



**GELECEĞİN MİNERALİ VE MALZEMESİ
BOR VE BOROFEN II:
Üretim ve Ekonomik Boyutuyla Bor**



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.



1. GİRİŞ

Mucize mineral olarak adlandırılan borun kullanım alanları yeni bilimsel keşiflerle gün geçtikçe genişlemektedir. Neredeyse tüm endüstrilerde kullanılan bor, ülkeler için oldukça önemli bir ekonomik kaynak olarak önemini gittikçe artırmaktadır.

“Geleceğin Minerali ve Malzemesi Bor ve Borofen” başlıklı Araştırma Raporu yazı dizimizin ikinci bölümünde, yeni kullanım alanları eklendikçe dünyada büyümeye devam eden bor üretimi ve ekonomisinin detayları analiz edilmiş, bor üretiminde önde gelen ülke ve şirketler incelenmiştir.

2. DÜNYA BOR REZERVLERİ

Dünyada hammadde kaynaklarının hızla tükenmesi ve sanayideki kullanım çeşitliliğinin sürekli genişlemesi nedeniyle borun önemi her geçen gün artmaktadır. Hem bor hem de boratların birincil kaynağı, kolemanit, üleksit, tinkal ve kernit gibi bor içeren minerallerin madenciliğidir. Ancak yalnızca belirli yataklardan ekonomik olarak bor çıkarılabilmektedir.

2.1 Bölgelere Göre Dünya Bor Rezervleri

Dünyadaki önemli bor rezervleri Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Rusya, Güney Amerika olmak üzere dört bölgede toplanmakta ve sektör oligopol bir yapı sergilemektedir. Sektörün büyük bir kısmını iki ana üretici olan Eti Maden ve Londra merkezli İngiliz-Avustralya çokuluslu şirketi Rio Tinto domine etmektedir.

Dünyada bor rezervlerinin toplandığı dört bölge; ABD'nin Kaliforniya eyaletinin güneyinde yer alan

“Mojave Çölü”, Güney Amerika'da yer alan “And Kemerli”, Türkiye'nin de yer aldığı “Güney-Orta Asya Orojenik Kemerli” ve Doğu Rusya'dır. Türkiye dışında diğer önemli bor rezervlerinin bulunduğu bor yataklarının bölgesel rezerv dağılımı aşağıda yer almaktadır^[1]:

2.1.1 Kuzey Amerika

- **Boron (Kramer) Yatakları, Kaliforniya:** Rio Tinto firması tarafından açık ocak işletmeciliği yönetimi ile işletilen yatağın toplam rezervi, firmanın 2021 yılı verilerine göre bor oksit (B_2O_3) bazında 15 milyon ton olup, 488.000 ton bor üretimi gerçekleştirilmiştir.
- **Searles Lake Yatağı, Kaliforniya:** Tinkal ve üleksit bazlı yatak; çözültü madenciliği yapılarak işletilmektedir. Ağırlıklı olarak soda külü ve borik asit, sodyum sülfat, sodyum borat üretilmektedir.
- **Fort Cady Kalsiyum Bor Yatağı, Mojave Desert, Kaliforniya:** Bölge, Eti Maden ve Rio Tinto'nun sahip oldukları dışında dünyadaki en büyük kolemanit yataklarına sahiptir. Hâlihazırda üretim yapılmayan saha, kolemanit yatağı olup düşük tenörlü ve derinde olması nedeniyle (yaklaşık 410 metre) çıkarılması ve işlenmesi zor ve maliyeti de yüksektir. ABD kökenli bir firma tarafından söz konusu yatakta çalışma yapılmaktadır. Havzanın 340 ppm Li_2O ve yüzde 6,5 bor oksit içerikli 120,4 milyon ton kaynak içerdiği tahmin edilmektedir. Projede ilk aşamada yıllık 40.000 ton potasyum sülfat ve 9.000 ton borik asit üretilmesi, ikinci aşamada da potasyum sülfatın 80.000 ton,

borik asit üretiminin ise yıllık 90.000 tona çıkarılması amaçlanmaktadır.

- **Death Valley Bor Yatakları/Billie Mine/Kaliforniya:** Yeraltı ocak işletmeciliği yöntemi ile işletilen yatak kolemanit, üleksit ve howlit içermektedir. Ancak bu yatakta şu anda üretim yapılmamaktadır.

2.1.2 Sırbistan

2004 yılında keşfedilen Jadar Bor Havzası'nın işletme hakkı Rio Tinto tarafından 2005 yılında alınmış olup, havzanın toplam görünür ve muhtemel lityum rezervi 17 milyon tondur. Li₂O içeriği yüzde 1,8 ve B₂O₃ içeriği yüzde 13,1'dir. Yatak kolemanit ve jadar minerallerinden (LiNaSiB₃O₇(OH)) oluşmaktadır. 2020 yılı verilerine göre Jadar yatağının lityum kaynağı 136 milyon ton, bor kaynağı ise B₂O₃ bazında 20 milyon tondur. Söz konusu alanda yapılması planlanan 200 milyon dolar yatırım tutarlı bir tesiste ilk satışa esas üretimin 2027 yılından önce yapılamayacağı ve yıllık yaklaşık 58.000 ton lityum karbonat, 160.000 ton borik asit (B₂O₃ bazında) ve 255.000 ton sodyum sülfat üretileceği belirtilmektedir.

Sırbistan, Jarandol havzası olarak bilinen iki bor yatağına sahiptir. Bunlardan Piskanja bor yatağının lisans hakları Kanada kökenli Erin Ventures firmasına ait olup Pobrdjski Potok bor yatağı ise Sırbistan devlet firması tarafından işletilmektedir.

Sırbistan'ın güneyinde yer alan Jarandol Havzası'ndaki Piskanja bor yatağında da arama çalışmaları Erin Ventures firması tarafından yürütülmekte, bu sahada mineralizasyon ve mineral kaynak sınıflandırma çalışmaları yapılmaktadır. Söz konusu yatakta en çok bulunan bor mineralleri kolemanit, üleksit ve howlittir (kalsiyum borosilikat hidroksit-Ca₂B₅SiO₉(OH)₅). Yapılan arama çalışmaları sonucunda, yüzde 31 oranında B₂O₃ içerikli 7,8 milyon ton görünür ve yüzde 28,6 oranında B₂O₃ içerikli 3,4 milyon ton muhtemel rezerv olduğu bildirilmektedir. Kanada ve Sırp firmaları, rezerv tükeninceye kadar yatağın kolemanit üretim kapasitesinin yıllık 30.000 tona çıkarılması için maddi destek ve yönetim desteği vermeyi planlamaktadır.

2.1.3 Güney Amerika

Güney Amerika yataklarının tenörleri genelde düşük olup çok geniş alanlara küçük rezervler hâlinde yayılmışlardır. Bu yataklar, And Dağları'nın 4.000 metrenin üzerindeki yüksek bölgelerinde bulunduğundan çalışma süresi, mevsim koşullarına bağlı olarak kısadır. Söz konusu madenlerin Güney Amerika rezervlerinin büyük bir bölümünü üleksit (sodyum kalsiyum borat) minerali oluşturmaktadır.

- **Tincalayu, Arjantin:** Daha önce Rio Tinto tarafından işletilen saha, 2012 yılında bir Avustralya firması tarafından devralınmıştır. Üretim Tincalayu, Sijes ve Porvenir bölgelerinden çıkarılan cevherlerden elde edilmektedir. Ana proses merkezi ve merkez ofis ise Campo Quijano bölgesinde yer almaktadır. Tincalayu yatağı, yaklaşık yüzde 13,8 B₂O₃ içerikli 6,8 milyon ton kaynağa sahiptir. Tincalayu'nun mevcut rafine bor

tesisinin üretim kapasitesinin 30.000 ton/yıldan 100-120 bin ton/yıla çıkarılması, entegre 40.000 ton yıl borik asit üretilmesi çalışması devam etmektedir. Söz konusu çalışma, birim üretim maliyetlerinin iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. 2020 yılının Haziran ayı sonu itibarıyla üretim rakamları, bir önceki yılın aynı dönemi ile aynı seviyede gerçekleşmiş; satışlar ise miktar bazında yüzde 2 azalış göstererek 44.062 ton olmuştur. 2021 yılında ise 12.611 ton lityum karbonat ve 40.627 ton bor ürünleri üretimi gerçekleştirilmiştir. Porvenir bölgesinde ise yüzde 20,4 B₂O₃ içerikli 2,3 milyon ton kaynak olduğu düşünülmektedir. Kaynak, 2,9 metre derinlikte bulunmakta ve açık ocak yöntemi ile kolayca çıkarılabilecek durumdadır.

- **Salar de Olaroz, Arjantin:** Söz konusu yatak, deniz seviyesinden 3.900 metre yükseklikteki bölgede bulunmakta olup, Avustralya firması Orocobre tarafından işletilmektedir. Havzada lityum, bor ve potasyum kaynakları mevcuttur. 1,752 milyon m³ tuzlu su bulunan havzanın 690 mg/L lityum, 5.730 mg/L potasyum ve 1.050 mg/L bor içerdiği (yaklaşık 1,85 milyon ton bor) tahmin edilmektedir. Firma, sahada ilk etapta lityumu değerlendirmek için bir lityum projesi başlatmıştır. 2015 yılının Nisan ayında üretime başlayan tesisin kapasitesi, yapımı tamamlanan yeni tesis ile birlikte toplamda 42.000 tona ulaşmıştır.
- **Salar de Surire Bor Cevheri Yatağı, Şili:** Arica'daki (Şili) 1,5 milyon tonluk üleksit rezervi bulunan yatağın olduğu yerde 36.000 ton/yıl kapasiteli borik asit üretim tesisi bulunmaktadır.
- **Salar de Uyuni, Bolivya:** Salar de Uyuni bölgesinde denizden yaklaşık 3.650 metre yükseklikteki en büyük suyu çekilmiş tuz gölü olan Potosi'de 9,5 milyon ton üleksit rezervi mevcuttur. Ayrıca 7 milyon ton lityum rezervi bulunmaktadır. Söz konusu yerde aylık yüzde 48 B₂O₃ içerikli 1.500 ton kalsine üleksit üretilmektedir.
- **Salar de Carcote ve Salar de Ascotan, Kuzey Şili:** Şili firması tarafından işletilen Salar de Carcote ve Salar de Ascotan yatakları B₂O₃ bazında 7 milyon ton üleksit rezervine sahiptir.
- **Meksika:** Kuzey Meksika'da Cajon, Bellota ve Pozo Nuevo alanında yerel bir firma tarafından bor (kolemanit) ile ilgili ekonomik değerlendirme çalışması yapılmıştır. Cajon'da yüzde 10,6 bor içerikli 11,6 milyon ton kaynak olduğu tahmin edilmektedir.

2.1.4 Asya Bor Yatakları

Asya ülkelerindeki bor rezervleri genelde, magnezyum borat (ascharite) ve sınırlı bölgelerde tinkal ve borosilikattan oluşmaktadır. Çin'in 14 bölgesinde genelde düşük tenörlü 100'den fazla bor yatağı bulunmaktadır. Rezervlerinin yüzde 80'inden fazlası Liaoning ve Qighai bölgesinde olup sassolit (H₃BO₃) ve tinkal formundadır. Çin'in kaynaklarının ortalama B₂O₃ içeriği yüzde 8'dir.

Kazakistan'daki Satimola yatağında potasyum ile birlikte borat kaynakları olduğu keşfedilmiş ve arama

çalışmaları başlatılmıştır. 2014 yılında yapılan çalışmalar, B₂O₃ bazında 600 milyon ton yüzde 6,95 B₂O₃ tenörlü borat varlığını göstermiştir. Ancak, söz konusu çalışmaların devamı getirilmemiştir.

2.1.5 Rusya Bor Yatakları

Rusya'nın en önemli bor yatağı, dünyada bilinen üç önemli datolit bor yatağından biri olan Dalnegorsk yatağıdır. Rus şirket tarafından işletilmekte olan yatağın B₂O₃ içeriği ortalama yüzde 9-10, toplam rezerv miktarı ise yaklaşık 230 milyon tondur. 2014 yılında 81.234 ton, 2015 yılında ise 55.000 ton borik asit üreten şirketin diğer ürettiği ürünler ise kalsiyum borat, B₂O₃ ve konsantre datolittir^[1].

ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumuna (United States Geological Survey -USGS) göre 2022 rakamlarıyla dünyadaki toplam bor rezervi 1 milyar 243 milyon ton civarındadır^[2].

2.2 Bor Madeninin Çıkarıldığı Ülkeler

Bor madenciliği birçok ülke ekonomisinin önemli bir parçasıdır.

2.2.1 Türkiye

Dünya bor üretim ve ihracatında lider ülke Türkiye'dir. Zira Türkiye, küresel talebin yaklaşık yarısını, Eti Maden İşletmeleri aracılığıyla üretmektedir^[3]. Ayrıca Türkiye mükemmel, köklü madencilik ve çıkarma tesislerine sahiptir. Türkiye'nin bor üretimi ve borun ülke ekonomisi açısından önemi raporumuzun üçüncü bölümünde detaylı olarak incelenecektir.

2.2.2 Çin

Madencilik sektöründeki en büyük bor üreticilerinden olan Çin, yılda 44 milyon tondan fazla maden çıkarıp işlemektedir. Ülke aynı zamanda bu minerali kullanarak özel sektöre ait ürün yelpazesini üretmek için bor madenciliği yapmaktadır. Çin bir süredir tüm lityum iyon pil malzemelerinin yüzde 85'inden fazlasını çıkarmakta, aynı zamanda dünyadaki borik asitin üçte ikisini de üretmektedir^[3].

Çin'in bor kaynakları düşük kalitededir. Dünyanın en büyük bor minerali tüketicisi olan Çin'de talep hızla artmaktadır. Bor, ülkede esas olarak fiberglas ve borsilikat cam üretiminde kullanılmaktadır. Çinli bor madeni üreticileri, ithal edilmesi gereken yüksek kaliteli boratlara yönelik hızla artan talebi karşılayamamaktadır. Çin'in özellikle cam, seramik ve tarım alanlarındaki büyümeye yakın gelecekte dünya borat mineralleri talebinin itici gücü olacağı öngörülmektedir. Çin'in Şili, Türkiye ve ABD'den borat ithalatının önümüzdeki birkaç yılda artması beklenmektedir^[4].

2.2.3 Amerika Birleşik Devletleri

ABD'nin bor madenciliğindeki rolü küçüktür. Ancak Çin'den sonra ikinci büyük üretici konumundadır. ABD, yılda yaklaşık 21 milyon ton ile madencilikte ikinci büyük bor üreticisidir^[3].

Ülkeler	Toplam Rezerv (bin ton B2O3)	Oran (%)
Türkiye	939.782	73,3
Rusya	100.000	7,8
ABD	80.000	6,2
Peru	22.000	1,7
Arjantin	9.000	0,7
Çin	36.000	2,8
Bolivya	19.000	1,5
Şili	41.000	3,2
Kazakistan	15.000	1,2
Sırbistan	21.000	1,6
Toplam	1.282.782	100

Tablo 1: Dünya bor rezervleri^[1].

Not: Türkiye'nin bor rezervi 31.12.2021 tarihi itibarıyla güncellenmiştir.

2.3 Dünya Bor Üretiminde Önde Gelen Şirketler

Bor pazarı, büyük oyuncuların büyük bir pazar payına sahip olmasıyla oldukça konsolide edilmiştir^[5]. Son yıllarda önemli ilerlemeler kaydeden bor madenciliğinde öne çıkan bazı şirketler aşağıda incelenmiştir^[3]:

2.3.1 Rio Tinto Grubu

Merkezi Londra'da bulunan bu İngiliz-Avustralya çokuluslu şirketi 130 yılı aşkın süredir faaliyet göstermektedir ve dünya çapında yaklaşık 34.000 kişiye istihdam sağlamaktadır. Rio Tinto Grubu borat tesisleri işletmekte, madencilik yapmakta ve işlemektedir. Grup, Avustralya, ABD ve Afrika olmak üzere maden açısından zengin üç bölgede faaliyet göstermektedir. Rio Tinto Mines şirketinin genel merkezi Batı Avustralya'nın Perth şehrinde iken, Rio Tinto Borax Kaliforniya Coalinga'da faaliyet göstermektedir. Şirket ayrıca Kuzey Amerika'daki Kennecott Copper Corporation da dahil olmak üzere birçok madenin sahibidir. Arizona'nın Büyük Kanyonu yakınındaki Navajo'da bakır ve molibden üreten Grup, ayrıca Teksas ve Kanada'da olmak üzere iki bor tesisi işletmekte, Imerys SA veya Saint Gobain SA gibi diğer madencilik şirketlerinin ürettiği hammaddeleri tamamlamaktadır. Ayrıca inşaat malzemeleri ve cam şişe gibi ürünler üretmektedir.

2.3.2 US Borax

US Borax, madencilik sektöründe faaliyet gösteren halka açık bir şirkettir. Aynı zamanda Rio Tinto Grubunun bir parçasıdır. Şirketin ana faaliyetleri Nevada bor madeni ve Kaliforniya borat madenlerindedir. Dünya yüzeyindeki killi şeyl kayaları da dahil olmak üzere cevher içeren malzemelerden ve ayrıca yer kabuğunun derinlerindeki suda çözünebilir tuzların yeraltı birikintilerinden mineraller çıkarmaktadır. US Borax 1889'dan beri faaliyet göstermekte ve genel merkezi Los Angeles, Kaliforniya'da bulunmaktadır. Şirketin ABD, Kanada ve Meksika'da yaklaşık 600 çalışanı bulunmaktadır.

Kuzey Amerika, Güney Amerika, Afrika, Avrupa ve Asya olmak üzere beş kıtada faaliyet gösteren şirket, aralarında Hindistan'ın da bulunduğu 60'ın üzerinde ülkeye ihracat yapmakta ve 125 yılı aşkın bir süredir faaliyet göstermektedir. Kaliforniya'nın Mojave Çölü'ndeki Ridgecrest'te en büyük bor madenlerinden birini geliştirmektedir.

2.3.3 Orocobre

Orocobre, Arjantin'de faaliyet gösteren Avustralyalı bir madencilik şirkettir. Öncelikle Şili'deki Atacama tuz düzlüğündeki açık madenlerden boratlar çıkarmaktadır. Şirketin ayrıca bakır, uranyum ve altın arama tesisleri de bulunmaktadır.

Orocobre, 30 yılı aşkın süredir bor madenciliği sektöründe faaliyet gösteren bir şirkettir. Şu anda Şili'de bulunan Salar de Atacama'dan borat çıkaran iki aktif şirketten biridir. Şirketin faaliyetleri esas olarak mevcut operasyonlarını sınırlı bir arama bileşeniyle yönetmek ve araştırmaktan ibarettir. Orocobre ayrıca madencilik faaliyetlerinin yan ürünleri olarak hem lityum karbonat hem de potasyum klorür ürettiği Minera Florida adında entegre bir lityum projesi yürütmektedir.

Orocobre boratlar ve lityum yan ürünü alanında lider bir üreticidir. Şirket, dünyanın en büyük ikinci borat minerali üreticisi olan Arjantin'de dünya standartlarındaki yatakları başarıyla geliştirmiştir. Şirketin Olaroz Pampa'daki amiral gemisi projesi Arjantin'in Jujuy eyaletinde bulunmakta ve tahmini 40 yıl boyunca çıkarılabilecek rezervlerle küresel arzın yaklaşık yüzde 20'sini üretmektedir. Devam eden diğer projeler arasında gelecekteki üretim fırsatları için arama programlarının devam ettiği Salar del Hombre Muerto ve Salinas Grandes tuz gölleri yer almaktadır.

Orocobre ayrıca Cauchari-Olaroz projesinde de yüzde 50 hisseye sahiptir. Bu proje Arjantin'in Salta ve Catamarca eyaletlerinde 16.000 hektardan fazla alanı kapsayan üç maden imtiyazını içermektedir.

2.3.4 Eti Maden

Eti Maden, 30 yılı aşkın bir süredir bor madenciliğine ev sahipliği yapmaktadır ve günümüzde dünyanın en büyük üreticilerinden biridir. Eti Maden, 2000'li yılların başında metal rafinaj işine hammadde sağlamak amacıyla bor madenciliğine yatırım yapmıştır. Şirketin farklı pazarlara yayılma stratejisi, ürününe olan talebin artmasıyla birlikte büyümenin sürdürülmesine yardımcı olacaktır.

2.3.5 Allkem Limited

Aralık 2022'de Arjantin'in Salta şehrinde bulunan Borax Argentina SA şirketinin satın alımını tamamlamıştır. Bu satın alma, Allkem'in bor işini ve pazardaki konumunu önemli ölçüde güçlendirmiştir^[5].

Bor pazarındaki diğer başlıca oyuncular arasında Quiborax, Qin Hai Zhontian Boron Lithium Mining Boron Molecular Pty, Boron Specialities, Ceradyne, 3M ve SB Boron Corporation bulunmaktadır^[5], ^[6].

3. KÜRESEL BOR EKONOMİSİ

Bor pazarı, kimyasal element bor ve bileşiklerinin üretimi, dağıtımı ve kullanımına odaklanan kimya ve malzeme endüstrilerinde hayati bir segment oluşturmaktadır. Bor, tarım, seramik, elektronik, ilaç ve enerji dahil olmak üzere çok çeşitli endüstrilerde uygulamalar bulmakta ve birden fazla endüstriyel sürece ve teknolojik ilerlemeye katkıda bulunan temel malzemelerin sağlanmasında büyük önem taşımaktadır. Borosilikat cam, bor bazlı gübreler, bor katkılı yarı iletkenler ve nükleer reaktörlerde nötron emici malzemeler gibi çeşitli ürünlerde çok önemli bir bileşen olarak kullanılmaktadır.

Yapısı gereği sektörde ürün fiyatları diğer birçok endüstriyel ürün fiyatlarının aksine borsalarda değil bir dizi fiyatlandırma faktörlerinin analizi sonucu alıcı ve satıcılar arasında yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmektedir. Bor ürünlerinin birbirini ikame edebilmeleri, sektörel ve bölgesel etkiler, ürünün kullanıldığı sektör ve son kullanıcı tüketimi etkilemektedir. Ayrıca bor ürünleri birçok alanda birbirini ikame edebildiği gibi başka ürünlerle de ikame edilebilmektedir. İkamenin yanında sektördeki rekabet, satışa sunulan ürünlerin maliyeti ile arz durumu, piyasadaki talep koşulları ile dünya ekonomisindeki ve hedef pazarlardaki genel durum bor fiyatını belirleyen faktörler arasında yer almaktadır^[1].

3.1 Dünyada Bor Üretimi

2021 yılı dünya bor üretim kapasitesinin 5,7 milyon ton ve dünya fiili bor üretiminin ise 4,27 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Fiili bor üretiminde Eti Maden yüzde 59 pay ile birinci sırada, Rio Tinto (ABD) yüzde 27 payla ikinci sıradadır. Diğer şirketlerin toplam üretim payı ise yüzde 14'tür^[1].

3.2 Bor Tüketimi

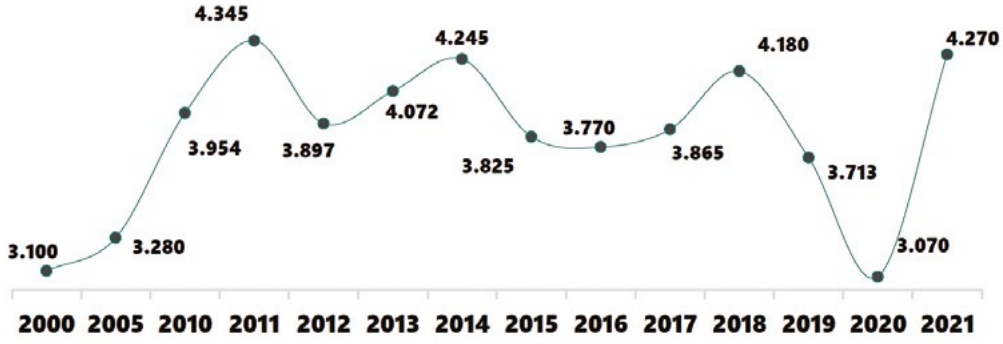
Dünya toplam bor tüketiminin 2020 yılında 3,07 milyon ton civarında gerçekleştiği tahmin edilmektedir^[1].

Şekil 1'de dünya bor ürünleri tüketiminin 2000-2021 yılları arası değişimi gösterilmiştir.

Sektörel bazda bor tüketimi açısından yüzde 50 payla cam sektörü (yüzde 21 payla borosilikat camlar, yüzde 14 payla cam yünü, yüzde 12 payla cam elyafı, yüzde 3 payla TFT-LCD) en yüksek miktarda bor tüketilen sektör olma özelliğini sürdürmüştür. Cam sektörünü yüzde 17 payla tarım, yüzde 15 payla seramik-frit ve yüzde 2 payla deterjan-temizlik sektörü takip etmektedir. Kimya, metalürji, bor bileşikleri (lokal üretilen ürünler), böcekler karşı koruyucu, çatı kaplama, tutkal, selülozik izolasyon, alçıpan, madeni yağ gibi sektörleri içeren diğer tüketim kalemlerinin toplam payı ise yüzde 19'dur.

Bölgesel bazda ise bor tüketiminin en yoğun olduğu bölge yüzde 52 payla Asya olup, özellikle Çin'in bor talebi önemli yer tutmaktadır. Asya'yı sırasıyla yüzde 28 payla Kuzey ve Güney Amerika, yüzde 18 payla Avrupa, yüzde 1'er payla Afrika ve Ortadoğu takip etmektedir^[1].

Bor sektöründeki talebin yaklaşık yüzde 62'si Türkiye ve yüzde 23'ü ABD tarafından karşılanırken; Rusya, Çin,



Şekil 1: Yıllara Göre Dünya Bor Ürünleri Tüketimi (bin ton)¹¹.

Şili ve Arjantin gibi ülkeler de bor pazarından pay almaktadır. Öte yandan, Eti Maden 2021 yılında da dünya bor sektöründeki liderliğini korumuştur.

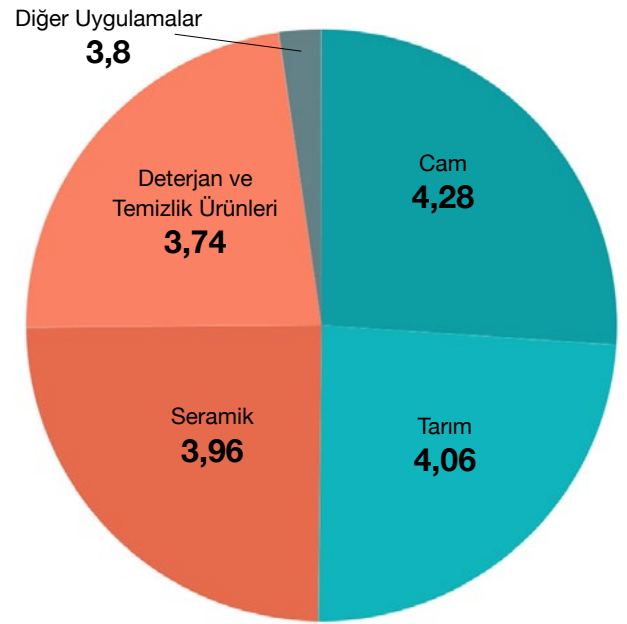
3.3 Dünya Bor Pazarının Genel Görünümü

Business Research Company'nin yayınladığı "Bor Küresel Pazar Raporu 2023"e göre 2022'de 3,87 milyar dolar değerinde olan küresel bor pazarının, yıllık ortalama yüzde 5,1'lik bir artışla 2027'de 4,88 milyar dolara ulaşması beklenmektedir^[6]. Bir başka araştırma kuruluşu Mordor Intelligence'a göre ise bor pazarının şu anda 4.737,31 kiloton olduğu tahmin edilmekte ve 2023-2028 döneminde 5.790,00 kilotona ulaşarak yaklaşık yüzde 4,09'luk bir yıllık büyüme oranı kaydetmesi beklenmektedir^[5]. Aynı araştırmaya göre, bor piyasasında 2023-2028 döneminde uygulama alanlarına göre beklenen küresel büyüme oranları Şekil 2'de gösterilmiştir^[5]:

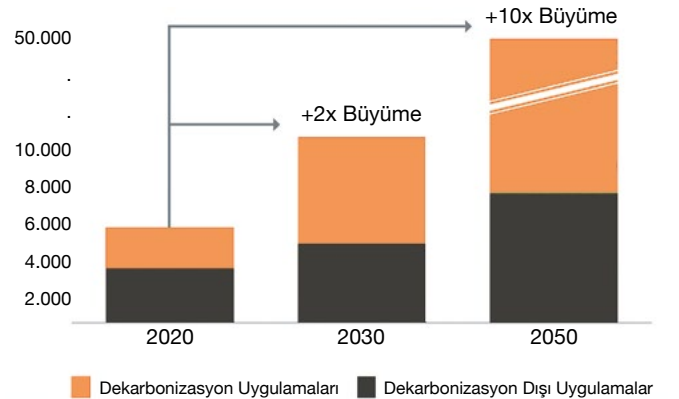
Küresel pazar hem küçük olmasına hem de şeffaf olmamasına rağmen (sadece 4,5 milyon ton), geleceğe dönük ve geleneksel uygulamaların (cam, seramik, tarım ve temizlik ürünleri dahil) hızlanması nedeniyle bor talebinin 2050 yılına kadar (2020 seviyelerine göre) 10 kat artacağı tahmin edilmektedir (Şekil 3). Geleceğin endüstrileri olarak görülen yeni sektörlerin yeni talep dinamikleri yaratması nedeniyle uzmanlar, ulaşımın elektrifikasyonu ve yeşil enerji üretimi gibi trendlerden 1,6 milyon ton yeni talep öngörmektedir^[7].

Örneğin kalıcı mıknatıslardan seramik frenlere, yüksek mukavemetli çelik şasilere, gösterge paneli ekranlarına, gövde panellerine ve ses yalıtımına kadar ortalama elektrikli araçlarda yaklaşık 40-50 kg bor kullanılmaktadır. Piyasa analistleri, borun Neodyum (NdFeB) mıknatıslarda (neodimyum, demir ve bor alaşımından yapılmış kalıcı bir mıknatıs) kullanımı konusunda özellikle heyecan duymaktadır. Bunun nedeni, yalnızca oldukça uygun maliyetli olmaları ve manyetikliğin giderilmesine karşı yüksek direnç sunmaları değil, aynı zamanda pazarın 2021-2027 döneminde yüzde 7,59'luk bir oranda büyümesinin beklenmesidir.

Borun karbon ile oluşturduğu bir bileşik olan bor karbür (B₄C) piyasasını ürüne, uygulamaya ve bölgele göre derinlemesine inceleyen ve 2022'nin sonunda yayınlanan başka bir araştırmaya göre, 2021 yılında 4,9 milyar dolar değerinde olan bor karbür pazarının



Şekil 2: Uygulama alanlarına göre bor minerali pazarında beklenen büyüme oranları (%)⁵⁵.



Şekil 3: Küresel bor talebi (2020-2050)⁷⁷.

2022'den 2030'a kadar yüzde 3'lük bir bileşik büyüme oranıyla büyümesi ve 2030 yılında 6,39 milyar dolara ulaşması beklenmektedir^[8]. Araştırmaya göre bor karbür pazarının genişlemesinin en önemli itici güçleri; cam ve seramikler, deterjanlar, alaşımlar, metaller ve zirai kimyasallar dahil olmak üzere çeşitli ürünlerde bor bileşiklerinin kullanımındaki artış ile, daha az enerji tüketen yarı iletken ve cam elyaf ürünlerinin kullanımını teşvik eden destekleyici hükümet düzenlemeleridir.

Küresel bor karbür pazarı, ürüne bağlı olarak, bor mineralleri ve bor kimyasalları olarak kategorize edilmektedir. 2021 yılında bor mineralleri segmenti, yüzde 60,1 ile en büyük pazar payı ve 2,94 milyar dolar gelir ile pazara hâkim olmuştur. Bor mineralleri segmentinin önümüzdeki yıllarda lider kategori olması beklenmektedir çünkü bor mineralleri, ısıya dayanıklı camların yanı sıra endüstriyel, tıbbi ve kozmetik alanlarda giderek daha fazla kullanılmaktadır^[8].

Uygulamaya bağlı olarak ise bor karbür pazarı cam ve seramikler, alaşımlar ve metaller, deterjanlar ve ağartıcılar, zirai ilaçlar, yapıştırıcılar ve diğerleri olarak kategorize edilmektedir. 2021'de cam ve seramik segmenti, yüzde 23,8 büyüme oranı ve 1,16 milyar dolar pazar geliri ile pazarın en büyük payını oluşturmuştur. Tahmin dönemi boyunca, cam ve seramik segmentinin en hızlı büyüme oranıyla genişleyerek lider konumunu sürdürmesi beklenmektedir. Cam ve seramik endüstrileri, boraks ve borik asidin ana kullanıcılarıdır. Cam elyafları, ısıya dayanabilen bor-silikat cam, endüstriyel cam ve optik camın tümü borik asitten yapılmaktadır^[8].

3.4 Bor Pazarının Büyüme Nedenleri

Bor pazarının büyümesi birkaç temel faktörden kaynaklanmaktadır. Önemli bir itici güç, tarımda mikro besin gübrelere olarak bora olan talebin artmasıdır. Bor, bitki büyümesi için gereklidir, hücre duvarı oluşumuna, tozlaşmaya ve besin alımına yardımcı olur. Küresel tarım uygulamaları mahsul verimini artırmaya ve besin yönetimini iyileştirmeye odaklandıkça, bor bazlı gübrelere olan talep artmaya devam etmekte ve bu da onu modern sürdürülebilir tarımda kritik bir bileşen hâline getirmektedir. Ayrıca, borun elektronik endüstrisinde, özellikle yarı iletken üretiminde artan uygulamaları, pazarın genişlemesine katkıda bulunmaktadır. Bor katkılı silikon; transistörler ve diyotlar gibi elektronik cihazlarda önemli bir rol oynayan pozitif ve negatif tip yarı iletkenler oluşturmak için kullanılır.

Bununla birlikte, madencilğe olan talebin artması, gelişen teknolojiler ve gelişmekte olan pazarlar bor pazarındaki büyümenin nedenleri arasındadır. Örneğin, ABD merkezli bir devlet kurumu olan Uluslararası Ticaret İdaresine göre madencilik, 2020'de toplam GSYH'nin neredeyse yüzde 10'unu oluşturarak Avustralya ekonomisine önemli bir katkı sağlamıştır. Ayrıca, İngiltere merkezli bir devlet kurumu olan British Geological Survey'e göre, potas ve boksit gibi çeşitli minerallerin küresel üretimi 2020'de bir önceki yıla göre yüzde 5'ten fazla artmıştır^[6].

Bor piyasasında canlılık yaratması en muhtemel sektör ise cam sektörü olarak görülmektedir. Cam endüstrisinde bor, özellikle borosilikat cam, tekstil tipi fiberglas ve yalıtım tipi fiberglasta kullanılmaktadır. Bor ilavesi ile cam eşyalar ısıya ve kimyasallara dayanıklı malzemelere dönüştürülmektedir. Nihai ürünün akışkanlığı, yüzey sertliği ve dayanıklılığı, erimiş cam ara ürününe bor eklendiğinde artmaktadır. Erime sıcaklığını ve viskozitesini (akmazlık, akışkanlığa karşı direnç) büyük ölçüde düşürmek, camın kristalleşmesini önlemek, termal genişlemeyi düzenlemek ve sapmayı önlemek için cam üreticileri silika bazına yüzde 5-20 oranında borik oksit eklemektedir. Nihai ürünler, önemli mekanik veya termal şoklara dayanacak kadar güçlüdür ve yerleşik dayanıklılığa ve kimyasal dirence sahiptir.

2022 Uluslararası Cam Yılı verilerine göre^[9], dünya çapında 1.200 tesiste faaliyet gösteren ve yılda 95 milyon ton cam üreten 650 cam kap üreticisi bulunmaktadır. 560 tesiste faaliyet gösteren ve yılda yaklaşık 106 milyon ton düz cam üreten 320 düz cam üreticisi ve 400'den fazla tesiste faaliyet gösteren 230 üretici, ev tipi cam/sofra takımları için yılda yaklaşık sekiz milyon ton cam eritmektedir. Dünya çapında her yıl 2.160 tesiste 1.200 işletme tarafından 209 milyon ton cam üretilmektedir (Bu rakamlar ikincil endüstrileri, cam elyafı üretimini, sanatı, özel cam eşyaları veya ikincil endüstrileri hesaba katmamaktadır). Bu nedenle, cam segmentinin tahmin döneminde pazara hâkim olmaya devam etmesi beklenmektedir^[5].

Bor karbür pazarındaki büyüme beklentilerinin nedenleri arasında da çeşitli faktörler sayılabilir. Gelişmekte olan ülkelerde harcanabilir gelirin artması, yaşam standartlarının iyileşmesi ve hükümet harcamalarının artması nedeniyle inşaat sektörü önemli bir gelişme potansiyeli sergilemektedir. Bileşiğin geniş kullanım alanı nedeniyle kişisel bakım, elektronik ve sağlık gibi diğer son kullanım sektörlerindeki kullanımın da artması beklenti dahilindedir. Sonuç olarak pazarın uluslararası ölçekte büyümesi beklenmektedir. Başta inşaat sektörü olmak üzere son kullanım sektörlerinden artan ürün talebi nedeniyle bor talebi son yıllarda önemli ölçüde artmış olup, bu eğilimin devam edeceği öngörülmektedir^[8].

Mineralin rezervinin kaç yıllık olduğu hâlâ tahmin edilememektedir. Bu nedenle, gelecek nesillere yönelik arzı korumak için kimyasalın kullanımının önümüzdeki yıllarda azaltılması beklenmekte ve bu da pazarın genişlemesi üzerinde bir etkiye sahip olabilmektedir. Pek çok farklı uygulamada kullanımının hızla artması ve kısıtlı arzın bir sonucu olarak bileşiğin kıtlığıyla ilgili endişeler artmıştır. Bununla birlikte, dünya çapındaki bor karbür pazarının büyümesi, yetkin işçi sıkıntısı nedeniyle öngörülen süre boyunca sınırlı kalmaktadır. Lojistik ve tedarik zincirleri arasındaki arayüz, düzenleyici standartlar ve ihracat ve ithalat operasyonlarına ilişkin kurallar, bor karbür için diğer pazar kısıtlamalarıdır^[8].

Ayrıca nükleer enerji, havacılık ve otomobil endüstrileri piyasadaki bor karbür ihtiyacını artırmaktadır. Nükleer endüstrisinde, bor karbürün koruyucu seramik malzemelerde kullanımı oldukça rağbet görmektedir. Tüm bu



unsurlar, pazarın genişlemesini artıran ve kârlı fırsatlar yaratan ana güçler olarak işlev görebilir.

Bor lifi, kompozit malzemelerin sertliğini artırmasıyla tanınır ve bu nedenle sivil altyapı uygulamaları için çok uygundur. Ek olarak, bileşiğin avantajları daha iyi bilinir hâle geldikçe, sağlık sektöründen gelen talep de artmaktadır.

3.5 Bor Piyasasında Gelecek Trendleri ve Bölgesel Dinamikler

Bor madenleri piyasasında kolemanit, kernit, tinkal ve üleksit en çok kullanılan borat mineralleridir. Bor minerallerinin çoğunu cam ve seramik endüstrileri tüketmektedir. Dünya çapında ısı tasarrufuna yönelik daha etkili bina standartlarının uygulanması nedeniyle cam elyaf izolasyonu için borat tüketiminin artması beklenmektedir. Asya ve Latin Amerika'nın, özellikle tarım, seramik ve cam pazarlarındaki büyümeyle yakın gelecekte borat mineralleri talebinin itici gücü olması beklenmektedir^[10].

Asya-Pasifik bölgesi, otomobil, bina ve inşaat gibi çeşitli sektörlerden gelen yüksek talep nedeniyle bor pazarında güçlenmiştir^[5].

Bor pazarında yer alan başlıca ülkeler Avustralya, Brezilya, Çin, Fransa, Almanya, Hindistan, Endonezya, Japonya, Rusya, Güney Kore, İngiltere ve ABD'dir^[6].

Bor karbür pazarı değerlendirildiğinde ise, Asya-Pasifik, 2021'de yaklaşık yüzde 43 pazar payı ve 1,18

milyar dolar pazar geliri ile küresel bor karbür pazarı için en büyük pazar olarak ortaya çıkmıştır. Bor karbür pazarında yapı ve inşaat sektöründe Japonya, Güney Kore, Avustralya, Çin ve Hindistan gibi ülkelerin başı çektiği Asya'nın önemli bir büyüme göstermesi beklenmektedir. Kişi başına düşen gelir ve nüfus artışı nedeniyle bölgede konutlar için büyük bir talep artışı beklentisinin olması bu durumun nedenleri arasında sayılmaktadır. Bununla birlikte, otoyollara, köprülere, barajlara ve diğer kamu tesislerine yapılan yüksek devlet yatırımlarının, bölgesel bor mineralleri ve kimyasalları pazarının genişlemesini teşvik etmesi beklenmektedir. Hızla artan nüfus ve tüketicilerin harcanabilir gelirindeki yükselişin cam ve seramik ürünlere olan talebi artırması ve kurumsal büyümeyi teşvik etmesi beklenirken, altyapı inşasına yapılan yüksek hükümet harcamalarının piyasayı yönlendirmesi öngörülmektedir. Ayrıca, zirai kimyasallara yönelik iç talebin artmasının da yerel ekonominin güçlenmesine yardımcı olacağı tahmin edilmektedir.

Kuzey Amerika pazarının ise, yabancı işletmelerin bölgeye girmesine yönelik artan teşvik ve faydalar nedeniyle 2021 ila 2030 arasında hızlı büyümesi beklenti dahilindedir. Nihai kullanım endüstrilerinin genişlemesiyle bor talebinin elektronik, kişisel bakım ve sağlık sektörlerinde artması öngörülmektedir. Bu nedenler ışığında, Kuzey Amerika bölgesinin yakın gelecekte bor talebinde önemli bir artış yaşayacağı söylenebilir^[8].



Asya-Pasifik bölgesinin, diğerlerinin yanı sıra Çin ve Hindistan'daki büyüyen son kullanıcı endüstrileri nedeniyle tahmin döneminde bor için en büyük pazar olması beklenmektedir. Ayrıca bölgenin, orta sınıf aileler arasında temizlik konusunda artan farkındalık nedeniyle, küresel olarak en büyük deterjan endüstrisine ev sahipliği yapması beklenmektedir. Çin ve Hindistan gibi ülkeler dünyanın en büyük deterjan üreticileridir.

Borik asit ve boratlar gibi bor bileşikleri, çimento hidratasyon süresini uzatmakta, bu nedenle bor bileşikleri inşaat sektöründe etkin bir şekilde kullanılmaktadır. İnşaat sektörü, Çin'in devam eden ekonomik kalkınmasında kilit bir oyuncudur, zira Çin'in bir inşaat mega patlamasının ortasında olduğu düşünülmektedir. Çin Ulusal İstatistik Bürosuna göre, inşaat sektörü toplam değeri 2021'de 29,3 trilyon yuandan (4,2 trilyon dolar) 2022'de 31,2 trilyon yuana (4,5 trilyon dolar) yükselmiştir. Çin'in 2030 yılına kadar binalara yaklaşık 13 trilyon dolar harcaması beklenmekte, bu da bor için olumlu bir görünüm yaratmaktadır.

Bunun yanında, Hindistan'da da devasa bir inşaat sektörü mevcuttur ve ülkenin dünyanın en büyük üçüncü inşaat pazarı olması beklenmektedir. Hindistan Hükümeti tarafından uygulanan Akıllı Şehirler projesi, Herkes için Konut vb. çeşitli politikaların Hindistan inşaat sektörüne ivme getirmesi beklentiler arasındadır.

Asya Pasifik bölgesinde bora olan talebi artırması beklenen diğer bir sektör ise seramiktir. Çin, dünya çapında önde gelen seramik üreticisi ve tüketicisidir. Dünyanın en büyük seramik karo üreticilerinden biri olan Çin, yaklaşık 8,470 milyar metrekare seramik karo üretmiştir. İç pazarı ve ihracat pazarlarındaki kıyasıya rekabet, seramik üreticilerini bölgedeki üretim süreçlerini ve ürün kalitelerini geliştirmeye zorlamaktadır.

Hindistan'da ise, Hindistan Merkez Bankası verilerine göre 2022 yılında seramik ve cam eşya ürünleri ihracatı, seramik karo ve sağlık gereçlerine olan talebin artması nedeniyle 258 milyar rupi (yaklaşık 3,15 milyar ABD Doları) ile rekor kırmıştır.

Tüm bu nedenlerle, Asya-Pasifik bölgesindeki ülkelerde hızla büyüyen son kullanıcı endüstrileri ile bor talebinin de tahmin dönemi boyunca artması beklenmektedir^[5].

4. SONUÇ

Az sayıda şirketin hüküm sürdüğü bor piyasası yapısı gereği bir oligopol piyasasıdır.

Dünyadaki önemli bor rezervleri Türkiye, ABD, Rusya, Güney Amerika olmak üzere dört bölgede toplanmıştır. Türkiye 2021 rakamlarıyla 939 milyon 782 bin ton toplam rezerv ile dünyadaki bor rezervlerinin yüzde 73,3'üne sahiptir.

2021 yılı dünya bor üretim kapasitesinin 5,7 milyon ton ve dünya fiili bor üretiminin ise 4,27 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Fiili bor üretiminde Eti Maden yüzde 59 pay ile birinci sıradadır.

Business Research Company'nin yayınladığı "Bor Küresel Pazar Raporu 2023"e göre 2022'de 3,87 milyar dolar değerinde olan küresel bor pazarının, yıllık ortalama yüzde 5,1'lik bir artışla 2027'de 4,88 milyar dolara ulaşması beklenmektedir.

Tarım, cam, seramik, inşaat, sağlık gibi sektörlerdeki büyümenin önümüzdeki dönemde bora olan talebi artırması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] *Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü*, (2022), “Bor Sektör Raporu”, (Mayıs 2022), <https://www.etimaden.gov.tr/storage/pages/June2022/2021%20YILI%20BOR%20SEKT%C3%96R%20RAPORU.pdf>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [2] İyidoğan, Deniz; Göngörmüş, Özge; Karaahmetoğlu, Cihan; (2022), “Türkiye'nin zengin madeni: Bor”, *TRT Haber*, (7 Şubat 2022), <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/turkiyenin-zengin-madeni-bor-652506.html>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [3] *Borates Today*, (2021), “Boron Mining: Sources and Major Producers”, (15 Haziran 2021), <https://borates.today/boron-mining-sources-and-major-producers/>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [4] *McGroup*, (2023), “China Boron Minerals Market Outlook 2023”, (Aralık 2023), <https://mcgroup.co.uk/researches/china-boron-minerals>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [5] *Mordor Intelligence*, “Boron Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028)”, <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/boron-market>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [6] *The Business Research Company*, (2023), “Boron Global Market Report 2023”, (Ocak 2023), <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/boron-global-market-report>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [7] Cummins, Jessica; (2023), “Boron for Morons: Everything you need to know about the world's most perplexing mineral”, *Stockhead*, (14 Şubat 2023), <https://stockhead.com.au/primers/everything-you-ever-wanted-to-know-about-boron-including-how-it-may-save-the-world/>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [8] *Spherical Insights*, (2022), “Global Boron Carbide Market Size, Share, and COVID-19 Impact Analysis By Product (Boron minerals and Boron chemicals), By Application (Glass and Ceramics, Alloys and Metals, Detergents and Bleaches, Agrochemical, Adhesives and Others), and by Region (North America, Europe, Asia-Pacific, Latin America, Middle East and Africa), Analysis and Forecast 2021 – 2030”, (Kasım 2022), <https://www.sphericalinsights.com/reports/boron-carbide-market>[10] *McGroup*, (2023), “Boron Minerals: 2023 World Market Review and Forecast to 2032”, (Kasım 2023), <https://mcgroup.co.uk/researches/boron>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [9] *International Year Of Glass 2022*, <https://www.iyog2022.org/>[10] *McGroup*, (2023), “Boron Minerals: 2023 World Market Review and Forecast to 2032”, (Kasım 2023), <https://mcgroup.co.uk/researches/boron>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)
- [10] *McGroup*, (2023), “Boron Minerals: 2023 World Market Review and Forecast to 2032”, (Kasım 2023), <https://mcgroup.co.uk/researches/boron>. (Erişim Tarihi: 4 Aralık 2023)



thinktech
STM Teknolojik Düşünce Merkezi
<http://thinktech.stm.com.tr>

