

معادن بوکسیت خراسان جنوبی

بوکسیت

به نوع خاک و یا سنگی که بخش بیشترین بخش آن را اکسیدهای یا هیدروکسیدهای آلومینیوم دار تشکیل می‌دهند، بوکسیت گفته میشود. کانیهای مهم بوکسیت عبارتند از: گیبسیت $Al_2O_3 \cdot 3(H_2O)$ ، بوهمیت $Al_2O_3 \cdot (H_2O)$ و دیاسپور $Al_2O_3 \cdot (H_2O)$

کانیهای فرعی بوکسیت‌دار عبارتند از:

اکسیدهای آهن، کوارتز، اکسیدهای تیتان، کائولین، ایلیت و کلریت. خواص مهم و درصد اکسید آلومینیوم کانیهای مهم بوکسیت در جدول (۱) گزارش شده است. میزان اکسید آلومینیوم بوهمیت و دیاسپور در حدود ۸۵ درصد و از آن گیبسیت ۶۵/۴ درصد است.

جدول ۱ - خواص کانیهای مهم بوکسیت

دیاسپور	بوهمیت	گیبسیت	
$Al_2O_3 \cdot H_2O$	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	$Al_2O_3 \cdot 3(H_2O)$	فرمول
۸۵	۸۵	۶۵/۴	% Al_2O_3
۱۵	۱۵	۳۴/۶	% H_2O
ارتورومبیک	ارتورومبیک	منوکلین	سیستم تبلور
۷-۶/۵	۵-۳/۵	۳/۵-۲/۳	سختی
۳/۵-۳/۳	۳/۰۶-۳/۰۱	۲/۴-۲/۳	وزن مخصوص

شرایط تشکیل بوکسیت

کاتسارهای بوکسیت در جازا: بوکسیت، سنگ غنی از آلومینیم است که به‌طور عمده از دو کانی گیبسیت و بوهمیت و مقدار جزئی دیاسپور، کائولینیت، کوارتز و آناتاس تشکیل گردیده است. تعداد کانیهای شناخته شده در بوکسیتها نسبتاً زیادند که شمار آنها تابع ترکیب شیمیایی و کانی شناختی سنگ اولیه است. حدود ۹۶ درصد آلومینیم دنیا از بوکسیت و ۴ درصد آن از آلونیت و نفلین سیانیت به‌دست می‌آید.

میزان متوسط آلومینیم سنگ‌های پوسته زمین ۸/۱۳ درصد است. در جدول (۲)، درصد Al_2O_3 موجود در سنگهای مهم گزارش شده است.

نفلین سیانیت و شیلها بیشترین مقدار Al_2O_3 را دارند. آستانه اقتصادی Al_2O_3 سنگ‌معدنی ۳۰ درصد است. عیار اولیه Al_2O_3 سنگهای جدول (۲) کمتر از آستانه اقتصادی است؛ بنابراین در صورتی که در شرایط مناسب قرار گیرند عیار اولیه Al_2O_3 آنها افزایش خواهد یافت.

جدول ۲- میزان فراوانی آلومینیم در سنگها و آبهای طبیعی [۱].

نوع سنگ	Al_2O_3	Al_2O_3/Fe_2O_3
بازالت	۱۴/۱	۱/۱
گرانیت	۱۳/۹	۴/۹
نفلین سیانیت	۲۱/۳	۴/۶
ماسه سنگ	۱/۱	۱/۶
شیل	۱۴/۷	۱/۸

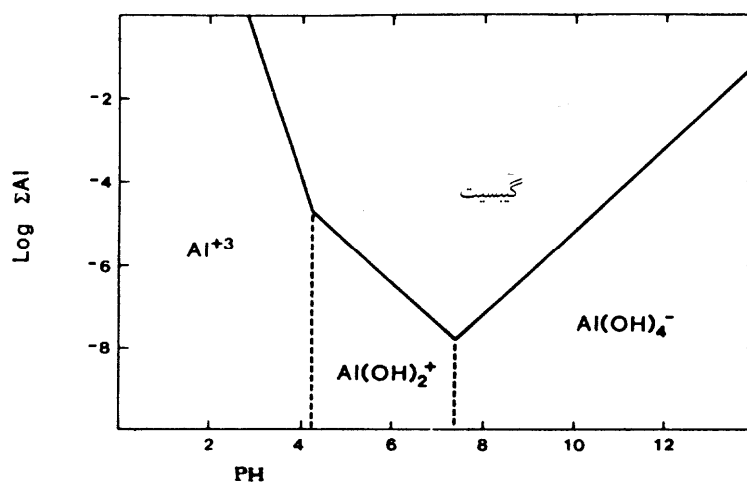
عوامل مهمی که در تشکیل بوکسیتها نقش اساسی دارند عبارتند از:

- غنی بودن سنگ اولیه از آلومینیم نظیر شیل، آهک رسی و نفلین سیانیت؛
- وجود آب و هوای گرم و مرطوب؛
- بالا بودن تخلخل مفید سنگها؛
- مورفولوژی ملایم؛
- محفوظ ماندگی زون هوازده؛
- تداوم این عوامل برای مدتی طولانی.

• سنگهایی که مقدار Al_2O_3 و نسبت Al_2O_3/Fe_2O_3 آنها بالا و درصد کوارتز آنها پایین باشد، مناسبترین سنگ آلومینیم‌دار محسوب میشوند. از سنگهای آذرین، نفلین سیانیت و از سنگهای رسوبی شیل و آهکهای رسوبی بسیار مناسبند. میزان Al_2O_3 بازالت و گرانیت یکسان است. نسبت Al_2O_3/Fe_2O_3 گرانیت بیشتر از بازالت و بازالت فاقد کوارتز است. بازالت به دلیل نبود کوارتز در آن، برای تبدیل به بوکسیت و لاتریت مناسبتر است. سنگهای مناسب برای تبدیل شدن به بوکسیت باید در آب و هوای گرم و مرطوب واقع شوند. میزان بارش سالانه ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ میلیمتر و دمای متوسط ۲۶ درجه سانتیگراد مناسب است. وجود مورفولوژیایی که موجب حداکثر فرسایش شیمیایی و حداقل فرسایش مکانیکی شود الزامی است.

سنگهای غنی از آلومینیم که میزان سیلیس آزاد آنها کمترین است در صورتی که در آب و هوای مرطوب قرار گیرند سیلیکات آنها هیدرولیز میشود و در نتیجه عناصر K ، Na ، Mg ، Ca ، Si سنگها شسته میشود و Al به صورت اکسید و هیدروکسید باقی خواهد ماند. برخلاف اورانیوم و مس، آلومینیم عنصری سه ظرفیتی است.

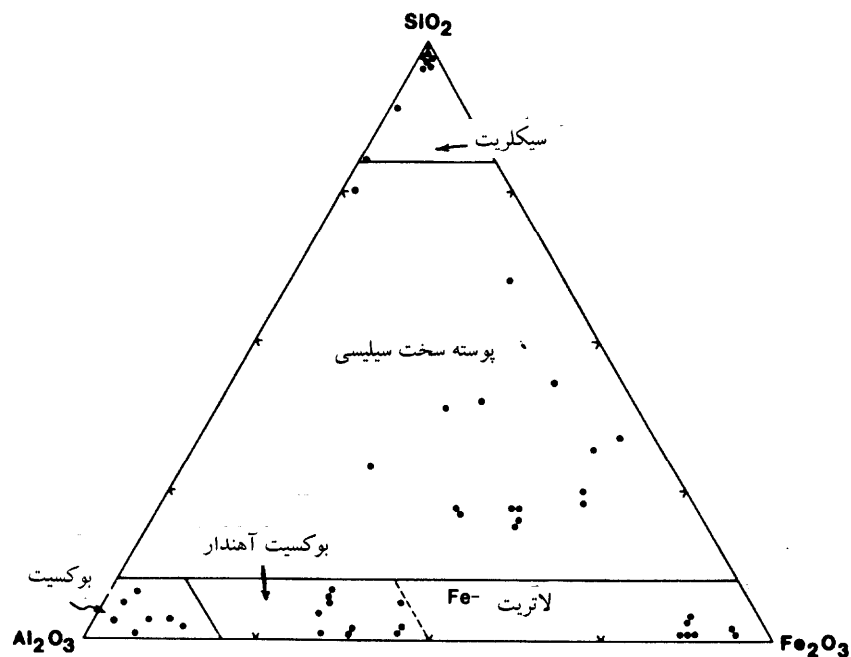
آهن و منگنز دارای ظرفیتهای مختلف هستند و تغییرات Eh محیط موجب جابه‌جایی آنها میگردد. آلومینیم تحت تأثیر تغییرات Eh واقع نمیشود و در شرایط pH آبهای سطحی ۸- میگردند. pH میزان حلالیت آن حداقل است. در شکل (۱) محدوده پایداری کانی گیبسیت ترسیم شده است. در شرایط وجود pH میان ۷ تا ۸ که محدوده آبهای سطحی است، کانی گیبسیت بیشترین پایداری را خواهد داشت و بدین علت، ضمن آن که سیلیکاتها تجزیه میشوند، عناصر دیگر شسته شده و آلومینیم به‌صورت گیبسیت، بوهمیت و دیاسپور بر جای خواهد ماند.



شکل ۱- نمودار محدوده پایداری گیبسیت [۲]

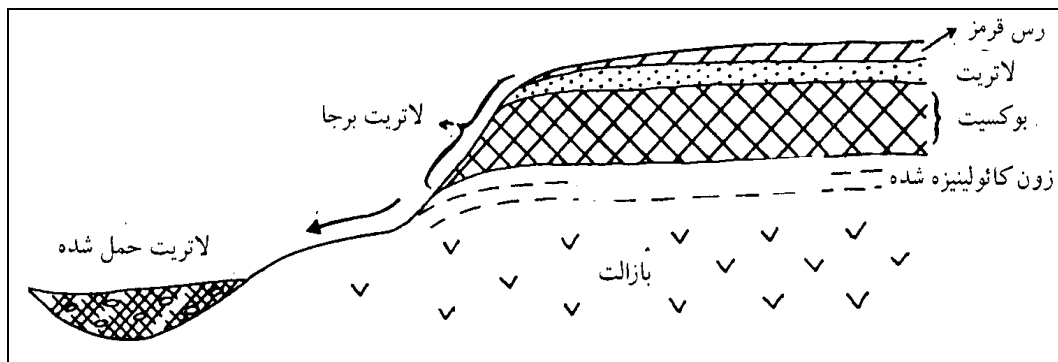
تجزیه شیمیایی بوکسیتها نشان میدهد که مقدار Al_2O_3 ، Ti و Fe بوکسیتها در مقایسه با سنگ اولیه افزایش مییابد و عناصر K_2O ، Na_2O ، MgO ، CaO ، SiO_2 متقابلاً کاهش خواهد یافت بوکسیت تشکیل شده در سنگ کربناته، غنی از کلسیم و در بازالت غنی از آهن است. سیلیس آزاد شده از سیلیکاتها به سرعت شسته میشود، در صورتی که کوارتز به آهستگی تحت تأثیر آبهای سطحی قرار میگیرد.

بوکسیتها را بر اساس درصد Al_2O_3 ، SiO_2 و Fe_2O_3 به بوکسیت، بوکسیت آهن دار، لاتریت، لایه های سخت سیلیسی آهن دار و سیلکریت تقسیم مینمایند (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار رده بندی بوکسیتها و لاتریتها [۲]

ترتیب زون بندی در یک بوکسیت غنی از آهن از سطح به طرف عمق عبارت است از: لایه نازک غنی از آهن و سیلیس، لایه لاتریتی، بخش بوکسیتی و بالاخره زون کائولینیتی (شکل ۳).



شکل ۳. نمایش زونبندی لائتریت، بوکسیت و کائولینیت.

کانسارهای مهم بوکسیت در برزیل، استرالیا، گینه بیسائو، جامائیکا و اروپا واقع شده‌اند. ذخایر بوکسیت از پرکامبرین تا عهد حاضر یافت میشوند. اکثر بوکسیت‌های مهم در دو محدوده زمانی تشکیل گردیده‌اند: یکی اوایل کرتاسه تا پلیوسن و دیگری میوسن تا عهد حاضر. بوکسیت‌های پروتروزوئیک تا کامبرین و اردویسین تا اواخر کربونیفر از اهمیت کمتری برخوردارند. کانیه‌های مهم بوکسیت در طول زمان دست‌خوش تغییراتی میشوند. بوکسیت‌های جوان غنی از گیبسیت هستند، در صورتی که بوکسیت‌های دوران اول غنی از دیاسپور و نوع پرکامبرین حاوی کوندوم است. درصد فراوانی کانیه‌های بوکسیت از راست به چپ با گذشت زمان کاهش مییابد:

گیبسیت ≡ ≡ ≡ ≡ بوهمیت ≡ ≡ ≡ ≡ دیاسپور ≡ ≡ ≡ ≡ کوندوم

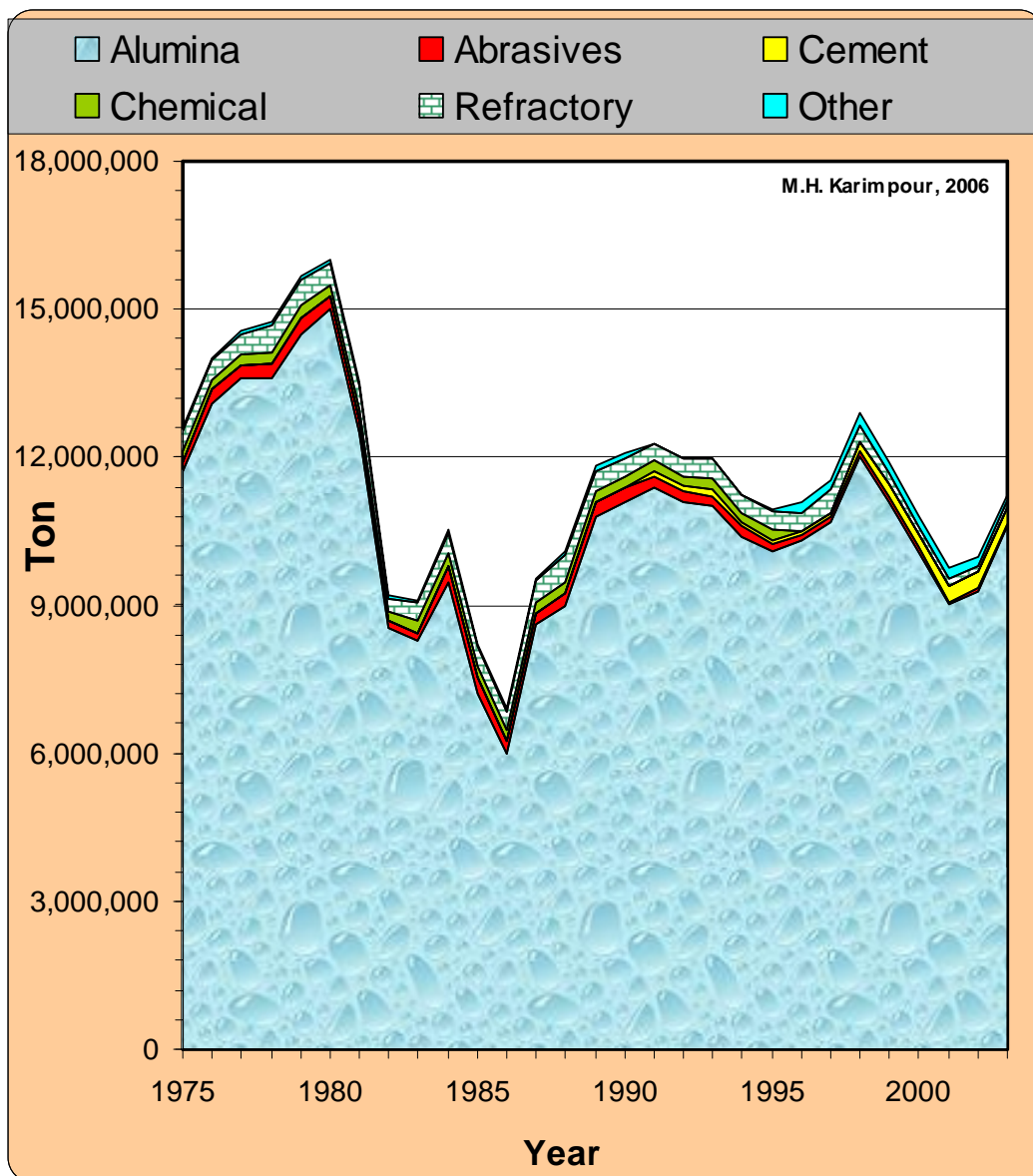
بافت ذخایر بوکسیتی از نوع پیزولیتی، نودولی و توده‌ای است.

عیار Al_2O_3 از ۳۵ تا ۵۵ درصد میزان ذخیره ۱ تا ۷۰۰ میلیون تن است [۳]. حدود ۸۰ درصد گالیم دنیا از کانسارهای بوکسیت به‌دست می‌آید. عناصری که به عنوان فرآورده جانبی در بوکسیت‌های غنی از آلومینیم اهمیت دارند، عبارتند از: Ca ، Ti و Be . در بوکسیت‌های غنی از آهن عناصر جانبی عبارتند از: Ni ، Cr و Cu .

مصارف مهم بوکسیت عبارتند از:

- تهیه آلومینیوم
- دیرگذاها
- ساینده‌ها
- مصارف شیمیایی و سیمان.

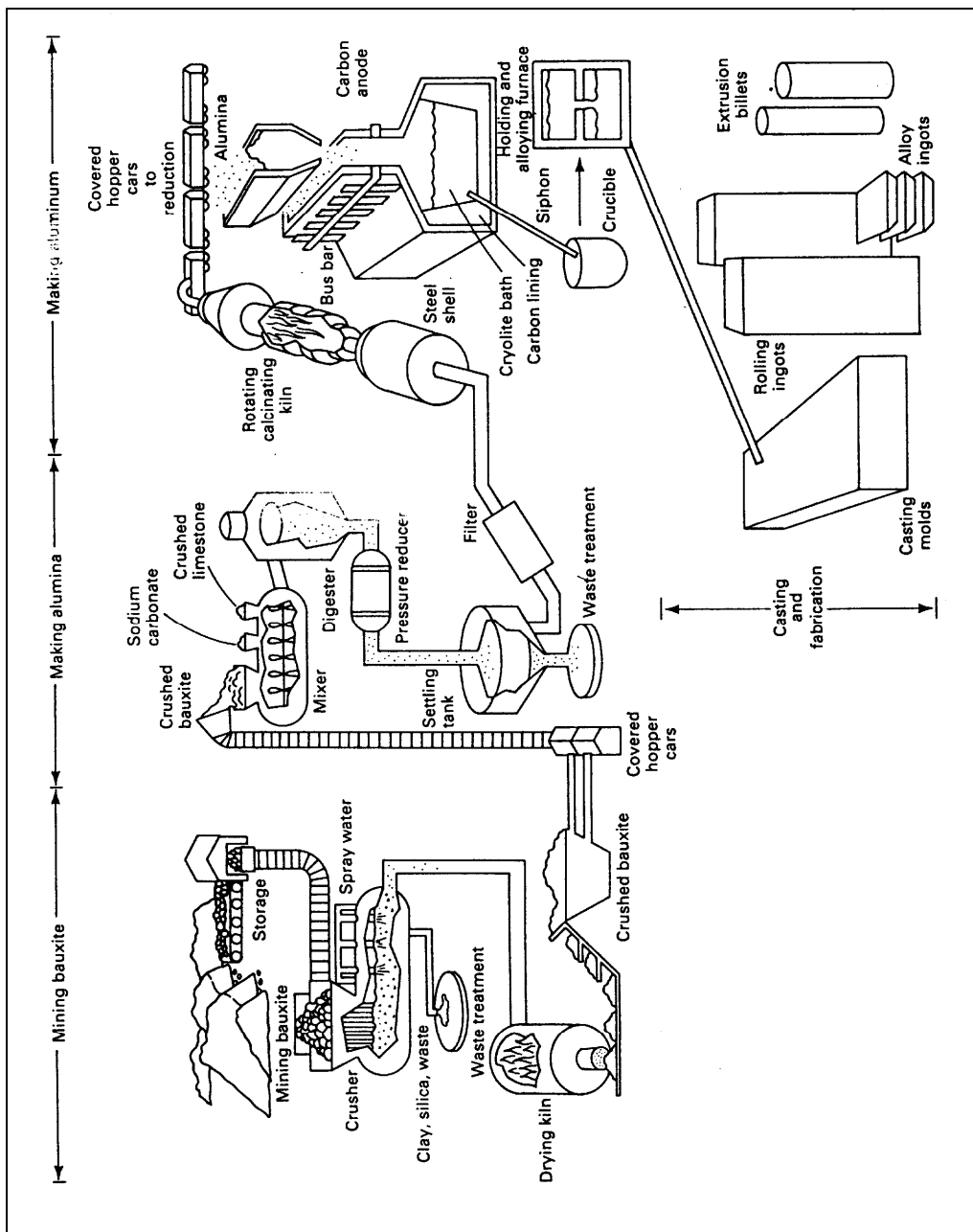
میزان مصرف بوکسیت از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۳ در نمودار (شکل ۴) ترسیم شده است. بخش عمده بوکسیت در صنعت تولید آلومینیوم به مصرف می‌رسد (شکل ۴). مصرف بوکسیت در صنعت سیمان از سال ۱۹۹۰ رشد نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ۴. نمایش میزان مصرف بوکسیت در طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۳.

۱- تهیه آلومینیوم

حدود ۹۰ درصد بوکسیت به مصرف تهیه آلومینیوم میرسد. به‌طور کلی، عیار بالای آلومین حائز اهمیت است. در روش بایر، برای تهیه آلومینیوم، باید میزان سیلیس موجود در بوکسیت کمتر از ۵٪ باشد. مراحل تولید آلومینیوم از بوکسیت در شکل (۵) ترسیم شده است.



شکل ۵ - نمایش مراحل تولید آلومینیوم از بوکسیت [۵].

۲ - مصارف دیرگداز

بوکسیت قابل استفاده به عنوان دیرگداز باید دارای ترکیب شیمیایی مناسب باشد. میزان اکسیدهای آهن کمتر از ۲ درصد، اکسیدهای تیتان کمتر از ۳/۸ درصد و میزان عناصرقلیایی آن باید حداقل باشد. ترکیب شیمیایی چند نوع بوکسیت قابل استفاده به عنوان دیرگداز در جدول (۳) گزارش گردیده است. میزان آلومین موجود در بوکسیت، نوع دیرگداز را کنترل مینماید.

جدول ۳- ترکیب شیمیایی بوکسیت‌های مورد استفاده به‌عنوان دیرگداز [۴]

کشور	چین	امریکا	گویان	چین
عیار (درصد)	۶۰	۷۰	۸۰	۸۰
Al ₂ O ₃	۶۳/۵	۷۰/۵	۸۸/۳	۸۴/۵
SiO ₂	۳۲/۴	۲۵/۳	۶/۵	۹/۹
TiO ₂	۲/۲	۳/۷	۳/۲	۳/۸
Fe ₂ O ₃	۱/۵	۱/۴	۱/۸	۱/۶
L.O.I	۰/۱۵	-	۰/۲۵	۰/۲

۳- مصارف ساینده

از بوکسیت در تهیه مواد ساینده استفاده میشود. ترکیب شیمیایی بوکسیت کلسینه شده در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴- ترکیب شیمیایی بوکسیت کلسینه شده برای ساینده‌ها [۴]

اکسید	درصد
Al ₂ O ₃	۸۵-۷۸
Fe ₂ O ₃	۱۰/۳-۶
SiO ₂	۵/۵-۳
TiO ₂	۴/۵-۳
L.O.I	۲-۱

۴- مصارف شیمیایی

بوکسیت قابل استفاده در تهیه مواد شیمیایی آلومین دار باید دارای میزان آهن حداقل و آلومین قابل حل در اسید سولفوریک باشد. ترکیب شیمیایی بوکسیت مصرفی در صنایع شیمیایی در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵- ترکیب شیمیایی بوکسیت در تهیه مواد شیمیایی آلومینیوم دار [۴]

اکسید	درصد
Al ₂ O ₃	۶۰/۵-۵۶/۵
Fe ₂ O ₃	۳-۱/۵
SiO ₂	۹-۴/۳
TiO ₂	۳/۵-۲/۳
L.O.I	۲۸

۵- تهیه سیمان

از بوکسیت در تهیه سیمان با آلومینیوم بالا استفاده میشود. میزان سیلیس و آهن موجود در بوکسیت باید اندک باشد.

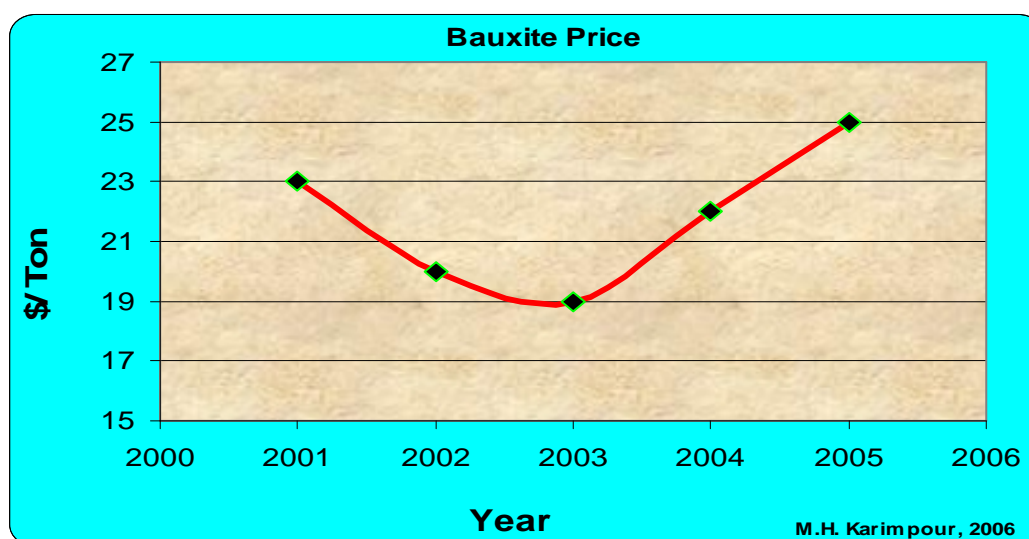
قیمت بوکسیت

تغییرات قیمت بوکسیت از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ در جدول (۶) گزارش شده است.

جدول ۶. تغییرات قیمت بوکسیت در طی سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵.

Year	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵
Price \$/ Ton	۲۳	۲۰	۱۹	۲۲	۲۵

قیمت بوکسیت از ۲۳ دلار در تن در سال ۲۰۰۱ به ۲۵ دلار در تن در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است (شکل ۶).



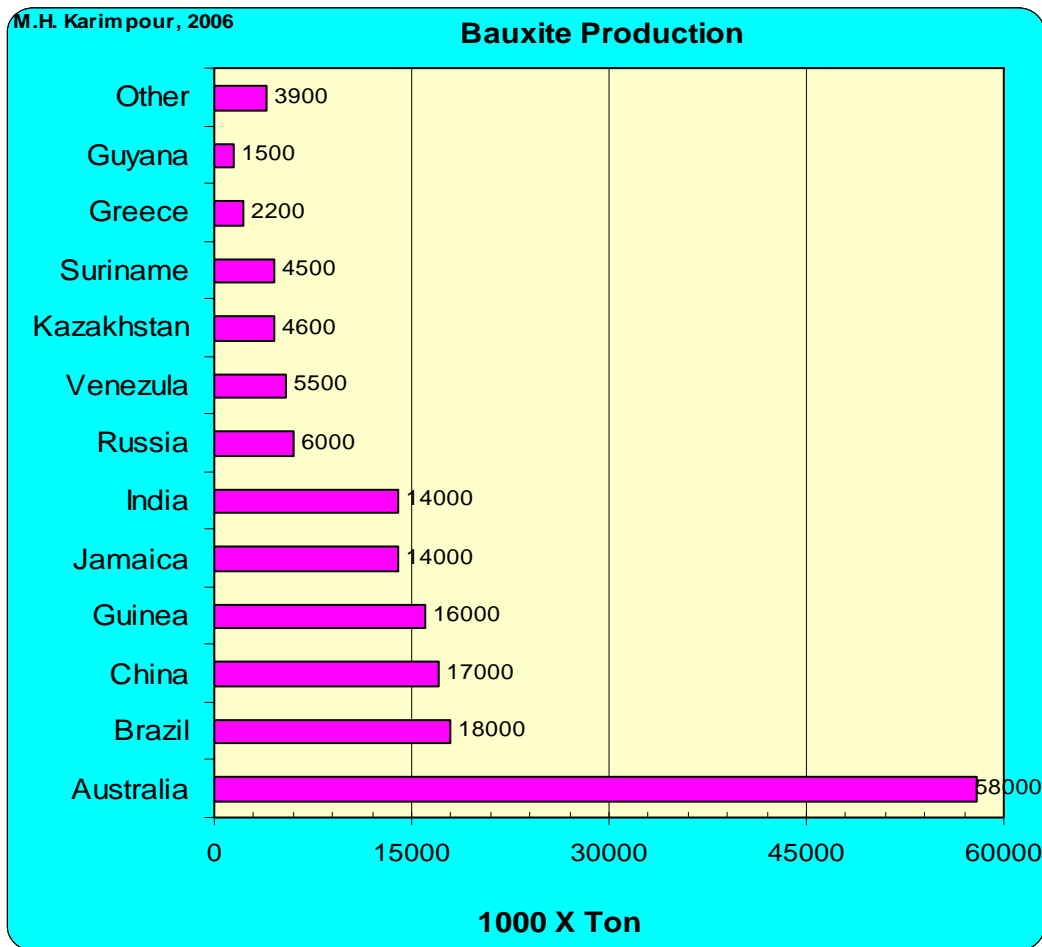
شکل ۶. نمایش نوسانات قیمت بوکسیت از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵.

میزان تولید

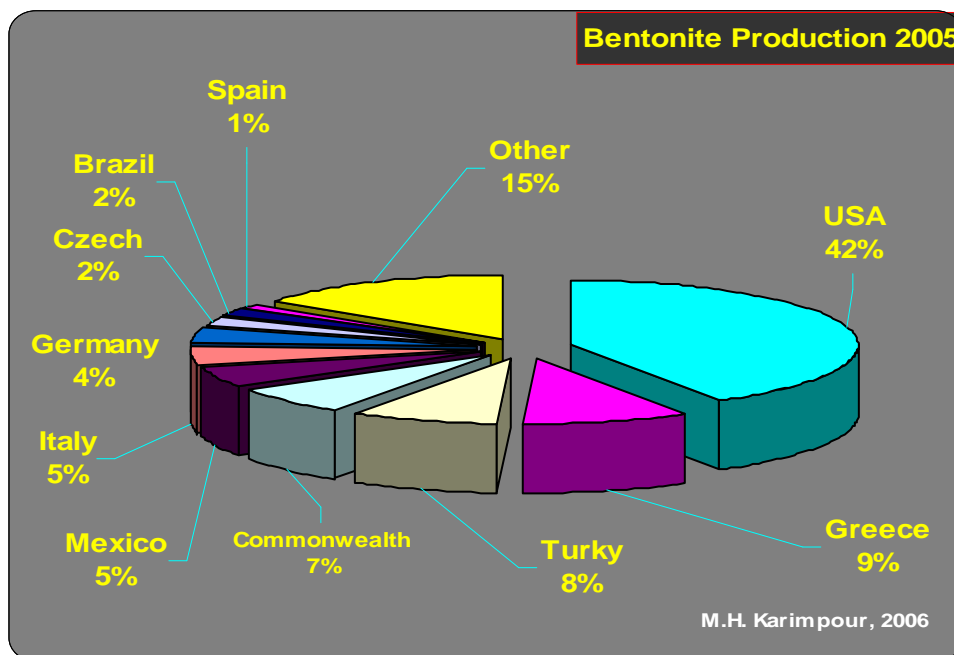
میزان بوکسیت تولیدی جهان در سال ۲۰۰۵ بالغ بر ۱۶۵ میلیون تن گزارش گردیده است (جدول ۷ و شکل ۷). که از این تعداد، ۳۶ درصد در استرالیا، ۱۱ درصد در برزیل، ۱۰ درصد در چین و ۱۰ درصد در گینه تولید شده است (شکل ۸).

جدول ۷. تولید و میزان ذخیره بوکسیت جهانی (واحد $\times 1000$ تن)

کشور	میزان تولید		میزان ذخیره
	۱۳۸۳	۱۳۸۴	
استرالیا	۵۶۶۰۰	۵۸۰۰۰	۵۷۰۰۰۰۰
ایالت متحده امریکا	-	-	۲۰۰۰۰
برزیل	۱۸۵۰۰	۱۸۰۰۰	۱۹۰۰۰۰۰
جامایکا	۱۳۳۰۰	۱۴۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰
چین	۱۵۰۰۰	۱۷۰۰۰	۷۰۰۰۰۰۰
روسیه	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰
سورینام	۴۰۵۰	۴۵۰۰	۵۸۰۰۰۰۰
غنا	۱۵۰۰	۱۵۰۰	۷۰۰۰۰۰۰
قزاقستان	۴۷۰۰	۴۶۰۰	۳۵۰۰۰۰۰
گینه	۱۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۷۴۰۰۰۰۰
هندوستان	۱۱۳۰۰	۱۴۰۰۰	۷۷۰۰۰۰۰
ونزوئلا	۵۵۰۰	۵۵۰۰	۳۲۰۰۰۰۰
یونان	۲۴۴۰	۲۲۰۰	۶۰۰۰۰۰۰
سایر	۴۰۷۰	۳۹۰۰	۳۴۰۰۰۰۰۰
جمع کل	۱۵۹۰۰۰	۱۶۵۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰۰۰



شکل ۷. نمایش میزان بوکسیت تولیدی در سال ۲۰۰۶.

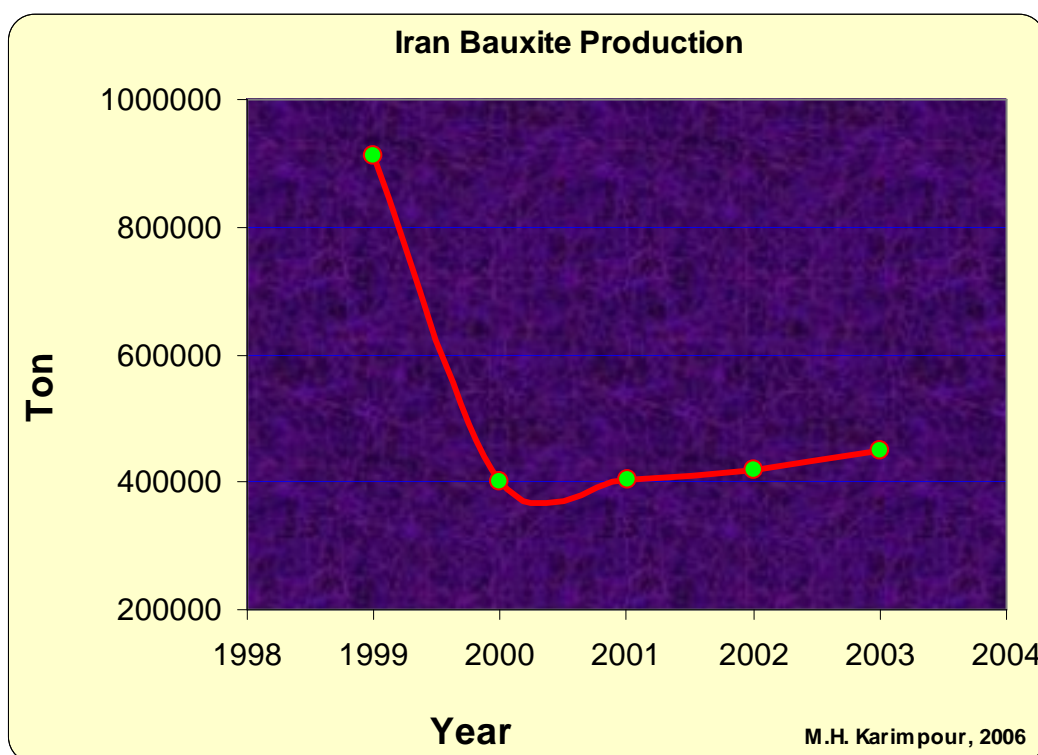


شکل ۸. نمایش میزان درصد سهم بوکسیت تولیدی کشورهای مهم دنیا در سال ۲۰۰۵.

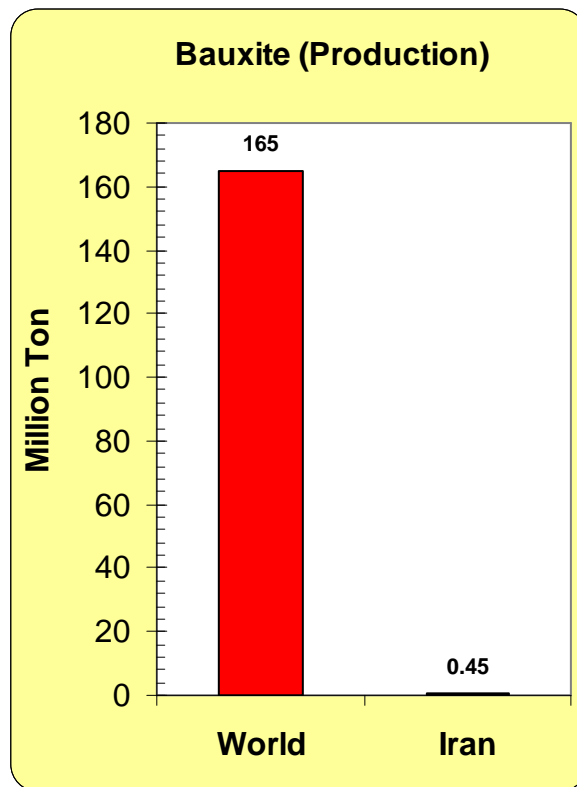
میزان تولیدی و ذخایر بوکسیت ایران و دنیا

میزان بوکسیت تولیدی ایران در طی سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۴ در شکل (۹) ترسیم شده است. میزان تولید در سال ۱۹۹۸ بالغ بر ۹۱۲۴۵۱ تن و در سال ۲۰۰۴ به ۴۵۰۰۰۰ تن کاهش یافته است (شکل ۹).

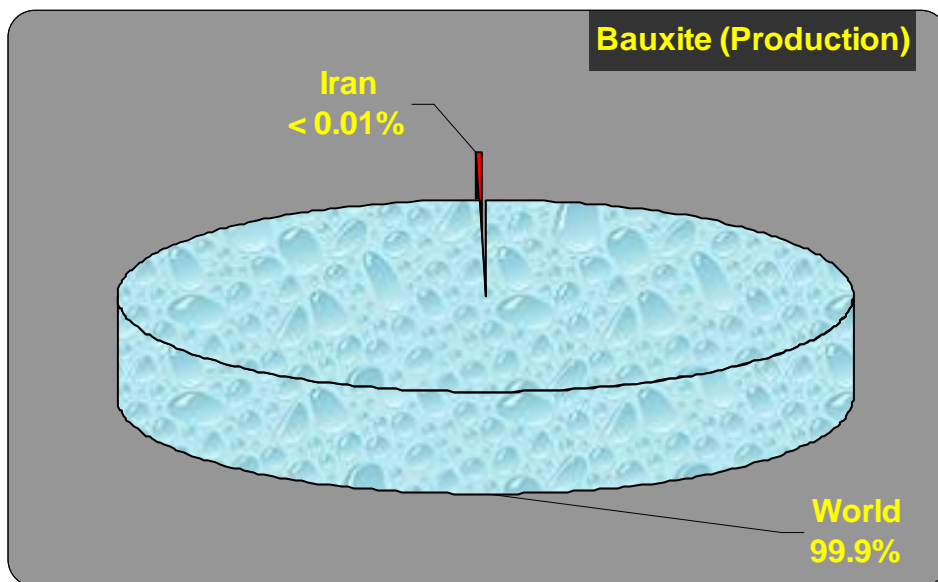
میزان بوکسیت تولیدی دنیا در سال ۱۳۸۴ معادل ۱۶۵ میلیون تن و ایران ۴۵۰۰۰۰ تن بوده است شکل (۱۰). کمتر از ۰/۰۱ درصد بوکسیت دنیا در سال ۱۳۸۴ از معادن ایران استخراج شده است شکل (۱۰).



شکل ۹. نمایش میزان بوکسیت تولید ایران در طول سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳.

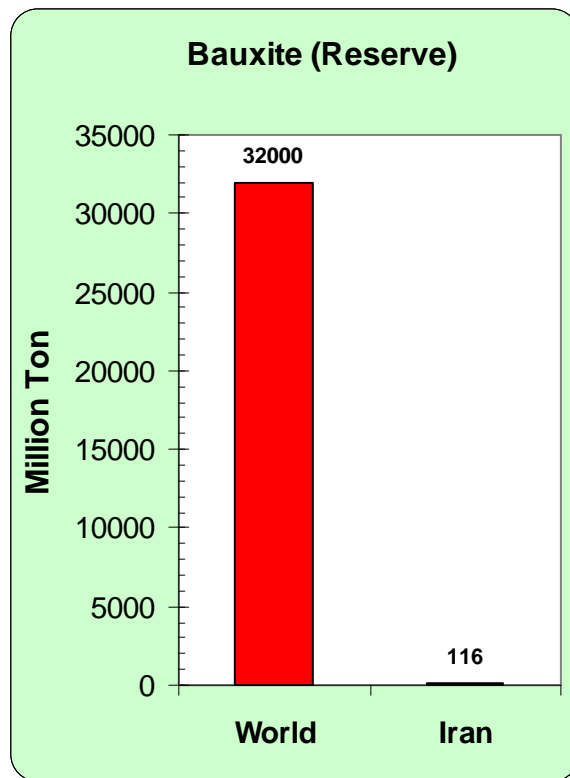


شکل ۱۰. نمودار میزان بوکسیت بهره برداری شده از معادن ایران و دنیا در سال ۱۳۸۴.

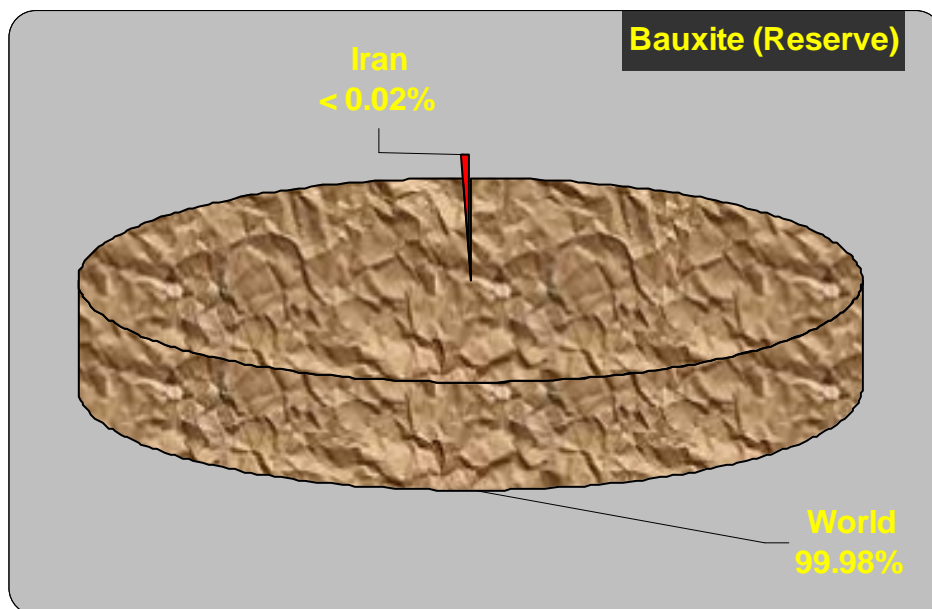


شکل ۱۱. نمودار نمایش درصد سهم بوکسیت بهره برداری شده از معادن ایران در سال ۱۳۸۴.

میزان کل ذخایر بوکسیت (کشف شده) دنیا تا سال ۱۳۸۴ معادل ۳۲۰۰۰ میلیون تن و ایران ۱۱۶ میلیون تن بوده است شکل (۱۲). میزان ذخایر بوکسیت ایران کمتر از ۰/۰۲ کل ذخایر دنیا است شکل (۱۳)



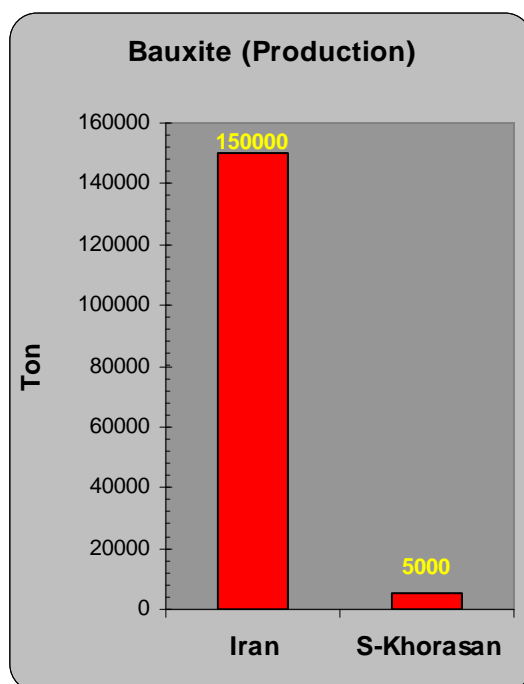
شکل ۱۲ نمودار میزان کل ذخایر بوکسیت دنیا و ایران در سال ۱۳۸۴.



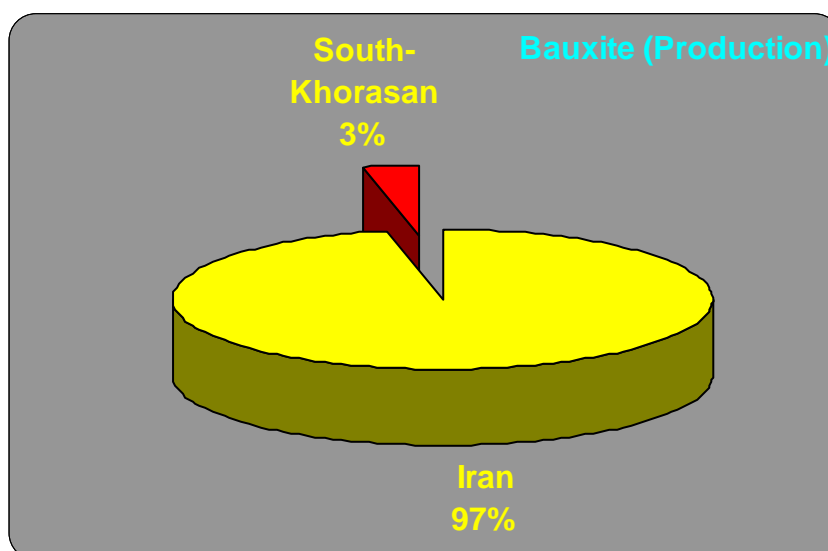
شکل ۱۳ نمودار نمایش درصد ذخایر بوکسیت ایران از کل دنیا در سال ۱۳۸۴.

تولید و میزان ذخایر بوکسیت خراسان جنوبی و ایران

میزان بوکسیت تولیدی خراسان جنوبی و ایران در سال ۱۳۸۴ به ترتیب شامل ۶۱۵۰۰ تن و ۵۰۰۰ تن بوده است شکل (۱۴) [۶ و ۱۰]. حدود ۳ درصد بوکسیت ایران در سال ۱۳۸۴ از معادن خراسان جنوبی بهره برداری شده است شکل (۱۵).

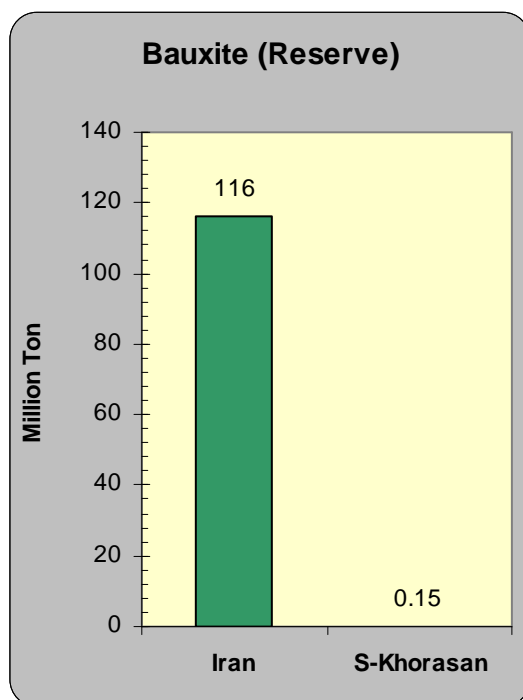


شکل ۱۴ نمودار میزان بوکسیت بهره برداری شده از معادن خراسان جنوبی و ایران در سال ۱۳۸۴.

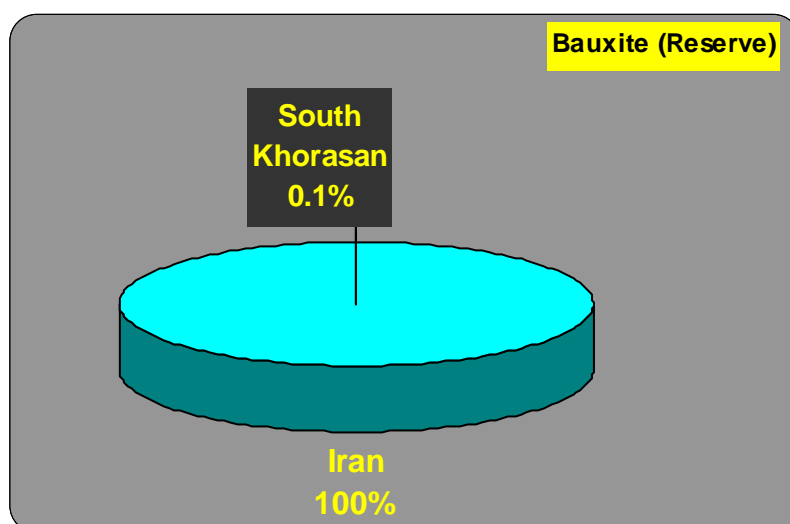


شکل ۱۵ نمودار نمایش درصد سهم بوکسیت بهره برداری شده از معادن خراسان جنوبی در سال ۱۳۸۴.

میزان ذخایر بوکسیت کشف شده در خراسان جنوبی تا سال ۱۳۸۴ معادل ۱۵۰۰۰۰ تن و برای ایران معادل ۱۱۶ میلیون تن بوده است شکل (۱۶). از مجموع کل ذخایر معادن فعال بوکسیت ایران، ۰/۱ درصد در استان خراسان واقع شده اند شکل (۱۷)



شکل ۱۶ نمودار میزان ذخایر بوکسیت معادن فعال خراسان جنوبی و ایران در سال ۱۳۸۴.



شکل ۱۷ نمودار نمایش درصد ذخایر بوکسیت معادن فعال خراسان جنوبی از کل ایران در سال ۱۳۸۴.

معادن بوکسیت خراسان جنوبی

معادن بوکسیت خراسان و میزان تولید آنها در جدول ۸ گزارش شده است.

جدول ۸- معادن بوکسیت خراسان جنوبی [۶]

نام معدن	موقعیت جغرافیایی	ذخیره (تن)	تولید در سال (تن)
بوکسیت خضری	۲۲ کیلومتری شمالشرق خضری	۱۵۰۰۰۰	۵۰۰۰

منابع

- [۶] سازمان صنایع و معادن استان خراسان جنوبی، آمار معادن استان خراسان جنوبی (۱۳۸۴).
- [۷] ابراهیمی، خسرو - رزم آرا، مرتضی - ناصری، محمد (۱۳۸۲) بررسی کانی شناسی و ژئوشیمی بوکسیت جاجرم با نگرشی ویژه بر قابلیت‌ها و محدودیت‌ها در کاربرد صنعتی.
- [۸] شهریاری، محمد، ۱۳۶۵ - ذخایر بوکسیت کارستی (با بستر کربناته)، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشکده فنی تهران
- [۱۰] وزارت صنایع و معادن، آمار معادن فعال ایران (۱۳۸۱).
- کریمپور، محمد حسن (۱۳۸۴) کتاب کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

[۱] Wedepohl, K. H., (۱۹۶۹). Handbook of geochemistry, Springer – Verlag, New York, ۲۳۱ P.

[۲] Maynard, J. B., (۱۹۸۳) Geochemistry of sedimentary ore deposit: Springer-Verlag, ۳۰۵ p.

[۳] Patterson, S.H., Murray, H.H (۱۹۸۳) Clays: Industrial minerals and rocks by Lefond p. ۵۸۵-۵۱.

[۴] Shaffer, James W (۱۹۸۳) Bauxitic raw materials: Industrial rocks and Minerals by Lefond, pp. ۵۰۳-۵۲۸.

[۵] Craig, J.R., Vaughan, D.J., and Skinner, B.J (۱۹۹۶) Resources of the Earth Origin, use, and Environmental Impact: Prentice Hall, ۴۷۲p.

[۹] Industrial Minerals June(۲۰۰۲).

[۱۱] USGS Minerals information: Statistical

[۱۲] Roskill Report on Metals and Minerals (۲۰۰۲)

[۱۳] MBendi Mining Company (۲۰۰۲) world mining overview.

[۱۴] Mineral commodity summaries (۲۰۰۶) U.S Geological survey
Department of interior.