

Üretimden ticarete alüminyum

Gonca EROĞLU¹ ve Mesut ŞAHİNER¹

Genel Bilgiler

Alüminyum (Al) atom numarası 13, yoğunluğu 2,70 gr/cm³ olan gümüş renkli hafif bir metaldir. Yeryüzünde oksijen ve silisyumdan sonra en bol bulunan element olan alüminyum doğada saf olarak bulunmaz, oksit ve silikat bileşikler halindedir. Alüminyum metali üretimi birincil ve ikincil üretim olmak üzere ikiye ayrılır. Birincil alüminyum üretimi boksit cevherlerinden elde edilir. İkincil alüminyum ise hurda alüminyumun geri dönüşümü yolu ile üretilir.

Dünya boksit rezervinin %90'ı alüminyumun eldesinde, geri kalanı kimya, refrakter, aşındırıcı ve çimento sanayinde kullanılır. Alüminyum üretiminde kullanılan boksit cevheri genellikle %30-60 oranında alüminyum içerir ve işletilebilir değerde kabul edilir. Boksit madeni yatakları genellikle yüzeye yakın yerlerde olduğundan açık işletme ile işletilir.

Boksit cevherinden saf alüminyum elde edilmesi için çeşitli yöntemler bulunur. Bu yöntemler arasında, Carl Bayer tarafından keşfedilen Bayer metodu, dünyada halen en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Cevherden saf alüminyum üretiminin ilk aşamasında; Bayer metodu ile boksit cevherinden alümina (Al₂O₃), ikinci aşamasında elektroliz yöntemi ile alüminadan saf alüminyum elde edilir. Yaklaşık 4 ton boksitten; 2 ton alümina, 1 ton metal alüminyum elde edilebilmektedir.

Günümüzde hurda metalin yeniden değerlendirilmesi sonucu elde edilen ikincil alüminyuma olan talep, yüksek enerji maliyetleri ve çevreci yaklaşımlara paralel olarak giderek artmaktadır. Birincil alüminyum üretiminde maliyetin yaklaşık %40'ını enerji maliyeti oluştururken; ikincil alüminyum üretiminde enerjinin toplam maliyetler içindeki payı %5 düzeyinde olmaktadır.

Alüminyumun endüstriyel üretimi ilk kez 1886 yılında elektroliz yönteminin kullanılmaya başlaması ile gerçekleşmiştir. İlk olarak elektrik kabloları ve ev dekorasyon ürünlerinde kullanılmaya başlayan alüminyuma 1939-1945 dönemindeki savaş ortamında, uçak sanayinde yoğun talep olmuştur. 1960'larda alüminyum sac ve levhalar inşaat sanayinde kullanım alanı bulurken, 1970 ve 1980'lerde ise özellikle ABD'de kutulama piyasası alüminyuma büyük talep yaratmıştır. Yaşanan petrol krizleri sonrasında, daha

hafif otomobillerin üretiminin yaygınlaşmasıyla, otomotiv sektöründe bakır, çelik ve dökme demirin yerini alüminyum almıştır.

Alüminyum, diğer metallerin sağlayamadığı hafiflik, mukavemet, üstün korozyon direnci, yüksek derecede ısı ve elektrik iletkenliği, kolay şekillendirilme, işleme ve ısıl işlem yapılabilirliği özellikleriyle inşaat, otomotiv, ambalaj, savunma sanayii, boya ve taşımacılık sanayiinde çok geniş kullanım alanına sahip olmuştur. Dolayısıyla demir-çelikten sonra en çok üretilen ikinci metal konumundadır.

Tüm dünyada alüminyum eldesinde kullanılan boksit kaynaklarının 55-75 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. İşletilebilir rezervlerin toplamı ise yaklaşık 30 milyar tondur. Dünyadaki en önemli rezerv sahaları; Gine (7,4 milyar ton), Avustralya (6 milyar ton), Vietnam (3,7 milyar ton), Brezilya (2,6 milyar ton), Jamaika (2 milyar ton), Çin (1 milyar ton) ve Endonezya (1 milyar ton) da bulunur.

Ülkemizde çoğu Toros kuşağı içinde yer alan, toplam (görünür+muhtemel+mümkün) 422 milyon ton boksit rezervi bulunur, bunun 63 milyon tonu işletilebilir rezerv durumundadır. En zengin boksit yataklarımızın yer aldığı Seydişehir (Konya) ve Akseki (Antalya) yöresinde işletilebilir rezerv yaklaşık 31 milyon tondur.

Boksit Yataklarının Oluşumu

Boksit genellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde lateritleşme sonucu oluşur. Oluşum şekillerine göre ikiye, mineralojik içeriklerine göre ise üçe ayrılır:

Oluşum şekilleri;

1. Silikat Boksitler: Alüminyumca zengin silikat kayaların aşınması ve yıkanması sonucu oluşurlar. Bunun için yağışlı ve ılık, tropikal iklimler, geçirgenliği ve tektonik stabilitesi olan kayalar en uygun ortamlardır. Diğer elemanların yüzey akıntılarıyla yıkanması alüminyumca zenginleşmeyi sağlar.
2. Karstik Boksitler: Kireçtaşı ve dolomitlerin karstik boşluklarında oluşurlar. Alüminyumca başka ortamlarda çözülmüş olan asidik karakterli yüzey suları, kireçtaşları içinde nötrleşerek alüminyumca zenginleşmesine neden olurlar.

Mineralojik içerikleri;

1. Diyasporitik Boksitler: Yüksek sıcaklıklarda oluşur.

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara.

2. Gibsitik Boksitler: Püskürük kayalarındaki feldispat ve korundun düşük sıcaklıklarda dekompozisyonu ile oluşur.
3. Böhmistik Boksitler: Gibsitin dehidratasyonu sırasında ara ürün olarak oluşur.

Alüminyumun Kullanım Alanları

Hafif, dayanıklı ve fonksiyonel oluşu alüminyumu günümüzün en önemli mühendislik malzemelerinden biri haline getiren başlıca özellikleridir. Alüminyum sadece bu özellikleriyle bile kullanılmaya değer bir malzemedir. Çok geniş kullanıma sahip olan Al, yaşadığımız evlerde, kullandığımız tüm ulaşım araçlarında ve cihazlarda (telefon ve bilgisayar vb.), her türlü kablo, her çeşit dolap, raf, tezgah ve mutfak gereçlerinde, modern ortam iç tasarımlarında, ayrıca gıda, ilaç ve kimya gibi birçok sektörde kullanılmaktadır.

Alüminyum, bina çatı ve cephe kaplamalarında, kapı, pencere ve merdiven yapımında kullanılır. Sağlamlığı yanında sahip olduğu dekoratif görünümü mimar ve mühendislere inşaat sektöründe zengin seçenekler sunar.

Alüminyum, en kullanışlı ambalaj malzemelerinden birisidir. Homojen yapısı, ince folyo şeklinde üretilebilmesi, hava geçirmezliği ve kolay şekillenebilmesi onu ideal bir ambalaj malzemesi yapar. En yaygın kullanıldığı alanlardan birisi de, meşrubat ve bira kutularıdır. Dünyada kullanılan tüm içecek kutularının %80'i alüminyumdan yapılmıştır.

Sektörde alüminyum hurda arzının önemli bir kısmı içecek kutularından sağlanmakta olup, dünya ikincil alüminyum üretiminde içecek kutularının payı %30-55 arasında değişmektedir. İçecek kutuları ABD'nde ikincil alüminyum üretiminin ana kaynağıdır.

Alüminyum, ulaşım sektöründe taşıt araçlarının üretiminde kullanılan en önemli malzemelerden birisidir. Alüminyum kullanımının yaklaşık %25'i taşıt araçlarının üretimine aittir. Taşıt araçları ne kadar hafif olursa, hareket etmeleri için daha az enerjiye gerek duyulduğundan alüminyum kullanılan otomobilin daha az yakıt harcadığı anlaşılmıştır. Özellikle otobüs, tren, kamyon gibi büyük araçlarda alüminyum kullanımı önemli yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Alüminyum alaşımlarının hafifliği yanı sıra sağlamlığı uçak, gemi ve tekne yapımında kullanımını artırmıştır.

Alüminyum son derece iletken bir metal olması nedeniyle elektrik ve elektronik sektörde tercih edilir. Yüksek voltajlı elektrik nakil hatları, yer altı

kablolari, elektrik borulari, motor bobin sarımında ayrıca elektronik cihaz kasaları, şase, yonga, transistör soğutucuları ve veri kayıt disklerinde yaygın şekilde kullanılır.

Kimya, gıda ve ilaç sanayiinde de geniş kullanımı olan alüminyum, plastik ve sentetik malzeme, kağıt, gübre, patlayıcı madde, karbonat ve kükürt üretiminde de çokça kullanılmaktadır.

Sektörlerdeki kullanımı:

- 1) İnşaat Sektöründe:
 - Konut yapımında,
 - Konut dışı yapılarda,
 - Karayollarında,
 - Diğer yapısal kullanımlarda,
- 2) Ulaştırma Sektöründe:
 - Karayolu taşıtlarında,
 - Demiryolu taşıtlarında,
 - Denizyolu taşıtlarında,
 - Havayolu taşıtlarında,
- 3) Kimya ve Gıda Sektöründe:
 - Organik bileşikler üretiminde,
 - Plastik ve sentetik fiber sanayiinde,
 - Kağıt sanayiinde,
 - Gübre sanayiinde,
 - Patlayıcı maddeler üretiminde,
 - Mineral asit üretiminde,
 - Karbonat ve kükürt üretiminde,
 - Saf su ve buhar üretiminde,
 - Elektrokimya sanayiinde,
 - Petrol rafinerilerinde,
 - Gıda, ilaç ve meşrubat sanayiinde,
 - Boya maddesi ve boya üretiminde,
 - Ambalaj sanayiinde,
- 4) Elektrik ve Elektronik Sektöründe:
 - Tel ve kablo üretiminde,
 - Enerji dağıtım cihazlarında,
 - Güç üretim ve düzeltme araçlarında,
 - Haberleşme ve elektronik cihazlarda,
 - İç dağıtım ve aydınlatma gereçlerinde,
- 5) Makine ve Ekipman İmalat Sektöründe:
 - Makine yatakları imalinde,
 - Pompa, kompresör, far vs. imalinde,
 - Endüstri makineleri imalinde,
 - Tarım alet ve makineleri imalinde,

- İş makineleri imalinde,
- Çeşitli enstrümanların imalinde,
- Isıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinde,
- Malzeme taşıma ekipmanları imalinde,
- Maden ve petrol ürünleri araçları imalinde,
- Tekstil ve matbaa makineleri imalinde,
- Elektrik sistemlerinde,
- Askeri araç-gereç ve silahların yapımında,

6) Metal Sanayiinde:

- Alaşım metali,
- Çelik deoksidasyonu,
- Alüminyum kaplamalı çelik,
- Alüminotermik reaksiyonlar,

7) Diğer Kullanım Alanları:

- Dayanıklı tüketim mallarında,
- Muhtelif ev eşyalarında,
- Mutfak eşyası yapımında,
- Mobilya yapımında,
- Dekorasyon ürünlerinde,
- Takım ve el aletleri yapımında,
- Diğer uygulamalarda,

şeklinde sıralanabilir.

Dünya Alüminyum Rezervi

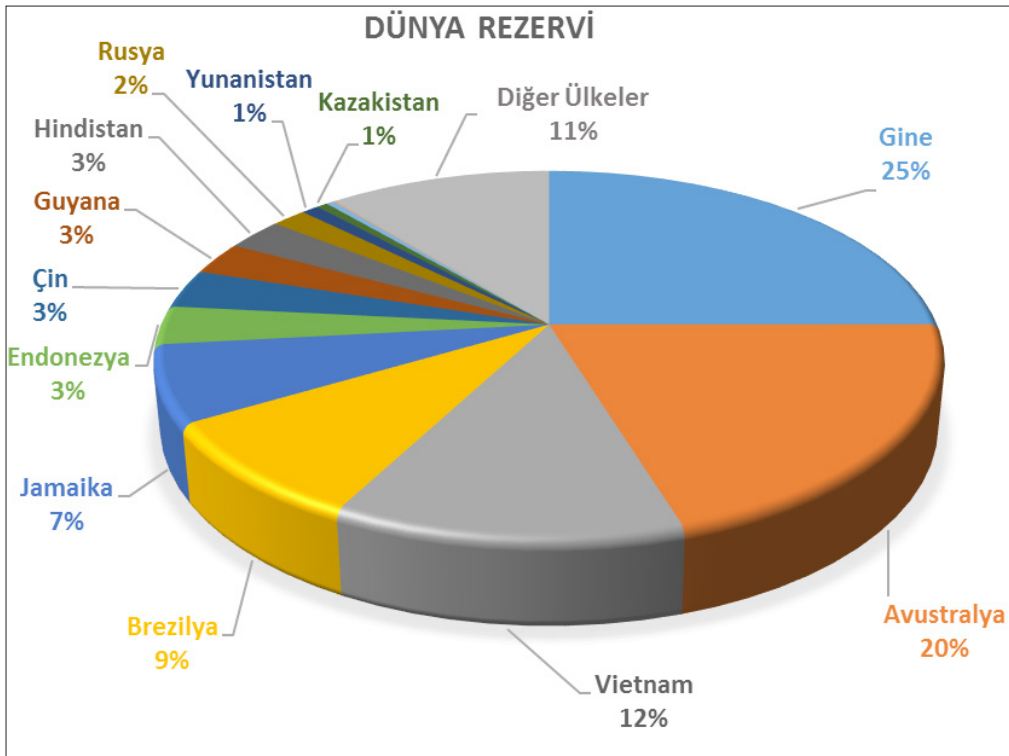
Alüminyum doğada çok yaygın bulunmasına rağmen, metal alüminyum ekonomik olarak boksit cevherinden elde edilir. Dünya boksit rezervi toplamı yaklaşık 55-75 milyar ton olup, bunun yaklaşık 30 milyar tonu işletilebilir rezerv durumundadır. Dünyanın en zengin boksit rezervine sahip ülkesi olan Gine'de 7,4 milyar ton rezerv bulunmaktadır. Gine'nin ardından sırasıyla Avustralya (6 milyar ton), Vietnam (3,7 milyar ton), Brezilya (2,6 milyar ton) ve Jamaika (2 milyar ton) gelmektedir. Bu beş ülke toplamda dünya boksit rezervinin %73'üne (22 milyar ton) sahiptir. Yüksek miktarda rezerve sahip diğer ülkeler sıralamasında Endonezya ve Çin (1 milyar ton), Guyana (850 milyon ton), Hindistan (830 milyon ton) ve Rusya (500 milyon ton) yer almaktadır (Şekil 1).

Dünya Alüminyum Üretimi

Alüminyum üretimi birincil ve ikincil üretim olarak ikiye ayrılır. Birincil alüminyum boksitten, ikincil alüminyum hurdadan elde edilir.

Birincil alüminyum üretimi 3 ana aşamadan oluşur;

1. Boksit madeni işletmeciliği,



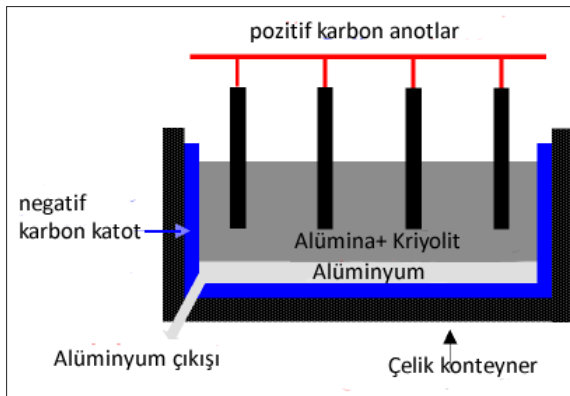
Şekil 1- Dünya işletilebilir boksit rezervi dağılım grafiği (Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries, 2018).

2. Boksit cevherinden Bayer metodu ile alümina üretimi
3. Alüminadan elektroliz yöntemi (Hall-Herault metodu) ile metalik sıvı alüminyum üretimi

Bu aşamalar sonunda elde edilen sıvı alüminyumun külçe olarak dökülmesi, ekstrüzyon ve haddeleme işlemleriyle yarı ürün ve uç ürünlerin üretilmesi adımlarının her biri sektörde ayrı bir sanayi kolunu oluşturur. Dünyada bu kademelerin tümünün bir arada bulunduğu tesis sayısı çok azdır ve bu tip tesislere "entegre tesis" adı verilir. Ülkemizde bu kapsamda olan tek tesis Seydişehir Alüminyum Tesisleridir.

Genellikle yüzeye yakın olduğu için açık işletme ile çıkarılan boksit madeni sahalarının yakınına alümina tesisleri kurulur. Bu tesislerde çoğunlukla Bayer metodu (önce sudkostik eriyiği ile alüminyum hidroksit eldesi ve sonra kalsinasyon işlemi) kullanılarak boksit cevherinden alümina (Al_2O_3) elde edilir.

Sonraki aşamada, alümina elektroliz işlemi (Hall-Herault Proses) ile alüminyuma dönüştürülür. Bu işlemde alümina eriyik kraylit banyosunda çözünür, çelik konteyner hücrede pozitif ve negatif karbon anotlar kullanılarak elektrolize edilir. Burada amaç alüminyum oksijenden arındırmaktır. Dipte biriken alüminyumun alınması ile işlem tamamlanır. Genel olarak, ağırlıkça 4 birim boksitten, 2 birim alümina ve 2 birim alüminadan da 1 birim alüminyum elde edilir. Bu işlem ile elde edilen sıvı alüminyum, sektörde birincil alüminyum olarak adlandırılır. Üretim aşamalarında en fazla enerji elektroliz işleminde kullanılır. Bu nedenle elektroliz tesisleri kurulurken yeterli, uzun süreli ve güvenilir elektrik enerjisinin sağlanabileceği yerler seçilmelidir (Şekil 2).



Şekil 2- Elektroliz işlemi uygulama şeması.

Sonraki aşamada sıvı alüminyum kalıplara dökülerek külçe ve çeşitli tiplerde ekstrüzyon ürünlerine dönüştürülür (Şekil 3).



Şekil 3- Birincil üretim ürünü alüminyum külçeler.

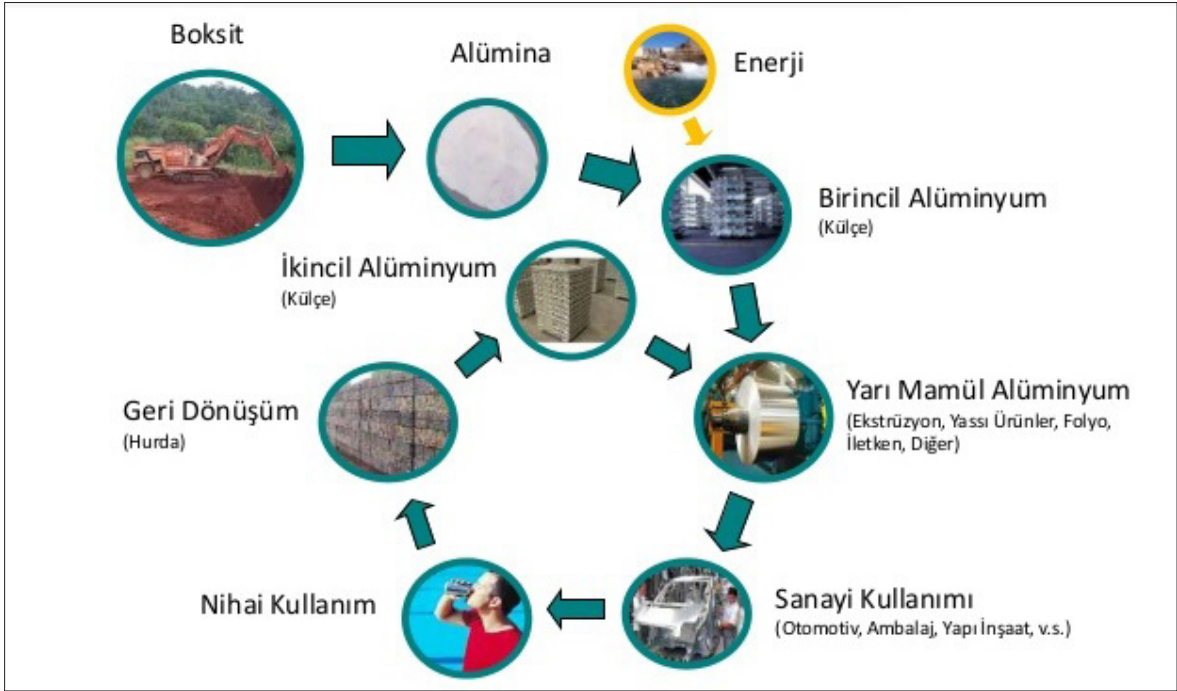
İkincil alüminyumun üretimi geri dönüşüm tesislerinde, hurda alüminyumun dönüşümü ile yapılmaktadır. Hurda olarak, alüminyumdan yapılmış her türlü eski ambalaj atıkları (içecek kutuları) ile uç ürün üretiminde çıkan yeni artıklar kullanılır (Şekil 4). Alüminyum hurda arzının önemli bir kısmı içecek kutularından sağlanmakta olup, dünya ikincil alüminyum üretiminde içecek kutularının payı %25-55 arası değişmektedir. Bu pay ülkelerin yaşam standartlarına ve nüfuslarına paralel bir artış eğilimi göstermektedir.

Son yıllarda tüm dünyada ikincil alüminyum üretimine olan talep her geçen gün artmaktadır. Çünkü çok daha az enerji kullanımı gerektirmekte ve daha az çevre sorunları yaratmaktadır. Gelişmiş ülkelerde geri dönüşümle Al üretimi daha fazladır. ABD alüminyum ihtiyacının çoğunu geri dönüşümden karşılamakta olup, 2017 yılında geri dönüşümden 3,7 milyon ton Al üretimi yapmış, bunun %43 ünü eski, %57 sini yeni hurdadan elde etmiştir.

Alüminyum sektörü, boksitten birincil alüminyum ve hurdadan ikincil alüminyum üreten, bunları kullanım amaçlarına göre alaşımlandıran, üretilen külçe döküm ve işleme ingotlarını, dökme, haddeleme, çekme ve dövme işlemlerine tabi tutarak piyasaya uç ürünler olarak sunan tüm kuruluşları kapsar (Şekil 5).

Son yıllarda birincil alüminyum üretiminde lider olan Çin, 2000 yılından itibaren artan iç talebini karşılayabilmek için üretimini hızla artırarak, 2017 yılında 32 milyon ton üretim yapmış, 59 milyon ton olan dünya toplam üretiminin %54 ünü gerçekleştirmiştir. Üretimde 2017 dünya sıralamasında Çin'in ardından, 3,6 milyon ton ile Rusya ve 3,2 milyon ton ile Kanada ve Hindistan gelir.

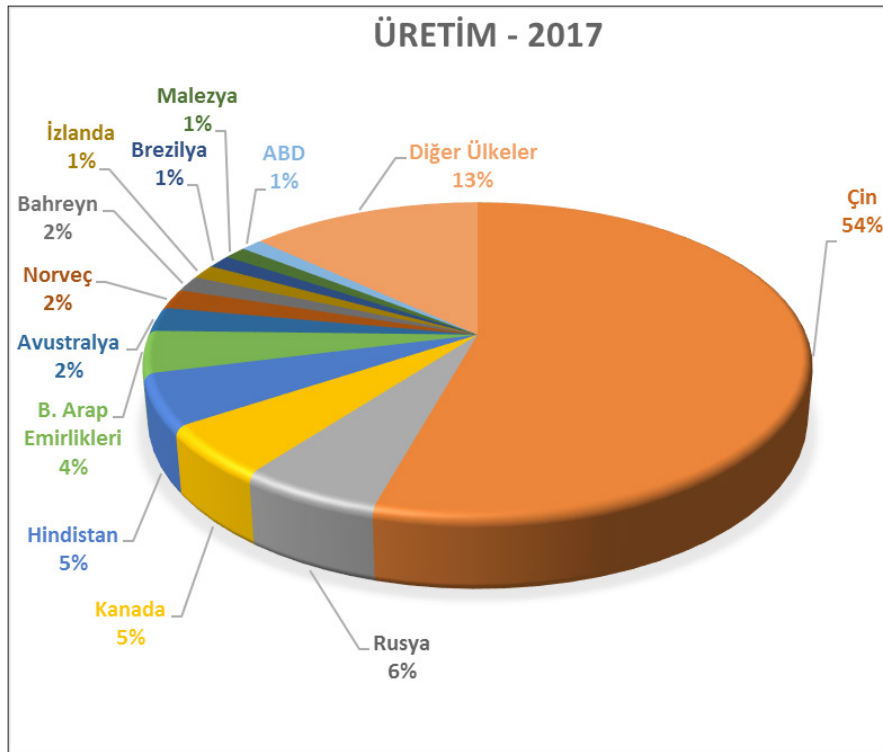
Avrupa ülkelerinde ise gittikçe artan çevre sorunları nedeniyle birincil Al üretimi son yıllarda giderek azaltılmıştır. Buna karşılık, yarı ürün işleme



Şekil 4- Alüminyum üretim zinciri (kaynak: Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği-TALSAD).

sanayiinde yatırımlar yapılmaktadır. Genel olarak, yan ürün ihracatçısı olan AB ülkeleri, ihtiyaçları olan birincil alüminyumu daha çok Norveç, Brezilya ve Venezüella'dan temin etmektedirler.

Dünya boksit rezervleri ile alüminyum üreticisi ülkeler karşılaştırıldığında ilginç bir sonuçla karşılaşıldığı görülmektedir. Alüminyum üretiminde önde gelen ülkelerin çoğu boksit rezervi bakımından son sıralarda yer almaktadır. Örneğin boksit rezervi



Şekil 5- Dünya birincil alüminyum üretim oranları grafiği (Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries, 2018).

bulunmayan Kanada, tamamı ithal cevhere dayalı olarak, dünyanın birçok ülkesinde birincil alüminyum üreterek, dünya sıralamasında üçüncü sırada yer almaktadır (Çizelge 1).

Boksit Dışı Kaynaklardan Alüminyum Üretimi

Günümüzde mevcut teknolojik koşullarda alümina üretiminin neredeyse tamamı boksitten, Bayer yöntemi ile karşılanmaya devam etmektedir. Ancak yüksek üretim miktarlarına bağlı olarak Bayer yöntemine uygun kalitedeki boksit rezervlerinin hızla azalması, alümina üretim maliyetlerindeki artışlar, bazı ülkelerin boksit rezervlerinin sınırlı olması ya da hiç olmaması gibi teknik ve ekonomik gerekçelerden dolayı, boksit dışı kaynaklardan

alümina üretimi konusu bilimsel araştırmalar ve pilot tesis uygulamaları ile devam etmektedir.

Boksit dışı kaynaklar olarak hemen her coğrafyada sıkça rastlanabilen; kömür şeylleri, alünit, nefelinli siyenit, kyanit, andaluzit, sillimanit, ayrıca termik santral artığı uçucu külleri ve özellikle kil yatakları dikkat çekmektedir. Bunlardan en uygun kaynaklar, doğada bol ve yaygın bulunan, nispeten yüksek alüminyum tenörüne sahip olan, kil mineralleridir (kaolinit, profillit, illit, halloysit). Ancak boksitin alüminyum içeriği %50-60'larda iken, kil minerallerinin alüminyum içeriği yaklaşık %20-30 civarındadır. Dolayısıyla günümüzdeki mevcut teknoloji ile düşük tenörlü cevherlerden alümina üretimi halen ekonomik olmamaktadır.

Çizelge 1- Dünya birincil alüminyum üretim miktarları (ton) (Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries, 2018).

ÜLKE	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Çin	23.500.000	26.500.000	28.300.000	31.400.000	31.900.000	32.600.000
Rusya	4.024.000	3.600.000	3.300.000	3.530.000	3.560.000	3.600.000
Kanada	2.780.000	2.967.000	2.858.000	2.880.000	3.209.000	3.212.000
Hindistan	1.704.000	1.703.000	1.939.000	2.355.000	2.723.000	3.200.000
B. Arap Emirlikleri	1.820.000	1.864.000	2.341.000	2.464.000	2.500.000	2.600.000
Avustralya	1.860.000	1.777.000	1.703.000	1.646.000	1.634.000	1.490.000
Norveç	1.145.000	1.155.000	1.250.000	1.225.000	1.220.000	1.220.000
Bahreyn	890.000	913.000	931.000	961.000	971.000	960.000
İzlanda	803.000	836.000	830.000	845.000	855.000	870.000
Brezilya	1.436.000	1.304.000	962.000	772.000	793.000	800.000
Malezya	120.000	291.000	400.000	400.000	620.000	760.000
ABD	2.070.000	1.946.000	1.710.000	1.587.000	818.000	740.000
Suudi Arabistan	0	187.000	662.000	835.000	840.000	740.000
Güney Afrika	665.000	822.000	745.000	695.000	701.000	714.000
Türkiye	43.700	42.200	30.400	45.900	50.000	82.000
Diğer Ülkeler	6.139.000	6.903.000	6.010.000	6.343.000	5.596.000	6.412.000
Toplam	49.300.000	52.200.000	54.200.000	58.100.000	58.900.000	59.900.000

Boksit kaynakları az olan, hiç olmayan veya Bayer yöntemine uygun nitelikte olmayan, ülkelerde alümina ve alüminyum üretimi büyük ölçüde ithalatla karşılanmaktadır. Bayer yöntemi sürecinde oluşan “kırmızı çamurun” depolanmasının çevre için oluşturduğu potansiyel tehlikeler, boksit dışı Al kaynak arayışlarının bir diğer önemli nedenidir.

Birçok ülke Al üretimindeki enerji maliyetlerini düşürme ve boksit dışı kaynaklardan alüminyum üretimi yapabilme arayışları içerisindedir. İlk olarak 1960-1970 yılları arasında ABD’de boksitlik olmayan cevherlerden alümina üretmek için asit liçi ve alkali sinterleme yöntemleri ile denemeler yapılmıştır. Asit liçi yöntemi ile kil minerallerinden pilot ölçekte Al üretimi yapılmıştır. Ancak alkali sinterleme yöntemi, bazı teknik ve ekonomik zorluklardan dolayı laboratuvar aşamasında kalmıştır. Günümüzde

Kanada ve Rusya’da asit liçi yöntemiyle pilot tesislerde killerden alümina üretimi yapılabildiği bilinmektedir.

Dünya Boksit ve Alümina Üretimi

Dünyada yaklaşık 120-130 milyon ton alümina üretimi, 275-300 milyon ton boksit üretimi gerçekleştirilmektedir. Alüminyum hammaddesi üretiminde yıllar itibariyle artışta ivme kazanmıştır. Önümüzdeki yıllarda bu artışın devam etmesi beklenmektedir (Çizelge 2).

Dünya Alüminyum Ticareti

Uluslararası ticaret merkezinin verilerine göre 2017 yılında; alüminyum ve alüminyum ürünleri bazında toplam 173,5 milyar dolarlık ithalat ve 172,5 milyar dolarlık ihracat yapılmıştır. İthalatçı ülkeler

Çizelge 2- Dünya alümina ve boksit üretimi yapan ülkeler (bin ton).

Ülkeler	Alümina		Boksit	
	2016	2017*	2016	2017*
ABD	2.360	1.500	—	—
Avustralya	20.900	20.600	82.000	83.000
Brezilya	10.900	11.000	34.400	36.000
Kanada	1.570	1.570	—	—
Çin	60.900	72.300	65.000	68.000
Almanya	1.900	1.900	—	—
Yunanistan	821	820	1.800	1.800
Gine	—	—	31.500	45.000
Guyana	—	—	1.700	1.500
Hindistan	6.030	6.170	23.900	27.000
Endonezya	600	1.500	1.400	3.600
İrlanda	1.970	1.930	—	—
Jamaika	1.870	1.980	8.540	8.100
Kazakistan	1.500	1.500	5.000	5.000
Malezya	—	—	1.000	1.000
Rusya	2.680	2.800	5.430	5.600
Suudi Arabistan	1.430	1.450	3.840	3.900
İspanya	1.580	1.570	—	—
Ukrayna	1.510	1.660	—	—
Vietnam	600	600	1.200	2.000
Diğer Ülkeler	2.160	2.130	7.820	9.030
Dünya toplamı	121.000	130.000	275.000	300.000

*: Tahmini (Kaynak: USGS Mineral Commodity Summaries, 2018)

sıralamasında; 23,3 milyar dolar ile ABD lider olurken, onu Almanya, Japonya, Fransa ve Çin takip etmiştir. Türkiye bu listede on altıncı sırada 3,5 milyar dolarlık ithalat değerine sahiptir. İhracat lideri ülkeler sıralamasında Çin 22,6 milyar dolarlık ihracat değeri ile ilk sırada yer alırken Almanya, ABD, Kanada ve Rusya onu takip etmiştir. Türkiye 2,5 milyar dolarlık alüminyum ihracatı ile yirminci sırada yer almıştır (Çizelge 3).

Türkiye Boksit Rezervi ve Alüminyum Üretimi

MTA tarafından 1940'lı yıllarda başlayan boksit arama çalışmaları sonucunda, ülkemiz görünür+muhtemel rezerv toplamı 422 milyon ton, işletilebilir rezerv 63 milyon ton olduğu tespit edilmiştir. En büyük boksit rezervi Konya Seydişehir ve Antalya Akseki yöresinde bulunur. Bu sahalarda toplam (gör+muh+müm) rezerv 36,5 milyon ton, işletilebilir rezerv 31 milyon ton dur. Ayrıca Muğla-Milas, Tufanbeyli-Saimbeyli, Zonguldak-Kokaksu, Isparta-Yalvaç, İslahiye-Payas, Bolkardağı ve Alanya bölgelerinde boksit sahalarımız mevcuttur.

Alüminyum hammaddesi olan ve üretim yapılan kaynaklarımız Seydişehir-Akseki yöresindeki yataklardır. Al tenörünün %50 den fazla olduğu bu sahalar 1965 yılında işletilmek üzere MTA tarafından Etibank'a devredilmiştir. 9 Mayıs 1967'de Etibank Genel Müdürlüğü ile Tyazprom export (SSCB)

arasında imzalanan anlaşma ile Seydişehir'de 60.000 ton/yıl sıvı alüminyum (birincil) kapasiteli Eti Alüminyum Entegre Tesisleri kurulmuştur. Tesislerde; ilk alümina 1973'de, ilk birincil alüminyum 1974'de üretilmiş, 1974-1979 arasında dökümhane ve haddehane üniteleri de işletmeye açılmıştır. Sıvı alüminyum üretim kapasitesi o yıllarda 60.000 ton/yıl olan tesis 1977 yılında %100 kapasiteye ulaşmış, bir süre sonra ülkedeki büyük enerji sıkıntısı nedeniyle %50'ye düşürülmüş, 1985 yılından itibaren tekrar tam kapasiteyle üretim yapmaya devam etmiştir. Ancak bu üretim ülkede her geçen gün artan alüminyum talebinin bir kısmını karşılayabilmektedir.

Seydişehir Alüminyum Tesisleri 2005 yılında özelleştirme kapsamında satılmıştır. Cengiz Holding tarafından satın alınan tesiste, modernizasyon çalışmaları sonucunda devreye giren yeni teknolojiler ile kapasite artışı sağlanmıştır. Tesislerde halen birincil alüminyum, külçe, ingot çeşitleri, alaşımli külçe, sıcak rulo, levha, şerit vb. ürünlerin üretimi yapılmakta olup yıllık üretim kapasitesi şu şekildedir (www.cengizholding.com.tr);

500.000 ton/yıl boksit işleme, 340.000 ton/yıl alüminyum hidroksit (nemli), 13.600 ton/yıl kuru alüminyum hidroksit, 3.600 ton/yıl etifine (özel hidrat), 200.000 ton/yıl alüminyum oksit, 105.000 ton/yıl, ham alüminyum 150.243 ton/yıl döküm ürünleri.

Çizelge 3- Alüminyum ve alüminyum ürünlerinde dünya ithalat ve ihracat lideri on ülke, 2017.

2017		2017	
İthalatçı Ülkeler	Değer (milyar \$)	İhracatçı Ülkeler	Değer (milyar \$)
ABD	23,3	Çin	22,6
Almanya	18,7	Almanya	16,4
Japonya	8,3	ABD	11,6
Fransa	6,8	Kanada	9,8
Çin	6,6	Rusya	6,7
G.Kore	6,5	İtalya	6,4
İtalya	6,3	B.Arap Emirlikleri	6,2
Meksika	5,9	Fransa	5,3
İngiltere	5,1	Hollanda	4,8
Hollanda	4,9	İspanya	4
Diğer	81,1	Diğer	78,7
Toplam	173,5	Toplam	172,5

Kaynak: International Trade Center-ITC

İslahiye - Payas ve Yalvaç-Şarkikaraağaç bölgelerinde bulunan demirli boksitlerin rezervleri yüksek olmasına rağmen, teknolojik sorunlar nedeniyle, bu yataklardan üretim yapılamamıştır. Ancak özellikle Yalvaç bölgesinde yer alan düşük tenörlü demirli diasporitik boksitler, gelecekte Seydişehir Alüminyum Tesisleri için bir potansiyel olarak kabul edilebilir. Toros kuşağı dışında bilinen en önemli boksit yatakları Zonguldak-Kokaksu yöresindeki böhmitik tip yataklardır. Ancak bölgenin tesislere uzak olması maliyetleri artırmakta ve işletilmesi ekonomik olmamaktadır. Milas-Yatağan yöresindeki sahalarda zaman zaman boksit üretimi yapılmış ancak daha sonra işletmeler kapatılmıştır.

Türkiye Alüminyum Ticareti

Ülkemizde alüminyum imalat sektörü, 6 milyar dolara yakın iş hacmiyle, ülke sanayiinin en önemli unsurlarından birisi durumundadır. Son yıllarda, özellikle hadde ve ekstrüzyon ürünlerine yönelik yeni yatırımlar sayesinde, dünya pazarlarında rekabet edebilir ölçekte kapasitelere ulaşılmış olup, ihracatta önemli aşamalar kaydedilmiştir. Ülkemizde alüminyum sanayiinde değişik alanlarda faaliyet gösteren 1.500’ü aşkın firma bulunmaktadır. Toplam istihdam 35.000 kişi civarındadır. Doğrudan inşaat sektörü ile ilgili olarak ise, ekstrüzyon alt sanayiinde, 75’den fazla üretici firma faaliyet göstermektedir. Türkiye’de alüminyum sektöründe faaliyet gösteren firmaların toplam üretim kapasitelerinin 1,5 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Üretilen alt ürün gruplarında ekstrüzyon ürünleri ilk sırada yer alırken onu külçe, yassı ürünler, folyo, iletken ve diğer ürünler takip eder.

Alüminyum sektörümüz hammadde (birincil alüminyum külçe) ihtiyacının büyük kısmını ithalat ile karşılamaktadır. Ülkemizdeki tek entegre tesis

olan Seydişehir Alüminyum Tesislerinde 2016 yılında 50 bin ton, 2017 yılında 82 bin ton birincil alüminyum üretimi olmuştur. Bu miktarlar sektörün hammadde ihtiyacının sadece yaklaşık %25 ini karşılayabilmektedir. Sektörde yıllık birincil alüminyum üretimi sabit kalırken, artan kullanımla birlikte ikincil alüminyum üretimi (ekstrüzyon, külçe, yassı ürünler, folyo, iletken ve diğer) dünya üretimine paralel şekilde her yıl artış göstermektedir.

GTIP numarası 76. fasılda yer alan alüminyum ve alüminyum ürünleri ihracatı 2017 yılında 2,08 milyar dolar, ithalat değeri 3,36 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4).

Alüminyum ve alüminyum ürünleri sektöründe 2017 yılında en çok ihracat yapılan ilk 5 ülke; Almanya (325,9 milyon dolar), İngiltere (135 milyon dolar), İtalya (115,5 milyon dolar), Irak (103,7 milyon dolar), Fransa (87,3 milyon dolar) ve ithalat yapılan ilk 5 ülke; Malezya (634,7 milyon dolar), Rusya (562,3 milyon dolar), Almanya (239,2 milyon dolar), BAE (164,8 milyon dolar), Katar (153 milyon dolar) olmuştur.

Hammadde ticareti olarak niteleyebileceğimiz 260600000000 GTIP no lu “Alüminyum cevherleri ve zenginleştirilmiş alüminyum cevheri” adı altında yapılan dış ticareti;

2017 ithalatında; Çin 36,1 bin ton karşılığı 12 milyon dolarla ilk sırada yer alırken, Guyana 12,8 bin ton karşılığı 4 milyon dolarla ikinci ve Hindistan 2,3 bin ton karşılığı 617,2 bin dolarla üçüncü olarak sıralanmaktadır. Bu üç ülke toplam ithalatın %98’in üzerini gerçekleştirilmektedir.

2017 yılı ihracatında; ABD 177 bin ton karşılığı 3 milyon dolar ile ilk sırada yer alırken sırasıyla; Yunanistan (2,6 milyon dolar), İspanya (1,6 milyon dolar), İsrail (1,46 milyon dolar), Polonya (910,6 bin

Çizelge 4- Türkiye 2017 yılı ürün tipi bazında alüminyum ithalat ve ihracat verileri.

ÜRÜN TİPİ	İHRACAT	İTHALAT
	DEĞER (Milyon \$)	DEĞER (Milyon \$)
Birincil Alüminyum (7601)	91,10	2.272,96
İkincil Alüminyum (7602)	31,25	124,08
Alüminyum tozları ve ince pullar (7603)	4,10	12,71
Çubuk ve profiller (7604)	674,49	64,16
Teller (7605)	33,37	90,80
Saclar, levhalar (7606-7607)	743,30	653,23
Diğer (7608-7614)	407,72	143,18
TOPLAM	2.085,33	3.361,12

Kaynak: TÜİK

dolar), Kuveyt (891 bin dolar) ve Hırvatistan (723 bin dolar) takip etmektedir. Bu 7 ülke toplam ihracatın %76'sına yakın kısmını gerçekleştirmektedir.

Ülkemizde 260600000000 GTİP numarası ile “Alüminyum cevherleri ve zenginleştirilmiş alüminyum cevherleri” adı altında alüminyum cevheri ticareti yapılmaktadır. Alüminyum cevheri ticaretinin son 5 yıldaki görünümü çizelge 5’de verilmiştir.

Alüminyum Fiyatı

Dünya ekonomisinde önemli yeri olan birincil alüminyum fiyatları 2000 yılındaki ortalama 1.549 dolar/ton seviyesinden sürekli artış göstererek 3.000 dolara yaklaşmıştır. Ekonomik kriz nedeniyle 2008 yılının 2. yarısında başlayan düşüş ile 1.600 \$/ton seviyelerine gelmiştir. Sonraki yıllarda nispeten fiyat artışı yaşanmasına rağmen 2012 yılından beri 1.500 - 2.000 dolar bandında seyretmekte olup halen 1.750-1.800 dolar seviyelerinde işlem görmektedir (Şekil 6).

Min. %86 Al_2O_3 0-25 mm kurutulmamış parça FOB Şangay, Çin teslimi olan refrakter boksit 2016 yılında 300 dolar iken 2017 yılının ortalarında 465-480 dolar seviyesine çıkmış, 2019 yılında ise 420-440 dolar seviyesinde seyretmektedir.

Hidratlaştırılmış alümina, %57-60 Al_2O_3 , %5-8 nem içeren malzemenin fiyatı 2016 yılında 330 dolar seviyesinde iken 2019 yılında 250-300 dolarlar seviyesinde seyretmektedir.

Öneriler

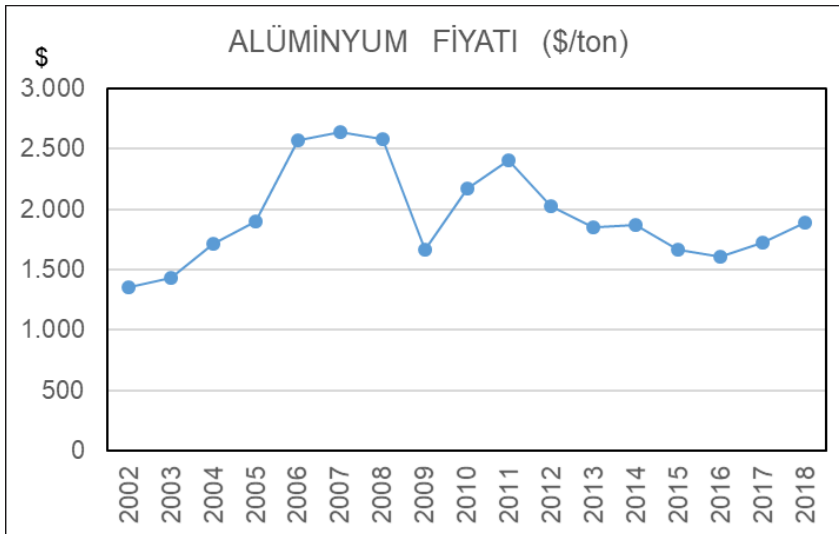
Endüstri ve teknoloji geliştikçe, şehirleşme ve nüfus arttıkça alüminyum kullanımı artmaktadır. Daha hafif, sağlam, verimli, uzun ömürlü ve sonuçta daha ekonomik ürünler için, alüminyum tercih edilmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de alüminyum, demir ve çelikten sonra en fazla kullanılan ana metal konumunu sürdürmekte ve sahip olduğu dekoratif görünüm, natürel veya renkli kaplama ile inşaat sektöründe kullanıcılara zengin seçenekler sunmaktadır. Özellikle ulaştırma, inşaat ve ambalaj sektörlerinde olmak üzere, yeni teknolojilerin de etkisiyle kullanımı sürekli artan alüminyum, 21. yüzyılın metali olarak görülmektedir.

Ülkemizde birincil alüminyum üretiminde kullanılan boksit yurtiçi kaynaklardan karşılanmaktadır. Refrakter sanayinin ihtiyacı olan refrakter boksit ise ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Ülkemizin boksit rezervi uzun yıllar yetecek

Çizelge 5- Alüminyum cevheri dış ticareti.

Yıllar	İhracat		İthalat	
	Miktar (kg)	Değer (\$)	Miktar (kg)	Değer (\$)
2013	215.732.175	7.231.111	34.716.157	15.976.394
2014	212.747.263	8.813.512	32.589.010	14.307.093
2015	226.021.519	8.785.103	30.493.172	10.371.356
2016	502.506.237	13.750.101	34.900.010	9.831.494
2017	627.036.214	14.854.686	52.143.788	16.980.195

Kaynak: TÜİK



Şekil 6- Metal alüminyumun yıllık ortalama fiyatları (Kaynak: metalary.com).

seviyededir. Boksitte, yeni kaynakların aranmasına yönelik yatırımlardan çok, mevcut tesislerin kapasitelerini artırmak için yatırımlar yapılmalıdır.

Birincil alüminyumda yüksek oranda ithalat bağımlılığı bulunmaktadır. Türkiye'nin alüminyum tüketimi artarak devam edecek, yeni kapasite oluşturulmadığı sürece bu artış tamamen ithalat ile karşılanacak ve sonuçta sektörün hâlihazırdaki yüksek ithalat bağımlılığı daha da artacaktır. Bu sebeple, birincil ve ikincil alüminyum üretimine yönelik yatırımların desteklenmesi gerekmektedir.

Enerji maliyetinin, birincil alüminyum üretim maliyetleri içerisindeki payı yaklaşık olarak %40 düzeyindedir. Bilindiği gibi, ülkemizde birincil alüminyum üretiminin önündeki en büyük engel de enerji maliyetlerinin yüksekliğidir. Bu sebeple, birincil alüminyum üretiminin artırılabilmesi için enerji maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir.

Küresel çapta alüminyum üretimi, cevherin çıktığı yerlerden üretim maliyetlerinin düşük olduğu (elektriğin ucuz olduğu) yerlere kaymaktadır. Bu sebeple sadece yurt içi değil, yurt dışında enerjinin ucuz olduğu ülkelerde de birincil alüminyum yatırım olanaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bilindiği üzere, ikincil alüminyum üretimi ve alüminyum geri dönüşümü ülkemizde yetersiz seviyededir. İkincil alüminyum üretiminde kullanılan enerji miktarının birincil alüminyum üretimine oranla çok daha düşük seviyelerde olduğu göz önünde bulundurulduğunda, hurda alüminyum geri dönüşümünün artırılması ve bu amaca dönük Ar-Ge yatırımlarının desteklenmesi gerekmektedir.

Alüminyumun, teknoloji yoğun sektörlerde kullanımının giderek arttığı dikkate alındığında, (savunma sanayi, uçak, otomobil, otomobil yan sanayi ve meşrubat kutusu imalat sanayisine) yüksek teknoloji üretimlerinin yapılabilmesi için, yüksek alışımlı sıcak hadde teknolojilerine dayalı Ar-Ge ve yatırım teşviklerinin artırılması ve nitelikli alüminyum üretiminde, savunma sanayi - özel sektör işbirliğinin

etkin bir şekilde işletilmesi gerekmektedir.

Değerlenen Belgeler

Derleme niteliğinde olan bu çalışmada aşağıdaki kaynaklardan yararlanılmıştır.

www.mta.gov.tr

www.aluminum.org

www.world-aluminium.org

www.metallurgy.com

www.minerals.usgs.gov (U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2018)

www.intracen.org (International Trade Center)

www.trademap.org (International Trade Statistics)

www.lme.com (London Metal Exchange)

www.nrcan.gc.ca (Natural Resources Canada)

www.metalpedia.asianmetal.com (Asian Metal)

www.lightmetalage.com

www.investingnews.com

www.worldsrichestcountries.com

www.talsad.org.tr (Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği-TALSAD)

www.tuik.gov.tr

www.metalbulletin.com

www.indmin.com

www.malzemebilimi.net

www.bizvibe.com

www.makinaegitimi.com

Kalkınma Bakanlığı, 10. Kalkınma Planı, Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2015

TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, Alüminyum Raporu, 2006

