



بررسی الگو و پتانسیل صرفه جویی در صنایع منتخب و انرژی بر کشور

(صنایع غذایی، کانی غیرفلزی و فلزات اساسی)



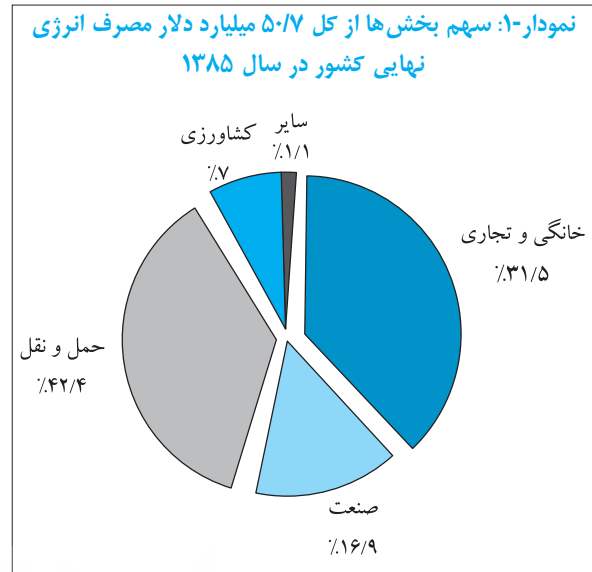
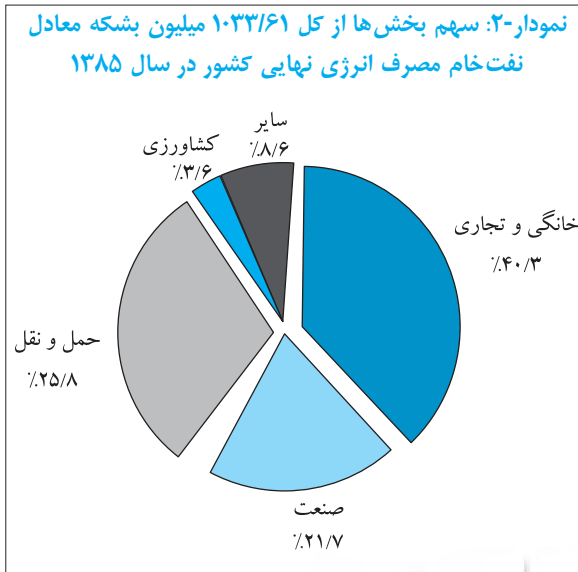
انتخاب الگوی صحیح و ایجاد و به کارگیری روش ها و سیاست های درست در تولید و مصرف انرژی علاوه بر این که متضمن استمرار رشد اقتصادی است، موجب کاهش هدر رفت منابع انرژی و نیز کاهش اثرات سوء بر محیط زیست و جامعه می شود. به همین دلیل حفظ منابع با ارزش انرژی و مدیریت صحیح مصرف آن یکی از مهم ترین موضوعات در دستور کار تمامی کشورهای جهان بوده و کلیه سیاست گذاران و دولتمردان را بر آن داشته تا جهت حل این مشکل چاره اندیشی کنند. بنابراین بررسی و تمرکز بر روی بخش های دارای مصارف بالای انرژی از جمله بخش صنعت در بررسی الگوی مصرف انرژی و برآورد میزان پتانسیل صرفه جویی آن از جایگاه مهمی در برنامه های بهینه سازی و اصلاح الگوی مصرف انرژی برخوردار است. در این رابطه مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی مطالعه ای را در زمینه پتانسیل صرفه جویی انرژی در صنعت کشور با تأکید بر صنایع منتخب و انرژی بر به انجام رسانده است که با توجه به اهمیت آن خلاصه ای از آن در اختیار علاقمندان قرار می گیرد.

جایگاه بخش صنعت در مصرفی انرژی نهایی کشور

میلیارد دلار در بخش صنعت به مصرف رسیده و از بعد حجم انرژی مصرفی نیز از مجموع ۱۰۳۳/۶۱ میلیون بشکه معادل نفت خام ۲۷۷ درصد از آن یعنی معادل ۲۲۴/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام به بخش صنعت اختصاص دارد. (نمودار- ۱ و ۲)

در سبد انرژی مصرفی بخش صنعت، برق و گاز طبیعی دارای جایگاه کلیدی بوده و از اهمیت فوق العاده زیادی نسبت به دیگر

بر اساس اطلاعات ترازنامه هیدروکربوری کشور، بخش صنعت پس از خانگی و حمل و نقل، سومین مصرف کننده انرژی کشور است. به طوری که از مجموع ۵۰/۷ میلیارد دلار مصرف انرژی نهایی کشور در سال ۱۳۸۶، ۱۶/۹ درصد از آن یعنی معادل ۸/۵



مأخذ: همان.

مأخذ: مستخرج از ترازنامه انرژی و کارنامه عملکرد شرکت بهینه سازی مصرف سوخت.

قرار دارد. (جدول- ۱ و ۲) لازم به ذکر است که بر مبنای اطلاعات مرکز آمار ایران بیش از ۸۰ درصد از کل انرژی مصرفی بخش صنعت در سال ۱۳۸۵ به برق و گاز طبیعی اختصاص داشته که سهم هریک به ترتیب معادل ۶۰/۶ و ۱۹/۸ درصد بوده است.

حامل های انرژی بر خوردار است، به طوری که بر اساس داده های ترازنامه انرژی کشور در سال ۱۳۸۶، بخش صنعت با مصرف ۴۹۶۶۵/۲ میلیون کیلووات ساعت برق یعنی معادل ۳۲/۵ درصد از کل برق مصرفی کشور و ۱۵۰۸۷/۴ میلیون مترمکعب گاز طبیعی معادل ۲۰/۱۵ درصد از کل مصرف نهایی گاز کشور، پس از بخش خانگی، تجاری و عمومی در رتبه دوم در زمینه مصرف برق و گاز

برآورد پتانسیل صرفه جویی انرژی در صنایع منتخب و انرژی بر

در این بخش صنایع عمده انرژی بر که تاکنون مورد ممیزی انرژی قرار گرفته اند به تفکیک کد طبقه بندی استاندارد بین المللی صنعتی (ISIC) شامل صنایع غذایی (کد ۱۵)، صنایع کانی غیرفلزی (کد ۲۶) و صنایع فلزات اساسی (کد ۲۷) مورد بررسی قرار گرفته و پس از ارائه شاخص متوسط مصرف انرژی ویژه (SEC) در ایران و جهان، میزان پتانسیل صرفه جویی در صنایع منتخب به تفکیک برآورد می شود.

۱- صنایع غذایی (کد آیسیک ۱۵)

در این قسمت دو صنعت قند شکر روغن نباتی مورد بررسی قرار گرفته اند. در صنعت قند و شکر کل ارزش انرژی مصرفی آن حدود ۴۱۷۸ میلیون دلار و در صنعت روغن نباتی نیز حدود ۹۳/۳ میلیون دلار بوده است. بنابراین با توجه به کل ارزش انرژی مصرفی بخش صنعت کشور (معادل ۸/۵ میلیارد دلار)، سهم صنعت قند و شکر و روغن نباتی از کل انرژی مصرفی بخش صنعت در سال ۱۳۸۵ به ترتیب معادل ۵ و ۷۱ درصد بوده است. در صنعت قند و شکر متوسط جهانی مصرف انرژی به ازای هر تن تولید معادل ۱۹/۶

جدول ۱- مصرف برق بخش های مختلف تأمین شده توسط وزارت نیرو و بخش خصوصی در سال ۱۳۸۶

بخش	برق مصرفی (میلیون کیلووات ساعت)	سهم بخش در مصرف برق (درصد)
خانگی	۵۱۰۵۹/۴	۳۳/۴
عمومی	۱۹۷۰۹/۸	۱۲/۹
تجاری	۹۹۹۴/۳	۶/۵
صنعتی*	۴۹۶۶۵/۲	۳۲/۵
حمل و نقل	۱۷۱/۹	۰/۱۱
کشاورزی	۱۷۷۴۵	۱۱/۶
سایر مصارف	۴۵۰۷/۶	۲/۹
جمع	۱۵۲۸۵۳/۲	۱۰۰

مأخذ: وزارت نیرو ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶، بخش برق، ص ۱۵۳. *شامل برق مصرفی پالایشگاه ها نیز می شود.

جدول ۲: مصرف نهایی گاز طبیعی در بخش‌های مختلف به تفکیک نوع مصرف در سال ۱۳۸۶

نوع مصرف	بخش	گاز طبیعی مصرفی (میلیون مترمکعب)	سهم بخش در مصرف گاز طبیعی (درصد)
مصرف انرژی	خانگی، تجاری و عمومی	۴۵۸۶۹/۳	۶۱/۲۵
	سوخت پتروشیمی	۷۲۸۵/۱	۹/۷۳
	صنعت	۱۵۰۸۷/۴	۲۰/۱۵
	حمل و نقل	۱۰۴۰	۱/۳۹
	کشاورزی	۱۷۶/۸	۰/۲۴
مصرف غیرانرژی	خوراک پتروشیمی	۵۴۲۶/۷	۷/۲۵
جمع		۷۴۸۸۵/۲	۱۰۰

مأخذ: وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶، بخش گاز طبیعی، ص ۱۲۰.

صنعت به ترتیب معادل ۷۴،۲/۲ و ۱۴،۳/۳ درصد بود. در صنعت سیمان متوسط جهانی مصرف انرژی به ازای هر تن تولید معادل ۲۷۷ گیگاژول است و در کشور ما با مصرف ۳۷۵ گیگاژول انرژی یک تن سیمان تولید می‌شود. به عبارت دیگر در ایران شدت مصرف انرژی به ازای تولید هر تن سیمان در مقایسه با متوسط جهانی، حدود ۲۹/۶ درصد بیشتر است. ارزش صرفه جویی در این صنعت با توجه به وجود ۲۲/۸ درصد پتانسیل صرفه جویی، معادل ۲۱۰ میلیون دلار در سال است. در صنعت آجر نیز متوسط جهانی مصرف انرژی معادل ۲/۲ گیگاژول-تن است که در کشور ما این مقدار معادل ۴/۸ گیگاژول به ازای هر تن تولید است. در این صنعت میزان انحراف در مصرف انرژی در مقایسه با متوسط مصرف جهانی بیش از ۱۱۸ درصد است که بسیار قابل توجه است. این موضوع بیشتر به استفاده از حدود ۱۵۰۰ کوره قدیمی هوفمن (معادل ۹۵ درصد کل کوره‌های آجرپزی کشور) در مقابل حدود ۲۰۰ کوره

گیگاژول است و این مقدار در ایران به میزان ۸۲/۱ درصد بیشتر بوده و معادل ۳۵/۷ گیگاژول است. بنابراین با توجه به پتانسیل صرفه جویی در صنعت قند و شکر کشور که نسبت به متوسط جهان حدود ۴۵ درصد است، میزان صرفه جویی در این صنعت معادل ۳۷۶ میلیون بشکه معادل نفت خام به ارزش ۱۸۸ میلیون دلار خواهد بود. در صنعت روغن نباتی نیز که از دیگر صنایع مهم غذایی به حساب می‌آید، میزان انحراف در مصرف انرژی از متوسط جهانی حدود ۶۶ درصد است. در این صنعت متوسط مصرف جهانی معادل ۶ گیگاژول بر تن و در کشور ما معادل ۱۰ گیگاژول بر تن است. میزان پتانسیل صرفه جویی در صنعت روغن نباتی کشور معادل ۰/۷۵ میلیون بشکه معادل نفت خام به ارزش ۳۷/۵ میلیون دلار است (جدول ۳).

۲- صنایع کانی غیرفلزی (کد آیسیک ۲۶)

صنایع کانی غیرفلزی پس از صنایع فلزات اساسی دومین مصرف کننده عمده انرژی در بخش صنعت کشور به حساب می‌آید، به طوری که در صنعت سیمان به تنهایی چیزی معادل ۹۱۷۵ میلیون دلار انرژی مصرف می‌شود و یا در صنعت آجر نیز تقریباً معادل ۸۵۲۳ میلیون دلار انرژی به مصرف می‌رسد که با توجه به کل مصرف انرژی بخش صنعت کشور در سال ۱۳۸۵ که معادل ۸۵ میلیارد دلار است، سهم صنعت سیمان و آجر از کل ارزش انرژی مصرفی بخش صنعت کشور به ترتیب ۱۰/۸ و ۱۰ درصد است. به عبارت دیگر دو صنعت سیمان و آجر از گروه صنایع کانی غیرفلزی به تنهایی نزدیک به ۲۱ درصد از کل ارزش انرژی مصرفی بخش صنعت را مصرف می‌کنند. همچنین سهم صنایع کاشی و سرامیک، شیشه، گچ و آهک نیز از کل ارزش انرژی مصرفی بخش

جدول ۳: شدت مصرف انرژی در صنعت قند شکر و روغن نباتی در ایران و جهان

ارزش صرفه جویی (میلیون دلار)	میزان صرفه جویی (میلیون بشکه معادل نفت خام)	درصد پتانسیل صرفه جویی نسبت به متوسط جهان	مصرف انرژی ویژه (گیگاژول - تن)		انرژی مصرفی کنونی		صنعت
			متوسط کشور	متوسط جهان	بشکه معادل نفت خام	گیگاژول	
۱۸۸/۵	۳/۷۷	۴۵	۳۵/۷	۱۹/۶	۵۱.۲۶۰.۳۰۶	۸.۳۷۳.۶۴۱	قند و شکر
۳۷/۵	۰/۷۵	۴۰	۱۰	۶	۱۱.۴۲۳.۹۰۱	۱.۸۶۶.۸۲۳	روغن نباتی

مأخذ: مستخرج از: ۱- ترازنامه هیدروکربوری کشور در سال ۱۳۸۶. ۲- کارنامه شرکت بهینه سازی مصرف سوخت. ۳- محاسبات تحقیق

جدول-۴: شدت مصرف انرژی در صنایع منتخب از گروه کانی غیرفلزی در ایران و جهان

ارزش صرفه جویی (میلیون دلار)	میزان صرفه جویی (میلیون بشکه معادل نفت خام)	درصد پتانسیل صرفه جویی نسبت به متوسط جهان	مصرف انرژی ویژه (گیگاژول - تن)		انرژی مصرفی کنونی		صنعت
			متوسط جهان	متوسط کشور	گیگاژول	بشکه معادل نفت خام	
۲۱۰	۴/۲	۲۲/۸	۲/۷	۳/۵	۱۱۲.۴۱۷.۸۴۲	۱۸.۳۷۰.۶۲۶	سیمان
۴۶۰	۹/۲	۵۴/۲	۲/۲	۴/۸	۱۰۴.۳۰۸.۸۵۷	۱۷.۰۴۵.۵۰۶	آجر
۸۵	۱/۷	۴۶/۲	۷/۹	۱۴/۷	۲۲.۳۰۴.۶۱۰	۳.۶۴۴.۸۸۱	شیشه
۶۵	۱/۳	۳۶/۴	۰/۰۷	۰/۱۱	۲۲.۷۷۶.۹۶۴	۳.۷۲۲.۰۲۶	کاشی و سرامیک
۵۵	۱/۱	۴۷	۰/۹	۱/۷	۱۴.۸۸۹.۲۰۲	۲.۴۳۳.۱۰۱	گچ
۱۲	۰/۲۴	۴۲	۳/۶	۶/۲	۳.۵۳۷.۲۳۵	۵۷۸.۰۳۳	آهک

مأخذ: همان

صنعت را مصرف کرده است و صنعت آلومینیم نیز در همین سال با مصرف تقریبی ۱۳۳/۵ میلیون دلار حدود ۱/۵ درصد از کل انرژی مصرفی بخش صنعت را به خود اختصاص داده است. به عبارت دیگر دو صنعت آهن و فولاد و آلومینیم به عنوان صنایع عمده مصرف کننده انرژی در گروه فلزات اساسی در مجموع بیش از ۱۹ درصد از کل انرژی مصرفی بخش صنعت در سال ۱۳۸۵ را مصرف کرده اند. بنابراین در امر اصلاح الگوی مصرف انرژی در بخش صنعت کشور، توجه ویژه به دو صنعت آهن و فولاد و آلومینیم که فوق العاده انرژی بر هستند، بسیار حائز اهمیت است. گفتنی است که سهم نه چندان زیاد آلومینیم از کل انرژی مصرفی بخش صنعت کشور به دلیل پایین بودن شدت مصرف انرژی در این صنعت نیست. (همان گونه که در جدول-۵ قابل مشاهده است، این صنعت با مصرف ویژه انرژی بیش از ۵۰ گیگاژول بر تن دارای بیشترین میزان مصرف انرژی به ازای هر تن تولید است) بلکه کوچک بودن تناژ تولید در این صنعت نسبت به دیگر صنایع است، به طوری که بر مبنای اطلاعات سازمان امیدرو، میزان تولید آلومینیم کشور در سال ۱۳۸۷ تقریباً ۲۴۷ هزار تن بود.

بر مبنای داده های ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۸۶ در صنعت آهن و فولاد متوسط مصرف انرژی در جهان معادل ۱۱ گیگاژول به ازای هر تن تولید بوده است و این مقدار در کشور ما به طور متوسط معادل ۱۵ گیگاژول بر تن تولید است.

بنابراین در ایران برای تولید هر تن فولاد نسبت به متوسط مصرف جهانی به طور متوسط ۴ گیگاژول انرژی بیشتر مصرف می شود و به عبارت دیگر میزان مصرف انرژی در بخش آهن و

تونلی جدید در کشور بر می گردد. چون براساس داده های سازمان بهینه سازی مصرف سوخت در مورد صنعت آجر، مصرف نهایی انرژی در کوره های قدیمی هوفمن معادل ۱۱۷/۴ لیتر معادل نفت کوره به ازای هر تن تولید آجر است، در حالی که این مصرف در کوره های تونلی جدید معادل ۵۶/۴ لیتر معادل نفت کوره به ازای هر تن آجر تولیدی بوده که کمتر از نصف انرژی مصرفی (معادل ۴۷/۶ درصد) در کوره های قدیمی هوفمن است. بنابراین به منظور اصلاح الگوی مصرف انرژی در بخش صنعت کشور تغییر تکنولوژی تولید در صنعت آجر فوق العاده ضروری و نیازمند بازنگری اساسی است.

لازم به ذکر است که درصد پتانسیل صرفه جویی انرژی در صنعت آجر کشور نسبت به متوسط مصرف جهانی معادل ۵۴/۲ درصد و برابر با ۴۶۰ میلیون دلار در سال است. در صنعت شیشه، کاشی و سرامیک، گچ و آهک نیز میزان انحراف در مصرف انرژی در مقایسه با متوسط مصرف جهانی به ترتیب معادل ۸۶، ۵۷، ۸۸/۸ و ۷۲ درصد است که با توجه به درصد پتانسیل صرفه جویی، میزان ارزش صرفه جویی در این صنایع به ترتیب معادل ۸۵، ۶۵، ۵۵ و ۱۲ میلیون دلار در سال خواهد بود (جدول-۴).

۳- صنایع فلزات اساسی (کد آیسیک ۲۷)

بیشترین انرژی مصرفی در بخش صنعت کشور به صنایع فلزات اساسی مانند آهن و فولاد، آلومینیم و... اختصاص دارد، به طوری که صنعت آهن و فولاد در سال ۱۳۸۵ با مصرف حدود ۱۷۵ میلیارد دلار به تنهایی حدود ۱۷/۶ درصد از کل ارزش انرژی مصرفی بخش

جدول ۵: شدت مصرف انرژی در صنایع آهن و فولاد و آلومینیم در ایران و جهان

ارزش صرفه جویی (میلیون دلار)	میزان صرفه جویی (میلیون بشکه معادل نفت خام)	درصد پتانسیل صرفه جویی نسبت به متوسط جهان	مصرف انرژی ویژه (گیگاژول - تن)		انرژی مصرفی کنونی		صنعت
			متوسط کشور	متوسط جهان	گیگاژول	بشکه معادل نفت خام	
۳۹۵	۷/۹	۲۶/۶	۱۱	۱۵	۱۸۲.۸۲۰.۱۹۸	۲۹.۸۷۵.۳۴۲	آهن و فولاد
۲۲/۵	۰/۴۵	۱۸/۳	۵۰	۶۱/۲	۱۵.۱۱۶.۴۰۰	۲.۴۷۰.۲۲۸	آلومینیم*

مأخذ همان.

هزار تن بوده است. در ایرالکو از دو تکنولوژی ۷۰ و ۱۷۰ کیلوآمپر استفاده می شود که بیشتر تولید آن بر مبنای همان تکنولوژی ۷۰ کیلو آمپر است. در واحد المهدی نیز تمام تولید بر اساس تکنولوژی ۱۷۰ کیلوآمپر صورت می گیرد. ذکر این نکته لازم است که در صنعت آلومینیم هرچه شدت جریان برق مصرفی (کیلوآمپر) بیشتر باشد، کارایی تولید نیز بیشتر خواهد بود (البته میزان افزایش در شدت جریان برق محدود است، چون به دلیل ایجاد آثار سوء برای شاغلان و محدودیت های فیزیولوژیکی در شدت جریان بالا، این میزان عملاً در دامنه خاصی قرار می گیرد).

جمع بندی و نتیجه گیری

بررسی میزان مصرف انرژی در صنایع منتخب نشان می دهد که بیشترین مقدار انرژی مصری به ترتیب به صنایع آهن و فولاد با ۱۸۲/۸، سیمان با ۱۱۷/۴، آجر با ۱۰/۴۳ و قند و شکر با ۵/۷۲ میلیون گیگاژول اختصاص دارد. برآورد پتانسیل صرفه جویی انرژی گویای این است که بیشترین پتانسیل صرفه جویی مربوط به صنعت آجر با ۴۶۰ میلیون دلار در سال است و صنعت آهن و فولاد کشور با دارا بودن ارزش صرفه جویی معادل ۳۹۵ میلیون دلار، در جایگاه دوم قرار دارد. همچنین صنعت سیمان و قند و شکر به ترتیب با اختصاص ۲۱۰ و ۱۸۷/۵ میلیون دلار ارزش صرفه جویی در رتبه های بعدی قرار دارند. نکته حائز اهمیت در بررسی درصد پتانسیل صرفه جویی صنایع مورد مطالعه این است که شدت مصرف انرژی در صنایع آجر، گچ، شیشه و قند و شکر به ترتیب بیشترین انحراف را نسبت به متوسط مصرف جهانی انرژی نشان می دهد. بنابراین به منظور دستیابی به اهداف اصلاح الگوی مصرف انرژی، بازنگری در تکنولوژی تولید یا اصلاح فرایندها در این صنایع بسیار حائز اهمیت است.

فولاد کشور معادل ۳۶/۴ درصد بیشتر است. در نهایت با توجه به درصد پتانسیل صرفه جویی، ارزش صرفه جویی در صنعت آهن و فولاد کشور معادل ۳۹۵ میلیون دلار در سال خواهد بود.

در صنعت آلومینیم متوسط جهانی مصرف انرژی به ازای هر تن تولید تقریباً معادل ۵۰ گیگاژول و در کشور ما آلومینیم تقریباً با صرف ۶۱ گیگاژول انرژی به ازای هر تن تولید می شود. به عبارت دیگر به نظر می رسد، متوسط مصرف انرژی در صنعت آلومینیم کشور معادل ۱۸۳ درصد بیشتر از متوسط مصرف جهانی بوده و میزان پتانسیل صرفه جویی انرژی در این صنعت در مقایسه با صنعت آهن و فولاد بسیار کم بوده و معادل ۲۲/۵ میلیون دلار است. (جدول-۵)

در مقایسه شدت مصرف انرژی صنعت آلومینیم در ایران با جهان باید به این نکته اساسی توجه داشت که میزان شدت مصرف انرژی در صنعت آلومینیم اساساً به نوع تکنولوژی تولید (به عنوان نمونه تولید با ۷۰ کیلو آمپر، ۱۷۰ و غیره) یا شدت جریان برق مورد استفاده در مرحله الکترولیز بستگی دارد، به عبارت دیگر سال احداث صنعت و نوع تکنولوژی نصب شده دارای نقش تعیین کننده در میزان مصرف انرژی است. بنابراین برای اصلاح الگوی مصرف انرژی در صنعت آلومینیم باید در همان ابتدای شکل گیری این صنعت اقدام نمود و از تکنولوژی تولید با ۱۷۰ کیلوآمپر و بیشتر استفاده کرد، چون در صنعت آلومینیم برخلاف دیگر صنایع پس از احداث و شکل گیری واحد، امکان کاهش شدت مصرف انرژی بسیار کم بوده و تقریباً وجود ندارد و تکنولوژی تولید با یک حجم خاص از شدت جریان برق تعریف می شود.

آلومینیم کشور به طور عمده در دو واحد آلومینیم ایران (ایرالکو) و مجتمع المهدی تولید می شود که بر اساس اطلاعات سازمان ایמידرو در سال ۱۳۸۷ میزان تولید آن ها به ترتیب حدود ۱۴۴ و ۱۰۳

* برآورد این قسمت تقریبی است و محاسبات این قسمت با فرض اینکه متوسط مصرف جهانی برای همه تکنولوژی های تولید آلومینیم ۱۳ کیلووات ساعت - کیلوگرم و در ایران معادل ۱۷ کیلووات ساعت - کیلوگرم باشد، صورت گرفت. همچنین باید یادآوری کرد که در تبدیل انرژی الکتریکی به ژول باید به این نکته اساسی توجه داشت که هرچند می توان میزان انرژی کل تولید آلومینیم کشور یعنی حدود ۲۴۷ هزار تن را معادل ۱۵۱۱ میلیون گیگاژول برآورد کرده امانمی توان با همین مقدار انرژی به گیگاژول ۲۳۷ هزار تن آلومینیم تولید کرد چون در حالت عکس، راندمان تولید لحاظ نمی شود، مگر اینکه راندمان ۱۰۰ درصد فرض شود. بنابراین برای کلیه صنایع که سهم انرژی برق در آنها زیاد است این موضوع می تواند صادق باشد.