

**TÜBİTAK-MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ'NDE BOR KİMYASALLARI  
ARAŞTIRMALARI**

**İ. Ersan KALAFATOĞLU ve S. Nuran ÖRS**

**TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri  
Araştırma Enstitüsü, PK 21 41470 Gebze, KOCAELİ,**

**Ersan.Kalafatoglu@posta.mam.gov.tr, Nuran.Ors@posta.mam.gov.tr**

**ÖZET**

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.

TÜBİTAK-MAM Malzeme ve Kimya Teknolojileri Enstitüsü 1973'de kuruluşundan bu yana Türkiye için önemi çok büyük olan bor kimyasalları üzerinde büyük bir bölümü Eti Holding, Eti Bor A.Ş. ve müesseseleri ile birlikte yürütülen çeşitli endüstriyel çalışmalar yapmıştır ve yapmaya da devam etmektedir.

Bu derlemede, bor kimyasalları ile ilgili enstitüde yapılan araştırmalar ve çıktıları topluca verilmektedir. Yapılan 53 adet kapsamlı proje sonucunda 13 adet patent alınmış, 69 iç ve dış bildiri sunulmuş, 5'i ulusal 19 makale yayınlanmış, 1 kitap ve 75 adet teknik rapor hazırlanmıştır. Bu çalışmalar kapsamında mevcut tesislerde daha ekonomik, verimli, kaliteli ve çevre dostu üretim yapılmasına olanak sağlanmış, yeni ürünler ve üretim teknolojileri geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** araştırma geliştirme, bor bileşikleri, TÜBİTAK-MAM, MKTAE

**BORON CHEMICALS RESEARCH AT THE  
MARMARA RESEARCH CENTRE**

**ABSTRACT**

Turkish scientists have begun to research on boron chemicals upon the start of the exploitation of the colemanite reserves in the vicinity of Emet by Etibank that was a state owned company since 1956. However first industrial research and development studies for the technology development had started by Prof. Dr. Raşit Tolun at 1964.

Since its foundation in 1973 TÜBİTAK-Marmara Research Centre, Materials and Chemical Technologies Research Institute (MCTRI) has been conducting various industrial research and development studies on boron chemicals that are very important for Turkey and most of which were realized with the support of Eti Holding A.Ş. and its subsidiaries.

In this review, the research and development studies related to boron compound carried out by the institute and outputs of them are collected. After completion of 53 comprehensive projects, 13 patents were registered, 69 papers were submitted at national and international congresses, seminars etc., 19 papers were published in the journals, 5 of them being national, 1 book was published and 75 technical reports were prepared. As a result of these studies, the current plants had the possibility of more economic production of higher quality products with higher yields in a more environmentally friendly manner.

**Key words:** Research and development, Boron compounds, TÜBİTAK-MRC, MCTRI  
**Türkiye’de Bor Kimyasalları Araştırmaları**

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 1’de özetlenmektedir.

Çizelge 1. Türkiye’de yapılan bor kimyasalları araştırmalarının tarihçesi.

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 1

ve 2’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 İT tarafından yapıldığı görülmüştür.

şekil 1. Türkiye’de bor kimyasalları çalışmalarının kuruluşlara dağılımı.

şekil 2. Türkiye’de yapılan bor kimyasalları çalışmalarının konularına göre dağılımı.

### **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 nitesi’nde başlatılmıştır ve günümüzde TÜBİTAK-MAM, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü’nde devam etmektedir. 1974-2002 yılları arasında 66 araştırmacı ve 7 teknisyenin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmalar,

- mevcut tesislerde,
  - darboğaz giderme
  - maliyeti düşürmek,
  - kaliteyi iyileştirmek,
  - atık minimizasyonu ve
  - geri kazanma

amaçlarına yönelik alışmalar

- Yeni retim prosesleri geliştirmek
- rn çeşitlendirmesine yönelik alışmalar
- Cevher zenginleştirme alışmaları
- 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) tarafından desteklenmiştir. Bu alışmalar, 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 izelge 2'de topluca verilmektedir. Bu alışmalar Türkiye'de bor bileşikleri üretim tesislerinin kurulmasına paralel olarak gelişim göstermiş ve daima uygulamaya yönelik olmuştur. Çalışmaların ıktıları izelge 3'de sayısal olarak, alınan patentler ise izelge 4'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 (özme, kurutma, kristalizasyon, öktürme)
- Özgün proses geliştirme (elektrolizle borik asit üretimi, atık giderme)
- Yeni teknolojilerin bor bileşikleri üretim proseslerine uygulanması (akışkan yatak, mikrodalga, elektroliz)
- Türkiye'de üretilmeyen bor bileşikleri üretim bilgisinin oluşturulması (disodyum oktaborat, çinko borat, baryum metaborat, fluoboratlara, sodyum perborat monohidrat, bor oksit)

Bu alışmalar kapsamında mevcut tesislerde daha ekonomik, verimli, kaliteli ve evre dostu üretim yapılmasına olanak sağlanmış, yeni ürünler ve üretim teknolojileri geliştirilmiştir. Çalışmalarımız sodyum borhidrür üretimi ve hidrojen depolamada kullanımı konusunda devam etmektedir.

Çizelge 2. Bor bileşikleri teknolojileri araştırma konuları ve gerçekleştirildikleri yıllar.

Çizelge 3. Bor bileşikleri teknolojileri araştırma çalışmaları ıktıları.

Çizelge 4. Bor bileşikleri teknolojileri araştırma çalışmalarından alınan patentler.

Çizelge 1. Türkiye’de yapılan bor kimyasalları araştırmalarının tarihçesi.

Yıl	Kurum/kuruluş	Konu
1961: Yayınlanan ilk çalışma	H.Gülensoy, İstanbul Üniversitesi	Türkiye’de bor mineralleri ile bunların dehidrolanması, çözünürlükleri ve katı cisim reaksiyonları
1964	Prof.Dr. Raşıt Tolun	Endüstriyel araştırmaların tarafından başlatılması
1964	MTA	Türkiye’de bor mineralleri envanteri
1973	TÜBİTAK-MBEAE Kimya Ünitesi	Prof.Dr. Raşıt 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, MKTAE ve İTÜ olmak üzere çeşitli merkezlerde	Artan sayılarda çalışmalar

Çizelge 2. Bor bileşikleri teknolojileri araştırma konuları ve gerçekleştirildikleri yıllar.

Yıl	Çalışma konusu
<b>Eti Holding destekli çalışmalar</b>	
1975-1977	Bandırma’da Tinkalden Borik Asit Üretimi için Pilot Tesis Çalışmaları – Proses Çalışmaları
1978-1983	Bandırma’da Tinkalden Borik Asit Üretimi için Pilot Tesis Çalışmaları – Proses ve Pilot Çalışmaları
1980-1982	Tinkalden Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretimi
1980-1982	Fluoborik Asit Yöntemi ile Sodyum Fluorür Üretimi
1980-1982	Fluoborik Asit Yöntemi ile Potasyum Fluoborat Üretimi
1980-1982	Fluoborik Asit Yöntemi ile Kriyolit Üretimi
1983-1985	Tinkalden Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretimi Pilot Tesisi
1985, 1987	Bor Araştırma Enstitüsü Danışmanlık Projesi I ve II
1985-1986	İnorganik Bor Bileşikleri Kaynak Araştırması

1985-1986	Organik Bor Bileşikleri Kaynak Araştırması
1985-1986	Bor Ürünlerinin Ahşap Malzemenin Emprenyesinde Kullanımı
1991-1992	Etibank Çevre Monitor Sistemi Master Planı
1991	Tinkalden Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretimi Fizibilite Hazırlanması
1993	Boraks Pentahidrat Kurutma ve Toz Tutma Birimlerinin İyileştirilmesi
1998	Akışkan Yatakta Bor Oksit Üretimi
1996-1997	Atıksudan Bor Giderilmesi
1998	Borlu Suların Proseste Değerlendirilmesi
2000-2001	Borik Asit Ana Çözeltisi Pilot İyon Değiştirici Kolonu
2000-2001	Bandırma Bor Bileşikleri Tesisi Atıksu Arıtım ve Geri Kazanma Pilot Çalışması
2000-2001	Susuz Boraks Fırını Teknolojik ve Ekonomik İncelemesi

#### TÜBİTAK-MAM destekli çalışmalar

1974-1978	Kolemanit Flotasyonu
1974-1975	Tinkal Konsantresinden Sülfürik Asit ile Borik Asit ve Sodyum Sülfat Üretimi
1975	Sodyum Perboratın Dökme Ağırlığı
1976	Borik Asit Sodyum Sülfat Dekahidrat Karışımının Flotasyonla Ayrılması
1976	Tinkal Çözeltisinin Süzülmesi ve Perlit Katkısının Etkisi
1976	Üleksit Mineralinden Hidroklorik Asit Kullanılarak Borik Asit Üretimi
1978	Kolemanit Mineralinden Borik Asit Üretimi
1978	Kristalizör Tasarımı Genel Prensipleri ve Borik Asit Kristalizörü
1978	Borik Asit için Akışkan Yataklı Kurutucu Tasarımı
1979	Borik Asit Kristalizöründe Köpük Oluşumunun Önlenmesi
1979	Düşük Tenörlü Kolemanit Atıklarının Flotasyon Yöntemi ile Konsantrasyonu
1979	Tinkal Mineralinden Hidrojen Klorür Kullanılarak Borik Asit ve Sud Kostik Üretimi
1979-1980	Çinko Borat Üretimi
1978-1980	Tinkal Konsantresi Çözünmeyenlerinin Çöktürülmesi ve Süzülmesi
1979-1980	Baryum Metaborat Üretimi
1980-1982	Kolemanitten Sülfürik Asit Kullanımı ile Borik Asit Üretiminde Oluşan Jips Çökeltisinin Filtrasyonu
1981-1985	Tinkalden Elektroliz Yöntemi ile Borik Asit ve Sodyum Hidroksit Üretiminde Kullanılacak Polimer Esaslı Katyon Değiştirici Membran Yapımı

1982-1983	Metabolik Asit Üretimi
1982-1984	Elektrokimyasal İşlemlerde Kullanılan Bazı Elektrotlar ve Boraks Çözeltilerinin Elektrolizi için Yapılan Anot Çalışmaları
1985-1986	Bigadiç Kolemanit Cevherinin Pilot Tesiste Kalsinasyonu ve Zenginleştirilmesi
1992-1993	Kolemanitin Kimyasal Oksijen İhtiyacının Dekrepitasyon Yöntemi ile Azaltılması
1992-1993	Jeotermal Suyun Bordan Kimyasal olarak Arındırılması
1993	Boraks Pentahidrat İnce Toz ve Kristallerinin Kompaktlanarak Granülasyonu
1993	Anhidr Boraksın Kompaktlanarak Granülasyonu
1993	Mikroalga Enerjisi Kullanımı ile Susuz Boraks Üretimi
1993	Mikroalga Enerjisi ile Bor Oksit Üretimi
1994	Nemli Boraks Pentahidratın Mikroalga Enerjisi ile Kurutulması
1994-1995	Akışkan Yatakta Granül Susuz Boraks Üretimi
1995	Akışkan Yatakta Kristal Susuz Boraks Üretimi
1995	Borik Asit İmid Esterlerinin Sentezi
1996	Akışkan Yatakta Perborat Monohidrat Üretimi
1996	Aşırı Doymuş Çözeltilerde Boraks Kristalizasyonu

#### Diğer çalışmalar

1979	Tinkal Konsantresinden Sodyum Nitrat ve Borik Asit Üretimi (MKEK)
1984-1985	Atık Jipsle B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kayıplarının Minimizasyonu (NATO-SfS)
1985-1987	Boraks Çözeltilerinin Perlitten Süzülmesi ile B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Kayıplarının Minimizasyonu (NATO-SfS)

Çizelge 3. 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
Master	1

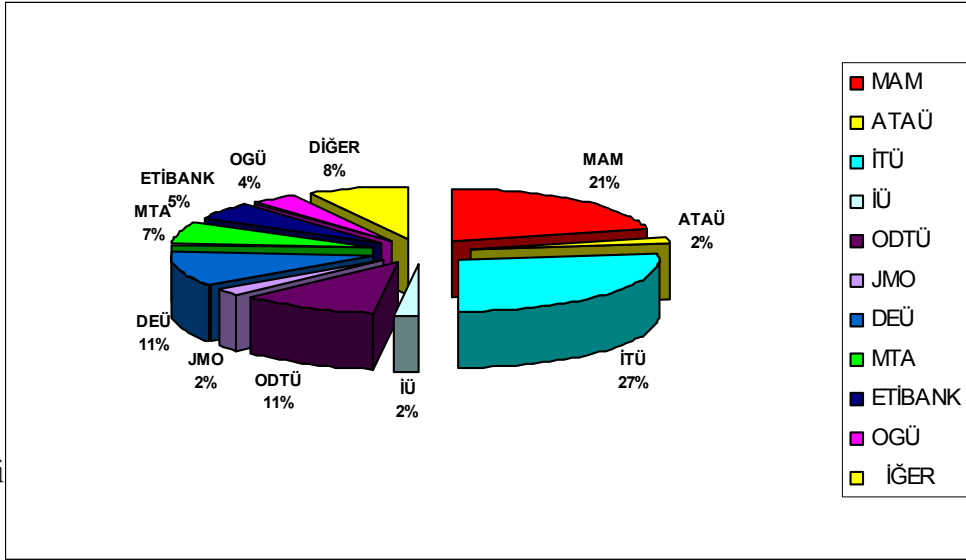


Çizelge 4. Bor bileşikleri teknolojileri araştırma çalışmalarından alınan patentler.

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

Şeki



Şekil 2. Türkiye’de yapılan bor kimyasalları çalışmalarının konularına göre dağılımı.