



اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست

کتابچه محاسباتی
سیاه انتشار گازهای گلخانه ای
(ویرایش دوم)

زمستان ۱۴۰۲

پیشگفتار

"کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای" در راستای تسهیل، انسجام و هماهنگی هرچه بیشتر بین سازمان‌های سطوح مختلف وزارت نفت در نحوه‌ی جمع‌آوری اطلاعات عملکردی، محاسبه میزان انتشارات و تهیه گزارش موجودی، به عنوان پیوست "راهنمای محاسبه و گزارش‌دهی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به شماره سند *MOP-HSE-GL-307(2)*" در اختیار ارکان مختلف صنعت نفت قرار می‌گیرد. این کتابچه شامل پنج فصل است که شرکت‌ها/سازمان‌های صنعت نفت می‌توانند از این فصول در محاسبه و گزارش‌دهی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده کنند.

صفحه ۱ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول نحوه محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع نشر	۵
۱- مقدمه	۶
۲- محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع نشر احتراقی	۶
۱-۲- روش برآورد انتشار از منابع احتراقی ثابت به جز فلر، زباله سوز و اکسیدایزر	۶
۲-۲- روش برآورد انتشار از فلر	۱۲
۱-۲-۲- برآورد انتشار CO ₂ از فلر	۱۳
۲-۲-۲- برآورد انتشار CH ₄ از فلر	۱۴
۳-۲-۲- برآورد انتشار N ₂ O از فلر	۱۶
۳-۲- روش برآورد انتشار از تجهیزات احتراق پسماندها و دورریزها (زباله سوز، اکسیدایزر و چاله سوزان)	۱۷
۱-۳-۲- برآورد انتشار CO ₂ از تجهیزات احتراق پسماندها و دورریزها	۱۷
۲-۳-۲- برآورد انتشار CH ₄ و N ₂ O از تجهیزات احتراق پسماندها و دورریزها	۱۸
۳- انتشارات فرار	۱۹
۱-۳- روش شماره (۱) استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تاسیسات	۲۰
۲-۳- روش شماره (۲) استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تجهیزات	۲۳
۳-۳- روش شماره (۳) استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح اجزاء	۲۴
۴-۳- روش شماره (۴) اندازه گیری در سطح اجزاء	۲۵
۴- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای	۲۵
۱-۴- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای فرآیند پالایش گاز	۲۶
۲-۴- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای فرآیند پالایش نفت و میعانات	۲۹
۱-۲-۴- انتشار CO ₂ از واحدهای تولید هیدروژن	۲۹
۲-۲-۴- انتشار CO ₂ از واحد شکست کاتالیستی بستر سیال (FCC)	۳۱
۳-۴- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای فرآیند پتروشیمی	۳۳
۱-۳-۴- فرآیند تولید آمونیاک	۳۶

صفحه ۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

۳۷.....	۴-۳-۲- فرآیند استحصال اتان.....
۳۷.....	۴-۳-۳- فرآیند تولید اتیلن اکساید.....
۳۸.....	۴-۳-۴- فرآیند تولید اسید نیتریک.....
۳۹.....	۴-۴- انتشارات تخلیه‌ای سیستم گاز پوششی مخازن.....
۴۱.....	۵- انتشارات غیرمستقیم.....
۴۱.....	۵-۱- انتشارات غیرمستقیم ناشی از واردات برق.....
۴۱.....	۵-۱-۱- واردات برق از شبکه سراسری برق کشور.....
۴۲.....	۵-۱-۲- واردات برق از تاسیسات دیگر.....
۴۳.....	۵-۲- انتشار غیرمستقیم ناشی از واردات بخار از تاسیسات دیگر.....
۴۴.....	۶- خلاصه الزامات.....
۴۶.....	فصل دوم فرمت گزارش‌دهی انتشار گازهای گلخانه‌ای.....
۵۸.....	فصل سوم نحوه محاسبه ارزش حرارتی و ضریب انتشار CO ₂ سوخت‌های گازی از ترکیب گاز.....
۵۹.....	۱- نحوه محاسبه ارزش حرارتی خالص سوخت‌های گازی از ترکیب گاز.....
۵۹.....	۲- نحوه محاسبه ضریب انتشار CO ₂ سوخت‌های گازی از ترکیب گاز.....
۶۲.....	فصل چهارم نحوه محاسبه عدم قطعیت.....
۶۳.....	۱- مقدمه.....
۶۴.....	۲- تعیین عدم قطعیت پارامترهای مورد استفاده در محاسبات انتشار.....
۶۴.....	۲-۱- عدم قطعیت مقدار جریان.....
۶۵.....	۲-۲- عدم قطعیت ضرایب انتشار و سایر پارامترها.....
۶۵.....	۲-۲-۱- عدم قطعیت مقادیر پیش‌فرض.....
۶۶.....	۲-۲-۲- عدم قطعیت کسر مولی ترکیبات.....
۶۹.....	۲-۲-۳- عدم قطعیت سایر پارامترها.....
۶۹.....	۳- ترکیب عدم قطعیتها برای انتشاراتی که به صورت غیرمستقیم برآورد شده‌اند.....
۷۱.....	فصل پنجم مثال‌های کاربردی.....
۹۴.....	منابع و مآخذ.....

صفحه ۳ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱- ۱) ارزش حرارتی خالص سوخت‌ها	۹
جدول (۱- ۲) ضرایب انتشار سوخت‌ها برای منابع احتراقی	۱۱
جدول (۱- ۳) ضرایب انتشارات در سطح تاسیسات	۲۱
جدول (۱- ۴) ضرایب انتشارات تخلیه ای از تاسیسات انتقال گاز	۲۸
جدول (۱- ۵) ضریب انتشار N_2O برای فرآیند تولید اسید نیتریک	۳۹
جدول (۱- ۶) خلاصه الزامات مربوط به استفاده از متدولوژی‌ها در فازهای زمانی مختلف	۴۴
جدول (۲- ۱) اطلاعات واقعی تولید/ انتقال/ توزیع محصول یا فراورده سازمان‌ها	۵۱
جدول (۲- ۲) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های تابعه شرکت ملی نفت	۵۲
جدول (۲- ۳) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های پالایش گاز شرکت ملی گاز	۵۲
جدول (۲- ۴) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های گاز استانی و انتقال گاز	۵۳
جدول (۲- ۵) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های پالایش نفت	۵۳
جدول (۲- ۶) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت خطوط لوله و مخابرات و پخش	۵۴
جدول (۲- ۷) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های پتروشیمی	۵۴
جدول (۲- ۸) خلاصه اطلاعات عملکردی مربوط به بخش ونت شرکت‌های پتروشیمی	۵۵
جدول (۲- ۹) خلاصه اطلاعات عملکردی پسماند سازمان‌ها	۵۵

صفحه ۴ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

جدول (۲- ۱۰) انتشارات گلخانه‌ای سازمان در کلیه سطوح ۵۶

جدول (۲- ۱۱) انتشارات غیرمستقیم مربوط به انرژی وارده به سازمان در کلیه سطوح ۵۷

جدول (۳- ۱) مشخصات ترکیبات موجود در سوخت‌های گازی در شرایط استاندارد ۶۰

جدول (۴- ۱) مقدار پیش فرض خطای اندازه‌گیری دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان ۶۵

جدول (۴- ۲) مقادیر t برای فاصله اطمینان ۹۵٪ ۶۶

جدول (۴- ۳) عدم قطعیت مطلق قابلیت تکثیر برای ترکیبات موجود در آنالیز گاز ۶۸

صفحه ۵ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

فصل اول

نحوه محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع نشر

صفحه ۶ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

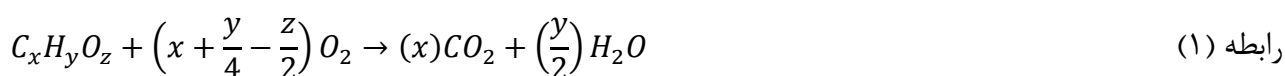
۱- مقدمه

صنعت نفت دارای منابع نشر متعدد از قبیل منابع احتراقی، فرار و ونت‌های فرآیندی است. در ادامه نحوه محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای از این منابع نشر آورده شده است.

۲- محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع نشر احتراقی

در این بخش روش‌های برآورد انتشارات گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت در منابع احتراقی ثابت، فلرها، زباله-سوزها، چاله‌های سوزان و اکسیدایزرها تشریح شده است.

گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن، متان و اکسید نیتروس در اثر احتراق سوخت تولید و منتشر می‌شود. با فرض احتراق کامل، معادله احتراق و محصولات احتراقی ناشی از احتراق هیدروکربن‌ها را می‌توان با رابطه (۱) نشان داد.



انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از اکسید شدن هیدروکربن‌ها در طول فرآیند احتراق است. تقریباً کل کربن موجود در سوخت طی فرآیند احتراق به دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌شود و این موضوع مستقل از سوخت و شکل احتراق است. انتشار متان نیز ممکن است در اثر احتراق ناقص سوخت و به‌صورت متان نسوخته صورت گیرد. گاز اکسید نیتروس نیز طی یک سری واکنش پیچیده در طی فرایند احتراق تولید و منتشر می‌شود. برخلاف دی‌اکسیدکربن، انتشار متان و اکسید نیتروس تابع نوع سوخت و شکل احتراق است. به‌طورکلی انتشار متان و اکسید نیتروس (بر مبنای معادل دی‌اکسیدکربن) در منابع احتراقی به مقدار قابل توجهی کمتر از انتشار دی‌اکسیدکربن است. برآورد انتشارات گلخانه‌ای حاصل از احتراق سوخت باید طبق روال زیر صورت گیرد.

۲-۱- روش برآورد انتشار از منابع احتراقی ثابت به‌جز فلر، زباله‌سوز و اکسیدایزر

در این بخش، روش برآورد انتشار از منابع احتراقی ثابت مانند بویلر، کوره، توربین گاز، هیتر و موتورهای احتراقی تشریح شده است. روش‌های مربوط به سایر منابع احتراقی شامل فلر، زباله‌سوز و اکسیدایزر در بخش‌های بعدی ارائه شده است.

صفحه ۷ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

میزان انتشار هر یک از سه گاز گلخانه‌ای CO_2 ، CH_4 و N_2O از منابع احتراقی ثابت، از حاصل ضرب مقدار مصرف هر یک از سوخت‌های مصرفی در ارزش حرارتی و ضریب انتشار آن سوخت (مطابق رابطه (۲)) به دست می‌آید:

$$E_{C,i,j} = Q_i \times LHV_i \times EF_{i,j} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه،

$E_{C,i,j}$: میزان انتشار سالانه گاز گلخانه‌ای j (یعنی هر یک از گازهای CO_2 ، CH_4 و N_2O) حاصل از احتراق سوخت i برحسب ton (تن)

Q_i : مقدار کل مصرف سالانه سوخت i برحسب Sm^3 (استاندارد مترمکعب) برای سوخت‌های گازی و L (لیتر) برای سوخت‌های مایع

LHV_i : ارزش حرارتی خالص سوخت i برحسب GJ/Sm^3 (گیگا ژول به ازای هر استاندارد مترمکعب) برای سوخت‌های گازی و GJ/L (گیگا ژول به ازای هر لیتر) برای سوخت‌های مایع

$EF_{i,j}$: ضریب انتشار گاز گلخانه‌ای j برای سوخت i برحسب ton/GJ (تن به ازای هر گیگا ژول)

i : سوخت (اعم از گاز طبیعی، نفت گاز، نفت کوره و ...)

j : گاز گلخانه‌ای (CO_2 ، CH_4 و N_2O)

کل انتشارات گلخانه‌ای احتراقی، از حاصل جمع انتشارات احتراقی مربوط به همه سوخت‌های مصرف‌شده (با احتساب قابلیت گرمایش جهانی هر گاز گلخانه‌ای) از رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$E_C = \sum_j \sum_i (E_{C,i,j} \times GWP_j) \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن،

E_C : میزان کل انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای احتراقی برحسب $tonCO_2e$ (تن معادل دی‌اکسیدکربن)

GWP_j : قابلیت گرمایش جهانی گاز گلخانه‌ای j (بر اساس جدول (۱) راهنمای محاسبه و گزارش‌دهی میزان

انتشار گازهای گلخانه‌ای به شماره سند (MOP-HSE-GL-307(2))

صفحه ۸ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
--------------	---	---

در ادامه، نحوه انتخاب هر یک از پارامترهای موردنیاز شامل میزان مصرف سوخت‌ها (Q_i)، ارزش حرارتی خالص سوخت‌ها (LHV_i) و ضریب انتشار سوخت‌ها ($EF_{i,j}$) تشریح شده است.

➤ میزان مصرف سوخت‌ها (Q_i)

مقدار کل سوخت مصرفی سالانه سازمان سطح ۳ (طبق تعریف) می‌بایست به تفکیک نوع سوخت‌های مصرف‌شده در رابطه (۲) قرار داده شود. در محاسبه مقدار کل مصرف سالانه هر سوخت لازم است ملاحظات زیر در نظر گرفته شود:

۱. مقدار مصرف سوخت شامل سوخت مصرف‌شده در وسایل نقلیه نمی‌شود.

۲. مقدار مصرف سوخت شامل سوخت کمکی مصرف‌شده در فلر نمی‌شود؛ زیرا سوخت مصرفی در فلر در محاسبات مربوط به فلر لحاظ شده است.

➤ ارزش حرارتی خالص سوخت‌ها (LHV_i)

انتخاب مقدار ارزش حرارتی سوخت‌ها می‌بایست بر اساس الزامات زیر صورت گیرد.

الف - سوخت‌های مایع

گزینه اول) انتخاب یک مقدار پیش‌فرض برای ارزش حرارتی خالص سوخت از روی جدول (۱ - ۱)

گزینه دوم) استفاده از مقدار ارزش حرارتی خالص اعلام‌شده توسط آزمایشگاه سازمان سطح ۳

ب - سوخت‌های گازی

گزینه اول) انتخاب یک مقدار پیش‌فرض برای ارزش حرارتی خالص سوخت از روی جدول (۱ - ۱)

گزینه دوم) تعیین مقدار ارزش حرارتی خالص سوخت بر اساس ترکیب درصد سوخت

صفحه ۹ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
--------------	---	---

در فاز دوم برنامه، آن دسته از سازمان‌های سطح سه که مجموع انتشارات احتراقی حاصل از هر یک از سوخت‌های مصرفی آن‌ها در سال قبل بیش از ۵۰۰ هزارتن معادل دی اکسید کربن باشد، ملزم به استفاده از گزینه دوم برای آن سوخت می‌باشند.

تبصره ۱: در صورت استفاده از *Off gas* و یا *fuel gas* به‌عنوان سوخت، الزاما باید از گزینه دوم سوخت‌های گازی استفاده شود.

تبصره ۲: چنانکه سوخت مصرفی در جدول (۱-۱) موجود نباشد، لازم است از مقدار ارزش حرارتی خالص اعلام‌شده توسط آزمایشگاه سازمان سطح ۳ برای آن سوخت استفاده‌شده یا یکی از سوخت‌های جدول (۱-۱) به‌عنوان معادل سوخت موردنظر تعیین و از مقدار ارزش حرارتی آن برای سوخت موردنظر استفاده شود.

برای آشنایی بیشتر با رویه محاسبات، به فصل پنجم (مثال‌های کاربردی) مراجعه شود.

جدول (۱-۱) ارزش حرارتی خالص سوخت‌ها

ردیف	نوع سوخت	ارزش حرارتی خالص	واحد	عدم قطعیت
۱	گاز طبیعی	$34/20 \times 10^{-3}$	GJ/Sm ³	± ۵٪
۲	LPG	$26/49 \times 10^{-3}$	GJ/liter	
۳	بنزین	$33/10 \times 10^{-3}$	GJ/liter	
۴	نفت سفید	$35/70 \times 10^{-3}$	GJ/liter	
۵	نفتا	$33/10 \times 10^{-3}$	GJ/liter	
۶	نفت گاز	$36/70 \times 10^{-3}$	GJ/liter	
۷	نفت کوره	$39/60 \times 10^{-3}$	GJ/liter	
۸	نفت خام	$36/60 \times 10^{-3}$	GJ/liter	
منبع:				
API Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry				

صفحه ۱۰ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

➤ ضریب انتشار سوخت‌ها (EF_{ij})

(۱) ضریب انتشار CO_2 سوخت‌ها

انتخاب ضریب انتشار CO_2 هر سوخت می‌بایست بر اساس الزامات زیر صورت گیرد:

الف - سوخت‌های مایع

گزینه اول) انتخاب یک مقدار پیش فرض برای ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن سوخت از روی جدول (۱ - ۲)

گزینه دوم) تعیین مقدار ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن سوخت بر اساس محتوای کربن و ارزش حرارتی خالص سوخت موردنظر که توسط آزمایشگاه سازمان سطح ۳ اعلام می‌شود.

ب - سوخت‌های گازی

گزینه اول) انتخاب یک مقدار پیش فرض برای ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن سوخت از روی جدول (۱ - ۲)

گزینه دوم) تعیین مقدار ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن بر اساس ترکیب درصد سوخت

در فاز دوم برنامه، آن دسته از سازمان‌های سطح سه که مجموع انتشارات احتراقی حاصل از هر یک از سوخت‌های مصرفی آن‌ها در سال قبل بیش از ۵۰۰ هزارتن معادل دی‌اکسید کربن باشد، ملزم به استفاده از گزینه دوم برای آن سوخت می‌باشند.

تبصره ۱: در صورت استفاده از Offgas و یا fuel gas به‌عنوان سوخت، الزاما باید از گزینه دوم سوخت‌های گازی استفاده شود.

تبصره ۲: چنانکه سوخت مصرفی در جدول (۱ - ۲) موجود نباشد، لازم است مقدار ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن آن سوخت بر اساس محتوای کربن و ارزش حرارتی خالص سوخت موردنظر (که توسط آزمایشگاه سازمان سطح ۳

صفحه ۱۱ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

اعلام می‌شود) محاسبه و بکار گرفته شده یا یکی از سوخت‌های جدول (۱-۲) به عنوان معادل سوخت موردنظر تعیین و از مقدار ضریب انتشار دی‌اکسید کربن آن برای سوخت موردنظر استفاده شود.

برای آشنایی بیشتر با رویه محاسبات، به فصل پنجم (مثال‌های کاربردی) مراجعه شود.

۲) ضرایب انتشار CH_4 و N_2O سوخت‌ها

برای ضرایب انتشار CH_4 و N_2O همه سوخت‌ها، مقدار پیش‌فرض مربوطه از جدول (۱-۲) انتخاب شود. چنانچه سوخت مصرفی تاسیسات در جدول (۱-۲) وجود نداشته باشد، یکی از سوخت‌های جدول (۱-۲) که از نظر ترکیب سوخت به سوخت مصرفی تاسیسات نزدیک‌تر است، به عنوان سوخت موردنظر تعیین و از مقدار ضریب انتشار CH_4 و N_2O آن استفاده شود.

برای آشنایی بیشتر با رویه محاسبات، به فصل پنجم (مثال‌های کاربردی) مراجعه شود.

جدول (۱-۲) ضرایب انتشار سوخت‌ها برای منابع احتراقی (برحسب تن گاز گلخانه‌ای به ازای هر گیگاژول ارزش حرارتی خالص)

ردیف	نوع سوخت	ضریب انتشار CO_2	عدم قطعیت	ضریب انتشار CH_4	عدم قطعیت	ضریب انتشار N_2O	عدم قطعیت
۱	گاز طبیعی	$56/1 \times 10^{-3}$	$\pm 7\%$	1×10^{-6}	$\pm 100\%$	1×10^{-7}	$\pm 100\%$
۲	LPG	$63/1 \times 10^{-3}$		1×10^{-6}		1×10^{-7}	
۳	بنزین	$69/3 \times 10^{-3}$		3×10^{-6}		6×10^{-7}	
۴	نفت سفید	$71/9 \times 10^{-3}$		3×10^{-6}		6×10^{-7}	
۵	نفتا	$73/3 \times 10^{-3}$		3×10^{-6}		6×10^{-7}	
۶	نفت گاز	$74/1 \times 10^{-3}$		3×10^{-6}		6×10^{-7}	
۷	نفت کوره	$77/4 \times 10^{-3}$		3×10^{-6}		6×10^{-7}	
۸	نفت خام	$73/3 \times 10^{-3}$		3×10^{-6}		6×10^{-7}	
۹	Refinery gas	$57/6 \times 10^{-3}$		1×10^{-6}		1×10^{-7}	

منبع:

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

صفحه ۱۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

۲-۲- روش برآورد انتشار از فلر

در بخش‌های مختلف صنعت نفت، گاز و پتروشیمی برای سوزاندن جریان‌های گازی زاید حاصل از بهره‌برداری نرمال یا اضطراری، از فلر استفاده می‌شود. فلر نیز مانند منابع احتراقی ثابت، منبع انتشار سه گاز گلخانه‌ای CO_2 ، CH_4 و N_2O به حساب می‌آید. دو گاز CO_2 و N_2O در اثر احتراق هیدروکربن‌ها تولید می‌شود درحالی‌که گاز CH_4 در اثر احتراق ناقص هیدروکربن‌ها یا خاموش بودن شعله فلر منتشر می‌شود. ملاحظات عمومی مربوط به برآورد انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای از فلر در ادامه آورده شده است.

- مقدار جریان ارسالی به فلر (Q_F) باید شامل گاز پایلوت سوزانده شده در فلر نیز باشد.
- چنانکه یک سازمان سطح ۳ بیش از یک فلر داشته باشد، محاسبات مربوط به فلر باید به صورت جداگانه برای هر فلر انجام شده و مقدار انتشار محاسبه شده به تفکیک فلرها گزارش شود. به عبارتی هر فلر به عنوان یک منبع در نظر گرفته می‌شود. چنانکه تفکیک اطلاعات برای فلرها میسر نباشد، با ارائه دلایل مستدل، محاسبات به صورت تفکیک نشده و برای مجموع فلرینگ انجام و گزارش شود.
- در فاز دوم برنامه گزارش‌دهی، سازمان‌های سطح ۳ می‌توانند در صورت عدم وجود تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی به فلر، از روش‌های دیگر (محاسبات مهندسی و ...) استفاده کنند.
- با توجه به عدم وجود ترکیب درصد گازهای ارسالی به فلر در برخی از تاسیسات از یکسو و تفاوت ماهوی تاسیسات و به تبع آن تغییرات عمده/نامحسوس ترکیب گازهای ارسالی به فلر، لازم است شرکت‌های اصلی دستورالعملی را (متناسب با نوع فعالیت‌ها و تاسیسات تابعه خود) به منظور نحوه تعیین ترکیب درصد گازهای ارسالی به فلر تهیه و آن را به تایید اداره کل HSE وزارت نفت رسانده و سپس نسبت به ابلاغ آن به شرکت‌های تابعه اقدام کنند.
- فلر مربوط به امحاء بیوگاز تولیدی از سیستم‌های تصفیه بی‌هوازی (اعم از پساب یا لجن) نیز جزو تعریف فلر قرار می‌گیرد.

صفحه ۱۳ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

۲-۲-۱- برآورد انتشار CO_2 از فلر

میزان انتشار CO_2 از فلر بسته به نوع اطلاعات موجود، از روابط (۴) یا (۵) محاسبه می‌شود:

الف) مقدار فلرینگ برحسب حجم

$$E_{F,CO_2} = \frac{Q_F}{23 \cdot 685} \times \left[\sum_i (x_i \times CN_i \times FE) + x_{CO_2} \right] \times \frac{44}{1000} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه،

E_{F,CO_2} : میزان انتشار سالانه CO_2 از فلر برحسب $tonCO_2$

Q_F : مقدار سالانه جریان ارسالی به فلر برحسب Sm^3

23.685 : حجم مولی $sm^3/kmol$

x_i : کسر مولی ترکیب هیدروکربنی i در جریان ارسالی به فلر (کسری از ۱)

CN_i : تعداد کربن در ترکیب هیدروکربنی i

FE : راندمان فلر (کسری از ۱)

x_{CO_2} : کسر مولی CO_2 در جریان ارسالی به فلر (کسری از ۱)

44 : جرم مولی $kg/kmol$ CO_2

1000 : ضریب تبدیل کیلوگرم به تن

ب) مقدار فلرینگ برحسب جرم

$$E_{F,CO_2} = Q_F \times \left[\sum_i (WF_i \times CF_i \times FE) \times \frac{44}{12} + WF_{CO_2} \right] \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه،

صفحه ۱۴ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

E_{F,CO_2} : میزان انتشار سالانه CO_2 از فلر بر حسب $tonCO_2$

Q_F : مقدار سالانه جریان ارسالی به فلر بر حسب ton

WF_i : کسر جرمی ترکیب هیدروکربنی i در جریان ارسالی به فلر (کسری از ۱)

CF_i : کسر جرمی کربن در ترکیب هیدروکربنی i (کسری از ۱)

FE : راندمان فلر (کسری از ۱)

WF_{CO_2} : کسر جرمی CO_2 در جریان ارسالی به فلر (کسری از ۱)

44 : جرم مولی CO_2 $kg/kmol$

12 : جرم مولی کربن $kg/kmol$

تبصره: در پالایشگاه‌های گازی که دارای واحد شیرین سازی هستند و در مجتمع‌های پتروشیمی دارای واحد استحصال اتان، انتشار CO_2 فرآیندی حاصل از شیرین سازی و انتشار فرآیندی استحصال اتان باید به ترتیب طبق روابط (۱۷) و (۲۸) محاسبه شوند. لذا برای جلوگیری از دوبارشماری لازم است این پالایشگاه‌ها و پتروشیمی‌ها روابط (۴) و (۵) را بدون عبارت مربوط به غلظت دی اکسید کربن موجود در جریان ارسالی به فلر (x_{CO_2} در رابطه (۴) و WF_{CO_2} در رابطه (۵)) مورد استفاده قرار دهند.

راندمان فلر (FE)

راندمان فلر (FE) برای بخش بالادستی نفت و گاز (استخراج و تولید نفت و گاز) برابر 0.98 و برای سایر بخش‌ها برابر 0.995 در نظر گرفته شود (عدم قطعیت: $\pm 20\%$).

برای آشنایی بیشتر با رویه محاسبات، به فصل پنجم (مثال‌های کاربردی) مراجعه شود.

۲-۲-۲- برآورد انتشار CH_4 از فلر

میزان انتشار CH_4 از فلر بسته به نوع اطلاعات موجود، می‌بایست با استفاده از روابط (۶) یا (۷) محاسبه شود:

صفحه ۱۵ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

الف) مقدار فلرینگ بر حسب حجم

$$E_{F,CH_4} = \frac{Q_F}{23 \cdot 685} \times x_{CH_4} \times R_{CH_4} \times \frac{16}{1000} \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن،

E_{F,CH_4} : میزان انتشار سالانه CH_4 از فلر بر حسب $tonCH_4$

Q_F : مقدار سالانه جریان ارسالی به فلر بر حسب Sm^3

23.685 : حجم مولی $sm^3/kmol$

x_{CH_4} : کسر مولی متان در جریان ارسالی به فلر (کسری از ۱)

R_{CH_4} : مقدار متان نسوخته

16 : جرم مولی $kg/kmol CH_4$

1000 : ضریب تبدیل کیلوگرم به تن

ب) مقدار فلرینگ بر حسب جرم

$$E_{F,CH_4} = Q_F \times WF_{CH_4} \times R_{CH_4} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن،

E_{F,CH_4} : میزان انتشار سالانه CH_4 از فلر بر حسب $tonCH_4$

Q_F : مقدار سالانه جریان ارسالی به فلر بر حسب ton

WF_{CH_4} : کسر جرمی متان در جریان ارسالی به فلر (کسری از ۱)

R_{CH_4} : مقدار متان نسوخته

صفحه ۱۶ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

مقدار متان نسوخته (R_{CH4})

مقدار متان نسوخته (R_{CH4}) برای بخش بالادستی نفت و گاز (استخراج و تولید نفت و گاز) برابر 0.02% و برای سایر بخش‌ها برابر 0.05% در نظر گرفته شود (عدم قطعیت: $\pm 20\%$).

برای آشنایی بیشتر با رویه محاسبات، به فصل پنجم (مثال‌های کاربردی) مراجعه شود.

۲-۲-۳- برآورد انتشار N_2O از فلر

به دلیل عدم وجود ضریب انتشار برای انتشار N_2O از فلرها و ناچیز بودن مقدار این انتشار در مقایسه با دو گاز دیگر، انتشار این گاز از فلرینگ برابر صفر در نظر گرفته شود.

کل انتشارات گلخانه‌ای فلر از رابطه (۸) به دست می‌آید:

$$E_F = E_{F,CO_2} + (E_{F,CH_4} \times GWP_{CH_4}) \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن،

E_F : میزان کل انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای از فلر برحسب $tonCO_2e$ (تن معادل دی-اکسیدکربن)

E_{F,CO_2} : میزان انتشار سالانه CO_2 از فلر برحسب $tonCO_2$

E_{F,CH_4} : میزان انتشار سالانه CH_4 از فلر برحسب $tonCH_4$

GWP_{CH_4} : قابلیت گرمایش جهانی متان (بر اساس جدول شماره یک سند (MOP-HSE-GL-307(2))

صفحه ۱۷ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

۲-۳- روش برآورد انتشار از تجهیزات احتراق پسماندها و دورریزها (زباله‌سوز، اکسیدایزر و چاله سوزان)

زباله‌سوز، اکسیدایزر و چاله سوزان نیز همانند منابع احتراقی ثابت منبع انتشار سه گاز گلخانه‌ای CH_4 ، CO_2 و N_2O به حساب می‌آیند. دو گاز CO_2 و N_2O در اثر احتراق هیدروکربن‌ها تولید می‌شود درحالی‌که گاز CH_4 در اثر احتراق ناقص هیدروکربن‌ها یا خاموش بودن شعله (در صورت وجود متان در جریان ورودی به این تجهیزات) منتشر می‌شود.

۲-۳-۱- برآورد انتشار CO_2 از تجهیزات احتراق پسماندها و دورریزها

میزان انتشار CO_2 این منابع از طریق موازنه جرم قابل محاسبه است. در صورتی‌که مقدار کل جریان ورودی به این تجهیزات و ترکیب درصد متوسط آن در دسترس باشد، از رابطه (۹) و چنانکه مقدار جریان ورودی به تفکیک هر یک از ترکیبات موجود باشد از رابطه (۱۰) استفاده شود.

$$E_{WB,CO_2} = Q_{WB} \times \sum_i (WF_i \times CF_i) \times \frac{44}{12} \quad \text{رابطه (۹)}$$

در این رابطه،

E_{WB,CO_2} : میزان انتشار سالانه CO_2 از تجهیزات احتراق پسماند بر حسب $tonCO_2$ (تن دی‌اکسید کربن)

Q_{WB} : مقدار سالانه جریان ارسالی به تجهیزات احتراق پسماند بر حسب ton (تن در سال)

WF_i : کسر جرمی ترکیب کربن دار i در جریان ارسالی به تجهیزات احتراق پسماندها (کسری از ۱)

CF_i : کسر جرمی کربن در ترکیب کربن دار i (کسری از ۱)

44 : جرم مولی CO_2 $kg/kmol$

12 : جرم مولی کربن $kg/kmol$

$$E_{WB,CO_2} = \sum_i (Q_{WB,i} \times CF_i) \times \frac{44}{12} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

صفحه ۱۸ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

در این رابطه،

E_{WB,CO_2} : میزان انتشار سالانه CO_2 از تجهیزات احتراق پسماند بر حسب $tonCO_2$

$Q_{WB,i}$: مقدار سالانه از ترکیب کربن دار i ورودی به تجهیزات احتراق پسماند بر حسب ton

CF_i : کسر جرمی کربن در ترکیب کربن دار i (کسری از ۱)

44 : جرم مولی CO_2 $kg/kmol$

12 : جرم مولی کربن $kg/kmol$

تبصره: در پالایشگاه‌های گازی که دارای واحد شیرین سازی هستند، انتشار CO_2 فرآیندی حاصل از شیرین سازی باید طبق رابطه (۱۷) محاسبه شود. لذا برای جلوگیری از دوبارشماری لازم است این پالایشگاه‌ها در استفاده از روابط (۹) و (۱۰) برای محاسبه انتشارات زباله‌سوز واحد بازیابی گوگرد، دی اکسید کربن موجود در جریان ورودی به زباله‌سوز را جزو ترکیبات کربن‌دار در نظر نگیرند.

۲-۳-۲- برآورد انتشار CH_4 و N_2O از تجهیزات احتراق پسماندها و دورریزها

با توجه به ناچیز بودن میزان انتشار CH_4 و N_2O در مقایسه با انتشار CO_2 و عدم دسترسی به ضرایب انتشار کافی در این زمینه، انتشار این دو گاز گلخانه‌ای از این منابع برابر صفر در نظر گرفته شود.

برخی ملاحظات مربوط به برآورد انتشار تجهیزات احتراق پسماندها در ادامه ارائه شده است.

- محاسبات مربوط به تجهیزات احتراق پسماندها حتی‌الامکان به صورت جداگانه برای هر کدام از این تجهیزات انجام شده و مقدار انتشار محاسبه شده به تفکیک تجهیزات گزارش شود. به عبارتی هر تجهیز امحاء پسماند به عنوان یک منبع در نظر گرفته می‌شود.

- در فاز دوم برنامه گزارش دهی، سازمان‌های سطح ۳ می‌توانند در صورت عدم وجود تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی به تجهیزات احتراق پسماندها از روش‌های دیگر (محاسبات مهندسی و ...) استفاده کنند. برای

صفحه ۱۹ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

فازهای بعدی برنامه، توصیه می‌شود سازمان‌های سطح ۳ دارای تجهیزات احتراق پسماندها از تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی به تجهیزات احتراق پسماندها استفاده نمایند.

• برای برآورد انتشار CO_2 حاصل از سوزاندن نفت خام در چاله‌های سوزان در بخش استخراج و تولید نفت، در صورت دسترسی به مشخصات نفت سوزانده شده (دانسیته و کسر جرمی کربن) از این مقادیر استفاده شود. در غیر این صورت، دانسیته نفت خام برابر $873/46 \text{ kg/m}^3$ و کسر جرمی کربن آن برابر $0/848$ در نظر گرفته شود (عدم قطعیت: $\pm 5\%$).

۳- انتشارات فرار

منظور از انتشارات فرار گازهای گلخانه‌ای انتشاراتی است که به‌صورت ناخواسته و در اثر نشت از تجهیزات وارد اتمسفر می‌شود. هر تجهیز تحت فشاری دارای پتانسیل نشت است. این نشتی‌ها معمولاً از طریق شیرها، فلنج‌ها، آب‌بندی‌ها و سایر تجهیزات مرتبط در تاسیساتی که دارای جریان‌های حاوی متان و دی‌اکسیدکربن هستند صورت می‌گیرد.

انتشارات فرار می‌تواند از منابع غیر نقطه‌ای تبخیری مانند واحدهای تصفیه پساب و پیت‌ها نیز صورت پذیرد. مقدار این انتشارات در مقایسه با انتشارات فرار مربوط به نشتی تجهیزات قابل توجه نیست. بر همین اساس و برای ساده‌سازی، در فاز دوم برنامه گزارش‌دهی از انتشارات فرار مربوط به منابع غیرنقطه‌ای تبخیری صرف‌نظر می‌شود.

همچنین از آنجاکه فاز دوم این برنامه گزارش‌دهی فقط انتشار سه گاز گلخانه‌ای CO_2 ، CH_4 و N_2O را در برمی‌گیرد، در بخش انتشارات فرار تنها دو گاز CO_2 و CH_4 مدنظر بوده و گاز N_2O به دلیل عدم وجود منبع انتشار فرار برای آن و سایر گازهای گلخانه‌ای نیز به دلیل عدم شمولیت در مرحله فعلی برنامه گزارش‌دهی، مدنظر نیستند.

بنابراین انتشارات فراری که در این بخش مورد بحث قرار می‌گیرد شامل نشتی دو گاز CO_2 و CH_4 از تجهیزاتی مانند شیرها، فلنج‌ها، آب‌بندی پمپ‌ها، آب‌بندی کمپرسورها، شیرهای تخلیه، اتصالات نمونه‌برداری، تخلیه‌های فرآیندی، خطوط باز و سایر تجهیزات است.

در ادامه، روش‌های تخمین انتشارات گاز گلخانه‌ای فرار ناشی از نشت تجهیزات ارائه شده است. ترتیب این روش‌ها به گونه‌ای است که میزان اطلاعات موردنیاز و دقت روش‌ها از روش اول تا چهارم افزایش می‌یابد.

• روش اول: استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تاسیسات

• روش دوم: استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تجهیزات

• روش سوم: استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح اجزاء

• روش چهارم: اندازه‌گیری در سطح اجزاء

در فاز دوم برنامه گزارش‌دهی، هر یک از سازمان‌های سطح ۳ می‌توانند انتشارات گلخانه‌ای فرار خود را بر اساس روش اول (ضرایب انتشار در سطح تاسیسات) تخمین زده و گزارش کنند. از فازهای بعدی برنامه، برخی از سازمان‌های سطح ۳ بسته به مقدار و اهمیت انتشارات فرار در آن‌ها، ملزم به استفاده از روش‌هایی غیر از روش اول خواهند بود. این الزامات پس از ارزیابی‌های صورت گرفته از سوی اداره کل HSE وزارت نفت اعلام خواهد شد.

۳-۱- روش شماره ۱) استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تاسیسات

استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تاسیسات (تولید نفت، تولید گاز، پالایش نفت و میعانات، پالایش گاز، انتقال و توزیع گاز) ساده‌ترین روش برای تخمین میزان انتشارات فرار از فرآیندهای نفت و گاز است. در این روش تنها لازم است که نوع تاسیسات سازمان سطح ۳ و اطلاعات عملکردی آن‌ها مشخص باشد. ضرایب انتشار بر اساس نوع تاسیسات از جدول (۳-۱) انتخاب شده و با ضرب کردن آن در مقدار داده فعالیت (متناسب با واحد ضریب انتشار)، میزان انتشارات فرار سازمان به دست می‌آید (روابط (۱۱) و (۱۲)).

$$E_{Fug,i} = EF_{Fug,i,facility} \times AD_{facility} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$E_{Fug} = \sum_i (E_{Fug,i} \times GWP_i) \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

در این روابط،

صفحه ۲۱ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

$E_{Fug,i}$: میزان انتشار فرار سالانه گاز گلخانه‌ای i بر حسب تن

$EF_{Fug,i,facility}$: ضریب انتشار فرار گاز گلخانه‌ای i از تاسیسات موردنظر بر حسب تن گاز گلخانه‌ای به ازای

یک واحد از اطلاعات عملکردی

$AD_{facility}$: مقدار اطلاعات عملکردی تاسیسات موردنظر (واحد مختلف بر اساس واحد ضریب انتشار)

E_{Fug} : میزان کل انتشارات فرار سالانه بر حسب $tonCO_2e$ (تن معادل دی اکسید کربن)

GWP_i : پتانسیل گرمایش جهانی گاز گلخانه‌ای i (مطابق جدول ۱ سند MOP-HSE-GL-307(2))

i : گاز گلخانه‌ای موردنظر (CO_2 و CH_4)

برای آشنایی بیشتر با رویه محاسبات، به فصل پنجم (مثال‌های کاربردی) مراجعه شود.

جدول (۱-۳) ضرایب انتشارات در سطح تاسیسات

تاسیسات	ضریب انتشار	واحد	عدم قطعیت
تولید نفت و تولید گاز			
CH_4 حاصل از تولید نفت در خشکی ^۱	$۰/۲۶۱۹ \times ۱۰^{-۳}$	$ton CH_4/m^3$ produced	$\pm ۳۰\%$
CH_4 حاصل از تولید نفت در دریا	$۰/۴۹۲ \times ۱۰^{-۳}$	$ton CH_4/m^3$ produced	$\pm ۳۰\%$
CH_4 حاصل از تولید گاز در خشکی	$۰/۳۸۱$	$ton CH_4/10^6 Sm^3$ produced	$\pm ۲۰\%$
CO_2 حاصل از تولید گاز در خشکی	$۰/۰۷۲$	$ton CO_2/10^6 Sm^3$ produced	$\pm ۲۰\%$
CH_4 حاصل از تولید گاز در دریا	$۰/۶۷۶۲$	$ton CH_4/10^6 Sm^3$ produced	$\pm ۲۰\%$
پالایش گاز			
CH_4 حاصل از پالایش گاز طبیعی (بدون LDAR یا با LDAR محدود، یا اینکه کمتر از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)	$۰/۰۷۳۲$	$ton CH_4/10^6 Sm^3$ processed	$\pm ۱۰\%$
CH_4 حاصل از پالایش گاز طبیعی (با LDAR گسترده و اینکه بیش از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)	$۰/۰۳۷۵$	$ton CH_4/10^6 Sm^3$ processed	$\pm ۱۰\%$
انتقال گاز			
CH_4 حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات انتقال گاز (با LDAR محدود، یا اینکه کمتر از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)	$۲/۵۴۲$	$ton CH_4/km$ pipeline	-۲۰% تا $+۳۰\%$
CO_2 حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات انتقال گاز (با LDAR محدود، یا اینکه کمتر از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)	$۰/۰۷۵۶$	$ton CO_2/km$ pipeline	-۲۰% تا $+۳۰\%$



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست

کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای

صفحه ۲۲ از ۹۴

۱/۳۹۳۶	ton CH ₄ /km pipeline	+/-۳۰٪ تا -۲۰٪	CH ₄ حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات انتقال گاز (با LDAR گسترده و بیش از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)
۰/۰۴۲۵	ton CO ₂ /km pipeline	+/-۳۰٪ تا -۲۰٪	CO ₂ حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات انتقال گاز (با LDAR گسترده و بیش از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)
ذخیره‌سازی گاز			
۰/۴۸۲۴	ton CH ₄ /10 ⁶ Sm ³ Consumption	+/-۳۰٪ تا -۲۰٪	CH ₄ حاصل از ذخیره‌سازی گاز (با LDAR محدود یا اینکه اکثر فعالیت‌ها با فناوری‌ها و عملیاتی که انتشار بالایی دارند، انجام می‌شوند)
۰/۰۱۳۲	ton CO ₂ /10 ⁶ Sm ³ Consumption	+/-۳۰٪ تا -۲۰٪	CO ₂ حاصل از ذخیره‌سازی گاز (با LDAR محدود یا اینکه اکثر فعالیت‌ها با فناوری‌ها و عملیاتی که انتشار بالایی دارند، انجام می‌شوند)
ادامه ذخیره‌سازی گاز			
۰/۲۰۰۱	ton CH ₄ /10 ⁶ Sm ³ Consumption	+/-۳۰٪ تا -۲۰٪	CH ₄ حاصل از ذخیره‌سازی گاز (با LDAR گسترده و اینکه اکثر از فناوری‌ها و عملیاتی که انتشار پایینی دارند، استفاده می‌شوند)
۰/۰۰۵۶	ton CO ₂ /10 ⁶ Sm ³ Consumption	+/-۳۰٪ تا -۲۰٪	CO ₂ حاصل از ذخیره‌سازی گاز (با LDAR گسترده و اینکه اکثر از فناوری‌ها و عملیاتی که انتشار پایینی دارند، استفاده می‌شوند)
توزیع گاز			
۱/۱۷	ton CH ₄ /km pipeline	+/-۱۲۰٪ تا -۲۰٪	CH ₄ حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات توزیع گاز (کمتر از ۵۰٪ خطوط، پلاستیکی هستند یا LDAR محدود)
۰/۰۳	ton CO ₂ /km pipeline	+/-۱۲۰٪ تا -۲۰٪	CO ₂ حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات توزیع گاز (کمتر از ۵۰٪ خطوط، پلاستیکی هستند یا LDAR محدود)
۰/۲۳	ton CH ₄ /km pipeline	+/-۱۲۰٪ تا -۲۰٪	CH ₄ حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات توزیع گاز (بیش از ۵۰٪ خطوط، پلاستیکی هستند و LDAR در حال اجراست)
۰/۰۱	ton CO ₂ /km pipeline	+/-۱۲۰٪ تا -۲۰٪	CO ₂ حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات توزیع گاز (بیش از ۵۰٪ خطوط، پلاستیکی هستند و LDAR در حال اجراست)

صفحه ۲۳ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

پالایش نفت و میعانات			
۵۰٪- تا ۱۳۰٪+	ton CH ₄ /m ³ oil refined	۰/۰۲۹۷×۱۰ ^{-۳}	CH ₄ حاصل از پالایش نفت و میعانات
چاه‌های متروک نفت (جدید)			
۸۸٪- تا ۱۳۰٪+	Ton CH ₄ / onshore plugged abandoned well	۲×۱۰ ^{-۵}	خشکی چاه‌های plug شده
۹۹٪- تا ۱۵۰٪+	Ton CH ₄ / onshore unplugged abandoned well	۸/۸×۱۰ ^{-۲}	خشکی چاه‌های plug نشده
۸۳٪- تا ۱۲۴٪+	Ton CH ₄ / onshore abandoned well	۱/۲×۱۰ ^{-۲}	خشکی همه چاه‌ها (plug شده و نشده)
۸۷٪- تا ۱۳۰٪+	Ton CH ₄ / offshore plugged abandoned well	۳/۵×۱۰ ^{-۷}	دریا-چاه‌های plug شده
۹۹٪- تا ۱۵۰٪+	Ton CH ₄ / offshore unplugged abandoned well	۱/۸×۱۰ ^{-۳}	دریا-چاه‌های plug نشده
۸۳٪- تا ۱۲۴٪+	Ton CH ₄ / offshore abandoned well	۲/۴×۱۰ ^{-۴}	دریا-همه چاه‌ها (plug شده و نشده)

^۱ برای تبدیل مقدار نفت تولیدی برحسب بشکه به m³، مقدار تولید برحسب بشکه را به عدد ۶/۲۹ تقسیم کنید.

۲-۳- روش شماره ۲) استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تجهیزات

در این روش، میزان انتشارات فرار سازمان سطح ۳ بر اساس تعداد تجهیزات اصلی موجود در آن تخمین زده می‌شود. بدیهی است این روش به اطلاعات بیشتری نسبت به روش اول نیاز داشته و درعین حال از دقت بالاتری نسبت به روش قبل برخوردار است. در این روش با ضرب کردن ضریب انتشار هر یک از تجهیزات در تعداد آن‌ها، میزان انتشارات فرار برای هر یک از انواع تجهیزات موجود به دست می‌آید (رابطه (۱۳)). کل انتشارات فرار سازمان سطح ۳ نیز با استفاده از رابطه (۱۴) محاسبه می‌شود. در صورت انتخاب این روش، می‌بایست ضرایب انتشار در سطح تجهیزات از منابع معتبر استخراج شود.

$$E_{Fug,i,j} = EF_{Fug,i,j} \times N_{equipment,j} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$E_{Fug} = \sum_j \sum_i (E_{Fug,i,j} \times GWP_i) \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

صفحه ۲۴ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

در این روابط،

- $E_{Fug,i,j}$: میزان انتشار فرار سالانه گاز گلخانه‌ای i از تجهیزات نوع j برحسب تن
 $EF_{Fug,i,j}$: ضریب انتشار فرار گاز گلخانه‌ای i از تجهیزات نوع j برحسب تن گاز گلخانه‌ای به ازای یک واحد از تجهیز موردنظر در واحد زمان
 $N_{equipment,j}$: تعداد تجهیز نوع j در سازمان سطح ۳ (برخی موارد طول خطوط (کیلومتر) و ...)
 E_{Fug} : میزان کل انتشارات فرار سالانه برحسب $tonCO_2e$ (تن معادل دی اکسید کربن)
 GWP_i : پتانسیل گرمایش جهانی گاز گلخانه‌ای i مطابق جدول یک سند $MOP-HSE-GL-307(2)$
 i : گاز گلخانه‌ای (CO_2 و CH_4)
 j : تجهیز (مانند جداکننده، کمپرسور و ...)

۳-۳- روش شماره ۳) استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح اجزاء

در این روش، میزان انتشارات فرار سازمان سطح ۳ بر اساس تعداد اجزای موجود در آن تخمین زده می‌شود. نتایج حاصل از این روش دقیق‌تر از دو روش اول و دوم است. در این روش تعداد هر یک از اجزای موجود (مانند شیر، فلنج و ...) در سازمان سطح ۳ مشخص شده و با استفاده از ضرایب انتشار هر یک از این اجزاء، میزان انتشارات فرار برای انواع اجزای موجود به دست می‌آید (رابطه (۱۵)). کل انتشارات فرار سازمان نیز با استفاده از رابطه (۱۶) محاسبه می‌شود. در صورت انتخاب این روش، می‌بایست ضرایب انتشار در سطح اجزاء از منابع معتبر استخراج شوند.

$$E_{Fug,i,j} = EF_{Fug,i,j} \times WF_{i,j} \times N_{component,j} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

$$E_{Fug} = \sum_j \sum_i (E_{Fug,i,j} \times GWP_i) \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

در این روابط،

- $E_{Fug,i,j}$: میزان انتشار فرار سالانه گاز گلخانه‌ای i از اجزای نوع j برحسب تن

صفحه ۲۵ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

$EF_{Fug,i,j}$: ضریب انتشار فرار گاز گلخانه‌ای i از جزء نوع j برحسب تن گاز گلخانه‌ای به ازای یک

واحد از جزء موردنظر در واحد زمان

$WF_{i,j}$: کسر جرمی گاز گلخانه‌ای i در سیال عبوری از جزء j

$N_{component,j}$: تعداد جزء نوع j در سازمان سطح ۳

E_{Fug} : میزان کل انتشارات فرار سالانه برحسب $tonCO_2e$ (تن معادل دی اکسید کربن)

GWP_i : پتانسیل گرمایش جهانی گاز گلخانه‌ای i مطابق جدول ۱ سند MOP-HSE-GL-307(2)

i : گاز گلخانه‌ای (CO_2 و CH_4)

j : جزء (مانند شیر، فلنج و ...)

۳-۴- روش شماره ۴) اندازه‌گیری در سطح اجزاء

در این روش به‌جای استفاده از ضرایب انتشار متوسط در سطح اجزاء، نشتی‌ها به‌صورت مستقیم و در سطح اجزاء اندازه‌گیری می‌شود.

۴- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای

انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای به انتشاراتی اطلاق می‌شود که به‌عنوان بخشی از طراحی تجهیزات یا فرآیندها و یا در اثر اقدامات عملیاتی منتشر می‌شود. در فاز دوم برنامه گزارش‌دهی، انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای در واحدهای شیرین‌سازی گاز پالایشگاه‌های گاز، خطوط انتقال گاز، واحدهای هیدروژن‌سازی و شکست کاتالیستی بستر سیال پالایشگاه‌های نفت، واحدهای تولید آمونیاک، واحدهای بازیابی اتان، واحدهای تولید اسید نیتریک، واحدهای تولید اتیلن اکساید و مخازن دارای گاز پوششی گاز طبیعی در نظر گرفته‌شده است و سازمان‌های دارای این واحدها و تجهیزات ملزم به محاسبه و گزارش انتشارات فرآیندی هستند.



۴-۱- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای فرآیند پالایش گاز

الف) انتشار CO_2 از واحدهای شیرین‌سازی گاز

در واحدهای شیرین‌سازی گاز طبیعی، H_2S و CO_2 از گاز جدا می‌شود. این گازهای جدا شده به منظور بازیافت گوگرد و یا سوزاندن ترکیبات گوگردی به واحد بازیابی گوگرد یا فلر هدایت می‌شود. در نهایت، CO_2 جدا شده از گاز طبیعی از دودکش واحد بازیابی گوگرد و یا فلر گازهای اسیدی به اتمسفر تخلیه می‌شود. مقدار این انتشار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_{P,AGR,CO_2} = Q_{in} \times \left[\frac{VF_{CO_2,in} - VF_{CO_2,out}}{1 - VF_{CO_2,out}} \right] \times \frac{44}{1000 \times 23 \cdot 685} \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

در این رابطه،

E_{P,AGR,CO_2} : میزان انتشار فرآیندی CO_2 از واحدهای شیرین‌سازی گاز بر حسب ton (تن)

Q_{in} : مقدار سالانه گاز ترش ورودی به واحد شیرین‌سازی بر حسب Sm^3 (استاندارد مترمکعب)

$VF_{CO_2,in}$: کسر حجمی (مولی) CO_2 در گاز ورودی به واحد شیرین‌سازی (کسری از ۱)

$VF_{CO_2,out}$: کسر حجمی (مولی) CO_2 در گاز خروجی از واحد شیرین‌سازی (کسری از ۱)

44 : جرم مولی CO_2 $kg/kmol$

1000 : ضریب تبدیل کیلوگرم به تن

23.685 : حجم مولی $sm^3/kmol$

ب) انتشارات تخلیه‌ای انتقال گاز

در تاسیسات افزایش فشار و انتقال گاز، تخلیه‌هایی در طول مراحل نگهداری و تعمیرات صورت می‌گیرد. با توجه به ترکیب گاز طبیعی، این تخلیه‌ها باعث انتشار متان و دی اکسید کربن می‌شوند.

صفحه ۲۷ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

چنانکه تعداد این تخلیه‌ها، مقدار گاز تخلیه‌شده در هر تخلیه و ترکیب درصد گاز تخلیه‌شده مشخص باشد، مقدار انتشار متان و دی اکسید کربن با رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود (رابطه ۱۸).

$$E_{V,NGT,i} = \sum_j \frac{Q_{V,j}}{23.685} \times x_{i,j} \times \frac{MW_i}{1000} \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

در این رابطه،

$E_{V,NGT,i}$: میزان انتشار تخلیه‌ای گاز گلخانه‌ای i (هر یک از گازهای CH_4 و CO_2) از تاسیسات انتقال گاز بر حسب ton (تن)

$Q_{V,j}$: مقدار گاز ونت شده در بار زام بر حسب Sm^3 (استاندارد مترمکعب)

$x_{i,j}$: کسر مولی گاز گلخانه‌ای i در تخلیه زام (کسری از ۱)

MW_i : جرم مولکولی گاز گلخانه‌ای i (گرم بر مول)

در صورتی که مقدار $Q_{V,j}$ بر حسب استاندارد مترمکعب در دسترس نباشد، ابتدا لازم است تعداد مول‌های گاز ونت شده بر اساس رابطه (۱۹) محاسبه شده و سپس مقدار انتشار متان و دی اکسید کربن با استفاده از رابطه (۲۰) محاسبه شود.

$$n_j = \frac{P_j \times V_j}{z_j \times R \times T_j} \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

در این رابطه،

n_j : مقدار کیلومول‌های گاز ونت شده در تخلیه زام

P_j : فشار گاز داخل تجهیزات و یا خط لوله تخلیه شده بر حسب atm .

V_j : حجم داخلی تجهیزات و یا خط لوله تخلیه شده در تخلیه زام بر حسب m^3

z_j : ضریب تراکم‌پذیری گاز طبیعی در دما و فشار داخل تجهیزات و یا خط لوله تخلیه شده در

تخلیه زام

R : ثابت جهانی گازها $(0.082057 \text{ atm.m}^3/\text{kmol.k})$

T : دمای گاز داخل تجهیزات و یا خط لوله تخلیه شده در تخلیه زام بر حسب K

$$E_{V,NGT,i} = \sum_j n_j \times x_{i,j} \times \frac{MW_i}{1000} \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

در صورت عدم دسترسی به اطلاعات مورد نیاز روابط (۱۸) تا (۲۰)، مقدار این انتشار را می‌توان بر اساس ضرایب انتشار متوسط به دست آورد:

$$E_{P,NGT,CH_4} = L_{Trans} \times EF_{P,Trans,CH_4} \quad \text{رابطه (۲۱)}$$

در این رابطه،

E_{P,NGT,CH_4} : میزان انتشار تخلیه‌ای CH_4 از تاسیسات انتقال گاز بر حسب ton (تن)

L_{Trans} : طول خطوط لوله انتقال بر حسب km (کیلومتر)

$EF_{P,Trans,CH_4}$: ضریب انتشار تخلیه‌ای متان از تاسیسات انتقال گاز بر حسب تن به ازای کیلومتر طول خطوط

لوله انتقال

مقدار ضریب از جدول (۱-۴) انتخاب شود.

جدول (۱-۴) ضرایب انتشارات تخلیه‌ای از تاسیسات انتقال گاز

تاسیسات	ضریب انتشار	واحد	عدم قطعیت
ضریب انتشار تخلیه‌ای از تاسیسات انتقال گاز			
CH_4 حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات انتقال گاز (با LDAR محدود، یا اینکه کمتر از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)	۱/۵۵۸	$\text{ton CH}_4/\text{km pipeline}$	۲۰٪- تا ۳۰٪+
CH_4 حاصل از نشتی خطوط و تاسیسات انتقال گاز (با LDAR گسترده و بیش از ۵۰٪ کمپرسورهای گریز از مرکز مجهز به نشت‌بند خشک باشند)	۰/۶۸۶۴	$\text{ton CH}_4/\text{km pipeline}$	۲۰٪- تا ۳۰٪+

صفحه ۲۹ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

مقدار انتشار دی اکسید کربن نیز بر اساس نسبت دی اکسید کربن به متان در جریان گاز تخلیه شده محاسبه می‌شود.

۴-۲- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای فرآیند پالایش نفت و میعانات

۴-۲-۱- انتشار CO_2 از واحدهای تولید هیدروژن

برای تولید هیدروژن در واحدهای هیدروژن‌سازی پالایشگاه‌های نفت، هیدروکربن‌ها در یک فرآیند چندمرحله‌ای با بخار آب واکنش داده می‌شوند. اغلب از گاز طبیعی به عنوان خوراک این واحدها استفاده می‌شود ولی در برخی واحدها نیز از نفت یا گاز سوخت تولید شده در پالایشگاه به عنوان خوراک استفاده می‌شود. واکنش کلی که در این واحدها صورت می‌گیرد به شکل رابطه زیر است:



همان گونه که این رابطه نشان می‌دهد، به ازای هر مول کربن موجود در خوراک، یک مول CO_2 تولید می‌شود. باید توجه داشت این CO_2 متفاوت از CO_2 منتشر شده در اثر مصرف سوخت در هیت‌های واحد هیدروژن است و باید به طور جداگانه محاسبه و گزارش شود (انتشارات حاصل از مصرف سوخت در هیت‌های واحد هیدروژن باید در بخش انتشارات احتراقی محاسبه و لحاظ شوند). مقدار این انتشار فرآیندی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_{P, HPU, CO_2} = \sum_i (FR_i \times CF_i) \times \frac{44}{12} \quad \text{رابطه (۲۳)}$$

در این رابطه،

E_{P, HPU, CO_2} : میزان انتشار فرآیندی CO_2 از واحدهای هیدروژن‌سازی بر حسب ton (تن)

FR_i : مقدار سالانه خوراک ورودی i (گاز طبیعی، نفت، گاز سوخت و...) به واحد هیدروژن‌سازی

بر حسب ton

CF_i : کسر جرمی کربن در خوراک ورودی i به واحد هیدروژن‌سازی

جرم مولی کربن kg/kmol 12

صفحه ۳۰ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

44 : جرم مولی CO_2 $kg/kmol$

چنانکه *offgas* خروجی از واحد هیدروژن به‌عنوان سوخت در تجهیزات احتراقی تاسیسات مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای جلوگیری از دوبارشماری، لازم است اصلاحات زیر در محاسبه انتشارات فرایندی و احتراقی مربوطه صورت گیرد:

۱. مقدار CO_2 موجود در جریان *offgas* تولیدی واحد هیدروژن که به‌عنوان سوخت استفاده می‌شود باید از انتشارات احتراقی محاسبه‌شده برای این جریان *offgas* (محاسبه‌شده در بخش ۲-۱) کم شود. این مقدار CO_2 از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_{CO_2,subtract1} = \frac{Q_{OF}}{23 \cdot 685} \times VF_{OG,CO_2} \times \frac{44}{1000} \quad \text{رابطه (۲۴)}$$

در این رابطه،

$E_{CO_2,subtract1}$: مقدار CO_2 موجود در جریان *offgas* تولیدی واحد هیدروژن استفاده‌شده به‌عنوان سوخت
برحسب ton (تن)

Q_{OF} : مقدار سالانه جریان *offgas* تولیدی واحد هیدروژن استفاده‌شده به‌عنوان سوخت برحسب Sm^3
(استاندارد مترمکعب)

VF_{OG,CO_2} : کسر حجمی (مولی) دی اکسید کربن در *offgas* تولیدی واحد هیدروژن‌سازی (کسری از ۱)
23.685 : حجم مولی $sm^3/kmol$

44 : جرم مولی دی اکسید کربن $kg/kmol$

1000 : تبدیل کیلوگرم به تن

۲. مقدار CO_2 حاصل از سوختن هیدروکربن‌های موجود در جریان *offgas* تولیدی واحد هیدروژن که به‌عنوان سوخت استفاده می‌شود باید از انتشارات فرایندی واحد هیدروژن (محاسبه‌شده با رابطه ۲۳) کم شود. این مقدار CO_2 از رابطه زیر به دست می‌آید:



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست

کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای

صفحه ۳۱ از ۹۴

$$E_{CO2,subtract2} = \frac{Q_{OF}}{23 \cdot 685} \times \left[\sum_i (VF_i \times CN_i) \right] \times \frac{44}{1000} \quad \text{رابطه (۲۵)}$$

در این رابطه،

$E_{CO2,subtract2}$: مقدار CO_2 حاصل از سوختن هیدروکربن‌های موجود در جریان *offgas* تولیدی واحد

هیدروژن استفاده‌شده به‌عنوان سوخت برحسب *ton* (تن)

Q_{OF} : مقدار سالانه جریان *offgas* تولیدی واحد هیدروژن استفاده‌شده به‌عنوان سوخت برحسب

Sm^3 (استاندارد مترمکعب)

VF_i : کسر حجمی (مولی) ترکیب هیدروکربنی i (شامل منوکسید کربن هم می‌شود) در جریان

offgas تولیدی واحد هیدروژن استفاده‌شده به‌عنوان سوخت (کسری از ۱)

CN_i : تعداد مول کربن در ترکیب هیدروکربنی i (شامل منوکسید کربن هم می‌شود)

23.685 : حجم مولی $sm^3/kmol$

44 : جرم مولی دی اکسید کربن $kg/kmol$

1000 : تبدیل کیلوگرم به تن

۴-۲-۲- انتشار CO_2 از واحد شکست کاتالیستی بستر سیال (FCC)

در اثر فرآیند شکست کاتالیستی، لایه‌ای از کک بر روی کاتالیست‌ها تشکیل می‌شود. برای بازیابی فعالیت کاتالیست لازم است که این کک زدوده شود. برای سوزاندن کک تشکیل‌شده در واحدهای شکست کاتالیستی بستر سیال، به‌صورت پیوسته از یک احیاکننده استفاده می‌شود. ونت خروجی این احیاکننده می‌تواند منبع قابل‌توجهی برای انتشار فرآیندی CO_2 باشد.

برای برآورد این انتشارات بسته به اطلاعات موجود می‌توان از دو روش زیر استفاده کرد.

صفحه ۳۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

الف) محاسبه بر اساس نرخ کک‌سوزی

در این روش فرض می‌شود کل کربن موجود در کک به CO_2 تبدیل می‌شود. بر این اساس، میزان انتشار CO_2 از احیاکننده واحد FCC با استفاده از رابطه (۲۶) قابل محاسبه است.

$$E_{P,FCC,CO_2} = BR \times CF \times \frac{44}{12} \quad \text{رابطه (۲۶)}$$

در این رابطه،

E_{P,FCC,CO_2} : مقدار سالانه انتشار فرآیندی CO_2 از احیاکننده واحد FCC برحسب ton (تن)

BR : نرخ سالانه کک سوزی در احیاکننده واحد FCC برحسب ton (تن)

CF : کسر جرمی کربن در کک سوخته شده (چنانکه نامعلوم است برابر ۱ فرض شود)

44 : جرم مولی دی اکسید کربن $kg/kmol$

12 : جرم مولی کربن $kg/kmol$

ب) محاسبه بر اساس ظرفیت دمنده هوا و غلظت گازهای دودکش

در این روش میزان انتشار CO_2 بر اساس مقدار هوای ورودی و غلظت دی اکسید کربن و منوکسید کربن در گازهای دودکش از رابطه (۲۷) محاسبه می‌شود:

$$E_{P,FCC,CO_2} = (AR + SOR) \times (x_{CO_2} + x_{CO}) \times \frac{44}{23.685} \times H \quad \text{رابطه (۲۷)}$$

در این رابطه،

E_{P,FCC,CO_2} : مقدار سالانه انتشار فرآیندی CO_2 از احیاکننده واحد FCC برحسب ton (تن)

AR : نرخ ورود هوا به احیاکننده برحسب استاندارد مترمکعب در ساعت (بر مبنای خشک)

SOR : نرخ ورود اکسیژن مکمل به احیاکننده (در صورت استفاده) برحسب استاندارد مترمکعب

صفحه ۳۳ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

در ساعت (بر مبنای خشک)

x_{CO_2} : کسر جرمی CO_2 در گازهای خروجی از دودکش (کسری از ۱)

x_{CO} : کسر جرمی CO در گازهای خروجی از دودکش (کسری از ۱)

44 : جرم مولی دی اکسید کربن $kg/kmol$

23.685 : حجم مولی $sm^3/kmol$

H : طول مدت بهره‌برداری سالانه از احیاکننده برحسب ساعت در سال

۴-۳- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای فرآیند پتروشیمی

برخی فرآیندهای تولید مواد شیمیایی آلی و غیر آلی مختلف، بسته به نوع فرآیند و مسیر واکنش تولیدی شامل انتشارات گازهای گلخانه‌ای به صورت محصول مستقیم واکنش و یا محصولات جانبی حاصل از واکنش‌های موازی می‌باشند. این بخش از محاسبات برای تاسیساتی لازم‌الاجرا است که دارای یکی از فرآیندهای تولیدی منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای زیر هستند.

- فرآیند تولید آمونیاک
- فرآیند تولید اتیلن اکساید
- فرآیند استحصال اتان
- فرآیند تولید اسید نیتریک

محاسبه انتشارات فرآیندی صنایع پتروشیمی، بسته به میزان دسترسی به اطلاعات می‌تواند به یکی از روش‌های زیر انجام شود:

الف) موازنه جرم کربن

ب) پایش نشر با تجهیزات پایش لحظه‌ای

ج) استفاده از ضرایب نشر ملی متناسب با نوع فناوری و فرآیند تولید

د) استفاده از ضرایب نشر بین‌المللی متناسب با نوع فناوری و فرآیند تولید



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست

کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای

صفحه ۳۴ از ۹۴

در محاسبه میزان انتشار CO_2 ، دقیق‌ترین روش انجام موازنه جرم برای کربن است. استفاده از تجهیزات پایش لحظه‌ای روی منابع نشر گرچه منجر به استحصال نتایج دقیق‌تر می‌شود اما نیاز به صرف هزینه قابل توجه دارد. ضرایب نشر ملی و بین‌المللی نیز در حال حاضر در دسترس نیست.

تبصره: استفاده از ضرایب نشر بین‌المللی تنها در فرآیند تولید اسید نیتریک به کار می‌رود. در این فرآیند، موازنه جرم کربن امکان تعیین میزان انتشارات N_2O را فراهم نمی‌کند؛ لذا در صورت عدم وجود ضرایب نشر ملی و مختص واحد و یا عدم تجهیز تاسیسات به ابزار پایش، به‌منظور تخمین میزان انتشارات حاصل از فرآیند، از ضرایب انتشار بین‌المللی مربوط به فرآیند اسید نیتریک استفاده می‌شود.

موازنه جرم کربن در حالت کلی مطابق رابطه زیر انجام می‌شود:

$$E_{P,CO_2,i} = \left[\sum_k (FA_k \times FC_k) - \sum_i (PP_i \times PC_i) \right] \times \frac{44}{12} - S \quad \text{رابطه (۲۸)}$$

در این رابطه،

$E_{P,CO_2,i}$: انتشارات فرآیندی CO_2 حاصل از تولید جریان خروجی i برحسب $tonCO_2/y$

$FA_{i,k}$: میزان سالانه جریان ورودی k برحسب ton/y (این پارامتر معرف جریانات کربنی ورودی به مرز موازنه است)

FC_k : محتوای کربنی جریان ورودی k برحسب $tonC/ton$

PP_i : میزان سالانه جریان خروجی i برحسب ton/y (این پارامتر معرف جریانات کربنی خروجی از مرز موازنه است)

PC_i : محتوای کربنی جریان خروجی i برحسب $tonC/ton$

S : مقدار CO_2 فروخته شده یا مصرف شده بر حسب $tonCO_2/y$

44 : جرم مولی دی اکسید کربن

صفحه ۳۵ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

12 : جرم مولی کربن

پارامتر محتوای کربنی هریک از جریان‌های ورودی به مرز موازنه یا خروجی از آن را می‌توان با در اختیار داشتن ترکیب درصد اجزای تشکیل‌دهنده آن جریان مطابق رابطه (۲۹) محاسبه کرد:

$$CC_k = \sum_i \frac{(x_{k,i} \times MW_i \times CC_i)}{MW_k} \quad \text{رابطه (۲۹)}$$

در این رابطه،

CC_k : محتوای کربنی جریان ورودی یا خروجی k ام برحسب $tonC/tonFlow$ (معادل FC_k و PC_i)
در رابطه (۲۸)

$x_{k,i}$: کسر مولی یا حجمی جزء i در جریان k (کسری از ۱)

CC_i : محتوای کربنی جزء i (کسری از ۱)

MW_k : جرم مولکولی جریان k برحسب $kg/kmol$

MW_i : جرم مولکولی جزء i برحسب $kg/kmol$

برای محاسبه پارامتر MW_k در رابطه (۲۹)، می‌توان از رابطه (۳۰) استفاده کرد:

$$MW_k = \sum_{i=1} (x_{k,i} \times MW_i) \quad \text{رابطه (۳۰)}$$

که در رابطه فوق،

$x_{k,i}$: کسر مولی یا حجمی جزء i در جریان k (کسری از ۱)



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست

کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای

صفحه ۳۶ از ۹۴

MW_i : جرم مولکولی جزء i بر حسب $kg/kmol$

در ادامه چگونگی برآورد انتشار متناسب با هریک از فرایندهای فوق‌الذکر به‌طور مجزا بیان شده است.

۴-۳-۱- فرآیند تولید آمونیاک

خوراک این فرآیند، گاز طبیعی و هوا است. گاز طبیعی به همراه بخار آب در ریفورمرها به گاز سنتز (CO_2 حاوی CO و H_2) تبدیل می‌شود. در ادامه فرآیند، CO_2 توسط حلال از جریان فرآیندی تفکیک می‌شود. درنهایت و پس از حذف و تبدیل سایر ترکیبات، از جریان فرآیندی تنها N_2 و H_2 باقی می‌ماند که در راکتور سنتز به آمونیاک تبدیل می‌شود. در فرآیند تولید آمونیاک عمده انتشارات گازهای گلخانه‌ای به‌صورت CO_2 است. انتشارات فرآیندی واحدهای تولید آمونیاک در ادامه به‌طور خلاصه آورده شده است.

الف) بسترهای سولفورزدایی:

گاز طبیعی قبل از ورود به ریفورمرها سولفور زدایی می‌شود. این بسترها بعد از اشباع احیاء می‌شود. در حین عملیات احیاء بسته به نوع بستر، احتمال نشر گازهای گلخانه‌ای نظیر متان یا دی اکسید کربن که ممکن است روی بستر جذب‌شده باشند وجود دارد اما معمولاً مقدار آن جزئی است و با توجه به اینکه معمولاً بستر بعد از یک مدت‌زمان طولانی کارکرد نیاز به احیاء دارد، این انتشار قابل صرف‌نظر کردن است.

ب) برج‌های استریپر حلال حاوی CO_2 :

دی اکسید کربنی که از این برج‌ها دفع می‌شود، تقریباً خلوصی بیش از ۹۷٪ داشته و عمدتاً به مصرف واحدهای اوره و یا سایر واحدهای مصرف‌کننده دی اکسید کربن که در مجاورت واحدهای آمونیاک ساخته می‌شوند می‌رسد؛ اما در صورت عدم وجود این قبیل واحدها یا عدم توانایی مصرف کامل این گاز در واحدهای مصرف‌کننده و همچنین توقف واحد مصرف‌کننده دی اکسید کربن، این گاز به اتمسفر ونت خواهد شد که در این حالت میزان نشر قابل توجه خواهد بود.



میزان انتشارات فرآیندی در تولید آمونیاک با استفاده از رابطه (۲۸) به دست می‌آید. برای استفاده از این رابطه در فرآیند تولید آمونیاک، برج استریپر CO_2 که خروجی غنی از CO_2 از بالای آن به اتمسفر و نت می‌شود مبنای موازنه جرم کربن در نظر گرفته می‌شود. در استفاده از رابطه مذکور برای استریپر، منظور از جریان‌ات ورودی و خروجی به ترتیب جریان آمین ورودی و آمین خروجی استریپر خواهد بود. لذا برای تعیین میزان انتشارات فرآیندی، آنالیز جرمی و ترکیب درصد این جریان‌ات مورد نیاز بوده و باید توسط تاسیسات گردآوری شود.

۴-۳-۲- فرآیند استحصال اتان

گاز طبیعی به عنوان خوراک وارد این فرآیند شده و ترکیبات سنگین‌تر از متان از این جریان جدا شده و متان به شبکه گاز ارسال می‌شود. در ادامه به ترتیب اتان، پروپان و بوتان نیز از مخلوط جدا می‌شود. در این فرآیند اگر بخش تصفیه گاز وجود داشته باشد، با تماس جریان گاز با یک حلال، ناخالصی‌ها از آن جدا می‌شود. جریان حلال بعد از تماس با گاز، دی اکسید کربن و سایر گازهای اسیدی را جذب کرده و سپس این حلال بازیابی می‌شود. دی اکسید کربن بعد از برج احیاء تقریباً به صورت خالص (معمولاً از طریق فلر گازهای اسیدی) به محیط و نت می‌شود و معمولاً دارای دبی قابل توجهی است. بنابراین در فرآیند استحصال اتان، عمده انتشارات فرآیندی به صورت CO_2 است.

میزان انتشارات فرآیندی در فرآیندهای استحصال اتان می‌تواند از طریق موازنه جرم کربن حول استریپر و با استفاده از رابطه (۲۸) به دست آید. لذا در این فرآیند برای تخمین میزان انتشار CO_2 ، موازنه جرم برای کربن بر اساس جرم و ترکیب درصد جرمی جریان حلال ورودی و خروجی به برج استریپر صورت می‌گیرد. لذا برای تعیین میزان انتشارات فرآیندی، مقدار و ترکیب درصد جریان حلال ورودی و خروجی برج استریپر مورد نیاز بوده و باید توسط سازمان گردآوری شود.

۴-۳-۳- فرآیند تولید اتیلن اکساید

در فرآیند تولید اتیلن اکساید عمده انتشارات فرآیندی گازهای گلخانه‌ای به صورت CO_2 است. در این واحدها، دی اکسید کربن به عنوان یک محصول جانبی حین تولید اتیلن اکساید به وجود می‌آید و باید به طریقی از محصول اصلی جداسازی شود. معمولاً دی اکسید کربن در یک محلول کربناتی داغ حل شده و سپس در یک برج دفع از آن

صفحه ۳۸ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

جدا می‌شود. در فرآیندهایی که از هوا برای اکسیداسیون استفاده می‌شود، اتیلن بیشتری مصرف شده و دی اکسید کربن بیشتری نیز تولید می‌شود. دی اکسید کربنی که در فرآیندهای مبتنی بر اکسیژن خالص تولید و جداسازی می‌شود تقریباً خالص بوده و ممکن است به فروش برسد ولی این گازها عمدتاً به اتمسفر منت می‌شود.

محاسبه میزان انتشار CO₂:

میزان انتشارات فرآیندی CO₂ در تولیدات اتیلن اکساید با استفاده از رابطه (۲۸) به دست می‌آید. برای استفاده از این رابطه در فرآیندهای تولید اتیلن اکساید، استریپر به عنوان مرز موازنه جرم کربن در نظر گرفته می‌شود. محلول کربناتی غنی از CO₂ وارد استریپر شده و گاز CO₂ پس از جداسازی از بالای استریپر خارج می‌شود. لذا برای تعیین میزان انتشارات فرآیندی، آنالیز جرمی و ترکیب درصد جریانات ورودی و خروجی به استریپر مورد نیاز بوده و باید توسط تاسیسات گردآوری شود. منظور از جریان ورودی و خروجی محلول کربناتی غنی از CO₂ (ورودی به استریپر) و محلول کربناتی رقیق از CO₂ (خروجی از استریپر) است.

۴-۳-۴- فرآیند تولید اسید نیتریک

گاز گلخانه‌ای N₂O به عنوان یک ترکیب ناخواسته در فرآیند تولید اسید نیتریک تشکیل می‌شود. برای برآورد میزان انتشار این گاز در درجه اول باید از اندازه‌گیری مستقیم استفاده کرد (در صورت وجود سیستم اندازه‌گیری). در این روش، غلظت گاز N₂O در دودکش و فلوی جریان خروجی از دودکش به صورت پیوسته اندازه‌گیری شده و فلوی جرمی N₂O در مدت زمان مورد نظر محاسبه می‌شود. در صورت عدم وجود سیستم اندازه‌گیری، از ضرایب انتشار بین‌المللی به شرح زیر برای تخمین انتشار این گاز استفاده می‌شود:

$$E_{P,NA,N_2O} = \frac{NAP \times EF_{NA,N_2O}}{1000} \quad \text{رابطه (۳۱)}$$

که در رابطه فوق،

E_{P,NA,N_2O} : مقدار سالانه انتشار N₂O از تولید اسید نیتریک بر حسب tonN₂O

صفحه ۳۹ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

NAP : مقدار سالانه تولید اسید نیتریک خلوص ۱۰۰٪ برحسب تن (مقدار سالانه تولید اسید نیتریک

خلوص ۱۰۰٪ از حاصل ضرب مقدار تولید سالانه اسید نیتریک ناخالص در میزان خلوص آن بدست

می‌آید)

EF_{NA,N_2O} : ضریب انتشار N_2O از واحدهای تولید اسید نیتریک برحسب $kgN_2O/ton HNO_3$

ضریب انتشار N_2O از واحدهای تولید اسید نیتریک بر اساس نوع فرآیند تولید در جدول (۵-۱) ارائه شده است.

جدول (۵-۱) ضریب انتشار N_2O برای فرآیند تولید اسید نیتریک

عدم قطعیت	ضریب انتشار N_2O (بر مبنای خلوص ۱۰۰٪ اسید نیتریک تولیدی) (kg N_2O /ton Nitric acid)	نوع فرآیند تولید
± ۱۰٪	۲	Plants with NSCR ^a (all processes)
± ۱۰٪	۲/۵	Plants with process-integrated or tailgas N_2O destruction
± ۱۰٪	۵	Atmospheric pressure plants (low pressure)
± ۲۰٪	۷	Medium pressure combustion plants
± ۴۰٪	۹	High pressure plants
a: None-Selective Catalytic Reduction (NSCR) منبع: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories		

توجه: در صورت وجود فرآیندهای کاهنده انتشارات گازهای گلخانه‌ای مثل SCR باید چک شود که در طول بازه زمانی مربوط به انجام محاسبات و گرفتن اطلاعات عملکردی، تجهیز کاهنده، نصب و در حال کار بوده باشد.

۴-۴- انتشارات تخلیه‌ای سیستم گاز پوششی مخازن

در برخی مخازن هیدروکربنی برای جلوگیری از تجمع هوا در فضای بالای مخزن، از یک گاز پوششی استفاده می‌شود. در صورتی که گاز پوششی مورد استفاده از نوع گاز طبیعی بوده و ونت آن بدون کنترل به اتمسفر تخلیه شود، لازم است انتشارات متان و دی اکسید کربن آن محاسبه و گزارش شود.

مقدار انتشار متان و دی اکسید کربن حاصل از ونت گاز پوششی با رابطه (۳۲) محاسبه می‌شود:

صفحه ۴۰ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

$$E_{P,BG,i} = \frac{Q_{NG,BG}}{23.685} \times x_i \times MW_i \times \frac{1}{1000} \quad \text{رابطه (۳۲)}$$

که در آن،

$E_{P,BG,i}$: انتشار گاز گلخانه‌ای i (متان و دی اکسید کربن) در اثر تخلیه گاز پوششی (تن در سال)

$Q_{NG,BG}$: مقدار مصرف سالانه گاز طبیعی در کل سیستم گاز پوششی مخازن برحسب Sm^3

x_i : کسر مولی گاز گلخانه‌ای i (متان و دی اکسید کربن) در گاز طبیعی (کسری از ۱)

MW_i : جرم مولی گاز گلخانه‌ای i (متان و دی اکسید کربن) $kg/kmol$

23.685 : حجم مولی $sm^3/kmol$

1000 : تبدیل کیلوگرم به تن

در صورت عدم وجود تجهیزات اندازه‌گیری برای مقدار گاز مصرفی در سیستم پوشش مخازن، مقدار پارامتر $Q_{NG,BG}$ برابر مجموع سالانه جریانات ورودی (گاز طبیعی) به مخازن دارای پوشش گاز طبیعی قرار داده شود (برحسب مترمکعب).

مجموع انتشارات گلخانه‌ای حاصل از ونت گاز پوششی مخازن نیز از رابطه (۳۳) به دست می‌آید:

$$E_{P,BG} = \sum_i (E_{P,BG,i} \times GWP_i) \quad \text{رابطه (۳۳)}$$

که در آن،

$E_{P,BG}$: میزان کل انتشار سالانه گازهای گلخانه‌ای تخلیه‌ای از سیستم پوشش مخازن برحسب

$tonCO_2e$ (تن معادل دی اکسید کربن)

GWP_i : قابلیت گرمایش جهانی گاز گلخانه‌ای i (متان و دی اکسید کربن)

صفحه ۴۱ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

۵- انتشارات غیرمستقیم

انتشارات غیرمستقیم انتشاراتی است که در اثر فعالیت‌های تاسیسات موردنظر صورت می‌گیرد ولی انتشار مربوطه در منابعی که تحت کنترل و مالکیت این تاسیسات نیستند اتفاق می‌افتد. این انتشارات شامل انتشارات حاصل از تولید برق، بخار و حرارتی است که تاسیسات موردنظر به‌جای تولید آن‌ها در داخل مجموعه خود، از یک مجموعه دیگر خریداری می‌کند که به‌عنوان نمونه می‌توان به انتشارات مربوط به برق خریداری‌شده از شبکه برق توسط یک پالایشگاه نفت اشاره کرد.

در این راهنما، فقط انتشارات غیرمستقیم CO_2 ناشی از واردات برق و بخار مدنظر است. روش برآورد این انتشارات در ادامه شرح داده می‌شود.

۵-۱- انتشارات غیرمستقیم ناشی از واردات برق

۵-۱-۱- واردات برق از شبکه سراسری برق کشور

انتشارات غیرمستقیم مربوط به واردات برق از شبکه سراسری برق کشور، از رابطه (۳۴) به دست می‌آید:

$$E_{ID,GE,CO_2} = \frac{EI_{grid} \times EF_{GE,CO_2}}{1 - TDL} \quad \text{رابطه (۳۴)}$$

در این رابطه،

E_{ID,GE,CO_2} : انتشار غیرمستقیم CO_2 ناشی از واردات برق از شبکه سراسری برحسب تن CO_2

EI_{grid} : مقدار سالانه برق دریافتی از شبکه سراسری برحسب مگاوات ساعت

EF_{GE,CO_2} : ضریب انتشار CO_2 برای برق شبکه سراسری برحسب $tonCO_2/MWh$ (گزارش‌شده در ترازنامه

انرژی کشور)

TDL : تلفات شبکه انتقال و توزیع برق (کسری از ۱)؛ (مجموع تلفات شبکه انتقال و شبکه توزیع برق

که در ترازنامه انرژی کشور گزارش می‌شود)

صفحه ۴۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

توضیح: چنانکه ضرایب انتشار CO_2 شبکه سراسری برق و تلفات شبکه انتقال و توزیع برای سال موردنظر در دسترس نباشد، از ضریب انتشار و تلفات گزارش شده در آخرین ترازنامه انرژی منتشر شده استفاده شود. در ترازنامه انرژی سال ۹۹، ضرایب انتشار CO_2 شبکه سراسری برق برابر $0.638071 \text{ tonCO}_2/\text{MWh}$ و تلفات شبکه برق نیز برابر 0.10 گزارش شده است (عدم قطعیت ضریب انتشار CO_2 شبکه سراسری برق و تلفات شبکه برق: $\pm 10\%$).

۵-۱-۲- واردات برق از تاسیسات دیگر

انتشارات غیرمستقیم مربوط به واردات برق از یک تاسیسات دیگر، از رابطه (۳۵) به دست می‌آید:

$$E_{ID,OFE,CO_2} = EI_{OF} \times EF_{OFE,CO_2} \quad \text{رابطه (۳۵)}$$

در این رابطه،

E_{ID,OFE,CO_2} : انتشار غیرمستقیم CO_2 ناشی از برق وارداتی از تاسیسات دیگر برحسب تن CO_2

EI_{OF} : مقدار سالانه دریافت برق از تاسیسات دیگر برحسب مگاوات ساعت

EF_{OFE,CO_2} : ضریب انتشار CO_2 برای برق دریافتی از تاسیسات دیگر برحسب $\text{tonCO}_2/\text{MWh}$

جهت انتخاب ضریب انتشار CO_2 برای دریافت برق از تاسیسات دیگر (EF_{OF,CO_2}) به ترتیب اولویت از روش‌های زیر استفاده شود:

۱. اخذ ضریب انتشار ارائه شده توسط تاسیسات تولیدکننده برق برای سال موردنظر
۲. انتخاب ضریب انتشار از ترازنامه انرژی کشور بر اساس نوع سوخت و فناوری مورد استفاده در تاسیسات تولیدکننده برق (ترازنامه انرژی سال موردنظر)
۳. استفاده از ضریب انتشار شبکه سراسری برق (گزارش شده در ترازنامه انرژی سال موردنظر)

توضیح: چنانکه ضرایب انتشار گفته شده در سه بند فوق، برای سال موردنظر در دسترس نباشد از آخرین سالی که ضرایب برای آن موجود است استفاده شود.

صفحه ۴۳ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

۵-۲- انتشار غیرمستقیم ناشی از واردات بخار از تاسیسات دیگر

انتشارات غیرمستقیم مربوط به واردات بخار از تاسیسات دیگر، از رابطه (۳۶) به دست می‌آید:

$$E_{ID,S,CO_2} = SI \times EF_{S,CO_2} \quad \text{رابطه (۳۶)}$$

در این رابطه،

E_{ID,S,CO_2} : انتشار غیرمستقیم CO_2 ناشی از واردات بخار از تاسیسات دیگر برحسب تن CO_2

SI : مقدار سالانه دریافت بخار از تاسیسات دیگر برحسب تن

EF_{grid,CO_2} : ضریب انتشار CO_2 برای بخار وارد شده برحسب $tonCO_2/tonSteam$

جهت انتخاب ضریب انتشار CO_2 برای بخار دریافتی از تاسیسات دیگر (EF_{S,CO_2}) به ترتیب اولویت زیر عمل شود:

۱. ضریب انتشار ارائه شده توسط تاسیسات تولیدکننده بخار برای سال موردنظر

۲. محاسبه ضریب انتشار با فرض مصرف سوخت گاز طبیعی برای تولید بخار، با فرض راندمان ۹۲٪ برای بویلر و بر اساس اختلاف آنتالپی بخار دریافتی و آب کندانس برگشتی مطابق رابطه (۳۷).

$$EF_{S,CO_2} = \frac{E_{steam} - E_{cond.}}{0.92} \times 56.1 \times 10^{-3} \quad \text{رابطه (۳۷)}$$

در این رابطه،

E_{steam} : آنتالپی بخار دریافتی برحسب GJ/ton (بر اساس دما و فشار بخار)

$E_{cond.}$: آنتالپی آب کندانس برگشتی برحسب GJ/ton (بر اساس دما و فشار کندانس برگشتی)

0.92 : راندمان پیش فرض برای بویلر

56.1×10^{-3} : ضریب انتشار CO_2 برای گاز طبیعی برحسب tCO_2/GJ (به جدول (۱-۲) رجوع شود).

صفحه ۴۴ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

۶- خلاصه الزامات

الزامات مربوط به استفاده از متدولوژی‌های مختلف در فازهای زمانی مختلف در جدول (۱- ۶) خلاصه شده است.

جدول (۱- ۶) خلاصه الزامات مربوط به استفاده از متدولوژی‌های مختلف در فازهای زمانی مختلف

نوع منبع	شرح وضعیت سازمان سطح ۳	الزامات	زمان شروع الزام
منابع احتراقی ثابت به جز فلر، زباله سوز و اکسیدایزر	تحت هر شرایط (به جز در موارد مصرف <i>fuel</i> و <i>offgas</i> به عنوان سوخت)	مقدار ارزش حرارتی خالص و مقدار ضریب انتشار CO_2 سوخت از مقادیر پیش فرض ارائه شده در راهنما انتخاب شود، یا مقدار ارزش حرارتی خالص و مقدار ضریب انتشار CO_2 سوخت‌های گازی بر اساس آنالیز سوخت و سوخت‌های مایع بر اساس مقادیر اعلامی توسط آزمایشگاه تعیین شود	ابتدای ۱۳۹۵
	در صورت مصرف <i>fuel gas</i> و <i>offgas</i> به عنوان سوخت	باید مقدار ارزش حرارتی خالص و مقدار ضریب انتشار CO_2 سوخت بر اساس آنالیز سوخت تعیین شود	ابتدای ۱۳۹۵
	اگر مجموع انتشارات احتراقی هر کدام از سوخت‌های مصرفی در سازمان سطح ۳ بیش از ۵۰۰ هزار تن معادل دی اکسید کربن باشد.	باید مقدار ارزش حرارتی خالص و مقدار ضریب انتشار CO_2 سوخت‌های گازی بر اساس آنالیز سوخت و سوخت‌های مایع بر اساس مقادیر اعلامی توسط آزمایشگاه تعیین شود	ابتدای ۱۴۰۱
فلر	تحت هر شرایط	مقدار جریان ارسالی به فلر بر اساس محاسبات مهندسی تعیین شود، یا از تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی به فلر استفاده شود	ابتدای ۱۳۹۵
	متعاقبا اعلام خواهد شد	توصیه می‌شود از تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی به فلر استفاده شود	متعاقبا اعلام خواهد شد
	تحت هر شرایط	آنالیز جریان‌های ارسالی به فلر به صورت تقریبی برآورد شود، یا از آنالیز واقعی جریان‌های ارسالی به فلر استفاده شود	ابتدای ۱۳۹۵
	متعاقبا اعلام خواهد شد	باید از آنالیز واقعی جریان‌های ارسالی به فلر استفاده شود	متعاقبا اعلام خواهد شد

صفحه ۴۵ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

ادامه جدول (۱-۶) خلاصه الزامات مربوط به استفاده از متدولوژی‌های مختلف در فازهای زمانی مختلف

نوع منبع	شرح وضعیت سازمان سطح ۳	الزامات	زمان شروع الزام
تجهیزات احتراقی پسماندسوزها و اکسیدایزرها	تحت هر شرایط	مقدار جریان ارسالی بر اساس محاسبات مهندسی تعیین شود، یا از تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی استفاده شود	ابتدای ۱۳۹۵
	متعاقبا اعلام خواهد شد	توصیه می‌شود از تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی استفاده شود	متعاقبا اعلام خواهد شد
	تحت هر شرایط	آنالیز جریان‌های ارسالی بر اساس محاسبات مهندسی/طراحی تعیین شود، یا از آنالیز واقعی جریان‌های ارسالی استفاده شود	ابتدای ۱۳۹۵
	الزامات استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری بعدا اعلام خواهد شد	باید از آنالیز واقعی جریان‌های ارسالی استفاده شود	متعاقبا اعلام خواهد شد
منابع انتشار فرار گازهای گلخانه‌ای	تحت هر شرایط	هر یک از موارد زیر متناسب با امکانات و توانایی هر سازمان: • استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تاسیسات • استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تجهیزات • استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح اجزاء • اندازه‌گیری در سطح اجزاء	ابتدای ۱۳۹۵
	متعاقبا اعلام خواهد شد	• استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح تجهیزات • استفاده از متوسط ضرایب انتشار در سطح اجزاء • اندازه‌گیری در سطح اجزاء	متعاقبا اعلام خواهد شد

صفحه ۴۶ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

فصل دوم

فرمت گزارش دهی انتشار گازهای گلخانه‌ای

هر یک از سازمان‌های سطوح ۱، ۲ و ۳ ملزم به تهیه گزارش‌های جداگانه سالانه (در قالب فایل الکترونیکی با فرمت word و PDF) می‌باشند. در این بخش، قالب و سرفصل‌های گزارش‌دهی انتشار گازهای گلخانه‌ای سازمان‌ها ارائه شده است.

سرفصل‌های گزارش محاسبات انتشار گازهای گلخانه‌ای سازمان سطح ۳

۱- خلاصه گزارش

۲- معرفی سازمان

جدول (۲- ۱) در این بخش قرار داده شود.

۳- مشخص نمودن مرز سازمان

۴- نحوه انجام محاسبات انتشار

(در هر یک از زیر بخش‌های زیر، روابط، ضرایب انتشار و داده‌های عملکردی مورداستفاده آورده شوند) جدول (۲- ۲)

۲) الی جدول (۲- ۹) در این بخش قرار داده شود.

۱-۴- انتشارات احتراقی

۱-۴-۱- انتشارات منابع احتراقی ثابت به‌جز فلر، زباله‌سوز و اکسیدایزر

۱-۴-۲- انتشارات فلر

۱-۴-۳- انتشارات احتراقی مربوط به پسماندسوزها و اکسیدایزرها

۱-۴-۲- انتشارات فرار

۱-۴-۳- انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای

۱-۴-۴- انتشارات غیرمستقیم

۵- نتایج محاسبات برآورد انتشار

جدول (۲- ۱۰) و جدول (۲- ۱۱) در این بخش قرار داده شود.

۶- فرضیات گزارش

- سازمان بایستی آن دسته از منابع انتشار که احتمالاً در تهیه گزارش مدنظر قرار نگرفته است را ذکر کند و علت را توضیح دهد..
- سازمان‌هایی که دارای امحاء بیوگاز تولیدی از سیستم‌های تصفیه بی‌هوازی، واحد شیرین سازی گاز، واحد هیدروژن‌سازی، انتشارات ونت، پسماندسوز و چاله‌سوز هستند علاوه بر ذکر دارا بودن این موارد در این قسمت، اطمینان از در نظر گرفتن نکات گفته شده در متن راهنما در خصوص این موارد را برای خواننده گزارش مهیا کنند.
- سازمان بایستی توضیحات لازم در خصوص نحوه برآورد اطلاعات عملکردی و ترکیب درصد سوخت‌ها، گاز

ارسالی به فلر، جریان‌های ورودی به پسماندسوز و چاله‌سوز، *Offgas* واحد هیدروژن‌سازی را در این قسمت ارائه دهد. برای مثال مشخص کند که به دلیل عدم وجود تجهیزات اندازه‌گیری مقدار جریان‌های ارسالی به تجهیزات احتراقی، از روش‌های دیگری مانند محاسبات مهندسی و یا تخمین استفاده کرده است.

- سازمان بایستی در این قسمت برای خواننده گزارش این اطمینان را فراهم کند که در محاسبات گزارش مقدار جریان ارسالی به فلر (*QF*) شامل گاز پایلوت سوزانده شده در فلر نیز است.
- سازمان بایستی در این قسمت برای خواننده گزارش این اطمینان را فراهم کند که مقدار مصرف سوخت شامل سوخت کمکی مصرف‌شده در فلر نیست؛ زیرا سوخت مصرفی در فلر در محاسبات مربوط به فلر لحاظ شده است.
- سازمان بایستی در این قسمت برای خواننده گزارش مشخص کند که آیا مجموع انتشارات احتراقی حاصل از هر یک از سوخت‌های مصرفی سازمان در سال قبل بیش از ۵۰۰ هزارتن معادل دی اکسید کربن بوده است یا خیر. چراکه در صورت بیشتر از ۵۰۰ هزار تن CO_2eq بودن، سازمان ملزم به تعیین مقدار ارزش حرارتی خالص سوخت بر اساس ترکیب درصد سوخت در سال جاری است. (در صورت دارا بودن این شرایط و عدم محاسبه، علت توضیح داده شود)
- و سایر فرضیات

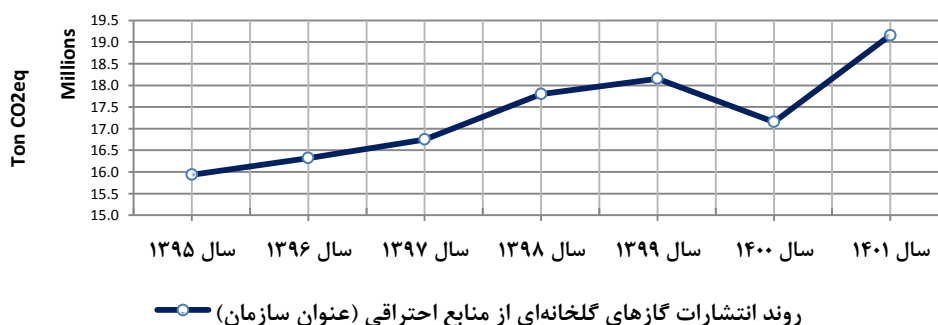
۷- تشریح پروژه‌های منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال مورد گزارش

مطالب ارائه شده در این بند باید شامل موارد زیر باشد:

- عنوان و محل پروژه
- ظرفیت
- شرح مختصری از فرآیند پروژه و نحوه کاهش انتشارات گلخانه‌ای
- زمان‌بندی اجرای پروژه
- میزان کاهش انتشار سالانه

۸- تحلیل و استنتاج

در این بند روند تغییر انتشارات و اطلاعات عملکردی هر یک از منابع انتشار (طبق تقسیم‌بندی این راهنما) در طی سال-های گذشته (حداقل ۳ سال گذشته و ترجیحاً از سال ۱۳۹۵) مشروحاً ارائه گردد. لازم است برای درک بهتر این روند تغییرات از نمودارهای مناسب برای هر منبع انتشار (مانند نمودار زیر) استفاده شود.



شکل ۲-۱ نمونه روند تغییر انتشارات و اطلاعات عملکردی

همچنین ضروری است دلایل تغییرات در روند انتشارات (مانند تغییر در میزان تولید، اجرای پروژه‌های کاهش انتشار، اضافه یا کم شدن واحد تولیدی جدید، تصحیح اشتباهات گزارش‌های قبلی، تغییر در انتخاب روش محاسباتی و ضرایب انتشار، تغییر در منبع تامین انرژی و ...) به صورت مشروح بیان گردد.

سرفصل‌های گزارش محاسبات انتشار گازهای گلخانه‌ای سازمان‌های سطح ۱ و ۲

۱- خلاصه گزارش

۲- معرفی سازمان

جدول (۲-۱) در این بخش قرار داده شود.

۳- مشخص نمودن مرز سازمان

۴- نتایج محاسبات برآورد انتشار

تجميع جدول (۲-۲) الی جدول (۲-۹) سازمانهای زیر مجموعه در این بخش قرار داده شود. همچنین جدول (۲-۱۰) و جدول (۲-۱۱) در این بخش قرار داده شود.

۵- فرضیات

- سازمان بایستی آن دسته از منابع انتشار که احتمالا در تهیه گزارش مدنظر قرار نگرفته است را ذکر کند و علت را توضیح دهد.
- سازمان بایستی بر اساس گزارش‌های سازمان‌های تابعه خود با ذکر عنوان سازمان‌ها مشخص کند چه تعداد از سازمان‌ها از روش‌های اندازه‌گیری و چه تعداد از روش‌های محاسباتی و تخمین برای برآورد اطلاعات عملکردی و ترکیب درصدها استفاده کرده‌اند.
- سازمان بایستی بر اساس گزارش‌های سازمان‌های تابعه خود با ذکر عنوان سازمان‌ها مشخص کند چه تعداد از سازمان‌ها مجموع انتشارات احتراقی حاصل از هر یک از سوخت‌های مصرفی آنها در سال قبل

بیش از ۵۰۰ هزارتن معادل دی اکسید کربن و ملزم به تعیین مقدار ارزش حرارتی خالص سوخت بر اساس ترکیب درصد سوخت در سال جاری بوده است. همچنین عنوان سازمان هایی که علی رغم مشمول بودن در این بند از ارزش حرارتی پیش فرض استفاده کرده اند ذکر و علت آن توضیح داده شود.

- و سایر فرضیات

۶- تشریح پروژه‌های منجر به کاهش انتشار در سال مورد گزارش

در این بند جدول زیر بر اساس اطلاعات پروژه‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام شده در سال مورد گزارش، تکمیل شود.

ردیف	عنوان پروژه	محل اجرا (سازمان سطح پایین تر)	منابع انتشار تحت تاثیر پروژه	کاهش انتشار سالانه (تن معادل CO2)

۷- تحلیل و استنتاج

در این بند روند تغییر انتشارات و اطلاعات عملکردی هر یک از منابع انتشار (طبق تقسیم‌بندی این راهنما) در طی سال-های گذشته (حداقل ۳ سال گذشته و ترجیحاً از سال ۱۳۹۵) مشروحاً ارائه گردد. لازم است برای درک بهتر این روند تغییرات از نمودارهای مناسب برای هر منبع انتشار (مانند شکل ۲-۱) استفاده شود.

همچنین ضروری است دلایل تغییرات در روند انتشارات (مانند تغییر در میزان تولید، اجرای پروژه‌های کاهش انتشار، اضافه یا کم شدن واحد تولیدی جدید، تصحیح اشتباهات گزارش‌های قبلی، تغییر در انتخاب روش محاسباتی و ضرایب انتشار، تغییر در منبع تامین انرژی و ...) به صورت مشروح بیان گردد.

صفحه ۵۱ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

جدول (۲-۱) اطلاعات واقعی تولید/ انتقال / توزیع محصول یا فراورده سازمان‌های سطح ۱، ۲ و ۳ (نکته ۱)

نام سازمان سطح ۳:	نام سازمان سطح ۲ مربوطه:
نام سازمان سطح ۱ مربوطه:	
دامنه گزارش از تاریخ:	۱۴ / ۱ / ۱ لغایت ۱۴ / ۱۲ / ۳۰

اطلاعات مربوط به محصولات تولیدی

مقدار	واحد (در سال)	نام محصول/خدمات
	هزار بشکه در سال	نفت خام تولیدشده
	میلیون استاندارد مترمکعب در سال	گاز تولید شده
	هزار بشکه در سال	نفت خام انتقال یافته با خط لوله (نکته ۲)
	هزار بشکه در سال	میزان نفت، میعانات و فرآورده نفتی بارگیری شده (در پایانه‌ها)
	هزار بشکه در سال	نفت خام و میعانات ورودی به فرآیند پالایش
	هزار بشکه در سال	نفت و میعانات خروجی از فرآیند پالایش
	مترمکعب در سال	فرآورده نفتی انتقال یافته
	مترمکعب در سال	فرآورده نفتی توزیع شده
	میلیون استاندارد مترمکعب در سال	گاز ورودی به فرآیند پالایش
	میلیون استاندارد مترمکعب در سال	گاز خروجی از فرآیند پالایش
	میلیون استاندارد مترمکعب در سال	گاز انتقال یافته
	میلیون استاندارد مترمکعب در سال	گاز توزیع شده
	هزار تن در سال	محصول نهایی تولیدشده پتروشیمیایی (نکته ۳)
	هزار تن در سال	میزان محصولات پتروشیمی بارگیری شده (شرکت پایانه‌ها و مخازن پتروشیمی)

توضیحات:

نکته (۱): در بخش نام سازمان، هر سازمان با توجه به سطح خود فقط اسم خود سازمان و سطوح بالاتر خود را تکمیل می‌کند.

نکته (۲): نفت و گاز انتقال یافته با خطوط لوله شامل خطوط جریانی نمی‌شود. هرگونه انتشار مربوط به این بخش، به‌عنوان جزئی از انتشار مربوط به بخش تولید نفت خام لحاظ می‌شود.

نکته (۳): نوع محصولات پتروشیمیایی در بخش توضیحات ذکر شود.

مشخصات تهیه‌کنندگان گزارش

نام و نام خانوادگی	سمت سازمانی	شماره تلفن ثابت	تلفن همراه	ایمیل

صفحه ۵۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

جدول (۲-۲) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های تابعه شرکت ملی نفت

ردیف	نام سازمان سطح دو	نام سازمان سطح سه	مقدار تولید نفت	مقدار تولید گاز	مقدار مصرف سوخت				مقدار فلرینگ	نفت سوزانده شده در چاله سوخت	گاز اسیدی		مقدار برق دریافتی از شبکه سراسری	مقدار برق دریافتی از تاسیسات صنعت نفت
					گاز طبیعی	سوخت‌های گازی *	سوخت‌های مایع *	سایر سوخت‌های مایع *			مقدار CO ₂	درصد		
			10 ⁶ bbl	10 ⁶ Sm ³	10 ³ Sm ³	10 ³ Sm ³	10 ³ Lit	10 ³ Lit	tons	bbl	10 ⁶ Sm ³	%	MWh	MWh

* توضیحات: نوع سایر سوخت‌های گازی و سایر سوخت‌های مایع در توضیحات درج شود .

جدول (۳-۲) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های پالایش گاز شرکت ملی گاز

ردیف	نام سازمان سطح سه	مقدار گاز دریافتی	مقدار تولید گاز	مقدار مصرف سوخت				مقدار فلرینگ	میزان CO ₂		مقدار برق دریافتی از شبکه سراسری	مقدار برق دریافتی از سایر تاسیسات صنعت نفت
				گاز طبیعی	سوخت‌های گازی *	نفت گاز	سوخت‌های مایع *		گاز دریافتی	گاز خروجی		
		10 ⁶ sm ³	10 ⁶ sm ³	10 ³ Sm ³	10 ³ Sm ³	10 ³ Lit	10 ³ Lit	tons	% (درصد مولی)		MWh	MWh

* توضیحات: نوع سایر سوخت‌های گازی و سایر سوخت‌های مایع در توضیحات درج شود .

صفحه ۵۳ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

جدول (۲-۴) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های گاز استانی و انتقال گاز - شرکت ملی گاز

ردیف	نام سازمان	طول خطوط**	مقدار گاز منتقل شده / توزیع شده	مقدار مصرف سوخت				مقدار برق دریافتی از سایر تاسیسات صنعت نفت
				گاز طبیعی	سوخت‌های گازی*	سوخت‌های مایع*	سوخت‌های مایع*	
		km	10 ⁶ Sm ³	10 ³ Sm ³	10 ³ Sm ³	10 ³ Lit	10 ³ Lit	MWh

* توضیحات: نوع سایر سوخت‌های گازی و سایر سوخت‌های مایع در توضیحات درج شود .

** مقادیر مندرج در ستون طول خطوط برای شرکت انتقال گاز و شرکت‌های گاز استانی، به ترتیب نشان دهنده طول خطوط انتقال گاز و طول خطوط توزیع گاز بر حسب km است.

جدول (۲-۵) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های پالایش شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی

ردیف	نام سازمان سطح سه	مقدار نفت خام / میعانات پالایش شده	مقدار مصرف سوخت								مقدار برق دریافتی از شبکه سراسری	مقدار برق دریافتی از سایر تاسیسات صنعت نفت
			گاز طبیعی	سوخت‌های گازی*	نفت گاز	نفت کوره	LPG	نفتا	بنزین	سوخت‌های مایع*		
		10 ³ bbl	10 ³ Sm ³	10 ³ Lit							Ton	MWh

* توضیحات: نوع سایر سوخت‌های گازی و سایر سوخت‌های مایع در توضیحات درج شود .

 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	صفحه ۵۴ از ۹۴
---	---	---------------

جدول (۲- ۶) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های (خطوط لوله و مخابرات) و (پخش فرآورده‌های نفتی) شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی

ردیف	نام سازمان	نفت خام انتقال یافته	فرآورده انتقال یافته	فرآورده توزیع شده	مقدار مصرف سوخت								مقدار برق دریافتی از سایر تاسیسات صنعت نفت
					گاز طبیعی	سایر سوخت‌های گازی*	نفت گاز	نفت کوره	LPG	نفتا	بنزین	سایر سوخت‌های مایع*	
		10 ³ bbl	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ Sm ³		10 ³ Lit				MWh		

* توضیحات: نوع سایر سوخت‌های گازی و سایر سوخت‌های مایع در توضیحات درج شود .

جدول (۲- ۷) خلاصه اطلاعات عملکردی شرکت‌های پتروشیمی

ردیف	نام سازمان	مقدار کل محصولات تولیدی	مقدار مصرف سوخت				مقدار فلرینگ	مقدار برق دریافتی از شبکه سراسری	مقدار برق دریافتی از سایر تاسیسات صنعت نفت
			گاز طبیعی	سایر سوخت‌های گازی*	نفت گاز	سایر سوخت‌های مایع*			
		tons	10 ³ sm ³	10 ³ Lit		tons	MWh	MWh	MWh

* توضیحات: نوع سایر سوخت‌های گازی و سایر سوخت‌های مایع در توضیحات درج شود .

صفحه ۵۵ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

جدول (۲- ۸) خلاصه اطلاعات عملکردی مربوط به بخش ونت شرکت‌های پتروشیمی (اطلاعات استریپرها)

ردیف	نام سازمان *	نوع فرآیند دارای انتشارات ونت	میزان محصول تولیدی در فرآیند دارای انتشارات ونت	جریان ورودی به استریپر	جریان خروجی از استریپر	کسر جرمی کربن در جریان ورودی به استریپر	کسر جرمی کربن در جریان خروجی از استریپر
			tons	tons	tons		

* توضیحات: سازمان های دارای واحدهای تولید آمونیاک، بازیابی اتان، اتیلن اکساید و اسید نیتریک بایستی این جدول را تکمیل نمایند. واحدهای تولید اسید نیتریک فقط باید میزان محصول اسید نیتریک ۱۰۰ درصد تولیدی خود را وارد کنند و نیازی به تکمیل چهار ستون آخر ندارند.

جدول (۲- ۹) خلاصه اطلاعات عملکردی پسماندها و دورریزها سازمان ها

ردیف	نام سازمان	شماره پسماندسوز / چاله سوخت *	شماره جریان	مقدار جریان * (ton)	محتوای کربنی FC

* توضیحات: تمامی سازمان های دارای پسماند سوز یا چاله سوخت بایستی این جدول را تکمیل نمایند..

صفحه ۵۶ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

جدول (۲ - ۱۰) انتشارات گلخانه‌ای سازمان در کلیه سطوح

نام سازمان سطح ۳:				نام سازمان سطح ۲ مربوطه:			
نام سازمان سطح ۱ مربوطه:							
دامنه گزارش از تاریخ :				۱۴ / ۱/۱		لغایت ۱۴ / ۱۲/۳۰	
نوع منبع	نوع GHG	میزان GHG منتشر شده		میزان GHG منتشر شده،		عدم قطعیت	
		(ton/Year)		(ton CO ₂ eq./Year)			
احتراقی	احتراقی ثابت به جز فلر، اکسیدایزر و پسماندسوز						
	فلر						
	اکسیدایزر و پسماندسوز						
	مجموع احتراقی						
فرار							
فرآیندی یا ونت‌ها							
مجموع انتشارات مستقیم							
مجموع انتشارات غیرمستقیم (از تاسیسات و شبکه برق سراسری)		CO ₂					
مجموع انتشارات غیرمستقیم (از شبکه برق سراسری)		CO ₂					
مجموع انتشارات مستقیم و غیرمستقیم (از تاسیسات و شبکه برق سراسری)							
مجموع انتشارات مستقیم و غیرمستقیم (از شبکه برق سراسری)							
نکته: کلیه مقادیر برحسب تن (معادل یک هزار کیلوگرم) در سال بوده و لازم است دقت لازم در این خصوص صورت پذیرد.							
نام و نام خانوادگی تهیه‌کنندگان گزارش							
نام و نام خانوادگی		سمت سازمانی		شماره تلفن ثابت		تلفن همراه	ایمیل

صفحه ۵۷ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

جدول (۲ - ۱۱) انتشارات غیرمستقیم مربوط به انرژی وارده به سازمان در کلیه سطوح

نام سازمان سطح ۳:		نام سازمان سطح ۲ مربوطه:
نام سازمان سطح ۱ مربوطه:		
دامنه گزارش از تاریخ : ۱۴ / ۱ / ۱ لغایت ۱۴ / ۱۲ / ۳۰		
نوع انرژی وارده	محل تامین	میزان GHG منتشره (ton CO ₂ eq./Year)
مجموع		
نکته : هرکدام از سازمان‌های سطح ۱ تا ۳ که دارای انتشارات غیرمستقیم هستند می‌بایست این جدول را نیز تکمیل و به همراه سایر مستندات به سطح بالاتر ارائه نمایند. به‌منظور جلوگیری از دوبارشماری میزان انتشار، لازم است سازمان‌های سطوح ۱ و ۲ هنگام تجميع گزارش‌های مربوط به این جدول، انتشارات غیرمستقیم حاصل از تبادل انرژی بین سازمان‌های زیرمجموعه خود را از جدول انتشار غیرمستقیم خود حذف کنند.		

نام و نام خانوادگی تهیه‌کنندگان گزارش

نام و نام خانوادگی	سمت سازمانی	شماره تلفن ثابت	تلفن همراه	ایمیل

صفحه ۵۸ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

فصل سوم

نحوه محاسبه ارزش حرارتی خالص و ضریب انتشار CO_2 سوخت‌های گازی از ترکیب گاز

صفحه ۵۹ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

۱- نحوه محاسبه ارزش حرارتی خالص سوخت‌های گازی از ترکیب گاز

ارزش حرارتی خالص (بر مبنای حجمی) سوخت‌های گازی با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$LHV_i = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k \times LHV_k)}{23.685} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه،

LHV_i : ارزش حرارتی خالص سوخت گازی i برحسب GJ/Sm^3 (گیگا ژول به ازای هر استاندارد مترمکعب)

x_k : کسر مولی (حجمی) ترکیب k در سوخت (کسری از ۱)

LHV_k : ارزش حرارتی خالص ترکیب k برحسب $GJ/kmol$ (گیگا ژول به ازای هر کیلومول) از جدول (۳-۱) (چنانکه ترکیب موردنظر در این جدول موجود نیست، مقدار مربوطه از منابع معتبر استخراج شود)

23.685 : حجم مولی در شرایط استاندارد $sm^3/kmol$

۲- نحوه محاسبه ضریب انتشار CO_2 سوخت‌های گازی از ترکیب گاز

ضریب انتشار CO_2 (بر مبنای ارزش حرارتی خالص) سوخت‌های گازی با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$EF_{i,CO_2} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k \times CN_k) \times 44}{23.685 \times LHV_i \times 1000} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه،

EF_{i,CO_2} : ضریب انتشار CO_2 برای سوخت i برحسب ton/GJ (تن به ازای هر گیگا ژول)

x_k : کسر مولی (حجمی) ترکیب k در سوخت (کسری از ۱)

CN_k : تعداد کربن در ترکیب k در سوخت

LHV_i : ارزش حرارتی خالص سوخت گازی i برحسب GJ/Sm^3 (گیگا ژول به ازای هر استاندارد مترمکعب)

44 : جرم مولی CO_2 $kg/kmol$

23.685 : حجم مولی در شرایط استاندارد $sm^3/kmol$

1000 : ضریب تبدیل کیلوگرم به تن

برای آشنایی بیشتر با رویه محاسبات مربوط به ارزش حرارتی به فصل پنجم (مثال‌های کاربردی) مراجعه شود.

جدول (۳-۱) مشخصات ترکیبات موجود در سوخت‌های گازی در شرایط استاندارد دما و فشار (دمای $60^{\circ}F$ و فشار (atm))

ترکیب	فرمول	تعداد کربن	جرم مولی $gr.mol^{-1}$	ارزش حرارتی خالص $GJ.kmol^{-1}$
Hydrogen	H_2	0	2.01588	0.2418
Helium	He	0	4.003	0.0000
Water	H_2O	0	18.01528	0.0000
Carbon Monoxide	CO	1	28.0104	0.2829
Nitrogen	N_2	0	28.0134	0.0000
Oxygen	O_2	0	31.9988	0.0000
Hydrogen Sulfide	H_2S	0	34.07588	0.5180
Argon	Ar	0	39.948	0.0000
Carbon Dioxide	CO_2	1	44.0098	0.0000
Methane	CH_4	1	16.04276	0.8027
Ethane	C_2H_6	2	30.06964	1.4288
Propane	C_3H_8	3	44.09652	2.0433
Iso-Butane	C_4H_{10}	4	58.1234	2.6484
n-Butane	C_4H_{10}	4	58.1234	2.6576
Iso-Pentane	C_5H_{12}	5	72.15028	3.2650
n-Pentane	C_5H_{12}	5	72.15028	3.2693
n-Hexane	C_6H_{14}	6	86.17716	3.8872
n-Heptane	C_7H_{16}	7	100.20404	4.5019
n-Octane	C_8H_{18}	8	114.23092	5.1162
n-Nonane	C_9H_{20}	9	128.2578	5.7318
n-Decane	$C_{10}H_{22}$	10	142.28468	6.3464
Neopentane	C_5H_{12}	5	72.15028	3.2508
2-Methylpentane	C_6H_{14}	6	86.17716	3.8796
3-Methylpentane	C_6H_{14}	6	86.17716	3.8822
2,2-Dimethylbutane	C_6H_{14}	6	86.17716	3.8698
2,3-Dimethylbutane	C_6H_{14}	6	86.17716	3.8775
Cyclopropane	C_3H_6	3	42.08064	1.9596

ارزش حرارتی خالص $GJ.kmol^{-1}$	جرم مولی $gr.mol^{-1}$	تعداد کربن	فرمول	ترکیب
2.5694	56.10752	4	C_4H_8	Cyclobutane
3.1000	70.1344	5	C_5H_{10}	Cyclopentane
3.6894	84.16128	6	C_6H_{12}	Cyclohexane
1.2569	26.03788	2	C_2H_2	Ethyne (acetylene)
1.3232	28.05376	2	C_2H_4	Ethene (ethylene)
1.9261	42.08064	3	C_3H_6	Propene (propylene)
3.1695	78.11364	6	C_6H_6	Benzene
2.6530	58.1234	4	C_4H_{10}	Butanes, avg
3.2670	72.15028	5	C_5H_{12}	Pentanes, avg
3.8790	86.17716	6	C_6H_{14}	Hexanes, avg

صفحه ۶۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

فصل چهارم

نحوه محاسبه عدم قطعیت



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست

کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای

صفحه ۶۳ از ۹۴

۱- مقدمه

هر زمانی که انتشار گازهای گلخانه‌ای کمی‌سازی شود، عدم قطعیت تخمین ایجاد می‌شود. بنابراین همه برآوردهای انتشار با عدم قطعیت تخمین همراه هستند.

ارزیابی عدم قطعیت یکی از بخش‌های مهم تهیه موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای به حساب می‌آید. بر اساس این ارزیابی می‌توان مواردی که باعث ایجاد عدم قطعیت بالا می‌شوند را شناسایی کرده و مطابق با آن، روش‌شناسی محاسبه انتشارات و همچنین نحوه جمع‌آوری اطلاعات را در جهت کاستن از این عدم قطعیت، بهبود بخشید.

عدم قطعیت باید برای کل موجودی انتشار و هم چنین انتشار منابع و بخش‌های مختلف، محاسبه شود. در این بخش از راهنما، روابط لازم و نحوه محاسبه عدم قطعیت برای انتشارات مختلف شرح داده می‌شود.

برای محاسبه عدم قطعیت کل موجودی انتشار لازم است تا ابتدا عدم قطعیت انتشارات محاسبه شده برای هر یک از منابع انتشار بدست آید. انتشارات هر یک از منابع انتشار ممکن است با روش مستقیم یا غیرمستقیم تخمین زده شده باشد (در این راهنما عمدتاً از روش غیرمستقیم استفاده شده است). در روش مستقیم از تجهیزات خاصی برای اندازه‌گیری مستقیم میزان انتشار گاز گلخانه‌ای مورد نظر استفاده می‌شود (مانند اندازه‌گیری مستقیم میزان انتشار N_2O در واحد اسید نیتریک). در روش غیرمستقیم نیز از یک رابطه محاسباتی برای برآورد میزان انتشار گاز گلخانه‌ای از منبع مورد نظر استفاده می‌شود (مانند محاسبه انتشارات احتراقی به صورت حاصل ضرب میزان مصرف سوخت، ارزش حرارتی سوخت و ضریب انتشار). در اندازه‌گیری غیرمستقیم مقدار عدم قطعیت بر اساس عدم قطعیت پارامترهای مورد استفاده در رابطه محاسباتی تعیین می‌شود. در ادامه، جزئیات و مراحل تعیین این عدم قطعیت توضیح داده می‌شود. در اندازه‌گیری مستقیم نیز برای تعیین عدم قطعیت میزان انتشار می‌توان از خطای دستگاه اندازه‌گیری مورد استفاده یا روش‌های آماری (مانند روش (الف) شرح داده شده در بخش ۲-۲-۲ این فصل) بهره گرفت.

صفحه ۶۴ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

۲- تعیین عدم قطعیت پارامترهای مورد استفاده در محاسبات انتشار

در اندازه‌گیری غیرمستقیم، عدم قطعیت میزان انتشار محاسبه شده با عدم قطعیت پارامترهای مورد استفاده (معمولاً داده عملکردی و ضریب انتشار) در ارتباط است. برای تعیین عدم قطعیت این پارامترها می‌توان از روش‌های زیر استفاده کرد:

۱. انجام تست آماری بر روی نمونه داده‌ها (مانند روش (الف) شرح داده شده در بخش ۲-۲-۲ این فصل)
۲. تعیین دقت دستگاه اندازه‌گیری، بویژه در مورد داده‌های عملکردی
۳. قضاوت کارشناسی برای تعیین عدم قطعیت پارامترها
۴. استفاده از عدم قطعیت‌های ارائه شده در مراجع (مانند IPCC)

در ادامه، نحوه تعیین عدم قطعیت پارامترهای مورد استفاده در محاسبات انتشار شرح داده می‌شود.

۲-۱- عدم قطعیت مقدار جریان

در اکثر روابط محاسباتی ارائه شده در فصل اول از مقدار جریان به عنوان داده عملکردی استفاده شده است (مانند مقدار کل مصرف سالانه سوخت، مقدار سالانه جریان ارسالی به فلر و ...).

عدم قطعیت مقدار جریان اندازه‌گیری شده از سه عامل زیر ناشی می‌شود:

- خطای اندازه‌گیری دستگاه مورد استفاده
- خطای مربوط به نحوه نصب و بکارگیری دستگاه
- عدم قطعیت مربوط به اعمال دما و فشار (برای محاسبه مقدار جریان گاز در شرایط استاندارد)

عدم قطعیت کلی مربوط به مقدار جریان اندازه‌گیری شده از ترکیب این سه عدم قطعیت بدست می‌آید (با استفاده از رابطه ۴ این فصل).

خطای اندازه‌گیری دستگاه بر اساس آخرین کالیبراسیون و یا دقت اعلام شده توسط سازنده مشخص می‌شود. چنانکه دقت دستگاه اندازه‌گیری مشخص نباشد می‌توان از جدول زیر برای تعیین این مقدار استفاده کرد.

جدول (۴-۱) مقدار پیش فرض خطای اندازه‌گیری دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان

خطای اندازه‌گیری	نوع دستگاه اندازه‌گیری
برای صفر تا ۲۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۳٪ برای ۲۰ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۱/۵٪	Rotary meter
برای صفر تا ۲۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۳٪ برای ۲۰ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۱/۵٪	Turbine flow meter
برای صفر تا ۲۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۶٪ برای ۲۰ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۴٪	Bellows meter
برای ۳۰ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۱/۵٪	Orifice meter
برای ۲۰ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۱/۵٪	Venturi meter
برای ۱ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۰/۵٪	Ultrasonic meter
برای ۱۰ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۲٪	Vortex meter
برای ۱ تا ۱۰۰٪ حداکثر بازه اندازه‌گیری: ۱٪	Coriolis meter
برای ۱۰ تا ۱۰۰٪ بازه اندازه‌گیری: ۲٪	Vortex meter
برای ۰/۹۵ bar تا ۱۱ bar و ۱۰°C تا ۴۰°C: ۰/۵٪	Gas meter with electronic volume conversion instrument (EVCI)
Reference: IPIECA, Addressing uncertainty in oil and natural gas industry greenhouse gas inventories	

خطای مربوط به نحوه نصب و بکارگیری دستگاه اندازه‌گیری بر اساس قضاوت کارشناسی و خطای مربوط به اعمال دما و فشار نیز بر اساس روابط مورد استفاده در تبدیلات مورد نظر قابل تعیین می‌باشند.

۲-۲- عدم قطعیت ضرایب انتشار و سایر پارامترها

۲-۲-۱- عدم قطعیت مقادیر پیش فرض

بیشتر روابط محاسباتی ارائه شده در فصل اول دارای پارامتر ضریب انتشار یا سایر ضرایب (مانند ارزش حرارتی سوخت، راندمان فلر و ...) هستند.

در اکثر موارد در فصل اول مقادیر پیش فرضی برای این ضرایب ارائه شده است. در صورت استفاده از این مقادیر پیش فرض، از مقدار عدم قطعیت مربوط به هر یک از این ضرایب که در جدول یا متن مربوطه بر اساس مراجع ارائه شده استفاده شود.

۲-۲-۲- عدم قطعیت کسر مولی ترکیبات

در برخی از روابط محاسباتی فصل اول بطور مستقیم از کسر مولی ترکیبات موجود در جریان مورد نظر استفاده شده است. در صورت وجود بیش از یک ترکیب درصد برای جریان گاز مورد نظر، عدم قطعیت مربوط به کسر مولی هر یک از ترکیبات با استفاده از روش آماری زیر قابل محاسبه است.

الف) وجود بیش از یک ترکیب درصد-روش تخمین عدم قطعیت بر اساس آماره t

در این بخش، تخمین عدم قطعیت بر اساس آماره t شرح داده می‌شود. از این روش علاوه بر تخمین عدم قطعیت کسر مولی ترکیبات گاز، می‌توان برای تخمین عدم قطعیت انتشار اندازه‌گیری شده به روش مستقیم و همچنین موارد مرتبط با داده‌های فعالیت و ضریب انتشار (اندازه‌گیری غیر مستقیم) نیز استفاده کرد. در این روش، گام‌های زیر برای تعیین عدم قطعیت انجام می‌شوند:

۱. تعیین مقدار t از جدول زیر بر اساس تعداد اندازه‌گیری‌ها

جدول (۴-۲) مقادیر t برای فاصله اطمینان 95%

t برای فاصله اطمینان 95%	تعداد اندازه‌گیری‌ها	t برای فاصله اطمینان 95%	تعداد اندازه‌گیری‌ها
۲/۱۴	۱۵	۱۲/۷۱	۲
۲/۱۳	۱۶	۴/۳	۳
۲/۱۲	۱۷	۳/۱۸	۴
۲/۱۱	۱۸	۲/۷۸	۵

¹ Statistic

² Confidence Interval

صفحه ۶۷ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

۶	۲/۵۷	۱۹	۲/۱
۷	۲/۴۵	۲۰	۲/۰۹
۸	۲/۳۶	۲۵	۲/۰۶
۹	۲/۳۱	۳۰	۲/۰۵
۱۰	۲/۲۶	۳۵	۲/۰۳
۱۱	۲/۲۳	۴۰	۲/۰۲
۱۲	۲/۲	۵۰	۲/۰۱
۱۳	۲/۱۸	۱۰۰	۱/۹۸
۱۴	۲/۱۶	∞	۱/۹۶
Reference: GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty			

۲. محاسبه مقدار متوسط نمونه‌ها^۱ و انحراف معیار^۲ با استفاده از روابط زیر

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \quad (2)$$

۳. محاسبه مقدار $\frac{s \times t}{\sqrt{n}}$

۴. محاسبه بازه اطمینان داده مورد نظر به صورت $\left[\bar{x} - \frac{s \times t}{\sqrt{n}}; \bar{x} + \frac{s \times t}{\sqrt{n}} \right]$

بر اساس بازه بدست آمده، می‌توان عدم قطعیت را به صورت درصد محاسبه کرد.

^۱ $\bar{x}$ = The mean

^۲ s = The standard deviation, s^2 = The variance

بدیهی است که در استفاده از این روش برای تعیین عدم قطعیت کسر مولی ترکیبات، لازم است تا محاسبات فوق برای هر یک از ترکیبات موجود در نمونه‌ها انجام شوند.

(ب) وجود یک ترکیب درصد-تخمین عدم قطعیت بر اساس تغییرپذیری و قابلیت تکثیر

در صورتی که فقط یک ترکیب درصد در دسترس باشد نمی‌توان از روش (الف) که در بالا شرح داده شد استفاده کرد. در این حالت، عدم قطعیت کسر مولی هر یک از ترکیبات موجود در گاز، از ترکیب دو عدم قطعیت تغییرپذیری (Variability) و قابلیت تکثیر (Reproducibility) بدست می‌آید (با جایگذاری در رابطه ۴ این فصل). مقدار عدم قطعیت نسبی قابلیت تغییرپذیری برابر $\pm 0.5\%$ در نظر گرفته شده و مقدار عدم قطعیت قابلیت تکثیر نیز از جدول زیر انتخاب شود^۱.

جدول (۴-۳) عدم قطعیت مطلق قابلیت تکثیر برای ترکیبات موجود در آنالیز گاز

درصد مولی ترکیب مورد نظر	عدم قطعیت مطلق قابلیت تکثیر
۰ - ۰/۰۹	۰/۰۲
۰/۱ - ۰/۹	۰/۰۷
۱ - ۴/۹	۰/۱
۵ - ۱۰	۰/۱۲
بیش از ۱۰	۰/۱۵

همچنین در روابط مربوط به محاسبات انتشار از منابع احتراقی، گزینه محاسبه ضرایب انتشار CO₂ سوخت و یا ارزش حرارتی سوخت بر اساس ترکیب درصد سوخت مورد نظر وجود دارد. در صورت استفاده از این گزینه لازم است تا ابتدا عدم قطعیت کسر مولی هر یک از ترکیبات بر اساس یکی از روش‌های (الف) و (ب) محاسبه شده و سپس عدم قطعیت پارامتر مورد نظر (ضریب انتشار CO₂ و یا ارزش حرارتی سوخت) با توجه به رابطه مورد استفاده (روابط (۱) و یا (۲) فصل سوم) و روش و روابط ارائه شده در بخش ۳ این فصل تعیین شوند. عدم قطعیت سایر

¹ Reference: IPIECA, Addressing uncertainty in oil and natural gas industry greenhouse gas inventories, appendices

صفحه ۶۹ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

پارامترهایی که بر اساس ترکیب درصد یک گاز محاسبه می‌شوند (مانند کسر جرمی کربن) نیز به همین ترتیب قابل برآورد است.

نکته مهم: چنانکه در استفاده از رابطه (۲) فصل اول، ضریب انتشار CO_2 سوخت و ارزش حرارتی سوخت بر اساس گزینه ۲ (بر اساس ترکیب درصد سوخت) بدست آمده باشند، برای تعیین عدم قطعیت مربوط به مقدار انتشار CO_2 از رابطه (۵) استفاده شود (بدلیل استفاده از عدم قطعیت ارزش حرارتی سوخت در محاسبه عدم قطعیت ضریب انتشار CO_2 سوخت).

۲-۲-۳- عدم قطعیت سایر پارامترها

چنانکه در روابط محاسباتی فصل اول از پارامترهایی استفاده شده که عدم قطعیت آنها در بخش‌های ۲-۲-۱ و ۲-۲-۲ پوشش داده نشده است، از قضاوت کارشناسی برای تعیین عدم قطعیت این پارامترها استفاده شود.

۳- ترکیب عدم قطعیت‌ها برای انتشاراتی که به صورت غیرمستقیم برآورد شده‌اند

پس از تعیین عدم قطعیت هر یک از پارامترهای مورد استفاده در رابطه محاسباتی مورد استفاده، لازم است تا عدم قطعیت میزان انتشار بدست آمده از آن رابطه محاسباتی بر اساس عدم قطعیت پارامترها برآورد شود.

چنانکه رابطه محاسباتی انتشار به صورت حاصل ضرب یا تقسیم دو یا چند پارامتر باشد، میزان عدم قطعیت مقدار حاصله به صورت مجذور مجموع مربعات محاسبه می‌شود.

$$U(rel)_{X \times Y \times \dots \times N} = U(rel)_{X \div Y \div \dots \div N} = \sqrt{\left(\frac{U_X}{X}\right)^2 + \left(\frac{U_Y}{Y}\right)^2 + \dots + \left(\frac{U_N}{N}\right)^2} \quad (3)$$

در این رابطه،

صفحه ۷۰ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

عدم قطعیت نسبی حاصل از حاصل ضرب پارامترهای X و Y و ... و N : $U(rel)_{X \times Y \times \dots \times N}$

عدم قطعیت نسبی حاصل از تقسیم پارامترهای X و Y و ... و N : $U(rel)_{X \div Y \div \dots \div N}$

عدم قطعیت مطلق پارامتر X : U_X

عدم قطعیت مطلق پارامتر Y : U_Y

عدم قطعیت مطلق پارامتر N : U_N

همچنین، در صورتی که رابطه محاسباتی به صورت حاصل جمع یا تفریق دو یا چند پارامتر باشد (مانند محاسبه مجموع انتشارات هر یک از منابع انتشار)، برای محاسبه عدم قطعیت می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد.

$$U(abs)_{X+Y+\dots+N} = \sqrt{(U_X)^2 + (U_Y)^2 + \dots + (U_N)^2} \quad (۴)$$

در این رابطه،

عدم قطعیت مطلق حاصل از حاصل جمع یا تفریق پارامترهای X و Y و ... و N : $U(abs)_{X+Y+\dots+N}$

عدم قطعیت مطلق پارامتر X : U_X

عدم قطعیت مطلق پارامتر Y : U_Y

عدم قطعیت مطلق پارامتر N : U_N

نکته مهم: چنانکه در استفاده از رابطه (۲) فصل اول، ضریب انتشار CO_2 سوخت و ارزش حرارتی سوخت بر اساس گزینه ۲ (بر اساس ترکیب درصد سوخت) بدست آمده باشند، برای تعیین عدم قطعیت مربوط به مقدار انتشار CO_2 به جای رابطه (۳) از رابطه زیر استفاده شود.

$$U(rel)_{ECO_2} = \sqrt{U(rel)_Q^2 + U(rel)_{\sum(x_k \times CN_k)}^2} \quad (۵)$$

در این رابطه،

عدم قطعیت نسبی مقدار انتشار CO_2 : $U(rel)_{ECO_2}$

عدم قطعیت نسبی مقدار مصرف سوخت : $U(rel)_Q$

عدم قطعیت نسبی $\sum(x_k \times CN_k)$: $U(rel)_{\sum(x_k \times CN_k)}$

صفحه ۷۱ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

فصل پنجم

مثال‌های کاربردی

صفحه ۷۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

مثال ۱- محاسبه ارزش حرارتی خالص و ضریب انتشار دی اکسید کربن

ترکیب درصد متوسط دو سوخت گازی (گاز طبیعی و گاز سوخت) به شرح جداول زیر است. ارزش حرارتی خالص و ضریب انتشار دی اکسید کربن این دو سوخت را محاسبه کنید.

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)	
		گاز طبیعی	گاز سوخت
۱	H_2	0.0	31.9
۲	CH_4	89.0	47.0
۳	C_2H_6	3.4	7.8
۴	C_3H_8	1.2	5.8
۵	$iso-C_4H_{10}$	0.2	1.5
۶	$n-C_4H_{10}$	0.3	1.4
۷	$iso-C_5H_{12}$	0.1	0.4
۸	$n-C_5H_{12}$	0.0	0.1
۹	N_2	5.0	3.7
۱۰	CO_2	0.8	0.4

الف) محاسبه ارزش حرارتی خالص

ارزش حرارتی خالص از رابطه (۱) فصل سوم محاسبه می‌شود. مراحل محاسبه در جداول زیر نشان داده شده است:

الف-۱) گاز طبیعی

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)	x_k	LHV_k	$x_k \times LHV_k$	LHV $= \frac{\sum_{k=1}^n (x_k \times LHV_k)}{23.685}$
۱	H_2	0.0	0	0.24179	0	$LHV_{NG} = \frac{0.80405}{23.685} = 33.95 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3}$
۲	CH_4	89.0	0.89	0.80271	0.71441	
۳	C_2H_6	3.4	0.034	1.42883	0.04858	
۴	C_3H_8	1.2	0.012	2.0433	0.02452	
۵	$iso-C_4H_{10}$	0.2	0.002	2.6484	0.00530	
۶	$n-C_4H_{10}$	0.3	0.003	2.6576	0.00797	
۷	$iso-C_5H_{12}$	0.1	0.001	3.265	0.00327	
۸	$n-C_5H_{12}$	0.0	0	3.2693	0	
۹	N_2	5.0	0.05	0	0	
۱۰	CO_2	0.8	0.008	0	0	
مجموع		100.0	1.000	-	$\sum_{k=1}^n (x_k \times LHV_k) = 0.80405$	



جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست

کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای

صفحه ۷۳ از ۹۴

الف- (۲) گاز سوخت

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)	x_k 100/درصد مولی	LHV_k از جدول (۱-۳)	$x_k \times LHV_k$	$LHV = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k \times LHV_k)}{23.685}$ $LHV_{FG} = \frac{0.77763}{23.685} = 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3}$
۱	H_2	31.9	0.319	0.24179	0.07713	$LHV_{FG} = \frac{0.77763}{23.685} = 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3}$
۲	CH_4	47.0	0.47	0.80271	0.37727	
۳	C_2H_6	7.8	0.078	1.42883	0.11145	
۴	C_3H_8	5.8	0.058	2.0433	0.11851	
۵	$iso-C_4H_{10}$	1.5	0.015	2.6484	0.03973	
۶	$n-C_4H_{10}$	1.4	0.014	2.6576	0.03721	
۷	$iso-C_5H_{12}$	0.4	0.004	3.265	0.01306	
۸	$n-C_5H_{12}$	0.1	0.001	3.2693	0.00327	
۹	N_2	3.7	0.037	0	0	
۱۰	CO_2	0.4	0.004	0	0	
مجموع		100.0	1.000	-	$\sum_{k=1}^n (x_k \times LHV_k) = 0.77763$	

ب) محاسبه ضریب انتشار CO_2

ضریب انتشار CO_2 از رابطه (۲) فصل سوم محاسبه می‌شود. مراحل محاسبه در جداول زیر نشان داده شده است:

ب- (۱) گاز طبیعی

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)	x_k 100/درصد مولی	CN_k	$x_k \times CN_k$	$EF_{i,CO_2} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k \times CN_k) \times 44}{23.685 \times LHV_i \times 1000}$
۱	H_2	0.0	0	0	0	$EF_{NG,CO_2} = \frac{1.027 \times 44}{23.685 \times 0.03395 \times 1000} = 56.21 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ}$
۲	CH_4	89.0	0.89	1	0.89	
۳	C_2H_6	3.4	0.034	2	0.068	
۴	C_3H_8	1.2	0.012	3	0.036	
۵	$iso-C_4H_{10}$	0.2	0.002	4	0.008	
۶	$n-C_4H_{10}$	0.3	0.003	4	0.012	
۷	$iso-C_5H_{12}$	0.1	0.001	5	0.005	
۸	$n-C_5H_{12}$	0.0	0	5	0	
۹	N_2	5.0	0.05	0	0	
۱۰	CO_2	0.8	0.008	1	0.008	
مجموع		100.0	1.000	-	$\sum_{k=1}^n (x_k \times CN_k) = 1.027$	

صفحه ۷۴ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

ب-۲) گاز سوخت

$EF_{i,CO_2} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_k \times CN_k) \times 44}{23.685 \times LHV_i \times 1000}$	$x_k \times CN_k$	CN_k	x_k 100/درصد مولی	درصد مولی (%)	ترکیب	ردیف
$EF_{i,CO_2} = \frac{0.945 \times 44}{23.685 \times 0.03395 \times 1000} = 53.48 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ}$	0	0	0.319	31.9	H_2	۱
	0.47	1	0.47	47	CH_4	۲
	0.156	2	0.078	7.8	C_2H_6	۳
	0.174	3	0.058	5.8	C_3H_8	۴
	0.06	4	0.015	1.5	$iso-C_4H_{10}$	۵
	0.056	4	0.014	1.4	$n-C_4H_{10}$	۶
	0.02	5	0.004	0.4	$iso-C_5H_{12}$	۷
	0.005	5	0.001	0.1	$n-C_5H_{12}$	۸
	0	0	0.037	3.7	N_2	۹
	0.004	1	0.004	0.4	CO_2	۱۰
	$\sum_{k=1}^n (x_k \times CN_k) = 0.945$	-	1.000	100.0	مجموع	

خلاصه نتایج محاسبات

ضریب انتشار CO_2 tCO_2/GJ	ارزش حرارتی خالص GJ/Sm^3	سوخت
56.21×10^{-3}	33.95×10^{-3}	گاز طبیعی
53.48×10^{-3}	32.83×10^{-3}	گاز سوخت

مثال ۲- محاسبه انتشارات احتراقی (با ترکیب معلوم برای سوخت‌های گازی)

آمار مصرف سوخت سالانه یک پالایشگاه نفت به شرح جداول زیر است. انتشارات احتراقی این پالایشگاه نفت را محاسبه کنید. ترکیب درصد سوخت‌های گازی مصرفی همانند مثال ۱ است. فرض کنید مجموع انتشارات احتراقی حاصل از مصرف گاز طبیعی و نفت گاز این پالایشگاه در سال قبل به ترتیب برابر ۱,۱۱۰,۰۰۰ و ۵,۲۰۰ تن معادل دی اکسید کربن بوده است.



ردیف	سوخت	مقدار مصرف سالانه	واحد
۱	گاز طبیعی	620×10^6	Sm^3
۲	گاز سوخت	350×10^6	Sm^3
۳	نفت گاز	1.7×10^6	liter

انتشارات احتراقی با استفاده از رابطه (۲) فصل اول به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{C,i,j} = Q_i \times LHV_i \times EF_{i,j}$$

طبق الزامات شرح داده شده در فصل اول، در فاز دوم برنامه، آن دسته از سازمان‌های سطح سه که مجموع انتشارات احتراقی حاصل از هر یک از سوخت‌های مصرفی آن‌ها در سال قبل بیش از ۵۰۰ هزارتن معادل دی اکسید کربن باشد، در انتخاب مقادیر ارزش حرارتی (LHV) و ضریب انتشار دی اکسید کربن (EF) ملزم به استفاده از گزینه دوم برای آن سوخت می‌باشند (محاسبه بر اساس ترکیب درصد سوخت برای سوخت‌های گازی). بنابراین با توجه به اینکه مجموع انتشارات احتراقی حاصل از مصرف گاز طبیعی این پالایشگاه در سال قبل بیش از ۵۰۰ هزارتن معادل دی اکسید کربن بوده است، برای این سوخت باید از گزینه ۲ برای انتخاب مقادیر ارزش حرارتی (LHV) و ضریب انتشار دی اکسید کربن (EF) استفاده شود. همچنین با در نظر گرفتن مقدار مجموع انتشار احتراقی حاصل از مصرف نفت گاز در سال قبل (۵۲۰۰ تن معادل دی اکسید کربن) می‌توان از گزینه ۱ یعنی مقادیر پیش فرض برای ارزش حرارتی و ضریب انتشار دی اکسید کربن برای این سوخت استفاده کرد. برای گاز سوخت نیز طبق راهنما الزاماً باید از گزینه ۲ استفاده شود. بنابراین در این مثال، ارزش حرارتی خالص و ضریب انتشار CO_2 دو سوخت گاز طبیعی و گاز سوخت از روی ترکیب درصد آن‌ها محاسبه شده‌اند (گزینه دوم)؛ سایر پارامترها (ارزش حرارتی و ضریب انتشار CO_2 نفت گاز و ضرایب انتشار CH_4 و N_2O هر سه سوخت) از مقادیر پیش فرض (جداول ۱ و ۲ فصل ۱) انتخاب شده‌اند.

انتشارات احتراقی حاصل از مصرف گاز طبیعی (NG)	
$E_{C,NG,CO_2} = 620 \times 10^6 Sm^3 \times 33.95 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 56.21 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ} = 1,183,151 tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{C,NG,CH_4} = 620 \times 10^6 Sm^3 \times 33.95 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{GJ} = 21.0 tCH_4$	انتشار CH_4 :
$E_{C,NG,N_2O} = 620 \times 10^6 Sm^3 \times 33.95 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-7} \frac{tN_2O}{GJ} = 2.1 tN_2O$	انتشار N_2O :

انتشارات احتراقی حاصل از مصرف سوخت گاز (FG)	
$E_{C,FG,CO_2} = 350 \times 10^6 Sm^3 \times 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 53.48 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ} = 614,579 tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{C,FG,CH_4} = 350 \times 10^6 Sm^3 \times 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{GJ} = 11.5 tCH_4$	انتشار CH_4 :
$E_{C,FG,N_2O} = 350 \times 10^6 Sm^3 \times 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-7} \frac{tN_2O}{GJ} = 1.1 tN_2O$	انتشار N_2O :
انتشارات احتراقی حاصل از مصرف گازوئیل (GO)	
$E_{C,GO,CO_2} = 1.7 \times 10^6 liter \times 36.70 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 74.10 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ} = 4,623 tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{C,GO,CH_4} = 1.7 \times 10^6 liter \times 36.70 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 3 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{GJ} = 0.2 tCH_4$	انتشار CH_4 :
$E_{C,GO,N_2O} = 1.7 \times 10^6 liter \times 36.70 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 6 \times 10^{-7} \frac{tN_2O}{GJ} = 0.04 tN_2O$	انتشار N_2O :

مجموع انتشارات احتراقی نیز از رابطه (۳) فصل اول به دست می‌آید:

$$E_C = \sum_j \sum_i (E_{C,i,j} \times GWP_j) = (1,183,151 + 614,579 + 4,623) \times 1 + (21.0 + 11.5 + 0.2) \times 28 + (2.1 + 1.1 + .04) \times 265$$

$$= 1,804,142 tCO_2e$$

خلاصه نتایج محاسبات

مجموع tCO_2e	انتشار N_2O tN_2O	انتشار CH_4 tCH_4	انتشار CO_2 tCO_2	سوخت
1,184,298	2.1	21.0	1,183,151	گاز طبیعی
615,205	1.1	11.5	614,579	گاز سوخت
4,638	0.04	0.2	4,623	نفت گاز
1,804,142	3.3	32.7	1,802,353	مجموع



مثال ۳- محاسبه انتشارات احتراقی (با ترکیب نامعلوم برای گاز طبیعی)

انتشارات احتراقی پالایشگاه نفت مثال ۲ را با فرض این که ترکیب درصد گاز طبیعی در دسترس نبوده و مقدار مصرف گاز طبیعی در این پالایشگاه برابر ۲۲۰ میلیون استاندارد مترمکعب بوده است محاسبه کنید. همچنین فرض کنید مجموع انتشارات احتراقی حاصل از مصرف گاز طبیعی و نفت گاز این پالایشگاه در سال قبل به ترتیب برابر ۴۲۰,۰۰۰ و ۵,۲۰۰ تن معادل دی اکسید کربن بوده و ترکیب درصد سوخت گاز مصرفی نیز همانند مثال ۱ باشد.

با توجه به اینکه مقدار مجموع انتشار احتراقی حاصل از مصرف گاز طبیعی این پالایشگاه در سال قبل کمتر از ۵۰۰ هزار تن بوده است طبق فصل اول می‌توان از گزینه (۱) یعنی مقادیر پیش فرض برای ارزش حرارتی و ضریب انتشار دی اکسید کربن گاز طبیعی استفاده کرد. بقیه محاسبات مشابه مثال ۲ خواهد بود:

انتشارات احتراقی حاصل از مصرف گاز طبیعی (NG)	
$E_{C,NG,CO_2} = 220 \times 10^6 Sm^3 \times 34.2 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 56.1 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ} = 422,096 tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{C,NG,CH_4} = 220 \times 10^6 Sm^3 \times 34.2 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{GJ} = 7.5 tCH_4$	انتشار CH_4 :
$E_{C,NG,N_2O} = 220 \times 10^6 Sm^3 \times 34.2 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-7} \frac{tN_2O}{GJ} = 0.8 tN_2O$	انتشار N_2O :
انتشارات احتراقی حاصل از مصرف سوخت گاز (FG)	
$E_{C,FG,CO_2} = 350 \times 10^6 Sm^3 \times 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 53.48 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ} = 614,579 tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{C,FG,CH_4} = 350 \times 10^6 Sm^3 \times 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{GJ} = 11.5 tCH_4$	انتشار CH_4 :
$E_{C,FG,N_2O} = 350 \times 10^6 Sm^3 \times 32.83 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-7} \frac{tN_2O}{GJ} = 1.1 tN_2O$	انتشار N_2O :
انتشارات احتراقی حاصل از مصرف گازوئیل (GO)	
$E_{C,GO,CO_2} = 1.7 \times 10^6 liter \times 36.70 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 74.10 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ} = 4,623 tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{C,GO,CH_4} = 1.7 \times 10^6 liter \times 36.70 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 3 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{GJ} = 0.2 tCH_4$	انتشار CH_4 :
$E_{C,GO,N_2O} = 1.7 \times 10^6 liter \times 36.70 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 6 \times 10^{-7} \frac{tN_2O}{GJ} = 0.04 tN_2O$	انتشار N_2O :

مجموع انتشارات احتراقی نیز از رابطه (۳) فصل اول به دست می‌آید:

صفحه ۷۸ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

$$E_C = \sum_j \sum_i (E_{C,i,j} \times GWP_j)$$

$$= (422,096 + 614,579 + 4,623) \times 1 + (7.5 + 11.5 + 0.2) \times 28 + (0.8 + 1.1 + .04) \times 265$$

$$= 1,042,349 tCO_2e$$

خلاصه نتایج محاسبات

مجموع tCO_2e	انتشار N_2O tN_2O	انتشار CH_4 tCH_4	انتشار CO_2 tCO_2	سوخت
422,505	0.8	7.5	422,096	گاز طبیعی
615,205	1.1	11.5	614,579	گاز سوخت
4,638	0.04	0.2	4,623	نفت گاز
1,042,349	3.3	32.9	1,808,747	مجموع

مثال ۴- محاسبه انتشار از فلر

مقدار سالانه گازهای فلر شده در یک تاسیسات بهره‌برداری نفت و گاز برابر ۴۳۲ میلیون استاندارد مترمکعب و ترکیب درصد متوسط گازهای فلر شده به شرح جداول زیر است. انتشارات گازهای گلخانه‌ای حاصل از این فلرینگ را محاسبه کنید.

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)
۱	CH_4	82.10
۲	C_2H_6	7.94
۳	C_3H_8	4.13
۴	$iso-C_4H_{10}$	0.85
۵	$n-C_4H_{10}$	1.38
۶	$iso-C_5H_{12}$	0.42
۷	$n-C_5H_{12}$	0.35
۸	C_6H_{14}	0.12
۹	C_7H_{16}	0.11
۱۰	N_2	0.5
۱۱	CO_2	2.1

مقدار انتشار CO_2 از فلر با استفاده از رابطه (۴) فصل اول محاسبه می‌شود.

$$E_{F,CO_2} = \frac{Q_F}{23.685} \times \left[\sum_i (x_i \times CN_i \times FE) + x_{CO_2} \right] \times \frac{44}{1000}$$

با توجه به اینکه این فلرینگ در تاسیسات بالادستی صورت می‌گیرد، راندمان فلر برابر ۰/۹۸ در نظر گرفته می‌شود (طبق بخش ۲-۲-۱ فصل اول). مقدار x_{CO_2} نیز طبق ترکیب درصد داده‌شده برابر ۰/۰۲۱ است. مراحل محاسبه در جداول زیر نشان داده‌شده است:

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)	x_i 100/درصد مولی	CN_i	$x_i \times CN_i \times FE$	$E_{F,CO_2} =$ $\frac{Q_F}{23.685} \times \left[\sum_i (x_i \times CN_i \times FE) + x_{CO_2} \right] \times \frac{44}{1000}$
۱	CH_4	82.10	0.821	1	0.80458	$E_{F,CO_2} = \frac{432 \times 10^6 Sm^3}{23.685} \times [1.2214 + 0.021] \times \frac{44}{1000} = 997,067 tCO_2$
۲	C_2H_6	7.94	0.0794	2	0.155624	
۳	C_3H_8	4.13	0.0413	3	0.121422	
۴	$iso-C_4H_{10}$	0.85	0.0085	4	0.03332	
۵	$n-C_4H_{10}$	1.38	0.0138	4	0.054096	
۶	$iso-C_5H_{12}$	0.42	0.0042	5	0.02058	
۷	$n-C_5H_{12}$	0.35	0.0035	5	0.01715	
۸	C_6H_{14}	0.12	0.0012	6	0.007056	
۹	C_7H_{16}	0.11	0.0011	7	0.007546	
					$\sum_i (x_i \times CN_i \times FE) = 1.2214$	

میزان انتشار CH_4 نیز از رابطه (۶) فصل اول به دست می‌آید. با توجه به اینکه این فلرینگ در تاسیسات بالادستی صورت می‌گیرد، مقدار متان نسوخته (R_{CH_4}) برابر ۰/۰۲ در نظر گرفته می‌شود (طبق بخش ۲-۲-۲ فصل اول). مقدار x_{CH_4} نیز طبق ترکیب درصد داده‌شده برابر ۰/۸۲۱ است.

$$E_{F,CH_4} = \frac{Q_F}{23.685} \times x_{CH_4} \times R_{CH_4} \times \frac{16.04}{1000} = \frac{432 \times 10^6 Sm^3}{23.685} \times 0.821 \times 0.02 \times \frac{16.04}{1000} = 4,804 tCH_4$$

مجموع انتشارات فلر نیز از رابطه (۸) فصل اول به دست می‌آید:

$$E_F = E_{F,CO_2} + E_{F,CH_4} \times GWP_{CH_4} = 997,067 tCO_2 + 4,804 tCH_4 \times 28 = 1,131,579 tCO_2e$$

صفحه ۸۰ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط‌زیست
---------------	---	---

مثال ۵- محاسبه انتشارات فرار

مجموع طول خطوط لوله یک منطقه انتقال گاز برابر ۳۲۰۰ کیلومتر و مقدار گاز خوراک ورودی به یک پالایشگاه گاز برابر ۱۵/۵ میلیارد استاندارد مترمکعب در سال است. منطقه انتقال گاز دارای برنامه محدود LDAR و پالایشگاه گاز دارای برنامه LDAR گسترده است. انتشارات فرار این منطقه انتقال گاز و پالایشگاه گاز را محاسبه کنید.

مقدار انتشارات فرار در سطح تاسیسات با استفاده از رابطه (۱۱) فصل اول به دست می‌آید.

$$E_{Fug,i} = EF_{Fug,i,facility} \times AD_{facility}$$

با انتخاب ضرایب انتشار متناسب با نوع فعالیت از جدول (۱-۳)، مقدار انتشارات فرار به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

انتشارات فرار منطقه انتقال گاز	
$E_{Fug,i} = EF_{Fug,i,facility} \times AD_{facility} = 0.0756 \frac{tCO_2}{km-yr} \times 3,200km = 242tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{Fug,i} = EF_{Fug,i,facility} \times AD_{facility} = 2.542 \frac{tCH_4}{km-yr} \times 3,200km = 8,134tCH_4$	انتشار CH_4 :
انتشارات فرار پالایشگاه گاز	
$E_{Fug,i} = EF_{Fug,i,facility} \times AD_{facility} = 0.0375 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{Sm^3} \times 15.5 \times 10^9 Sm^3 = 581tCH_4$	انتشار CH_4 :

مجموع انتشارات فرار نیز بر اساس رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود.

$$E_{Fug} = \sum_i (E_{F,i} \times GWP_i)$$

$E_{Fug} = \sum_i (E_{F,i} \times GWP_i) = 242 \times 1 + 8,134 \times 28 = 227,994tCO_2e$	مجموع انتشارات فرار منطقه انتقال گاز
$E_{Fug} = \sum_i (E_{F,i} \times GWP_i) = 581 \times 28 = 16,268tCO_2e$	مجموع انتشارات فرار پالایشگاه گاز

مثال ۶- محاسبه انتشارات فرآیندی - شیرین سازی گاز

مقدار گاز ترش ورودی به یک پالایشگاه گاز برابر $۸/۰۳$ میلیارد استاندارد مترمکعب در سال و متوسط درصد مولی CO_2 در گاز ورودی و خروجی پالایشگاه به ترتیب برابر $۱/۷۵\%$ و $۰/۲۰\%$ گزارش شده است. مقدار انتشار CO_2 فرآیندی حاصل از شیرین سازی گاز در این پالایشگاه را حساب کنید.

با جاگذاری مقادیر در رابطه (۱۷) فصل اول، انتشارات فرآیندی محاسبه می‌شود:

$$E_{P,AGR,CO_2} = Q_{in} \times \left[\frac{VF_{CO_2,in} - VF_{CO_2,out}}{1 - VF_{CO_2,out}} \right] \times \frac{44}{1000 \times 23.685} = 8.03 \times 10^9 \times \left[\frac{0.0175 - 0.002}{1 - 0.002} \right] \times \frac{44}{1000 \times 23.685}$$

$$= 231,737 tCO_2$$

مثال ۷- محاسبه انتشارات فرآیندی - واحد هیدروژن سازی

مقدار خوراک ورودی به واحد هیدروژن سازی یک پالایشگاه نفت برابر $۶۸,۵۰۰$ تن در سال گزارش شده و ترکیب درصد متوسط خوراک این واحد نیز طبق جدول زیر بوده است. انتشارات فرآیندی واحد هیدروژن سازی را حساب کنید.

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)
۱	CH_4	88.51
۲	C_2H_6	3.42
۳	C_3H_8	1.24
۴	$iso-C_4H_{10}$	0.32
۵	$n-C_4H_{10}$	0.28
۶	$iso-C_5H_{12}$	0.11
۷	$n-C_5H_{12}$	0.11
۸	N_2	5.69
۹	CO_2	0.31

بر اساس ترکیب درصد گزارش شده، کسر جرمی کربن در خوراک ورودی به واحد هیدروژن برابر $۰/۶۸۷$ به دست می‌آید:

صفحه ۸۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

ردیف	ترکیب	x_i درصد مولی	MW_i	$\frac{x_i \times MW_i}{100}$	CN_i	$\frac{CN_i \times 12 \times x_i}{100}$	$CF = \frac{\sum \frac{CN_i \times 12 \times x_i}{100}}{MW_m} = \frac{12.346}{17.969} = 0.687$
۱	CH_4	88.51	16	14.162	1	10.621	
۲	C_2H_6	3.42	30	1.026	2	0.821	
۳	C_3H_8	1.24	44	0.546	3	0.446	
۴	$iso-C_4H_{10}$	0.32	58	0.186	4	0.154	
۵	$n-C_4H_{10}$	0.28	58	0.162	4	0.134	
۶	$iso-C_5H_{12}$	0.11	72	0.079	5	0.066	
۷	$n-C_5H_{12}$	0.11	72	0.079	5	0.066	
۸	N_2	5.69	28	1.593	0	0.000	
۹	CO_2	0.31	44	0.136	1	0.037	
				$MW_m = \frac{\sum x_i \times MW_i}{100} = 17.969$			
					$\sum \frac{CN_i \times 12 \times x_i}{100} = 12.346$		

با جاگذاری مقادیر در رابطه (۲۰) فصل اول، مقدار انتشارات فرآیندی واحد هیدروژن به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{P, HPU, CO_2} = FR \times CF \times \frac{44}{12} = 68,500 \times 0.687 \times \frac{44}{12} = 172,552 tCO_2$$

مثال ۸- محاسبه انتشارات غیرمستقیم

انتشارات غیرمستقیم موارد زیر را حساب کنید:

الف) مصرف سالانه ۳۲,۵۳۰ مگاوات ساعت برق از شبکه سراسری توسط یک پالایشگاه نفت در سال ۱۳۹۹.

ب) واردات ۱۵,۸۱۰ مگاوات ساعت برق در سال از یک تاسیسات دیگر توسط یک تاسیسات پتروشیمی. ضریب انتشار تولید برق توسط تولیدکننده آن برابر $0.55 tCO_2/MWh$ اعلام شده است.

ج) واردات ۳۸۷,۲۵۰ تن بخار از تاسیسات دیگر توسط یک تاسیسات پتروشیمی. ضریب انتشار تولید بخار توسط تولیدکننده آن برابر $0.193 tCO_2/ton$ اعلام شده است.

الف) مصرف برق شبکه سراسری توسط یک پالایشگاه نفت

با توجه به اینکه در زمان تنظیم این سند، ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۹ در دسترس نبوده است، طبق راهنما باید در حل این مثال از ضریب انتشار و تلفات شبکه مربوط به آخرین ترازنامه منتشر شده استفاده شود که مربوط به سال ۱۳۹۸ است. طبق ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۸، متوسط ضریب انتشار CO_2 شبکه سراسری برق و تلفات شبکه انتقال و توزیع برق کشور به ترتیب برابر $0.6673 \frac{tCO_2}{MWh}$ و 0.103 بوده است. مقدار انتشار غیرمستقیم با جاگذاری اعداد در رابطه (۳۵) فصل اول به دست می‌آید:

$$E_{ID,GE,CO_2} = \frac{EI_{grid} \times EF_{GE,CO_2}}{1 - TDL} = \frac{32,530 MWh \times 0.6673 \frac{tCO_2}{MWh}}{1 - 0.103} = 24,200 tCO_2$$

ب) واردات برق از یک تاسیسات دیگر توسط یک تاسیسات پتروشیمی

مقدار انتشار غیرمستقیم با جاگذاری اعداد در رابطه (۳۱) فصل اول به دست می‌آید:

$$E_{ID,OFE,CO_2} = EI_{OF} \times EF_{OFE,CO_2} = 15,810 MWh \times 0.55 \frac{tCO_2}{MWh} = 8,696 tCO_2$$

ج) واردات بخار از یک تاسیسات دیگر توسط یک تاسیسات پتروشیمی

مقدار انتشار غیرمستقیم با جاگذاری اعداد در رابطه (۳۲) فصل اول به دست می‌آید:

$$E_{ID,S,CO_2} = SI \times EF_{S,CO_2} = 387,250 \text{ ton steam} \times 0.193 \frac{tCO_2}{\text{ton steam}} = 74,739 tCO_2$$

مثال ۹- محاسبه عدم قطعیت - محاسبه انتشار احتراقی با ضرایب پیش فرض

مصرف سالانه گاز طبیعی در یک ایستگاه انتقال گاز برابر ۲۲ میلیون استاندارد متر مکعب بوده است. انتشار احتراقی حاصل از مصرف این مقدار سوخت و عدم قطعیت آن را محاسبه نمایید. ترکیب درصد سوخت مشخص نیست و عدم قطعیت مقدار مصرف گاز برابر ۸٪ است.

الف) محاسبه میزان انتشار

با توجه به اینکه ترکیب درصد سوخت مصرفی مشخص نیست، مقادیر ارزش حرارتی خالص و ضریب انتشار گاز طبیعی از جداول مقادیر پیش فرض (جدول ۱-۱) و جدول (۱-۲) انتخاب می‌شوند:

پارامتر	مقدار	عدم قطعیت نسبی
ارزش حرارتی خالص (GJ/Sm^3)	34.2×10^{-3}	$\pm 5\%$
ضرایب انتشار ($t\ GHG/GJ$)	CO_2	$\pm 7\%$
	CH_4	$\pm 100\%$
	N_2O	$\pm 100\%$

مقدار انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای با استفاده از رابطه (۲) فصل اول بدست می‌آید:

انتشار احتراقی حاصل از مصرف گاز طبیعی (NG)	
$E_{C,NG,CO_2} = 22 \times 10^6 Sm^3 \times 34.2 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 56.1 \times 10^{-3} \frac{tCO_2}{GJ} = 42,210 tCO_2$	انتشار CO_2 :
$E_{C,NG,CH_4} = 22 \times 10^6 Sm^3 \times 34.2 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-6} \frac{tCH_4}{GJ} = 0.75 tCH_4$	انتشار CH_4 :
$E_{C,NG,N_2O} = 22 \times 10^6 Sm^3 \times 34.2 \times 10^{-3} \frac{GJ}{Sm^3} \times 1 \times 10^{-7} \frac{tN_2O}{GJ} = 0.08 tN_2O$	انتشار N_2O :

مجموع انتشارات احتراقی نیز از رابطه (۳) فصل اول محاسبه می‌شود:

$$E_C = \sum_j \sum_i (E_{C,i,j} \times GWP_j) = 42,210 \times 1 + 0.75 \times 28 + 0.08 \times 265 = 41,210 + 21 + 20 = 42,251 tCO_2e$$

ب) محاسبه عدم قطعیت

با توجه به اینکه رابطه محاسباتی مورد استفاده برای برآورد میزان انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای (رابطه ۲) فصل اول) به صورت حاصلضرب چند پارامتر است، باید از رابطه (۳) فصل چهارم برای محاسبه عدم قطعیت مربوطه استفاده شود:

عدم قطعیت مقدار انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای منتشر شده	
$U(rel)_{ECO_2} = \sqrt{U(rel)_Q^2 + U(rel)_{LHV}^2 + U(rel)_{EFCO_2}^2} = \sqrt{\%8^2 + \%5^2 + \%7^2} = \pm\%11.7$	عدم قطعیت نسبی انتشار CO_2 :
$U(rel)_{ECH_4} = \sqrt{U(rel)_Q^2 + U(rel)_{LHV}^2 + U(rel)_{EFCH_4}^2} = \sqrt{\%8^2 + \%5^2 + \%100^2} = \pm\%100.4$	عدم قطعیت نسبی انتشار CH_4 :
$U(rel)_{EN_2O} = \sqrt{U(rel)_Q^2 + U(rel)_{LHV}^2 + U(rel)_{EFN_2O}^2} = \sqrt{\%8^2 + \%5^2 + \%100^2} = \pm\%100.4$	عدم قطعیت نسبی انتشار N_2O :

صفحه ۸۵ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

مجموع انتشارات احتراقی نیز با استفاده از رابطه (۳) فصل اول محاسبه شد که به صورت مجموع چند پارامتر (مجموع انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای) می‌باشد، بنابراین عدم قطعیت مطلق مجموع انتشارات احتراقی با استفاده از رابطه (۴) فصل چهارم قابل محاسبه است:

$$U(abs)_{EC} = \sqrt{U(abs)_{ECO_2}^2 + U(abs)_{ECH_4}^2 + U(abs)_{EN_2O}^2} = \sqrt{(42,210 * \%11.7)^2 + (21 * \%100.4)^2 + (20 * \%100.4)^2}$$

$$= 4,959$$

مقدار عدم قطعیت نسبی مجموع انتشارات احتراقی نیز با تقسیم مقدار عدم قطعیت مطلق به مجموع انتشارات احتراقی بدست می‌آید:

$$U(rel)_{EC} = \frac{4,959}{42,251} = \pm \%11.7$$

خلاصه نتایج محاسبات

گاز گلخانه‌ای	مقدار انتشار (tGHG)	مقدار انتشار (tCO ₂ e)	عدم قطعیت نسبی
CO ₂	42,210	42,210	±%11.7
CH ₄	0.75	21	±%100.4
N ₂ O	0.08	20	±%100.4
مجموع	-	42,251	±%11.7

مثال ۱۰- محاسبه عدم قطعیت - محاسبه انتشار احتراقی بر اساس یک ترکیب درصد سوخت

عدم قطعیت مقدار انتشار برآورد شده برای سوخت گاز طبیعی در مثال ۲ را محاسبه کنید. عدم قطعیت مقدار مصرف گاز را ۹٪ در نظر بگیرید.

الف) محاسبه میزان انتشار

ارزش حرارتی و ضریب انتشار CO₂ این سوخت در مثال ۱ محاسبه شد:

سوخت	ارزش حرارتی خالص GJ/Sm ³	ضریب انتشار CO ₂ tCO ₂ /GJ
گاز طبیعی	33.95×10 ⁻³	56.21×10 ⁻³

مقدار انتشار حاصل از مصرف گاز طبیعی نیز در مثال ۲ محاسبه شد:

گاز گلخانه‌ای	مقدار انتشار (tGHG)	مقدار انتشار (tCO ₂ e)
CO ₂	1,183,151	1,183,151
CH ₄	21	589
N ₂ O	2.1	558
مجموع	-	1,184,298

ب) محاسبه عدم قطعیت

ترکیب درصد سوخت مشخص طبق جدول زیر (مشابه مثال ۱) است.

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)
		گاز طبیعی
۱	CH ₄	89.0
۲	C ₂ H ₆	3.4
۳	C ₃ H ₈	1.2
۴	iso-C ₄ H ₁₀	0.2
۵	n-C ₄ H ₁₀	0.3
۶	iso-C ₅ H ₁₂	0.1
۷	N ₂	5.0
۸	CO ₂	0.8

ب-۱) تعیین عدم قطعیت درصد مولی هر یک از ترکیبات موجود در سوخت

با توجه به اینکه فقط یک ترکیب درصد برای سوخت در دسترس است، برای محاسبه عدم قطعیت از روش (ب) بخش ۲-۲-۲ فصل چهارم استفاده می‌شود:

مقدار عدم قطعیت درصد مولی هر یک از ترکیبات موجود در گاز طبیعی مصرفی، از ترکیب دو عدم قطعیت تغییرپذیری (Variability) و قابلیت تکثیر (Reproducibility) بدست می‌آید (با جاگذاری در رابطه (۴) این فصل). محاسبه عدم قطعیت مربوط به CH₄ برای نمونه در اینجا آورده شده است:

- مقدار عدم قطعیت مطلق مربوط به قابلیت تکثیر (Reproducibility): طبق جدول (۴-۳) با توجه به اینکه درصد مولی CH₄ بیش از ۱۰ درصد است، مقدار عدم قطعیت مطلق مربوط به قابلیت تکثیر برابر ۰/۱۵ می‌باشد.

- مقدار عدم قطعیت تغییرپذیری (*Variability*): بر اساس فصل چهارم، مقدار عدم قطعیت نسبی قابلیت تغییرپذیری برابر $\pm 5\%$ در نظر گرفته می‌شود. مقدار عدم قطعیت مطلق این پارامتر از حاصلضرب عدم قطعیت نسبی در درصد مولی CH_4 بدست می‌آید ($89 \times 0.05 = 4.45$).

با جاگذاری این دو مقدار در رابطه (۴) فصل چهارم، مقدار عدم قطعیت مطلق و نسبی مربوط به درصد مولی CH_4 به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$U(abs)_{CH_4} = \sqrt{U(abs)_{Reproducibility}^2 + U(abs)_{Variability}^2} = \sqrt{0.15^2 + 4.45^2} = 4.453$$

$$U(rel)_{CH_4} = \frac{4.453}{89} = 5.0\%$$

با انجام این محاسبات برای تمام ترکیبات موجود در سوخت، نتایج به صورت جدول زیر بدست می‌آید:

ترکیب	mole%	$U(abs)_{Reproducibility}$	$U(abs)_{Variability}$ (mole% $\times$ 5%)	$U(abs)_{mole\%}$	$U(rel)$
CH_4	89	0.15	4.45	4.452527	5.00%
C_2H_6	3.4	0.1	0.17	0.197231	5.80%
C_3H_8	1.2	0.1	0.06	0.116619	9.72%
iso- C_4H_{10}	0.2	0.07	0.01	0.070711	35.36%
n- C_4H_{10}	0.3	0.07	0.015	0.071589	23.86%
iso- C_5H_{12}	0.1	0.07	0.005	0.070178	70.18%
N_2	5	0.12	0.25	0.277308	5.55%
CO_2	0.8	0.07	0.04	0.080623	10.08%

ب-۲) تعیین عدم قطعیت ارزش حرارتی خالص

با داشتن عدم قطعیت هر یک از ترکیبات موجود در سوخت، مقدار عدم قطعیت ارزش حرارتی خالص با استفاده از رابطه (۴) فصل چهارم و به صورت زیر تعیین می‌شود:

ردیف	ترکیب	$U(abs)_{mole\%}$	$U(abs)_{xk}$ $(U(abs)_{mole\%}/100)$	LHV_k	$(U(abs)_{xk} \times LHV_k)^2$	$\frac{U(abs)_{LHV}}{23.685} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (U(abs)_{xk} \times LHV_k)^2}}{23.685}$ $U(rel)_{LHV} = \frac{U(abs)_{LHV}}{LHV}$
۱	CH_4	4.453	0.0445	0.80271	1.27710^{-03}	$U(abs)_{LHV} = \frac{3.61 \times 10^{-2}}{23.685} = 1.524 \times 10^{-3}$ $U(rel)_{LHV} = \frac{1.524 \times 10^{-3}}{33.95 \times 10^{-3}} = \%4.49$
۲	C_2H_6	0.197	0.0020	1.42883	7.94110^{-06}	
۳	C_3H_8	0.117	0.0012	2.0433	5.67810^{-06}	
۴	$iso-C_4H_{10}$	0.071	0.0007	2.6484	3.50710^{-06}	
۵	$n-C_4H_{10}$	0.072	0.0007	2.6576	3.62010^{-06}	
۶	$iso-C_5H_{12}$	0.070	0.0007	3.265	5.25010^{-06}	
۷	N_2	0.277	0.0028	0	0	
۸	CO_2	0.081	0.0008	0	0	
مجموع		-	-	-	$\sum_{k=1}^n (U(abs)_{xk} \times LHV_k)^2$ $= 1.303 \times 10^{-3}$	

ب-۳) تعیین عدم قطعیت ضریب انتشار CO_2

با توجه به رابطه محاسبه ضریب انتشار CO_2 (رابطه ۲) فصل سوم)، مقدار عدم قطعیت نسبی ضریب انتشار CO_2 با استفاده از رابطه (۳) فصل چهارم و به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$U(rel)_{EF_{CO_2}} = \sqrt{(U(rel)_{\sum(x_k \times CN_k)})^2 + (U(rel)_{LHV})^2}$$

ردیف	ترکیب	$U(abs)_{mole\%}$	$U(abs)_{xk}$ $(U(abs)_{mole\%}/100)$	CN_k	$(U(abs)_{xk} \times CN_k)^2$	$\frac{U(rel)_{\sum(x_k \times CN_k)}}{U(rel)_{EF_{CO_2}}} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (U(abs)_{xk} \times CN_k)^2}}{\sqrt{(U(rel)_{\sum(x_k \times CN_k)})^2 + (U(rel)_{LHV})^2}}$
۱	CH_4	4.453	0.0445	1	1.27710^{-03}	$U(rel)_{\sum(x_k \times CN_k)} = \frac{2.039 \times 10^{-3}}{1.027} = \%4.40$ $U(rel)_{EF_{CO_2}} = \sqrt{\%4.40^2 + \%4.49^2} = \%6.28$
۲	C_2H_6	0.197	0.0020	2	7.94110^{-06}	
۳	C_3H_8	0.117	0.0012	3	5.67810^{-06}	
۴	$iso-C_4H_{10}$	0.071	0.0007	4	3.50710^{-06}	
۵	$n-C_4H_{10}$	0.072	0.0007	4	3.62010^{-06}	
۶	$iso-C_5H_{12}$	0.070	0.0007	5	5.25010^{-06}	
۷	N_2	0.277	0.0028	0	0	
۸	CO_2	0.081	0.0008	1	0	

صفحه ۸۹ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

	$\sum_{k=1}^n (U(abs)_{x_k} \times CN_k)^2 = 2.039 \times 10^{-3}$	-	-	-	مجموع
--	--	---	---	---	-------

ب-۴) محاسبه عدم قطعیت میزان انتشار

با توجه به اینکه رابطه محاسباتی مورد استفاده برای برآورد میزان انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای (رابطه ۲) فصل اول) به صورت حاصلضرب چند پارامتر است، باید از رابطه (۳) فصل چهارم برای محاسبه عدم قطعیت مربوط به انتشار CH_4 و N_2O و از رابطه (۵) فصل چهارم برای محاسبه عدم قطعیت مربوط به انتشار CO_2 استفاده شود:

عدم قطعیت مقدار انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای منتشر شده	
$U(rel)_{ECO_2} = \sqrt{U(rel)_Q^2 + U(rel)_{\sum(x_k \times CN_k)}^2} = \sqrt{\%9^2 + \%4.40^2} = \pm \%10.02$	عدم قطعیت نسبی انتشار CO_2 :
$U(rel)_{ECH_4} = \sqrt{U(rel)_Q^2 + U(rel)_{LHV}^2 + U(rel)_{EFCH_4}^2} = \sqrt{\%9^2 + \%4.49^2 + \%100^2} = \pm \%100.5$	عدم قطعیت نسبی انتشار CH_4 :
$U(rel)_{EN_2O} = \sqrt{U(rel)_Q^2 + U(rel)_{LHV}^2 + U(rel)_{EFN_2O}^2} = \sqrt{\%9^2 + \%4.49^2 + \%100^2} = \pm \%100.5$	عدم قطعیت نسبی انتشار N_2O :

مجموع انتشارات احتراقی نیز با استفاده از رابطه (۳) فصل اول محاسبه می‌شود که به صورت مجموع چند پارامتر (مجموع انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای) می‌باشد، بنابراین عدم قطعیت مطلق مجموع انتشارات احتراقی با استفاده از رابطه (۴) فصل چهارم قابل محاسبه است:

$$\begin{aligned}
 U(abs)_{EC} &= \sqrt{U(abs)_{ECO_2}^2 + U(abs)_{ECH_4}^2 + U(abs)_{EN_2O}^2} \\
 &= \sqrt{(1,183,151 * \%10.02)^2 + (589 * \%100.5)^2 + (558 * \%100.5)^2} = 118,517
 \end{aligned}$$

مقدار عدم قطعیت نسبی مجموع انتشارات احتراقی نیز با تقسیم مقدار عدم قطعیت مطلق به مجموع انتشارات احتراقی بدست می‌آید:

صفحه ۹۰ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

$$U(rel)_{EC} = \frac{118,517}{1,184,298} = \pm 10.01\%$$

خلاصه نتایج محاسبات

گاز گلخانه‌ای	مقدار انتشار (tGHG)	مقدار انتشار (tCO ₂ e)	عدم قطعیت نسبی
CO ₂	1,183,151	1,183,151	±10.02%
CH ₄	21	589	±100.5%
N ₂ O	2.1	558	±100.5%
مجموع	-	1,184,298	±10.01%

مثال ۱۱- محاسبه عدم قطعیت - محاسبه انتشار احتراقی بر اساس چند ترکیب درصد سوخت

برای سوخت گاز طبیعی مصرفی در یک پالایشگاه گاز، سه ترکیب درصد زیر در دسترس است. عدم قطعیت درصد مولی هر یک از ترکیبات موجود در گاز طبیعی را محاسبه کنید.

ردیف	ترکیب	درصد مولی (%)		
		نمونه ۱	نمونه ۲	نمونه ۳
۱	CH ₄	89.0	90.2	91.3
۲	C ₂ H ₆	3.4	2.9	2.5
۳	C ₃ H ₈	1.2	1.1	0.8
۴	iso-C ₄ H ₁₀	0.2	0.2	0.3
۵	n-C ₄ H ₁₀	0.3	0.2	0.1
۶	iso-C ₅ H ₁₂	0.1	0.1	0
۷	N ₂	5.0	4.5	4.1
۸	CO ₂	0.8	0.6	0.9

با توجه به اینکه بیش از یک ترکیب درصد برای گاز طبیعی مصرفی وجود دارد برای تعیین عدم قطعیت درصد مولی هر یک از ترکیبات از روش (الف) بخش ۲-۲-۲ فصل چهارم یعنی تخمین عدم قطعیت بر اساس آماره t استفاده می‌شود.

گام ۱. تعیین مقدار t از جدول زیر بر اساس تعداد اندازه‌گیری‌ها

بر اساس جدول (۴-۲)، مقدار آماره t برای ۳ نمونه برابر ۴/۳ می‌باشد.

گام ۲. محاسبه مقدار متوسط نمونه‌ها و انحراف معیار.

متوسط نمونه‌ها و انحراف معیار برای درصد مولی هر یک از ترکیبات موجود در گاز طبیعی به ترتیب بر اساس روابط (۱) و (۲) فصل چهارم محاسبه می‌شوند. برای نمونه، این مقادیر برای درصد مولی CH_4 به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k = \frac{1}{3} (89 + 90.2 + 91.3) = 90.17$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{3-1} ((89 - 90.17)^2 + (90.2 - 90.17)^2 + (91.3 - 90.17)^2)} = 1.15$$

گام ۳. محاسبه مقدار $\frac{s \times t}{\sqrt{n}}$

این مقدار برای CH_4 به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{s \times t}{\sqrt{n}} = \frac{1.15 \times 4.3}{\sqrt{3}} = 2.856$$

بنابراین بازه اطمینان درصد مولی CH_4 به صورت $[90.17 - 2.856; 90.17 + 2.856]$ بدست می‌آید. برای تعیین مقدار عدم قطعیت نسبی می‌توان به شکل زیر عمل کرد:

$$U(rel)_{CH_4} = \frac{\pm 2.856}{90.17} = \pm 3.2\%$$

نتایج انجام گام‌های ۱ تا ۳ برای همه ترکیبات موجود در گاز طبیعی در جدول زیر آورده شده است.

ترکیب	Sample1	Sample2	Sample3	$\bar{x}$	s	$\frac{s \times t}{\sqrt{n}}$	$U(rel)_{mole\%}$
CH_4	89	90.2	91.3	90.17	1.150	2.856	3.2%
C_2H_6	3.4	2.9	2.5	2.93	0.451	1.119	38.2%
C_3H_8	1.2	1.1	0.8	1.03	0.208	0.517	50.0%
$iso-C_4H_{10}$	0.2	0.2	0.3	0.23	0.058	0.143	61.4%
$n-C_4H_{10}$	0.3	0.2	0.1	0.20	0.100	0.248	124.1%
$iso-C_5H_{12}$	0.1	0.1	0	0.07	0.058	0.143	215.0%
N_2	5	4.7	4.1	4.60	0.458	1.138	24.7%
CO_2	0.8	0.6	0.9	0.77	0.153	0.379	49.5%

صفحه ۹۲ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

با داشتن عدم قطعیت درصد مولی هر یک از ترکیبات موجود در گاز طبیعی، همانند مثال ۱۰ می‌توان عدم قطعیت مقادیر انتشار بدست آمده از این ترکیب درصدها را محاسبه کرد.

مثال ۱۲- محاسبه عدم قطعیت- استفاده از ضرایبی با عدم قطعیت غیرممتقارن

مقدار نفت خام پالایش شده در یک پالایشگاه نفت در طول یکسال گذشته برابر ۵,۲۲۳,۰۰۰ مترمکعب بوده است. انتشار فرار متان از این پالایشگاه و عدم قطعیت آنرا محاسبه کنید. فرض کنید عدم قطعیت مربوط به مقدار نفت خام پالایش شده ۶٪ است.

مقدار انتشارات فرار در سطح تاسیسات با استفاده از رابطه (۱۱) فصل اول به دست می‌آید.

$$E_{Fug,i} = EF_{Fug,i,facility} \times AD_{facility}$$

با انتخاب ضرایب انتشار متناسب با نوع فعالیت از جدول (۳-۱)، مقدار انتشار فرار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{Fug,i} = EF_{Fug,i,facility} \times AD_{facility} = 0.0297 \times 10^{-3} \frac{tCH_4}{m^3} \times 5,223,000 m^3 = 155 tCH_4$$

$$= 4,343 tCO_2e$$

با توجه به اینکه مقدار انتشار از حاصلضرب دو پارامتر بدست می‌آید، برای تعیین مقدار عدم قطعیت باید از رابطه (۳) فصل چهارم استفاده شود:

$$U(rel)_{E_{Fug,i}} = \sqrt{U(rel)_{EF_{Fug,i,facility}}^2 + U(rel)_{AD_{facility}}^2}$$

طبق جدول (۳-۱)، عدم قطعیت ضریب انتشار مورد استفاده برابر ۵۰٪- تا ۱۳۰٪+ می‌باشد. بدلیل اینکه این عدم قطعیت غیرممتقارن است لازم است تا عدم قطعیت مقدار انتشار به دو صورت بالایی و پایینی تعیین شود:

الف) عدم قطعیت بالایی:

$$U(rel)_{E_{Fug,i}} = \sqrt{U(rel)_{EF_{Fug,i,facility}}^2 + U(rel)_{AD_{facility}}^2} = \sqrt{\%130^2 + \%6^2} = +\%130.1$$

صفحه ۹۳ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

(ب) عدم قطعیت پایینی

$$U(rel)_{EFug,i} = \sqrt{U(rel)_{EFug,i,facility}^2 + U(rel)_{AD_{facility}}^2} = \sqrt{(-\%50)^2 + \%6^2} = -\%50.4$$

خلاصه نتایج محاسبات

عدم قطعیت نسبی	مقدار انتشار (tCO ₂ e)	مقدار انتشار (tGHG)	گاز گلخانه‌ای
+%130.1 تا -%50.4	4,343	155	CH ₄

مثال ۱۳- محاسبه عدم قطعیت - مجموع انتشار یک سازمان سطح ۳

میزان انتشار یک مجتمع پتروشیمی از منابع مختلف و عدم قطعیت‌های مربوطه، طبق جدول زیر برآورد شده است. مقدار عدم قطعیت مجموع انتشار این مجتمع را تعیین کنید.

منبع انتشار	مقدار انتشار (tCO ₂ e)	عدم قطعیت نسبی
احتراقی	422,121	±%6.4
فلر	120,841	±%52.2
فرار	.	-
فرآیندی	63,102	±%23.7
غیرمستقیم	94,487	±%18.5
مجموع	700,551	?

برای تعیین عدم قطعیت مطلق مجموع انتشار این مجتمع باید از رابطه (۴) فصل چهارم استفاده شود:

$$\begin{aligned}
U(abs)_{total} &= \sqrt{(422,121 \times \%6.4)^2 + (120,841 \times \%52.2)^2 + (63,102 \times \%23.7)^2 + (94,487 \times \%18.5)^2} \\
&= 72,374tCO_2e
\end{aligned}$$

عدم قطعیت نسبی مجموع انتشار نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$U(rel)_{total} = \frac{\pm 72,374}{700,551} = \pm \%10.3$$

صفحه ۹۴ از ۹۴	کتابچه محاسباتی سیاهه انتشار گازهای گلخانه‌ای	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست
---------------	---	---

منابع و مآخذ

1. *BS EN ISO 14064-1, 2012, Greenhouse gases, Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.*
2. *Legal Disclaimer: Unofficial electronic version of the Regulation for the Mandatory Reporting of Greenhouse Gas Emissions. The official legal edition is available at the OAL website: <http://www.oal.ca.gov/CCR.htm>*
3. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*
4. *American Petroleum Institute, 2009, Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry.*
5. *GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty.*
6. : *IPIECA, Addressing uncertainty in oil and natural gas industry greenhouse gas inventories.*