiber optik				*	*	*	
• Borlu magnetler	*		*	*	*	*	
• Bor karbür			*		*	*	
• Kübik Bor nitrür	*		*		*	*	
• Hex Bor Nitrür	*		*		*	*	
• Amorf metal				*	*	*	*
• Amorf bor					*	*	*

#### **4. Bor Araştırma Enstitüsü Neden TÜBİTAK– MAM’da Kurulmalıdır?**

Türkiye’nin bor politikalarına ışık tutacak Bor Araştırma Enstitüsü’nün akılcı bir biçimde ve ivedilikle kurulması gerekir. Enstitünün bir an önce etkin bir şekilde faaliyete geçmek üzere TÜBİTAK - MAM bünyesinde kurulması ve çalışmaya başlaması ve önerilen “Türkiye Bor Mükemmellik Ağ-Yapısını (Turkish Boron Network of Excellence)” çalıştırması, işletmesi ve kurumsallaştırması için aşağıdaki nedenler ileri sürülebilir (ayrıca bkz. EK 4).

##### ***Teknoloji Üretmek***

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi’nin kuruluş amacı ülke kalkınmasında öncelik verilen alanlarda, ekonomik ve toplumsal yarara yönelik bilimsel ve teknolojik araştırma ve geliştirme yapılan, yeni ürün ve üretim teknolojilerinin özüm senerek kullanıma hazır duruma getirildiği önder bir bilim ve teknoloji merkezi oluşturmaktır ve uygulamalı araştırmalar yapan dünyanın önder bilim ve teknoloji merkezleri içinde yer almayı kendine ülkü edinmiştir. TÜBİTAK-MAM ayrıca Tekseb (Teknoloji Serbest Bölgesi) yapılanmasını ve işletmeye alma sürecini başararak bu alanda önder bir konuma gelmiş bulunmaktadır.

##### ***Uygulamalı Araştırma Yapmak***

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, kuruluş amacı ve ülküsü doğrultusunda

- Türkiye’nin küresel rekabet gücünün artırılmasına bilim ve teknolojiyi kullanarak katkıda bulunmak,
- Türk sanayiinin uluslararası rekabet gücünü artırmak,

- Türkiye'nin savunma gücünü arttırmaya katkıda bulunmak,
- Ülkemizin ve dünyanın bilimsel bilgi birikimine katkıda bulunmak,
- Araştırma sonuçlarının uygulamaya aktarılması için teknoloji serbest bölgesinin kuruluşunu gerçekleştirmek,

gibi görevleri üstlenmiştir. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde yürütülen çalışmalar, ülke kalkınmasına öncelik verilen alanlarda Türk Sanayii'nin gereksinimleri ve istemleri doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi Türk Sanayii'nin teknolojik gelişmelerinde ve teknik/teknolojik sorunlarının çözümünde, görevli bir kurum olarak Türk sanayiinin hizmetindedir. Bu bakımdan önerilen "Türkiye Bor Mükemmellik Ağ-Yapısını (Turkish Boron Network of Excellence)" en iyi en verimli şekilde çalıştırabilecek imkan ve alt yapı ile donatılmıştır.

MAM Enstitüleri teknoloji üretiminde mevcut bilimsel araştırmalardan yararlanmakta, ancak gerektiğinde temel araştırma yaparak uygulama açısından eksik olan bilimsel verileri ortaya çıkarmaktadır. Bu açıdan üniversitelerimizdeki bilim adamları ile projeler kapsamında özel yasası nedeniyle hızlı ve yakın ilişki kurabilmekte ve gerekli ve sahip olmadığı bilimsel birikime bu yolla ulaşabilmektedir. Bu nedenle uygulamalı araştırma yapmaya yoğunlaşmıştır. Bu çalışma tarzıyla temel araştırmalar yapan üniversiteler ile kalkınma için üretim yapan ve teknoloji gereksinimi olan sanayi arasında köprü görevini üstlenmiş olup teknoloji üretimini ve uygulamalarını temel çalışma alanı olarak seçmiştir.

### ***Altyapı ve Gerekli İşgücü***

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan

- Bilişim Teknolojileri Araştırma Enstitüsü
- Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü
- Gıda Bilimi ve Teknolojisi Araştırma Enstitüsü
- Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü
- Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü ile
- MAM Teknopark'ı ve Teknoloji Serbest Bölgesi (TEKSEB)

fiziki altyapı, sürekli çalışır halde tutulan ve yenilenen zengin cihaz parkı, çok disiplinli çalışmalara izin veren bir yapılanma ile konularında uzman beyin gücüne sahiptir.

### ***Tek Görevi Araştırma Yapmak***

TÜBİTAK MAM Enstitülerini üniversitelerden ayıran en önemli özelliklerden biri de sadece ARGE yapmak ve örneğin yaygın eğitim gibi bir görevinin olmamasıdır. Eğitim olarak üstlendiği bazı çalışmalar bile sanayi kuruluşlarına yapılan teknoloji ağırlıklı ve kısa süreli eğitim programlarıdır.

## ***Deneyim***

TÜBİTAK MAM, özel amaçlı bir enstitü kuruluş ve çalıştırılmasında temel gereksinimler olan

- Sanayi ile birlikte çalışma
  - Belirlenmiş hedeflere belirlenmiş süre ve bütçe içinde ulaşma
  - Yurt içi ve yurt dışı üniversiteler, araştırma kurumları, sanayi kuruluşları ve uzmanlarla birlikte çalışma geleneği ve becerisi
  - Kapsamlı şemsiye projelerde koordinasyon deneyimi
- konularında kanıtlanmış bir geçmişe sahiptir.

## ***Özel Yasanın Getirdiği Esneklik***

TÜBİTAK MAM'ın özel kuruluş yasası her türlü yeni oluşuma ve yapılanmaya olanak sağlayan bir esneklik getirmektedir. Bu yasa aynı zamanda hızlı kararlar alınmasına, özel personel politikası yürütülmesine, esnek ve sanayinin istediği ve gerekli doğrultuda proje çalışmalarının yürütülmesine olanak sağlamaktadır.

## ***Bor Konusundaki Bilgi Birikimi***

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Türkiye'de hiçbir kurumda benzeri olmayan bir şekilde, dünyada ve Türkiye'de bor cevherleri, bileşikleri, üretim teknolojileri, laboratuvaradan tesis ölçeğine kadar geniş ve kapsamlı bilgi ve deneyim birikimine sahiptir.

Özet olarak, kuruluşundan bu yana bor bileşikleri konusunda uygulamalı araştırmalar yapan, beş enstitüsüyle çok kapasiteli alt yapısı ve beyin gücü bulunan, özel yasasıyla esnek çalışma olanağına sahip, yurt içi ve yurt dışı üniversiteler, araştırma kurumları, sanayi kuruluşları ve uzmanlarla işbirliği içinde olan TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Bor Araştırma Enstitüsü'nün kurulması için en uygun ortamdır.

# EKLER

## 1. TARİHÇE

Bor (B, periyodik cetvelin 5. elementi, atom ağırlığı 10.8) doğada genelde boratlar olarak adlandırılan bileşikleri halinde ve tüm yerkabuğunda yalnızca 10 ppm oranında bulunur. Ancak geniş kapsamlı kullanım alanlarıyla bor cevherleri ve bileşikleri günümüz modern ve ileri teknoloji endüstrilerinin önemli bir girdisidir.

Medeniyetlerin ortaya çıkışından (M.Ö. 8. yy) bu yana kullanıldığı bilinen bor bileşiklerinin en önemli kullanım alanları; cam, sır, frit ve emaye üretimi, alev almayı geciktiriciler, yakıtlar, temizleme ve ağartma, elyaf ve kompozitler, metalürji, zirai, tıbbi ve nükleer uygulamalardır.

Türkiye’de bor madenciliği 1865’de Compaigne Industrielle des Mazures tarafından Susurluk ilçesinin 9 km güneyinde, Aziziye köyündeki yatakta başlamıştır. 1956’da Emet yakınlarında bulunan kolemanit yataklarını Etibank’ın işletmeye başlaması ve 1971-1978’de bor madenciliğinin devletleştirilmesine kadar çeşitli yerli ve yabancı şirketler tarafından işletilmiş ve hiçbir katma değer elde edilmeden ham maden olarak ihraç edilmiştir. Türkiye’de bor madenlerinin devletleştirilmesinden sonra, Etibank madenlerde konsantratörlerin yanında, Bandırma ve Kırka’da bor cevherlerinden temel bor bileşiklerini üreten tesisler kurmuştur. Bor bileşikleri üretim tesislerinin kurulmasında teknoloji alımında sorunlar yaşanmış, eski teknolojilerin yarattığı çeşitli sorunların giderilmesi için çaba gösterilmiş ve geliştirmeler yapılmıştır.

Bu raporda bor cevherleri ve bileşikleri ile ilgili çeşitli veriler değişik kaynaklardan derlenmiştir. Ancak pekçok kaynakta çelişkili rakamlara rastlanmaktadır. Bunun temel nedenleri verilerin hesaplanmasında kabul edilen esasların belli olmaması, verilerin azlığı nedeniyle sağlıklı olmayan tahminlerin yapılmış olması, farklı ürün gruplandırılmalarının yapılması ve hatta ticari nedenlerle verilerin saptırılmasıdır. Ancak bu çelişkiler Türkiye açısından yapılan yorumları pek etkilememektedir.

Türkiye’de, özellikle TÜBİTAK-MAM’da bor cevherleri ve bileşikleri konusunda yapılan araştırma çalışmaları ve elde edilen sonuçlar ayrı bir bölümde toplanmıştır. Son bölümde ise sahip olunan bu zenginliğin en iyi şekilde değerlendirilebilmesi için yapılması gerekenler konusunda öneriler ve bu çalışmalarda MAM’ın yapabilecekleri ortaya konmuştur.



## 2. BOR CEVHERLERİ

Yaklaşık 230 borat minerali bilinmesine rağmen bunların pek azının ticari önemi vardır (Çizelge 1). Çizelgedeki ilk üç mineral bor bileşikleri üretiminde sorunlar yaratan magnezyum, silis ve demir içermemektedir ve ülkemizin temel bor minerallerini oluşturmaktadır. Sadece İtalya'da bulunan ve saf borik asit olan sassolit minerali ise ekonomik anlamda tükenmiştir.

Borat cevheri yatakları yeryüzünde belirli bazı bölgelerde yoğunlaşmıştır: Kaliforniya, And Dağları, Türkiye ve Orta Asya (Şekil 1). Dünya bor rezervlerinin ülkelere göre dağılımı Çizelge 2'de, bu ülkelerde bor cevheri üretiminin yıllara göre değişimi Çizelge 3'de, önemli bor cevheri üreticilerine göre dağılımı ise Çizelge 4'de verilmektedir. Bu çizelgelerden, en büyük üretici ülkenin A.B.D. olduğu ve üretim miktarının yıllara göre fazla değişmediği, Türkiye'de 1975'den sonra üretim miktarının önemli ölçüde arttığı, Rusya-Kazakistan'da azalan, Şili, Çin ve Arjantin'de 1980'lerden sonra bir miktar artan bir üretim olduğu görülmektedir. Ayrıca son yıllarda artmasına rağmen bor cevherlerinin % 60'ına sahip Türkiye, dünya borat üretiminin ancak % 31'ini gerçekleştirebilmektedir.

Bor bileşikleri tüketiminde bugünkü (1997) eğilim korunursa Türkiye 568, ABD 138 (US Borax 40), Rusya 93, Şili 27, Çin 24 ve Peru 15 yıl yetecek kadar toplam rezerve sahiptir. Dünya piyasasında söz sahibi olan US Borax'ın rezervlerinin tükenme aşamasına geldiği önemlidir. Ancak rezerv fazlalığı tek başına bir üstünlük sağlamamaktadır. Çizelge 4'den görülebileceği gibi Türkiye'deki rezervler, diğer rezervlerden daha zengindir. Ayrıca Türkiye'deki rezervler tüm sene boyunca işlenmesi kolay, ana ulaşım hatlarına ve kentlere yakın bölgelerde bulunmaktadır. Buna karşılık Güney Amerika'daki yataklar yüksek And dağlarında, su kaynaklarına uzak ve geniş alanlara yayılmış durumdadırlar. Ayrıca ekonomik işletilebilecek yataklar da sınırlıdır. Çin'deki yatakların durumu ekonomik üretime pek izin vermemekte ve daha çok iç piyasaya hitap etmektedir. Buna karşılık Rusya'nın Japon Denizi kıyısındaki nisbeten yeni üretim tesisleri Türkiye'nin Uzak Doğu pazarı için rakip olmaya adaydır.



Şekil 1 . Dünyada önemli bor yatakları.

Çizelge 1 Ticari öneme sahip bor mineralleri (Garrett, D.E., 1998; Roskill, 1995).

Yapı	Mineral adı	Kimyasal formül	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği, %
Sodyum borat	Tinkal	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	36.5
	Tinkalkonit	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	48.8
	Kernit	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 4 H <sub>2</sub> O	51.0
Kalsiyum borat	Kolemanit	Ca <sub>4</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	50.8
	İnyoit	Ca <sub>4</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 13 H <sub>2</sub> O	37.6
	Pandermit	Ca <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>19</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	49.8
Sodyum-kalsiyum borat	Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> · 8 H <sub>2</sub> O	43.0
	Probertit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	49.6
Magnezyum borat	Aşarit	Mg <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>5</sub> · H <sub>2</sub> O	41.4
	İnderit	Mg <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 15 H <sub>2</sub> O	37.3
	Pinnoit	MgB <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · 3 H <sub>2</sub> O	42.5
Magnezyum-kalsiyum borat	Hidroborasit	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 6 H <sub>2</sub> O	50.5
Borosilikat	Datolit	Ca <sub>2</sub> B <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>9</sub> · H <sub>2</sub> O	21.8
Magnezyum-demir borat	Ludvigit	Mg <sub>2</sub> FeBO <sub>5</sub>	17.8
Magnezyum klorür çifte tuzu	Borasit	Mg <sub>3</sub> B <sub>7</sub> O <sub>13</sub> Cl	62.2
Hidrojen borat	Sassolit	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	56.4

Çizelge 2. Dünya bor (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) rezervi dağılımı (Roskill, 1999; Garrett, 1998; Kalafatoğlu ve Örs, 2001).

Ülke	Görünür		Muhtemel milyon ton	Toplam	
	milyon ton	%		Milyon ton	%
Türkiye	375	66.3	483	858	58.2
ABD	60	10.6	149	209	14.2
Kazakistan	54	9.5	82	136	9.2
Rusya	28	5.0	112	140	9.5
Çin	27	4.8	9	36	2.4
İran	1	0.18	1	2	0.14
Sırbistan	3	0.53	0	3	0.20
Şili	8	1.41	33	41	2.8
Bolivya	4	0.71	15	19	1.3
Peru	4	0.71	18	22	1.5
Arjantin	2	0.35	7	9	0.61
TOPLAM	566	100	909	1475	100

Çizelge 3. Dünya ham borat üretim miktarının zamanla değişimi (1000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Roskill 1999).

Ülke	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998
Türkiye	122	242	320	259	476	435	475
ABD	510	547	710	577	608	728	619
Arjantin	11	27	55	55	50	86	123
Rusya+Kazakistan	94	140	130	130	120	106	78
Çin	31	33	27	27	75	140	140
Şili			1	2	46	74	60
Diğer			7	4	10	17	16
TOPLAM	768	989	1250	1054	1385	1586	1511

Çizelge 4. 1998 yılı dünya ham borat üreticileri ve üretim miktarı (1000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (Roskill, 1999).

Şirket	Ülke	Cevher	Tenör, %	Üretim	%
Eti Bor	Türkiye	Tinkal, kolemanit, üleksit	27-43	475	31.4
Rio Tinto Corp., U.S. Borax	ABD	Tinkal, kernit	25	560	37.1
Boroquimica Sanicaf	Arjantin	Tinkal, kolemanit, üleksit, hidroborasit	16-18	27	1.8
North American Chem. Co.	ABD	Gölsuyu	1	60	4.0
JSC Bor	Rusya	Datolit	8-10	73	4.8
Kamu kuruluşları	Çin	Gölsuyu, Ludvigit	85-1500 mg/l 2-7	140	9.3
Quiborax	Şili	Gölsuyu		60	4.0
SQM Solar	Şili	Tuzlu su		16	1.1
Inca Bor	Peru	Üleksit	30-32	13	0.9
Sucersal Argentina	Arjantin	Tinkal, üleksit, inyonit	16	30	2.0
Diğerleri				57	3.8
	Toplam			1511	

Bor madenciliği,

- Açık ocak madenciliği (Türkiye, A.B.D., Arjantin)
- Kapalı ocak madenciliği (A.B.D.)
- Çözelti madenciliği (A.B.D.)
- Çamurlardan üretim (Arjantin)
- Sulardan kazanma (A.B.D., İtalya)

yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir (Roskill, 1999; Garrett, 1998). Günümüzde Türkiye’de bor madenciliği genellikle açık ocak madenciliği şeklinde yapılmaktadır. Türkiye’de kurulu bor cevheri üretim kapasitesi Çizelge 5’de verilmektedir.

Çizelge 5. Türkiye’de bor cevheri üretim kapasitesi (Eti Holding verileri).

İşletme	Mineral adı	Tenör % B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kapasite ton/yıl
Kırka	Tinkal	27	600,000
Emet	Kolemanit	27-28	500,000
Kestelek	Kolemanit	25-33	100,000
Bigadiç	Kolemanit	28-30	400,000
	Üleksit		128,000

### 3. BOR BİLEŞİKLERİ

Kullanım alanları ve üretim teknolojileri yönünden bor bileşikleri iki grupta incelenebilir:

1. Büyük miktarlarda üretilen ve yaygın kullanım alanlarına sahip bor mineralleri ve ticari boratlar.
2. Özel tüketim alanları olan ve kısıtlı miktarda üretimi yapılan özellikli bor ürünleri.

#### 3.1 Ticari Boratlar

Doğrudan ara madde olarak kullanılan kolemanit ve üleksit cevherlerinin yanı sıra yaygın olarak büyük miktarlarda kullanılan ticari boratlar, rafine borakslar (boraks dekahidrat, boraks pentahidrat ve susuz boraks), borik asit ve sodyum perboratlardır (sodyum perborat tetrahidrat ve monohidrat). Bu ticari önemi olan bor mineralleri ve bileşiklerinin kimyasal formül ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri Çizelge 6’da, önemli kullanım alanları Çizelge 7’de ve dünyada tüketimin bu tüketim alanlarına göre dağılımı Çizelge 8’de özetlenmektedir.

Çizelge 7’den bor mineralleri ve ticari bor bileşiklerinin çok önemli bir özelliği olan birbirinin yerine kullanılabilme özelliği açıkça görülmektedir. Bor bileşikleri en çok Avrupa’da sonra Kuzey Amerika’da tüketilmektedir. Avrupa’da en önemli tüketim alanı deterjanlar ve çeşitli camlardır. Kuzey Amerika’da ise en önemli tüketim alanı camlardaki özellikle izolasyon cam elyafı üretiminde kullanımıdır. Latin Amerika’da ve Asya/Pasifik’de tüketim miktarı daha azdır, cam ve emayelerde kullanım diğer alanlara göre bir miktar daha fazladır. Diğer bölgelerde kullanım son derece azdır.

Çizelge 6. Ticari öneme sahip bor mineralleri ve bileşikleri.

Mineral/bileşik adı	Kimyasal formül	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği, %
<i>Mineraller</i>		
Kolemanit	Ca <sub>4</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	50.8
Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> · 8 H <sub>2</sub> O	43.0
<i>Bileşikler</i>		
Boraks Dekahidrat	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	36.5
Boraks Pentahidrat	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	48.8
Susuz Boraks	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	69.12
Borik Asit	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	56.4
Sodyum Perborat Tetrahidrat	NaBO <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O	23.45
Sodyum Perborat Monohidrat	NaBO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	34.88
Bor Oksit	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100.00

Çizelge 7. Ticari önemi olan bor mineralleri ve bileşiklerinin önemli kullanım alanları.

Kullanım alanı		Mineral/bileşik*
Cam	İzolasyon cam elyafı	Tinkal, Üleksit, probertit, BDH, BPH, SB, BA
	Tekstil cam elyafı	Kolemanit
	Borosilikat camları	Tinkal, üleksit, probertit, kolemanit, BPH, SB, BA
	Özel camlar	BDH, BPH, SB, BA
Cam seramikleri		Tinkal, üleksit, BDH, BPH, SB, BA
Emaye, sır, frit		Tinkal, üleksit, kolemanit, BDH, BPH, SB, BA, BO
Temizleme ve ağartma	Sabun, deterjan	Sodyum perboratlar
	Kağıt hamuru	Sodyum borhidrür
Zirai uygulamalar	Gübre	BDH, BPH, SB, BA, kolemanit
	Yabani ot öldürücüler	BDH, BPH, BA, bakır metaborat, sodyum metaborat
	Böcek öldürücüler	BDH, BPH, BA, disodyum oktaborat, glikol boratlar
Ahşap emprenyesi		BDH, BPH, BA
Alev geciktiriciler	Selülozik izolasyon malzemeleri	BDH, BPH, SB, BA
	Plastik malzemeler	Çinko boratlar, amonyum fluoborat, baryum metaborat, sodyum pentaborat
Metallurjik uygulamalar	Börüleme	Bor halojenürler
	Demir esaslı ve demir dışı borlu alaşımlar	Susuz boraks, bor oksit, boratlar
	Flakslar	Susuz boraks, bor oksit, boratlar

\* BDH: Boraks dekahidrat, BPH: Boraks pentahidrat, SB: Susuz boraks, BA: Borik asit, BO: Bor oksit.

Ticari bor mineral konsantreleri ve bileşiklerinin üretim yöntemleri incelendiğinde (Çizelge 9), bunların özel koşullar gerektirmeyen klasik kimya mühendisliği birim işlemleriyle üretilebildiği görülür. Konsantre cevherden başlayarak ürünlerin fiyatları ve bor oksit bazında yaratılan katma değer Çizelge 10'da verilmektedir. Buradan görülebileceği gibi bor cevheri işlem gördükçe ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği artırıldıkça fiyatı katlanarak artmaktadır.

Çizelge 8. Dünya ekonomik bölgeleri bor tüketim alanları (1000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1998) (Roskill, 1999; Kalafatoğlu ve Örs, 2001).

Bölge	Cam	Seramik	Tarım	Deterjan	Diğer	Toplam	%
K.Amerika	186	13	17	21	84	421	28
Latin Amerika	87	37	14	5	37	177	12
Batı Avrupa	159	69	14	242	208	692	46
Doğu Avrupa	40	12	2	8	16	78	5
Asya/Pasifik	69	30	11	4	30	141	9
Afrika/Ortadoğu	1	1	0	0	0	2	0.1
Toplam	642	162	58	280	377	1511	
%	42	11	4	18	25		

Çizelge 9. Ticari bor mineral konsantreleri ve bileşiklerinin üretim yöntemleri.

Konsantre/bileşik	Üretim yönteminde yer alan birim işlemler
Konsantre mineral	Kırma, öğütme, yıkama, sınıflandırma
Kristal borakslar	Çözme, süzme, kristalizasyon, kurutma
Susuz boraks	Ergitme, akışkan yatakta dehidrasyon
Borik asit	Reaksiyon, kristalizasyon, kurutma i) Kolemanit/tinkal + mineral asit ii) Çözeltilerden ekstraksiyon iii) Borat çözeltilerinin elektrolizi
Bor oksit	Borik asit dehidrasyonu
Metal boratlar	Borik asit/bor oksit/boratlar + metal hidroksit
Fluoboratlar	Borik asit + HF + metal hidroksit

Çizelge 10. Bazı cevher ve rafine boratların fiyatları (Kalafatoğlu ve Örs, 2001).

Bileşik	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	USD/t	USD/t B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Bağlı
Kolemanit	40 – 42	285	695	1.0
Susuz boraks	68.1	802	1178	1.7
Boraks dekahidrat	36.5	346	948	1.4
Boraks pentahidrat	47.8	402	841	1.2
Borik asit	56.3	801	1422	2.1
Bor oksit	100	1996	1996	2.9
Sodyum perborat	22.5	760	3378	4.9

### 3.2 Özellikli Bor Bileşikleri

Toplam bor tüketiminde % 25 orana (Çizelge 8) sahip olan özellikli bor bileşiklerinin kullanım alanları ve üretim yöntemleri Çizelge 11’de, bazı özellikli ürün ve özel işlem görmüş boratların fiyatları ise Çizelge 12’de verilmektedir.

Fluoboratlar, çinko borat, baryum metaborat gibi bazı boratlar diğer özel ürünlere kıyasla daha kolay bilinen üretim yöntemleriyle üretilir ve tüketim miktarları bor elyafı, refrakter borürler gibi bor bileşiklerinden daha fazladır. Bor, bor karbür, bor nitrürler, boranlar, borlu mknatıslar gibi çok özel kullanım alanı olan özellikli bor bileşiklerinin üretim ve tüketim miktarı çok kısıtlıdır ve genelde son tüketici tarafından üretildiklerinden ilgili veriler çok sağlıklı değildir. Ancak bu bileşiklerin fiyatları çok yüksektir (Çizelge 12).

Çizelge 11. Özellikli bor bileşiklerinin kullanım alanları ve üretim yöntemleri.

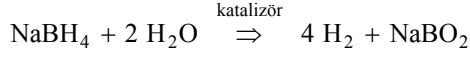
Bor bileşiği	Üretim yöntemi	Kullanım alanı ve özelliği
Bor (amorf, kristal)	Bor trifluorür + H <sub>2</sub> <u>BA + Mg + ısı</u> BO + Halojen + C + ısı	Askeri piroteknikler Nükleer silahlar, nükleer güç reaktörü kalkanı
Bor elyaf	W, C veya Ti filament üzerine CVD kaplama	Havacılık ve spor amaçlı uygulamalar için kompozitler
Bor karbür	BA + C + ısı BO + C + Mg + ısı	Yüksek sertlikte aşındırıcılar, refrakter, zırh, nötron soğurucu, kompozitler, katı yakıt
Bor nitrür, hegzagonal	BA/BO + NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> Cl/ CN bileşikleri + ısı	Refrakter, kaydırıcı, kimyasal inert malzeme, yüksek elektrik direnci
Bor nitrür, kübik	HBN + ısı + basınç	Sıcaklık dayanımı yüksek sert malzeme, yüksek ısı iletkenlik
Borlu mknatıslar	Toz metallurjisi yöntemleriyle	Manyetik enerjisi ve demagnetizasyon dayanımı yüksek malzeme
Sodyum bor hidrür	Na + H <sub>2</sub> + borat esterleri/boratlar borosilikat + H <sub>2</sub> + indirgen İyon selektif membranlı elektroliz	Özellikli arıtım kimyasalları, selüloz ağartma, metal yüzeylerin temizlenmesi, hidrojen depolama





olarak sıralanabilir. En önemli tüketiciler Avrupa'daki kağıt endüstrisidir. Sodyum borhidrür tüketiminde yıllık % 4 artış beklenmektedir (Roskill, 1999; Örs vd., 2002).

Sodyum borhidrür alkali çözeltileri katalitik olarak,



bağıntısı uyarınca hidrojen verir. Bu özellik yeni ve temiz enerji politiklarıyla birlikte değerlendirilebilirse bor için çok yaygın ve kalıcı bir tüketim alanı yaratılabilecektir. Sodyum bor hidrürün diğer hidrojen taşıma ortamlarına göre avantajları:

- Ağırlıkça % 20 hidrojen depolayabilir.
- Yanıcı/patlayıcı değildir.
- Reaksiyon kolayca kontrol edilebilir.
- Hidrojenin yarısı hidrürden, diğer yarısı ise sudan gelmektedir.
- Katalizör ve sodyum metaborat tekrar kullanılır.

Sodyum borhidrür çözeltilerinden katalitik olarak elde edilen hidrojen gazı,

- yakılarak,
- geri dönüşsüz pil olarak,
- yakıt pilinde

kullanılarak enerjiye dönüştürülebilir.

### 3.3 Bor Bileşikleri Üretimi ve Pazarı

Bor cevherlerinin belirli bölgelerde yoğunlaşmış olması, bunları işleten firma sayısının azlığı, bazı cevher ve boratların bir birinin yerine kullanılabilir olması, bor bileşiklerinin özellikle ticari bor bileşikleri üretiminin de belirli firmalar tarafından yapılmasına yol açmıştır. Bor pazarının % 75'ini oluşturan ve ara ürün olarak kullanılan cevher ve boratların üretimi için kurulu kapasite Çizelge 13'de, üretim miktarları ve kapasite kullanım oranları ise Çizelge 14'de verilmektedir.

Çizelge 13. Ticari borat üretimi kurulu kapasitesi (1997) (Roskill, 1999; Eti Holding verileri) .

a) Rafine borakslar (Boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, susuz boraks)

Firma	Ülke	Kapasite, 1000 ton B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /yıl
US Borax	A.B.D.	765
Eti Holding	Türkiye	174*
Çin	Çin	78
NACC	A.B.D.	30
Borax Français	Fransa	22
Boroquimica	Arjantin	7
Larderollo	İtalya	8
Borax Morarji	Hindistan	8
Southern Borax	Hindistan	7

Inka Bor	Peru	5
Indusrias Quimicas Baradero	Arjantin	2,5
Mineral Del Boro	Arjantin	2
<b>Toplam</b>		<b>1108</b>

*b) Borik asit*

Firma	Ülke	Kapasite, 1000 ton B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /yıl
US Borax	A.B.D.	125
Eti Holding	Türkiye	29**
Rusya		112
Larderollo	İtalya	37
NACC	A.B.D.	25
Borax Français	Fransa	22
Quiborax	Şili	14
Diğer 11 firma		50
<b>Toplam</b>		<b>414</b>

*c) Sodyum perborat*

Firma	Ülke	Kapasite, 1000 ton/yıl	
		Monohidrat	Tetrahidrat
Solvay (Dupont Chem)  (Produtos Quimicas Ltd.)	A.B.D.	14	20
	Belçika	20	35
	Fransa		36
	İtalya	25	55
	Portekiz	8	
	İsveç		32
	İngiltere	25	60
<b>Toplam</b>		<b>92</b>	<b>238</b>
Degussa  (ICI)	Belçika	36	65
	Almanya	50	145
	İngiltere	25	60
	<b>Toplam</b>	<b>111</b>	<b>270</b>
Treibacher	Avusturya	5	17
Chemoxal	Fransa	13	48
Elf Atochem	Fransa	40	36
Peroxid-Chemie	Almanya	25	40
Ausimont Spa	İtalya	30	50
Caffaro Spa	İtalya	10	30
Foret SA	İspanya	10	60
Eka Nobel	İsveç	4	16
Perbor AG	İsviçre		13

Primorsky	Rusya	bilgi yok	
Eti Holding	Türkiye		20
Toplam		340	838

\* Yeni kurulan tesislerle ~ 255 000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/yıl'a çıkacaktır.

\*\* Yeni kurulan tesislerle ~ 105 000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/yıl'a çıkacaktır.

Çizelge 14. Borat üretim miktarı ve kapasite kullanım oranları (1997) (Roskill, 1999; Eti Holding verileri).

a) Rafine borakslar (Boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, susuz boraks)

Firma	Ülke	Üretim 1000 ton B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /yıl	KKO %
US Borax	A.B.D.	400	52
Eti Holding	Türkiye	143	82
Çin	Çin	60	77
NACC	A.B.D.	25	83
Borax Français	Fransa	18	82
Larderollo	İtalya	6	75
Inka Bor	Peru	5	100
Diğer		32	
Toplam		689	62

b) Borik asit

Firma	Ülke	Üretim 1000 ton/yıl	KKO %
US Borax	A.B.D.	215	95
Eti Holding	Türkiye	46	92
Rusya		85	42
Larderollo	İtalya	50	75
NACC	A.B.D.	45	100
Borax Français	Fransa	30	75
Quiborax	Şili	20	80
Boroquimica	Arjantin	5	83
Çin		17	94
Diğer 9 firma		53	86
Toplam		569	77

En büyük rafine boraks üretim kapasitesi US Borax'ta kuruludur. Yeni kurulan Kırka III BPH (Boraks PentaHidrat) tesisi ile Eti Holding'in rafine boraks kurulu kapasitesi ~255 000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/yıl'a çıkmıştır ve US Borax'ın 1/3'ü kadardır.

Emet'te kurulan ve 2003'de tam kapasite üretime geçmesi planlanan yeni borik asit tesisiyle Eti Holding'in borik asitte kurulu kapasitesi ~105 000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/yıl'a çıkmakta ve büyük kapasiteleri mevcut olan US Borax ve Rusya'nın üretim kapasitesine ulaşmaktadır.

Dünyada kurulu rafine boraks ve borik asit üretim kapasitesinin çok büyük bir bölümü A.B.D.'de (% 62) ve Türkiye'de (% 23) bulunmaktadır. Eti Holding bu kapasiteyi 1.2 milyon ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/yıl'a çıkarmayı planlanmıştır ve yatırımları devam etmektedir (Örneğin; 160 000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/yıl kapasiteli tek kademede üretim yapacak Kırka IV BPH tesisi, 45 000 ton B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/yıl kapasiteli sodyum perborat tesisi).

US Borax ve Eti Holding dışında, rafine boraks üretiminde Çin, borik asit üretiminde ise Rusya üçüncü büyük üretim kapasitesine sahiptir.

Ağartıcı olarak önemli bir deterjan girdisi olan sodyum perborat üretiminde ise en yüksek üretim kapasitesine sahip iki çok uluslu kimyasal üreticisi olan Degussa (% 32) ve Solvay'dir (% 28). Bor cevheri ve sodyum perborat üretiminin ham maddesi olan rafine boraks üretimi yapmayan bu iki kuruluş, çoğunluğu Batı Avrupa'da bulunan tesislerinde dış alımla sağladıkları (özellikle Türkiye'den) sodyum boratlardan sodyum perborat üretmektedir. Mevcut sodyum perborat üretim kapasitesi çok düşük olan (~% 2) Eti Holding planladığı yeni yatırımıyla bu oranı % 5'in üstüne çıkaracaktır. Diğer sodyum perborat üreticileri Batı Avrupa'dadır ve dünyada en fazla sodyum perborat Batı Avrupa'da tüketilmektedir.

Mevcut ticari bor bileşikleri üretim kapasitesi dünya istemini karşılayacak düzeyin üstündedir. Bu ortalama kapasite kullanım değerlerinden (Çizelge 14) açıkça görülebilir. Buna rağmen Eti Holding hem rafine borakslarda hem de borik asit üretiminde dünya ortalamasının çok üstünde kapasite kullanım oranına sahiptir.

Yukarda sıralanan ticari boratların dışında kalan ve pazarın % 25'ini oluşturan bor bileşiklerinin kapasite ve üretim bilgileri yeterli ve güvenilir değildir.

Dünyada ticari ve özellikli bor bileşiklerinin üreticileri ve kullandıkları ham madde kaynakları Çizelge 15 ve 16'da verilmektedir. Ara madde olarak kullanılan bor cevherleri ve ticari borat üreticileri incelendiğinde (Çizelge 15), en büyük ürün çeşitliliğinin US Borax ve Eti Holding'te olduğu görülür. Konsantre cevher, rafine borakslar ve borik asit dışında diğer boratların üretimini yapan sadece Eti Holding (sodyum perborat) ve US Borax'tır (çeşitli boratlar).

Özellikli bor bileşikleri üreticileri ise daha çok ileri teknoloji kullanan, kendi alanında lider, çok uluslu büyük şirketlerdir. Bu şirketler özellikli bor bileşiklerini çoğunlukla kendi tesislerinde veya ortaklıklarının tesislerinde son ürünlerde kullanarak pazarlamaktadır. Bor cevheri ve ticari bor bileşiği üretimi olmayan Japon şirketleri borlu mıknatıslar ve refrakter bor bileşikleri gibi miktarı az ancak katma değeri yüksek özellikli bor bileşikleri üretiminde göze çarpmaktadır.

Türkiye’de kurulu bor bileşikleri üretim tesisleri Çizelge 17’de, bu tesislerde yapılan üretimle dünya pazarında alınan pay Çizelge 18’de verilmektedir. Dünya bor cevherlerinin üçte ikisine sahip Türkiye’nin dünya pazarındaki düşük payı (% 27) ivedilikle artırılmalıdır.

Çizelge 15. Bor bileşikleri üreticileri.

Firma	Ülke/Şehir	Ham madde	Ürün
Eti Holding	Türkiye	Tinkal, kolemanit, üleksit (Kuzey Batı Anadolu)	Boraks penta ve dekahidrat, susuz boraks, borik asit, sodyum perborat tetra ve monohidrat
US Borax*	A.B.D./Boron, Wilmington	Kernit, tinkal (Boron)	Boraks penta ve dekahidrat, susuz boraks, borik asit, bor oksit özel kalite boraks, özel kalite borik asit, disodyum oktaboratlara (SOLUBOR, TIMBOR, POLYBOR), sodyum metaborat dihidrat, çinko boratlar, amonyumboratlara, potasyum boratlar
NACC	A.B.D./Trona, Westend	Searless Gölü suyu	Susuz boraks, borik asit, boraks deka ve penta hidratlar, sodyum karbonat, sodyum sülfat, lityum ve potasyum bileşikleri
Boroquimica Samicaf*	Arjantin	Tinkal, kolemanit, hidroborasit, üleksit (And Dağları)	Boraks deka ve pentahidratlar, susuz boraks, borik asit
Quiborax	Şili	Üleksit (And Dağları)	Konsantre üleksit, sentetik kolemanit, borik asit
	Bolivya	Üleksit, tinkal, kolemanit, hidroborasit (And Dağları)	Konsantre üleksit, boraks, borik asit
Inka Bor	Peru	Laguna Salinas tuz gölü çökeltileri	Konsantre üleksit, boraks, borik asit
JSC Bor	Ruya/Dalnegorsk, Kırım, Taman	Datolit,	Borik asit, bor oksit, boraks deka ve pentahidratlar, susuz boraks, sentetik kolemanit
	Çin/Tibet, Liaoning	Tuzlu göller, boromagnezit	Boratlar, borik asit

\* RTZ kuruluşları.

Çizelge 16. Özelliikli bor bileşikleri ve üreticileri.

Alan	Bileşik	Üretim, t/yıl	Üretici	Ülke
Alev geciktiriciler	Çinko borat, borik asit, borakslar	16420 ton (1997)	US Borax (Polybor, Firebrake), Atomergic Chemetals, Buckman Labs., Humprey Chem. Co., Pearsall Chem. Co.	A.B.D.
Mıknatıslar	Kalıcı, Nd-Fe-B	~10000 ton (1998)	SMMC/Molycorp (NEOMAX), TDK, Shinetsu, Hitachi Metals (HILOP)	Japonya
	Yumuşak, Fe-B-Si, Fe-B-P, Fe-Co-B-Si	<100 ton/yıl	Magnaquench International Inc., Baotsu Steel and Rare earth Co., Ningxia Street and Edenweiss Int. Enterprise Group Co. Ltd., Hegao International Magnaquench International Inc. (General Motors Co.), Daido Steel of Illinois, Neomet Corp., TDK Corp. Of America Allied Signal	Çin A.B.D.
Gübre	Boraks, borik asit, boratlar		US Borax (SOLUBOR, TIMBOR), Environmental laboratories Inc. (Term-A-RID613)	A.B.D.
Ot öldürücüler	Bakır metaborat			
Böcek öldürücüler	Boraks			
Refrakter bor bileşikleri	Bor karbür		Washington Mills Electro Mineral Corp., Alyn Corp. Of Costa Mesa, Ceradyne Advanced Ceramics (Ceralloy 546)	A.B.D.
	Bor nitrür, kübik		Sumitomo Corp. (SUMIBORON) Synthetic Diamonds and Diamond Tools Plant De Beers (Amborite)	Japonya Ukrayna
	Bor nitrür, hekzagonal		UCAR Advanced Ceramics, Orpac Inc. (Ceralbond-BN), ZYP Coating Inc., Mitsui Toatsu Chemical (MBN), Boride Ceramics&Composites Ltd. of Newport, Carborundum Co. (AX05)	
	Pirolitik		Atomergic Chemetals Corp. Iwatani Internatioanl Toshiba Ceramics of Japan	A.B.D. Japonya Japonya
Sodyum bor hidrür	Metal borürler, TiB <sub>2</sub> , ZrB <sub>2</sub> , SiB <sub>6</sub> , LaB <sub>6</sub>	50000 ton (hidrosülfid eşdeğeri), yıllık talep artışı %4	Ventron Corp. (Morton Inc.)  Finnish Chemicals Bayer AG Nippon Aluminum Alkyls Eagle-Picher, Rohm&Haas	A.B.D., Hollanda  Finlandiya Almanya Japonya A.B.D.

Çizelge 17. Türkiye'nin bor bileşikleri üretim kapasitesi.

İşletme	Bor tuzu adı	ton/yıl
Kırka	Boraks pentahidrat	480,000
	Boraks pentahidrat (planlanan)	240,000
	Susuz boraks	10,000 fiili (60,000 tasarım)
Bandırma	Borik asit	85,000
	Boraks pentahidrat	50,000
	Sodyum perborat tetrahidrat	20,000
	Sodyum perborat monohidrat*	
Emet	Borik asit (2003'de)	100,000

\* Talep olduğunda tetrahidrat üzerinden üretilmektedir.

Çizelge 18. Bor satışı (1997).

Ürün	1000 ton B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			Milyon \$		
	Dünya	Eti Holding	%	Dünya	Eti Holding	%
Tinkal konsantresi	61	61	100	26	26	100
Üleksit konsantresi	141	69	49	49	24	19
Kolemanit konsantresi	185	175	95	92	82	89
Boraks pentahidrat	503	120	24	325	78	24
Boraks dekahidrat	74	14	19	69	9	13
Susuz boraks	57	-	-	65	-	-
Borik asit	268	28	10	257	17	7
Toplam	1289	467	36	883	236	27

## 4 TÜRKİYE'DE YAPILAN BOR ÇALIŞMALARI

1956 yılında Emet yakınlarında bulunan kolemanit yataklarının bir kamu kurumu olan Etibank tarafından işletmeye alınmasıyla Türk bilim adamları bor kimyasalları ile çalışmaya başlamışlardır. Bor bileşikleri ile ilgili ilk endüstriyel araştırmalar Prof.Dr. Raşit Tolun tarafından 1964'de başlatılmıştır. Aynı yıl MTA Türkiye'de Bor Mineralleri Envanteri'ni hazırlamıştır. Bundan sonra çalışmalar hem yaygınlaşmış hem de sayıca artmıştır. Türkiye'de yapılan bor kimyasalları araştırmalarının tarihçesi Çizelge 19'de özetlenmektedir.

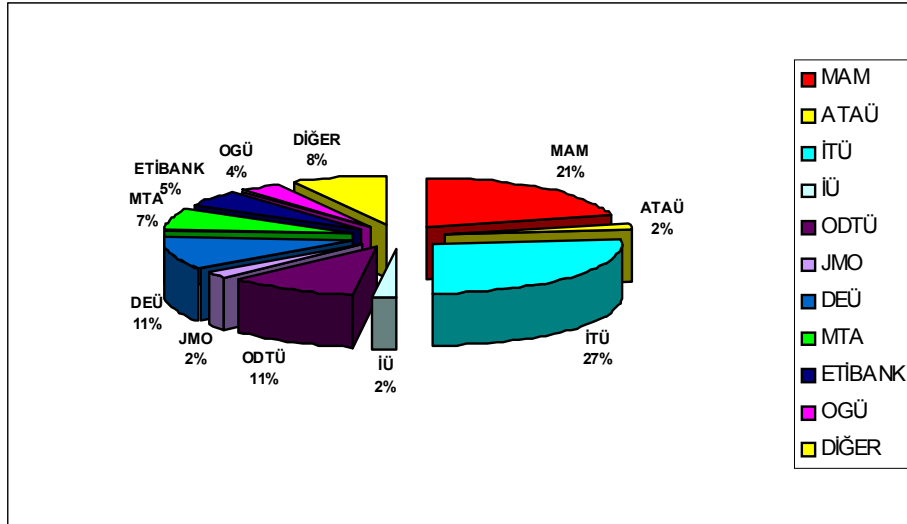
1973'de o zamanki adıyla TÜBİTAK-Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Kimya Ünitesi Prof.Dr. Raşit Tolun tarafından kurulmuş ve bor kimyasalları ile ilgili endüstriyel araştırma çalışmalarına başlanmıştır. 1996 yılında bor bileşikleri üreten, tüketen ve konu ile ilgili araştırma yapan kuruluşların katılımıyla TÜBİTAK-MAM, Gebze'de "Bor Kimyasalları Kongresi" gerçekleştirilmiştir. Kongre kapsamında yapılan literatür araştırması ve yurt içi 97 fakülte, 15 kuruluş ve çeşitli kişilerle yapılan yazışmalarla belirlenen bor çalışmalarının kuruluşlara ve konulara göre dağılımı Şekil 2 ve 3'de verilmektedir. Kongre sonunda, o güne kadar Türkiye'de yapılan bor kimyasalları araştırmaları ve yurt içi yayınları derlenmiş ve "Bor Bileşikleri Araştırması Türkiye Bibliyografyası"nda toplanmıştır. Derleme sonuçlarına göre araştırmalar belli konular



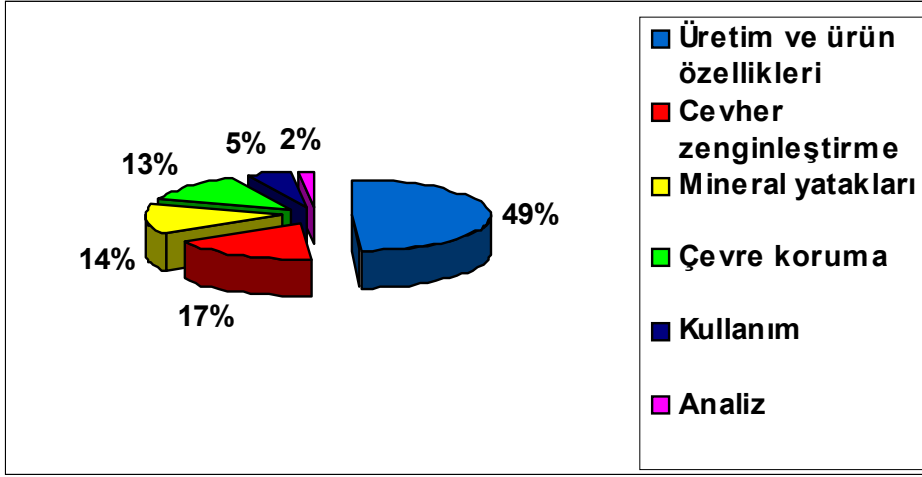
etrafında belirli merkezlerde yoğunlaşmıştır. En çok yayının TÜBİTAK-MAM ve İTÜ tarafından yapıldığı görülmüştür.

Çizelge 19. Türkiye’de yapılan bor kimyasalları araştırmalarının tarihçesi.

Yıl	Kurum/kuruluş	Konu
1961: Yayınlanan ilk çalışma	Prof.Dr. H.Gülensoy, İstanbul Üniversitesi	Türkiye’de bor mineralleri ile bunların dehidrolanması, çözünürlükleri ve katı cisim reaksiyonları
1964	Prof.Dr. Raşit Tolun	Endüstriyel araştırmaların tarafından başlatılması
1964	MTA	Türkiye’de bor mineralleri envanteri
1973	TÜBİTAK-MAM	Prof.Dr. Raşit Tolun başkanlığında bor bileşikleri araştırmalarının başlatılması
1961 – 1991		Yılda ortalama 18 yayın
1991 – 1996		1991’e kadar yapılan yayınlar kadar yayın ve çalışma
1996	TÜBİTAK-MAM	Bor Kimyasalları Kongresi
1996 -	Eti Holding, TÜBİTAK-MAM ve İTÜ olmak üzere çeşitli merkezlerde	Artan sayılarda çalışmalar



Şekil 2. Türkiye’de bor kimyasalları çalışmalarının kuruluşlara dağılımı (Kalafatoğlu vd., 1996).



Şekil 3. Türkiye’de yapılan bor kimyasalları çalışmalarının konularına göre dağılımı (Kalafatoğlu vd., 1996).

#### 4.1 TÜBİTAK-MAM’da Bor Kimyasalları Araştırmaları

Prof.Dr. Raşit Tolun yönetimindeki bor bileşikleri araştırmaları 1973’de kurulan TÜBİTAK-Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Kimya Ünitesi’nde başlatılmıştır ve günümüzde TÜBİTAK-MAM, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü’nde devam etmektedir. 1974-2002 yılları arasında değişik zamanlarda 66 araştırmacı ve 7 teknisyenin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmalar,

1. mevcut tesislerde,
  - darboğaz giderme,
  - maliyet düşürme,
  - kalite iyileştirme,
  - atık minimizasyonu ve
  - geri kazanma

amaçlarına yönelik çalışmalar

2. Yeni üretim prosesleri geliştirme,
3. Ürün çeşitlendirmesine yönelik çalışmalar
4. Cevher zenginleştirme çalışmaları
5. Yeni teknolojilerin mevcut tesislerde uygulanma olanaklarının irdelenmesi (akışkan yatak, mikrodalga, elektroliz, kompaktlama vb.)

konularında yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalardan pilot tesis ve tesis ölçeğinde gerçekleştirilen ve doğrudan üretimle ilgili olan araştırmalar Eti Holding (eski Etibank) ve bağlı kurumları tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmalar, TÜBİTAK-MAM’da ya da ilgili tesiste Eti Holding Ar-Ge ve işletme elemanlarıyla birlikte gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de üretimi yapılmayan ürünlerin üretim teknolojilerinin geliştirilmesi, bor bileşikleri üretim birim işlemlerinde gerçekleştirilen temel araştırmalar, yeni teknolojilerin bor bileşikleri üretimine uygulanması araştırmaları ise daha çok TÜBİTAK desteğiyle MAM’da yapılmıştır.

Bor bileşikleri teknolojileri araştırma konuları ve gerçekleştirildikleri yıllar Çizelge 20’de topluca verilmektedir. Bu çalışmalar Türkiye’de bor bileşikleri üretim tesislerinin kurulmasına paralel olarak gelişim göstermiş ve daima uygulamaya yönelik olmuştur

Çizelge 20. Bor bileşikleri teknolojileri araştırma konuları ve gerçekleştirildikleri yıllar.

Yıl	Çalışma konusu	Çalışma tipi
<i>Eti Holding destekli çalışmalar</i>		
1975-1977	Bandırma’da Tinkalden Borik Asit Üretimi için Pilot Tesis Çalışmaları	Mevcut ürün için yeni proses geliştirme
1978-1983	Bandırma’da Tinkalden Borik Asit Üretimi için Pilot Tesis Çalışmaları – Proses ve Pilot Çalışmaları	Mevcut ürün için yeni proses geliştirme ve pilot ölçekte uygulama
1980-1982	Tinkalden Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretimi	Mevcut ürün için yeni proses geliştirme
1980-1982	Fluoborik Asit Yöntemi ile Sodyum Fluorür Üretimi	Yeni ürün için yeni proses geliştirme
1980-1982	Fluoborik Asit Yöntemi ile Potasyum Fluoborat Üretimi	Yeni ürün için yeni proses geliştirme
1980-1982	Fluoborik Asit Yöntemi ile Kriyolit Üretimi	Yeni ürün için yeni proses geliştirme
1983-1985	Tinkalden Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretimi Pilot Tesisi	Mevcut ürün için geliştirilen yeni prosesi pilot ölçekte uygulama
1985, 1987	Bor Araştırma Enstitüsü Danışmanlık Projesi I ve II	Araştırma Enstitüsü laboratuvar ve pilot tesislerinin tasarımı ve danışmanlık
1985-1986	İnorganik Bor Bileşikleri Kaynak Araştırması	Kaynak araştırması ve değerlendirme
1985-1986	Organik Bor Bileşikleri Kaynak Araştırması	Kaynak araştırması ve değerlendirme
1985-1986	Bor Ürünlerinin Ahşap Malzemenin Emrenyesinde Kullanımı	Kaynak araştırması ve değerlendirme
1991-1992	Etibank Çevre Monitor Sistemi Master Planı	Çevre izleme planı
1991	Tinkalden Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretimi Fizibilite Hazırlanması	Ekonomik değerlendirme
1993	Boraks Pentahidrat Kurutma ve Toz Tutma Birimlerinin İyileştirilmesi	Tesiste iyileştirme
1998	Akışkan Yatakta Bor Oksit Üretimi	Yeni ürün için yeni proses geliştirme
1996-1997	Atıksudan Bor Giderilmesi	Maliyet-yarar analizi, arıtım prosesi geliştirme
1998	Borlu Suların Proseste Değerlendirilmesi	Maliyet-yarar analizi, ürün saflığının artırılması
2000-2001	Borik Asit Ana Çözeltisi Pilot İyon Değiştirici Kolonu	Ürün saflığının artırılmasına yönelik pilot çalışma
2000-2001	Bandırma Bor Bileşikleri Tesisi Atıksu Arıtım ve Geri Kazanma Pilot Çalışması	Arıtım tesisine yönelik pilot çalışma
2000-2001	Susuz Boraks Fırını Teknolojik ve Ekonomik İncelemesi	Tesisin teknolojik ve ekonomik değerlendirmesi
<i>TÜBİTAK-MAM destekli çalışmalar</i>		
1974-1978	Kolemanit Flotasyonu	Birim işlem geliştirme (Cevher zenginleştirme)
1974-1975	Tinkal Konsantresinden Sülfürik Asit ile Borik Asit ve Sodyum Sülfat Üretimi	Yeni proses geliştirme
1975	Sodyum Perboratın Dökme Ağırlığı	Ürün kalitesini artırma
1976	Borik Asit Sodyum Sülfat Dekahidrat Karışımının	Birim işlem geliştirme (Ayırma)

	Flotasyonla Ayrılması	
1976	Tinkal Çözeltilisinin Süzülmesi ve Perlit Katkısının Etkisi	Birim işlem geliştirme (Süzme)
1976	Üleksit Mineralinden Hidroklorik Asit Kullanılarak Borik Asit Üretimi	Yeni proses geliştirme
1978	Kolemanit Mineralinden Borik Asit Üretimi	Proses geliştirme
1978	Kristalizör Tasarımı Genel Prensipleri ve Borik Asit Kristalizörü	Birim işlem geliştirme (Kristalizasyon)
1978	Borik Asit için Akışkan Yataklı Kurutucu Tasarımı	Birim işlem geliştirme (Kurutma)
1979	Borik Asit Kristalizöründe Köpük Oluşumunun Önlenmesi	Birim işlem geliştirme (Kristalizasyon)
1979	Düşük Tenörlü Kolemanit Atıklarının Flotasyon Yöntemi ile Konsantrasyonu	Birim işlem geliştirme (Cevher zenginleştirme)
1979	Tinkal Mineralinden Hidrojen Klorür Kullanılarak Borik Asit ve Sud Kostik Üretimi	Yeni proses geliştirme
1979-1980	Çinko Borat Üretimi	Yeni ürün için proses geliştirme
1978-1980	Tinkal Konsantresi Çözünmeyenlerinin Çöktürülmesi ve Süzülmesi	Birim işlem geliştirme (Süzme)
1979-1980	Baryum Metaborat Üretimi	Yeni ürün için proses geliştirme
1980-1982	Kolemanitten Sülfürik Asit Kullanımı ile Borik Asit Üretiminde Oluşan Jips Çökeltisinin Filtrasyonu	Birim işlem geliştirme (Süzme)
1981-1985	Tinkalden Elektroliz Yöntemi ile Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretiminde Kullanılacak Polimer Esaslı Katyon Değiştirici Membran Yapımı	Özel membran hazırlama
1982-1983	Metaborik Asit Üretimi	Yeni ürün için proses geliştirme
1982-1984	Elektrokimyasal İşlemlerde Kullanılan Bazı Elektrotlar ve Boraks Çözeltilerinin Elektrolizi için Yapılan Anot Çalışmaları	Anot hazırlama
1985-1986	Bigadiç Kolemanit Cevherinin Pilot Tesiste Kalsinasyonu ve Zenginleştirilmesi	Birim işlem geliştirme (kalsinasyonla cevher zenginleştirme)
1992-1993	Kolemanitin Kimyasal Oksijen İhtiyacının Dekreпитasyon Yöntemi ile Azaltılması	Birim işlem geliştirme (kalsinasyonla cevher zenginleştirme)
1992-1993	Jeotermal Suyun Bordan Kimyasal olarak Arındırılması	Sulardan bor arıtımı
1993	Boraks Pentahidrat İnce Toz ve Kristallerinin Kompaktlanarak Granülasyonu	Birim işlem geliştirme (kompaktlama)
1993	Anhidr Boraksın Kompaktlanarak Granülasyonu	Birim işlem geliştirme (kompaktlama)
1993	Mikrodalga Enerjisi Kullanımı ile Susuz Boraks Üretimi	Birim işlem geliştirme (susuzlaştırma)
1993	Mikrodalga Enerjisi ile Bor Oksit Üretimi	Birim işlem geliştirme (susuzlaştırma)
1994	Nemli Boraks Pentahidratın Mikrodalga Enerjisi ile Kurutulması	Birim işlem geliştirme (kurutma)
1994-1995	Akışkan Yatakta Granül Susuz Boraks Üretimi	Birim işlem geliştirme (susuzlaştırma)
1995	Akışkan Yatakta Kristal Susuz Boraks Üretimi	Birim işlem geliştirme (susuzlaştırma)
1995	Borik Asit İmid Esterlerinin Sentezi	Yeni ürün sentezi
1996	Akışkan Yatakta Perborat Monohidrat Üretimi	Birim işlem geliştirme (susuzlaştırma)

1996	Aşırı Doygun Çözeltilerde Boraks Kristalizasyonu	Birim işlem geliştirme (kristalizasyon)
<i>Diğer çalışmalar</i>		
1979	Tinkal Konsantresinden Sodyum Nitrat ve Borik Asit Üretimi (MKEK)	Yeni proses geliştirme
1984-1985	Atık Jipsle B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kayıplarının Minimizasyonu (NATO-SfS)	Birim işlem geliştirme (süzme, kristalizasyon)
1985-1987	Boraks Çözeltilerinin Perlitten Süzülmesi ile B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kayıplarının Minimizasyonu (NATO-SfS)	Birim işlem geliştirme (süzme)

TÜBİTAK-MAM'da gerçekleştirilen çalışmaların çıktıları Çizelge 21'de sayısal olarak, alınan patentler ise Çizelge 22'de liste olarak verilmektedir. MKTAE'de gerçekleştirilen bu çalışmalarla elde edilenler aşağıda verilmektedir.

- Dünyada ve Türkiye'de bor rezervleri bilgisi
- Dünyada ve Türkiye'de bor bileşikleri üretim teknolojileri bilgisi
- Ticari ve özellikli bor bileşikleri özellikleri, kullanım alanları ve üretim yöntemleri bilgisi
- Laboratuvar, pilot ve tesis ölçeğinde bor bileşikleri üretim bilgisi
- Bor bileşikleri üretim proseslerinin bilgisayar ortamında simülasyonu
- Birim işlemlerle ilgili temel bilgiler (çözme, kurutma, kristalizasyon, çöktürme)
- Özgün proses geliştirme (elektrolizle borik asit üretimi, atık giderme)
- Yeni teknolojilerin bor bileşikleri üretim proseslerine uygulanması (akışkan yatak, mikrodalga)
- Türkiye'de üretilmeyen bor bileşikleri üretim bilgisinin oluşturulması (disodyum oktaborat, çinko borat, baryum metaborat, fluoboratlara, sodyum perborat monohidrat, bor oksit)

Çizelge 21. TÜBİTAK-MAM'da yapılan bor bileşikleri teknolojileri araştırma çalışmaları çıktıları.

Çıktı türü	Adet
Patent	13
Yayın	19
Uluslararası	14
Ulusal	5
Bildiri	69
Uluslararası	32
Ulusal	37
Kitap	1
Teknik Rapor	75
Tez	9
Doçentlik	1
Doktora	7
Yüksek lisans	1

Bu çalışmalar kapsamında mevcut tesislerde daha ekonomik, verimli, kaliteli ve çevre dostu üretim yapılmasına olanak sağlanmış, yeni ürünler ve üretim teknolojileri geliştirilmiştir. Çalışmalar sodyum borhidrür üretimi ve hidrojen depolamada kullanımı konusunda ön çalışma kapsamında devam etmektedir.

Çizelge 22. TÜBİTAK-MAM'da yapılan bor bileşikleri teknolojileri araştırma çalışmalarından alınan patentler.

Patent No, Tarih	Buluşu yapanlar	Patent Adı
Türk Patenti, No: 20785, 1981	R. Tolun, B.D.Emir, E.Kalafatoğlu, S. Kocakuşak, N.Yalaz (Örs)	Sodyum Borat Çözeltilerinin Elektrolizi İle Borik Asit Ve Sodyum Hidroksit Üretimi
US Patent 4 444 6333, 1984	R. Tolun, B.D.Emir, E.Kalafatoğlu, S. Kocakuşak, N.Yalaz (Örs)	Production of Sodium Hydroxide and Boric Acid by the Electrolysis of Sodium Borate Solutions
Türk Patenti, No: 25867, 1992	T.Ayok, N. Örs, R. Tolun	Kestelek Kolemanitinin Kimyasal Oksijen İhtiyacının Kimyasal Dekrepitasyon İle Azaltılması
Türk Patenti, No: 25850, 1993	R. Tolun, S. Kocakuşak, T. Ayok, H. J. Köroğlu, K. Akçay, O.N. Çolak	Boraks Pentahidrat İnce Toz Ve Kristallerinin Kompaktlanarak Granülasyonu
Türk Patenti, No: 25849, 1993	R. Tolun, S. Kocakuşak, T. Ayok, H. J. Köroğlu, K. Akçay	Boraks Dekahidratın Kalsinasyon Ve Kompaktlanması Yolu İle Yeni Granül Bor Bileşikleri Üretilmesi
Türk Patenti, No: 26277, 1994	S. Kocakuşak, R. Tolun, E. Ekinci, O.N. Çolak, H. J. Köroğlu	Mikrodalga Enerjisi İle Bor Oksit Üretimi
Türk Patenti, No: 26177, 1994	S. Kocakuşak, R. Tolun, E. Ekinci, K. Akçay, O.N. Çolak, H. J. Köroğlu	Nemli Borik Asidin Mikrodalga Enerjisi İle Kurutulması
Türk Patenti, No: 26667, 1994	S. Kocakuşak, R. Tolun, H. J. Köroğlu, E. Ekinci	Nemli Boraks Pentahidratın Mikrodalga Enerjisi İle Kurutulması
Türk Patenti, No: 27023, 1994	S. Kocakuşak, H. J. Köroğlu, R. Tolun, E. Ekinci, K. Akçay	Mikrodalga Enerjisi Kullanımı İle Sodyum Perborat Monohidrat Üretimi
Türk Patenti, No: 26277, 1994	S. Kocakuşak, R. Tolun, E. Ekinci, K. Akçay, O.N. Çolak,	Mikrodalga Enerjisi İle Susuz Boraks Üretimi
Türk Patenti, No: 27472, 1995	S. Kocakuşak, A. Bük, H. J. Köroğlu, S. Altıntaş, R. Tolun	Sinterlenmiş Bor Oksit Tablet Üretimi
Türk Patenti, No: 28658, 1996	S. Kocakuşak, H. J. Köroğlu, K. Akçay, T. Ayok, R. Tolun, M. Koral, F. İşbilir, Ö.T. Savaşçı	Akışkan Yatakta Kristal Susuz Boraks Üretimi
TR 1999 01637 B, 2002	E. Kalafatoğlu, N. Örs, S.S. Özdemir, M. Koral, F. İşbilir, A. Yılmaz	Bor, Sülfat ve Arsenik İçeren Atık Suların Arıtımı ve Bor Bileşiklerinin Geri Kazanımı

## 4.2 2002 Yılında Yapılan Bor Sempozyumları

Türkiye’de bor konusu özellikle son yıllarda güncelleşmiş, pek çok kurum ve kuruluş bu konuda çalışmalar yapmaya başlamıştır. Üniversiteler ve MAM dışında ayrıca Eti Holding Araştırma ve Geliştirme Dairesi’nin de bu konudaki çalışmaları arttırdığı bilinmektedir. 1996 yılından sonra Eti Holding ve üniversitelerde yapılmış olan çalışmaların yeniden derlenmesi planlanmaktadır.

2002 yılında 20-22 Haziran’da Balıkesir Üniversitesi’nde Bor Sempozyumu ve 3-4 Kasım’da Dumlupınar Üniversitesi’nde Bor Sempozyumu yapılmıştır. MAM Balıkesir’de yapılan sempozyuma 3 bildiri ile katılmıştır. Bu sempozyuma katılan üniversiteler ve bildiri konuları ile sayıları Çizelge 23’de verilmektedir. Bölge milletvekillerinin, yerel yöneticilerin, bor cevherleri/bileşikleri ile ilgili kuruluş yetkililerinin katıldığı bu sempozyum sırasında Balıkesir Üniversitesi bünyesinde bir “Bor Araştırma Enstitüsü” açıldığı ilan edilmiştir.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi’nde yapılan, uluslar arası konuşmacıların da katıldığı, borlu seramiklerin ana konu olduğu bu sempozyumda sunulan bildirilerin konulara göre dağılımı ise Çizelge 24’de verilmektedir.

Çizelge 23 ve 24’deki konular incelendiğinde, konuların oldukça dağınık olduğu, belirli bir konuda uzmanlaşma olmadığı söylenebilir. Bazı konularda ise tekrarlar vardır (Örneğin; borun iyon değişimi, katı atıkların seramik ve çimentolarda değerlendirilmesi).

Bor Bileşikleri Araştırmaları Türkiye Bibliyografyası (Kalafatoğlu vd., 1996) ve 2002 yılında yapılan iki bor sempozyumunda sunulan bildirilerde bu çalışmaların büyük çoğunluğunun (TÜBİTAK-MAM ve İTÜ çalışmaları dışında), bir prosesin geliştirilip uygulanması ve üretim bilgisi geliştirmekten çok tek tek birim işlemlerin, fiziksel ve kimyasal olayların incelenmesi şeklinde, bilgi üretmeye yönelik ve uygulamaya aktarılacak düzeye getirilmemiş olduğu görülür.

Çizelge 23. Balıkesir Üniversitesi’nde 20-22 Haziran 2002’de yapılan Bor Sempozyumu katılımcıları ve konuları.

Üniversite/Kuruluş	Bildiri sayısı	Bildiri konuları
Anadolu Üniversitesi	4	Genel (1), Borlu seramikler (1), Atık değerlendirme (2)
Ankara Üniversitesi	1	Bor havzalarındaki bitkilerdeki bor
Atatürk Üniversitesi	8	Genel (1), Çözünürleştirme(2), Atık değerlendirme (2), Ekstarksiyon (1), Ürün (1), İyon değiştirme (1)
Balıkesir Üniversitesi	4	Cevher zenginleştirme (1), İnsan sağlığına etkisi (1), Yeni teknolojilerle ürün sentezi (1)
Celal Bayar Üniversitesi	1	Çözünürleştirme (1)
Diyarbakır Üniversitesi	2	Ekstarksiyon (2)
Dokuz Eylül Üniversitesi	3	Bor yatakları (1), Ekstarksiyon (1), Atık değerlendirme (1)
Ege Üniversitesi	1	İyon değiştirme (1)
Erciyes Üniversitesi	2	Borlu çelikler (1), Borlu özel oksitler (1)

Fatih Üniversitesi	3	Bitkilere etkisi (1), Genel (1), Toksikitesi (1)
Fırat Üniversitesi	1	Borazinler (1)
İstanbul Teknik Üniversitesi	1	Genel (1)
İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü	3	Magnezyum borür (2)
Karadeniz Teknik Üniversitesi	2	Ağaç emprenyesi (2)
Köy Hizmetleri	1	Su kaynaklarında bor düzeyi (1)
Marmara Üniversitesi	1	Metalurji (1)
TÜBİTAK-MAM	3	Genel (1), Bor araştırmaları (1), Proses (1)
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	6	Bor fosfat (3), Proses(1), Isıl işlemler (1), Balıkesir Bor Kümesi çalışmaları (1)
Osman Gazi Üniversitesi	2	Atık ekstraksiyonu (1), İyon değişimi (1)
Sakarya Üniversitesi	1	Ürün saflığı (1)
Süleyman Demirel Üniversitesi	2	Borlu çelikler (1), Yağlayıcı olarak bor (1)
Uludağ Üniversitesi	1	Analiz yöntemi (1)
Yıldız Teknik Üniversitesi	1	Ürün iyileştirme (1)
Milletvekilleri, yerel yöneticiler, şirketler, uzmanlar		Genel ve bor politikasına yönelik sunuşlar ve konuşmalar

Çizelge 24. Dumlupınar Üniversitesi'nde 3-4 Kasım 2002'de yapılan Bor Sempozyumu konuları.

Konu	Bildiri sayısı
Atık değerlendirme	14
Ürün	5
Bor nitrür	4
Seramikte kullanım	4
Metalurji	4
Ahşap emprenye	3
Cevher zenginleştirme	3
Bor-yakıt	2
Genel	2
Analiz	1
Ürün iyileştirme*	1
Dehidrasyon	1
Pazar inceleme	1

\* Eti Holding tarafından sunulmuştur.



## KAYNAKLAR

Garrett D.E., "Borates", Academic Press, 1998.

Kalafatoğlu İ.E., S.N. Örs, "21. Yüzyılda Bor Teknolojileri Ve Uygulamaları", Kritek 2000, TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, 2000.

Kalafatoğlu İ.E., M. Koral, S.N. Örs, H.J. Köroğlu, "Bor Bileşikleri Araştırmaları Türkiye Bibliyografyası", TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, 1996.

Roskill, "The Economics of Boron", 9<sup>th</sup> edition, 1999.

Roskill, "The Economics of Boron", 8<sup>th</sup> edition, 1995.

Örs, N., Behmenyar, G., Özdemir, S.S., Boyacı San, F.G., Bahar, T. Kalafatoğlu, E., "Hidrojen Üretimi ve Depolama", TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, MKTAE.1.02.007, 2002.