

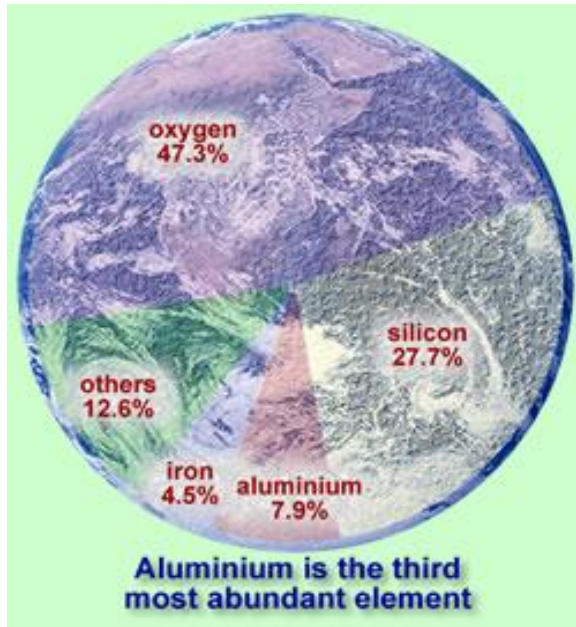
BOKSİT MADENCİLİĞİ

Erman CAR

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 alumina ve metalik alüminyum üretimi ekonomik değildir.

Alüminyum üretiminin yalnızca oksitli minerallerden oluştuğundan dolayı, bu cevherlerden, metalik alüminyum kazanımı karmaşık ve maliyetli bir süreçtir. 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 kullanılamayacak kadar katiskili olması nedeniyle uygulanamaz. Ve yaklaşık 100 yıldır, temel ilkeleri aynı kalan üretim yöntemi 'Ergimis Tuz Elektrolizi' yöntemidir.

Doğada bulunan oksitli alüminyum minerallerinin başlıcaları :

- korundum (Al_2O_3),
- bohmite – monohidrat ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$), ağırlıkça % 85 alumina içerir,
- diasporit – ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$), bohmite 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 alumina içerir.



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

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

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

Sekil 1 :Boksit Madenciligi

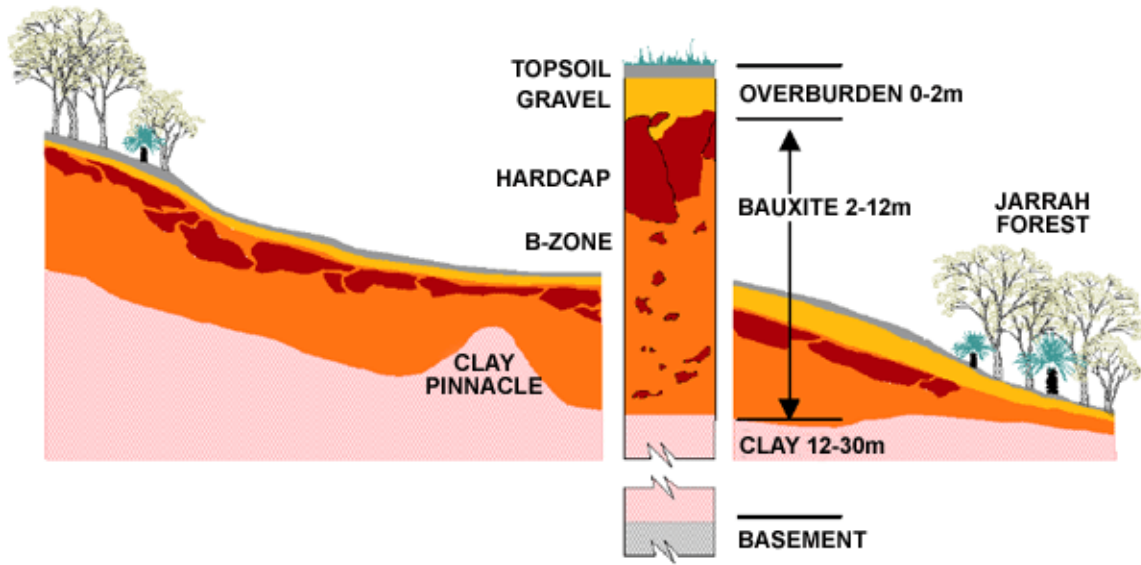


Sekil 2: Açık boksit madenciligi



Boksit yataklari genellikle yuzeye 0-2 mt yakinihtadir ve dunya boksit yataklarinin taklasik % 80'inde acik isletmecilik yapilir. Kalan % 20 de ise (Guney Avrupa ve Macaristan) yeralti isletmeciligi yapilmaktadir.

Sekil 3 : Sematik boksit madeni



Sekil 4 : Boksit madeni



3. BOKSİT MADENCİLİĞİ

Dunyadaki boksit madenlerinin %80'i acik usul ile isletilir ve boksit genellikle yizeyin 0-2 mt. altindadir.

Oncelikle sondaj calismalari ile, ekonomik olarak isletilebilecegine ve uretilen boksitin alumina rafinerilerine ulastirilabilecegine karar verilen maden sahasi, isletme kosullarina uygun olarak acilir ve temizlenir.

Sekil 5 : Maden sahasinin acilmasi ve temizlenmesi



Ardindan madenin yuzeyindeki toprak ortusu temizlenir.

Sekil 6 : Yuzey temizleme



Cevherin yuzeyden uzakligina bagli olarak kazi ya da patlatma yapilarak cevhere ulasmaya calisilir.

Sekil 7 : Kazi ve patlatma



Cevhere ulasildiktan sonra, madencilik islemleri baslar ve cikarilan cevher stok sahasina gonderilir.

Sekil 8 : Stok sahasina tasima



Stok sahasinda toplanan cevher birincil ve ikincil kirma islemlerinden gecirilir.

Sekil 9 : Birincil ve ikincil kirma



Kirilan cevher, toprak ve kilin uzaklastirilmesi icin yikanir. Toprak ve kil, alumina uretiminde istenmeyen silisyum, titanium ve demir empuritelerini icerir.

Sekil 10 : Yikama



Yikama isleminin sonrasinda, kurutulanan cevher, alumina fabrikalarına tasimaya hazır hale gelmiştir.

Boksit madenciligi sırasında harcanan enerji, boksittem metalik alüminyuma ulaşılincaya kadar harcanan toplam enerjinin sadece % 1'i kadardır.

4. BOKSİT KALİTESİ

Boksit kalitesi asagida siralanmis parametrelere baglidir :

- Kazanilabilir Al_2O_3 : Mineralin icerdigi alumina ve diger oksitlerin konsntrasyonu, alumina uretim surecinin proses verimlilikini ve enerji tuketimini dogrudan etkiler.
- Reactif silica ve TiO_2 : Bayer prosesinde kullanimi enerji, kostik soda ve flokulant miktarini ve dolayisi ile proses maliyetini etkiler.
- Boksit/Alumina orani : 1 ton alumina uretmek icin gerekli olan boksit miktarini verir.
- Nem : Cevherin yuksek nem icerigi hem tasima hem de proses sirasinda maliyet arttirici etki gosterir.
- Organik karbon : Bayer Prosesi sirasinda sistemde dolasiyan likor icindeki oksalat ve karbonat konsantrasyonlarinin dusmesine ve boylece proses sirasinda problemlere yol acar.

Tablo 1 : Tipik boksit kimyasal kompozisyonu

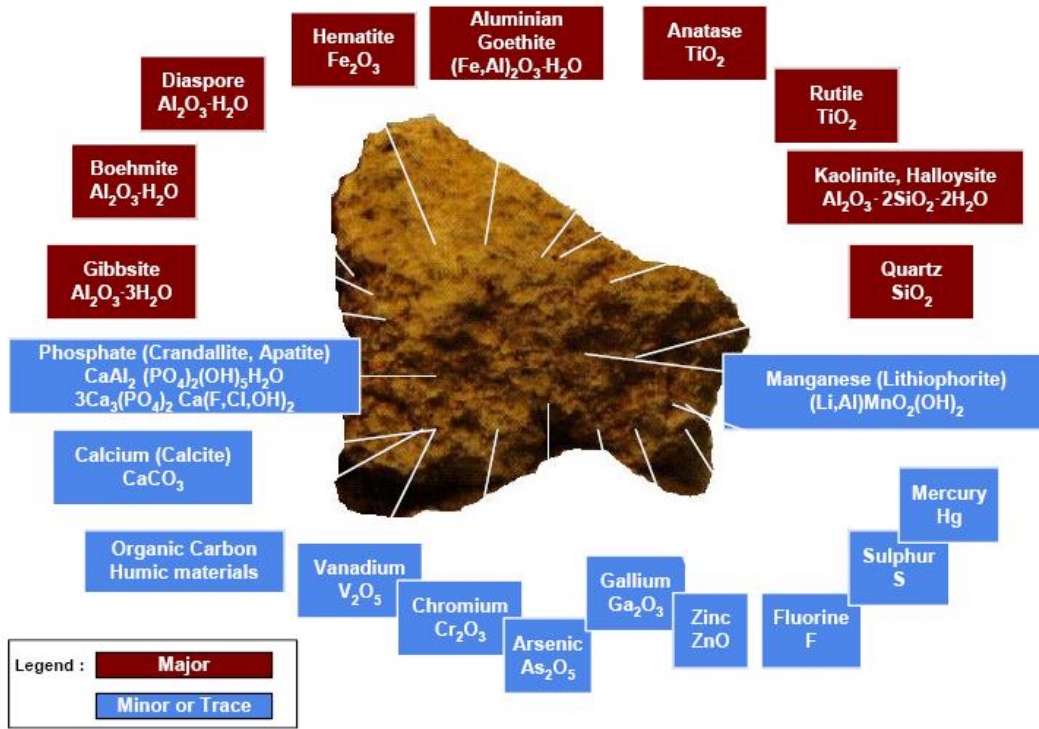
Bileşen	% (Ağırlıkça)
Al_2O_3	30-60
Fe_2O_3	1-30
SiO_2	< 0.5-10
TiO_2	< 0.5-10
Organik karbon	0.02-0.40
P_2O_5	0.02-1.0
CaO	0.1-2.0
V_2O_5	0.01-0.10
ZnO	0.002-0.10
Ga_2O_3	0.004-0.013
Cr_2O_3	0.003-0.30
S	0.02-0.10
F	0.01-0.10
Hg (ppb)	50-1000

Tablo 2 : Tipik boksit mineralojik analizi

Ana element	Mineral	Kimyasal formül	Kostik cozunme sicakligi (°C)	Calisma basinci (atm)
Aluminyum	Gibbsit Bohmit Diaspor	$\text{Al}(\text{OH})_3$ ya da $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ AlOOH ya da $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ AlOOH ya da $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	150 250 > 260	~8 ~54 ~60
Silisyum	Kuarz Kalolin	SiO_2 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ya da $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	250 150	~54 ~8
Demir	Hematit Gotit	Fe_2O_3 FeO ya da $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
Titanyum	Anatas Rutil	TiO_2 TiO_2	250	~54

Sekil 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'nın üzerinde olması refrakter üretiminde ise Fe₂O₃ ve SiO₂ tenörlerinin düşük olması istenmektedir.

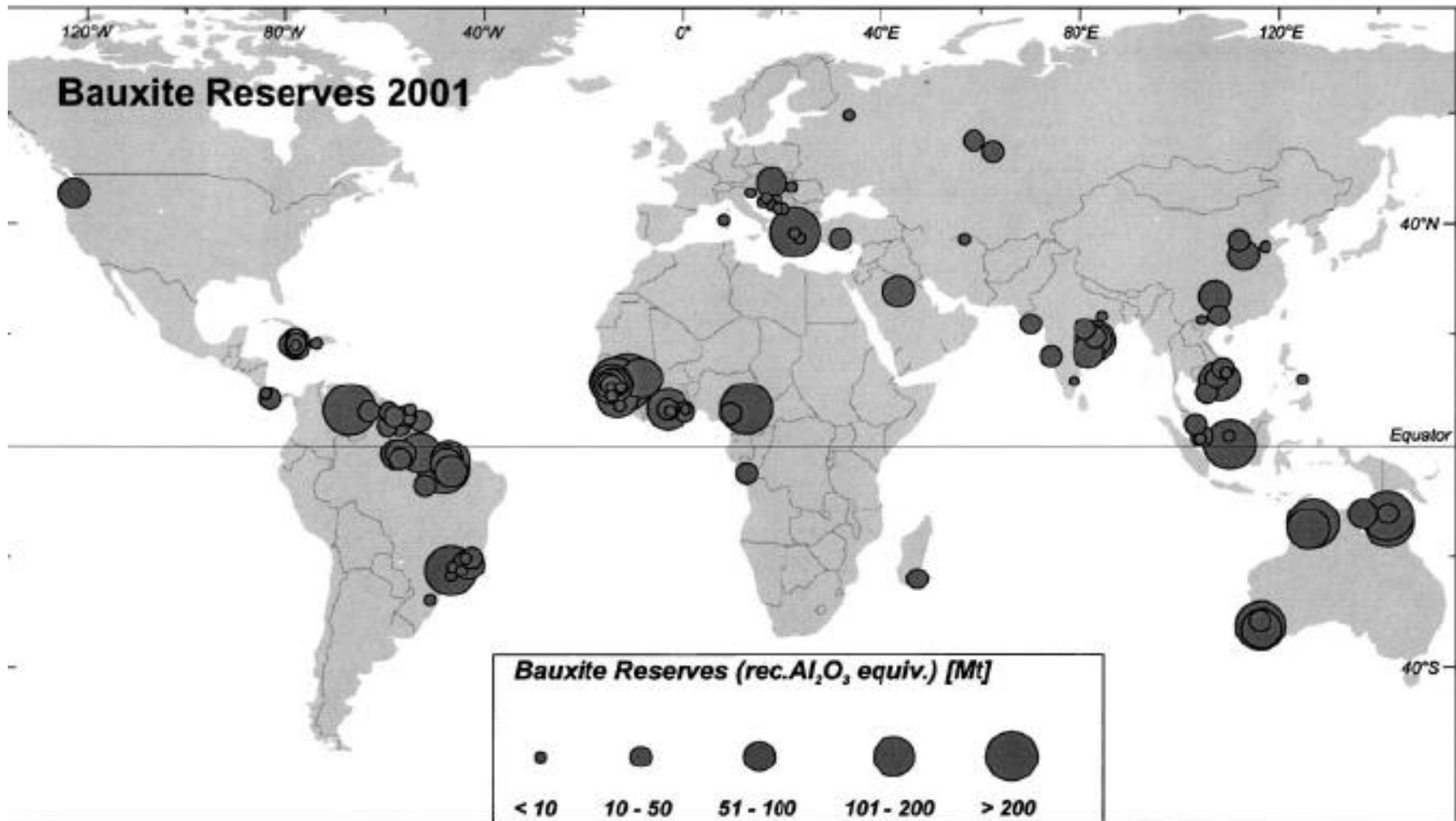
5. DUNYA BOKSİT ÜRETİMİ

Dunya 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)

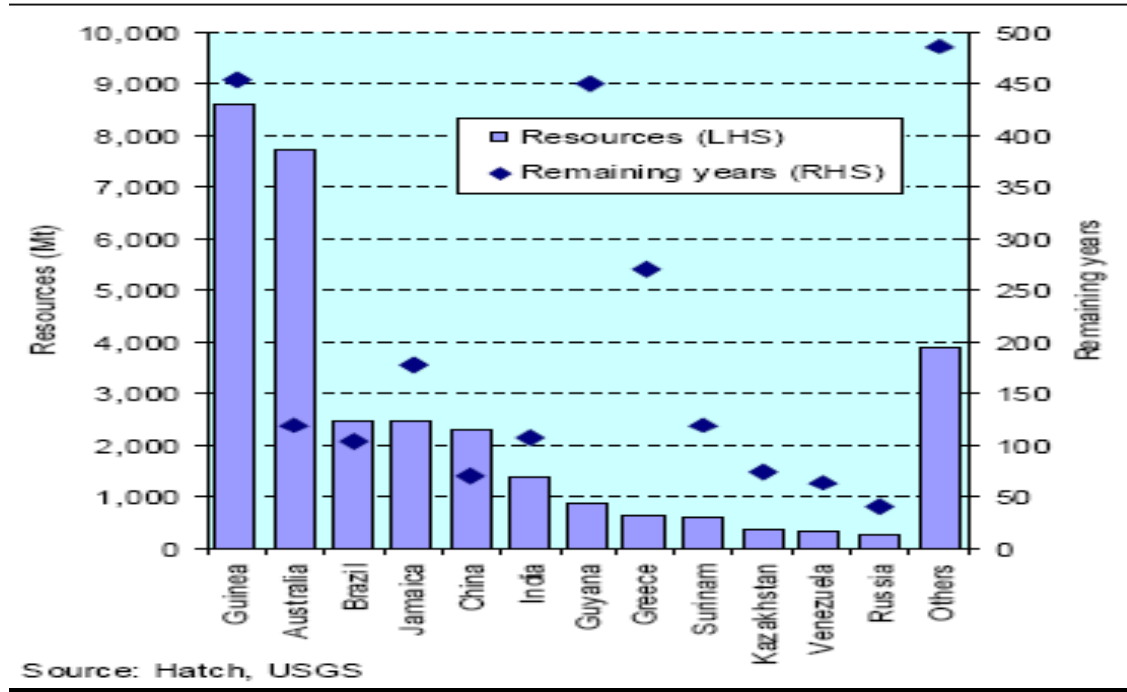
Ülke	Boksit tipi	Rezerv (100 milyon ton)	Dünya toplam rezervi içindeki payı (%)
Gine	Gibbsit	86	26,06
Avustralya	Gibbsit, bohmite	87	26,37
Jamaika	Gibbsit	25	7,58
Brezilya	Gibbsit	29	8,79
Hindistan	Gibbsit	14	4,25
Çin	Diasporit	23	6,97

Sekil 12 : Dünya boksit rezervleri



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

Sekil 4 : Dunya boksit kaynaklari ve rezerv omurleri



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 işletilebilir. 7,8 milyar tonluk rezerv ile Avustralya ikinci sıradadır ve yaklaşık 380 yıl rezerv omrune sahiptir. Güney Amerika ise yaklaşık (Brezilya ve Jamaika toplamı) 5 milyar ton ile üçüncü sıradadır ve rezerv omru 110 yıl civarındadır. Ardından Çin 2,2 milyar ton ile gelmektedir. Ancak Çin boksitinin büyük bölümü diasporik kalitededir.

KAYNAKÇA

1. Alüminyum Üretimi / Birincil ve İkincil alüminyum Süreçleri / Erman Çar / TMMOB Metalurji Mühendisler Odası / Yayın No :2
2. www.energymanagertraining.com
3. Opportunities and Challenges for Chinese Aluminium Industry / Liu Xiangui / 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 Forté / ALCAN / October 2004
8. Alumina – The Long-Term 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 Exploration 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

