



Boksit Madenciliği

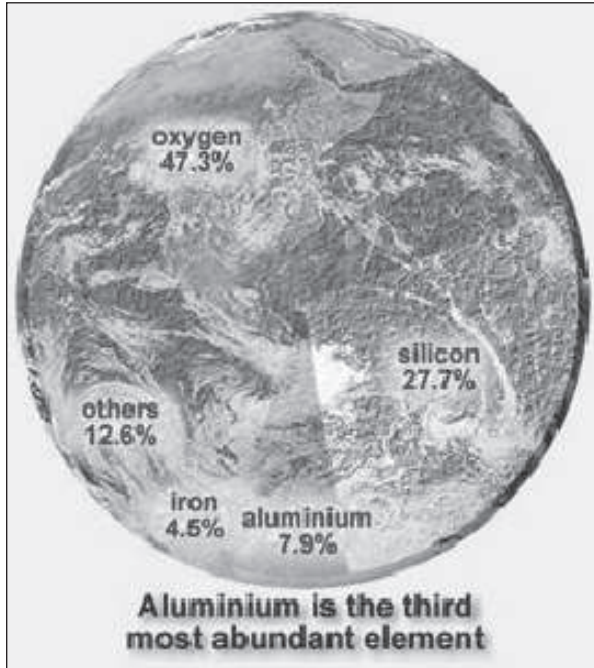
m a k a l e

Erman CAR
Det.AI Alüminyum LTD.
AZERBAIJAN

1. ÖZET

Bu çalışmada birincil alüminyum üretiminin ilk aşaması olan boksit madenciliği ve boksit kalitesine ilişkin genel bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

2. GİRİŞ



Alüminyum cevherleri yer kabuğunun yaklaşık % 7,5'ünü oluşturur ve alüminyum, oksijen

ve silisyumdan sonra doğada en sık rastlanan elementtir. Ancak alüminyum, altın, platin ve zaman zaman rastlandığı üzere bakır gibi doğada metalik halde bulunmaz. Genellikle oksit ve silikat formundadır. Alüminyum metalurjisinin hammaddesi oksitli minerallerdir. Alüminyumlu silikatlar ise genellikle sodyum, potasyum, demir, kalsiyum ve magnezyum gibi diğer metal silikatlarla birlikte bulunur ve bunlardan alümina ve metalik alüminyum üretimi ekonomik değildir.

Alüminyum üretiminin yalnızca oksitli mineraller oluşundan ötürü, bu cevherlerden, metalik alüminyum kazanımı karmaşık ve maliyetli bir prostedir. Çünkü bu cevherler alüminyumlu oksitler ile beraber, bunlardan daha kolay indirgenen bir takım diğer oksitleri de içerirler. Bu nedenle doğrudan cevher indirgenmesi hem proses koşulları hem de bu yol ile elde edilen alüminyumun, teknik olarak kullanılmayacak kadar katışkılı olması nedeni ile uygulanamaz. Ve yaklaşık 100 yıldır, temel ilkeleri aynı kalan üretim yöntemi 'Ergimiş Tuz Elektrolizi' yöntemidir.

Doğa da bulunan oksitli alüminyum minerallerinin başlıcaları :

- Korundum (Al_2O_3),
- Böhmit-monohidrat ($\alpha-Al_2O_3 \cdot H_2O$), ağırlıkça % 85 alümina içerir,



- Diasporit – ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$), böhmit ile aynı kimyasal formüle sahiptir, ancak kristal yapısı farklıdır.

- Gibbsit – trihidrat ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$), ağırlıkça % 65,4 alümina içerir.

1 ton metalik alüminyum üretimi için çok kaba bir hesapla (boksitin alümina içeriğine bağlı olarak) 2 ton alümina ve 2 ton alümina üretmek için ise 4 ton boksit gereklidir.

Metalik alüminyum üretiminde, bugün ticari olarak kullanılabilen cevherler gibbsitik, böhmitik ve kısmen diasporik cevherlerdir.

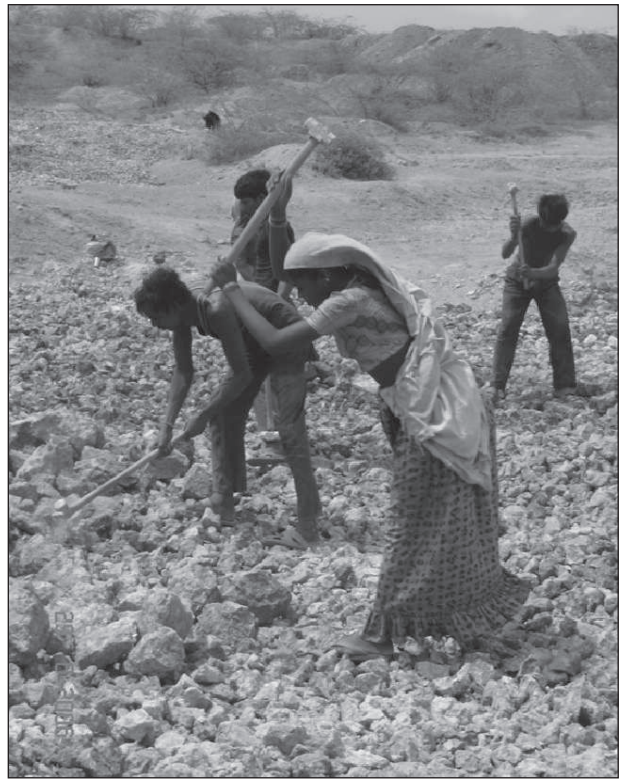


Boksit mineralleri genellikle böhmit ve gibbsite mineralleri diaspor ve korundum ile birlikte ve birtakım diğer empüriteler (çoğunlukla demir, silisyum ve titanyum) eşliğinde bulunurlar. Boksit minerallerinin alümina içeriği %30-60 arasında değişir. Boksitler kullanım alanlarına göre aşındırıcı, çimento kalitesi, kimyasal kalite, metalurjik kalite (alümina üretimi için), refrakter kalite gibi sınıflandırılabilir.

Şekil 1 :Boksit Madenciliği



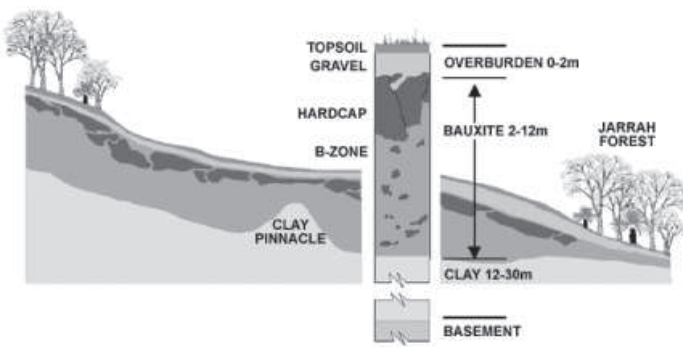
Şekil 2: Açık boksit madenciliği





Boksit yatakları genellikle yüzeye 0-2 m yakınlıktadır ve dünya boksit yataklarının yaklaşık % 80'inde açık işletmecilik yapılır. Kalan % 20 de ise (Güney Avrupa ve Macaristan) yeraltı işletmeciliği yapılmaktadır.

Şekil 3 : Şematik boksit madeni



Şekil 4 : Boksit madeni

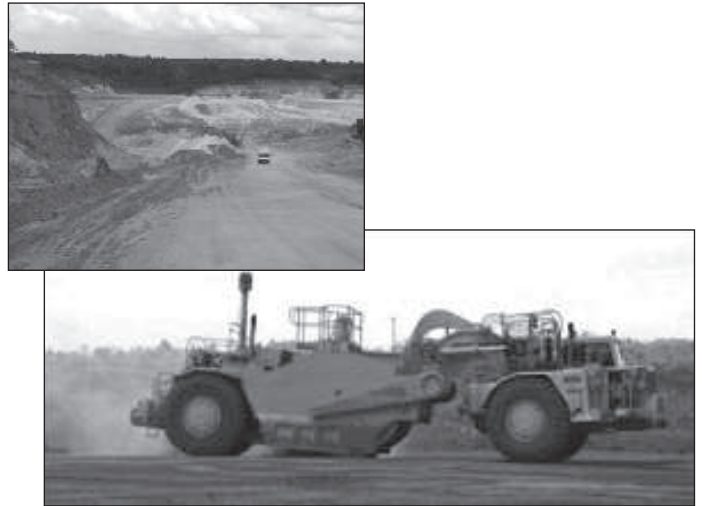


3. BOKSİT MADENCİLİĞİ

Dünyadaki boksit madenlerinin %80'i açık usul ile işletilir ve boksit genellikle yüzeyin 0-2 m. altındadır.

Öncelikle sondaj çalışmaları ile ekonomik olarak işletilebileceğine ve üretilen boksitin alümina rafinerilerine ulaştırılabileceğine karar verilen maden sahası, işletme koşullarına uygun olarak açılır ve temizlenir.

Şekil 5 : Maden sahasının açılması ve temizlenmesi



Ardından madenin yüzeyindeki toprak örtüsü temizlenir.

Şekil 6 : Yüzey temizleme



Cevherin yüzeyden uzaklığına bağlı olarak kazı ya da patlatma yapılarak cevhere ulaşılmaya çalışılır.

Şekil 7 : Kazı ve patlatma



Cevhere ulaşıldıktan sonra, madencilik işlemleri başlar ve çıkarılan cevher stok sahasına gönderilir.

Şekil 8 : Stok sahasına taşıma



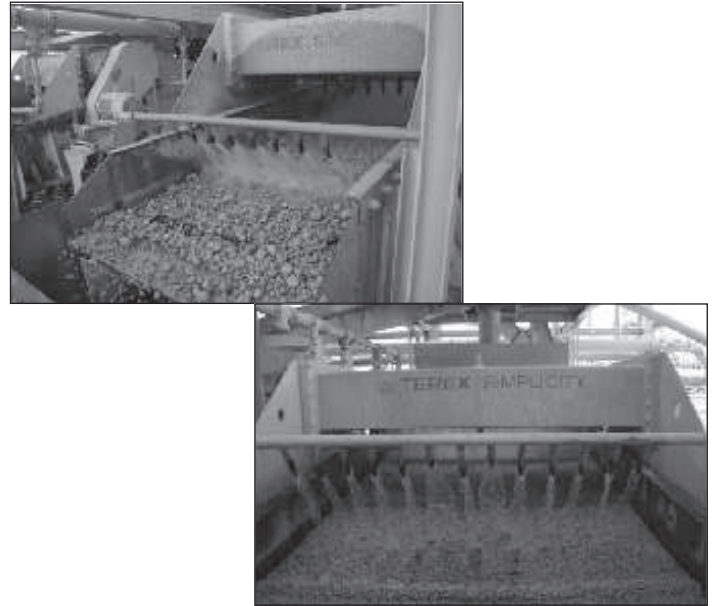
Stok sahasında toplanan cevher birincil ve ikincil kırma işlemlerinden geçirilir.

Şekil 9 : Birincil ve ikincil kırma



Kırılan cevher, toprak ve kilin uzaklaştırılması için yıkanır. Toprak ve kil, alümina üretiminde istenmeyen silisyum, titanyum ve demir empüritelerini içerir.

Şekil 10 : Yıkama



Yıkama işleminden sonra, kurutulan cevher, alümina fabrikalarına taşınmaya hazır hale gelmiştir.

Boksit madenciliği sırasında harcanan enerji, boksitten metalik alüminyuma ulaşıncaya kadar harcanan toplam enerjinin sadece % 1'i kadardır.



4. BOKSİT KALİTESİ

Boksit kalitesi aşağıda sıralanmış parametrelere bağlıdır:

- Kazanılabılır Al_2O_3 : Mineralin içerdiği alümina ve diğer oksitlerin konsantrasyonu, alümina üretim sürecinin proses verimliliğini ve enerji tüketimini doğrudan etkiler.
- Reactif silica ve TiO_2 : Bayer prosesinde kullanılan enerji, kostik soda ve flokulant miktarını ve dolayısı ile proses maliyetini etkiler.
- Boksit/Alümina oranı: 1 ton alümina üretmek için gerekli olan boksit miktarını verir.
- Nem: Cevherin yüksek nem içeriği hem taşıma hem de proses sırasında maliyet artırıcı etki gösterir.
- Organik karbon: Bayer Prosesi sırasında sistemde dolaşan likör içindeki oksalat ve karbonat konsantrasyonlarının düşmesine ve böylece proses sırasında problemlere yol açar.

Tablo 1 : Tipik boksit kimyasal kompozisyonu

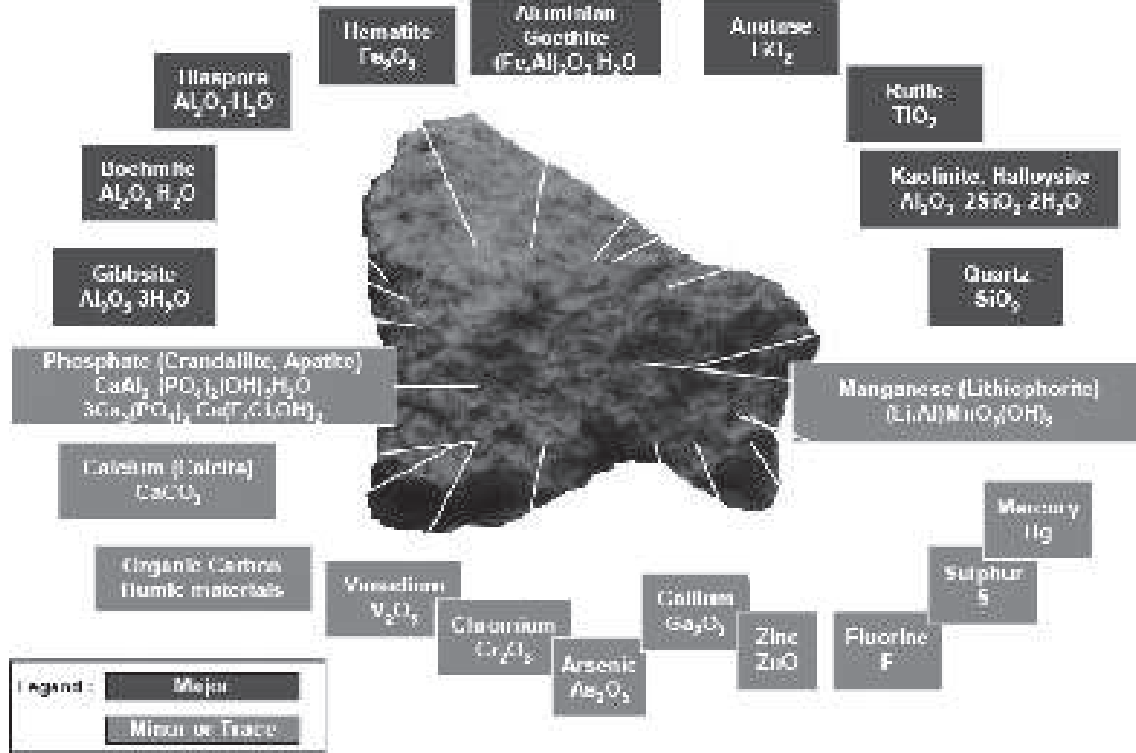
Bileşen	%(Ağırlıkça)
Al_2O_3	30-60
Fe_2O_3	1-30
SiO_2	< 0.5-10
TiO_2	< 0.5-10
Organik karbon	0.02-0.40
P_2O_5	0.02-1.0
CaO	0.1-2.0
V_2O_5	0.01-0.10
ZnO	0.002-0.10
Ga_2O_3	0.004-0.013
Cr_2O_3	0.003-0.30
S	0.02-0.10
F	0.01-0.10
Hg (ppb)	50-1000

Tablo 2 : Tipik boksit mineralojik analizi

Ana element	Mineral	Kimyasal formül	Kostik çözünme sıcaklığı (°C)	Çalışma basıncı (atm)
Alüminyum	Gibbsit	$Al(OH)_3$ ya da $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	150	~8
	Böhmit	$AlOOH$ ya da $Al_2O_3 \cdot H_2O$	250	~54
	Diaspor	$AlOOH$ ya da $Al_2O_3 \cdot H_2O$	> 260	~60
Silisyum	Kuarz	SiO_2	250	~54
	Kalolin	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ya da $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	150	~8
Demir	Hematit	Fe_2O_3		
	Gotit	FeO ya da $Fe_2O_3 \cdot H_2O$		
Titanyum	Anatas	TiO_2	250	~54
	Rutil	TiO_2		

Şekil 11 : Tipik boksit kompozisyonu

Bauxite: Typical Composition



Tablo-3: Kullanım Alanlarına Göre Boksitlerin Kompozisyonu

İçerik (%)	Metalurjik	Kimyasal	Çimento	Refrakter	Aşındırıcı
Al ₂ O ₃	50-55	min.55	45-55	84,5	80-85
SiO ₂	15	5-18	max 6	7,5	4-8
Fe ₂ O ₃	5-30	max 2	20-30	2,5	2-5
TiO ₂	0-6	3	3	4	2-5

Kaynak: Cowley, F.X. ve Baumgardner, L.H. 1985.

Metalurji sektöründe kullanılan boksitin en az %50 Al₂O₃ ve en fazla %15 SiO₂ içermesi, çimento üretiminde SiO₂ tenörünün %10'nun üzerinde olması refrakter üretiminde ise Fe₂O₃ ve SiO₂ tenörlerinin düşük olması istenmektedir.

5. DÜNYA BOKSİT ÜRETİMİ

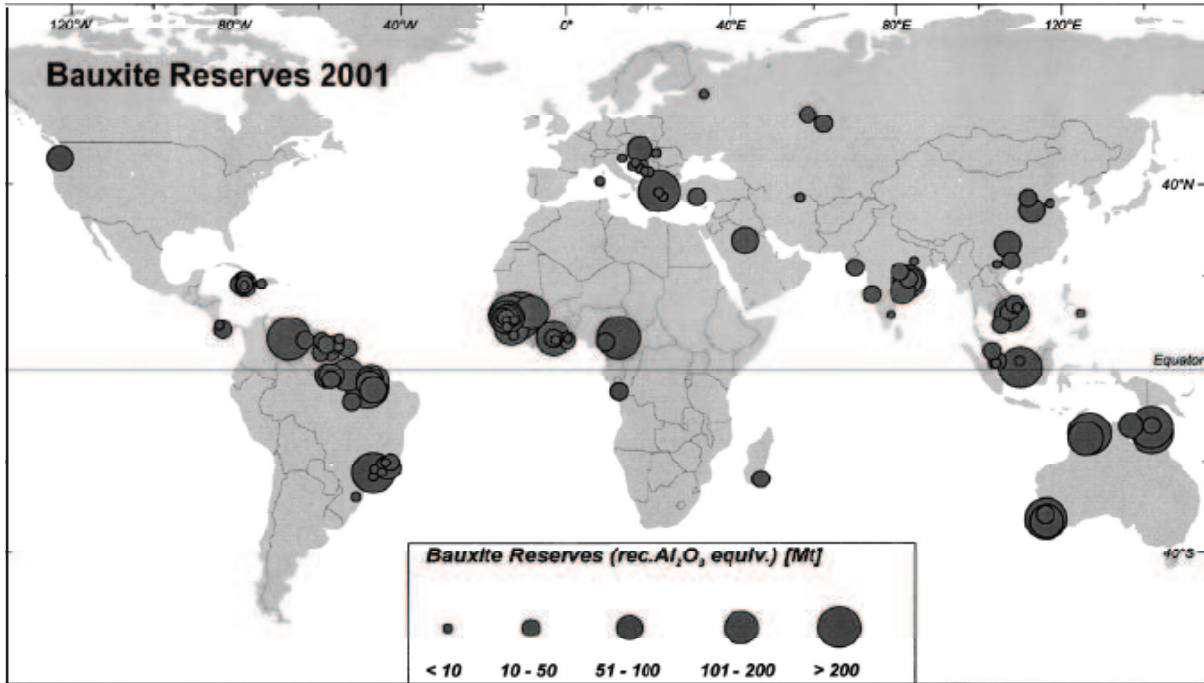
Dünya boksit rezervlerinin % 50'sinden fazlası Gine ve Avustralya'da toplanmıştır. Diğer bir zengin bölge de Güney Amerikadır.



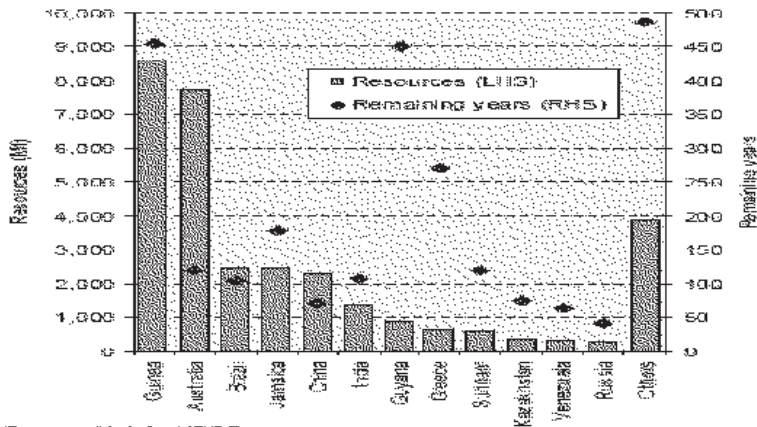
Tablo 4 : Ülkeler bazında dünya boksit rezerv payları (32)

Ülke	Boksit tipi	Rezerv (100 milyon ton)	Dünya toplam rezervi içindeki payı (%)
Gine	Gibbsit	86	26,06
Avustralya	Gibbsit, bohmit	87	26,37
Jamaika	Gibbsit	25	7,58
Brezilya	Gibbsit	29	8,79
Hindistan	Gibbsit	14	4,25
Çin	Diasporit	23	6,97

Şekil 12 : Dünya boksit rezervleri



Source: Meyer, F. (2004). Availability of bauxite reserves. Natural Resources Research, 13 (3), 161- 172.



Source: Hatch, USGS

Şekil 13 : Dünya boksit kaynakları ve rezerv ömürleri



Gine yaklaşık 8,6 milyar ton rezerve sahiptir. Ancak Gine Devleti'nin yaptığı araştırmalar, bu rezervin 29 milyar tona kadar olabileceği yönündedir. Gine boksiti yaklaşık 400 yıl işletilir. 7,8 milyar tonluk rezerv ile Avustralya ikinci sıradadır ve yaklaşık 380 yıl rezerv ömrüne sahiptir. Güney Amerika ise yaklaşık (Brezilya ve Jamaika toplamı) 5 milyar ton ile üçüncü sıradadır ve rezerv ömrü 110 yıl civarındadır.

Ardından Çin 2,2 milyar ton ile gelmektedir. Ancak Çin boksitinin büyük bölümü diasporik kalitededir.

6. KAYNAKÇA

1. Alüminyum Üretimi / Birincil ve İkincil alüminyum Süreçleri / Erman Car / TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası / Yayın No :2
2. www.energymanagertraining.com
3. Opportunities and Challenges for Chinese Aluminium Industry / Liu Xianguin / Chalco / Metal Bulletin 21st International Aluminium Conference / Moscow / September 2006
4. U.S. Energy Requirements for Aluminum Production – Historical Perspective, Theoretical Limits and New Opportunities – Prepared by BCS Incorporated Prepared for U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy Industrial Technologies Program.
5. Evaluation of Bauxite Availability / J. Hausberg – F.M.Meyer – J. Grassmann – H. Sievers / Institute of Mineralogy and Economic Geology, University of Technology Aachen / Light Metal 2001
6. Organic Carbon Compound in Indian Bauxites and It's Control in Alumina Plants / K.V.Ramana – R.N. Goyal / Jawaharlal Nehru Aluminium Research, Development and Design Centre / Light Metal 2006
7. Bayer Process Alumina Production / ALCAN Bayer Experimental Centre / Guy Forte / ALCAN / October 2004
8. Alumina – The Long-Therm Investment Landscape / James Salter / HATCH / 14th Metal Bulletin International Bauxite & Alumina Seminar / Miami / March 2008
9. Structural Changes in the Aluminium Market and it's Effects in the Alumina Market and Price Outlook / Jorge Vasquez / Harbor Intelligence / 14th Metal Bulletin International Bauxite & Alumina Seminar / Miami / March 2008
10. Bauxite Expoloration and Development Worldwide / E. Lee Berg / U.S. Geological Survey / 14th Metal Bulletin International Bauxite & Alumina Seminar / Miami / March 2008
11. Bauxite in the Dominican Republic / Charles N. Speltz / Sierra Bauxite Dominicana / 14th Metal Bulletin International Bauxite & Alumina Seminar / Miami / March 2008
12. Bauxite Minerals Group (Guyana) / 14th Metal Bulletin International Bauxite & Alumina Seminar / Miami / March 2008
13. Bauxite and Aluminium : A Cradle to Grave Analysis / Greg Zelder – Sebastian Africano Race – Raquel R. Pinderhughes / San Fransisco State University / Spring 2003
14. www.alcan.com