Journal of Health in the Field, Vol.6, No.3, Autumn 2018 Research Article

Modeling the consequences and analyzing the dangers of carbon disulfide emissions using ALOHA software in an oil refinery

Reza pourbabaki[1], Ali karimi[2*], Saeid Yazdanirad[3]

1- MsC student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3- PhD student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Aims: The leakage of hazardous materials in industries threatens the workers and residents around these industries and also severely damages the environment. This study thus aimed to predict the emissions and the probable effects of carbon disulfide using ALOHA software in order to performing the appropriate safety measures and consequently to reduce the adverse effects.

Materials and Methods: The results of HAZOP studies were used to identify the hazards in one of the refinery units. The plausible worst scenario was also chosen. ALOHA software was then used to model the probable scenarios of carbon disulfide emissions from the tank. All stages of this research were conducted ethically.

Results: Based on the results obtained, the concentration of carbon disulfide reaching to the control room would be fatal in the event of an incident. This result is supported by carbon disulfide concentrations of 480 ppm in an area of up to 600 meters around the tank, which is in the range of AGEL-3. In the event of full leakage, the concentration of carbon disulfide would be 7800 ppm 150 m around the tank, which is about 60% of the minimum flammable concentration of this gas. The explosion wave pressure in a distance of up to 190 m around the tank is anticipated to be about 3 psi, which may cause serious injuries to workers.

Conclusion: The consequences of carbon disulfide toxicity in the studied refinery are one of the most serious threats to the personnel. Therefore, preparing a reaction plan for emergency conditions will have an effective role in limiting the harmful effects of the toxic and dangerous materials emissions.

Keywords: consequence modeling, refinery, ALOHA software, carbon disulfide

Please Cite this article as: Pourbabaki R, Karimi A, Yazdanirad S. Modeling the consequences and analyzing the dangers of carbon disulfide emissions using ALOHA software in an oil refinery. Journal of Health in the field. 2018;6(3):1-9.

***Corresponding Author:** Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Email: a_karimi@sina.tums.ac.ir

DOI: https://doi.org/10.22037/jhf.v6i3. 22012

Received: 4. Jul. 2018
Accepted: 5. Jan. 2019

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

مقاله پژوهشی

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده بهداشت و ایمنی
دوره۶ شماره۳، پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۱ تا ۹

مدل سازی پیامد و تحلیل خطرات ناشی از انتشار کربن دی سولفید با استفاده از نرم افزار AHOLA در یک پالایشگاه نفتی

رضا پوربابکی[۱]، علی کریمی[۲*]، سعید یزدانی راد[۳]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران
۳- دانشجوی دکترای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: نشت مواد خطرناک در صنایع همواره یکی از عوامل تهدید کننده افراد شاغل و ساکنین اطراف این صنایع و آسیب به محیط زیست می‌باشد. به همین دلیل این مطالعه با هدف پیش بینی پیامدهای احتمالی کربن دی سولفید، توسط نرم افزار ALOHA به منظور انجام اقدامات ایمنی مناسب، جهت کاهش پیامدها انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این بررسی در ابتدا از نتایج مطالعات HAZOP استفاده شد و بدترین سناریوی ممکن انتخاب گردید. سپس نرم افزار ALOHA جهت مدلسازی سناریوهای احتمالی انتشار کربن دی سولفید از مخزن، مورد استفاده قرار گرفت و در طی انجام این مطالعه کلیه موازین اخلاقی رعایت و مجوزهای مربوطه دریافت گردید.

یافته‌ها: براساس یافته‌ها، در صورت وقوع حادثه، غلظتی از کربن دی سولفید که به اتاق کنترل می‌رسد، کشنده می‌باشد؛ زیرا تا حدود ۶۰۰ متر اطراف مخزن غلظت گاز کربن دی سولفید ۴۸۰ ppm است که در محدوده AGEL-3 است. در صورت نشت کامل تا فاصله ۱۵۰ متری مخزن، غلظت کربن دی سولفید به ۷۸۰۰ ppm می‌رسد که حدود ۶۰ درصد حداقل غلظت قابل اشتعال این گاز است. فشار موج انفجار تا فاصله ۱۹۰ متری مخزن حدود ۳ psi می‌باشد که ممکن است باعث صدمات جدی به افراد شود.

نتیجه‌گیری: عواقب ناشی از سمیت دی سولفید کربن در این پالایشگاه یکی از جدی‌ترین خطراتی است که پرسنل را تهدید می‌کند. بنابراین تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری نقش مؤثری در محدود نمودن اثرات زیان بار انتشار مواد سمی خواهد داشت.

کلید واژه‌ها: مدل سازی پیامد، پالایشگاه، نرم افزار ALOHA، کربن دی سولفید

***نویسنده مسئول:** ایران، تهران، بلوار کشاورز، خیابان قدس، خیابان پور سینا، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی تهران، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای

Email: a_karimi@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۴/۱۳
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۱۰/۱۵

مقدمه

وقوع حوادث فاجعه باری همچون انفجار مخزن گاز مایع در یکی از واحدهای نفتی مکزیک، آتش سوزی و انفجار مخازن ذخیره نفت در انگلستان، همچنین انفجار مخزن پالایش نفت در پورتوریکو باعث بوجود آمدن عواقب فاجعه باری شده‌اند [۲،۱]. در صنایع ممکن است ماده‌ای از یک واحد فرایندی رها شده، در هوا منتشر شود و چنان خطری ایجاد کند که ایمنی کارکنان و حتی افرادی که در فاصله زیادی از تاسیسات فرایندی هستند را در معرض خطر قرار دهد. همین عوامل منجر می‌شود، صنایع با گسترش اندازه و رشد تجهیزات، روز به روز در مورد خسارات بالقوه انسانی و اقتصادی نگرانی بیشتری پیدا کنند [۴،۳]. امروزه با افزایش تعداد صنایع شیمیایی خطرناک، حوادث شیمیایی افزایش یافته که از جمله دلایل بروز حوادث می‌توان به خطای انسانی و آموزش نادرست اشاره کرد. جهت حذف خطرات، کاهش آسیب و آمادگی در صورت وقوع حوادث لازم است، ارزیابی ریسک و یا پیش بینی‌های لازم صورت گیرد [۵]. پالایشگاه‌های نفت از جمله صنایعی هستند که با توجه به ماهیت فعالیت‌هایی که در واحدهای مختلف انجام می‌شود، طیف وسیعی از مواد شیمیایی را به عنوان پسماند تولید می‌کند که دارای اثرات زیست محیطی و بهداشتی خطرناکی است. علاوه بر تولید پسماندهای خطرناک، نشت مواد سمی و خطرناک در صنایع فرآیندی و شیمیایی، همواره یکی از عوامل تهدیدکننده افراد شاغل و ساکنین اطراف این صنایع و همچنین آسیب به محیط زیست بوده است [۶]. استفاده از مواد شیمیایی سمی، نیازمند مراقبت ویژه‌ای است. نشت مواد شیمیایی در اثر حوادث، می‌تواند باعث پراکندگی سموم در جو و منجر به آلودگی شدید محیط زیست و دیگر تلفات شود [۷]. پیامدهای ناشی از رهایش یک ماده را می توان به ۳ دسته ایجاد آتش سوزی، ایجاد انفجار و آثار مربوط به سمیت مواد در محیط تقسیم‌بندی نمود [۸]. رویکرد مدلسازی حوادث، می‌تواند اقدامی مناسب در جهت افزایش سطح ایمنی باشد [۹]. از جمله این مدل‌ها، می‌توان نرم افزارهای متعددی چون ALOHA ، SLAB و DEGADIS-PHAST اشاره کرد که به منظور شبیه سازی حوادث صنعتی به کار می‌روند [۹]. با استفاده از مدل سازی پخش مواد توسط نرم افزارهای معتبر، علاوه بر مشخص نمودن محدوده متأثر از نشت مواد سمی و خطرناک، می‌توان برنامه واکنش در شرایط اضطراری را با استفاده از نتایج مدل سازی طرح ریزی نمود. علاوه بر مدل سازی تخلیه مواد، نحوه پخش ماده در محیط و اتمسفر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به طورکلی هدف اصلی مدل سازی پخش مواد، تخمین غلظت ماده منتشر شده در محیط در یک فاصله معین و زمان خاص است .نتایج حاصل از خروجی نرم افزار، می‌تواند معیاری جهت تدوین حداکثر مناطق متأثر از غلظت‌های خطرناک ناشی از نشت مواد در نظر گرفته شود، بدین طریق امکان تدوین طرح واکنش در شرایط اضطراری میسر خواهد شد. یکی از نرم افزارهای کاربردی ارائه شده برای مدل سازی پیامدهای ناشی از رهایش مواد در محیط، (ALOHA: Areal Location Of Hazardous Atmosphere) می‌باشد [۱۱،۱۰]. ALOHA یک برنامه کامپیوتری ویژه است که با مدل سازی و پیش‌بینی روند نشت به عکس‌العمل بهتر در برابر حوادث ناشی از رهایش اتفاقی یک ماده شیمیایی کمک می‌کند. این نرم افزار قادر است، تمامی پیامدهای رها شدن مواد در محیط اعم از آتش، انفجار و آثار سمیت مواد را پیش‌بینی کند. این نرم افزار توسط آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA: Environmental Protection Agency) برای مدل سازی حوادث ناشی از رهایی مواد سمی، منفجره و یا آتش و انفجار و پیامد آنها، عرضه شده است. این نرم افزار دارای بانک اطلاعاتی بسیار غنی (اطلاعات بیش از ۱۰۰۰ ماده شیمیایی) و محیطی ساده برای جلوگیری از اشتباهات کاربر است [۱۲]. همچنین از این نرم افزار می‌توان جهت بررسی برنامه واکنش در شرایط اضطراری استفاده نمود [۱۳]. به طور مثال، تسنگ و همکاران (۲۰۰۸)، طی مطالعه‌ای با استفاده از نرم افزار ALOHA مراحل مختلف برنامه واکنش در شرایط اضطراری در مواجهه با گاز کلر در کارخانجات فرآیندی در کشور تایوان را بررسی کردند؛ اما از هیچ روش ارزیابی ریسک فرآیندی استفاده نکرده و سناریوهای رهایش را مشخص نکرده بودند. همچنین شعاع آسیب رسانی کلر در هنگام رهایش در محیط تعیین نشده بود [۱۴].

با توجه به ضرورت توجه به ایمنی کارکنان و عموم مردم از جهت مواجهه حاد با مواد شیمیایی در هنگام رهایش ناگهانی مواد سمی از تاسیسات فرایندی، این مطالعه با هدف پیش بینی انتشار و پیامدهای احتمالی کربن دی سولفید با استفاده از نرم افزار ALOHA به منظور انجام اقدامات ایمنی مناسب و کاهش پیامدها انجام شد.

مواد و روش ها

در این مطالعه که در یکی از پالایشگاه های جنوب ایران انجام گرفت، به بررسی و مدل سازی نحوه انتشار کربن دی سولفید از مخزن ذخیره ۴۵۰۰ لیتری در پالایشگاه پرداخته شد.

اولین گام وارد کردن مشخصات ماده شیمیایی می باشد. این مشخصات عبارتند از: نوع ماده، جرم یا حجم ماده درون مخزن و شرایط فرایندی دما و فشار، بعد از وارد کردن اطلاعات مورد نظر و همچنین وارد کردن پارامترهای اتمسفری و پارامترهای مربوط به منبع انتشار می توان پیامد سناریو های مورد نظر را روی سازه ها و تجهیزات مجاور بررسی نمود. از جمله خروجی های نرم افزار

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

می توان به تشکیل ابر بخار سمی، محدوده قابل اشتعال ابر بخار، فشار ناشی از انفجار ابر بخار و انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش در فواصل مختلف مخزن اشاره کرد.

جهت توسعه یک برنامه واکنش در شرایط اضطراری باید خطرات موجود در سایت واحد مورد ارزیابی قرار گیرد و نیز بدترین سناریوی ممکن بررسی شود [۱۵]. برای شناسایی مخاطرات موجود در یکی از واحدهای پالایشگاه نفت، از نتایج مطالعات (HAZOP: Hazard and Operability study) انجام شده در این واحد، استفاده شد. با توجه به طیف گسترده مطالعات، پس از بررسی آن، در حدود ۳۵ سناریو که منجر به پیامدهای آتش، انفجار و یا نشت مواد سمی می‌باشد، استخراج شد. با توجه به کیفی بودن مطالعات HAZOP، سناریوهای به دست آمده، ارزش یکسانی نداشته و به دلیل عدم شناسایی روابط علت و معلول، تخمین احتمالات با اشکلات اساسی روبرو می‌شود. همچنین تعدد سناریوها، علاوه بر طولانی شدن زمان مدل سازی و محاسبات، سبب کاهش دقت مورد نیاز در محاسبات ریسک می‌گردد. با توجه به مطالب اشاره شده و مقایسه سناریوهای بدست آمده، فرایندهای مختلف بر اساس درجه بزرگی خطر، میزان احتمال رخداد یک حادثه و یا شدت حادثه رتبه بندی شد. از مجموع مطالعات انجام گرفته، جامع‌ترین سناریو، انتخاب و مدل سازی شد و سپس نتایج حاصل از آن در محاسبات ریسک مورد استفاده قرار گرفت. در جدول شماره ۱، اطلاعات مربوط به هر دو سناریو آورده شده است. این مطالعه تحت شرایط دو سناریوی مختلف انجام شد که به صورت زیر بیان شده است.

سناریوی ۱: مایع از شیر خروجی نشت کرده و تشکیل یک استخر تبخیر شونده می‌دهند.

سناریوی ۲: مخزن منفجر شده و کربن دی سولفید به صورت یک توپ آتشین می‌سوزد (BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

جدول ۱- تعیین اطلاعات مربوط به سناریو

نام تجهیز	نوع تجهیز	ماده	حجم	دمای عملیاتی	فشار	نحوه انتشار
شیر خروجی Caustic Pre Wash	استوانه‌ای	کربن دی سولفید	۴۵۰۰ لیتر	۱۲۵ فارنهایت	۲۰ Psi	Horizontal

جهت در نظر گرفتن بدترین سناریو، فصل تابستان در نظر گرفته شد؛ زیرا طبق مطالعات، فشار حرارتی ناشی از آتش سوزی و موج تخریبی حاصل از انفجار، در فصل تابستان بیشتر است [۱۶]. بر اساس گزارش سازمان هواشناسی منطقه، این مطالعه با این فرض انجام شد که سرعت جریان باد از جنوب غربی و در ارتفاع ۱۰ متر از زمین برابر ۴ متر بر ثانیه می‌وزد و محیط زمین اطراف مخزن خاکی بوده و شرایط جهت تجمع و تشکیل حوضچه‌ای از سیال با بیشترین قطر ممکن وجود دارد. با توجه به احتمالات مختلف جهت قطر نشتی، اندازه معادل ۳ اینچ که قطری معادل قطر ولو خروجی است، در نظر گرفته شد. پارامترهای ورودی مورد نیاز در نرم افزار جهت مدل سازی نشت کربن دی سولفید از مخازن ذخیره آن شامل پارامترهای مربوط به منبع انتشار (محل منبع و زمان انتشار)، مشخصات هواشناسی (دمای محیط، رطوبت، جهت و سرعت باد، نوع زمین و سایر مشخصات هواشناسی) نمایش داده شده در جدول ۲ و پارامترهای مربوط به کربن دی سولفید بود. با توجه به اطلاعات هواشناسی، شرایط آب و هوایی مطابق جدول شماره ۳ در نظر گرفته شد. همچنین تراکم جمعیتی در واحد مجاور در طول روز و شب، برابر بوده به گونه‌ای که نزدیک به ۲۵ نفر در این واحد مشغول به کار بودند.

جدول ۲- تعیین پارامترهای اتمسفریک و پارامترهای مربوط به منبع انتشار

اطلاعات جوی	سرعت باد	در ارتفاع ۵ متری سطح زمین، ۴ متر بر ثانیه و از سمت جنوب غربی
	میزان ابری بودن	۰ درصد
	دمای هوا	۱۱۶ درجه فارنهایت
	درجه پایداری	کلاس B
	رطوبت نسبی	۵۲ درصد
اطلاعات مربوط به مخزن	قطر مخزن	۱/۲ متر
	ارتفاع مخزن	۶ متر
	مخزن به صورت استوانه ای و عمودی قرار دارد	

جدول ۳- میانگین شرایط جوی پالایشگاه در سال ۱۳۹۶

فصل	میانگین دما (°C)	میانگین رطوبت (٪)	جهت باد (Degree)	ماکزیمم سرعت (m/s)	ابری (٪)
بهار	۳۷/۷	۴۸	۲۹۰	۱۸	۳۰
تابستان	۴۶/۷	۵۲	۳۲۰	۱۸	۱۳
پاییز	۳۳	۵۴	۳۳۰	۱۱	۲۹
زمستان	۲۱	۵۶	۱۵۰	۱۱	۴۶

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

جهت تعیین محدوده تشکیل ابر بخار سمی از (Acute :AEGLs Exposure Guideline Levels) در نرم افزار استفاده گردید. که توسط سازمان EPA در سه سطح تعریف شده است [۱۷]، محدوده ها در جدول شماره ۴ آورده شده است.

جدول ۴- سطوح مربوط به AEGLS

AEGL-1	در این غلظت پیش بینی می‌شود که جمعیت عمومی شامل افراد مستعد، تحریک، آزردگی و برخی از اثرات غیرحسی و بدون علامت را تجربه کنند و به هرحال اثرات ناتوان کننده نیست و زودگذر و برگشت پذیر است.
AEGL -2	در این حالت افراد جامعه شامل افراد مستعد، می‌توانند اثرات نامطلوب و شدید و یا برگشت ناپذیر را تجربه کنند. در این حالت ممکن است افراد توان فرار را به نوعی از دست بدهند.
AEGL -3	در این حالت افراد ممکن است دچار مرگ شده و یا مواجهه در این سطح، تهدیدکننده حیات افراد باشد.

در نهایت نیز به تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری در آن مجتمع و منطقه متأثر از انتشار کربن دی سولفید اشاره گردید. همچنین در این مطالعه ملاحظات اخلاقی نظیر جلب رضایت مهندسین بهداشت حرفه‌ای، محرمانه تلقی کردن اطلاعات پالایشگاه و بی‌طرفی پژوهشگر در جمع آوری، تحلیل و گزارش داده‌ها و اطلاعات در این پژوهش رعایت شد.

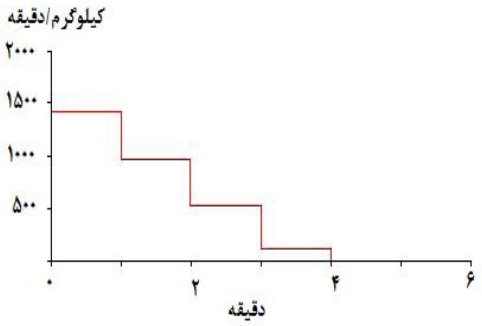
یافته‌ها

پس از وارد کردن پارامترهای ذکر شده در نرم افزار و با در نظر گرفتن بدترین سناریو شامل سناریوی نشت مایع از شیر خروجی و تشکیل یک استخر تبخیر شونده و همچنین سناریوی مربوط به انفجار مخزن، مدلسازی حوادث صورت گرفت.

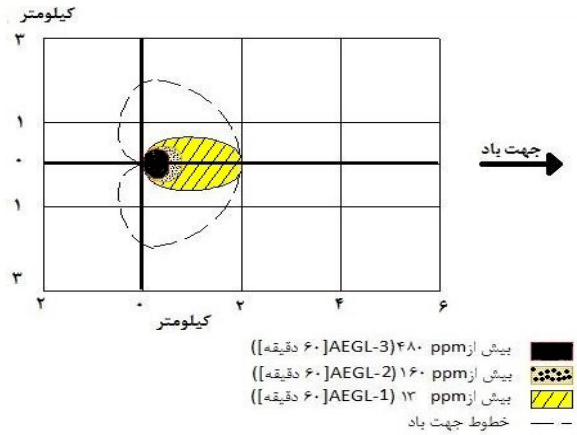
سناریوی ۱ : مایع از شیر خروجی نشت کرده و تشکیل یک استخر تبخیر شونده می‌دهند.

مدل سازی تشکیل ابر بخار سمی:

در این سناریو فرض بر این است که کربن دی سولفید از شیر خروجی مخزن خارج و در محدوده اطراف مخزن، استخری از مایع کربن دی سولفید تشکیل می‌شود که در اثر تبخیر ایجاد ابر بخار سمی می‌نماید. نتایج مدل سازی نشان داد که در صورت وقوع سناریوی مذکور زمان خروج کل کربن دی سولفید از مخزن ۴ دقیقه می‌باشد که نتایج مدل سازی گرافیکی راندمان خروج کربن دی سولفید از مخزن ذخیره سناریوی ۱ و تشکیل ابر بخار سمی در محدوده مخزن به صورت نمودار در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- راندمان خروج کربن دی سولفید از مخزن



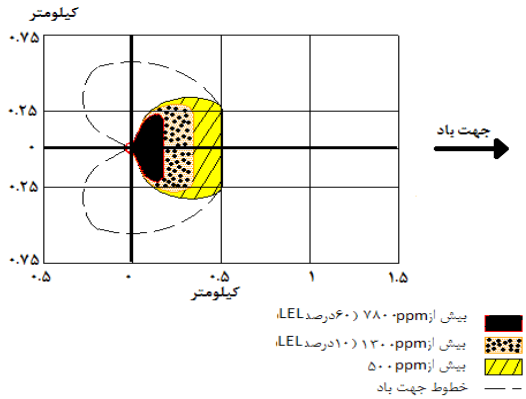
شکل ۳- مدل‌سازی تشکیل ابر بخار سمی در فواصل مختلف مخزن

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

علاوه بر این، بیشترین میزان دبی خروجی در دقیقه اول نشتی در شکل ۲ نشان داده شده است . طبق شکل ۳ و بر اساس نتایج این مطالعه، تا حدود ۶۰۰ متر اطراف مخزن (محدوده مشکی رنگ)، غلظت کربن دی سولفید ppm۴۸۰ می‌باشد که در محدوده AEGL-3 قرار داشته که در این محدوده خطر مرگ و تهدید زندگی افراد وجود دارد . از این محدوده تا فاصله ۸۰۰ متری (محدوده با نقاط مشکی رنگ)، غلظت ابر بخار کربن دی سولفید ۱۶۰ ppm می‌باشد که در محدوده AEGL-2 قرار داشته و در این محدوده افراد مستعد، می‌توانند اثرات نامطلوب و شدید و یا برگشت ناپذیر را تجربه کنند.

مدل‌سازی محیط قابل اشتعال ابر بخار کربن دی‌سولفید

نتایج مدل‌سازی گرافیکی در محدوده مخزن، براساس غلظت قابل اشتعال در شکل ۴ نشان داده شده است.

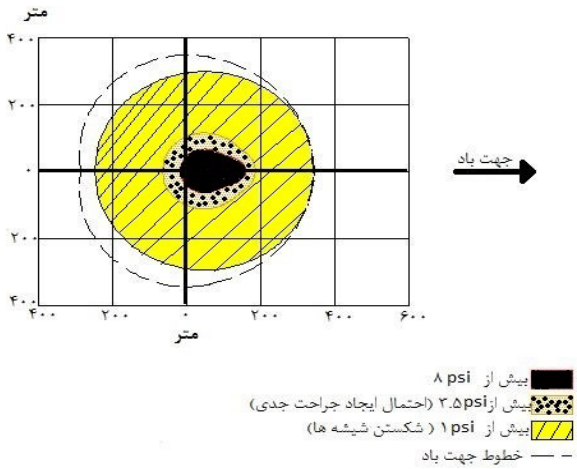


شکل ۴- مدل‌سازی گرافیکی محدوده قابل اشتعال ابر بخار کربن دی‌سولفید

نتایج در شکل ۴، نشان می‌دهد که در صورت نشت کامل کربن دی‌سولفید تا فاصله ۱۵۰ متری مخزن (منطقه مشکی رنگ)، غلظت کربن دی‌سولفید به ppm ۷۸۰۰ می‌رسد که حدود ۶۰ درصد حداقل غلظتی است که این ماده قابلیت اشتعال دارد (LEL: Lower Explosive Limit) و تا محدوده ۵۰۰ متری مخزن (قسمت هاشور خورده) این غلظت به ppm ۵۰۰ می‌رسد.

مدل سازی محیط انفجار ابر بخار سمی

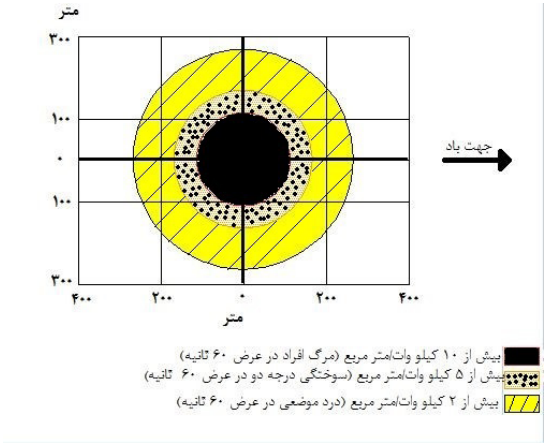
براساس شکل ۵، در صورت انفجار، ابر بخار تشکیل شده تحت سناریوی ۱، فشار موج انفجار تا فاصله ۱۸۰ متر، ۸پوند بر اینچ مربع می‌باشد که ممکن است منجر به تخریب ساختمان‌های محل گردد که این محدوده در خروجی گرافیکی به رنگ مشکی نشان داده شده است. از این محدوده تا فاصله ۱۹۰ متری مخزن (محدوده با نقاط مشکی رنگ) موج انفجار حدود۳ psi می‌باشد که ممکن است باعث صدمات جدی به افراد شود. در محدوده هاشور خورده (تا فاصله ۳۵۰ متری) فشار ناشی از موج انفجار برابر با psi ۱ می‌باشد که قدرت شکستن شیشه‌ها را دارد.



شکل ۵- مدل‌سازی گرافیکی فشار ناشی از انفجار ابر بخار کربن دی‌سولفید

ریوی ۲: مخزن منفجر شده و کربن دی‌سولفید به صورت یک توپ آتشین می‌سوزد (BLEVE).

انفجار بخارات منبسط شده در حال جوش (BLEVE) در صورتی رخ می‌دهد که مخزن حاوی مایع تحت فشار به نقطه جوش خود برسد و دچار ترکیدگی گردد که این اتفاق معمولا در گازهای تحت فشار رخ می‌دهد که در صورتی که مایع درون مخزن قابلیت اشتعال داشته باشد، انفجار مهیبی رخ می‌دهد.



شکل ۶- مدل‌سازی انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش(BLEVE) تحت سناریوی ۲

با توجه به شکل ۶ نتایج گرافیکی و متنی، مدل سازی انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش (BLEVE) سناریوی ۲ نشان داد که میزان تشعشع حرارتی تا فاصله ۱۱۰ متری از مخزن (محدوده مشکی رنگ) حدود ۱۰ کیلو وات بر متر مربع است که ممکن است در عرض ۶۰ ثانیه باعث مرگ افراد گردد و تا فاصله ۱۹۰

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

متری (محدوده با نقاط مشکی رنگ) میزان تشعشع حرارتی برابر با ۵ KW/sqm می‌باشد که ممکن است منجر به سوختگی درجه دو شود و تا فاصله حدودا ۲۵۰ متری نیز تشعشع حرارتی برابر KW/sqm ۲ است که ممکن است در طول ۶۰ ثانیه باعث درد موضعی گردد.

همچنین با توجه به مدلسازی صورت گرفته توسط نرم افزار ALOHA مشخص شد، بیشترین فاصله‌ای که در صورت بروز سناریو، مخزن می‌تواند ایجاد ابر بخار سمی، غلظت قابل اشتعال، فشار ناشی از انفجار و انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش (BLEVE) نماید، به ترتیب برابر ۲۰۰۰، ۵۰۰، ۳۵۰ و ۲۵۰ متری است.

بحث

بر اساس نتایج، یکی از جدی‌ترین خطرات تهدید کننده سلامت کارکنان، عواقب ناشی از سمیت کربن دی سولفید می‌باشد. نتایج مدل سازی نشان داد که در صورت وقوع سناریوی مذکور زمان خروج کل کربن دی سولفید از مخزن ۴ دقیقه است که از این اطلاعات، می‌توان جهت تعیین زمان خروج افراد استفاده کرد. همچنین طبق مدلسازی، خروجی نرم افزار در شکل ۳ نشان می‌دهد که ابر بخار سمی تا شعاع حدود ۶۰۰ متر را با غلظت ppm ۴۸۰ پوشش داده و لذا براساس استاندارد حدود مواجهه مجاز، این غلظت بیشتر از حدود مجاز است و ممکن است افراد دچار اختلالات عصبی و عدم تصمیم گیری صحیح می‌شوند. در صورت وقوع حادثه استفاده صحیح از ماسک‌های تنفسی جهت جلوگیری از بروز اختلالات امری ضروری است. همچنین بر اساس مطالعه جائو جیا هورنگ و همکاران در سال ۲۰۰۵، بر روی انتشار گاز کلر، ساکنین مناطقی که غلظت گاز در آنجا تا شعاع خطر ERPG-۲ می‌رسد و فرصت فرار به مکان‌های دورتر را ندارند، می‌توانند در پناهگاه‌های تعبیه شده در محل با فشار هوای مثبت یا در نقاط مرتفع پناه بگیرند [۱۸]. بنابراین بایستی طبق دستورالعمل‌های مناسب در خصوص واکنش در برابر شرایط اضطراری، به کارکنان در معرض این حادثه، آموزش داده شود و همچنین به نفرات در خصوص استفاده از لوازم حفاظت تنفسی مناسب، آموزش‌های لازم و به موقع داده شود و همچنین آشنایی با محل‌های تجمع و تخلیه پیش بینی گردد.

با توجه به نتایج نشان داده شده در شکل ۴، مشاهده می‌گردد در صورت نشت کامل کربن دی سولفید و انفجار مخزن ممکن است تکه‌های بدنه این مخزن تا شعاع ۱۵۰ متر پرتاب شود که علاوه بر آسیب به ساختمان‌های مجاور، موجب آسیب به خودروها و افراد پیاده در حال حرکت شود. با توجه به نبود محل‌های ایمن، پیشنهاد می‌شود، جهت کاهش آسیب، نسبت به ساخت پناهگاه‌های ایمن در فواصل معین، اقدامات لازم صورت گیرد. با توجه به شکل ۵، در صورت انفجار، ابر بخار تشکیل شده تحت سناریوی ۱، فشار موج انفجار تا فاصله ۱۸۰ متر، psi ۸ می‌باشد که ممکن است در صورت انفجار تکه‌های بدنه این مخزن در این شعاع پرتاب شده و منجر به تخریب ساختمان‌های محل و آسیب جدی به افراد مجاور گردد. با توجه به شکل ۶، نتایج گرافیکی و متنی مدل سازی انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش (BLEVE) سناریوی ۲ نشان داد که میزان تشعشع حرارتی تا فاصله ۱۱۰ متری از مخزن (محدوده مشکی رنگ) حدود KW/sqm ۱۰ است که ممکن است در عرض ۶۰ ثانیه باعث مرگ افراد گردد. ایجاد سیستم تخلیه اضطراری به مخازن دیگر، همچنین قبل از ساخت واحد، پیشنهادهایی همچون تغییر محل احداث یک ساختمان یا نصب یک مخزن، تغییر اندازه و ابعاد یک مخزن، تغییر قطر یک لوله و موارد دیگری از این قبیل، پیشنهادهایی هستند که امکان اجرای آنها پس از ساخت واحد، بسیار مشکل‌تر از قبل از ساخت آن است و در برخی موارد هم در عمل ممکن نیست. به همین منظور حتی الامکان، ارزیابی ریسک را باید به عنوان یکی از مراحل ابتدایی ساخت یک واحد فرایندی در نظر گرفت. پیشنهاد می‌شود، تعداد ساکنین در معرض مواجهه با این ماده در سناریوهای مختلف رهایش مشخص شود.

با توجه به اینکه این مطالعه در فصل تابستان انجام شد، فواصل خطر در فصل زمستان نسبت به تابستان ممکن است، کاهش یابد. نتایج مطالعه مرتضوی و همکاران، در بررسی انتشار گاز کلر از مخازن ذخیره به منظور تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری در یک صنعت پتروشیمی این مطلب را تأیید می‌کند [۶]. همچنین نبهانی و همکارانش، آنالیز پیامد نشتی متانول از مخزن یک مجتمع پتروشیمی با نرم افزار PHAST را انجام داده که هدف از این مدل سازی، بررسی تاثیرات سمی رهایش متانول، فشار حرارتی ناشی از آتش سوزی و موج تخریبی حاصل از انفجار آن می‌باشد. بررسی این نشتی در شرایط آب و هوایی متفاوت، صورت گرفته و برای مدل سازی آن از نرم افزار قدرتمند PHAST استفاده شده است. نتیجه مدل سازی، بیانگر آن است که بیشترین فشار حرارتی حاصل از آتش سوزی و بیشترین تاثیرات سمی برای کارکنان و محیط زیست در فصل تابستان بوده و فصل زمستان بیشترین موج تخریبی حاصل از انفجار را به خود اختصاص داده است [۱۶]. علت افزایش فواصل خطر در فصل تابستان نسبت به زمستان، این است که در فصل تابستان، لایه‌های سطحی جو که در مجاورت سطح زمین قرار دارند، تقریباً دمایی برابر با لایه‌های فوقانی جو دارند؛ اما در فصل زمستان دمای لایه‌های نزدیک به زمین که حرارت زمین را که با تابش نور خورشید حاصل شده به خود گرفته‌اند، با دمای لایه‌های فوقانی جو تفاوت بیشتری داشته بنابراین پایداری هوا در زمستان

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

بیشتر است و همان طور که می‌دانیم در جو پایدارتر، میزان گسترش گازهای سنگین بسیار بیشتر از جو ناپایدار است، زیرا حرکت جریان هوا در محور عمود بر سطح زمین کم بوده و توده آلودگی در محور افقی گسترش بیشتری پیدا می کند (۱۳).

نتیجه گیری

با توجه به مدل سازی صورت گرفته توسط نرم افزار ALOHA مشخص شد، بیشترین فاصله‌ای که مخزن می‌تواند در صورت بروز دو سناریوی ذکر شده ایجاد ابر بخار سمی، غلظت قابل اشتعال، فشار ناشی از انفجار و انفجار بخار منبسط شده مایع در حال جوش (BLEVE) نماید به ترتیب برابر ۲۰۰۰، ۵۰۰ ، ۳۵۰ و ۲۵۰ متری است که با در نظر گرفتن احتمال رخ دادن بدترین سناریو، بهتر بود، قبل از ساخت تجهیزات در محدوده مخزن تا فاصله ۲۰۰۰ متری مخزن، هیچگونه ساختمانی احداث نگردد، همچنین در این محدوده رفت و آمد صورت نگیرد. در خصوص پیامد های حاصل از فشار موج ناشی از انفجار، محدوده قابل اشتعال و انفجار بخارات منبسط شده مایع در حال جوش (BLEVE) می توان نتیجه گرفت که اقداماتی از قبیل محصور کردن ناحیه مخزن و تشکیل تیم واکنش در شرایط اضطراری امری الزامی است. همچنین اولین گام در تعیین نیاز تخلیه منطقه، تخمین تعداد افراد در معرض خطر می باشد [۱۹].

بسیاری از حوادث ناگوار به خاطر خوردگی و پوسیدگی اتصال ها و تجهیزات رخ می دهد. بازرسی فنی و ضخامت سنجی مرتب، یکی از اقداماتی است که توسط آن از روی دادن بسیاری از حوادث می توان جلوگیری کرد. به همین دلیل با توجه به نقش مهم این شیر در کنترل میزان مواد پخش شده، بازرسی مرتب آن ضروری است. پیشنهاد می شود یک ایجاد سیستم تخلیه اضطراری جهت انتقال ماده به مخازن دیگر در نظر گرفته شود. همچنین قبل از ساخت یک واحد، به تغییر محل نصب مخزن و یا تغییر محل احداث ساختمان و همچنین تغییر اندازه و ابعاد مخزن، تغییر قطر لوله و موارد دیگری از این قبیل توجه گردد. به همین منظور حتی الامکان، ارزیابی ریسک را باید به عنوان یکی از مراحل ابتدایی ساخت یک واحد فرآیندی در نظر گرفت.

بازرسی های ادواری فنی مخزن و استفاده از گازسنج ثابت جهت شناسایی نشت گاز همچنین می‌توان بر این اساس اقدامات کنترلی پیشگیرانه را اجرا و حریم ایمنی را با طراحی و جانمایی مناسب محل اسکان کارکنان، تجهیزات و ادوات مجاور را مشخص نماییم.

همچنین استفاده از نتایج این مطالعه نشان می دهد که وجود برنامه شرایط اضطراری از جمله پیش بینی خطوط تلفن اضطراری و تجهیزات ارتباطی جهت هماهنگی بیشتر با مجتمع های مجاور الزامی بوده و بانک اطلاعات جامع از مسئولین و نفرات کلیدی هر شرکت همراه با شماره تلفن ثابت/ متغیر، محل های سکونت و دسترسی سریع به آنها جهت مواقع اضطراری تهیه گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و مسئولین واحدهای HSE پالایشگاه مورد مطالعه، تشکر و قدردانی می‌کنند. همچنین، از داوران محترمی که با انتقادات سازنده و بیان نظرات کارشناسی خود به ارتقای کیفیت این مقاله کمک کردند، تشکر می‌شود. بدون شک، نظرات حرفه‌ای آنها نقش بسزایی در تکامل این مقاله داشته است.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

References

1. Kim M-U, Moon KW, Sohn J-R, Byeon S-H. Sensitivity Analysis of Weather Variables on Offsite Consequence Analysis Tools in South Korea and the United States. International Journal of Environmental Research and Public Health 2018; 15(5):1027. https://doi.org/10.3390/ijerph15051027.

2. Jung H, Ma J. A study on legal systems and politics to control chemicals-Focus on regulation of hazardous chemicals. Administrative Law Journal 2016; 44(44):191-222.

3. Marshall JT, Mundt A. Dow's chemical exposure index guide. Process Safety Progress 1995; 14(3):163-70.

4. Jahangiri M, Parsarad A. Determination of hazard distance of chemical release in a petrochemical industry by chemical exposure index (CEI). Iran Occupational Health 2010; 7(3):55-62 (In Persian).

5. Anjana N, Amarnath A, Nair MH. Toxic hazards of ammonia release and population vulnerability assessment using geographical information system. Journal of Environmental Management 2018; 210:201-209.

6. Mortazavi S, Parsarad M, Mahabadi HA, Khavanin A. Evaluation of chlorine dispersion from storage unit in a petrochemical complex to providing an emergency response program. Iran Occupational Health 2011; 8(3):68-77 (In Persian).

7. Shariff AM, Leong CT. Inherent risk assessment—a new concept to evaluate risk in preliminary design stage. Process Safety and Environmental Protection 2009; 87(6):371-76.

8. Koller G, Fischer U, Hungerbühler K. Assessing safety, health, and environmental impact early during process development. Industrial & Engineering Chemistry Research 2000; 39(4):960-72.

9. Samia C, Hamzi R, Chebila M. Contribution of the lessons learned from oil refining accidents to the industrial risks assessment. Management of Environmental Quality: An International Journal 2018; 29(4):643-65.

10. Evans, M. Modeling hydrochloric acid evaporation in ALOHA. Washengton: US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Ocean Resources Conservation and Assessment, Hazardous Materials Response and Assessment Division 1993.

11. USEPA. CAMEO (Computer-Aided Management of Emergency Operations) Manual. Available from: http:// www. epa. gov/ceppo/cameo/pubs/aloha. pdf /. Accessed Sep 30, 2018.

12. Jones R, Lehr W, Simecek-Beatty D, Reynolds M. ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) 5.4. 4: Technical Documentation. Seattle: National Oceanic and Atmospheric Administration Office of Response and Restoration Emergency Response Division, 2013.

13. Avasthy A, Siddiqui NA. Quantitative estimation of risk to community near an ammonia rail wagon loading facility. In: Siddiqui N., Tauseef S., Abbasi S., Rangwala A. (eds) Advances in Fire and Process Safety. Singapore: Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering 2018.

14. Tseng J-M, Liu M-Y, Chang R-H, Su J, Shu C-M. Emergency response plan of chlorine gas for process plants in Taiwan. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2008; 21(4):393-99.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.

15. Center for Chemical Process Safety. Guidelines for Technical Planning for On-Site Emergencies. New York: American Institute of Chemical Engineers 1995.

16. Kamaei M, Alizadeh SSA, Keshvari A, Kheyrkhah Z, Moshashaei P. Risk assessment and consequence modeling of BLEVE explosion wave phenomenon of LPG spherical tank in a refinery. Health and Safety at Work 2016; 6(2):10-24 (In Persian).

17. Dash A, Pradhan M, Singh R. Application of computational analysis for risk assessment of chlorine gas from tank in chlorine production unit: A case study. In: Siddiqui N., Tauseef S., Abbasi S., Rangwala A. (eds) Advances in Fire and Process Safety. Singapore: Springer Transactions in Civil and Environmental Engineering 2018.

18. Horng J-J, Lin Y-S, Shu C-M, Tsai E. Using consequence analysis on some chlorine operation hazards and their possible effects on neighborhoods in central Taiwan. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2005; 18(4-6):474-80.

19. Urbanik II T. Evacuation time estimates for nuclear power plants. Journal of Hazardous Materials 2000; 75(2-3):165-80.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می کند.