

## تعیین میزان و ضرایب انتشار گازهای $SO_2$ , $CO_2$ , $CO$ , $NO$ , $NO_2$ , $NO_x$ پتروشیمی فن آوران

عاطفه قنوتی هرمزی<sup>۱</sup>، کاظم ندافی<sup>۲</sup>، رامین نبی زاده نودهی<sup>۳</sup>، نعمت اله جعفرزاده<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان [ghanavati.atefeh@yahoo.com](mailto:ghanavati.atefeh@yahoo.com)

پذیرش: ۸۸/۰۹/۰۱

دریافت: ۸۸/۰۶/۱۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** شرکت پتروشیمی فن آوران در جنوب غربی ایران واقع در ساحل خلیج فارس، بندر امام خمینی، منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی در زمینی به مساحت ۲۵ هکتار واقع شده است. این شرکت با دارا بودن واحد متانول با ظرفیت تولید یک میلیون تن متانول در سال و واحد مونوکسیدکربن با ظرفیت تولید سالانه ۱۴۰ هزار تن گاز مونوکسیدکربن در این تحقیق جهت تعیین میزان و ضرایب انتشار گازهای  $SO_x$ ,  $CO_x$ ,  $NO_x$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  مورد مطالعه قرار گرفته است.

**روش بررسی:** با توجه به اهداف این مطالعه، مدت ۱۴ ماه از فروردین ۸۷ تا خرداد ماه ۸۸ برای اجرای این پروژه در نظر گرفته شده است. به منظور تامین اهداف تحقیق مذکور براین اساس ۳۲ مورد نمونه برداری از سه منبع انتشار جهت محاسبه ضرایب انتشار با استفاده از دستگاه خوانش مستقیم غلظت گاز مطابق با روش‌های سازمان محیط زیست امریکا انجام پذیرفته است.

**یافته‌ها:** نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که غلظت تمام گازهای آلاینده خروجی از این واحدها در سطحی پایین تر از محدوده استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران بوده است. میزان کل ضرایب انتشار گازهای  $SO_x$ ,  $CO_x$ ,  $NO_x$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  خروجی از این واحدها به ترتیب برابر  $6.81/2 \times 10^{-6}$ ،  $1.9/2 \times 10^{-6}$ ،  $4.31/5 \times 10^{-6}$ ،  $0.1/4 \times 10^{-6}$ ،  $8.1/8 \times 10^{-6}$ ،  $1.1/7 \times 10^{-6}$  کیلوگرم به ازای هر میلیون تن محصول تولیدی در سال است.

**نتیجه گیری:** پارامترهایی که بهینه سازی بر اساس آنها انجام شده است عبارتند از درصد هوای اضافی، دمای هوای خروجی از پیش گرمکن و نوع سوخت، در واقع با در نظر گرفتن اثرهای این سه عامل، به گونه ای عمل می‌شود که میزان انتشار آلاینده‌ها به حداقل مقدار خود نزدیک و بهترین سوخت انتخاب شود.

**واژگان کلیدی:** ضرایب انتشار، آلاینده های اتمسفری، صنایع پتروشیمی

۱- کارشناس ارشد بهداشت محیط دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

۲- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- دکترای بهداشت محیط دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- دکترای بهداشت محیط دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

## مقدمه

توسعه روز افزون جوامع و پیشرفت در زمینه های صنعتی مشکلات زیادی را نیز برای اجتماعات بشری به ارمغان آورده است، از جمله ورود ترکیبات و گازهای  $SO_x$ ،  $NO_x$ ،  $CO$ ... ناشی از فعالیت واحدهای پتروشیمی به اتمسفر می باشد و با توجه به ماهیت و خواص آنها می تواند علاوه بر نسل امروز، خطرات جدی را نیز برای نسل آتی ایجاد نمایند. اگر چه طی سال های اخیر، در ایران صنایع بزرگی چون پتروشیمی، توجه بیش تری به مدیریت محیط زیست داشته اند اما برای رسیدن به توسعه پایدار نیازمند بذل توجه بیشتر و انجام تحقیقات گسترده تر در زمینه محیط زیست می باشد (۱). ضرایب انتشار یکی از ابزارهای مهم در زمینه برآورد میزان انتشار آلاینده ها در اتمسفر هستند. این ضرایب معمولا میزان انتشار آلاینده های ناشی از فعالیت های مختلف را بر حسب واحد محصول تولیدی، انرژی مصرفی، زمان و یا سایر مشخصات فعالیت مورد نظر بیان می نمایند (۳). فعالیت شرکت پتروشیمی فن آوران در زمینه احداث، راه اندازی و بهره برداری واحدهای متانول، اسید استیک، مونواکسید کربن، پروپیلن و وینیل استات منومر به منظور صادرات، استفاده در صنعت پتروشیمی و صنایع پایین دستی و تولید محصولات پتروشیمی با ارزش افزوده بالا از گاز طبیعی می باشد (۲).

با توجه به روند افزایش انتشار آلاینده های مختلف به اتمسفر و با لحاظ اهمیت انتشار گازهای  $SO_x$ ،  $NO_x$ ،  $CO$ ... از نظر اثرات بهداشتی و زیست محیطی که بر جا می گذارند، تعیین میزان و ضرایب انتشار گازهای فوق و شناخت علل انتشار آنها و ارایه راهکارهای مدیریت جهت کاهش و کنترل انتشار آنها از مهم ترین دلایل انجام تحقیق مذکور است. محرم نژاد در سال ۱۳۶۹، مقاله ای در زمینه آلودگی هوا در مجتمع های پتروشیمی ارایه داده که در آن به رابطه آلودگی هوا و فرایند تولید در صنایع پتروشیمی اشاره نموده است (۴). ترکیان در سال ۱۳۷۹ مطالعه ای تحت عنوان ارزیابی کمی و کیفی آلاینده های اتمسفری مجتمع های پتروشیمی بندر امام و رازی

انجام داده است (۵). Jen Chen و همکاران در سال ۱۹۹۷ در پژوهشی ضرایب انتشار آلاینده های هوا را برای منابع ثابت در کارخانه پتروشیمی واقع در پارک صنعتی کواهسوینگ در تایوان محاسبه کردند (۶). Yuhyang و همکاران در سال ۲۰۰۲ تحقیقی با عنوان تاثیر آلودگی هوای صنایع پتروشیمی بر سقط جنینی در تایوان انجام داده اند (۱۶).

## مواد و روش ها

نوع مطالعه در این پروژه، توصیفی - تحلیلی در شاخه محیط زیست و در مقطع زمان بوده است. به منظور اجرای این تحقیق، اطلاعات مورد نیاز در دو بخش کتابخانه ای و میدانی گردآوری شد. در بخش گردآوری کتابخانه ای، اطلاعات مورد نیاز در خصوص تاریخچه صنعت پتروشیمی، فرایند تولید در واحدهای مورد مطالعه، نوع و میزان مواد اولیه مصرفی و وضعیت منطقه مورد مطالعه، جمع آوری گردید و پس از بررسی فرایند تولید و تعیین منابع انتشار طی بازدید میدانی از منطقه، تعداد ۳ ایستگاه را به دلیل وجود دریاچه های نمونه برداری برای نقاط نمونه برداری مشخص کرده و پس از آن گازهای آلاینده و سایر پارامترهای خروجی از دودکش ها توسط دستگاه قابل اندازه گیری در جریان گاز (Portable Flue Gas Analyzer) مدل (Land Com III) ساخت کشور انگلیس، بر اساس استانداردهای EPA، به دلیل ثابت بودن فرایند تولید، طی مدت ۴ ماه (اردیبهشت تا مهر ۸۷) و با توجه به قضاوت کارشناسی، تعداد ۳۲ مورد نمونه برداری انجام شد. جهت اندازه گیری گازهای خروجی از دودکش های واحدهای متانول شرقی و متانول غربی و مونوکسید کربن با قرارداد دادن دستگاه حسگر در منطقه ای از دودکش به عنوان نقطه نمونه برداری، مقادیر گازهای آلاینده اندازه گیری شد. دستگاه فوق مجهز به حس گرهای الکتروشیمیایی بوده و اندازه گیری گازها توسط آن به صورت خوانش مستقیم انجام می شود، که موجب می گردد غلظت گاز در جریان گاز خروجی برحسب قسمت در میلیون (ppm) بلافاصله در صفحه نمایشگر سیستم

تاسیس شده است. واحد متانول شرکت پتروشیمی فن آوران به منظور تولید سالیانه یک میلیون تن متانول دارای خلوص درجه AA با خوراک سالیانه ۶۱۰ هزار تن گاز طبیعی از شرکت ملی گاز ایران و ۲۷۱ هزار تن گاز کربنیک از پتروشیمی های رازی و مارون طراحی و اجرا شده است. خوراک این واحد پس از گوگرد زدایی به همراه بخار آب وارد ریفرمر شده و در دمای حدود ۹۰۰ درجه سانتی گراد تبدیل به گاز سنتز حاوی هیدروژن، منوکسید کربن و گاز کربنیک می گردد، گاز تولیدی پس از سرد شدن فشرده شده و در راکتورهای بخش سنتز به متانول خام تبدیل می گردد و پس از جداسازی آب موجود، در واحد تقطیر، متانول خالص با درجه خلوص AA تولید می گردد. اهم کاربرد آن در صنایع رنگ سازی، داروسازی، زرین سازی، تولید فرم آلدئید، حلال ها، اسید استیک، بعنوان ماده اولیه در تولید MTBE جهت تولید

نشان داده شود (۷). با توجه به این که ضرایب انتشار میزان تولید و انتشار آلاینده ها را در شرایط عملکرد نرمال یک فرایند نشان می دهد فقط در شرایط کارکرد طبیعی سیستم نمونه گرفته شد و از نمونه برداری در شرایط غیر نرمال از قبیل تعمیرات یا خارج از سرویس بودن تجهیزاتی که عملکرد فرایند تحت تاثیر قرار می دهند خودداری شد (۸). روش اندازه گیری غلظت گازهای  $SO_x$ ،  $NO_x$ ، CO توسط دستگاه به صورت الکتروشیمیایی و گاز  $CO_p$  اینفرارد می باشد (۱۵). برای تعیین میزان انتشار گازهای آلاینده و محاسبه ضریب انتشار آنها دمای  $0^{\circ}C$  و فشار  $1013 \text{ m bar}$  به عنوان شرایط استاندارد در نظر گرفته شد. در زمینه کاربرد دستگاه های خوانش مستقیم نیز سازمان حفاظت محیط زیست امریکا دارای روش های تایید شده جهت اندازه گیری غلظت گازهای منواکسید کربن، سولفور دی اکسید و اکسید های ازت است (۹).

جدول ۱: روش های استاندارد EPA جهت اندازه گیری مستقیم گازهای آلاینده خروجی از دودکش (۱۰)

| نوع آلاینده | شماره روش | عنوان روش                         |
|-------------|-----------|-----------------------------------|
| CO          | CTM -030  | EMC Conditional Test Method       |
| NOx         | CTM -030  | EMC Conditional Test Method       |
| SO2         | AIT- 004  | Alternative For Methods 3A and 6c |

بنزین بدون سرب و سوخت تمیز می باشد (۲). واحد منو اکسید کربن شرکت پتروشیمی فن آوران به منظور تولید سالیانه ۱۴۰ هزار تن گاز منوکسید کربن با خوراک سالیانه ۸۴ هزار تن گاز طبیعی از شرکت ملی گاز ایران طراحی و اجرا شده است. خوراک این طرح پس از سولفورزدایی با بخار آب مخلوط شده و در راکتور پری ریفرمر هیدروکربن های سنگین موجود شکسته شده و نهایتاً گاز در ریفرمر به گاز سنتز، غنی از منوکسید کربن تبدیل می شود. در ادامه گاز دی اکسید کربن تفکیک شده و مجدداً به ریفرمر واحد، تزریق و سپس گاز حاوی CO و هیدروژن پس از فشرده شدن وارد قسمت تبدیل می گردد،

از نرم افزار SPSS برای تعیین میانگین، انحراف معیار، حدود دامنه و از روش آنالیز واریانس جهت مقایسه میانگین ایستگاه های مختلف از یکدیگر و از روش T-test جهت مقایسه میانگین انتشار با استاندارد های بین المللی استفاده شده و برای تعیین رابطه یا عدم رابطه بین میزان تولید گاز و میزان تولید محصول هم از آزمون ضریب هم بستگی پیرسون در سطح ۹۵٪ اطمینان استفاده شده است.

## یافته ها

شرکت پتروشیمی فن آوران (سهامی عام) در سال ۱۳۷۷

۰/۰۳۱، ۴۲/۵۳۱، ۱/۲۱۹، ۴۳/۷۵۰ (جدول ۲) و از دودکش متانول شرقی به ترتیب ۰/۵۶۳، ۹/۵۴۸، ۰/۰۳۱، ۴۴/۶۵۶، ۱/۰۶۳، ۴۵/۷۱۹ گزارش شده است. (جدول ۳) از دیگر آلاینده‌ای اتمسفری این واحد هیدروکربن‌ها هستند. میانگین غلظت آلاینده‌های خروجی از دودکش واحد مونوکسید کربن به ترتیب ۰/۷۵۰، ۷/۰۶۶، صفر، ۴۶/۲۱۴، ۱/۵ و ۴۷/۷۱۴ بوده است (جدول ۴).

H<sub>p</sub> و CO موجود در آن جدا شده و محصول نهایی پس از خالص سازی تولید می گردد. مهم کاربرد این محصول به عنوان خوراک پلیمرهای مهندسی، تولید اسید استیک، فسژن موادشیمیایی و پتروشیمی می باشد (۱۱). میانگین غلظت آلاینده های SO<sub>p</sub>, CO<sub>p</sub>, NO, NO<sub>p</sub> از دودکش متانول غربی به ترتیب برابر ۰/۲۸۱، ۹/۴۰۷

جدول ۲: آمار توصیفی واحد متانول غربی

| واحد        | گاز             | تعداد | میانگین | انحراف معیار | انحراف از میانگین | حداقل | حداکثر |
|-------------|-----------------|-------|---------|--------------|-------------------|-------|--------|
| متانول غربی | SO <sub>2</sub> | ۳۲    | ۰/۲۸۱   | ۰/۴۵۷        | ۰/۰۸۱             | ۰/۰۰  | ۱/۰۰   |
|             | CO <sub>2</sub> | ۳۲    | ۹/۴۰۷   | ۰/۲۴۷        | ۰/۰۴۴             | ۸/۶۶  | ۹/۸۱   |
|             | CO              | ۳۲    | ۰/۰۳۱   | ۰/۱۷۷        | ۰/۰۳۱             | ۰/۰۰  | ۱/۰۰   |
|             | NO              | ۳۲    | ۴۲/۵۳۱  | ۳/۲۴۳        | ۰/۵۷۳             | ۳۵/۰۰ | ۴۹/۰۰  |
|             | NO <sub>2</sub> | ۳۲    | ۱/۲۱۹   | ۰/۴۲۰        | ۰/۰۷۴             | ۱/۰۰  | ۲/۰۰   |
|             | NO <sub>x</sub> | ۳۲    | ۴۳/۷۵۰  | ۳/۲۹۲        | ۰/۵۸۲             | ۳۶/۰۰ | ۵۱/۰۰  |

جدول ۳: آمار توصیفی واحد متانول شرقی

| واحد        | گاز             | تعداد | میانگین | انحراف معیار | انحراف از میانگین | حداقل | حداکثر |
|-------------|-----------------|-------|---------|--------------|-------------------|-------|--------|
| متانول شرقی | SO <sub>2</sub> | ۳۲    | ۰/۵۶۳   | ۰/۵۰۴        | ۰/۰۸۹             | ۰/۰۰  | ۱/۰۰   |
|             | CO <sub>2</sub> | ۳۲    | ۹/۵۴۸   | ۰/۵۷۵        | ۰/۱۰۲             | ۶/۷۱  | ۱۰/۰۵  |
|             | CO              | ۳۲    | ۰/۰۳۱   | ۰/۱۷۷        | ۰/۰۳۱             | ۰/۰۰  | ۱/۰۰   |
|             | NO              | ۳۲    | ۴۴/۶۵۶  | ۳/۹۲۴        | ۰/۶۹۴             | ۳۹/۰۰ | ۵۵/۰۰  |
|             | NO <sub>2</sub> | ۳۲    | ۱/۰۶۳   | ۰/۲۴۶        | ۰/۰۴۳             | ۱/۰۰  | ۲/۰۰   |
|             | NO <sub>x</sub> | ۳۲    | ۴۵/۷۱۹  | ۳/۸۷۹        | ۰/۶۸۶             | ۴۰/۰۰ | ۵۶/۰۰  |

جدول ۴: آمار توصیفی واحد مونوکسید کربن

| واحد          | گاز             | تعداد | میانگین | انحراف معیار | انحراف از میانگین | حداقل | حداکثر |
|---------------|-----------------|-------|---------|--------------|-------------------|-------|--------|
| مونوکسید کربن | SO <sub>2</sub> | ۲۸    | ۰/۷۵۰   | ۰/۴۴۱        | ۰/۰۸۳             | ۰/۰۰  | ۱/۰۰   |
|               | CO <sub>2</sub> | ۲۸    | ۷/۰۶۶   | ۰/۲۴۳        | ۰/۰۴۴             | ۶/۶۲  | ۷/۴۶   |
|               | CO              | ۲۸    | ۰/۰۰۰   | ۰/۰۰۰        | ۰/۰۰۰             | ۰/۰۰  | ۰/۰۰   |
|               | NO              | ۲۸    | ۴۶/۲۱۴  | ۴/۳۰۶        | ۰/۸۱۴             | ۳۸/۰۰ | ۵۴/۰۰  |
|               | NO <sub>2</sub> | ۲۸    | ۱/۵۰۰   | ۰/۵۰۹        | ۰/۰۹۶             | ۱/۰۰  | ۲/۰۰   |
|               | NO <sub>x</sub> | ۲۸    | ۴۷/۷۱۴  | ۴/۵۳۷        | ۰/۸۵۷             | ۳۹/۰۰ | ۵۶/۰۰  |

پس از محاسبه میانگین‌ها، آنها را از واحد قسمت در میلیون (ppm) به واحد میلی گرم بر مترمکعب (mg/m<sup>3</sup>) تبدیل کرده و بر اساس فلوی خروجی و میزان تولید سالیانه محصول، ضرایب انتشار هر یک از گازهای خروجی از دودکش واحدها را به دست آورده ایم. جداول (۷-۵).

جدول ۵: ضرایب انتشار گازهای خروجی ازدودکش متانول غربی در سال

| واحد        | گاز                                | تعداد | میانگین به (ppm) | میانگین به (µg/m <sup>3</sup> ) | فلوی خروجی                    | میزان تولید متانول     | ضرایب انتشار Kg / ton    |
|-------------|------------------------------------|-------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| متانول غربی | SO <sub>2</sub>                    | ۳۲    | ۰/۲۸۱            | ۰/۸۰۲                           | ۲۱۰,۰۰۰ (m <sup>3</sup> / hr) | ۱,۰۰۰,۰۰۰ (ton / year) | ۱/۴ × ۱۰ <sup>-۶</sup>   |
|             | CO <sub>2</sub>                    | ۳۲    | ۹/۴۰۷            | ۱۸/۴۷                           |                               |                        | ۳۳/۹ × ۱۰ <sup>-۶</sup>  |
|             | CO                                 | ۳۲    | ۰/۰۳۱            | ۰/۰۳۸۷۵                         |                               |                        | ۰/۰۷ × ۱۰ <sup>-۶</sup>  |
|             | NO                                 | ۳۲    | ۴۲/۵۳۱           | ۵۶/۹۶                           |                               |                        | ۱۰۴/۷ × ۱۰ <sup>-۶</sup> |
|             | NO <sub>2</sub>                    | ۳۲    | ۱/۲۱۹            | ۲/۵                             |                               |                        | ۴/۵ × ۱۰ <sup>-۶</sup>   |
|             | NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> ) | ۳۲    | ۴۳/۷۵۰           | ۸۹/۸۴                           |                               |                        | ۱۶۵/۲ × ۱۰ <sup>-۶</sup> |

جدول ۶: ضرایب انتشار گازهای خروجی ازدودکش متانول شرقی در سال

| واحد        | گاز                                | تعداد | میانگین به (ppm) | میانگین به (µg/m <sup>3</sup> ) | فلوی خروجی                    | میزان تولید متانول     | ضرایب انتشار Kg / ton    |
|-------------|------------------------------------|-------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| متانول شرقی | SO <sub>2</sub>                    | ۳۲    | ۰/۵۶۳            | ۱/۶۰                            | ۲۱۰,۰۰۰ (m <sup>3</sup> / hr) | ۱,۰۰۰,۰۰۰ (ton / year) | ۲/۹ × ۱۰ <sup>-۶</sup>   |
|             | CO <sub>2</sub>                    | ۳۲    | ۹/۵۴۸            | ۱۸/۷۵                           |                               |                        | ۳۴/۴ × ۱۰ <sup>-۶</sup>  |
|             | CO                                 | ۳۲    | ۰/۰۳۱            | ۰/۰۳۸۷۵                         |                               |                        | ۰/۰۷ × ۱۰ <sup>-۶</sup>  |
|             | NO                                 | ۳۲    | ۴۴/۶۵۶           | ۵۹/۸۰                           |                               |                        | ۱۱۰ × ۱۰ <sup>-۶</sup>   |
|             | NO <sub>2</sub>                    | ۳۲    | ۱/۰۶۳            | ۲/۱۸                            |                               |                        | ۴ × ۱۰ <sup>-۶</sup>     |
|             | NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> ) | ۳۲    | ۴۵/۷۱۹           | ۹۳/۸۸                           |                               |                        | ۱۷۲/۷ × ۱۰ <sup>-۶</sup> |

جدول ۷: ضرایب انتشار گازهای خروجی ازدودکش مونوکسید کربن در سال

| واحد          | گاز                                | تعداد | میانگین به (ppm) | میانگین به ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | فلوی خروجی                   | میزان تولید مونوکسید کربن | ضرایب انتشار Kg / ton  |
|---------------|------------------------------------|-------|------------------|---|------------------------------|---------------------------|------------------------|
|               | SO <sub>2</sub>                    | ۲۸    | ۰/۷۵۰            | ۲/۱۴                                    |                              |                           | $۷/۴ \times ۱۰^{-۶}$   |
|               | CO <sub>2</sub>                    | ۲۸    | ۷/۰۶۶            | ۱۳/۸۷                                   |                              |                           | $۱۳/۵ \times ۱۰^{-۶}$  |
| مونوکسید کربن | CO                                 | ۲۸    | ۰/۰۰۰            | ۰/۰۰۰                                   | ۵۶,۰۰۰ (m <sup>3</sup> / hr) | ۱۴۰,۰۰۰ (ton / year)      | ۰/۰۰۰                  |
|               | NO                                 | ۲۸    | ۴۶/۲۱۴           | ۶۱/۸۹                                   |                              |                           | $۲۱۶/۸ \times ۱۰^{-۶}$ |
|               | NO <sub>2</sub>                    | ۲۸    | ۱/۵              | ۳/۰۸۰                                   |                              |                           | $۱۰/۷ \times ۱۰^{-۶}$  |
|               | NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> ) | ۲۸    | ۴۷/۷۱۴           | ۹۷/۹۸                                   |                              |                           | $۳۴۳/۳ \times ۱۰^{-۶}$ |

متانول غربی و شرقی و مونوکسید کربن به ترتیب برابر ppm ۰/۰۳۱، ppm ۰/۰۳۱، صفر ppm بوده است که مقدار این پارامتر پایین تر از مقدار استاندارد ppm ۱۵۰ (۱۲) بوده است و اختلاف معنی دار است.

میزان کل ضرایب انتشار گازهای SO<sub>۲</sub>، CO<sub>۲</sub>، CO، NO<sub>x</sub>، NO<sub>۲</sub>، NO<sub>x</sub> خروجی از این واحدها به ترتیب برابر  $۱۱/۷ \times ۱۰^{-۶}$ ،  $۸۱/۸ \times ۱۰^{-۶}$ ،  $۰/۱۴ \times ۱۰^{-۶}$ ،  $۴۳۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$ ،  $۱۹/۲ \times ۱۰^{-۶}$ ،  $۶۸۱/۲ \times ۱۰^{-۶}$  کیلوگرم به ازای هر میلیون تن محصول تولیدی در سال است (جدول ۸).

جدول ۸: میزان کل ضرایب انتشار گازهای خروجی ازدودکش متانول و مونوکسید کربن در سال

| واحد                   | SO <sub>2</sub> Kg / ton | CO <sub>2</sub> Kg / ton | CO Kg / ton           | NO <sub>2</sub> Kg / ton | NO Kg / ton            | NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> ) Kg / ton |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|---|
| متانول و مونوکسید کربن | $۱۱/۷ \times ۱۰^{-۶}$    | $۸۱/۸ \times ۱۰^{-۶}$    | $۰/۱۴ \times ۱۰^{-۶}$ | $۱۹/۲ \times ۱۰^{-۶}$    | $۴۳۱/۵ \times ۱۰^{-۶}$ | $۶۸۱/۲ \times ۱۰^{-۶}$                      |

NO<sub>x</sub>: در طی دوره نمونه برداری متوسط این پارامتر از دودکش متانول غربی و شرقی و مونوکسید کربن به ترتیب برابر ppm ۴۳/۷۵۰، ppm ۴۵/۷۱۹، ppm ۴۷/۷۱۴ بوده است که مقدار این پارامتر پایین تر از مقدار استاندارد ppm ۳۵۰ (۱۲) بوده است و اختلاف معنی دار است.

هر سه ایستگاه متانول غربی و شرقی و مونوکسید کربن از نظر میزان تولید گاز با هم مقایسه گردید. دودکش واحد مونوکسید کربن بیشترین میزان تولید SO<sub>2</sub>، NO، NO<sub>2</sub>، NO<sub>x</sub>

وضعیت انطباق گازهای خروجی از دودکش واحدها، با حدود مجاز مصوب سازمان محیط زیست به شرح ذیل است:

SO<sub>۲</sub>: در طی دوره نمونه برداری متوسط این پارامتر از دودکش متانول غربی و شرقی و مونوکسید کربن به ترتیب برابر ppm ۰/۲۸۱، ppm ۰/۵۶۳، ppm ۰/۷۵۰ بوده است که مقدار این پارامتر پایین تر از مقدار استاندارد ppm ۸۰۰ (۱۲) بوده است و اختلاف معنی دار است.

CO: در طی دوره نمونه برداری متوسط این پارامتر از دودکش

معنی دار است، یعنی با افزایش میزان تولید محصول، میزان تولید گازهای  $CO_2$  افزایش می یابد و از طرفی، میزان تولید گازهای  $SO_2$ ،  $NO$ ،  $NO_2$ ،  $NO_x$  کاهش می یابد. از عوامل فرایندی تاثیر گذار بر میزان تولید و انتشار گازهای آلاینده می توان به موارد زیر اشاره نمود:

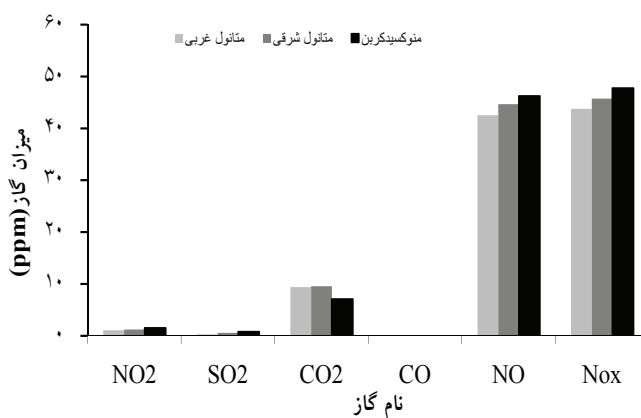
۱- نوع سوخت: گاز طبیعی در این کارخانه هم به عنوان خوراک فرایند سنتز و هم به عنوان سوخت استفاده می شود.  
 ۲- هوای اضافی: با توجه به این که سوخت مشعل های اصلی ریفمر را مخلوطی از گاز طبیعی و بخشی از گاز احیایی برگشتی از کوره تشکیل داده و از طرفی سوخت مشعل های فرعی نیز فقط توسط گاز طبیعی تامین می گردد، بنابراین می توان گفت شکل غالب دی اکسید ازت تولید شده در این فرایند  $NO_x$  حرارتی می باشد که عامل اصلی تاثیر گذار بر میزان تشکیل آن نسبت هوا به سوخت است. جهت اطمینان از احتراق کامل گاز، می بایست برای مشعل ها هوای اضافی در نظر گرفت که در شرایط عملیاتی نرمال، ۵ درصد هوای اضافی که تقریباً معادل ۱/۱ درصد اکسیژن موجود در گازهای حاصل از احتراق می باشد، در نظر گرفته می شود (۱۳).

۳- سولفور زدایی: از آنجایی که مواد سولفور دار در گاز طبیعی به میزان ۴/۲ ppm وجود دارد می توان گفت که به دلیل فرایند سولفور زدایی که در دو مرحله انجام می پذیرد و شامل هیدروژناسیون و جذب سولفید هیدروژن می باشد، میزان سولفور به کم تر از ۰/۵ ppm کاهش می یابد.

۴- دمای عملیاتی: کاهش دما باعث دستیابی به غلظت بالای متانول در محصولات و افزایش دما باعث افزایش شدت واکنش می گردد. بنابراین انتخاب دمای عملیاتی باید با توجه به موضوع فوق تعیین شود. ضمناً باید در نظر داشت که افزایش دما باعث افزایش میزان ناخالصی در محصول نیز می گردد.

۵- بازیافت انرژی گرمایی از گازهای حاصل از سوختن: انرژی گرمایی حاصل از احتراق، در پیش گرم نمودن خوراک آب خوراک مولد بخار، پیش گرم نمودن مخلوط هیدروکربن

و دودکش واحد متانول شرقی بیشترین میزان تولید  $CO_2$  را دارا می باشد (شکل ۱).



شکل ۱: مقایسه ایستگاه ها از نظر تولید گاز

میانگین گازهای آلاینده خروجی از دودکش واحدهای متانول غربی و شرقی و مونوکسید کربن در ماه های نمونه برداری به طور کلی توسط آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته است که نتیجه به شرح ذیل است:

از نظر آماری بین ماه ها از نظر تولید گاز  $NO$ ،  $NO_2$ ،  $NO_x$  اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ مشاهده گردید، در صورتی که از نظر تولید گاز  $SO_2$  اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ مشاهده گردید.

بین ماه ها از نظر تولید گاز  $CO$  و  $CO_2$  اختلاف معنی داری مشاهده نگردید و ماه های مختلف سال در تولید این گازها در یک گروه آماری قرار می گیرند.

برای تعیین رابطه یا عدم رابطه بین میزان گاز خروجی از دودکش ها و میزان تولید محصول از ضریب هم بستگی پیرسون استفاده شده است که نتیجه تجزیه و تحلیل به شرح ذیل می باشد:

بر اساس آزمون هم بستگی انجام شده بین مقادیر انتشار گاز و میزان تولید محصول در پتروشیمی فن آوران مشخص شد که بین این دو پارامتر هم بستگی آماری وجود دارد، و به نظر می رسد که ارتباط بین این دو پارامتر

و بخار ورودی به پری ریفرمر توسط مبدل های حرارتی، فوق اشباع نمودن بخار، پیش گرم نمودن گاز طبیعی به عنوان خوراک توسط مبدل ها و پیش گرم نمودن هوای لازم جهت احتراق در مشعل های ریفرمر توسط مبدل ها مورد بازیابی و استفاده قرار می گیرد (۲).

### بحث و نتیجه گیری

در گازهای خوراک علاوه بر  $H_2$ ،  $CO$ ،  $CO_2$  مواد دیگری نیز مانند متان و نیتروژن وجود دارند که در واکنش شرکت نمی کنند، این مواد ممکنست همراه خوراک و یا از طریق گاز  $CO_2$  ورودی به کارخانه، وارد سیستم شوند. منبع تولید هیدروژن، هیدروکربن های موجود در گاز طبیعی و بخار آب ورودی به فرآیند بوده و منبع گازهای منواکسید کربن و دی اکسید کربن مورد نیاز، هیدروکربن های موجود در گاز طبیعی و  $CO_2$  ورودی می باشند (۲). مطالعات زیست محیطی در صنایع پتروشیمی کاملاً وابسته به فرایندهای آن می باشد. تغییر سوخت مصرفی یکی از طرق کاهش گوگرد می باشد در این روش از سوخت های دارای گوگرد کم، نظیر گاز طبیعی استفاده می شود که به علت دارا بودن حداقل گوگرد و نهایتاً تولید کم تر  $SO_x$ ، دارای اهمیت است (۱۵). از طرفی در نظر گرفتن هوای اضافی جهت احتراق کامل، باعث کاهش تولید  $NO_x$  می شود.

تطابق انشمار آلاینده ها با استانداردهای زیست محیطی نشان داد که همه گازهای خروجی از دوکش ها در حدی پایین تر از استاندارد های سازمان حفاظت محیط زیست ایران بوده و با توجه به آزمون T-Test اختلاف در سطح ۹۵٪ معنی دار می باشد و هیچ گونه عدم انطباقی دیده نشد. بنابراین نتایج به دست آمده حاکی از آن است که دوکش های موجود در پتروشیمی فن آوران بار آلودگی چندانی را به هوای منطقه

وارد نمی کنند.

مقایسه نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج مطالعات قبلی می تواند مفید باشد. جعفرزاده میزان آلاینده های  $SO_2$ ،  $CO$ ،  $NO_x$  انتشار یافته ناشی از فرایند احتراق و تولید در پتروشیمی فن آوران را به ترتیب ۴۸۶، ۴۳/۷، ۰/۰۰۲ گزارش کرده است (۱۸) که در مقایسه با نتایج این مطالعه در واحد متانول غربی و متانول شرقی و مونوکسید کربن مقدار بیشتری را نشان می دهد. سرخی در مطالعه خود فاکتور انتشار ( $NO_x$ ،  $SO_2$ ،  $CO$ ) را در صنایع فولاد خوزستان به میزان ۰/۰۶۸، ۰/۰۰۶، ۰/۳۶۶ کیلوگرم به ازای هر تن آهن اسفنجی تولیدی به دست آورد (۱۴) در مقایسه با نتایج این مطالعه ( $14 \times 10^{-6}$ ،  $117 \times 10^{-6}$ ،  $192 \times 10^{-6}$  کیلوگرم برتن) مقدار بیش تری را نشان می دهد. در ضرایب انتشار مربوط به فرایند تولید فولاد به روش احیای غیرمستقیم به کمک کوره بلند در امریکا، گاز  $CO$ ،  $SO_2$ ،  $NO_x$  به ترتیب ۴/۶۶، ۱۲/۳۰، ۱/۴۸ کیلو گرم برتن گزارش شده است (۱۷) که در مقایسه با این پژوهش مقدار بیشتری را نشان می دهد. دستیابی به کاهش بیش تر در میزان ضرایب انتشار گازهای خروجی از این واحدها مستلزم انجام اقدامات اصلاحی موثر به ویژه در زمینه بهبود سیستم کنترل فرایند، تنظیم موثر نسبت هوا به سوخت مشعل ها، استفاده از گازهای حاصل از احتراق خروجی از ریفرمر جهت تامین گاز خنثی و به کارگیری فناوری های جدید خواهد بود.

### قدردانی و تشکر

این تحقیق با حمایت شرکت پتروشیمی فن آوران انجام شده است. نویسندگان مقاله کمال تشکر خود را از حمایت های مسئولان محترم پتروشیمی فن آوران و همکاری موثر کارکنان فنی واحدهای مورد مطالعه ابراز می دارند.



## منابع

1. Sabzalipour S, Jaafarzade N, Parham H, Possibility of Waste Minimization in Bandar Imam Petrochemical Complex: A Case Study of the Olefin Plant. *J. Environ. Sci.Tech.*2007; 9(2):55
2. Description of the Production process in methanol unit. Final report. Iran: Fanavaran Petrochemical Company. 2003.4. Technical report (in Persian)
3. USEPA. AP-42: Compilation of air pollutant emission factors. USA: Office of Transportation and Air Quality; 2009 [cited 14 Feb 2009]. Available from:<http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm>.
4. Moharamnezhad N. Air pollution in petrochemical complexes. *Journal of the Environment*, 1991; 3(2): 19-28
5. Torkiyan A. Qualitative and quantitative assessment of atmospheric pollutants of Bandar imam and razi Petrochemical Complex, Final report. Iran: development and research part of Bandar imam petrochemical, 2001. Technical report (in Persian)
6. Chen SJ, Hsu JK, Lee WJ, Lee JT, Su CJ. Emission factors of air pollutants from the stationary sources of petrochemical plant. *Journal of Aerosol Science*. 1997;28:261-62.
7. Hering SV. *Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants*. 7th ed. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 1989.
8. USEPA. EMC. Conditional Test methods (CTM-030). Determination of Nitrogen Oxides ,Carbon Monoxide and Oxygen Emission from Natural Gas-fired Engines, Boilers and Proceed Heaters using portable Analyzer ,1997a[ Sited 13 Oct 1997] available from: <http://www.epa.gov/ttnemco1/ctm/ctm-030.pdf>
9. USEPA. Environmental Technology Verification (ETV) Program. Advanced Monitoring Systems (AMS) Center. Model 350 Portable multigas Emission Analyzer, 2002, available from: <http://www.epa.gov/etv/vt-ams.html#pmgea>
10. USEPA. Technology Transfer Network. Emission Measurement Center. Conditional Test methods, 1997, available from: <http://www.epa.gov/ttn/emc/ctm.html>
11. Bina consultant engineering. Description of the production process in project acid acetic, Final Report. Iran: Petrochemical Fanavaran Company, 2003:p5. Technical report (in Persian)
12. Iran Department of Environment, Environmental Standards and laws. 2003; 15-28
13. NOx-Wikipediya, the free encyclopedia, 2010, Available from: <http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen-Oxide>
14. Sorkhi K. Determination the emission factors of CO, SO2 and NOX in module NO.3 of Khuzestan steel company's direct reduction plant [dissertation]. Islamic Azad University, Sciences and Research Branch, Ahwaz, 2006
15. Land com III –Portable combustion & stack emission gas analyzer land instruments internaional2. htm.2006 [sited 27/09/2006]. available from: <http://www.landinst.com/sited/default/files/products/documents/land com III.pdf>
16. Chon yy, Bi HC, Te YH, Hung YC, Trong NW, Pau CC. Association between petrochemical air pollution and adverse pregnancy out comes in Taiwan, 2002, *Archives of Environmental Health*. Spet–Oct 2002; 57(5):461-5
17. U.S. Department of Energy office of industrial technologies. Energy and Environmental Profile of the U.S. Iron and Steel Industry. 2000Aug, p41-7. Available from: <http://www1.eere.energy.gov/industry/steel/pdfs/steel-profile.pdf>
18. Jaafarzadeh N; Comprehensive plan to reduce air pollution in Bandar-mahshar. Final report. Iran: Khuzestan Environmental protection Agency. 2006, chapter 3, p144. Technical report (in Persian)

## Determination and Emission Factories of SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> Gases in the Fanavaran Petrochemical

\*Ghanavati Hormozi A.<sup>1</sup>, Naddafi K.<sup>2</sup>, Nabizadeh Nodehi R.<sup>2</sup>, Jaafarzadeh Haghighifard N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Islamic Azad University Sciences and Research, Ahwaz, Iran

<sup>2</sup>Department Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Department of Environmental Health, School of Public Health JondiShapur University of Medical Sciences, Ahwaz, Iran

Received 1 September 2009; Accepted 22 November 2009

### ABSTRACT

**Backgrounds and Objectives:** Fanavaran petrochemical company is located on the shore of Persian Gulf on west south of Iran, Imam Khomeini Bandar, petrochemical special economic zone with of 25 hectares area. Two units of this company, methanol unit with production capacity 1000000 tons/years and monoxide carbon unit with 140000 tons/years were studied for determination and emission factories of SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> Gases.

**Materials and methods:** With attention to project goals, for implementation of this project 14 months took into from April 2008 till June2009. For goals provide of mentioned research on this basis, 32case sampling were done from 3 emission sources by using of direct reading device of gas concentration according to standard methods of United State Environmental Protection Agency

**Results:** Results of the study indicate that concentration of issued pollutant gases from these units is in the level lower than Iran department of environment standard level. The total amount of emission Factory of SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> gases diffused from these units are  $11.7 \times 10^{-6}$ ,  $81/8 \times 10^{-6}$ ,  $0.14 \times 10^{-6}$ ,  $431.5 \times 10^{-6}$ ,  $19.2 \times 10^{-6}$ ,  $681.2 \times 10^{-6}$  kg /tons million production in a year respectively.

**Conclusion:** Parameters which optimization is performed in accordance with them, include of additional air percentage, exit air temperature from pre heater, and fuel type, in fact with regarding these 3 factors' effects, the work is done in a manner that the amount of pollutants diffusion is near to minimum and the selected best fuel.

**Key word:** Emission Factor, Atmospheric Pollutant, Petrochemical Industry

---

\*Corresponding Author: [ghanavati.atefeh@yahoo.com](mailto:ghanavati.atefeh@yahoo.com)

Tel: +98 9163047390, Fax: