

شبیه سازی ریاضی پراکنش آلاینده SO₂ ناشی از احتراق مشعل، مطالعه موردی: سکوی نفت و گاز ابوذر در جزیره خارک

غلامرضا اسدالله فردی^۱، محمد دلنواز^{۲*}، امیر خواجهویی^۳

۱- دانشیار دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خوارزمی

۲- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه خوارزمی

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-محیط زیست، دانشگاه خوارزمی

delnavaz@khu.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۳۹۳/۲/۳۰]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۴/۱/۱۸]

چکیده- پراکنش آلاینده‌های هوا در واحدهای صنعتی یکی از مواردی است که همواره محیط زیست و اکوسیستم منطقه‌های مجاور را تحت تاثیر قرار می‌دهد و می‌تواند در دراز مدت زندگی افراد ساکن در مجاورت این گونه واحدها را با مشکلات جدی مواجه سازد. مدل‌های انتشار آلودگی ابزار مفیدی برای شناخت رفتار آلاینده پس از خروج از منبع بوده و اندازه‌گیری‌های زیاد و پرهزینه را غیر ضروری می‌نماید. در این پژوهش دی اکسید گوگرد (SO₂) که یکی از آلاینده‌های خطرناک ناشی از سوزاندن ترکیبات گازی مختلف در خروجی مشعل‌ها است به عنوان مدل آلاینده و مجتمع نفت و گاز ابوذر که شامل ۳ سکوی بهره برداری و ۱۰ سکوی سرچاهی است و فرایند اشتعال مشعل‌ها به عنوان اصلی‌ترین چالش زیست محیطی این مجتمع محسوب می‌شود به عنوان منطقه برای مطالعه در نظر گرفته شده است. برای مدلسازی فرایند انتشار آلاینده، ابتدا اطلاعات هواشناسی با نرم افزار Rammet View پردازش شد و ارتفاع شعله با توجه به سرعت باد و گرمای خالص آزاد شده در مشعل محاسبه شد. سپس غلظت SO₂ خروجی از مشعل، از طریق شبیه‌سازی کامپیوتری به وسیله نرم افزار AERMOD View، در محدوده ۱۵۰ کیلومترمربعی، محاسبه شد. خروجی نرم افزار که همان گراف حاوی زون‌های اصلی تمرکز آلاینده است، نشان داد بیشینه غلظت دی اکسید گوگرد، $850.9/42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ و در فاصله حدود ۸۰۰ متری از مشعل سکوی بهره برداری AB است و غلظت SO₂ در تمامی سکوه‌های بهره برداری و سرچاهی اطراف مشعل از مقادیر استاندارد برای ۸ ساعت کار مداوم و همچنین استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، تجاوز می‌نماید. همچنین اعتبار سنجی نتایج خروجی مدل AERMOD با مدل Screen3 ضریب همبستگی ۹۲٪ و با نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی ضریب همبستگی ۹۷٪ را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: دی اکسید گوگرد، سکوی ابوذر، آلودگی هوا، مشعل، مدل AERMOD

۱- مقدمه

نماید که آثار زیانباری روی سلامتی انسان، محیط زیست و کیفیت هوا خواهد داشت. تخمین زده می‌شود که تنها در سال ۲۰۰۸ بیش از ۱۳۹ میلیارد متر مکعب گاز در دنیا سوزانده شده است [۲]. بر اساس آمارها تا سال ۲۰۱۱، سالانه بیش از $10^{12} \times 5/3$ فوت مکعب گاز همراه با نفت پس از تفکیک شدن در جهان سوزانده شده است [۳]. بیشترین میزان گاز سوزانده شده در دنیا تا سال ۲۰۱۰ به وسیله روسیه صورت پذیرفت که سهم ۲۶٪ در این فرایند را به خود اختصاص داد. ایران نیز با ۸٪، در این زمینه رتبه سوم را دارد [۲].

دی اکسید گوگرد، گازی است بی‌رنگ که روی سطوح بسیاری از مواد جامد و ذرات هوا واکنش انجام می‌دهد. این

مشعل‌سوزی یک راهکار با کاربری بسیار گسترده برای احتراق گازهای قابل اشتعال ناخواسته است. معمولاً گاز سوزانده شده در مشعل به علت عدم صرفه اقتصادی، مورد بهره برداری قرار نمی‌گیرد. این امر می‌تواند به علت دور بودن خطوط انتقال و یا ترش بودن گاز و وجود مقادیر زیاد هیدروژن سولفید در گاز باشد. اگرچه ترکیب گاز سوزانده شده در مشعل‌های مختلف می‌تواند کاملاً متفاوت باشد، اما معمولاً گاز متان به عنوان گاز غالب در صنایع بالادستی نفت و گاز در مشعل محسوب می‌شود [۱]. فرایند مشعل‌سوزی می‌تواند آلاینده‌های متفاوت مانند ترکیبات گوگرد دار ایجاد

کوتاه (حدود ۱۰۰ متری) مدل شد. نتایج حاصل از این مدل سازی هماهنگی مطلوبی با مقادیر اندازه گیری شده، برای گیرنده های بسیار نزدیک در روبرو و پشت منبع نشان نداد. در نتیجه او با بهبود فواصل موجود توانست نتایج کاملاً مطلوبی از نرم افزار کسب نماید [۵]. همچنین، در سال ۲۰۰۷ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در یک مطالعه جامع به بررسی چگونگی پراکنش آلاینده اکسید گوگرد از دودکش های کشتی هایی که سوخت حاوی سولفور غنی شده را می-سوزانند، پرداخت. در این مطالعه که در سواحل اقیانوس آرام و خلیج مکزیک صورت پذیرفت از نرم افزار CALPUFF که بر مبنای مدل گاوس نوشته شده است، استفاده شد و اعتبار سنجی این مطالعه با مقادیر اندازه گیری شده هماهنگی بسیار خوبی را به اثبات رساند [۶]. در کشور ایران نیز مطالعاتی در زمینه مدلسازی پراکنش آلاینده های هوا با استفاده از مدل های ریاضی صورت گرفته است. به عنوان نمونه عتابی و همکاران در سال ۱۳۸۶ در یک مطالعه جامع، پس از بررسی ۳۰ مدل پراکنش آلاینده های جوی، برای شبیه سازی انتشار ذرات معلق در منطقه ۲۲ شهر تهران از مدل UK-ADMS استفاده نمودند. پس از دریافت خروجی های حاصل از نرم افزار، این گروه همخوانی بسیار خوبی بین نتایج حاصل از مدل سازی با مقادیر اندازه گیری شده، که در مدت ۱ سال در منطقه مورد نظر جمع آوری شده بود، مشاهده نمودند. نتایج حاصل از مدل سازی نشان می داد که به علت حجم بالای وسایل نقلیه عبوری و ترافیک جاده ای اتوبان تهران- کرج، ورودی شرقی منطقه ۲۲ بیشترین غلظت ذرات معلق را دارد [۷]. جادری در سال ۱۳۸۸، در یک مطالعه موردی، وضعیت پراکنش آلاینده های دی اکسید گوگرد را در پتروشیمی امیرکبیر، منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر با استفاده از نرم افزار AERMOD بررسی کرد. وی در این مطالعه، پراکنش آلاینده SO₂ خروجی از ۷ دودکش واحد الفین را بررسی و نتایج را به صورت نقشه های کانتور نیز ارائه نمود. نتایج نشان داد که غلظت این آلاینده در شعاع ۱۲۰۰ متری از مرکز منابع انتشار به حداکثر رسیده و مقدار بسیار بیشتر از حد آستانه تجاوز برای مواجهه بیش از ۱ ساعت است [۸].

ترکیب در آب و نیز قطرات باران حل شده و به تری اکسید گوگرد و در نهایت به اسید سولفوریک تبدیل می شود. در صورت مواجهه افراد آسمی با این آلاینده به مدت ۱۰ دقیقه در غلظت های ۱ تا ۵ ppm، علائم مشخص تنگی نفس بروز می کند. بررسی های سازمان جهانی بهداشت برای تعیین آستانه اثر دی اکسید گوگرد نشان داده است که در صورت مواجهه با این ترکیب در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در متر مکعب در مدت ۱۰ دقیقه اولین اثر حاد ظاهر خواهد شد. با در نظر گرفتن ضریب ایمنی در این بازه زمانی، مواجهه در غلظت های بالاتر از ۵۰۰ میکروگرم در متر مکعب توصیه نشده است [۴].

انتشار آلاینده های مختلف هوا، از فرایندهای احتراق در واحدهای صنعتی، امری اجتناب ناپذیر است که در اثر سوختن گونه های مختلف مواد سوختنی آزاد می شود. فرایند مشعل سوزی از مواردی است که در تمامی واحدهای صنعتی نفت و گاز وجود داشته و از این رو پیش بینی رفتار آلاینده پس از رهایش و آگاهی هرچه سریع تر از مکان نشست آن بسیار حائز اهمیت است. مدل سازی پراکنش آلاینده های ناشی از احتراق گاز در مشعل، یکی از راه های بررسی رفتار آلاینده پس از رهایش است. از نرم افزارهایی که برای این گونه شبیه سازی ها استفاده می شوند، می توان نرم افزارهای AERMOD View و ISC3 View را نام برد که هر دو نرم افزار بر اساس مدل گوس طراحی و به وسیله ی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا کد نویسی شده اند. انجام این گونه مدل سازی ها قبل از عملیات ساخت برای پایش وضعیت آلاینده ناشی از منابع تولید آلودگی در دنیا امری رایج است. مطالعات مختلفی با نرم افزارهای اشاره شده انجام پذیرفته و مقایسه نتایج حاصل از برخی مطالعات مدل سازی با مقادیر اندازه گیری شده، موجب توسعه و رفع نواقص آن مدل شده است. به عنوان نمونه، در سال ۲۰۰۳ ونکاترام و همکاران با استفاده از مدل AERMOD تلاش نمودند پراکنش یک گاز خنثی در یک محیط شهری را شبیه سازی نمایند. در این مطالعه انتشارات سولفور هگزا فلوراید (SF₆) ناشی از یک منبع خطی در بالای یک ساختمان در محیط شهر برای فواصل

از آنجا که ورودی نرم افزار پردازشگر عوارض زمین بر مبنای سیستم مختصات کارتیزین عمل می‌کند، ضروری است که بتوان مختصات جغرافیایی را به سیستم مختصات کارتیزین تبدیل نمود. برای این منظور با کمک گرفتن از روابط مختصات قطبی، طول و عرض جغرافیایی در صفحه دو بعدی کارتیزین بر حسب X و Y تبدیل شد. مکان سکوی بهره- برداری AA به عنوان مبدا مختصات در نظر گرفته شد. جدول ۱ مختصات جغرافیایی سکوهای بهره‌برداری، سرچاهی و سکونت در مجتمع نفت و گاز ابوزر را نشان می‌دهد.

جدول (۱) مختصات کارتیزین سکو های مختلف بهره برداری، سرچاهی و سکونت

مختصات کارتیزین		سکو
Y (کیلومتر)	X (کیلومتر)	
۰	۰	AA
۲/۳۰۳۶۲	۱/۸۷۵۴۴	AB
۶/۶۰۳۷	۷/۳۶۷۸۲	AC
۰/۵۴۵۵۶	۰/۲۸۶۸	A10
۱/۹۰۵۲۸	۱/۷۱۲۶۵	A11
۶/۰۵۰۸۳	۶/۹۶۵۹۳	A12
۰/۹۲۱۷۸	۳/۵۰۰۲۲	A13
۳/۷۷۹۰۷	۷/۹۴۵۵۸	A14

Table 1. Cartesian coordinates in different operation, wellhead and residence platforms

۲-۲- مدل AERMOD

مدل گوسی یک مدل ریاضی پراکنش آلاینده‌های جوی است که می‌تواند رفتار ستون دود، که از سطح زمین یا از یک دودکش مرتفع منتشر می‌شود را شبیه‌سازی نماید [۱۰]. در مدل گوس، آلاینده به وسیله باد در جهت غالب (جهت X) انتقال یافته و پراکنش عرضی آن بر مبنای نفوذ جرمی آلاینده در جهت‌های Y و Z پخش می‌شود [۱۱]. برای ساده‌سازی این مدل برخی فرضیه‌ی شرایط یکنواخت انتشار، با چشم‌پوشی کردن از نفوذ جرمی در جهت X، سرعت ثابت باد و ضرایب ثابت نفوذ جرمی استفاده می‌شود. باوجود ساده‌سازی‌های صورت پذیرفته، در حال حاضر این مدل به عنوان

در این پژوهش شبیه سازی پراکنش آلاینده دی اکسید گوگرد با استفاده از مدل AERMOD، روی واحد مشعل سوزی سکوی نفت و گاز ابوزر واقع در جزیره خارک صورت پذیرفته است. با استفاده از خروجی نرم افزار که همان گراف حاوی زون های اصلی تمرکز آلاینده است، میزان انتشار و غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد در فواصل مختلف از منبع محاسبه شده است. اعتبار سنجی مدل با استفاده از نتایج مدل SCREEN3 از دیگر اهداف این پژوهش است.

۲- روش پژوهش

۲-۱- محدوده مطالعاتی

جزیره خارک در ۱۵' و ۲۹° عرض جغرافیایی شمال و ۲۰' و ۵۰° طول جغرافیایی شرقی و در فاصله ۵۷ کیلومتری شمال غربی بوشهر واقع شده است [۹]. میدان نفت و گاز ابوزر در جنوب غربی و در فاصله ۷۶ کیلومتری از جزیره خارک قرار داشته و شامل یک سکوی اصلی بهره‌برداری (AB) و دو سکوی بهره برداری فرعی (AA و AC) است. این مجتمع دریایی نفت و گاز به علت حجم بالای گاز تولیدی و یا استخراج گاز همراه با نفت، همواره با مسئله سوزاندن گاز در مشعل و در نتیجه انتشار حجم بالای انواع آلاینده‌ها روبرو بوده است. شکل ۱ چگونگی استقرار سکوهای مختلف این مجتمع را نشان می‌دهد.

شکل (۱) جانمایی سکوهای مختلف در مجتمع ابوزر

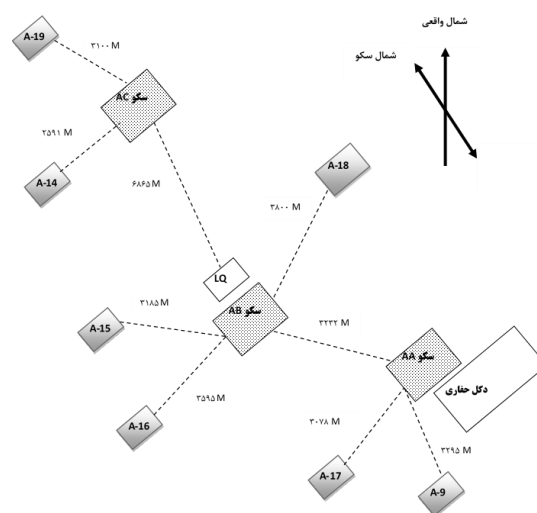


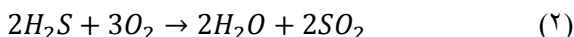
Figure 1. Location of different platforms in Aboozar complex

یک الگوریتم بازتاب در نظر می‌گیرد [۱۵]. در ادامه، اطلاعات مورد نیاز برای مدلسازی فرایند پراکنش آلاینده SO₂ که در مدل AERMOD مورد نیاز است گفته شده است.

۲-۱- ضریب انتشار SO₂ در منطقه مورد مطالعه

از آنجا که در این مطالعه، تمرکز روی انتشار آلاینده اکسید گوگرد (SO₂) است، بنابراین ضریب احتراق برای واکنش سوختن ترکیب گازی که منجر به تولید این آلاینده می‌شود، تعیین شد. نفت استخراج شده در میدان ابوزر، حاوی مقادیر قابل توجه هیدروژن سولفید بوده که این گاز همراه با دیگر ترکیبات گازی، پس از تفکیک از نفت، سوزانده می‌شوند. پس با توجه به ترکیب گاز سوزانده شده در مشعل، تنها عامل گوگردار در ترکیبات این مخلوط گازی، هیدروژن سولفید (H₂S) است. در نتیجه باید تنها واکنش‌های سوختن گاز هیدروژن سولفید در مخلوط گازی را که منجر به تولید اکسید گوگرد می‌شود، در نظر گرفت.

در فرآیند سوختن هیدروژن سولفید در یک مخلوط گازی، ۲ مولکول H₂S، ۲ مولکول SO₂ تولید می‌کند. واکنش شیمیایی احتراق هیدروژن سولفید مطابق رابطه ۲ است [۱۶]:



ضریب احتراق اکسید گوگرد در واکنش سوختن هیدروژن سولفید، نسبت وزن‌های مولکولی ۲ مولکول اکسید گوگرد به ۲ مولکول هیدروژن سولفید است (رابطه ۳).

$$CF_{H_2S \rightarrow SO_2} = \frac{2 \times MW(TSO_2)}{2 \times MW(TH_2S)} = \frac{64.0468}{34.08188} = 1.8792 \quad (3)$$

برای یافتن ضریب احتراق واکنش تولید اکسید گوگرد، در شرایطی که تنها هیدروژن سولفید تولید کننده اکسید گوگرد باشد، از رابطه ۴ استفاده شد:

$$CF(SO_2) = CF_{H_2S \rightarrow SO_2} \times \frac{Cwt(H_2S)}{100} = 1.8792 \times \frac{Cwt(H_2S)}{100} \quad (4)$$

در این مطالعه، به علت عدم نیاز و با توجه به فاز گازی سیال حاضر در واکنش احتراق مشعل، ضرایب احتراق مربوط به واکنش سوختن ترکیبات گوگردار مایع لحاظ نشده است. برای واکنش احتراق مخلوط گازی در مشعل، تنها ترکیب هیدروژن سولفید باعث تولید اکسید گوگرد می‌شود. رابطه ۵ ضریب انتشار این واکنش را نشان می‌دهد:

یکی از پرکاربردترین مدل‌های انتشار محسوب می‌شود که مدل‌های زیادی از جمله مدل AERMOD از توسعه این مدل ریاضی کد نویسی شده اند [۱۲]. در مدل گوس، معادله کلی برای برآورد غلظت آلاینده‌ها در پایین دست جریان از طریق روابط زیر ارائه شده است. رابطه ۱ برای تخمین غلظت آلاینده از یک منبع نقطه‌ای در سطح زمین و در حالت سه بعدی است [۱۲].

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2}\right)\right\} \quad (1)$$

در این رابطه برخی از مدل‌های توسعه یافته بر مبنای مدل گوس در جدول ۲ ذکر گردیده است [۱۳]:

جدول (۲) برخی مدل‌ها بر مبنای تئوری گوس [۱۳]

نام	اندازه شبکه	منبع انتشار	آلاینده ها
AERMOD	<۵۰ km	نقطه ای، خطی، حجمی	گازها و ذرات
UK-ADMS	<۵۰ km	نقطه ای، خطی، سطحی	گازها و ذرات
CULPUFF	<۲۰۰ km	نقطه ای، خطی، سطحی و حجمی	گازها و ذرات
CAR-FMI	<۱۰ km	خطی	CO, NO ₂ NO _x , NO

Table (2) Some models based on Gaussian theory [13]

مدل AERMOD یک مدل پلوم گوسی برای حالت پایدار و برای موارد نزدیک به سایت است که بر مبنای ساختار و مفاهیم تلاطم لایه مرزی سیاره‌ای استوار است. در این مدل منابع سطحی و مرتفع در نواحی مسطح یا دارای پستی و بلندی در نظر گرفته می‌شوند. این مدل قادر به شبیه سازی منابع چندگانه آلاینده از انواع مختلف نقطه‌ای، سطحی و حجمی است [۱۴]. شرایط اتمسفری به وسیله‌ی یک سری روابط سنجش تشابه و با استفاده از اندازه‌گیری سرعت باد سطحی، جهت باد و دما برای پیش‌بینی پروفیل‌های عمودی سرعت توصیف می‌شود. این مدل ته‌نشست تر گازها را در بر نمی‌گیرد و فقط رفتار ساده ته‌نشست خشک را با استفاده از

شکل (۲) گلباد منطقه جغرافیایی ابوذر

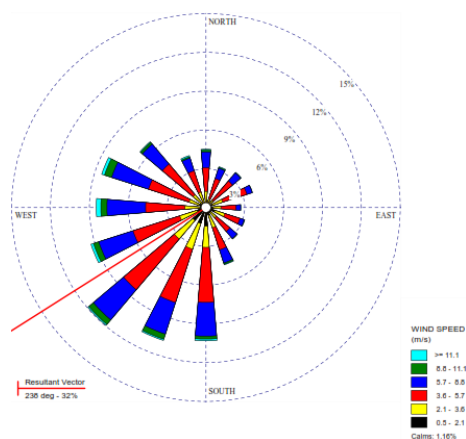


Figure 2. Wind Rose in the Aboozar region

خروجی دیگر این نرم افزار، نمودار مربوط به توزیع رده‌های پایداری است که بر اساس آن رده پایداری غالب در منطقه از نوع D بوده که به معنای رده پایداری خنثی است. بدان معنی که در غالب اوقات شرایط جوی خنثی در منطقه حکمفرما است. در این شرایط، شیب نرخ کاهش دمای بی درو^۴ با شیب نرخ کاهش دمای محیط^۵ تقریباً یکسان است. این شرایط به معنای پیروی ستون دود از حرکت مخروطی^۶ است. پس این نتیجه حاصل می‌شود که با توجه به شرایط هواشناسی منطقه، رفتار ستون دود غالباً از حرکت مخروطی پیروی کرده و در نتیجه استفاده از مدل AERMOD که از مدل گوس پیروی می‌نماید کاملاً منطقی است؛ چرا که مبنای مدل گوس بر اساس حرکت مخروطی آلاینده در هوا بنا شده است.

۲-۲-۳- ترکیبات گاز خروجی از مشعل

درصد جزئی ترکیبات، دبی جریان و شرایط گاز خروجی از ظروف تفکیک که به سمت مشعل هدایت می‌شود در جدول ۳ آمده است [۱۸]. لازم به گفتن است درصد جزئی ترکیبات و دبی گاز در فصول مختلف تغییر زیادی ندارد. اجزا ترکیبات گازی بر حسب درصدهای مولی جزئی (C_{mol}) از طریق کروماتوگرافی گاز تعیین شد. وزن نسبی (W_{tr})^۷ برای گاز

$$E(SO_2) = (CF_{H_2S \rightarrow SO_2} \times \frac{C_{wt}(H_2S)}{100} \times \frac{Eff_{H_2S \rightarrow SO_2}}{100}) + (\frac{C_{wt}(SO_2)}{100}) \quad (5)$$

با داشتن رابطه بالا و محاسبه ضریب احتراق در رابطه ۴ و با در نظر گرفتن ۹۸ درصد بازدهی واکنش احتراق مخلوط گاز در مشعل [۱۷] و برابری بازده واکنش برای سوختن تمامی اجزا مخلوط گازی تحت فرآیند احتراق اعم از هیدروژن سولفید، و همچنین با دانستن عدم وجود اکسید گوگرد در ترکیب اولیه مخلوط گازی و چشم‌پوشی از ۲ درصد هیدروژن سولفید نسوخته پس از واکنش، ضریب انتشار محاسباتی نهایی برای واکنش سوختن هیدروژن سولفید و تولید اکسید گوگرد به صورت رابطه ۶ است:

$$E(SO_2) = (1.8792 \times \frac{C_{wt}(H_2S)}{100} \times 0.98) = 1.841616 \times \frac{C_{wt}(H_2S)}{100} \quad (6)$$

۲-۲-۲- هواشناسی منطقه مورد مطالعه

مهمترین عوامل هواشناسی که بر انتشار و پراکندگی آلودگی و در نتیجه طراحی مدل‌ها موثر است شامل سرعت و سمت باد، آشفته‌گی جوی که با پایداری جوی و شیب عمودی دما و باد ارتباط دارد است. در این مطالعه تمامی داده‌های هواشناسی از طریق نرم افزار پیش پردازنده Rammet View مورد پردازش قرار گرفت. این نرم افزار دو دسته اطلاعات جامع نیاز دارد. گروه اول داده‌های ساعتی سطحی^۱ است که اطلاعات مربوط به سرعت باد، سمت باد، رطوبت نسبی، میزان بارش، تشعشع افقی، میزان پوشش ابر و فشار در ایستگاه اندازه‌گیری در این گروه قرار می‌گیرند. این داده‌ها به صورت ۲۴ ساعته و برای یک بازه زمانی یک ساله وارد نرم افزار شد. گروه دوم، اطلاعات مربوط به ارتفاع اختلاط^۲ است. نرم افزار این قابلیت را دارد که با گرفتن اطلاعات ساعتی سطحی، میزان ارتفاع اختلاط را محاسبه نماید. پس از اجرا کردن نرم افزار پیش پردازنده هواشناسی، می‌توان از طریق نرم افزار WRPLOT View، گلباد^۳ را ترسیم نمود. شکل ۲ گلباد مربوط به منطقه جغرافیایی مجتمع نفت و گاز ابوذر را نشان می‌دهد.

4 Dry Adiabatic laps Rate
5 Ambient Air laps Rate
6 Coning
7 Relative Weight

1 Hourly Surface Data
2 Mixing Height Data
3 Wind Rose

جدول ۴ دبی روزانه گاز تفکیک شده از ظروف که به سمت مشعل هدایت می شود را برای هر سکوی بهره برداری بر حسب میلیون فوت مکعب، نشان می دهد. این مقادیر در این مطالعه بر اساس آمار سالانه ۱۳۹۱ مجتمع نفت و گاز ابوذر ارائه شده است [۹].

جدول (۴) حجم استاندارد و جرم گاز تفکیک شده، برای سوزاندن در مشعل سکوی ابوذر (AB) [۹]

۳۶/۴	حجم گاز تفکیک شده (MMSCF/day) V _{std}
۱۲/۰۵	حجم گاز تفکیک شده (m ³ /s) V _{std}
۱/۰۲۷	دانشیه استاندارد ρ _{std} (Kg. m ⁻³)
۱۲/۳۷	جرم گاز تفکیک شده (Kg/s) M _{tot}

Table (4) Standard volume and mass of the gas separation to burn in Aboozar platform flare (AB)

با توجه به اینکه در ترکیبات جزئی ترکیب گازی، تنها هیدروژن سولفید منبع گوگرد است، در نتیجه تنها احتراق این قسمت از گاز می تواند منجر به تولید اکسیدهای گوگرد شود. برای این منظور با داشتن ضریب انتشار دی اکسید گوگرد، میزان دبی جرمی دی اکسید گوگرد محاسبه و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول (۵) دبی جرمی آلاینده دی اکسید گوگرد منتشر شده پس از فرایند احتراق در مشعل سکوی ابوذر (AB)

۵/۱۴	درصد جزئی وزنی H ₂ S C _{w(H2S)}
۰/۰۹۴	ضریب انتشار SO ₂ E(SO ₂)
۱۲/۳۷	جرم گاز تفکیک شده (Kg/s) M _{tot}
۱/۱۶۲	دبی جرمی SO ₂ منتشره (Kg/s) M _{com(H2S->SO2)}

Table (5) Mass flow of pollutants sulfur dioxide released after the combustion process in the Aboozar platform flare (AB)

۲-۲-۴- مشخصات هندسه مشعل

مشخصات مربوط به مشعل و برخی پارامترهای فرایندی به عنوان هندسه منبع آلاینده، در جدول ۶ ارائه شده است [۹]. لازم به گفتن است که منظور از ارتفاع پایه مشعل در این جدول، ارتفاع طبقه زیرین^۹ از سطح دریا است که مشعل روی آن سازه مستقر شده است. با داشتن مساحت دهانه و دبی

حاصل از انتشار(i)، از طریق درصد جزئی مولی و وزن مولکولی آن، مطابق معادله ۷ قابل محاسبه است.

$$Wtr(i) = Cmol(i)/100 \times MWT(i) \quad (7)$$

وزن مولکولی میانگین ترکیب (MWT_{ave}) از حاصل جمع تمامی وزن های نسبی مطابق معادله ۸ محاسبه می شود.

$$MWT_{ave} = \sum_i Wtr(i) \quad (8)$$

پس از یافتن وزن مولکولی میانگین ترکیب، با استفاده از رابطه ۸، در نهایت درصد جزئی وزنی (C_w[^]) به وسیله معادله ۹ محاسبه می شود.

$$C_{wt}(i) = Wtr(i)/MWT_{ave} \times 100 \quad (9)$$

جدول (۳) ترکیبات گاز همراه با نفت تفکیک شده از ظروف، در سکوی بهره برداری ابوذر (AB)

مولکول	وزن مولکولی (gr)	درصد مولی جزئی (C _{mol})	وزن نسبی (W _T) (gr)	درصد جزئی وزنی (C _w)
N ₂	۲۸/۰۱۳۴	۰/۷۹	۰/۲۲	۰/۹
CO ₂	۴۴/۰۰۹۸	۳/۴۸	۱/۵۳	۶/۲۹
H ₂ S	۳۴/۰۸۱	۳/۶۷	۱/۲۵	۵/۱۴
CH ₄	۱۶/۰۴۲	۶۴/۴۹	۱۰/۳۴	۴۲/۵۶
C ₂ H ₆	۳۰/۰۶۹	۱۵/۰۶	۴/۵۲	۱۸/۶
C ₃ H ₈	۴۴/۰۹۶	۷/۹۲	۳/۴۹	۱۴/۳۶
C ₄ H ₁₀	۵۸/۱۲۲	۳/۱۳	۱/۸۱	۷/۴۵
C ₅ H ₁₂	۷۲/۱۴۹	۰/۹۶	۰/۶۹	۲/۸
C ₆ H ₁₄	۸۶/۱۷۶	۰/۳۶	۰/۳۱	۱/۲۷
C ₇ H ₁₆	۱۰۰/۲۰۳	۰/۱۰	۰/۱	۰/۴۱
C ₈ H ₁₈	۱۱۴/۲۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۸
C ₉ H ₂₀	۱۲۸/۲۵۶	۰	۰	۰
C ₆ H ₆	۷۸/۱۱۳	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۶
C ₇ H ₈	۹۲/۱۴۰	۰	۰	۰
مجموع	---	۱۰۰	۲۴/۲۹	۱۰۰

Table (3) Gas compounds along with the oil separated from the containers in the Aboozar operation platform (AB)

همراه درصد جزئی وزنی آنها، محاسبه گرمای آزاد شده ناشی از احتراق در مشعل‌های سکوی بهره‌برداری محاسبه شد.

۲-۲-۶- ارتفاع موثر شعله

یکی از مسائل بسیار مهم برای پیشبرد شبیه‌سازی در بررسی پراکنش از مشعل، ارتفاع موثر مشعل است. بدین منظور محاسبه طول شعله و سپس ارتفاع شعله ضروری است. این بدان معنی است که ارتفاع موثر شعله، حاصل جمع ارتفاع فیزیکی مشعل از سطح دریا و ارتفاع شعله است. شکل ۳ مفاهیم مورد نظر را به صورت شماتیک نمایش می‌دهد. در نتیجه برای محاسبه ارتفاع موثر مشعل برای ورودی نرم افزار، محاسبه برخی دیگر پارامترهای مرتبط لازم است.

جدول (۸) مقادیر ارزش حرارتی برای اجزاء گاز سوزانده شده به همراه

مقادیر گرمای آزاد شده ناشی از احتراق در مشعل

مولکول	ارزش حرارتی (qi) MJ/kg	درصد جزئی وزنی (Ci)	ارزش حرارتی جز i $C_i \times q_i$
N ₂	۰	۰/۹	۰
CO ₂	۰	۶/۲۹	۰
H ₂ S	۱۴۲/۱	۵/۱۴	۷/۳۹
CH ₄	۵۵/۵۳	۴۲/۵۶	۲۳/۶۳
C ₂ H ₆	۵۱/۹۱	۱۸/۶	۹/۶۵
C ₃ H ₈	۵۰/۳۸	۱۴/۳۶	۷/۲۳
C ₄ H ₁₀	۴۹/۵	۷/۴۵	۳/۷
C ₅ H ₁₂	۴۸/۸۵	۲/۸	۱/۳۶
C ₆ H ₁₄	۴۸/۷	۱/۲۷	۰/۶۱
C ₇ H ₁₆	۴۸/۰۷	۰/۴۱	۰/۲
C ₈ H ₁₈	۴۷/۷۷	۰/۰۸	۰/۰۴
مجموع $(\sum C_i q_i)$			۵۳/۷۳
دبی جرمی گاز سوزانده شده (W) kg/hr			۴۴۵۳۲
گرمای آزاد شده KW(Q)			۶۶۴۶۴۰

Table (8) The amount of burned gas heating value components, along with some heat released from combustion in flare

حجمی گاز تفکیک شده ورودی به هر مشعل، سرعت خروج گاز با تقسیم دبی حجمی بر مساحت دهنه مشعل قابل محاسبه بوده که نتایج آن در جدول ۷ آمده است.

جدول (۶) مشخصات مشعل سکوی ابوذر (AB)

ارتفاع مشعل (m)	۲۵/۷۷
ارتفاع پایه مشعل (m)	۱۰/۷۱
شعاع مشعل (m)	۰/۵۰۳۵
مساحت دهنه مشعل (m ²)	۰/۷۹
فشار گاز در نوک فلر (KPa)	۱۰۱/۳۲
درجه حرارت گاز ورودی به فلر (K)	۲۸۸/۱۵
درجه حرارت گاز خروجی از فلر (K)	۱۲۹۳

Table (6) Specifications of Aboozr platform flare (AB)

جدول (۷) سرعت خروج گاز و دبی جرمی در مشعل سکوی بهره‌برداری

ابوذر (AB)

جرم گاز تفکیک شده (kg/hr)	۴۴۵۳۲
حجم گاز تفکیک شده (m ³ /s)	۱۲/۰۵
سرعت خروج گاز (m/s)	۱۵/۲۵

Table (7) Flare gas exit velocity and mass flow in the Aboozar operating platform (AB)

۲-۲-۵- ارزش حرارتی برای اجزاء گاز سوزانده شده

برای گازهایی با اجزاء مشخص و معلوم، گرمای آزاد شده از فرایند احتراق در نوک فلر، از رابطه ۱۰ پیروی می‌نماید [۱۹]:

$$Q = (W / 3.6) \times \sum C_i q_i \quad (10)$$

در این رابطه:

Q = گرمای آزاد شده ناشی از فرایند احتراق بر حسب KW.

W = دبی جرمی گاز سوزانده شده بر حسب kg/hr.

C_i = درصد جزئی وزنی مربوط به جزء i بدون بعد و

q_i = ارزش حرارتی جزء i بر حسب MJ/kg می‌باشد.

اگر ترکیب گاز سوزانده شده مشخص نباشد، در رابطه بالا

مقدار ارزش حرارتی را معادل ۵۰ MJ/kg در نظر می‌گیریم.

مقادیر ارزش حرارتی گازهای مختلف در جدول ۸ ارائه شده

است. با داشتن مقادیر مربوط به ارزش حرارتی اجزاء به

U_x = سرعت باد بر حسب m/s و

U_j = سرعت خروج گاز از فلر بر حسب m/s است.

خلاصه اطلاعات مربوط به طول و ارتفاع شعله که به وسیله روابط ۱۱ الی ۱۳ محاسبه شد، در جدول ۹ ارائه شده است.

۲-۲-۷- مشخصات مکانی مدل

بر مبنای دستورالعمل تراکم جمعیت متعلق به سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای تعیین کاربرد زمین، اگر تراکم جمعیت در محدوده مورد مطالعه بیش از ۷۵۰ نفر بر کیلومتر مربع باشد، منطقه به عنوان منطقه شهری محسوب می شود [۲۰]. از آنجا که تعداد کل افراد شاغل در مجتمع نفت و گاز ابوذر حدود ۲۰۰ نفر در منطقه ای به وسعت ۷۰ کیلومتر مربع است، پس منطقه مورد مطالعه در دسته بندی کاربری زمین به عنوان منطقه روستایی^{۱۱} طبقه بندی می شود. همچنین با توجه به اینکه مطالعه روی سکوهای دریایی صورت می پذیرد، نوع زمین صاف و ساده^{۱۱} لحاظ می شود و هیچ گونه پستی و بلندی وجود ندارد. همچنین با توجه به اهمیت ارتفاع سازه ها در مجتمع، باید اطلاعات مربوط به مکان جغرافیایی و مشخصات سازه ای مربوط به هر سکو دقیقاً در نرم افزار وارد شود.

جدول (۹) طول شعله و ارتفاع شعله در مشعل سکی بهره برداری ابوذر

۶۶۴۶۴۰	گرمای آزاد شده (Q) kw
۴۹/۴	طول شعله (L _{flame}) m
۱۵/۲۵	سرعت خروج گاز (U _j) m/s
۰/۳۳	ضریب سرعت (U)
۱۰/۵۸	ارتفاع شعله (Δy) m
۳۶/۳۵	ارتفاع موثر فلر (H _{eff}) m

Table (9) Length and height of the flame in the Aboozar operation platform flare

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پراکنش آلاینده SO₂ برای یک مشعل

گراف های کانتور، خروجی از نرم افزار AERMOD View که نتیجه مدل سازی پراکنش SO₂ از مشعل سکوی بهره برداری نفت و گاز ابوذر است، در شکل ۴ ارائه شده است. خروجی

شکل (۳) نمایش شماتیک ارتفاع موثر، طول شعله و ارتفاع شعله بر روی

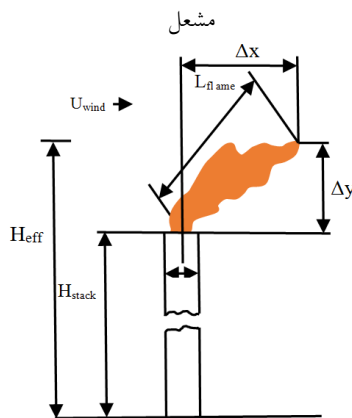


Figure 3. Schematic representation of the effective height, length and height of the flame top of the flare

برای محاسبه ارتفاع موثر مشعل، باید در ابتدا طول شعله مشعل از طریق رابطه ۱۱ محاسبه شود [۱۹]:

$$L_{flame} = \exp\{0.4562 \times \ln(Q)\} - 5.3603 \quad (11)$$

در این رابطه:

Q = گرمای آزاد شده ناشی از فرایند احتراق بر حسب W

L_{flame} = طول شعله ی مشعل بر حسب متر می باشد.

با استفاده از رابطه ۱۱ و داشتن مقادیر گرمای آزاد شده حاصل از جدول ۸، می توان طول شعله را برای هر مشعل محاسبه نمود. در صورت عدم وجود باد، طول شعله و ارتفاع شعله مشعل یکسان خواهد بود. اما در صورت وجود باد، متناسب با سرعت باد، شعله خمیده خواهد شد و ارتفاع شعله کاهش خواهد داشت. پس برای یافتن ارتفاع موثر مشعل، ارتفاع شعله را با لحاظ نمودن سرعت متوسط باد در منطقه جغرافیایی ابوذر محاسبه شد. طبق گلباد منطقه ابوذر که پیشتر ارائه شد، سرعت متوسط یکساله معادل ۴/۹۳ m/s است. درجه خمیدگی شعله متناسب با نسبت سرعت باد و سرعت خروج گاز خواهد بود. از روابط ۱۲ و ۱۳ می توان ارتفاع شعله را محاسبه نمود [۱۷]:

$$\Delta y = L_{flame} \times \left[-0.0392 + \left(\frac{0.1267}{U^{0.5}} \right) + \left(\frac{0.0178}{U} \right) - \left(\frac{0.003}{U^{1.5}} \right) \right] \quad (12)$$

$$U = \frac{U_x}{U_j} \quad (13)$$

در روابط بالا:

Δy = ارتفاع شعله یا طول عمودی شعله بر حسب m،

U = ضریب سرعت ،

سکوهای مختلف بهره‌برداری و سرچاهی نشان می‌دهد. در این جدول محدوده غلظت آلاینده‌ی تخمین زده شده با استفاده از مدل AERMOD و مقدار میانگین آن را نشان می‌دهد.

شکل (۵) توزیع آلاینده دی‌اکسید گوگرد ناشی از مشعل‌های سکوهای بهره‌برداری مجتمع نفت و گاز ابوزر به صورت تجمعی

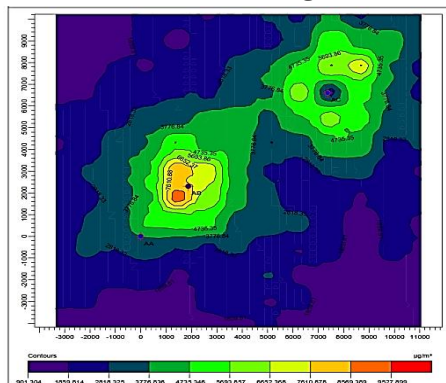


Figure5. Cumulative distribution of SO₂ emissions from the Aboozar oil and gas complex operation platforms flares

جدول (۱۰) محدوده‌ی غلظت تخمینی و مقدار میانگین دی‌اکسید گوگرد در سکوهای بهره‌برداری و سرچاهی مجتمع با مدل AERMOD

مقدار میانگین دی اکسید گوگرد (µg/m ³)	مختصات (X,y) (km)		سکو
۳۲۹۷	۰	۰	AA
۸۰۸۹	۲/۳۰۳۶۲	۱/۸۷۵۴۴	AB
۲۳۳۸	۶/۶۰۳۷	۷/۳۶۷۸۲	AC
۳۲۹۷	۰/۵۴۵۵۶	۰/۲۸۶۸	A10
۹۰۴۸	۱/۹۰۵۲۸	۱/۷۱۲۶۵	A11
۶۱۷۲	۶/۰۵۰۸۳	۶/۹۶۵۹۳	A12
۴۲۵۵	۰/۹۲۱۷۸	۳/۵۰۰۲۲	A13
۴۲۵۵	۳/۷۷۹۰۷	۷/۹۴۵۵۸	A14

Table (10) Estimated average value of the sulfur dioxide concentration in operation and wellhead platforms complex by AERMOD

همان‌گونه که در شکل‌های ۴ و ۵ ملاحظه می‌شود، مکان رخداد بیشینه آلاینده دور از منبع به وقوع می‌پیوندد که با اصول تئوری علمی هماهنگی دارد. این موضوع به علت ارتفاع زیاد مشعل و شعله قابل پیش‌بینی بود. همچنین در فواصل دور از مشعل، غلظت آلاینده رو به کاهش می‌گذارد. در مدل‌سازی مشعل سکوی بهره‌برداری AB، نشست آلاینده

نرم‌افزار پس از ورود تمامی داده‌های لازم فرایندی و فیزیکی مربوط به مشعل سکوی بهره‌برداری AB و همچنین تعیین محدوده مدل شده (مساحتی با ابعاد ۱۲×۱۲ کیلومتر از میدان ابوزر) حاصل شد. گراف کانتور خروجی به صورت دو بعدی ترسیم و غلظت‌های مختلف آلاینده بر حسب میکروگرم بر متر مکعب را در فواصل مختلف از منبع انتشار نشان می‌دهد. در این نمودار، محور افقی و عمودی فاصله از مبدا مختصات (سکو AA) بر حسب متر می‌باشد. در هر مختصات، می‌توان غلظت آلاینده را با رجوع به شاخص رنگ بندی در پایین نمودار، بر حسب میکروگرم بر متر مکعب یافت.

شکل (۴) توزیع غلظت SO₂ ناشی از احتراق مشعل سکوی بهره‌برداری ابوزر

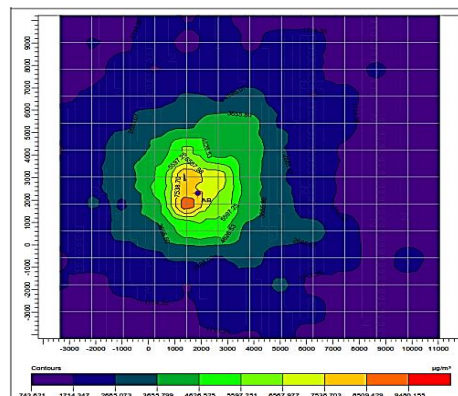


Figure 4. SO₂ concentration distribution resulting from the flare combustion in Aboozar operation platform

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود بیشینه غلظت دی اکسید گوگرد به میزان ۸۵۰۹/۴۲ µg/m³ است که در مختصات (۱۴۴۹/۲۲ و ۱۸۲۳/۶۱) حاصل شده است. این مکان نسبت به مبدا مختصات، یعنی سکوی بهره‌برداری AA محاسبه و در فاصله حدود ۸۵۰ متری از فلر سکوی بهره‌برداری AB و حدود ۲۳۰۰ متری از سکوی بهره‌برداری AA قرار دارد.

۲-۳- پراکنش تجمعی آلاینده SO₂ برای سه مشعل شکل ۵ وضعیت کیفی انتشار SO₂ با در نظر گرفتن اثر تجمعی منابع آلاینده را نشان می‌دهد. این وضعیت، حالت واقعی کیفی هوای منطقه است که در آن هر سه مشعل موجود در منطقه به عنوان یک منبع آلاینده گروهی در نظر گرفته می‌شود. جدول ۱۰ مقادیر غلظت آلاینده دی اکسید گوگرد را در

مقایسه شده است. شایان گفتن است که نتایج خروجی مدل با اندازه گیری های میدانی ضریب همبستگی در حدود ۰/۹۷ را نشان می دهد.

جدول (۱۱) مقایسه غلظت های تخمینی حاصل از مدل SCREEN3 نسبت به مدل AERMOD

غلظت SO ₂ (µg/m ³)			سکوی بهره برداری
اندازه گیری محیطی	SCREEN3	AERMOD	
۳۱۲۰	۳۲۴۵	۲۶۸۵	AA
۶۱۰۰	۴۷۴۳	۶۵۶۷	AB
۲۲۱۰	۲۰۸۴	۱۷۱۴	AC
-	۲۸۳۰	۲۶۸۵	A9
-	۳۲۷۳	۲۶۸۵	A10
-	۴۶۷۳	۶۵۶۷	A11
-	۲۰۲۵	۱۷۱۴	A12
-	۲۱۱۰	۱۷۱۴	A14

Table (11) Compare the estimated concentration between SCREEN3 and AERMOD models

ضریب همبستگی از مقادیر تخمینی از دو مدل در جدول ۱۱، ۰/۹۲ محاسبه شد.

۴- نتیجه گیری

با توجه به مطالب گفته شده نتایج این پژوهش را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- مدل AERMOD، بیشینه غلظت دی اکسید گوگرد را ۸۵۰۹/۴۲ µg/m³ در فاصله حدود ۸۰۰ متری از مشعل سکوی بهره برداری AB تعیین نمود. از طرفی بر طبق گزارش های سازمان بهداشت صنعتی دولتی آمریکا (ACGIH^{۱۲})، که برای کارگاه ها و مناطق صنعتی منتشر شده است، بیشینه آستانه قابل قبول پرسنل در معرض دی اکسید گوگرد برای ۱ ساعت مواجهه، ۹۰۰ µg/m³ است. در نتیجه، غلظت های تخمینی در این مطالعه، از حدود استاندارد، بسیار فراتر بوده و نیاز به کنترل دارد.

به سمت شمال شرقی واقعی، متمایل شده است. این موضوع به علت جهت باد غالب است که بیشتر از سمت جنوب غربی به سمت شمال شرقی می وزد که این موضوع در گلباد منطقه نمایش داده شده بود. در نقشه های کانطور، در پای منبع آلاینده غلظت های بسیار کم آلاینده تخمین زده شده است. در صورتی که طبق روابط گوس، نباید هیچ مقدار آلاینده در نقطه (۰،۰،۰) وجود داشته باشد. این موضوع در واقعیت کمی متفاوت است. در فصل تابستان، سرعت باد نزدیک به صفر بوده و با توجه به تابش شدید خورشید، شرایط جوی پایدار است. در این شرایط، شعله کاملا مستقیم بوده و توده دود صعود می نماید. از طرفی به علت درجه حرارت بالای محیط، این صعود مداوم نبوده و پس از مدتی، آلاینده نشست می نماید.

شکل (۶) غلظت SO₂ ناشی از مشعل سکوی AB تا شعاع ۱۰ کیلومتری (خروجی نرم افزار SCREEN3 View)

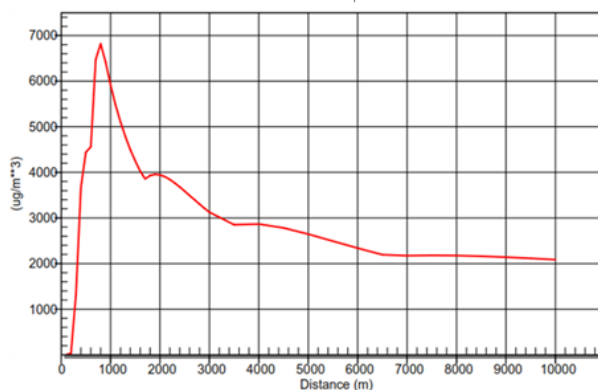


Figure 6. SO₂ concentrations emission of AB flare in radius of 10 km (output of SCREEN3 View software)

۳-۳- اعتبار سنجی مدل

نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل به وسیله شبیه سازی دوباره مشعل به وسیله مدل SCREEN3 حاصل شد. از آنجا که مدل SCREEN3 برای منابع منفرد استفاده می شود، در نتیجه نتایج حاصل از خروجی های نرم افزار AERMOD View برای شبیه سازی انتشار از مشعل سکوی نفت و گاز ابوذر- AB با نتایج حاصل از نرم افزار SCREEN3 View، مقایسه شد. در شکل ۶ گراف خروجی نرم افزار SCREEN3 View جهت مشعل سکوی ابوذر (AB) نشان داده شده است.

در جدول ۱۱ نتایج هر دو مدل، در ۳ سکوی بهره برداری و ۵ سکوی سرچاهی همراه با اندازه گیری محلی با یکدیگر

۷- عباسپور؛ مجید؛ عتابی؛ فریده؛ کرباسی؛ عبدالرضا؛ حاجی سید میرزا حسینی؛ علیرضا "مدل سازی انتشار ذرات معلق با استفاده از ADMS-URBAN"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۱، بهار ۸۶، صفحات ۴ الی ۱۲.

8- Jaderi, F. "Simulation of amirkabir petrochemical complex SOx emissions and investigation of air quality in Mahshahr city", 2nd. International Conference on HSE (Health, Safety, Environment). Tehran, 2009.

۹- پرونده راهبری فرایند در مجتمع نفت و گاز ابوزر، جلد اول، KHG2-06-PR-MA-001، ۱۳۸۸.

10- Zanneti, P., "Air Pollution Modeling", McGraw-Hill Inc, USA, 1999.

11- Master, G., "Introduction to Environmental Engineering and Science", Prentice-Hall International, USA, 2002.

۱۲- غیاث الدین؛ منصور؛ "آلودگی هوا، منابع، اثرات و کنترل"، مرکز توسعه فن آوری نیرو، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۳۸۵، شابک: ۹۶۴-۰۳-۵۳۲۸-۰.

۱۳- عباسپور، مجید؛ عتابی، فریده. "مدل سازی انتشار ذرات معلق با استفاده از ADMS-URBAN"، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۲(۱)، ۱۲-۲۹، ۱۳۸۶.

14- U.S. EPA, "AERMOD: Description of Model Formulation", Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina, 2004.

15- U. S. Environmental Protection Agency, Guidelines on Air Quality Models (Revised) and Supplement A. EPA-450/2-78-027R., Research Triangle Park, NC, 2007.

16- Oil & Gas UK, the voice of the offshore industry, Department of energy and climate change, "Environmental Emission Monitoring System-Atmospheric Emissions Calculations", Issue 1.810a, Version 1.10, 2008.

17- MacDonald R.J, "Industrial Flare Efficiency", University of Waterloo, Report prepared for the Industrial Program Branch, Environment Canada, 2011.

۱۸- شرکت ملی نفت ایران، شرکت نفت فلات قاره، میدان ابوزر، پرونده تشریح فرایند: FGA-12873، ۱۳۸۰.

19- American Petroleum Institute, RP 521, "Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems", fourth edition, Washington, DC, 1999.

20- Gimson, N., Olivares, G., Khan, B., Zavar-Reza, P., "Dispersion Modelling in New Zealand", Part1-Assessment Of Meteorological Models, FRST program Protecting New Zealand's Clean Air, 2007.

۲- در سکوی سرچاهی A17 غلظت آلاینده در محدوده ی $7610-8509 \mu\text{g}/\text{m}^3$ تخمین زده شده است. این درحالی است که به احتمال فراوان دکل های حفاری موجود در منطقه، بر روی این سکوهای سرچاهی مستقر می شود.

۳- آلاینده دی اکسید گوگرد ناشی از پراکنش مشعل های مجتمع نفت و گاز ابوزر، در محدوده ی ۱۰۰ کیلومتر مربعی، تمام سکوها را متاثر می نمایند به گونه ای که غلظت این آلاینده در محدوده $901-9521 \mu\text{g}/\text{m}^3$ متغیر است؛ که حتی میزان حداقلی نیز از استاندارد وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی فراتر است. با توجه به مقادیر تخمین زده شده، می توان نتیجه گرفت که در تمام سکوهای بهره برداری و سرچاهی مجتمع نفت و گاز ابوزر وضعیت کیفی هوا بسیار نگران کننده و در سکوی بهره برداری AB، وضعیت بحرانی است.

۴- نتایج حاصل از مدل سازی با توجه به اعتبارسنجی صورت پذیرفته با مدل Screen 3 ضریب همبستگی $0/92$ و با داده های اندازه گیری میدانی ضریب همبستگی $0/97$ را نشان داد.

۵- بهترین راه کار برای کاهش انتشارات عمده در نتیجه مشعل سوزی، کاهش جریان ورودی به فلر برای سوختن است، در شرایطی که میزان تخلیه مستقیم گاز افزایش نیابد.

References

۶- مراجع

- 1- International Association of Oil and Gas Producers, "Flaring and Venting in the Oil and Gas Exploration and Production Industry, An overview of purpose, quantities, issues, practices and trends", Report No. 2.79/288, 2000.
- 2- Srinivasa, R., Murali, K., "Environment Management: Particulate Matter from Refinery Flares and Health Effects of Soot", International Journal of Information technology and Business Management, 6(4): 4-6, 2012.
- ۳- شاهینی؛ محمد؛ "مدیریت گاز های فلر"، انتشارات اتحاد-جهان نو، چاپ دوم، ۱۳۸۹، شابک: ۹۶۴-۸۷۸۳-۳۸-۴.
- 4- WHO, "Air Quality Guideline for Europe", World Health Organization Regional Publication Series 23, 1997.
- 5- Venkatram, A., "Validation of Concentrations Estimated from Air Dispersion Modelling for Source-Receptor Distances of Less than 100 meters", California Air Resources Board, Research Division, 2003.
- 6- USEPA, "Modelling Sulfur Oxides (SO2 NOTICE) Emissions Transport from Ships at Sea", Atmospheric & Environmental Research Inc, EPA Contract No.GS-100615P, Washington DC, 2007

SO₂ dispersion mathematical simulation of flare combustion, case study: Aboozar oil and gas platform in Kharg Island

G. Asadollahfardi¹, M. Delnavaz^{2*}, A. Khajoo'e³

1- Associate Prof, Department of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran.

2- Assistant Prof, Department of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran.

3- M.Sc. of Environmental Engineering, Department of Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran.

delnavaz@khu.ac.ir

Abstract:

Aboozar oil field is located around 75 km south west of Kharg Island, in Bushehr state, southern part of Iran. Aboozar oil and gas complex contains 3 production platforms: Aboozar-A (AA), Aboozar-B (AB) and Aboozar-C (AC). Each of them includes some oil and gas wells which feed the process facilities and in addition each one comprises separate flare system in which separated gas is flared over there. Aboozar field offshore process is limited to oil and gas separation, and the produced gas from the separators is disposed in a common flare system in which more than 36 million standard cubic feet gas mixture are daily being flared. Flaring is the common practice of burning off unwanted, flammable gases via combustion in an open-atmosphere, non-premixed flame. This gas may be deemed uneconomic to process (i.e. if it is far from a gas pipeline or if it is 'sour' and contains trace amounts of toxic H₂S) or it may occur due to leakages, purges, or an emergency release of gas in a facility. The flaring process can produce different pollutants such as SO₂ as an index pollutant which has a substantial role in the environment and human health. SO₂ is one the most major pollutants emitted from production platform flares due to gas mixture combustion. This pollutant concentration depends on the composition of gas sent to the flare combustion chamber and also flare combustion efficiency. To specify prevention and mitigation measures, it is needed to know about air pollutants concentration. In highly polluted places, to monitor amount of each pollutant all over the region, we should always measure concentration of pollutant by pollutant emission modeling from the source not to need costly routinely measurement by some special devices. Nowadays, air pollution models are routinely used in environmental impact assessments, risk analysis and emergency planning, and source apportionment studies. A dispersion model is essentially a computational procedure for predicting concentrations downwind of a pollutant source, based on knowledge of the emissions characteristics. These models is based on mathematical calculation and used to estimate pollutants concentration. As the project target, flare modeling as a point source to investigate its concentration around the platforms to understand whether the concentration of pollutant is more than the standard limit value or not was considered. In this project, we have simulated SO₂ emission by means of an advanced model based upon the Gaussian model, and we tried to find out SO₂ dispersion pathway after flame. In this study, Aboozar production platform flare SO₂ dispersion has been simulated by means of AERMOD View software and its concentration was determined. Flare flame length and height was determined, using flare flame net heat release value, to achieve flare effective height. In addition, meteorological data was pre-processed in Rammet View Software to input in main software. Final results showed that SO₂ estimated concentration is being exceeded from threshold limit value all over the complex in all living quarters and production and wellhead platforms based upon the American Conference of Governmental Industrial Hygienists standard. The most SO₂ Concentration was determined in 800 km far away of AB platform. Relation coefficient between model and Field measurements was calculated equal to 0.97

Keyword: SO₂, Aboozar Platform, Air pollution, Flare, AERMOD model