



دستورالعمل برآورد انتشار گازهای گلخانه ای از فرایندهای صنعتی

Instruction for GHG Emissions Inventory from Industrial Processes

شماره: ۱۰۰۸-۶۰/۱۲۳۷۳۷

عنوان: دستورالعمل برآورد انتشار گازهای گلخانه ای از فرایندهای صنعتی (صنایع معدنی و فلزی)		
شماره دستورالعمل : ۱۰۰۸-۶۰/۱۲۳۷۳۷	واحد مسئول: دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی	
تاریخ تصویب : ۹۴/۵/۲۴	واحد همکار: سازمان های وابسته و استانی	شماره تماس: ۸۸۸۹۷۶۱۳
	حوزه کاربرد: انتشار گازهای گلخانه ای فرایندی	
تصویب کننده: مدیرکل امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی (HSEE)	مدت اعتبار دستورالعمل : سه سال	
پیوست: دارد		
تاریخ تجدیدنظر:	دستورالعمل	

مقدمه

مطابق با ماده (۴) بند (۱) و همچنین ماده (۱۲) کنوانسیون تغییر آب و هوا تمامی کشورهای عضو کنوانسیون بایستی آمار ملی کلیه گازهای گلخانه ای ناشی از فعالیتهای بشری را که تحت کنترل پروتکل مونترال نمی باشند، با ذکر منابع و حذف آنها توسط حفره ها در حدود امکانات خود و با استفاده از روشهایی که توسط کنفرانس اعضا مورد توافق قرار می گیرد از طریق دبیرخانه کنوانسیون به کنفرانس اعضا ارائه نمایند. بر این اساس هیأت بین الدول تغییر آب و هوا یا IPCC^۱ که یکی از ارگانهای فعال در زمینه تدوین چارچوب ضوابط سازمان ملل پیرامون تغییر آب و هوا می باشد، وظیفه تهیه دستورالعملها و متدولوژیهای برآورد و گزارش دهی میزان انتشارات گازهای گلخانه ای کشورهای عضو کنوانسیون را برعهده گرفت. مطابق با دستورالعمل IPCC، انتشارات گازهای گلخانه ای در چهار بخش عمده انرژی، فرایندهای صنعتی، کشاورزی و جنگل و پسماند محاسبه می شوند. این مجموعه دربرگیرنده دستورالعمل خلاصه شده IPCC برای برآورد انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از فرایندهای صنعتی می باشد.

گازهای گلخانه ای از طیف گسترده ای از فعالیتهای صنعتی منتشر می شوند. منابع اصلی انتشار، آندسته از فرایندهای صنعتی هستند که طی آن مواد بصورت فیزیکی یا شیمیایی تبدیل می شوند. برای مثال، فرایند کوره بلند در صنایع آهن و فولاد، تولیدآمونیاک و سایر مواد شیمیایی با مصرف سوختههای فسیلی بعنوان مواد اولیه و صنایع تولید سیمان از جمله فرایندهای صنعتی بوده که مقادیر قابل توجهی CO₂ منتشر می کنند. در طی این فرایندها، گازهای گلخانه ای مختلفی از جمله دی اکسیدکربن (CO₂)، متان (CH₄)، اکسید نیتروژن (N₂O)، هیدروفلوئوروکربنها (HFCs) و پرفلوئوروکربنها (PFCs) منتشر می شوند.

^۱ - Intergovernmental Panel on Climate Change

جدول - طبقه بندی مهمترین فرایندهای صنعتی و انتشار گازهای گلخانه ای احتمالی آنها							
سایر گازهای هالوژنه	SF _۶	PFCs	HFCs	N _۲ O	CH _۴	CO _۲	۲-فرایندهای صنعتی و مصرف تولیدات
الف: صنایع معدنی							
					*	X	الف ۱: تولید سیمان
					*	X	الف ۲: تولید آهک
					*	X	الف ۳: تولید شیشه
							الف ۴: سایر مصارف فرایندی کربناتها
					*	X	الف ۴: چینی و سرامیک
					*	X	الف ۴: سایر مصارف سودا
					*	X	الف ۴: تولید منیزیم غیر متالورژیکی
					*	X	الف ۴: سایر
				*	*	X	الف ۵: سایر
ب: صنایع شیمیایی							
				*	*	X	ب ۱: تولید آمونیاک
				X	*	*	ب ۲: تولید اسید نیتریک
				X	*	*	ب ۳: تولید اسید آدیپیک
				X	*	*	ب ۴: تولید کاپرولاکتام، گلیوکسال و اسید گلیوکسیلیک
				*	X	X	ب ۵: تولید کربید
				*	*	X	ب ۶: تولید دی اکسید تیتانیوم
				*	*	X	ب ۷: تولید سودا
							ب ۸: تولید کربن سیاه و تولیدات پتروشیمی
				*	X	X	ب ۸: متانول
				*	X	X	ب ۸: اتیلن
				*	X	X	ب ۸: دی کلرید اتیلن و مونومر کلرید وینیل
				*	X	X	ب ۸: اکسید اتیلن
				*	X	X	ب ۸: اکریلونیتریل
				*	X	X	ب ۸: کربن سیاه
							ب ۹: تولید fluorochemical
X	X	X	X				ب ۹: انتشارات همراه
X	X	X	X				ب ۹: انتشارات فرار
*	*	*	*	*	*	*	ب ۱۰: سایر
ج: صنایع فلزی							
				*	X	X	ج ۱: تولید آهن و فولاد
				*	X	X	ج ۲: تولید آلیاژها
		X			*	X	ج ۳: تولید آلومینیوم
X	X	X	X			X	ج ۴: تولید منیزیم
						X	ج ۵: تولید سرب
						X	ج ۶: تولید روی
*	*	*	*	*	*	*	ج ۷: سایر

X : نشاندهنده گازهای منتشره ای است که روش های برآورد آنها در این مجموعه ارائه شده است.

* : نشاندهنده گازهایی است که احتمال انتشار آنها از فرایند مورد نظر وجود دارد ولی روش برآورد آنها توسط IPCC ارائه نشده است.

هدف

برآورد انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از فرایندهای صنعتی

دامنه شمول

صنایع معدنی و فلزی انتشار دهنده

شرح وظایف

- ✓ مسئولیت نظارت بر حسن اجرای این دستورالعمل و گزارش دهی به ستاد وزارتخانه بر عهده دفاتر تخصصی یا گروه های HSEE سازمانهای استانی و تابعه می باشد.
- ✓ مسئولیت اجرای این دستورالعمل بر عهده کلیه واحدهای صنعتی - معدنی مشمول دستورالعمل و تحت پوشش و نظارت وزارت صنعت، معدن و تجارت می باشد.
- ✓ مسئولیت های کارشناس محیط زیست واحدهای صنعتی - معدنی:
- ۱. شناسایی دقیق فرایندها و فناوری های مورد استفاده در فرایند تولید
- ۲. جمع آوری داده های خام مورد نظر دستورالعمل مذکور
- ۳. محاسبه یا برآورد موجودی انتشارات فرایندی مطابق دستورالعمل
- ۴. نظارت، پیگیری و گزارش دهی به دفاتر تخصصی یا گروه های HSEE سازمانهای استانی و تابعه
- ۵. نگهداری، ثبت و ضبط کلیه اطلاعات مورد نظر دستورالعمل بطور سالیانه

سازو کار اجرایی و فرآیند انجام کار

فرایند انجام کار

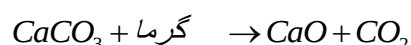
- مطابق تکلیف تعیین شده در ماده ۵ آیین نامه اجرایی کنوانسیون تغییر آب و هوا و پروتکلهای الحاقی مصوب هیات محترم وزیران به شماره ۲۱۷۸۴۵/ت/۴۸۱۵۳ هـ مورخ ۹۱/۱۱/۷ مسئولیت ارائه گزارش سالیانه انتشار گازهای گلخانه ای در بخش صنعت و معدن برعهده وزارت صنعت، معدن و تجارت می باشد. بر این اساس مطابق گردش کار ذیل این عمل صورت می گیرد:
- ابلاغ به سازمانهای استانی از طرف دفتر HSEE جهت جمع آوری اطلاعات لازم مطابق سازوکار ارائه شده در زیر و برآورد انتشار گازهای گلخانه ای
 - جمع بندی نتایج و محاسبات برآوردی در دفتر امور HSEE
 - تهیه و تدوین گزارش دوره ای و ارائه به مبادی ذیربط

سازو کار اجرایی

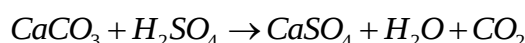
اطلاعات مورد نیاز و روشهای محاسباتی به شرح ذیل می باشند:

الف) صنایع معدنی

این بخش به معرفی متدولوژیهای برآورد انتشارات CO₂ طی فرایندهای صنعتی که در آنها مواد خام کربناته برای تولید و مصرف محصولات متنوع صنایع معدنی مصرف می شوند، می پردازد. انتشارات CO₂ ناشی از کربنات ها به دو طریق کلسیناسیون^۲ و اسیدی کردن^۳ صورت می گیرد. فرایند اصلی انتشار دهنده CO₂ شامل کلسیناسیون ترکیبات کربناته می باشد که طی آن و از طریق گرمادهی یک اکسید فلزی تشکیل می گردد. یک نمونه واکنش کلسیناسیون کلسیت معدنی یا کربنات کلسیم بصورت زیر رخ می دهد:



در روش اسیدی کردن واکنش زیر بعنوان مثال می تواند صورت گیرد:



این واکنش در بسیاری از فرایندهای صنعتی رخ می دهد و انتشار CO₂ معمولاً در اثر حضور مقادیر کمی از کربنات بعنوان ناخالصی در یک فرایند اسیدی کردن^۴ جهت تقویت یک ماده غیر کربناته می باشد. برای مثال: در فرایند تصفیه سنگ معدن فسفات با اسید سولفوریک بمنظور تولید اسید فسفریک، از کنسانتره فسفات جهت اسیدی کردن استفاده می گردد که این کنسانتره حاوی درصد کمی کربناتهای معدنی نیز می باشد. بطور کلی میزان CO₂ منتشره از اسیدی کردن ناخالصی های کربناته ناچیز می باشد.

بنابراین این بخش بیشتر بر روی انتشارات ناشی از عمل کلسینه کردن مواد کربناته متمرکز می شود. هرچند فرایند کلی که طی آن انتشارات ناشی از کلسیناسیون رخ میدهد در تمام صنایع معدنی مشابه است، با این حال با توجه به اهمیت سهم نسبی در انتشارات جهانی سه گروه انتشار دهنده قابل تشخیص بوده که شامل صنایع تولید سیمان، آهک و شیشه می گردد. علاوه بر این سه گروه اصلی، انتشارات ناشی از مصرف کربناتها در سایر صنایع معدنی از جمله سرامیک، مصرف سودا (Na₂CO₃) و مصرف کربناتها برای تولید اکسید منیزیم غیر متالورژیکی نیز در این فصل مورد توجه قرار می گیرد.

جدول ۱- فرمول، وزن فرمولی و ضریب انتشار کربناتهای متعارف			
کربنات	نام معدنی	وزن فرمولی	ضریب انتشار (tCO ₂ /t carbonate)
CaCO ₃	کلسیت	۱۰۰/۰۸۶۹	۰/۴۳۹۷۱
MgCO ₃	منیزیت	۸۴/۳۱۳۹	۰/۵۲۱۹۷
CaMg(CO ₃) ₂	دولومیت	۱۸۴/۴۰۰۸	۰/۴۷۷۳۲
FeCO ₃	سیدریت	۱۱۵/۸۵۳۹	۰/۳۷۹۸۷
Ca(Fe, Mg, Mn)(CO ₃) ₂	آنکرایت	۲۱۵/۶۱۶۰-۱۸۵/۰۲۲۵	۰/۴۰۸۲۲
MnCO ₃	رودوکروزیت	۱۱۴/۹۴۷۰	۰/۳۸۲۸۶
Na ₂ CO ₃	کربنات سدیم یا سودا	۱۰۶/۰۶۸۵	۰/۴۱۴۹۲

^۲ calcination

^۳ acid-induced

^۴ acidification

۱- تولید سیمان

انتخاب روش در دو سطح

روش سطح یک: برآورد تولید کلینکر با استفاده از داده های تولید سیمان

همانطور که اشاره گردید، محاسبه مستقیم انتشار CO_2 با استفاده از داده های تولید سیمان بعبارتی با استفاده از یک ضریب انتشار ثابت بر مبنای تولید سیمان روش مناسبی نمی باشد. با این حال، در غیاب داده های مربوط به مصرف کربناتها یا آمار ملی تولید کلینکر، داده های تولید سیمان می تواند جهت برآورد تولید کلینکر با توجه به مقادیر و انواع سیمان تولیدی و درصد کلینکر آنها و با در نظر گرفتن داده های واردات و صادرات کلینکر مورد استفاده قرار گیرد. واردات و صادرات کلینکر یک فاکتور مهم در برآورد انتشارات به این روش می باشد. انتشارات ناشی از واردات کلینکر با توجه به اینکه در کشور دیگری تولید و برآورد می گردد، نباید در آمار ملی انتشار محاسبه گردد. بطور مشابه، انتشارات ناشی از کلینکری که نهایتاً صادر می گردد بایستی در برآورد انتشارات کشور تولید کننده کلینکر لحاظ گردد. سپس با کمک یک ضریب انتشار میزان CO_2 منتشره محاسبه می گردد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضرایب انتشار در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد)

روش سطح دو: استفاده از داده های تولید کلینکر

در صورتی که اطلاعات کاملی از قبیل وزن و ترکیب کربناتهای مصرف شده در تولید کلینکر در دسترس نباشد بهتر است که از مجموع داده های تولید کلینکر در سطح ملی و داده های مربوط به میزان CaO در کلینکر بعنوان ضریب انتشار استفاده گردد. رویکرد سطح ۲ بر مبنای فرضیات زیر در رابطه با صنعت سیمان و تولید کلینکر می باشد:

- ۱- عمده سیمان هیدرولیک شامل سیمان پرتلند یا سیمان مشابهی است که به کلینکر سیمان پرتلند نیاز دارد.
- ۲- تنوع ترکیبی CaO کلینکر بسیار محدود بوده و میزان MgO ناچیز است.
- ۳- کارخانجات تولیدی بطور کلی قادر به کنترل میزان CaO مواد اولیه مصرفی و کلینکر با تolerانس (حد رواداری) نزدیک و محدود می باشند.
- ۴- زمانی که به جای اندازه گیری مستقیم، میزان کلینکر در محاسبات منظور می گردد در هنگام ممیزی، توافق نزدیکی بر سر هر دو روش برآورد وجود دارد.
- ۵- میزان CaO کلینکر یک کارخانه تولیدی در طول سال تغییر چشمگیری نمی کند.
- ۶- منبع اصلی تأمین CaO برای بیشتر کارخانجات CaCO_3 بوده و حداقل در سطح کارخانجات، مقادیر منابع عمده غیر کربنی CaO ، مشخص و اندازه گیری شده است.
- ۷- کلسیناسیون کربناتهای مصرفی برای تولید کلینکر ۱۰۰ درصد یا نزدیک به آن صورت می گیرد.
- ۸- کالکتورهای غبار موجود در کارخانه، کل غبار کوره یا CKD را جمع آوری نموده هرچند ضرورتاً تمام آن به کوره بازگردانی نمی شود.

(فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضرایب انتشار در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد.)

۲- تولید آهک

انتخاب روش در دو سطح

روش سطح یک

این روش از یک ضریب انتشار قراردادی برای داده های ملی تولید آهک استفاده می نماید. در این روش، آمار کشوری مربوط به تولید انواع مختلف آهک از قبیل آهک زنده با کلسیم بالا، آهک دولومیتی یا هیدراته مورد استفاده نمی باشند. همچنین در این روش غبار کوره یا LKD محاسبه نمی شود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو :

در صورتیکه داده های ملی تولید انواع آهک در دسترس باشد، نسبت تولید آهک به تولید LKD در سطح کارخانه بایستی بدست آید. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

۳- تولید شیشه

انتخاب روش در دو سطح

روش سطح یک

این روش زمانی استفاده می شود که اطلاعات مربوط به انواع شیشه تولیدی یا کربنات مصرفی برای تولید شیشه در دسترس نباشند. در روش سطح یک از یک ضریب انتشار و یک نسبت قراردادی خرده شیشه برای آمار ملی تولید شیشه استفاده می شود. عدم قطعیت در این روش بسیار بیشتر از روش سطح دو می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو

این روش اصلاح شده روش سطح یک می باشد. به جای جمع آوری آمار ملی در خصوص کل تولید شیشه، انتشارات بر مبنای فرایندهای مختلف تولید شیشه در کشور برآورد می شوند. فرایندهای مختلف تولید شیشه (برای مثال، شیشه تخت، ظروف شیشه ای، الیاف شیشه ای و غیره) عموماً انواع و نسبتهای متفاوتی از مواد خام را مصرف می کنند. روش سطح دو از ضرایب انتشار قراردادی متفاوتی برای هر فرایند تولیدی استفاده می کند. با توجه به اینکه مقادیری از خرده شیشه نیز در کوره مصرف می شود برآورد انتشار بایستی تصحیح گردد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

۴- سایر فرایندهایی که کربنات مصرف می کنند

مباحث متدولوژیکی

سنگ آهک (CaCO_3)، دولومیت ($\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$) و سایر کربناتها از قبیل MgCO_3 و FeCO_3 مواد اولیه اساسی هستند که در تعدادی از صنایع کاربردهای تجاری دارند. علاوه بر صناعی که پیشتر مورد بحث قرار گرفته اند از

قبیل تولید سیمان، آهک و شیشه، کربناتها همچنن در فرایند ذوب فلزات (از قبیل آهن و فولاد)، کشاورزی، فعالیتهای ساختمانی و برای کنترل آلودگیهای محیط زیستی (از قبیل سولفورزدایی از گازهای خروجی دودکش) مصرف می شوند. همانطور که در مقدمه این فصل اشاره شد، کلسیناسیون کربناتها در دمای بالا منجر به انتشار CO_2 می گردد. (جدول ۱) باید توجه نمود که برخی مصارف کربناتها از قبیل مصرف سنگ آهک بعنوان مصالح ساختمانی CO_2 منتشر نمی شود و بنابراین نیازی به درج آن در فهرست ملی انتشار گازهای گلخانه ای نمی باشد.

در ادامه بحث به متدولوژیهای عمومی جهت برآورد انتشارات CO_2 ناشی از مصرف کربناتها در صنایع معدنی پرداخته می شود. همچنین این متدولوژیها قابل استفاده برای سایر موارد مصرف کربناتها بصورت سرباره یا کمک ذوب در سایر گروه ها نیز می باشد. در اینجا چهار گروه اصلی صنایع معدنی شامل (۱) کاشی و سرامیک (۲) سایر مصارف سودا (۳) تولید اکسید منیزیم غیر فلزی^۵ و (۴) سایر مصارف کربناتها پیشنهاد می گردد.

انتخاب روش در دو سطح

دو متدولوژی مقدماتی برای برآورد انتشار ناشی از مصرف کربناتها در دو گروه فوق الذکر وجود دارد. در روش سطح یک فرض می شود که تنها سنگ آهک و دولومیت بعنوان مواد خام کربناته در صنایع مصرف شده و یک مقدار قراردادی برای نسبت سنگ آهک به دولومیت در نظر گرفته می شود. روش سطح دو شبیه روش سطح یک بوده با این تفاوت که، نسبت سنگ آهک به دولومیت بر مبنای اطلاعات خاص هر کشور تعیین می شود. ضریب انتشار برای این دو روش بر مبنای میزان CO_2 منتشره به ازای کربنات مصرفی می باشد. (جدول ۱) اختلاف بین این دو روش در اطلاعات جمع آوری شده می باشد.

ب) صنایع فلزی

۱- تولید آهن و فولاد

۱-۱- تولید کک متالورژیک

روش سطح یک-ضرایب انتشار بر مبنای تولید

در این روش فرض می گردد که کل کک تولیدی در کارخانه تولید آهن و فولاد توسط خود کارخانه مصرف می شود. روش سطح یک برابر حاصل ضرب ضرایب قراردادی انتشار در تناژ کک تولیدی می باشد. نکته: در این روش فرض می گردد که کل محصولات جانبی کوره کک به خارج از کارخانه منتقل شده و کل گاز کوره کک تولیدی بعنوان انرژی بازگردانی شده سوزانده می شود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو

^۵non metallurgical

این روش در صورتیکه آمار ملی مربوط به درونداد و برونداد فرایندهای تولیدی کک چه بصورت یکپارچه و یا منفک موجود باشد قابل کاربرد است. این روش برآورد دقیق تری نسبت به روش سطح یک ارائه می دهد. زیرا در این روش به جای فرضیات از مقادیر واقعی میزان مصرف مواد اولیه و میزان تولید محصول استفاده می شود. در روش سطح دو انتشارات CO_2 ناشی از تولید کک در محل، بصورت جدا از انتشارات تولید کک در خارج کارخانه برآورد می گردد. این جداسازی بدلیل همپوشانی اطلاعات مورد نیاز برای برآورد انتشارات تولید کک در محل و انتشارات ناشی از تولید آهن و فولاد می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

۱-۲- تولید آهن و فولاد

متدولوژی برآورد انتشارات CO_2

روش سطح یک - ضرایب انتشار بر مبنای تولید

رویکرد سطح یک برای انتشارات ناشی از تولید آهن و فولاد، شامل حاصلضرب ضرایب قراردادی انتشار در داده های تولید ملی می شود. با توجه به اینکه میزان انتشار به ازای یک واحد تولید فولاد بسته به نوع روش تولید بسیار متفاوت می باشد، بهتر است که سهم فولاد تولیدی در انواع مختلف فرایندهای فولادسازی مشخص گردیده و انتشارات برای هرکدام از فرایندها محاسبه و سپس جمع گردد. در شرایطی که داده های تولید فولاد در هر فرایند در دسترس نباشد، سهم قراردادی هر فرایند در کل تولید ملی آهن و فولاد مطابق با جدول ۱ (پیوست دستورالعمل) در نظر گرفته می شود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو

این روش در صورتی کاربرد دارد که داده های ملی مربوط به مواد مصرفی در فرایندهای تولید آهن و فولاد، کلوخه سازی، گندله سازی و تولید آهن احیای مستقیم در دسترس باشد. علاوه بر این، همانطور که قبلاً اشاره گردید، یکسری از مواد و محصولات فرایندی دیگر نیز وجود دارد که می توان در رو سطح دو لحاظ نمود. این نوع اطلاعات را می توان از مراکز دولتی ارائه کننده آمار تولید و انرژی، انجمنهای صنعتی یا بازرگانی یا خود صنایع آهن و فولاد بدست آورد. روش سطح دو برآورد دقیقتری نسبت به روش سطح یک ارائه می دهد، زیرا در این روش از مقادیر واقعی مواد مصرفی که منبع انتشار CO_2 هستند استفاده می شود.

در محاسبه انتشارات حاصل از گندله سازی، مصرف انرژی و ارزش حرارتی و میزان کربن موجود در سوخت را می توان مشابه با سایر متدولوژیها بدست آورد. انتشارات ناشی از تولید آهن احیای مستقیم به روش سطح دو را بر مبنای مصرف سوخت و میزان کربن سوخت محاسبه می نماید. انتشارات حاصل از تولید آهن احیای مستقیم ناشی از احتراق سوخت، پودر کک، کک متالوژیک یا سایر مواد کربناته بوده و در بخش فرایندهای صنعتی گزارش می شوند. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

متدولوژی برآورد انتشارات CH_4

زمانی که مواد کربنی در یک کوره تولید آگلومره یا آهن حرارت می بینند، مواد فرار از قبیل متان رها می شود. در کوره های باز یا نیمه پوشیده، بیشتر این مواد فرار سوزانده شده و به CO_2 تبدیل می شوند ولی مقداری از این مواد بدون واکنش بصورت CH_4 و ترکیبات آلی فرار غیر متان باقی می ماند. این مقادیر بستگی به عملکرد کوره دارد. شارژ ریزشی یا پاششی کوره^۶ در مقایسه با شارژ منقطع^۷ مقدار انتشار CH_4 را کاهش می دهد. افزایش دمای هوا در هود نیز باعث کاهش انتشار CH_4 می شود. متدلوژی روس سطح یک برای انتشارات CH_4 بر مبنای حاصلضرب ضرایب انتشار و آمار تولید ملی می باشد.

(فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد.)

۲- تولید فرو آلیاژ (Ferroalloy)

۲-۱- انتخاب روش

متدولوژی برای انتشارات CO_2

روش سطح یک: ضرایب انتشار بر مبنای تولید

ساده ترین روش، حاصلضرب ضرایب قراردادی انتشار در میزان تولید فروآلیاژ می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد.)

روش سطح دو: ضرایب انتشار بر اساس مواد اولیه مصرفی

رویکرد دیگر شامل استفاده از ضرایب انتشار عوامل احیاکننده می باشد. برای سایر مواد اولیه و محصولات بایستی میزان یا نسبت وزنی کربن آنها لحاظ گردد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد.)

متدولوژی برآورد انتشارات CH_4 و بحث در مورد انتشارات N_2O

روش سطح یک: ضرایب انتشار بر اساس تولید آلیاژ سیلیسیم و $FeSi$

ساده ترین روش برآورد شامل حاصلضرب ضرایب انتشار قراردادی در میزان تولید آلیاژ سیلیسیم می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد.)

روش سطح دو:

این روش بر مبنای ضرایب انتشار مخصوص عملیاتها می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد.)

۳- تولید آلومینیوم اولیه یا شمش آلومینیوم

۳-۱- انتخاب روش برای برآورد انتشارات CO_2 ناشی از تولید آلومینیوم اولیه

روش سطح یک برای انتشارات CO_2

در این روش برای محاسبه انتشارات CO_2 تنها از داده های تولید آلومینیوم و نوع فناوری مورد استفاده (پیش پخت یا سودربرگ) استفاده می شود. با توجه به عدم قطعیت روش سطح یک بهتر است که از روش دیگر استفاده شود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد.)

^۶ sprinkle – charging

^۷ batch- wise charging

روش سطح دو

انتشارات CO_2 ناشی از دو فرایند پیش پخت و سودبرگ، با استفاده از یک رویکرد موازنه جرمی محاسبه شده و فرض می شود که میزان کربن موجود در آند خالص یا خمیر مصرفی معادل با انتشار CO_2 می باشد. روش سطح دو برای هر دو فرایند از مقادیر متعارف صنعتی برای ناخالصیها استفاده می نماید. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

برآورد انتشارات CO_2 برای پیلهای پیش پخت

انتشارات CO_2 ناشی از پیلهای پیش پخت برای روش سطح دو براساس ترکیبات موجود (مصرف آند، میزان سولفور و خاکستر آند) بصورت قراردادی یا اطلاعات کارخانجات محاسبه می گردد. این روش بایستی برای تمام فناوری های پیش پخت در کشور استفاده شده و مجموعنتایج بدست آمده برابر با کل انتشارات ملی ناشی از این نوع فناوری می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

برآورد انتشارات CO_2 برای پیلهای سودبرگ

انتشارات CO_2 ناشی از پیلهای سودبرگ برای روش سطح دو بر اساس مقادیر قراردادی برای برخی از ترکیبات (مصرف خمیر، میزان چسب خمیر، و غیره) پایه گذاری می شود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

۳-۲- انتخاب روش برای برآورد انتشارات پرفلوئوروکربنها (PFCs)

در مدت الکترولیز، آلومینا (Al_2O_3) در یک مذاب فلئوریدی که ۸۰ درصد وزنی آن کریولیت (Na_3AlF_6) است، حل می گردد. پرفلوئوروکربنهایی از قبیل CF_4 و C_2F_6 در اثر واکنش آند کربنی با کریولیت مذاب تحت شرایط آشفته ای که بعنوان "اثر آندی" شناخته می شود تشکیل می شوند. یک اثر آندی زمانی که غلظت آلومینا در الکترولیت بسیار کم بوده و واکنش آند از حالت استاندارد خارج می گردد رخ می دهد.

تعریف اثر آندی:

یک حالت از آشفتهی فرایندی می باشد. زمانی که مقدار ناکافی آلومینا در الکترولیت حل شود موجب افزایش ولتاژ بالاتر از حد نرمال شده که منجر به انتشار گازهای PFC می گردد.

روش سطح یک: استفاده از ضرایب قراردادی انتشار بر مبنای نوع فناوری

در روش سطح یک از ضرایب قراردادی انتشار متکی بر چهار فناوری اصلی مورد استفاده برای تولید آلومینیوم استفاده میشود. میزان عدم قطعیت در این روش بسیار زیاد بوده زیرا عملکرد اثر آندی کارخانجات و بنابراین انتشارات PFCs مستقیماً محاسبه نمی شوند. این روش در زمانی که داده های فرایندی کارخانجات در دسترس نباشد کاربرد دارد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو: بر مبنای عملکرد اثر آندی

دو رابطه متفاوت جهت برآورد انتشارات CF_4 وجود دارد که هردو بر مبنای روابط بین اثر آندی و عملکرد می باشد و شامل روابط ضریب شیب^۸ و افزایش ولتاژ^۹ می شود. این ضرایب بر اساس اندازه گیری مستقیم PFCs

^۸ Slope coefficient

بدست می آید. روش سطح دو از یک ضریب که برابر با متوسط اندازه گیری های تعداد زیادی از کارخانجات است استفاده می شود. با برقراری یک رابطه میان داده های فرایندی اثر آندی و انتشارات PFC، می توان با استفاده از داده های جمع آوری شده بجای اندازه گیری مستقیم PFCs، انتشارات PFCs را محاسبه نمود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

ضریب شیب برابر با مقدار کیلوگرم CF_4 در هرتن آلومینیوم تولیدی، تقسیم بر مدت اثر آندی (دقیقه) به ازای هر پیل-روز^{۱۰} می باشد. از آنجا که انتشارات PFC برای هر تن آلومینیوم تولیدی اندازه گیری می شود، این ضریب شامل اثرات آمپراژ پیل و راندمان جریان بوده که دو عامل مهم برای تعیین مقدار آلومینیوم تولیدی در پیل می باشند.

ضریب افزایش ولتاژ: برخی از سیستمهای کنترل فرایند، اثرات آندی را از طریق محاسبه میزان افزایش ولتاژ اثر آندی^{۱۱} (AEO) مشخص می کنند. AEO بصورت افزایش ولتاژ پیل بیش از حد مورد انتظار عملیات تعریف می شود و این پارامتر یک محاسبه مناسب برای انتشارات PFC در زمان ثبت آن توسط سیستم کنترل فرایند می باشد. فناوری کنترل فرایند AEO در بسیاری از کارخانجات مدرن کاربرد دارد.

۴- تولید منیزیم

انتخاب روش

انتشارات CO_2 ناشی از تولید اولیه

انتخاب یک روش مناسب برای تهیه موجودی انتشارات CO_2 از تولید منیزیم اولیه (مواد خام) بستگی به شرایط ملی دارد.

روش سطح یک

این روش بر مبنای آمار ملی تولید اولیه منیزیم (از دولومیت و منیزیت) و اطلاعات مربوط به مواد خام مصرفی در کشور می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو

این روش برای تعیین انتشارات CO_2 ناشی از منیزیم اولیه، از ضرایب انتشار و اطلاعات تولید مخصوص هر کارخانه استفاده می کند. این ضرایب انتشار با ضرایب قراردادی انتشار تفاوت قابل ملاحظه ای دارند. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

فرایندهای ریخته گری منیزیم (اولیه و ثانویه)

SF_6

روش سطح یک بر مبنای ضرایب قراردادی انتشار

این روش بر مبنای مقدار کلی ریخته گری منیزیم می باشد. فرض اصلی برای رویکرد سطح یک آن است که کل SF_6 مصرفی در صنایع منیزیم منتشر می شود. همانطور که قبلاً اشاره شد، در این فرضیه میزان انتشارات دست بالا گرفته شده و بنابراین عدم قطعیت زیاد است. در روش سطح یک از یک عدد قراردادی ثابت برای

^۹ Overvoltage coefficient

^{۱۰} اصطلاح پیل روز یا cell-day مربوط به حاصلضرب تعداد پیلهای بکار گرفته شده در تعداد روزهای عملیات می باشد.

^{۱۱} AEO: Anode Effect Overvoltage

محاسبه انتشارات عملیاتیهای مختلف ریخته گری، زمانی که SF_6 بمنظور جلوگیری از اکسیداسیون مصرف می شود استفاده می گردد. این روش تنها زمانی کاربرد دارد که اطلاعات مربوط به نوع عملیاتیهای ریخته گری از قبیل بازیافت، ریخته گری شمش یا ریخته گری تحت فشار در دسترس نباشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو: مصرف SF_6 در هر کارخانه

مشابه با سطح یک، در این روش هم فرض می شود که کل SF_6 مصرفی در نهایت منتشر می گردد. با این حال، در این روش به جای مقدار ریخته گری منیزیم از مقدار SF_6 مصرفی در صنعت منیزیم در سطح ملی استفاده می شود. دقت این روش با جمع آوری اطلاعات مربوط به میزان مصرف SF_6 مستقیماً از کلیه مصرف کنندگان گاز در صنایع منیزیم بیشتر می شود. اگر این اطلاعات موجود نباشد، می توان میزان مصرف ملی SF_6 را در صنایع منیزیم برآورد کرد که نیاز به اطلاعات سالیانه در خصوص میزان فروش SF_6 به صنایع منیزیم می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

۵- تولید سرب

انتخاب روش

روش سطح یک

ساده ترین روش برآورد انتشارات عبارت از حاصلضرب ضرایب قراردادی انتشار در میزان تولید سرب می باشد. زمانی که تنها آمار ملی تولید سرب در دسترس باشد می توان از ضرایب قراردادی انتشار استفاده نمود. کل انتشارات CO_2 ناشی از تولید سرب را از طریق مجموع انتشارات منابع مختلف و انتشارات پیش تصفیه مواد اولیه محاسبه می شو. در صورتی که نتوان بین انواع فرایندهای تولیدی تفاوت قائل شد، بایستی از ضرایب قراردادی انتشار استفاده کرد. برای ضرایب قراردادی انتشار فرض می گردد که ۸۰ درصد تولید اولیه و ثانویه با استفاده از کوره های ذوب پیشرفته و کوره های بلند صورت می گیرد، در حالی که ۲۰ درصد باقی مانده تولید با استفاده از روش ذوب مستقیم در کوره های Ausmelt, Kivcet و Queneau-Schumann-Lurgi تولید می شود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو

در این روش اختلافات اساسی در انتشارات CO_2 که ناشی از متدولوژی تولید سرب و منشأ مواد اولیه شامل منابع ثانویه از قبیل باتریهای بازیافتی یا منابع اولیه از قبیل سنگهای معدنی می باشد، مورد توجه قرار می گیرد. به منظور حذف ناخالصیها، ممکن است منابع ثانویه سرب پیش تصفیه شوند که این عمل منجر به انتشار CO_2 می گردد. انتشارات را می توان با استفاده از ضرایب انتشار ملی بر مبنای مصرف عوامل احیاکننده، نوع کوره و سایر مواد فرایندی محاسبه نمود. ضرایب را می توان بر اساس میزان کربن مواد فرایندی بدست آورد. جدول ۲۲ مقادیر کربنی را که می توان برای تعیین ضرایب ملی انتشار بکار گرفت ارائه می دهد. این اطلاعات را می توان از طریق ارگانههای دولتی متولی آمار تولید صنعتی یا انرژی، انجمنهای صنعتی یا بازرگانی یا کارخانجات تولید سرب جمع آوری نمود. روش سطح دو دقیق تر از روش سطح یک است، زیرا در این روش نوع و میزان مواد اولیه

مصرفی و انواع کوره مورد استفاده در تولید سرب در هر کشور مورد توجه قرار می گیرد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

۶- تولید روی

۶-۱- انتخاب روش

روش سطح یک

ساده ترین روش برآورد شامل حاصلضرب ضرایب قراردادی انتشار در میزان روی تولیدی در کشور می باشد. زمانی که تنها آمار تولید ملی روی در دسترس باشد، می توان از ضرایب قراردادی انتشار استفاده نمود. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

روش سطح دو

میزان انتشارات را می توان با استفاده از ضرایب انتشار ملی بر اساس مجموع آمار کارخانجات در خصوص میزان مصرف مواد احیاکننده، نوع کوره و سایر مواد فرایندی مورد نظر محاسبه نمود. این اطلاعات می تواند از طریق ارگانهای دولتی مسئول آمار تولید صنعتی و انرژی، انجمنهای صنعتی یا بازرگانی یا کارخانجات تولید روی در دسترس قرار گیرد. این روش نسبت به روش سطح یک دقیق تر بوده زیرا این روش به جای تکیه بر فرضیات، بر اساس مشخصات مواد فرایندی مورد مصرف و همچنین نوع کوره های مورد استفاده در تولید روی که منجر به انتشار CO₂ می گردند، می باشد. (فرمولهای محاسباتی و نحوه انتخاب ضریب انتشار مربوطه در پیوست دستورالعمل ارائه می گردد).

اصلاح و بازنگری

اصلاح و بازنگری این دستورالعمل بنا به تشخیص اداره کل HSEE وزارت میسر خواهد بود.

مستندات

۲۰۰۶ IPCC Guidelines for National GHG Inventories : Volume ۳, Chapter ۱, ۲ and ۴.

تصویب کننده
رسول یار احمدی
مدیر کل دفتر امور HSEE

تایید کننده
کتایون نعمت پور
معاون مدیر کل دفتر امور HSEE

پیشنهاد دهنده
فاطمه عبادتی
رئیس گروه محیط زیست



**راهنمای برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای فرایندی و تعیین ضرایب انتشار
(صنایع معدنی و فلزی)**

Guideline of GHG Emissions Estimation from Industrial Processes

پیوست

روشهای محاسباتی

الف) صنایع معدنی

۱- تولید سیمان

۱-۱- انتخاب روش در سه سطح

روش سطح ۱: برآورد تولید کلینکر با استفاده از داده های تولید سیمان

در این روش با کمک یک ضریب انتشار میزان CO₂ منتشره از طریق رابطه ۱-۲ محاسبه می گردد.

رابطه ۱-۲

$$CO_2 emission = \left[\sum_i (M_{ci} \cdot C_{cli}) - Im + Ex \right] \cdot EF_{clc}$$

CO₂ emission = انتشار CO₂ ناشی از تولید سیمان (تن)

M_{ci} = وزن سیمان تولیدی از نوع i (تن)

C_{cli} = نسبت کلینکر سیمان نوع i

Im = واردات کلینکر (تن)

Ex = صادرات کلینکر (تن)

EF_{clc} = ضریب انتشار کلینکر در سیمان خاص (تن CO₂ بر تن کلینکر)

ضریب انتشار قراردادی کلینکر برای CKD تصحیح شده است.

روش سطح دو : استفاده از داده های تولید کلینکر

در این روش از مجموع داده های تولید کلینکر در سطح ملی و داده های مربوط به میزان CaO در کلینکر که در رابطه ۲-۲

بعنوان ضریب انتشار بیان می شود استفاده گردد.

رابطه ۲-۲

$$CO_2 emission = M_{cl} \cdot EF_{cl} \cdot CF_{ckd}$$

CO₂ emission = انتشار CO₂ ناشی از تولید سیمان (تن)

M_{cl} = وزن کلینکر تولیدی (تن)

EF_{cl} = ضریب انتشار کلینکر (تن CO₂ بر تن کلینکر)

CF_{ckd} = ضریب تصحیح CKD

۱-۲- انتخاب ضریب انتشار

روش سطح یک

در این روش بهتر است که از یک مقدار قراردادی CaO معادل ۶۵ درصد برای کلینکر استفاده نماییم با این فرض که ۱۰۰ درصد CaO از کربنات کلسیم بوده و میزان ۲ درصد ضریب تصحیح برای CKD در نظر گرفته شود.

جدول ۱- فرمول، وزن فرمولی و ضریب انتشار کربناتهای متعارف			
کربنات	نام معدنی	وزن فرمولی	ضریب انتشار (tCO ₂ /t carbonate)
CaCO ₃	کلسیت	۱۰۰/۰۸۶۹	۰/۴۳۹۷۱
MgCO ₃	منیزیت	۸۴/۳۱۳۹	۰/۵۲۱۹۷
CaMg(CO ₃) ₂	دولومیت	۱۸۴/۴۰۰۸	۰/۴۷۷۳۲
FeCO ₃	سیدریت	۱۱۵/۸۵۳۹	۰/۳۷۹۸۷
Ca(Fe, Mg, Mn)(CO ₃) ₂	آنکریت	۲۱۵/۶۱۶۰-۱۸۵/۰۲۲۵	۰/۴۰۸۲۲
MnCO ₃	رودوکروزیت	۱۱۴/۹۴۷۰	۰/۳۸۲۸۶
Na ₂ CO ₃	کربنات سدیم یا سودا	۱۰۶/۰۶۸۵	۰/۴۱۴۹۲

در خصوص ترکیب قراردادی CaO، ۱ تن کلینکر حاوی ۰/۶۵ تن CaO از کربنات کلسیم می باشد. این کربنات از نظر وزنی شامل ۵۶/۰۳ درصد CaO و ۴۳/۹۷ درصد CO₂ می باشد. (جدول ۱) مقدار کربنات کلسیم (X) لازم برای تولید ۰/۶۵ درصد CaO برابر است با ۱/۱۶۰۱ تن CaCO₃ ($X = \frac{0.65}{0.5603} = 1.1601$). میزان CO₂ آزاد شده از کلسیناسیون این میزان کربنات کلسیم برابر با ۰/۵۱۰۱ تن CO₂ ($0.5101 = 1.1601 \times 0.4397$) می باشد. با در نظر گرفتن یک ضریب تصحیح ۲ درصد برای CKD، ضریب انتشار قراردادی کلینکر (EF_{clc}) بصورت زیر محاسبه می شود:

رابطه ۲-۴

$$EF_{clc} = 0.51 \times 1.02 \text{ (ضریب تصحیح CKD)} = 0.52 \text{ تن کلینکر/تن CO}_2$$

در روش سطح یک، برای محاسبه ضریب انتشار قراردادی، ضریب تصحیح CKD وارد می شود و این موضوع را نباید با ضریب انتشار کلینکر در tier ۲ که در آن CKD لحاظ نمی شود اشتباه گرفت. ضریب انتشار کلینکر بایستی در ضریب تصحیح CKD ضرب شده تا ضریب ترکیبی کلینکر و CKD بدست آید.

روش سطح دو

محاسبه ضریب انتشار کلینکر (EF_{cl})

در این روش در صورتی که اطلاعات کافی کشوری در خصوص میزان CaO کلینکر و میزان منابع غیر کربناته CaO در دسترس باشد، بهتر است که ضریب انتشار ملی برای کلینکر محاسبه گردد. همانطور که در بالا اشاره شد، به منظور محاسبه ضریب انتشار کلینکر، دانستن میزان CaO کلینکر همچنین درصد CaO حاصله از یک منبع کربناته (معمولاً کربنات کلسیم)

ضروریست. میزان CaO کلینکر معمولاً بین ۶۰ تا ۷۰ درصد می باشد. در یک کارخانه میزان CaO بین ۱ تا ۲ درصد ثابت باقی می ماند. در ضریب انتشار پایه بطور قراردادی (همانند آنچه در tier ۱ پیشنهاد گردید) فرض می شود که ۶۵ درصد کلینکر را CaO تشکیل داده که بطور ۱۰۰ درصد از کربنات کلسیم حاصل شده است و ۱۰۰ درصد کلسیناسیون نیز در کوره رخ داده است.

ضریب انتشار پایه ۰/۵۱ در رابطه بالا (بدون احتساب CKD) فرض می کند که میزان CaO در کلینکر ۶۵ درصد است. در صورتی که این میزان مشخص باشد ضرایب انتشار برای مقادیر مختلف CaO به همین روش محاسبه می گردد. برای مثال، برای کلینکر با ۶۰ درصد CaO که بطور کامل از کربنات کلسیم حاصل شده است ضریب انتشار برابر ۰/۴۷ و برای ۶۷ درصد CaO ضریب انتشار ۰/۵۳ محاسبه می شود.

اگر مشخص گردد که در یک کارخانه مقادیر زیادی از CaO از منابع غیر کربناته حاصل می شود (از قبیل سرباره یا خاکستر)، این مقدار از CaO ابتدا بایستی کسر گردد. برای مثال، اگر ۴ درصد CaO در یک کلینکر با محتوای ۶۵ درصد CaO از سرباره تأمین می شود پس CaO کربناته ۶۱ درصد بوده و میزان ضریب انتشار آن ۰/۴۸ محاسبه می گردد.

ضریب انتشار قراردادی، تصحیحی برای MgO در نظر نمی گیرد. به ازای هر ۱ درصد MgO حاصله از کربنات به ضریب انتشار، میزان ۰/۱۱ (تن CO₂ بر تن کلینکر) اضافه می شود. (یعنی: ۰/۵۲ = ۰/۱۱ + ۰/۵۱ = EF_{cl}) از آنجا که MgO می تواند از منابع غیر کربناته نیز حاصل شود و میزان آن در سیمان پرتلند عمده‌اً پایین نگهداشته می شود میزان واقعی MgO از منابع کربناته احتمالاً بسیار ناچیز خواهد بود. بنابراین در محاسبات روش سطح دو، نیاز به ضریب تصحیح برای MgO نمی باشد.

محاسبه ضریب تصحیح انتشار برای غبار کوره سیمان (CF_{ckd})

غبار می تواند در نقاط مختلف کوره کلینکر تولید شود. ترکیب این غبار بسته به اینکه کجا تولید شود متفاوت می باشد. ولی کل این ترکیب تحت نام غبار کوره سیمان (CKD) شناخته می شود. CKD شامل ذرات حاصل از مواد خام بوده و جزء اصلی کربنات غبار می تواند بطور ناقص کلسینه شود.

از آنجا که اطلاعات مربوط به تولید CKD کمیاب است (بجز در گزارشات برخی کارخانه ها) برآورد انتشار ناشی از CKD بر مبنای یک ارزش قراردادی قابل قبول است. میزان CO₂ ناشی از CKD اتلافی متفاوت بوده ولی معمولاً دامنه ای بین ۱/۵ درصد برای صنایع مدرن تا ۲۰ درصد در صنایعی که مقادیر زیادی CKD اتلاف می شود، دارد. (Van Oss, ۲۰۰۵) در غیاب اطلاعات لازم، ضریب تصحیح قراردادی CKD (EF_{ckd}) برابر ۱/۰۲ در نظر گرفته می شود. (بدین معنا که ۲ درصد به میزان CO₂ محاسباتی برای کلینکر اضافه می گردد). در صورتی که هیچ اتلاف CKD در سیستم رخ ندهد، ضریب تصحیح CKD برابر ۱ خواهد بود.

در صورت دسترسی به اطلاعات، ضریب تصحیح CKD از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد:

رابطه ۲-۵

$$CF_{ckd} = 1 + \left(\frac{M_d}{M_{cl}} \right) \cdot C_d \cdot F_d \cdot \left(\frac{EF_c}{EF_{cl}} \right)$$

$$CF_{ckd} = \text{ضریب تصحیح انتشار برای CKD}$$

$$M_d = \text{وزن CKD باز یافت نشده به درون کوره (تن) الف}$$

$$M_{cl} = \text{وزن کلینکر تولیدی (تن)}$$

$$C_d = \text{نسبت کربنات اصلی در CKD (قبل از کلسیناسیون) ب}$$

$$F_d = \text{نسبت کلسیناسیون کربناتهای اصلی در CKD ب}$$

$$EF_c = \text{ضریب انتشار کربنات (جدول ۲-۱) (تن CO}_2 \text{ بر تن کربنات)}$$

$$EF_{cl} = \text{ضریب انتشار کلینکر بدون احتساب CKD (یعنی: ۰/۵۱ تن CO}_2 \text{ بر تن کلینکر)}$$

الف) فرض می شود که ۱۰۰ درصد CKD جمع آوری می شود. در صورتی که مقداری از CKD به اتمسفر رها شود باید برآورد گردیده و به M_d اضافه شود.

ب) می توان فرض نمود که کربنات اصلی کلاً کربنات کلسیم بوده و نسبت کربنات اصلی در CKD برابر نسبت آن در مواد خامی است که به کوره تغذیه شده است.

۲- تولید آهک

۱-۲- انتخاب روش

روش سطح یک (tier ۱)

این روش از یک ضریب انتشار قراردادی برای داده های ملی تولید آهک استفاده می نماید. در این روش، آمار کشوری مربوط به تولید انواع مختلف آهک از قبیل آهک زنده با کلسیم بالا، آهک دولومیتی یا هیدراته مورد استفاده نمی باشند.

روش سطح دو (tier ۲)

در صورتیکه داده های ملی تولید انواع آهک در دسترس باشد، خوب است که انتشارات مطابق رابطه زیر برآورد گردند.

رابطه ۲-۶

$$CO_2 \text{ Emission} = \sum_i (EF_{lime,i} \cdot M_{l,i} \cdot CF_{lkd,i} \cdot C_{h,i})$$

$CO_2 \text{ emission}$ = انتشارات CO_2 ناشی از تولید آهک (تن)

$EF_{lime,i}$ = ضریب انتشار آهک نوع (i)، (تن CO_2 بر تن آهک)

$M_{l,i}$ = تولید آهک نوع (i)، (تن)

$CF_{lkd,i}$ = ضریب تصحیح LKD برای آهک نوع (i)، (مشابه CKD سیمان محاسبه می گردد)

$C_{h,i}$ = ضریب تصحیح آهک آبدیده نوع (i)، (مراجعه به بخش ۳-۱-۳)

i = انواع سیمان لیست شده در جدول ۲-۴

۲-۲- انتخاب ضریب انتشار

روش سطح یک (tier ۱)

این روش بر مبنای محصول نهایی بوده و از یک ضریب انتشار برای مقدار کلی آهک تولیدی در کشور استفاده می کند. ضریب انتشار بر مبنای نسبتهای استوکیومتری^{۱۲} ارائه شده در جدول ۲ بوده که بسته به نوع آهک تولیدی متفاوت می باشد. این نسبتها معادل مقدار CO_۲ آزاد شده در اثر تبدیل کربنات به آهک بوده با فرض اینکه درجه کلسیناسیون ۱۰۰ درصد و بدون LKD باشد. برای مثال، ۱ تن CaO نیاز به کلسیناسیون ۱/۷۸۵ تن کربنات کلسیم دارد که طی کلسیناسیون کامل، ۰/۷۸۵ تن CO_۲ آزاد می کند.

در غیاب دادهای کشوری می توان فرض نمود که ۸۵ درصد آهک زنده با کلسیم و ۱۵ درصد آهک دولومیتی تولید می شود. (Miller, ۱۹۹۹) بر این اساس، رابطه ۲-۸ چگونگی محاسبه ضریب انتشار تولید آهک در روش tier ۱ را نشان می دهد.

$$\begin{aligned} & \text{(رابطه ۲-۸)} \\ & EF_{\text{آهک}} = EF_{\text{آهک زنده}} * 0/85 + EF_{\text{آهک دولومیتی}} * 0/15 \\ & \text{الف} \quad 0/77 * 0/15 + 0/75 * 0/85 = \\ & = t \text{ CO}_2 / t \text{ (آهک تولیدی)} * 0/75 \end{aligned}$$

الف) ضریب انتشار قراردادی برای آهک دولومیتی بسته به فناوری مورد استفاده برای تولید آهک می تواند ۰/۸۶ یا ۰/۷۷ باشد. (جدول ۲)

جدول ۲- پارامترهای پایه برای محاسبه ضریب انتشار تولید آهک					
نوع آهک	نسبت استوکیومتری (تن CO _۲ /تن CaO یا CaO.MgO)	میزان CaO %	میزان MgO %	ارزش قراردادی نسبت CaO یا CaO.MgO	ضریب انتشار قراردادی (تن CO _۲ /تن آهک)
آهک زنده (کلسیم بالا)	۰/۷۸۵	۹۳-۹۸	۰/۳-۲/۵	۰/۹۵	۰/۷۵
آهک دولومیتی	۰/۹۱۳	۵۵-۵۷	۳۸-۴۱	۰/۹۵ یا ۰/۸۵ الف	۰/۸۶ یا ۰/۷۷ الف
آهک هیدرولیک	۰/۷۸۵	۶۵-۹۲	موجود نمی باشد	۰/۷۵	۰/۵۹
الف) این مقادیر بستگی به نوع فناوری تولید آهک دارد. مقدار بیشتر برای کشورهای توسعه یافته و مقدار کمتر برای کشورهای در حال توسعه پیشنهاد می شود.					

روش سطح دو tier ۲

مشابه tier ۱، ضریب انتشار تولید آهک در این روش، منعکس کننده نسبتهای استوکیومتری میان CO_۲ و CaO و یا CaO.MgO و همچنین میزان CaO یا CaO.MgO در آهک می باشد. با این حال، برخلاف tier ۱، در این روش بایستی

^{۱۲} Stoichiometric ratio

استوکیومتری شاخه ای از علم شیمی است که با روابط کمی میان عناصر در تشکیل مواد مرکب و میان عناصر و مواد مرکب در واکنشهای شیمیایی سروکار دارد. استوکیومتری یک ماده مرکب بر فرمول شیمیایی آن ماده مرکب استوار است.

از داده های ملی تولید انواع آهک استفاده نمود. بمنظور توسعه یک ضریب انتشار و برآورد میزان CaO یا CaO.MgO می توان از رابطه ۲-۹ استفاده کرد:

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۲-۹)} \\ EF_{\text{آهک زنده}} &= \text{SR}_{\text{CaO}} * \text{CaO} = \text{میزان} \\ EF_{\text{آهک دولومیتی}} &= \text{SR}_{\text{CaO.MgO}} * \text{CaO.MgO} = \text{میزان} \\ EF_{\text{آهک هیدرولیک}} &= \text{SR}_{\text{CaO}} * \text{CaO} = \text{میزان} \end{aligned}$$

$EF_{\text{آهک زنده}}$ = ضریب انتشار برای آهک زنده با کلسیم بالا، (تن CO_2 بر تن آهک)
 $EF_{\text{آهک دولومیتی}}$ = ضریب انتشار برای آهک دولومیتی، (تن CO_2 بر تن آهک)
 $EF_{\text{آهک هیدرولیک}}$ = ضریب انتشار برای آهک هیدرولیک، (تن CO_2 بر تن آهک)
 SR_{CaO} = نسبت استوکیومتری CO_2 و CaO ، (تن CO_2 بر تن CaO). به جدول ۲ مراجعه شود.
 $\text{SR}_{\text{CaO.MgO}}$ = نسبت استوکیومتری CO_2 و CaO.MgO ، (تن CO_2 بر تن CaO.MgO). به جدول ۲ مراجعه شود.
 میزان CaO (تن CaO بر تن آهک) در جدول ۲ ارائه شده است.
 میزان CaO.MgO (تن CaO.MgO بر تن آهک) در جدول ۲ ارائه شده است.

۳- تولید شیشه

۳-۱- انتخاب روش

روش سطح ۱ (tier ۱)

در روش tier ۱ از یک ضریب انتشار و یک نسبت قراردادی خرده شیشه برای آمار ملی تولید شیشه استفاده می شود. عدم قطعیت در این روش بسیار بیشتر از دو روش tier ۲ و tier ۳ می باشد.

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۲-۱۰)} \\ CO_2 \text{ emission} = M_g \bullet EF \bullet (1 - CR) \end{aligned}$$

$CO_2 \text{ emission}$ = انتشار CO_2 ناشی از تولید شیشه (تن)

M_g = وزن شیشه تولیدی (تن)

EF = ضریب انتشار قراردادی برای تولید شیشه (تن CO_2 بر تن شیشه)

CR = نسبت خرده شیشه برای فرایند

روش سطح ۲ (tier ۲)

روش tier ۲ از ضرایب انتشار قراردادی متفاوتی برای هر فرایند تولیدی استفاده می کند. با توجه به اینکه مقادیری از خرده شیشه نیز در کوره مصرف می شود برآورد انتشار بایستی تصحیح گردد. (رابطه ۲-۱۱)

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۲-۱۱)} \\ CO_2 \text{ emission} = \sum_i [M_{g,i} \bullet EF_i \bullet (1 - CR_i)] \end{aligned}$$

$\text{CO}_2 \text{ emission} = \text{انتشار } \text{CO}_2 \text{ ناشی از تولید شیشه (تن)}$

$M_{g,i} = \text{وزن شیشه مذاب نوع } i \text{ (تن)}$

$EF_i = \text{ضریب انتشار قراردادی برای تولید شیشه نوع } i \text{ (تن } \text{CO}_2 \text{ بر تن شیشه)}$

$CR_i = \text{نسبت خرده شیشه برای تولید شیشه نوع } i$

۲-۳- انتخاب ضریب انتشار

روش سطح یک (tier ۱)

این روش از یک ضریب قراردادی انتشار، بر مبنای مخلوط مواد اولیه، برای آمار ملی تولید شیشه استفاده می کند. یک بچ^{۱۳} معمولی برای شیشه سودا-آهکی در برگیرنده شن (۵۶/۲ درصد وزنی)، فلدسپار (۵/۳ درصد)، دولومیت (۹/۸ درصد)، سنگ آهک (۸/۶ درصد) و سودا (۲۰ درصد) می باشد. بر مبنای این ترکیب، با مصرف یک تن مواد خام تقریباً ۰/۸۴ تن شیشه تولید شده و ۱۶/۷ درصد وزن آن بصورت مواد فرار که همان CO_2 هدر می رود.

رابطه ۲-۱۳

$$EF = 0.167 / 0.84 = 0.2 \text{ t CO}_2/\text{t glass}$$

روش سطح دو (tier ۲)

روش tier ۲ متکی بر ضرایب انتشار و نسبت خرده شیشه برای انواع مختلف شیشه تولیدی در کشور می باشد. (جدول ۳) در صورتی که داده های کشوری یا داده های کارخانه ای در دسترس باشد، پیشنهاد می گردد که جایگزین داده های جدول زیر شود. خصوصاً نسبت خرده شیشه که می تواند از کشوری به کشور دیگر متفاوت باشد. بهتر است که مقادیر متوسط دامنه ها مورد استفاده قرار گیرد، مگر اینکه داده های دقیق تری متناسب با شرایط کشور موجود باشد.

جدول ۳- ضرایب انتشار و نسبت خرده شیشه برای انواع مختلف شیشه		
نوع شیشه	ضریب انتشار CO_2 (kg CO_2 /kg)	نسبت خرده شیشه
فلوت (تخت)	۰/۲۱	٪۱۰-٪۲۵
ظروف بلور	۰/۲۱	٪۳۰-٪۶۰
ظروف سبز و کهربایی	۰/۲۱	٪۳۰-٪۸۰
فایبر گلاس (E-glass)	۰/۱۹	٪۰-٪۱۵
فایبر گلاس (عایق)	۰/۲۵	٪۱۰-٪۵۰
مخصوص (پتل تلویزیون)	۰/۱۸	٪۲۰-٪۷۵
مخصوص (TV Funnel)	۰/۱۳	٪۲۰-٪۷۰
مخصوص (tableware)	۰/۱۰	٪۲۰-٪۶۰
مخصوص (آزمایشگاه و دارو)	۰/۰۳	٪۳۰-٪۷۵
مخصوص (روشنایی)	۰/۲	٪۴۰-٪۷۰
منبع: (۲۰۰۴) Aume		

^{۱۳} batch

۴- سایر فرایندهایی که کربنات مصرف می کنند.

مباحث متدولوژیکی

۴-۱- انتخاب روش

روش سطح یک (tier ۱)

این روش بر مبنای رابطه ۲-۱۴ می باشد.

رابطه ۲-۱۴

$$CO_2 emission = M_c \bullet (0.85EF_{ls} + 0.15EF_d)$$

$CO_2 emission = CO_2$ انتشارات ناشی از مصارف فرایندی کربناتها (تن)

M_c = مقدار کربنات مصرف شده (تن)

EF_{ls} or EF_d = ضریب انتشار کلسیناسیون سنگ آهک و دولومیت، (تن CO_2 بر تن کربنات) (جدول ۱)

روش سطح دو (tier ۲)

تحت این روش، مقدار CO_2 منتشر شده از مصرف سنگ آهک یا دولومیت با در نظر گرفتن مصرف و استوکیومتری فرایندهای شیمیایی برآورد می گردد. در روش tier ۲ نیاز به داده های ملی در خصوص مقدار سنگ آهک و دولومیت مصرفی در کشور می باشد. (رابطه ۲-۱۵) استفاده از یک مقدار فرضی برای نسبت این دو کربنات اصلی در این روش توصیه نمی شود.

رابطه ۲-۱۵

$$CO_2 emission = (M_{ls} \bullet EF_{ls}) + (M_d \bullet EF_d)$$

$CO_2 emission = CO_2$ انتشارات ناشی از مصارف فرایندی کربناتها (تن)

M_{ls} or M_d = مقدار سنگ آهک یا دولومیت مصرفی به ترتیب (تن)

EF_{ls} or EF_d = ضریب انتشار کلسیناسیون سنگ آهک یا دولومیت به ترتیب، (تن CO_2 بر تن کربنات) (جدول ۲-۱)

۴-۲- انتخاب ضریب انتشار

روش سطح یک و دو (tier ۱ و tier ۲): ضریب انتشار برای این دو روش بر مبنای میزان CO_2 منتشره به ازای کربنات مصرفی می باشد. (جدول ۱) اختلاف بین این دو روش در اطلاعات جمع آوری شده می باشد.

ب) صنایع فلزی

۱- تولید آهن و فولاد

۱-۲- انتخاب روش: تولید کک متالورژیک

روش سطح یک (tier ۱) - ضرایب انتشار بر مبنای تولید

رابطه ۱-۳ نحوه محاسبه انتشارات ناشی از تولید کک را نشان می دهد. در این روش فرض می گردد که کل کک تولیدی در کارخانه تولید آهن و فولاد توسط خود کارخانه مصرف می شود.

رابطه ۱-۳

$$E_{CO_2} = coke \cdot EF_{CO_2} \text{ and } E_{CH_4} = coke \cdot EF_{CH_4}$$

E_{CO_2} یا E_{CH_4} = انتشارات CO_2 و CH_4 ناشی از تولید کک، (تن)

Coke = میزان کک تولیدی در سطح ملی، (تن)

EF = ضریب انتشار، تن CO_2 یا CH_4 بر تن کک تولیدی

نکته: در این روش فرض می گردد که کل محصولات جانبی کوره کک به خارج از کارخانه منتقل شده و کل گاز کوره کک تولیدی بعنوان انرژی بازگردانی شده سوزانده می شود.

روش سطح دو (tier ۲)

مطابق با روابط ۲-۳ و ۳-۳، در روش tier ۲، انتشارات CO_2 ناشی از تولید کک در محل، بصورت جدا از انتشارات تولید کک در خارج کارخانه برآورد می گردد. این جداسازی بدلیل همپوشانی اطلاعات مورد نیاز برای برآورد انتشارات تولید کک در محل و انتشارات ناشی از تولید آهن و فولاد می باشد.

رابطه ۲-۳

$$E_{CO_2, energy} = \left[CC \cdot C_{cc} + \sum_a (PM_a \cdot C_a) + BG \cdot C_{BG} - CO \cdot C_{CO} - COG \cdot C_{COG} - \sum_b (COB_b \cdot C_b) \right] \cdot \frac{44}{12}$$

$E_{CO_2, energy}$ = انتشارات CO_2 ناشی از تولید کک در محل (تن)

CC = مقدار زغال سنگ کک شوی مصرفی برای تولید کک در محل در یک سیستم یکپارچه تولید آهن و فولاد، (تن)

PM_a = مقادیر سایر مواد فرایندی (a) از قبیل گاز طبیعی و نفت کوره که برای تولید کک و آگلومره در محل تولید آهن و فولاد

مصرف می شود. (تن)

BG = مقدار گاز کوره بلند که در کوره کک مصرف می شود. (m^3)

CO = مقدار کک تولیدی در محل تولید آهن و فولاد، (تن)

COG = مقدار گاز کوره کک که به بیرون منتقل می گردد، (m^۳)

COB_b = مقدار محصول جانبی کوره کک (b) که به بیرون یا سایر فرایندها منتقل می شود. (تن)

C_x = میزان کربن مواد اولیه یا برون داد (x)، (تن کربن بر واحد ماده اولیه) (برای مثال: تن کربن بر تن)

برای کک تولیدی در خارج از کارخانه تولید آهن و فولاد، می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

رابطه ۳-۳

$$E_{CO2,energy} = \left[CC \cdot C_{cc} + \sum_a (PM_a \cdot C_a) - NIC \cdot C_{NIC} - COG \cdot C_{COG} - \sum_b (COB_b \cdot C_b) \right] \cdot \frac{44}{12}$$

PM_a = مقادیر سایر مواد فرایندی (d) از قبیل گاز طبیعی و نفت کوره که برای تولید کک خارج از کارخانه تولید آهن و فولاد در سطح ملی

مصرف می شود. (تن)

NIC = مقدار کک تولید شده در خارج از کارخانه تولید آهن و فولاد در سطح ملی، (تن)

COG = مقدار گاز کوره کک تولیدی در خارج که برای مصرف منتقل می گردد،

(m^۳)

COB_b = مقدار محصول جانبی کوره کک (b) که به بیرون یا سایر فرایندها منتقل می شود. (تن)

C_x = میزان کربن مواد اولیه یا برون داد (x)، (تن کربن بر واحد ماده اولیه) (برای مثال: تن کربن بر تن)

۱-۲- تولید آهن و فولاد

متدولوژی برآورد انتشارات CO_۲

روش سطح یک (tier ۱) - ضرایب انتشار بر مبنای تولید

مطابق با رابطه ۳-۴، رویکرد tier ۱ برای انتشارات ناشی از تولید آهن و فولاد، شامل حاصلضرب ضرایب قراردادی انتشار در داده های تولید ملی می شود. رابطه ۳-۴ مربوط به تولید فولاد در کوره های اکسیژنی، قوس الکتریک و کوره های بوته باز می شود. در شرایطی که داده های تولید فولاد در هر فرایند در دسترس نباشد، سهم قراردادی هر فرایند در کل تولید ملی آهن و فولاد مطابق با جدول ۱ در نظر گرفته می شود. رابطه ۳-۵ انتشارات ناشی از تولید آهن خام (چدن) که هنوز به شکل فولاد در نیامده است را نشان می دهد. بهتر است که این انتشارات بطور جداگانه محاسبه شوند زیرا ضرایب انتشار برای تولید یکپارچه آهن و فولاد (فرایندهای کوره اکسیژنی و کوره بوته باز) جهت انتشارات هر دو مرحله در نظر گرفته شده است.

رابطه ۳-۶ انتشارات CO_۲ حاصل از تولید آهن احیای مستقیم (اسفنجی) از طریق روش tier ۱ با استفاده از ضریب انتشار CO_۲ را نشان می دهد. با استفاده از روابط ۳-۷ و ۳-۸، انتشارات ناشی از کلوخه سازی و گندله سازی بطور مجزا محاسبه می شود. در صورتی که اطلاعات دقیق و تفضیلی در خصوص مواد مصرفی در فرایندها در دسترس نباشد می توان از روابط ۳-۷ و ۳-۸ استفاده نمود و در صورت در دسترس بودن اطلاعات مواد مصرفی بایستی از روش tier ۲ استفاده نمود.

کل انتشارات برابر با مجموع روابط ۳-۴ تا ۳-۸ می باشد.

رابطه ۳-۴: آهن و فولاد

$$E_{CO2,non-energy} = BOF \cdot EF_{BOF} + EAF \cdot EF_{EAF} + OHF \cdot EF_{OHF}$$

رابطه ۳-۵: آهن خام

$$E_{CO2,non-energy} = IP \cdot EF_{IP}$$

رابطه ۳-۶: آهن احیای مستقیم

$$E_{CO2,non-energy} = DRI \bullet EF_{DRI}$$

رابطه ۳-۷: کلوخه سازی

$$E_{CO2,non-energy} = SI \bullet EF_{SI}$$

رابطه ۳-۸: گندله سازی

$$E_{CO2,non-energy} = P \bullet EF_P$$

$E_{CO2,non-energy}$ = انتشارات CO_2 که در بخش فرایندهای صنعتی گزارش می شود. (تن)

BOF = مقدار فولاد خام تولیدی در کوره اکسیژنی (تن)

EAF = مقدار فولاد خام تولیدی در کوره قوس الکترود (تن)

OHF = مقدار فولاد خام تولیدی در کوره بوته باز (تن)

IP = مقدار آهن خام تولیدی که به فولاد تبدیل نمی شود. (تن)

DRI = مقدار تولید آهن احیای مستقیم در سطح ملی (تن)

SI = مقدار آگلومره تولیدی در سطح ملی (تن)

P = مقدار گندله تولیدی در سطح ملی (تن)

EF_x = ضریب انتشار (تن CO_2 بر تن تولید x)

روش سطح دو (tier ۲)

در محاسبه انتشارات حاصل از گندله سازی، مصرف انرژی و ارزش حرارتی و میزان کربن موجود در سوخت را می توان

مشابه با سایر متدولوژیها بدست آورد.

رابطه ۳-۹: انتشارات CO_2 ناشی از تولید آهن و فولاد

$$E_{CO2,non-energy} = \left[PC \bullet C_{PC} + \sum_a (COB_a \bullet C_a) + CI \bullet C_{CI} + L \bullet C_L + D \bullet C_D + CE \bullet C_{CE} + \sum_b (O_b \bullet C_b) + COG \bullet C_{COG} - S \bullet C_S - IP \bullet C_{IP} - BG \bullet C_{BG} \right] \bullet \frac{44}{12}$$

رابطه ۳-۹: انتشارات CO_2 ناشی از کلوخه سازی

$$E_{CO2,non-energy} = \left[CBR \bullet C_{CBR} + COG \bullet C_{COG} + BG \bullet C_{BG} + \sum_a (PM_a \bullet C_a) + SOG \bullet C_{SOG} \right] \bullet \frac{44}{12}$$

تولید آهن و فولاد:

- $E_{CO_2, \text{non-energy}}$ = انتشارات CO_2 که در بخش فرایندهای صنعتی گزارش می شود. (تن)
- PC = مقدار کک مصرفی در تولید آهن و فولاد (شامل تولید آگلومره نمی شود)، (تن)
- COB_a = مقدار محصول جانبی (a) کوره کک تولیدی در محل که در کوره بلند مصرف می گردد. (تن)
- CL = مقدار زغال سنگی که مستقیماً به کوره بلند تزریق می شود. (تن)
- L = مقدار سنگ آهکی که در تولید آهن و فولاد مصرف می شود. (تن)
- D = مقدار دولومیتی که در تولید آهن و فولاد استفاده می شود. (تن)
- CE = مقدار الکترودهای کربنی که در کوره قوس الکتریک مصرف می شود. (تن)
- O_b = مقادیر سایر مواد کربناته و فرایندی (b) از قبیل آگلومره یا ضایعات پلاستیکی که در تولید آهن و فولاد مصرف می شود. (تن)
- COG = مقدار گاز کوره کک که در کوره بلند مصرف می شود. (m^3 یا سایر واحد ها)
- S = مقدار فولاد تولیدی (تن)
- IP = مقدار آهن تولیدی که به فولاد تبدیل نمی شود. (تن)
- BG = مقدار گاز کوره بلند که به خارج از کارخانه منتقل می شود. (m^3 یا سایر واحد ها)
- C_x = میزان کربن مواد مصرفی یا تولیدی (x)، [تن کربن بر تن (یا واحد دیگر) ماده (x)]

کلوخه سازی:

- $E_{CO_2, \text{non-energy}}$ = انتشارات CO_2 که در بخش فرایندهای صنعتی گزارش می شود. (تن)
- CBR = مقدار پودر کک مصرفی در تولید آگلومره که خریداری شده یا در محل کارخانه تولید شده است. (تن)
- COG = مقدار گاز کوره کک مصرفی در کوره بلند برای تولید آگلومره، (m^3 یا سایر واحد ها)
- BG = مقدار گاز کوره بلند مصرف شده برای تولید آگلومره، (m^3 یا سایر واحد ها)
- PM_a = مقادیر سایر مواد فرایندی (x)، به غیر از موادی که بصورت مجزا لیست می شوند، از قبیل گاز طبیعی، نفت کوره که در یک سیستم یکپارچه تولید کک و آهن و فولاد مصرف می شود. (تن)
- SOG = مقدار گاز همراه آگلومره که یا به بیرون کارخانه و یا برای تولید آهن و فولاد منتقل می شود. (m^3 یا سایر واحد ها)
- C_x = مقدار کربن مواد مصرفی یا تولیدی (x)، [تن کربن بر تن (واحد دیگر) ماده (x)]
- رابطه ۳-۱۱ انتشارات ناشی از تولید آهن احیای مستقیم به روش ۲ tier را بر مبنای مصرف سوخت و میزان کربن سوخت محاسبه می نماید. انتشارات حاصل از تولید آهن احیای مستقیم ناشی از احتراق سوخت، پودر کک، کک متالورژیک یا سایر مواد کربناته بوده و در بخش فرایندهای صنعتی گزارش می شوند.

۳-۱۱- انتشارات ناشی از تولید آهن اسفنجی

$$E_{CO_2, \text{non-energy}} = (DRI_{NG} \cdot C_{NG} + DRI_{BZ} \cdot C_{BZ} + DRI_{CK} \cdot C_{CK}) \cdot \frac{44}{12}$$

- $E_{CO_2, \text{non-energy}}$ = انتشارات CO_2 که در بخش فرایندهای صنعتی گزارش می شود. (تن)
- DRI_{NG} = مقدار گاز طبیعی در تولید آهن احیای مستقیم، (GJ)
- DRI_{BZ} = مقدار پودر کک مصرفی در تولید آهن احیای مستقیم، (GJ)
- DRI_{CK} = مقدار کک متالورژیک مصرفی در تولید آهن احیای مستقیم، (GJ)
- C_{NG} = میزان کربن گاز طبیعی، (تن کربن بر GJ)
- C_{BZ} = میزان کربن پودر کک، (تن کربن بر GJ)
- C_{CK} = میزان کربن کک متالورژیک، (تن کربن بر GJ)

متدولوژی برآورد انتشارات CH₄

متدولوژی tier ۱ برای انتشارات CH₄ بر مبنای ضرایب انتشار و آمار تولید ملی می باشد.

رابطه ۳-۱۲: انتشار CH₄ ناشی از تولید آگلومره

$$E_{CH4, non-energy} = SI \bullet EF_{SI}$$

رابطه ۳-۱۳: انتشار CH₄ ناشی از تولید آهن در کوره بلند

$$E_{CH4, non-energy} = PI \bullet EF_{PI}$$

رابطه ۳-۱۴: انتشار CH₄ ناشی از تولید آهن احیای مستقیم

$$E_{CH4, non-energy} = DRI \bullet EF_{DRI}$$

$E_{CH4, non-energy}$ = انتشارات CH₄ که در بخش فرایندهای صنعتی گزارش می شود. (کیلوگرم kg)

SI = میزان تولید آگلومره، (تن)

PI = میزان تولید ملی آهن شامل آهن تبدیل شده به فولاد و آهن تبدیل نشده، (تن)

DRI = تولید ملی آهن احیای مستقیم، (تن)

EF_x = ضریب انتشار، (کیلوگرم CH₄ بر تن ماده X تولیدی)

۳-۱- انتخاب ضریب انتشار

روش سطح سه (tier ۱)

ضرایب انتشار دی اکسید کربن

جدول ۱ ضرایب انتشار را برای تولید کک، آگلومره، گندله، آهن و فولاد ارائه می دهد. بمنظور برآورد انتشارات در روش tier ۱، فرض می گردد که سوخت قراردادی برای تولید آهن احیای مستقیم گاز طبیعی است. فرایندهای مبتنی بر گاز طبیعی عمده ظرفیت تولید آهن احیای مستقیم (۶۳٪) را در جهان شامل می شوند. مصرف سوخت برای تولید آهن احیای مستقیم معمولاً برابر ۱۰/۵ الی ۱۴/۵ GJ گاز طبیعی بر تن آهن احیای مستقیم می باشد. مصرف سوخت برای تولید بریکت آهن داغ از براده های آهن^{۱۴} معادل ۱۲/۵ GJ گاز طبیعی بر تن محصول در فرایند FINMET و ۱۴ GJ گاز طبیعی بر تن محصول در فرایند CIRCORED می باشد. با در نظر گرفتن مصرف انرژی قراردادی معادل ۱۲/۵ GJ گاز طبیعی به ازای یک تن آهن احیای مستقیم و میزان کربن قراردادی برابر ۱۵/۳ kg کربن به ازای یک تن آهن احیای مستقیم، ضریب انتشار CO₂ برابر با ۱۹۱/۳ kg کربن در هر تن آهن احیای مستقیم تولید شده یا ۰/۷ تن CO₂ در هر تن آهن احیای مستقیم می باشد.

جدول ۱- ضرایب انتشار قراردادی CO ₂ برای تولید کک، آهن و فولاد در روش tier ۱		
فرایند	ضریب انتشار	مراجع

^{۱۴} iron fines

European IPPC Bureau, ۲۰۰۱ http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm	۰/۲	تولید آگلومره (تن CO _۲ بر تن آگلومره تولیدی)
European IPPC Bureau, ۲۰۰۱ http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm	۰/۵۶	کوره کک (تن CO _۲ بر تن کک تولیدی)
European IPPC Bureau, ۲۰۰۱ http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm	۱/۳۵	تولید آهن (تن CO _۲ بر تن آهن خام تولیدی)
European IPPC Bureau, ۲۰۰۱ http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm	۰/۷۰	تولید آهن احیای مستقیم (تن CO _۲ بر تن آهن تولیدی)
European IPPC Bureau, ۲۰۰۱ http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm	۰/۰۳	تولید گندله (تن CO _۲ بر تن گندله تولیدی)
روش تولید فولاد*		
موسسه بین المللی آهن و فولاد، ۲۰۰۴	۱/۴۶	کوره اکسیژنی BOF (تن CO _۲ بر تن فولاد تولیدی)
موسسه بین المللی آهن و فولاد، ۲۰۰۴	۰/۰۸	کوره قوس الکتریک EAF (تن CO _۲ بر تن فولاد تولیدی)
موسسه بین المللی آهن و فولاد، ۲۰۰۴	۱/۷۲	کوره بوته باز OHF (تن CO _۲ بر تن فولاد تولیدی)
موسسه بین المللی آهن و فولاد، ۲۰۰۴	۱/۰۶	ضریب متوسط جهانی (BOF: ۰/۶۵، EAF: ۰/۳۰) (OHF: ۰/۵، EAF) (تن CO _۲ / تن فولاد تولیدی)
* نکته: ضریب انتشار مورد نظر برای روش قوس الکتریک شامل تولید آهن نمی گردد با فرض اینکه تنها از آهن قراضه استفاده می شود. ولی در دو روش دیگر علاوه بر تولید فولاد، انتشارات آهن کوره بلند نیز شامل می شود.		

ضرایب انتشار متان (CH_۴)

ضرایب انتشار قراردادی برای متان طبق روش tier ۱ در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- ضرایب انتشار قراردادی CH _۴ برای تولید کک و فولاد در روش tier ۱		
فرایند	ضریب انتشار	مراجع
تولید کک	۰/۱ g در هر تن کک تولیدی	European IPPC Bureau (۲۰۰۱)
تولید آگلومره	۰/۰۷ kg در هر تن آگلومره تولیدی	EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook
تولید آهن احیای مستقیم	۱ kg/TJ	ضریب انتشار قراردادی برای انتشارات متان ناشی از احتراق گاز طبیعی (بخش انرژی IPCC)

روش سطح دو (tier ۲)

مقادیر قراردادی کربن که در جدول ۳ ارائه شده است زمانی استفاده می شود که اطلاعات مربوط به شرایط موجود کارخانجات تولید آهن و فولاد و کک سازی در دسترس نبوده ولی اطلاعات مربوط به مواد فرایندی و انتقالات به خارج بطور دقیق موجود می باشد. روش tier ۲ مطابق با رابطه ۲-۳ برای کک سازی یکپارچه، روابط ۳-۹ الی ۳-۱۱ برای تولید آهن و فولاد و رابطه ۳-۳ برای کک سازی مستقل، جریانات عمده مواد در تولید کک، آهن و فولاد که منجر به انتشار می گردند شامل می شود.

۳- تولید فرو آلیاژ (Ferroalloy)

۱-۲- انتخاب روش

متدولوژی برای انتشارات CO_2

روش سطح یک (tier ۱): ضرایب انتشار بر مبنای تولید

ساده ترین روش، حاصلضرب ضرایب قراردادی انتشار در میزان تولید فروآلیاژ مطابق با رابطه ۳-۱۵ می باشد.

رابطه ۳-۱۵

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \bullet EF_i)$$

E_{CO_2} = انتشارات CO_2 (تن)

MP_i = تولید فروآلیاژ نوع i (تن)

EF_i = ضریب انتشار فروآلیاژ نوع i، (تن CO_2 بر تن فروآلیاژ)

جدول ۳- مقادیر کربن مواد مصرفی در تولید آهن و فولاد و در کک سازی	
مقدار کربن	مواد فرایندی
۰/۱۷	گاز کوره بلند
۰/۹۱	زغال چوب
۰/۶۷	زغال سنگ معمولی ^۱
۰/۶۲	قطران زغال سنگ
۰/۸۳	کک
۰/۴۷	گاز کوره کک
۰/۷۳	زغال سنگ کک شو
۰/۰۲	آهن احیای مستقیم
۰/۱۳	دولومیت
۰/۸۲	الکترودهای کربنی کوره قوس الکتریک ^۲
۰/۸۳	کربن شارژ شده به کوره قوس الکتریک ^۳
۰/۸۶	نفت کوره ^۴
۰/۸۳	کک گاز
۰/۰۲	بریکت آهن داغ
۰/۱۲	سنگ آهک
۰/۷۳	گاز طبیعی
۰/۳۵	گاز کوره اکسیژنی
۰/۸۷	کک نفت خام
۰/۰۴	آهن خام خریداری شده
۰/۰۴	آهن قراضه

فولاد	۰/۰۱
(۱) سایر زغال سنگهای معمولی (۲) با فرض ۸۰٪ کک نفت خام و ۲۰٪ قطران زغال سنگ (۳) گاز کوره کک فرض می گردد (۴) با فرض سوخت گازی و دیزل	

روش سطح دو (tier ۲): ضرایب انتشار بر اساس مواد اولیه مصرفی

رویکرد دیگر شامل استفاده از ضرایب انتشار عوامل احیاکننده می باشد. برای سایر مواد اولیه و محصولات بایستی میزان یا نسبت وزنی کربن آنها لحاظ گردد.

رابطه ۳-۱۶

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_{reducing\ agent,i} \cdot EF_{reducing\ agent,i}) + \sum_h (M_{ore,h} \cdot CContent_{ore,h}) \cdot \frac{44}{12} \\ + \sum_j (M_{slag\ forming\ material,j} \cdot CContent_{slag\ forming\ material,j}) \cdot \frac{44}{12} \\ - \sum_k (M_{product,k} \cdot CContent_{product,k}) \cdot \frac{44}{12} \\ - \sum_l (M_{non-product\ outgoing\ stream,l} \cdot CContent_{non-product\ outgoing\ stream,l}) \cdot \frac{44}{12}$$

E_{CO_2} = انتشارات CO_2 (تن)

$M_{reducing\ agent,i}$ = میزان مصرف عامل احیای i (تن)

$EF_{reducing\ agent,i}$ = ضریب انتشار عامل احیای i (تن CO_2 بر تن عامل احیا)

$M_{ore,h}$ = میزان سنگ معدن h (تن)

$CContent_{ore,h}$ = نسبت وزنی کربن در سنگ معدن h (تن C بر تن سنگ معدن)

$M_{slag\ forming\ material,j}$ = میزان سرباره j (تن)

$CContent_{slag\ forming\ material,j}$ = نسبت وزنی کربن در سرباره j (تن C بر تن سرباره)

$M_{product,k}$ = میزان محصول k (تن)

$CContent_{product,k}$ = نسبت وزنی کربن در محصول k (تن C بر تن محصول)

$M_{non-product\ outgoing\ stream,l}$ = میزان مواد خروجی غیر محصولی l (تن)

$CContent_{non-product\ outgoing\ stream,l}$ = نسبت وزنی کربن در مواد خروجی غیر محصولی l (تن C بر تن مواد خروجی غیر محصولی)

مقدار ثابت $\frac{44}{12}$ ، ضریب تقویت^{۱۵} مقدار CO_2 منتشره از هر واحد وزنی کربن مصرفی می باشد.

متدولوژی برآورد انتشارات CH_4 و بحث در مورد انتشارات N_2O

روش سطح یک (tier ۱): ضرایب انتشار بر اساس تولید آلیاژ سیلیسیم و FeSi

ساده ترین روش برآورد شامل حاصلضرب ضرایب انتشار قراردادی در میزان تولید آلیاژ سیلیسیم می باشد.

رابطه ۳-۱۸

$$E_{CH_4} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

^{۱۵} multiplication factor

$$E_{CH_4} = \text{انتشارات } CH_4 \text{ (Kg)}$$

$$MP_i = \text{تولید آلیاژ سیلیسیم } i \text{ (تن)}$$

$$EF_i = \text{ضریب انتشار آلیاژ سیلیسیم } i \text{ (کیلوگرم } CH_4 \text{ بر تن آلیاژ)}$$

روش سطح دو (tier ۲):

این روش بر مبنای ضرایب انتشار مخصوص عملیاتها می باشد.

۲-۲- انتخاب ضرایب انتشار

ضرایب انتشار CO_2

روش سطح یک (tier ۱)

زمانی که تنها آمار ملی تولید فروآلیاژها در دسترس باشد، می توان از ضرایب انتشار قراردادی استفاده نمود. از آنجا که ضرایب بسته به نوع آلیاژ تولیدی متفاوت می باشند، لازم است که میزان تناژ تولیدی آلیاژ و روش آن مشخص و سپس مقادیر بدست آمده جمع گردند. جدول ۴ ضرایب انتشار را برای انواع فروآلیاژ نشان می دهد. این ضرایب بر مبنای قضاوتهای کارشناسی و سناریوهای مختلف تولید فروآلیاژ محاسبه شده است.

برای آلیاژ FeMn، ضرایب انتشار بر مبنای تولید بوده و مواد خام حاوی Mn مخلوطی از سنگهای معدنی اکسیدی، سنگهای کربناته و آگلومره منگنز وارداتی (Mn-sinter) می باشند. در صورتی که آگلومره خارج از کشور تولید می شود سهمی در موجودی انتشارات ملی ندارد.

جدول ۴- ضرایب انتشار CO_2 در تولید فروآلیاژ (تن CO_2 /تن محصول)	
نوع فروآلیاژ	ضریب انتشار
فروسیلیسیم با ۴۵٪ Si	۲/۵
فروسیلیکون با ۶۵٪ Si	۳/۶
فروسیلیکون با ۷۵٪ Si	۴
فروسیلیکون با ۹۰٪ Si	۴/۸
فرو منگنز (۷٪ کربن)	۱/۳
فرو منگنز (۱٪ کربن)	۱/۵
سیلیکومنگنز	۱/۴
فلز سیلیسیم	۵
فروکروم	۱/۶ یا ۱/۳

ضریب انتشار برای $FeSi_{90}$ و فلز سیلیسیم بر مبنای مصرف ۱۱۰ درصدی کربن ثابت موجود در مقدار استوکیومتری ماده مورد نیاز برای احیای SiO_2 می باشد. برای سایر فروآلیاژهای سیلیسیم این ضریب بر مبنای ۱۱۴ درصد مقدار کربن ثابت است.

روش سطح دو (tier ۲)

جدول ۵ ضرایب انتشار را برای عوامل احیاکننده مصرفی در تولید آلیاژهای منگنز و سیلیسیم ارائه می نماید.

جدول ۵- ضرایب انتشار CO_2 ناشی از مصرف عوامل احیا در تولید فروآلیاژ (تن CO_2 /تن عامل احیاکننده)	
عامل احیاکننده	ضریب انتشار
زغال سنگ (برای $FeSi$ و فلز سیلیسیم)	۳/۱
زغال سنگ (برای سایر فروآلیاژها)	*
کک (برای $SiMn$ و $FeMn$)	۳/۲-۳/۳

کک (برای Si و FeSi)	۳/۳-۳/۴
کک (برای سایر فروآلیاژها)	*
الکترودهای پیش پخته	۳/۵۴
خمیر الکترو	۳/۴
کک نفت خام	۳/۵
* می توان بر مبنای متوسط ترکیب زغال سنگ و کک مقادیر را برای هر کدام از تولید کنندگان آلیاژ لحاظ نمود.	

ضرایب انتشار برای CH_۴

روش سطح یک (tier ۱)

زمانی که تنها آمار ملی تولید فروآلیاژها در دسترس باشد، می توان از ضرایب انتشار قراردادی استفاده نمود. از آنجا که ضرایب بسته به نوع آلیاژ تولیدی متفاوت می باشند، لازم است که میزان تناژ تولیدی آلیاژ و روش آن مشخص و سپس مقادیر بدست آمده جمع گردند. جدول ۶ ضرایب انتشار را برای انواع فروآلیاژ نشان می دهد. ضرایب انتشار قراردادی برای CH_۴ براساس میانگین اندازه گیریهای معدودی که در عملیاتهای کوره صورت گرفته است، می باشد.

جدول ۶- ضرایب انتشار قراردادی برای CH _۴ (کیلوگرم CH _۴ /تن محصول)		
انتشار	آلیاژ	ضریب انتشار
CH _۴	فلز سیلیسیم	۱/۲
	FeSi ۹۰	۱/۱
	FeSi ۷۵	۱
	FeSi ۶۵	۱
منبع: (۲۰۰۰) FFF		

روش سطح دو (tier ۲)

این روش بر مبنای ضرایب انتشار عملیاتهای کوره می باشد. (جدول ۷)

جدول ۷- ضرایب انتشار برای CH _۴ (کیلوگرم CH _۴ /تن محصول)				
انتشار	آلیاژ	عملیات کوره		
		شارژ پیوسته ^۱	شارژ منقطع	شارژ پیوسته در دمای کمتر از ۷۵۰ °C
CH _۴	فلز سیلیسیم	۱/۵	۱/۲	۰/۷
	FeSi ۹۰	۱/۴	۱/۱	۰/۶
	FeSi ۷۵	۱/۳	۱	۰/۵
	FeSi ۶۵	۱/۳	۱	۰/۵
(۱) شارژ کوره در هر دقیقه				

۳- تولید آلومینیوم اولیه یا شمش آلومینیوم

۳-۱- انتخاب روش برای برآورد انتشارات CO_۲ ناشی از تولید آلومینیوم اولیه

روش سطح یک (tier ۱) برای انتشارات CO_۲

. کل انتشارات CO_۲ مطابق با رابطه ۳-۲۰ محاسبه می شود:

رابطه ۳-۲۰

$$E_{CO_2} = EF_p \bullet MP_p + EF_s \bullet MP_s$$

E_{CO_2} = انتشارات CO_2 ناشی از مصرف آند یا خمیر، (تن)

EF_p = ضریب انتشار مخصوص فناوری پیش پخت، (تن CO_2 بر تن آلومینیوم تولیدی)

MP_p = میزان تولید فلز طی فرایند پیش پخت، (تن آلومینیوم)

EF_s = ضریب انتشار مخصوص فناوری سودبرگ، (تن CO_2 بر تن آلومینیوم تولیدی)

MP_s = میزان تولید فلز طی فرایند سودبرگ، (تن آلومینیوم)

روش سطح دو و سه (tier ۲ یا tier ۳)

برآورد انتشارات CO_2 برای پیلای پیش پخت

انتشارات CO_2 ناشی از پیلای پیش پخت برای روش tier ۲ مطابق با رابطه ۳-۲۱ محاسبه می گردد.

رابطه ۳-۲۱

$$E_{CO_2} = NAC \cdot MP \cdot \frac{100 - S_a - Ash_a}{100} \cdot \frac{44}{12}$$

E_{CO_2} = انتشارات CO_2 ناشی از مصرف آند پیش پخته، (تن)

MP = کل تولید فلز، (تن آلومینیوم)

NAC = مصرف خالص آند پیش پخته در هر تن آلومینیوم، (تن کربن بر تن آلومینیوم)

S_a = میزان سولفور در آندهای پیش پخته، (wt %)

Ash_a = میزان خاکستر در آندهای پیش پخته، (wt %)

۴۴/۱۲ = جرم مولکولی CO_2 : نسبت جرم اتمی کربن، (بدون واحد)

رابطه ۳-۲۱ بایستی برای تمام فناوری های پیش پخت در کشور استفاده شده و مجموع نتایج بدست آمده برابر با کل

انتشارات ملی ناشی از این نوع فناوری می باشد.

برآورد انتشارات CO_2 برای پیلای سودبرگ

انتشارات CO_2 ناشی از پیلای سودبرگ برای روش tier ۲ مطابق با رابطه ۳-۲۴ برآورد می گردد.

رابطه ۳-۲۴

$$E_{CO_2} = \left[PC \cdot MP - \frac{CSM \cdot MP}{1000} - \frac{BC}{100} \cdot PC \cdot MP \cdot \frac{S_p + Ash_p + H_p}{100} - \frac{100 - BC}{100} \cdot PC \cdot MP \cdot \frac{S_c + Ash_c}{100} - MP \cdot CD \right] \cdot \frac{44}{12}$$

E_{CO_2} = انتشارات CO_2 ناشی از مصرف خمیر، (تن)

MP = مقدار کل فلز تولیدی، (تن آلومینیوم)

PC = میزان مصرف خمیر، (تن بر تن آلومینیوم)

CSM = انتشارات ماده قابل حل سیکلو هگزان، (Kg بر تن آلومینیوم)

BC = میزان چسب^{۱۶} در خمیر، (wt %)

S_p = میزان سولفور در قطران یا قیر^{۱۷}، (wt %)

^{۱۶} binder

^{۱۷} pitch

Ash_p = میزان خاکستر در قطران یا قیر، (wt %)

H_p = میزان هیدروژن در قطران یا قیر، (wt %)

S_c = میزان سولفور در کک کلسینه شده، (wt %)

Ash_c = میزان خاکستر در کک کلسینه شده، (wt %)

CD = کربن موجود در غبار رقیق ناشی از پیل‌های سودبرگ، (تن کربن بر تن آلومینیوم)

۴۴/۱۲ = جرم مولکولی CO_۲: نسبت جرم اتمی کربن، (بدون واحد)

۳-۲- انتخاب ضرایب انتشار برای انتشارات CO_۲ ناشی از تولید آلومینیوم اولیه

روش سطح یک (tier ۱) برای انتشارات CO_۲

جدول ۸ لیستی از ضرایب انتشار قراردادی برای CO_۲ در هر تن آلومینیوم را ارائه می‌دهد. ضرایب انتشار ۱/۶ و ۱/۷ به ترتیب برای فناوریهای پیش پخت و سودبرگ بر مبنای اطلاعات جهانی مؤسسه بین‌المللی آلومینیوم یا IAI لحاظ شده است.

جدول ۸- ضرایب قراردادی انتشار CO _۲ مخصوص فناوریهای تولید آلومینیوم		
فناوری	ضریب انتشار (تن CO _۲ بر تن Al)	عدم قطعیت (+/- %)
پیش پخت ^{۱۸}	۱/۶	۱۰
سودبرگ	۱/۷	۱۰

روش سطح ۲ tier برای انتشارات CO_۲

انتشارات CO_۲ ناشی از پیل‌های پیش پخت

مهمترین پارامترها در رابطه ۳-۲۱ شامل تولید فلز و مصرف خالص آند برای فناوری پیش پخت می‌باشند. در روش tier ۲، هر دو پارامتر بایستی از کارخانجات تولیدکننده، جمع‌آوری شود. سایر اجزا در رابطه ۳-۲۱ شامل ترکیبات غیر کربنی آندها از قبیل سولفور و خاکستر تغییرات کمتری ایجاد نموده و بنابراین نیاز به جمع‌آوری اطلاعات کارخانجات نمی‌باشد. در tier ۲ از مقادیر قراردادی ارائه شده در جداول ۹ الی ۱۱ استفاده می‌شود.

انتشارات CO_۲ ناشی از پیل‌های سودبرگ

معمولاً میزان چسب خمیر یا بایندر، کمتر از ۱٪ تغییر می‌کند. این پارامتر جزء مهمی از رابطه ۳-۲۴ بوده زیرا میزان کربن قطران یا قیر که بعنوان چسب عمل می‌کند، کمتر از میزان آن در ککی است که مابقی خمیر را تشکیل می‌دهد. همانطور که برای مصرف آند پیش پخت هم اشاره شد، مهمترین اجزای رابطه ۳-۲۴ شامل تولید فلز و مصرف خمیر می‌باشند. سایر اجزا، براساس ناخالصیها و اختلافات ناچیز در میزان کربن مواد خمیر، تغییرات اندکی در رابطه ۳-۲۴ ایجاد می‌کنند. tier ۲ بر مبنای مقادیر قراردادی ارائه شده در جدول ۱۲ می‌باشد.

جدول ۹- منابع اطلاعاتی و عدم قطعیت‌ها پارامترهای مورد استفاده در روش‌های tier ۲ و tier ۳				
روش tier ۲		روش tier ۳		پارامتر
منبع اطلاعات	عدم قطعیت (+/- %)	منبع اطلاعات	عدم قطعیت (+/- %)	
دادهای ثبتی کارخانجات	۲	دادهای ثبتی کارخانجات	۲	MP یا کل فلز تولیدی (تن Al در سال)
دادهای ثبتی کارخانجات	۵	دادهای ثبتی کارخانجات	۵	NAC یا مصرف آند خالص در هر تن Al (تن)

^{۱۸} ضریب انتشار برای فناوری پیش پخت شامل انتشارات CO_۲ ناشی از احتراق مواد فرار قطران و کک فشرده از آندهای پخت می‌شود.

در تن (Al)				
۱۰	داده‌های ثبتی کارخانجات	۵۰	استفاده از مقدار رایج صنعتی، ۲	S _a یا مقدار سولفور در آندهای پخته (wt%)
۱۰	داده‌های ثبتی کارخانجات	۸۵	استفاده از مقدار رایج صنعتی، ۰/۴	Ash _a یا میزان خاکستر آندهای پخته (wt%)

جدول ۱۰- منابع اطلاعاتی و عدم قطعیت‌ها پارامترهای مورد استفاده در روش‌های tier ۲ و tier ۳ جهت برآورد انتشارات CO ₂ ناشی از احتراق مواد فرار قطران (رابطه ۳-۲۲)				
روش tier ۳		روش tier ۲		پارامتر
عدم قطعیت (+/- %)	منبع اطلاعات	عدم قطعیت (+/- %)	منبع اطلاعات	
۲	داده‌های ثبتی کارخانجات	۲	داده‌های ثبتی کارخانجات	GA یا وزن اولیه آندهای سبز فراوری شده (تن آند در سال)
۱۰	داده‌های ثبتی کارخانجات	۵۰	استفاده از مقدار رایج صنعتی: GA * ۰/۰۰۵	H _w یا میزان هیدروژن در آندهای سبز (تن)
۲	داده‌های ثبتی کارخانجات	۲	داده‌های ثبتی کارخانجات	BA یا تولید آند پخته (تن در سال)
۲۰	داده‌های ثبتی کارخانجات	۵۰	الف) GA * ۰/۰۰۵ ب) ناچیز	WT یا قطران زایداتی جمع آوری شده: الف) کوره‌های riedhammer ب) سایر کوره‌ها

جدول ۱۱- منابع اطلاعاتی و عدم قطعیت‌ها پارامترهای مورد استفاده در روش‌های tier ۲ و tier ۳ جهت برآورد انتشارات CO ₂ ناشی از مواد فشرده کوره پخت (رابطه ۳-۲۳)				
روش tier ۳		روش tier ۲		پارامتر
عدم قطعیت (+/- %)	منبع اطلاعات	عدم قطعیت (+/- %)	منبع اطلاعات	
۲	داده‌های ثبتی کارخانجات	۲۵	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۰/۰۱۵	PCC یا مصرف کک فشرده (تن در هر تن BA)
۲	داده‌های ثبتی کارخانجات	۲	داده‌های ثبتی کارخانجات	BA یا تولید آند پخته (تن در هر سال)
۱۰	داده‌های ثبتی کارخانجات	۵۰	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۲	S _{pc} یا میزان سولفور در کک فشرده (wt%)
۱۰	داده‌های ثبتی کارخانجات	۹۵	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۲/۵	Ash _{pc} یا خاکستر موجود در کک فشرده (wt%)
جدول ۱۲ منابع اطلاعاتی و عدم قطعیت‌ها پارامترهای مورد استفاده در روش‌های tier ۲ و tier ۳ جهت برآورد انتشارات CO ₂ ناشی از پیل‌های سودبرگ				
روش tier ۳		روش tier ۲		پارامتر
عدم قطعیت (+/- %)	منبع اطلاعات	عدم قطعیت (+/- %)	منبع اطلاعات	

MP: کل فلز تولیدی (تن Al در سال)	داده های ثبتی کارخانجات	۲	داده های ثبتی کارخانجات	۲
PC: مصرف خمیر (تن در هر تن Al)	داده های ثبتی کارخانجات	۲-۵	داده های ثبتی کارخانجات	۲-۵
CSM: انتشار ماده قابل حل سیکلو هگزان (kg در هر تن Al)	استفاده از مقدار معمول صنعتی: ۴ HSS ۰/۵ VSS	۳۰	داده های ثبتی کارخانجات	۱۵
BC: میزان چسب خمیر (wt%)	خمیر خشک: ۲۴ خمیر تر: ۲۷	۲۵	داده های ثبتی کارخانجات	۵
S _p : میزان سولفور در قطران یا قیر (wt%)	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۰/۶	۲۰	داده های ثبتی کارخانجات	۱۰
Ash _p : یا میزان خاکستر در قطران یا قیر (wt%)	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۰/۲	۲۰	داده های ثبتی کارخانجات	۱۰
H _p : یا میزان هیدروژن در قطران یا قیر (wt%)	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۳/۳	۵۰	داده های ثبتی کارخانجات	۱۰
S _c : یا سولفور موجود در کک کلسینه (wt%)	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۱/۹	۲۰	داده های ثبتی کارخانجات	۱۰
Ash _c : یا خاکستر موجود در کک کلسینه (wt%)	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۰/۲	۵۰	داده های ثبتی کارخانجات	۱۰
CD: یا کربن موجود در غبار حاصل از آند (تن کربن در هر تن Al)	استفاده از مقدار رایج صنعتی: ۰/۰۱	۹۹	داده های ثبتی کارخانجات	۳۰

۳-۳- انتخاب روش برای برآورد انتشارات پرفلوئوروکربنها (PFCs) روش یک (tier ۱): استفاده از ضرایب قراردادی انتشار بر مبنای نوع فناوری

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۳-۲۵} \\ E_{CF4} &= \sum_i (EF_{CF4,i} \cdot MP_i) \\ E_{C2F6} &= \sum_i (EF_{C2F6} \cdot MP_i) \end{aligned}$$

E_{CF4} = میزان انتشار CF_4 ناشی از تولید آلومینیوم (کیلوگرم CF_4)
 E_{C2F6} = میزان انتشار C_2F_6 ناشی از تولید آلومینیوم (کیلوگرم C_2F_6)
 EF_{CF4} = ضریب انتشار قراردادی برای فناوری نوع i برای CF_4 ، (کیلوگرم CF_4 بر تن Al)
 EF_{C2F6} = ضریب انتشار قراردادی برای فناوری نوع i برای C_2F_6 ، (کیلوگرم C_2F_6 بر تن Al)
 MP_i = تولید فلز توسط فناوری پیل نوع i، (تن Al)

روش سطح دو (tier ۲): بر مبنای عملکرد اثر آندی

ضریب شیب. رابطه ۳-۲۶ روش شیب را برای دو گاز CF_4 و C_2F_6 ارائه می دهد.

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۳-۲۶} \\ E_{CF4} &= S_{CF4} \cdot AEM \cdot MP \\ \text{and} \\ E_{C2F6} &= E_{CF4} \cdot F_{C2F6/CF4} \end{aligned}$$

E_{CF_4} = میزان انتشار CF_4 ناشی از تولید آلومینیوم (کیلوگرم CF_4)
 $E_{C_2F_6}$ = میزان انتشار C_2F_6 ناشی از تولید آلومینیوم (کیلوگرم C_2F_6)
 S_{CF_4} = ضریب شیب CF_4 [(کیلوگرم CF_4 بر تن Al) تقسیم بر (دقیقه اثر آندی بر پیل-روز)]
 AEM = مدت زمان اثر آندی (دقیقه) به ازای هر پیل-روز
 MP = تولید فلز (تن Al)
 $F_{C_2F_6/CF_4}$ = نسبت وزنی CF_4 به C_2F_6 (کیلوگرم CF_4 بر کیلوگرم C_2F_6)

ضریب افزایش ولتاژ:

رابطه ۳-۲۷

$$E_{CF_4} = OVC \cdot \frac{AEO}{CE / 100} \cdot MP$$

and

$$E_{C_2F_6} = E_{CF_4} \cdot F_{C_2F_6/CF_4}$$

E_{CF_4} = میزان انتشار CF_4 ناشی از تولید آلومینیوم (کیلوگرم CF_4)
 $E_{C_2F_6}$ = میزان انتشار C_2F_6 ناشی از تولید آلومینیوم (کیلوگرم C_2F_6)
 OVC = ضریب افزایش ولتاژ برای CH_4 [(کیلوگرم CH_4 بر تن Al) بر mV]
 AEO = افزایش ولتاژ اثر آندی، (mV)
 CE = راندمان جریان فرایندی تولید آلومینیوم (%). برای مثال: ۹۵٪
 MP = تولید فلز (تن Al)
 $F_{C_2F_6/CF_4}$ = نسبت وزنی CF_4 به C_2F_6 (کیلوگرم CF_4 بر کیلوگرم C_2F_6)

۳-۴- انتخاب ضرایب انتشار برای PFCs

روش سطح یک (tier ۱): ضرایب قراردادی انتشار بر اساس فناوری

ضرایب قراردادی انتشار برای روش tier ۱ در جدول ۱۳ ارائه شده است.

جدول ۱۳- ضرایب انتشار و دامنه عدم قطعیت جهت برآورد انتشارات ناشی از تولید آلومینیوم بر اساس انواع فناوری پیل (روش tier ۱)				
فناوری	CF_4		C_2F_6	
	عدم قطعیت (%)	EF_{CF_4} (kg/ton Al)	عدم قطعیت (%)	$EF_{C_2F_6}$ (kg/ton Al)
CWPB	-۹۹/+۳۸۰	۰/۴	-۹۹/+۳۸۰	۰/۴
SWPB	-۴۰/+۱۵۰	۰/۴	-۴۰/+۱۵۰	۱/۶
VSS	-۷۰/+۲۶۰	۰/۴	-۷۰/+۲۶۰	۰/۸
HSS	-۸۰/+۱۸۰	۰/۳	-۸۰/+۱۸۰	۰/۴
منبع: (IAI, ۲۰۰۱)				

روش سطح دو (۲ tier) : ضریب انتشار PFC بر اساس رابطه میان عملکرد اثر آندی و انتشارات PFC در این روش از هر دو ضریب شیب یا افزایش ولتاژ پیل و فناوری کنترل فرایند مطابق با جدول ۱۴ استفاده می شود.

جدول ۱۴- ضرایب شیب و افزایش ولتاژ بر اساس فناوری برای برآورد انتشارات PFC ناشی از تولید آلومینیوم						
نسبت وزنی CF_4 / C_2F_6		ضریب ازدیاد فشار ^۲ [kg CF_4 / t Al) / mV]		ضریب شیب ^۳ [(kg PFC/t Al) / (AE-Mins/cell-day)]		فناوری ^۱
عدم قطعیت (+/-/%)	C_2F_6 / CF_4	عدم قطعیت (+/-/%)	CF_4	عدم قطعیت (+/-/%)	CF_4	
۱۱	۰/۱۲۱	۲۴	۱/۱۶	۶	۰/۱۴۳	CWPB
۲۳	۰/۲۵۲	۴۳	۳/۶۵	۱۵	۰/۲۷۲	SWPB
۱۵	۰/۰۵۳	غیر مرتبط	غیر مرتبط	۱۷	۰/۰۹۲	VSS
۴۸	۰/۰۸۵	غیر مرتبط	غیر مرتبط	۴۴	۰/۰۹۹	HSS
۱) CWPB: center worked prebake, SWPB: side worked prebake, VSS: Vertical stud soderberg, HSS: Horizontal stud soderberg (U.S. EPA and IAI, ۲۰۰۳) ۲) در مقادیر ارایه شده برای ضرایب، فرضیات زیر در رابطه با بازدهی اندازه گیری انتشارات در نظر گرفته می شود: CWPB ۹۸٪، ۳) SWPB ۹۰٪، VSS ۸۵٪، HSS ۹۰٪.						

۴- تولید منیزیم

۱-۴- انتخاب روش

انتشارات CO_2 ناشی از تولید اولیه

روش سطح یک (۱ tier)

انتشارات CO_2 از طریق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\text{رابطه ۳-۲۸} \\ E_{CO_2} = (P_d \bullet EF_d + P_{mg} \bullet EF_{mg}) \bullet 10^{-3}$$

E_{CO_2} = انتشارات CO_2 ناشی از تولید اولیه منیزیم، (Gg)

P_d = میزان تولید اولیه منیزیم از دولومیت در سطح ملی، (تن)

P_{mg} = میزان تولید اولیه منیزیم از منیزیت در سطح ملی، (تن)

EF_d = ضریب انتشار قراردادی CO_2 از تولید اولیه منیزیم از دولومیت، (تن CO_2 بر تن Mg اولیه تولیدی)

EF_{mg} = ضریب انتشار قراردادی CO_2 از تولید اولیه منیزیم از منیزیت، (تن CO_2 بر تن Mg اولیه تولیدی)

روش سطح دو (۲ tier)

بمنظور برآورد انتشارات از رابطه زیر استفاده می شود:

$$\text{رابطه ۳-۲۹} \\ E_{CO_2} = \sum_i (P_i \bullet EF_i) \bullet 10^{-3}$$

E_{CO_2} = انتشارات CO_2 ناشی از تولید اولیه منیزیم، (Gg)

P_i = میزان منیزیم اولیه تولید شده در کارخانه i ، (تن)

EF_i = ضریب انتشار مخصوص کارخانه i برای انتشارات CO_2 ناشی از تولید اولیه منیزیم در آن کارخانه، (تن CO_2 بر تن Mg تولیدی)

فرایندهای ریخته گری منیزیم (اولیه و ثانویه)

SF_6

روش سطح یک (tier ۱) بر مبنای ضرایب قراردادی انتشار

این روش بر مبنای مقدار کلی ریخته گری منیزیم می باشد. (معادله ۳-۳۰) فرض اصلی برای رویکرد tier ۱ آن است که کل SF_6 مصرفی در صنایع منیزیم منتشر می شود.

رابطه ۳-۳۰

$$E_{SF_6} = MGC \cdot EF_{SF_6} \cdot 10^{-3}$$

E_{SF_6} = انتشار SF_6 ناشی از ریخته گری منیزیم، (تن)

MGC = مقدار کل ریخته گری منیزیم در کشور (تن)

EF_{SF_6} = ضریب انتشار قراردادی SF_6 در ریخته گری منیزیم، (کیلوگرم SF_6 بر تن Mg)

روش سطح دو (tier ۲): مصرف SF_6 در هر کارخانه

مشابه با tier ۱، در این روش هم فرض می شود که کل SF_6 مصرفی در نهایت منتشر می گردد. با این حال، در این روش به جای مقدار ریخته گری منیزیم از مقدار SF_6 مصرفی در صنعت منیزیم در سطح ملی استفاده می شود. (رابطه ۳-۳۱)

رابطه ۳-۳۱

$$E_{SF_6} = C_{SF_6}$$

E_{SF_6} = انتشار SF_6 ناشی از ریخته گری منیزیم، (تن)

C_{SF_6} = مصرف SF_6 در صنعت منیزیم، (تن)

۴-۲- انتخاب ضرایب انتشار

انتشارات CO_2 ناشی از تولید اولیه

روش سطح یک (tier ۱): ضرایب قراردادی انتشار

همانطور که قبلاً اشاره شد، روش tier ۱، انتشارات را با استفاده از ضرایب قراردادی انتشار مربوط به تولید کل منیزیم در کشور محاسبه می کند. مطابق جدول ۱۵، ضرایب قراردادی انتشار برای انواع مواد مصرفی و نسبتهای استوکیومتری که براساس اطلاعات تجربی درخصوص هدررفتهای فرایندی تعیین شده اند در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۵- ضرایب قراردادی انتشار برای تولید فلز منیزیم اولیه بر اساس نوع سنگ معدن	
مواد خام	تن CO_2 بر تن تولید منیزیم اولیه
دولومیت	۵/۱۳
منیزیت	۲/۸۳

روش سطح دو (۲ tier): ضرایب ملی انتشار

در این روش برای برآورد انتشارات CO₂ ناشی از تولید اولیه منیزیم از ضرایب ملی انتشار مخصوص هر کشور یا حتی هر کارخانه استفاده می شود. این ضرایب انتشارات بسته به نوع عملیات ریخته گری مواد فرایندی، بسیار متفاوت از ضرایب قراردادی انتشار می باشند.

فرایندهای ریخته گری منیزیم (اولیه و ثانویه)

SF₆

روش سطح یک (۱ tier): ضرایب قراردادی انتشار

(جدول ۱۶) در صورتی که مشخصات فرایندهای تولید منیزیم در کشور بخوبی مستند باشد، کاربرد دقیق تر روش ۱ tier شامل مجموع داده های تولید و ضرایب انتشار مطابق با فرایندهای مختلف تولیدی می باشد. ضرایب ملی انتشار بر مبنای اندازه گیری های کارخانجات نسبت به ضرایب قراردادی انتشار ترجیح داده می شوند. زیرا ضرایب ملی شرایط خاص هر کشور را منعکس می نمایند.

جدول ۱۶- ضرایب انتشار SF ₆ برای فرایند ریخته گری منیزیم	
سیستم ریخته گری	کیلوگرم SF ₆ در هر تن منیزیم
کلیه فرایندهای ریخته گری	۱

روش سطح دو (۲ tier): مصرف SF₆ در کارخانجات

مشابه با ۱ tier، مبنای اصلی در روش ۲ tier آن است که کل SF₆ مصرفی در فرایند منتشر می شود. با این حال در این روش فرض می شود که میزان مصرف ملی SF₆ در صنایع منیزیم در دسترس می باشد. دقت این روش با جمع آوری اطلاعات مربوط به میزان مصرف SF₆ مستقیماً از کلیه مصرف کنندگان گاز در صنایع منیزیم بیشتر می شود. اگر این اطلاعات موجود نباشد، می توان میزان مصرف ملی SF₆ را در صنایع منیزیم برآورد کرد که نیاز به اطلاعات سالیانه در خصوص میزان فروش SF₆ به صنایع منیزیم می باشد.

۵- تولید سرب

۵-۱- انتخاب روش

روش سطح یک (۱ tier)

رابطه ۳-۳۲ کل انتشارات CO₂ ناشی از تولید سرب را از طریق مجموع انتشارات منابع مختلف و انتشارات پیش تصفیه مواد اولیه محاسبه می کند. در صورتی که نتوان بین انواع فرایندهای تولیدی تفاوت قائل شد، بایستی از ضرایب قراردادی انتشار استفاده کرد. برای ضرایب قراردادی انتشار فرض می گردد که ۸۰ درصد تولید اولیه و ثانویه با استفاده از کوره های ذوب پیشرفته و کوره های بلند صورت می گیرد، در حالی که ۲۰ درصد باقی مانده تولید با استفاده از روش ذوب مستقیم در کوره های Ausmelt, Kivcet و Queneau-Schumann-Lurgi تولید می شود.

رابطه ۳-۳۲

$$E_{CO_2} = DS \bullet EF_{DS} + ISF \bullet EF_{ISF} + S \bullet EF_s$$

E_{CO₂}=انتشارات CO₂ ناشی از تولید سرب، (تن)

$DS =$ مقدار سرب تولیدی از طریق ذوب مستقیم، (تن)
 $EF_{DS} =$ ضریب انتشار ذوب مستقیم، (تن CO_2 بر تن سرب تولیدی)
 $ISF =$ مقدار سرب تولیدی در کوره ذوب پیشرفته، (تن)
 $EF_{ISF} =$ ضریب انتشار کوره ذوب پیشرفته، (تن CO_2 بر تن سرب تولیدی)
 $S =$ میزان سرب تولیدی از مواد ثانویه، (تن)
 $EF_s =$ ضریب انتشار مواد ثانویه، (تن CO_2 بر تن سرب تولیدی)
 ضرایب انتشار CO_2 مورد استفاده در رابطه ۳-۳۲ در جدول ۲۱ ارائه شده است.

روش سطح دو (tier ۲)

در این روش اختلافات اساسی در انتشارات CO_2 که ناشی از متدولوژی تولید سرب و منشأ مواد اولیه شامل منابع ثانویه از قبیل باتریهای بازیافتی یا منابع اولیه از قبیل سنگهای معدنی می باشد، مورد توجه قرار می گیرد. به منظور حذف ناخالصیها، ممکن است منابع ثانویه سرب پیش تصفیه شوند که این عمل منجر به انتشار CO_2 می گردد. انتشارات را می توان با استفاده از ضرایب انتشار ملی بر مبنای مصرف عوامل احیاکننده، نوع کوره و سایر مواد فرایندی محاسبه نمود. ضرایب را می توان بر اساس میزان کربن مواد فرایندی بدست آورد. جدول ۱۸ مقادیر کربنی را که می توان برای تعیین ضرایب ملی انتشار بکار گرفت ارائه می دهد. این اطلاعات را می توان از طریق ارگانههای دولتی متولی آمار تولید صنعتی یا انرژی، انجمنهای صنعتی یا بازرگانی یا کارخانجات تولید سرب جمع آوری نمود. روش tier ۲ دقیق تر از روش tier ۱ است، زیرا در این روش نوع و میزان مواد اولیه مصرفی و انواع کوره مورد استفاده در تولید سرب در هر کشور مورد توجه قرار می گیرد.

۵-۲- انتخاب ضرایب انتشار

روش سطح یک (tier ۱)

زمانی که تنها اطلاعات در سطح ملی موجود باشد، می توان از ضریب انتشار قراردادی ۰/۵۲ CO_2 بر تن سرب تولید شده استفاده نمود. این ضریب تنها زمانی استفاده می شود که هیچ اطلاعاتی در مورد مقادیر سرب تولیدی از منابع اولیه و ثانویه در دسترس نباشد. در صورتی که این اطلاعات در دسترس باشد برای تعیین ضرایب مناسب بایستی از جدول ۱۷ استفاده نمود.

جدول ۱۷- ضرایب انتشار کلی برای تولید سرب بر حسب نوع منبع و کوره			
تولید کوره ذوب پیشرفته	ذوب مستقیم	تصفیه ثانویه مواد خام	ضریب قراردادی انتشار
۰/۵۹	۰/۲۵	۰/۲	۰/۵۲

روش سطح دو (tier ۲)

در این روش ضرایب انتشار بر مبنای اطلاعات کارخانجات در خصوص میزان کربن مواد فرایندی و نوع کوره تعیین می شوند. در صورتی که اطلاعات مربوط به شرایط کارخانجات تولیدی سرب موجود نبوده ولی در مورد مواد فرایندی اطلاعات دقیق وجود دارد، می توان از مقادیر قراردادی کربن که در جدول ۱۸ ارائه شده است استفاده نمود.

جدول ۱۸- میزان کربن مواد فرایندی برای تولید سرب (kg کربن بر kg)	
میزان کربن	مواد فرایندی
۰/۱۷	گاز کوره بلند
۰/۹۱	زغال چوب
۰/۶۷	زغال سنگ ^۱
۰/۶۲	قطران زغال سنگ
۰/۸۳	کک
۰/۴۷	گاز کوره کک
۰/۷۳	زغال سنگ کک شو
۰/۸۲	الکترودهای کربنی کوره قوس الکتریکی ^۲
۰/۸۳	کربن مصرفی در کوره قوس الکتریکی ^۳
۰/۸۶	نفت کوره
۰/۸۳	کک گاز
۰/۷۳	گاز طبیعی
۰/۸۷	کک نفت
(۱) سایر زغال سنگهای معمولی مفروض است. (۲) ۸۰٪ کک نفت و ۲۰٪ قطران زغال سنگ مفروض است. (۳) کک کوره کک مفروض است.	

۶- تولید روی

۶-۱- انتخاب روش

روش سطح یک (tier ۱)

ساده ترین روش برآورد شامل حاصلضرب ضرایب قراردادی انتشار در میزان روی تولیدی در کشور می باشد. (رابطه ۳-۳۳)

زمانی که تنها آمار تولید ملی روی در دسترس باشد، می توان از ضرایب قراردادی انتشار استفاده نمود. در صورتی که اطلاعات مربوط به مواد فرایندی برای محاسبه انتشارات از طریق روش tier ۲ موجود نباشد، ولی نوع فرایندها شناخته شده باشد، می توان از رابطه ۳-۳۴ برای محاسبه انتشارات استفاده نمود.

رابطه ۳-۳۳

$$E_{CO_2} = Zn \bullet EF_{Default}$$

E_{CO_2} = انتشار CO_2 ناشی از تولید روی، (تن)

Zn = مقدار روی تولید شده، (تن)

$EF_{default}$ = ضریب انتشار قراردادی، (تن CO_2 بر تن روی تولید شده)

رابطه ۳-۳۴

$$E_{CO_2} = ET \bullet EF_{ET} + PM \bullet EF_{PM} + WK \bullet EF_{WK}$$

E_{CO_2} = انتشار CO_2 ناشی از تولید روی، (تن)

ET = مقدار روی تولید شده توسط روش تقطیر الکتروترمیک، (تن)

EF_{ET} = ضریب انتشار روش تقطیر الکتروترمیک، (تن CO₂ بر تن روی تولید شده)

PM = مقدار روی تولیدی توسط فرایند پیرومتالوژیکی (کوره ذوب پیشرفته)، (تن)

EF_{PM} = ضریب انتشار فرایند پیرومتالوژیکی، (تن CO₂ بر تن روی تولید شده)

WK = مقدار روی تولیدی از طریق فرایند کوره waelz، (تن)

EF_{WK} = ضریب انتشار فرایند کوره waelz، (تن CO₂ بر تن روی تولید شده)

روش سطح دو (tier ۲)

میزان انتشارات را می توان با استفاده از ضرایب انتشار ملی بر اساس مجموع آمار کارخانجات در خصوص میزان مصرف مواد احیاکننده، نوع کوره و سایر مواد فرایندی مورد نظر محاسبه نمود. این اطلاعات می تواند از طریق ارگانهای دولتی مسئول آمار تولید صنعتی و انرژی، انجمنهای صنعتی یا بازرگانی یا کارخانجات تولید روی در دسترس قرار گیرد. این روش نسبت به روش tier ۱ دقیق تر بوده زیرا این روش به جای تکیه بر فرضیات، بر اساس مشخصات مواد فرایندی مورد مصرف و همچنین نوع کوره های مورد استفاده در تولید روی که منجر به انتشار CO₂ می گردند، می باشد.

۲-۶- انتخاب ضرایب انتشار

روش سطح یک (tier ۱)

ضریب انتشار مربوط به فرایند پیرومتالوژیکی (کوره ذوب پیشرفته) در اروپا یک ضریب وزنی و کلی بوده که دو روش تولید اولیه و ثانویه روی را پوشش می دهد.

جدول ۱۹- ضریب انتشار CO ₂ برای تولید روی در روش tier ۱ (تن CO ₂ بر تن روی)		
منبع	ضریب انتشار	فرایند
Derived from Viklund-White C. (۲۰۰۰) The Use of LCA for the Environmental Evaluation of the Recycling of Galvanized Steel. ISIJ International. Volume ۴۰ No. ۳: ۲۹۲-۲۹۹.	۳/۶۶	کوره Waelz
Sjardin ۲۰۰۳. CO ₂ Emission Factors for Non-Energy Use in the Non-Ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry. Copernicus Institute, Utrecht, The Netherlands.	۰/۴۳	روش پیرومتالوژیکی
	نامشخص	روش الکتروترمیک
ضریب انتشار بر مبنای وزن دهی به ضرایب انتشار مشخص با فرض ۶۰٪ ذوب پیشرفته و ۴۰٪ کوره Waelz می باشد.	۱/۷۲	ضریب قراردادی

روش سطح دو (tier ۲)

در این روش نیاز به محاسبه ضرایب انتشار ملی بر اساس مقدار کل مصرف عوامل احیاکننده و سایر مواد فرایندی حاوی کربن برای تولید روی در کشور می باشد. این ضرایب ملی انتشار بایستی بر مبنای مجموع آمار کارخانجات در خصوص مصرف عوامل احیاکننده، انواع کوره و سایر مواد فرایندی باشد. یک ضریب انتشار بر مبنای میزان مصرف کک متالوژیکی به ازای هر تن غبار کوره الکتریک مصرفی ارائه شده است که معادل ۰/۴ تن کک بر تن غبار مصرفی می باشد. در صورتی که اطلاعات مورد نیاز در دسترس باشند، ضریب انتشاری معادل ۱/۲۳ تن غبار کوره در هر تن روی می تواند برای محاسبه انتشارات استفاده شود. زمانی که روی از طریق مصرف غبار کوره قوس الکتریکی در کوره Waelz تولید می شود محاسبه ضرایب انتشار بر

مبنای میزان مصرف غبار دقیق تر از میزان کل تولید روی می باشد. زیرا مقدار احیاکننده مصرفی مستقیماً بستگی به مقدار غبار مصرفی و میزان روی موجود در غبار دار دارد.

مراجع

۲۰۰۶ IPCC Guidelines for National GHG Inventories : Volume ۳, Chapter ۱, ۲ and ۴.