Archive of SID
Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.7, No.1, Spring 2019

Research Article

Modeling and Evaluation of the Benzene Leakage Consequences in the Coking Plant of Isfahan Steel Company

Gholamhussein Mohammadi[1], Yousef Azimi[2*], Hamid Sarkheil[2], Javad Bodaghjamali[2]

1. MSc Student of Chemical Engineering-HSE, Department of Human Environment, College of Environment, Karaj, Iran
2. Department of Human Environment, College of Environment, Karaj, Iran
***Corresponding Author:** yoosfazimi@gmail.com

Abstract

Background and Objectives: The release of toxic, hazardous and fire hazardous substances from storage tanks in process and chemical industries has always been one of the hazards of working people, residents around these industries, and the environment. This study was done with the aim of modeling and evaluating the consequences of benzene leakage in the coke production unit of Isfahan Steel Company.

Materials and Methods: In order to observe ethical standards in research, research information was obtained with written permission from Isfahan Steel Company. In the present study, in order to modeling and investigating the release of benzene, at first cycle of the process in the coking plant, and then Existing hazards were identified by performing a risk assessment using the FMEA method. The consequence evaluation in a process unit consists of selecting a scenario, specifying the scenario's specifications, modeling the consequences of the scenarios and finally analyzing the results. For this purpose, the software ALOHA version 5.4.7 has been used for modeling the outcome and evaluation of benzene leakage.

Results: The results of simulations show that the most serious risk factor for personnel is the concentration of benzene in the environment. And due to the control room being 72 meters from the corresponding reservoir, up to 169 meters of the tank the concentration of benzene vapors reaches 800 ppm. Hence, people who are at this distance will not be able to escape during an incident. Also, the contour lines of simulating the pool fire resulting from the benzene release, shows that in the leakage scenarios with a diameter of 5 mm, 25 mm and 100 mm, distances less than 10, 14 and 51 m influenced with fire, respectively.

Conclusion: Despite the errors in the results of mathematical modeling and the explanation of possible scenarios, simulation of benzene leakage and its consequences, can be used in the formulation of preventive strategies and emergency planning in the coking plant of Isfahan Steel Company.

Keywords: ALOHA, Fire, Consequence Modeling, Benzene, Leakage

How to cite this article:
Mohammadi G, Azimi Y, Sarkheil H, Bodaghjamali J. Modeling and Evaluation of the Benzene Leakage Consequences in the Coking Plant of Isfahan Steel Company. J Saf Promot Inj Prev. 2019;7(1):10-9.

www.SID.ir

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۷. شماره ۱. بهار ۱۳۹۸، صفحات ۱۰ تا ۱۹
Archive of SID

مدل‌سازی و ارزیابی پیامد حاصل از نشت بنزن در واحد کک سازی شرکت ذوب‌آهن اصفهان

غلامحسین محمدی[۱]، یوسف عظیمی[۲*]، حمید سرخیل[۲]، جواد بداق جمالی[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی – گرایش بهداشت، ایمنی و محیطزیست، گروه محیطزیست انسانی، دانشکده محیطزیست، کرج، ایران
۲. گروه محیطزیست انسانی، دانشکده محیطزیست، کرج، ایران.

چکیده

سابقه و هدف: انتشار مواد سمی، خطرناک و آتش‌گیر، از مخازن ذخیره در صنایع فرآیندی و شیمیایی همواره یکی از مخاطرات مربوط به افراد شاغل، ساکنین اطراف این صنایع و همچنین آسیب به محیطزیست بوده است. این مطالعه باهدف مدل‌سازی و ارزیابی پیامدهای حاصل از نشت بنزن در واحد کک سازی شرکت ذوب‌آهن اصفهان انجام شد.

روش بررسی: به‌منظور رعایت موازین اخلاق در پژوهش اطلاعات مربوط به تحقیق با اجازه کتبی از شرکت ذوب‌آهن اصفهان اخذ و موردبررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر جهت بررسی و مدل‌سازی نحوه انتشار بنزن، نخست چرخهٔ فرآیند موردنظر بررسی‌شده و در ادامه با انجام ارزیابی ریسک به روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن، خطرات موجود شناسایی گردید. مراحل ارزیابی پیامد در یک واحد فرآیندی شامل انتخاب سناریو، تعیین مشخصات سناریو، مدل‌سازی پیامدهای ناشی از سناریوی انتخابی و تحلیل نتایج هست. بدین منظور از نرم‌افزار ALOHA ورژن ۷,۴,۵ جهت مدل‌سازی پیامد و ارزیابی خطرات نشت بنزن استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که جدی‌ترین خطر تهدیدکننده کارکنان غلظت بنزن وارده به محیط هست و با توجه به‌قرار داشتن اتاق کنترل در ۷۲ متری از مخزن مربوطه تا حدود ۱۶۹ متر اطراف مخزن غلظت بخارات بنزن به ۸۰۰ قسمت در میلیون می‌رسید. ازاین‌رو افرادی که در این محدوده بودند در هنگام رخداد حادثهٔ فرضی توان فرار نداشتند. همچنین خطوط تراز گرمای تابشی مربوط به شبیه‌سازی آتش استخری حاصل از انتشار بنزن نشان داد که در سناریوهای نشتی با قطر ۵ میلی‌متر، ۲۵ میلی‌متر و ۱۰۰ میلی‌متر به ترتیب تا شعاع کمتر از ۱۰، ۱۴ و ۵۱ متر تحت تأثیر آتش قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری: باوجود خطا در نتایج حاصل از مدل‌سازی ریاضی و تبیین سناریوهای محتمل، شبیه‌سازی نشت بنزن و پیامدهای حاصل از آن، انجام‌شده می‌تواند در تدوین استراتژی‌های پیشگیرانه و طرح‌ریزی شرایط اضطراری در واحد کک سازی کارخانه ذوب‌آهن اصفهان مورداستفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ALOHA، حریق، مدل‌سازی پیامد، بنزن، نشت

مقدمه

توسعه صنعتی و پیشرفت‌های فنّاورانه گرچه استانداردهای زندگی را ارتقاء بخشیده ولی استفاده روزمره از هزاران نوع ترکیب شیمیایی در صنایع، درعین‌حال که منافع بی‌شماری برای بشر به همراه داشته، به همان نسبت او را با پتانسیل‌های خطرناکی مانند حوادث شیمیایی روبرو ساخته است (۱). امروزه هزاران ماده شیمیایی در صنایع گوناگون تولید می‌شود که بسیاری از این مواد به دلیل رهایش در محیط کار می‌توانند مخاطره‌آمیز شوند (۲). پیشرفت صنعت و فنّاوری سبب افزایش حوادث ناشی از رهایش مواد سمی و انفجار مواد شیمیایی و سمی در واحدهای صنعتی شده است که سلامت کارکنان و جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پیشگیری از وقوع حوادث و حفظ سرمایه انسانی به‌عنوان محور اصلی توسعه هر کشور، از اهمیت بالایی برخوردار است (۳-۹). اکثر حوادثی که در صنعت رخ می‌دهد غالباً به دلیل خروج یک ماده سمی یا قابل اشتعال براثر ایجاد پارگی در مخزن، خطوط لوله و یا اتصالات ایجاد می‌شود. تخلیه به دو حالت دائمی و ناگهانی انجام می‌پذیرد. عوامل مختلفی بر مدل‌سازی تخلیه مواد مؤثر هستند، نظیر شکل انتشار مواد، فاز ماده تخلیه‌شده، اندازه نشتی، مدت نشتی و مسیر ترمودینامیکی و

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: yoosfazimi@gmail.com
www.SID.ir

Archive of SID

نقطه پایانی (۱۰). در صنایع فرآیندی از مواد شیمیایی گوناگونی در شرایط فشار بالا استفاده می‌گردد که این شرایط احتمال وقوع حوادثی از قبیل انفجار را افزایش می‌دهد (۱۱). آتش‌سوزی و انفجار جزء خطرات مهم صنایع فرآیندی محسوب می‌شوند که از طریق روش‌های مختلف می‌توان خطرات موجود را شناسایی نمود (۱۲). در اثر تماس حلال‌ها با گرما و تجمع سیال، به علت نشتی از مخازن ابر گازی در محدوده محل نشتی تولید می‌شود. در صورت تماس منبع با جرقه، حریق شروع و در صورت تماس با مخزن می‌تواند منجر به انهدام مخزن و به سبب آن انفجار گردد (۱۳). با توجه به استفاده گسترده صنایع از مواد شیمیایی مختلف باقابلیت اشتعال بالا، پتانسیل ایجاد انفجار و خسارت ناشی از آن بیشتر شده است. لذا آگاهی از شعاع‌های انفجار و آتش می‌تواند نقش مهمی در دست‌یابی به اقدامات پیش‌گیری داشته باشد (۱۱). پیش‌بینی و مدل‌سازی حوادث قبل از وقوع، همواره یکی از اهداف مهندسین ایمنی بوده است که در این راستا روش‌هایی متعددی وجود دارد (۱). در مطالعه‌ای که باهدف بررسی تجزیه‌وتحلیل سامانه‌های حمل‌ونقل هیدروژن انجام شد، مشخص گردید که شعاع‌های آتش ناگهانی ناشی از نشتی لوله‌های هیدروژن ۱۳ متر است (۱۴). در تحقیقی نشان داده شد که در صورت بروز حادثه و نشت ۱۰ تن کلر، منطقه‌ای با مساحت بیش از ۲ کیلومترمربع، تحت تأثیر ابرآلودگی با غلظت‌های بالاتر از سطوح آستانه قرارگرفته و حدود ۵۰۰۰ نفر در معرض مرگ‌ومیر قرار می‌گیرند (۱۵). در مطالعه‌ای پیامد اثر تابش فورانی و آتش ناگهانی بر مخزن پروپان با استفاده از نرم‌افزار PHAST در مجتمع مس سرچشمه کرمان مدل‌سازی گردید (۱۶). مدل‌سازی پیامد یکی از تحلیل‌های مهندسی ایمنی است که می‌تواند قسمت اعظم حوادث را پیش‌بینی و خسارت ناشی از آن را کاهش دهد (۱۱). عواملی همچون شرایط آب و هوایی، پایداری اتمسفر، ارتفاع انتشار مواد، ناهمواری‌های زمین و اندازه حرکت مواد رهاشده بر شکل ابر و نحوه پخش آن مؤثر است (۱۰). امروزه مدل‌های زیادی به‌منظور مدل‌سازی پخش گازها تهیه و توسعه‌یافته‌اند که با بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی در قالب بسته‌های آماده نرم‌افزاری ارائه‌شده‌اند. هر یک از این مدل‌ها دارای مزایا و معایبی بوده که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مدل ALOHA، PHAST، HGSYSTEM و غیره اشاره نمود (۱۷, ۱۸).

در مطالعه‌ای با استفاده از نرم‌افزار ALOHA نشت هگزان از مخزن مدل‌سازی شده است (۱۹). با استفاده از شبیه‌سازی انتشار مواد شیمیایی سمی (کلر، اپیکلوهیدرین و فسژن) از مخازن ذخیره در یک مجتمع شیمیایی در مرکز تایوان با نرم‌افزار ALOHA، محدوده‌های خطرناک مشخص شدند. داده‌های این شبیه‌سازی علاوه بر اینکه می‌تواند به‌عنوان یک مرجع مفید برای فرماندهان عملیات نجات باشد، منبعی مفیدی نیز برای اطلاع‌رسانی به ساکنین در مناطق آسیب‌دیده برای احتیاط لازم و اطمینان از ایمنی آن‌ها است (۲۰). در مطالعه‌ای با استفاده ازALOHA انتشار سمی، انفجار و آتش‌سوزی مخازن در کارخانه آمونیاک شبیه‌سازی گردید (۲۱). مطالعات انجام‌شده فوق نشان می‌دهد، نرم‌افزارهای مدل‌سازی توانایی مدل‌سازی پیامد حوادث برای نشان دادن نقاط بحرانی و منطقه گسترش خطر به‌خصوص در صنایع شیمیایی را به‌خوبی دارا هستند. لذا مطالعه حاضر باهدف شناسایی خطرات، مدل‌سازی پیامد نشت بنزن و ارزیابی پیامدهای حاصل از نشت مواد در یک صنعت شیمیایی با استفاده از نرم‌افزار ALOHA انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، یک مطالعه کاربردی است که در واحد کک سازی شرکت ذوب‌آهن اصفهان انجام پذیرفت. به‌منظور رعایت موازین اخلاق در پژوهش اطلاعات مربوط به تحقیق با اجازه کتبی از شرکت ذوب‌آهن اصفهان اخذ و موردبررسی قرارگرفته است. در این تحقیق با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن[1]، خطرات موجود در محدودهٔ مطالعاتی، شناسایی‌شده و درنهایت مدل‌سازی پیامد و ارزیابی نشت بنزن توسط نرم‌افزار ALOHA ورژن ۷.۴.۵ انجام گردید.

اطلاعات واحد فرآیندی

بنزن به‌صورت مایع در یک مخزن عمودی با حجم ۲۰۰ مترمکعب با قطر ۶۶۳۰ میلی‌متر و ارتفاع ۵۸۸۰ میلی‌متر قرار دارد (جدول ۱).

جدول ۱. اطلاعات فرآیندی موردنیاز جهت مدل‌سازی

نام ماده	بنزن
حجم ماده درون مخزن (مترمکعب)	۲۰۰
ارتفاع مخزن (میلی‌متر)	۵۸۸۰
قطر مخزن (میلی‌متر)	۶۶۳۰
دمای مخزن (سانتی‌گراد)	۲۵/۸۳
نوع مخزن	عمودی
CAS Number	۷۱-۴۳-۲
سطح یک راهنمای مواجهه حاد (قسمت در میلیون)	۵۲
سطح دو راهنمای مواجهه حاد (قسمت در میلیون)	۸۰۰
سطح سه راهنمای مواجهه حاد (قسمت در میلیون)	۴۰۰۰
نقطه‌جوش (سانتی‌گراد)	۷۳/۷
نقطه انجماد (سانتی‌گراد)	۵/۵

۱. Failure mode and effects analysis (FMEA)

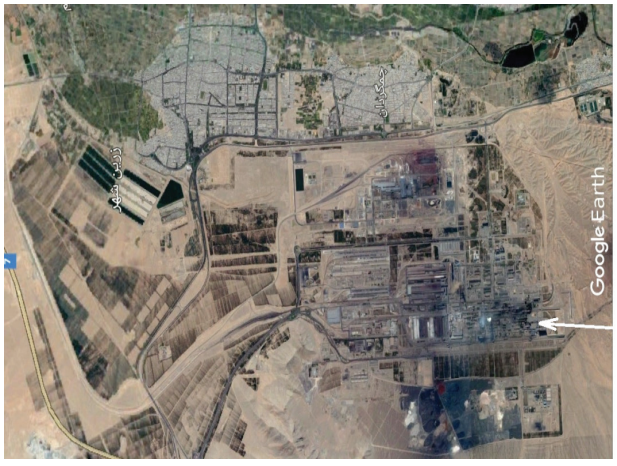
www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Archive of SID

ارتفاع مخزن از سطح زمین ۱ متر و درصد نگه‌داری مواد در مخزن ۷۰ درصد است. مخزن موردنظر در شرایط دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری می‌شود. قطر شیر خروجی ۴ اینچ و در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از کف مخزن قرار دارد. طول لوله انتقال بنزن از مخزن ۸۰ متر است. اطلاعات موجود از قسمت پالایش بنزول واحد کک سازی شرکت ذوب‌آهن اصفهان تهیه گردید. شرکت ذوب‌آهن اصفهان در ۴۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت این شرکت نسبت به شهرهای اطراف مشخص‌شده است. شهر چمگردان در ۴ کیلومتری در جنوب، زرین‌شهر ۱۰ کیلومتری در جنوب شرقی و فولادشهر ۱۳ کیلومتری در شمال شرقی این شرکت قرار دارد.

ارزیابی ریسک

یکی از مهم‌ترین روش‌های دستیابی به سطح ایمنی مطلوب در صنایع، ارزیابی ریسک است. با استفاده از این روش خطرات محل کار را شناسایی و رتبه‌بندی شده بهطوریکه با انجام اقدامات اصلاحی و کنترل‌های لازم، آن‌ها را به حد قابل‌قبول یا قابل‌تحمل کاهش رسانید (۲۲). روش‌های متعددی برای شناسایی و ارزیابی ریسک وجود دارد که از میان آن‌ها می‌توان به ممیزی ایمنی، روش‌های تجزیه‌وتحلیل درختی، تکنیک سلسله مراتبی و تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن اشاره نمود (۲۳). تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن، روشی سامانمند و ساختاریافته‌ای است که به کمک آن می‌توان حالات بالقوه خطا را در یک فرآیند و یا محصول شناسایی و اولویت‌بندی کرده و برای کاهش و یا حذف خطرات بالقوه شناسایی‌شده، اقداماتی را تعریف و اجرا کرد. درنهایت نتایج تحلیل‌ها و اقدامات صورت پذیرفته را باید مستندسازی نمود تا در صورت لزوم در آینده بتوان از آن‌ها بهره برد (۲۳).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شرکت ذوب‌آهن اصفهان نسبت به شهرهای اطراف

برای شناسایی و ارزیابی ریسک خطرات در واحد فرآیندی از روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن و جهت ارزیابی ریسک از اطلاعات موجود در کارخانه استفاده گردید. برای تعیین سناریوها از نتایج ارزیابی ریسک فرایندی با روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن استفاده گردید.

ارزیابی پیامد

به‌منظور مدل‌سازی و ارزیابی پیامدهای ناشی از حوادث محتمل در یک واحد شیمیایی از یک الگوی چهار مرحله‌ای که توسط انستیتوی مهندسی شیمی امریکا پیشنهادشده و شامل انتخاب سناریو، تعیین مشخصات سناریو، مدل‌سازی پیامدهای ناشی از سناریوی انتخابی، تحلیل نتایج است (۲۴).

انتخاب سناریو

سناریوها وقایع فرضی هستند که می‌توانند منجر به رویدادهای فرآیندی آتش‌سوزی، انفجار و یا رهایش مواد سمی شوند. برای تعیین سناریوی مربوط به مطالعه حاضر، از روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن برای شناسایی خطر، تجربیات مربوط به حوادث گذشته در صنعت مذکور و صنایع مشابه، تجربه و دانش کارکنان استفاده گردید. از میان ریسک‌های شناسایی‌شده، نشتی لوله‌ها دارای بیش‌ترین تکرار را در صنعت موردبررسی داشت که سناریوی پژوهش موردنظر بر اساس ۳ اندازه مختلف نشتی ۵، ۲۵ و ۱۰۰ میلی‌متر) در لوله‌ها و مدل‌سازی پیامدهای ناشی از آن‌ها طراحی گردید. درواقع یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات ارزیابی پیامد اندازه مناسب نشتی است. بر اساس استانداردAPI[۲] سه اندازه مختلف نشتی لوله‌های انتقال مواد برای تکمیل مطالعات مدل‌سازی در نظر گرفته‌شده است (جدول ۲).

تعیین مشخصات سناریو

در این مرحله تمامی مشخصات فیزیکی تأثیرگذار بر چگونگی شکل‌گیری و پیشرفت سناریوها، نظیر چگالی ماده رهاشده نسبت به هوا، دمای ماده در هنگام انتشار، دمای محیط، میزان ماده رهاشده و سرعت رهایش ازجمله عوامل مؤثر هستند (۲۲).

از آنجائی که یکی از مهم‌ترین عوامل در انتشار مواد، شرایط آب‌وهوایی منطقه می‌باشد، لذا در تمامی سناریوهای مدل‌های مطالعه اطلاعات حاصل از نمودارهای گلباد منطقه‌ای طی یک دوره یک‌ساله در دو شرایط آب‌وهوایی گرم) شش ماه اول سال به‌عنوان روز) و سرد (شش ماه دوم سال به‌عنوان شب) و شاخص روز ساعت ۱۲ ظهر و شاخص شب ساعت ۲۴ مدل‌سازی شده است. پارامترهای جوی محل

۲. American Petrolume Institute

www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Archive of SID

موردمطالعه از طریق نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی تهیه گردیده است و در جدول ۳ نشان داده‌شده است.

جدول ۲. مقادیر معیار اندازه نشتی از سوی DNV جهت استفاده در مدل‌سازی (۲۵)

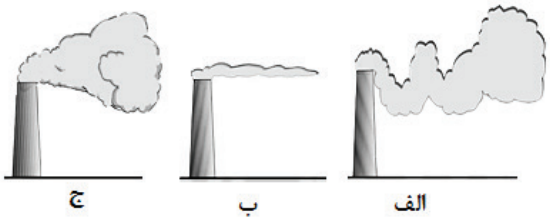
طبقه‌بندی اندازه نشتی	تجهیزات	اندازه نشتی نماینده
کوچک	نشتی با قطر کم‌تر از ۳ تا ۱۰ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
متوسط	نشتی با قطر کم‌تر از ۱۰ تا ۵۰ میلی‌متر	۲۵ میلی‌متر
بزرگ	نشتی با قطر کم‌تر از ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر	۱۰۰ میلی‌متر

جدول ۳. اطلاعات آب و هوایی منطقه

پارامتر جوی	شش ماه اول سال	شش ماه دوم سال
متوسط دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۵/۸۳	۱۰/۴۵
متوسط سرعت باد (متر بر ثانیه)	۲/۵۸	۲/۱۳
متوسط رطوبت (درصد)	۲۵/۳۷	۴۵/۱۶
پایداری جو	B	F

درجه پایداری جو

درجه پایداری جو در هنگام رها شدن مواد در محیط، عامل مهمی در مدل‌سازی پخش آن‌ها دارد رفتار توده ابر تشکیل‌شده از پخش مواد به میزان پایداری جو بستگی دارد. پایداری جو نشان‌دهنده میزان اختلاط اغتشاش لایه‌های جوی و معیاری از اختلاط مواد پخش‌شده در محیط در جهت عمود بر سطح زمین است. هر چه جو پایدارتر باشد این اختلاط کمتر و در صورت ناپایدار بودن جو، اختلاط لایه‌های جوی بیشتر است و پخش مواد در جهت عمود بر سطح زمین را به حداکثر می‌رساند. شاخص A ناپایدارترین حالت و شاخص F پایدارترین حالت است (جدول ۴) . شکل ۲ رفتار ابر گازی در محیط‌های با جو ناپایدار، پایدار و خنثی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. رفتار ابر گازی در محیط‌های با (الف) جو ناپایدار، (ب) پایدار و (ج) خنثی (۲۴)

جدول ۴. تعیین کلاس پایداری

هوای کاملاً ابری در هرزمان از شبانه‌روز	شب: درجه ابری بودن آسمان		روز: میزان تابش خورشید			سرعت باد (متر بر ثانیه)
	بین ۰/۴ تا ۰/۸	کم‌تر از ۰/۴	زیاد	متوسط	کم	
D	-	-	A	A-B	B	کم‌تر از ۲
D	F	E	A-B	B	C	۳-۲
D	E	D	B	B-C	C	۵-۳
D	D	D	C	C-D	D	۶-۵
D	D	D	C	D	D	بیشتر از ۶

مدل‌سازی پیامد

پس از انتخاب سناریوها و تعیین مشخصات آن‌ها، پیامدهای ناشی از رخداد سناریوها توسط نرم‌افزار ALOHA مدل‌سازی گردید.

نرم‌افزار ALOHA[۳] (موقعیت‌های فضایی اتمسفرهای خطرناک)، توسط EPA[۴] (سازمان حفاظت محیط‌زیست امریکا) برای مدل‌سازی حوادث ناشی از رهایی مواد سمی، منفجره و یا آتش و انفجار در پیامد آن‌ها عرضه‌شده است. این نرم‌افزار دارای بانک اطلاعاتی بسیار غنی (اطلاعات بیش از ۱۰۰۰ ماده شیمیایی) و محیطی ساده برای جلوگیری از اشتباهات کاربر است. یکی از ویژگی‌هایی که ALOHA را به‌عنوان یک نرم‌افزار محبوب برای مدل‌سازی حوادث مطرح کرده است هشدارهایی است که نرم‌افزار به کاربر در صورت واردکردن اطلاعات خارج از حدود معنی‌دار و یا خالی گذاشتن سهوی برخی پنجره‌ها می‌دهد (۲۶). پارامترهای ورودی موردنیاز در نرم‌افزار ALOHA جهت مدل‌سازی نشت بنزن از مخزن ذخیره آن شامل

۳. Areal Locations of Hazardous Atmospheres
۴. Environmental Protection Agency

www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Archive of SID

پارامترهای مربوط به منبع انتشار (محل منبع و زمان انتشار)، پارامترهای اتمسفری (دمای محیط، رطوبت، جهت و سرعت باد، نوع زمین و سایر پارامترهای اتمسفری) و پارامترهای مربوط به ماده شیمیایی است. پس از مدل‌سازی آثار حوادث نوبت به محاسبه میزان تلفات و خسارت‌های ناشی از پیامدهای نهایی (آتش، انفجار و پخش مواد) هرکدام از سناریوها می‌باشد. در نرم‌افزار ALOHA جهت تعیین محدوده تشکیل ابر بخار سمی از سطوح راهنمای مواجهه حاد[۵] استفاده می‌گردد. تعیین محدوده‌ها به‌صورت جدول ۵ است (۲۶).

جدول ۵. سطوح راهنمای مواجهه حاد

سطح	پیامد
یک	در این غلظت پیش‌بینی می‌شود که جمعیت عمومی شامل افراد مستعد، تحریک، آزردگی و برخی از اثرات غیر حسی و بدون علامت را تجربه کنند و به‌هرحال اثرات ناتوان‌کننده نیست و زودگذر و برگشت‌پذیر است.
دو	در این حالت افراد جامعه شامل افراد مستعد، می‌توانند اثرات نامطلوب و شدید و یا برگشت‌ناپذیر را تجربه کنند. در این حالت ممکن است افراد توان فرار را به‌نوعی از دست بدهند.
سه	در این حالت افراد ممکن است دچار مرگ شده و یا مواجهه در این سطح تهدیدکننده حیات افراد باشد.

در ALOHA، سطح یک راهنمای مواجهه حاد، یک آستانه تماس خفیف است که تصویر منطقه آن به رنگ زرد است سطح دو راهنمای مواجهه حاد، آستانه تماس متوسط است که تصویر منطقه آن به رنگ نارنجی است و سطح سوم سطح سه راهنمای مواجهه حاد، آستانه اثرات تهدیدکننده زندگی است که تصویر منطقه آن به رنگ قرمز است. در سطوح راهنمای مواجهه حاد تراکم هوابرد است و برحسب قسمت در میلیون یا میلی‌گرم بر مترمکعب بیان است.

در ALOHA، میزان تابش حرارتی سطوح خطر (LOC)، با انتشارهایی که در آتش رخ می‌دهد، اندازه‌گیری می‌شود. تابش حرارتی LOC، یک سطح آستانه تابش حرارتی (گرما) است، معمولاً سطح بالاتر از آن ممکن است خطر باشد. هنگامی‌که یک سناریو آتش استخری، جت آتش یا BLEVE در ALOHA مدل‌سازی می‌شود، تابش حرارتی خطری است که مدل‌سازی می‌گردد (۲۰).

ALOHA از مقادیر پیش‌فرض حرارتی کیلووات در هر مترمربع استفاده می‌کند که بر اساس بررسی چندین منبع قابل‌قبول درزمینهٔ اشعه حرارتی است (۲۶). منطقه قرمز؛ ۱۰ (کیلووات بر مترمربع)، به‌طور بالقوه در طی ۶۰ ثانیه کشنده است. منطقه نارنجی؛ ۵ (کیلووات بر مترمربع)، سوختگی درجه دوم در عرض ۶۰ ثانیه رخ می‌دهد. منطقه زرد، ۲ (کیلووات بر مترمربع)، درد در عرض ۶۰ ثانیه احساس میشود. اثرات تابش حرارتی که افراد تجربه می‌کنند بستگی به طول مدت‌زمانی که آن‌ها در معرض یک سطح تابش حرارتی خاص قرار می‌گیرند. طول مدت مواجهه، حتی در سطح پایین‌تر از تابش حرارتی، می‌تواند اثرات فیزیولوژیکی جدی ایجاد کند. مناطق خطرناک نمایش داده‌شده توسط ALOHA نشان‌دهنده سطح تابش حرارتی است. جدول ۶ نشان‌دهنده اثرات بر روی افرادی است که در معرض سطوح تابش حرارتی قرار دارند، اما می‌توانند در عرض یک دقیقه به دنبال سرپناهی باشند.

یافته‌ها

پیامد سناریوی پژوهش بر اساس سه بعد مختلف نشتی (۵، ۲۵ و ۱۰۰ میلی‌متر) در لوله‌ها مدل‌سازی گردید.

جدول ۶. قرار گرفتن در معرض سطوح تابش حرارتی (۱۸)

شدت تابش (کیلووات بر مترمربع)	مدت‌زمان درد شدید (ثانیه)	مدت‌زمان سوختگی درجه ۲ (ثانیه)
۱	۱۱۵	۶۶۳
۲	۴۵	۱۸۷
۳	۲۷	۹۲
۴	۱۸	۵۷
۵	۱۳	۴۰
۶	۱۱	۳۰
۸	۷	۲۰
۱۰	۵	۱۴
۱۲	۴	۱۱

سناریوی شماره ۱ (نشتی ۵ میلی‌متر) و تشکیل گودال تبخیر

در صورت نشت مواد از سوراخی به‌اندازه ۵ میلی‌متر از لوله‌های منتهی به مخزن در صورت تجمع مواد بنزنی در محوطه و عدم آتش‌گیری تشکیل گودال تبخیری به قطر ۲/۸ متر می‌دهد و همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌گردد تا فاصله ۱۹ متری غلظت بنزن در هوا به ۵۲ قسمت در میلیون می‌رسد. در جهت باد که به سمت شمال شرقی است تا فاصله کمتر از ۱۰ متر غلظت مواد بنزنی به ۴۰۰۰ قسمت در میلیون می‌رسد و باعث مرگ افراد می‌شود.

سناریوی شماره ۱ تشکیل استخر آتش

در صورت آتش‌گیری بنزن نشت یافته از نشتی ۵ میلی‌متر طی یک ساعت ۵۶/۷ کیلوگرم ماده می‌سوزد و استخر آتشی به قطر ۰/۵ متر

۵. Acute Exposure Guideline Levels

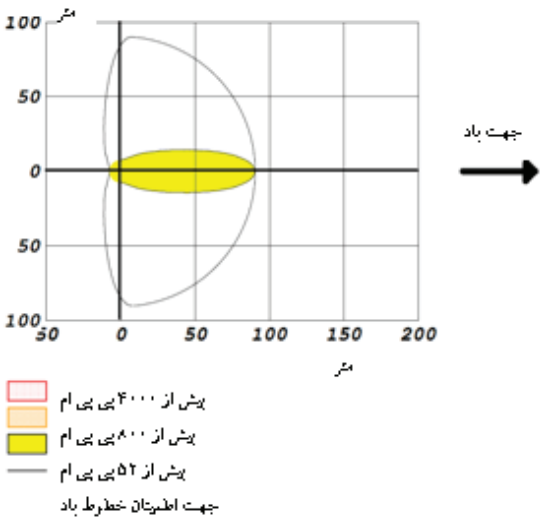
www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Archive of SID

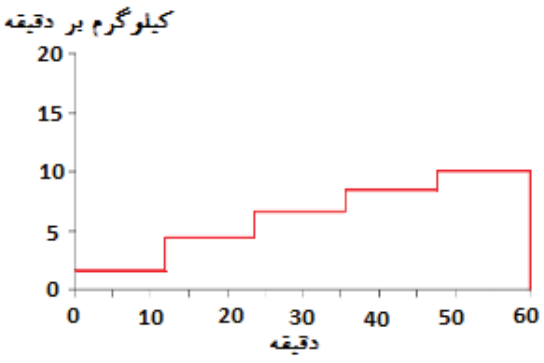
تشکیل می‌دهد که حداکثر طول شعله آن ۳ متر است. همچنین خطر این مدل گرمای تابشی که فواصل خطر آن کمتر از ۱۰ متر است.

سناریوی شماره ۲ (نشتی ۲۵ میلی‌متر) و تشکیل گودال تبخیر

در صورت نشت از سوراخی به قطر ۲۵ میلی‌متر طی یک ساعت از ۱۳۲۹۳۲ کیلوگرم بنزن موجود در مخزن ۶۹۷ کیلوگرم خارج‌شده و گودالی تبخیری به قطر ۱۴/۶ متر تشکیل می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است تا شعاع ۹۱ متری در جهت شمال شرقی ابر بخارات گسترش دارد و تا فاصله ۱۳ متری غلظت بنزن به ۸۰۰ قسمت در میلیون می‌رسد. در شکل ۴ راندمان نشتی بنزن و در جدول ۷ فواصل خطر در دو شرایط آب و هوایی گرم و سرد ذکرشده است که در زمستان فواصل کمی افزایش دارند.



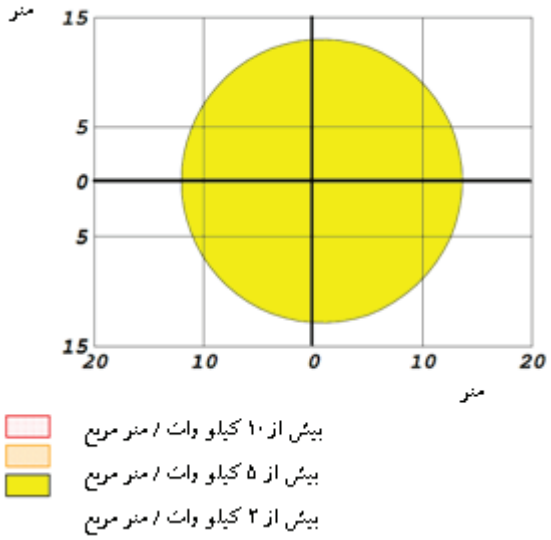
شکل ۳. محدوده ابر بخارات سناریو ۲



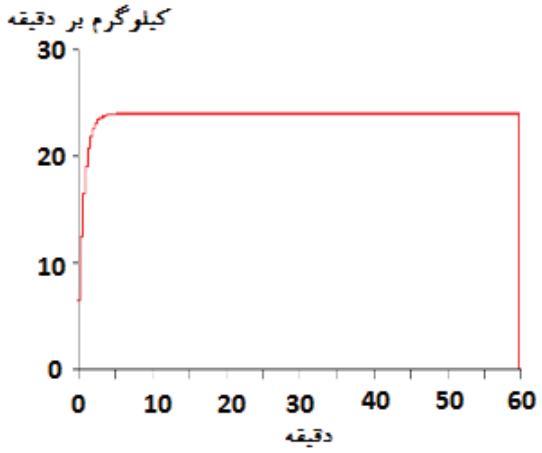
شکل ۴. راندمان خروج بنزن از مخزن طی یک ساعت در سناریو ۲ و تشکیل ابر بخارات

سناریوی شماره ۲ تشکیل استخر آتش

در شکل ۵ محدوده گرمای تابشی ناشی از نشتی ۲۵ میلی‌متر مشخص‌شده است که تا فاصله ۱۴ متری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شکل ۶ راندمان نشتی بنزن را نشان می‌دهد که در طی یک ساعت ۱۴۱۷ کیلوگرم بنزن آتش می‌گیرد و حداکثر طول شعله آن به ۹ متر می‌رسد و استخر آتشی به قطر ۲/۵ متر تشکیل می‌شود.



شکل ۵. محدوده گرمای تابشی ناشی از سناریو ۲



شکل ۶. راندمان خروج بنزن از مخزن طی یک در ساعت سناریو ۲ و تشکیل استخر آتش

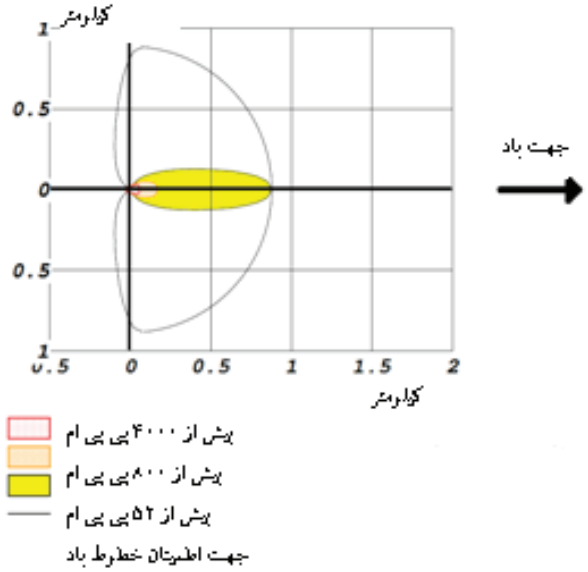
سناریوی شماره ۳ (نشتی ۱۰۰ میلی‌متر) و تشکیل گودال تبخیر

در صورت نشت از سوراخی به قطر ۱۰۰ میلی‌متر طی یک ساعت از ۱۳۲۹۳۲ کیلوگرم بنزن موجود در مخزن ۱۰۴۲۲ کیلوگرم خارج‌شده

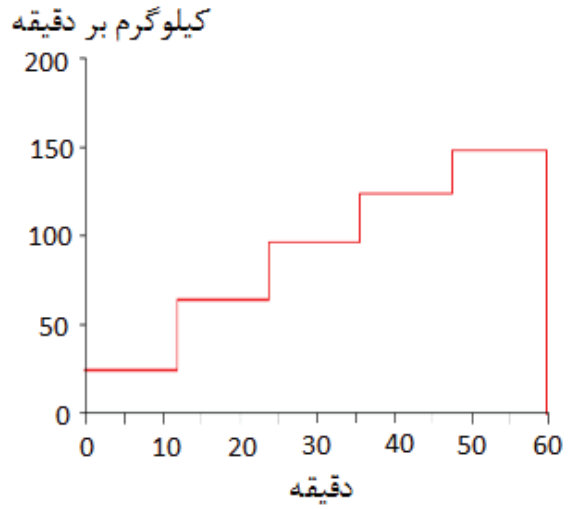
www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس CC BY-NC 4.0) Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Archive of SID

و گودالی تبخیری به قطر ۶۰ متر تشکیل می‌شود. همان‌طور که در شکل ۷ مشخص است تا شعاع ۸۸۳ متری در جهت شمال شرقی ابر بخارات گسترش دارد و تا فاصله ۵۹ متری غلظت بنزن به ۴۰۰۰ قسمت در می‌رسد. در شکل ۸ راندمان نشتی بنزن و در جدول ۷ فواصل خطر در دو شرایط آب و هوایی گرم و سرد ذکر گردیده که در زمستان فواصل کمی افزایش دارند.



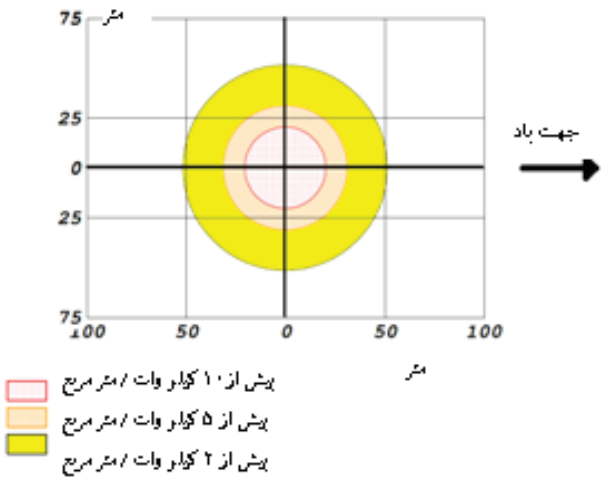
شکل ۷. محدوده ابر بخارات سناریو ۳



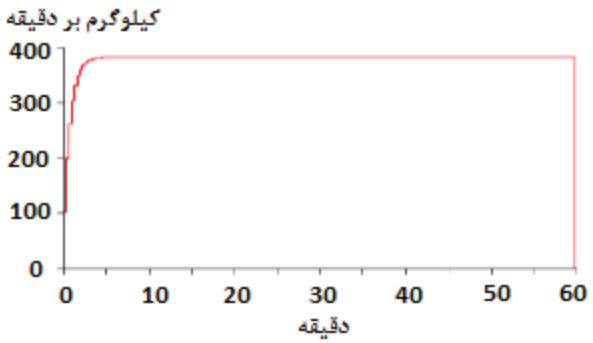
شکل ۸. راندمان خروج بنزن از مخزن طی یک ساعت در سناریو ۳ و تشکیل ابر بخارات

سناریوی شماره ۳ تشکیل استخر آتش

در شکل ۹ محدوده گرمای تابشی ناشی از نشتی ۱۰۰ میلی‌متر مشخص‌شده است که تا فاصله ۱۴ متری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شکل ۱۰ راندمان نشتی بنزن را نشان داده‌شده که در طی یک ساعت ۱۴۱۷ کیلوگرم بنزن آتش می‌گیرد و حداکثر طول شعله آن به ۹ متر می‌رسد و استخر آتشی به قطر ۲/۵ متر تشکیل می‌شود.



شکل ۹. محدوده گرمای تابشی ناشی از سناریو ۳



شکل ۱۰. راندمان خروج بنزن از مخزن طی یک ساعت در سناریو ۳ و تشکیل استخر آتش

www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Archive of SID

جدول ۷. پیامدهای نشتی ۵، ۲۵ و ۱۰۰ میلی‌متر

نوع پیامد	فواصل خطر	سناریو ۱ نشتی ۵		سناریو ۲ نشتی ۲۵		سناریو ۳ نشتی ۱۰۰	
		تابستان (متر)	زمستان (متر)	تابستان (متر)	زمستان (متر)	تابستان (متر)	زمستان (متر)
منطقه ابر بخارات سمی	قرمز	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۵۹	۳۰
	نارنجی	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۱۳	۱۳	۱۶۹	۱۱۵
	زرد	۱۹	۲۲	۹۱	۱۰۱	۸۸۳	۷۵۷
استخر آتش	قرمز	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۲۰	۲۱
	نارنجی	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۰۱	۳۱	۳۱
	زرد	کمتر از ۱۰	کمتر از ۱۰	۱۴	۱۶	۵۱	۵۲

بحث

بر اساس نتایج این مطالعه جدی‌ترین خطری که کارکنان را تهدید می‌کند عواقب ناشی از سمیت بنزن و غلظت کشنده بنزن است که به اتاق کنترل می‌رسد. با توجه به‌قرار داشتن اتاق کنترل در ۷۲ متری از مخزن مربوطه تا حدود ۱۶۹ متر اطراف مخزن غلظت بخارات بنزن به ۸۰۰ قسمت در میلیون می‌رسد که در محدوده سطح دو راهنمای مواجهه حاد بوده و درواقع افرادی که در این محدوده هستند به‌نوعی توان فرار را از دست می‌دهند. با توجه به اینکه کارکنانی که در شعاع منطقه حریق قرار دارند فرصت کافی برای فرار به مناطق دورتر از حریق را ندارند، بنابراین می‌توان با ایجاد پناهگاه‌های تعبیه‌شده یا انتقال کارکنان به مناطق مرتفع از حوادث پیش‌گیری نمود (۱۹). همچنین با توجه به فاصله زیاد منازل مسکونی شهرهای اطراف چمگردان، زرین‌شهر و فولادشهر نشتی مواد نمی‌تواند تأثیری بر سلامت این افراد داشته باشد؛ اما افرادی که در کارگاه‌های مجاور مانند باطری‌های تولید کک، کارگاه مکانیکی، کارگاه بیوشیمی و سیلوهای زغال فعالیت می‌نمایند، در نشتی سناریو ۳ می‌توانند تحت تأثیر بخارات بنزن و در محدوده سطوح یک و دو راهنمای مواجهه حاد قرار بگیرند. با توجه به اینکه یکی از اقدامات مؤثر در کاهش تلفات انسانی در زمان نشتی و انتشار گازهای سمی، اطلاع‌رسانی به‌موقع از زمان نشت است؛ بنابراین تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری می‌تواند نقش مؤثری در کاهش اثرات زیان‌بار ناشی از انتشار موادمی داشته باشد (۲). همچنین نتایج حاصل از منحنی محدوده آتش استخری انتشار بنزن، نشان می‌دهد که در سناریوی نشتی ۵ میلی‌متر تا شعاع کمتر از ۱۰ متر و در سناریوی با نشتی ۲۵ میلی تا شعاع ۱۴ متر و در سناریوی با نشتی ۱۰۰ میلی‌متر تا شعاع ۵۱ متر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مشاهده می‌شود که با افزایش قطر نشتی از ۲۵ به ۱۰۰ میلی‌متر، محدوده شعاع تابش گرمایی ناشی از حریق افزایش چشم‌گیری می‌یابد. بررسی نتایج با تحقیقات دیگر به علل مختلف مانند متفاوت بودن مواد نشت یافته، نحوه و شرایط انتشار و نوع سناریوهای انتخابی کمی مشکل می‌باشد، اما نتایج به‌دست‌آمده همسو با سایر تحقیقات نشان می‌دهد، اندازه نشتی می‌تواند بیشترین تأثیر را بر روی شدت پیامد نهایی داشته باشد. بسیاری از حوادث ناشی از نشتی و انفجار مخازن به دلیل خوردگی و پوسیدگی اتصال‌ها و تجهیزات است که می‌توان با انجام بازرسی‌های فنی و بازدیدهای مستمر از روی دادن بسیاری از حوادث جلوگیری نمود. باوجود این‌که نتایج حاصل از مدل‌سازی بر اساس روابط ریاضی و تعریف سناریوهای محتمل انجام می‌شود و همیشه با درصد قابل‌توجهی از خطا همراه است اما نتایج آن می‌تواند در تدوین استراتژی‌های پیشگیرانه و طرح‌ریزی شرایط اضطراری مورداستفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایاننامه کارشناسی ارشد آقای غلامحسین محمدی به راهنمایی اول آقای دکتر یوسف عظیمی است. پژوهش حاضر با حمایت مدیریت کک سازی و مدیریت پژوهش شرکت ذوب‌آهن اصفهان صورت گرفته است. از حمایت‌ها و حسن نظر مسئولان مربوطه به‌خصوص سرپرست واحد پالایش بنزول سپاسگزاریم.

www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس (CC BY-NC 4.0) Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

References

1. Environmental Research Center of Tehran University of Medical Sciences. Guidelines of chemical incidents management in the workplace and industries Ministry of Health and Medical Education, Islamic Republic of Iran; 2014.

2. Harati B, Shahtaheri SJ, Karimi A, Azam K, Ahmadi A, Afzali Rad M, et al. Risk assessment of chemical pollutants in an automobile manufacturing. Health and Safety at Work. 2017;7(2):121-30.

3. Askaripoor T, Kazemi E, Aghaei H, Marzban M. Evaluating and Comparison of Fuzzy Logic and Analytical Hierarchy Process in Ranking and Quantitative Safety Risk Analysis (Case Study: A combined cycle power plant). J Saf Promot Inj Prev. 2015;3(3):169-74.

4. Azimi Y, Rahimi Dizaji M, Sarkheil H. Optimum layout of underground storage chambers for explosives - A case study: Underground storage of explosives in Bakhtiari dam. Tunneling & Underground Space Engineering. 2016;5(1):1-19.

5. 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.

6. Sarkheil H, Tavakoli J, Rezvani S. nherent Safety Process Assessment in the Initial Phase of the Chemical Design Process: The Case of Acetic Acid Production Process. J Saf Promot Inj Prev. 2016;4(1):63-8.

7. Jahani A. Sycamore failure hazard classification model (SFHCM): an environmental decision support system (EDSS) in urban green spaces. International Journal of Environmental Science and Technology. 2019;16(2):955-64.

8. Jahani A. Sycamore failure hazard risk modeling in urban green space. Journal of spatial analysis environmental hazards. 2017;3(4):35-48

9. Azimi Y. Investigation of Seismic Wave due to Blasting in Sungun copper mine. MSc Iran, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic). 2006.

10. Golbabae F, Avar N, Mohammadfam I. Dispersion modeling of propane leakage from an industry. Human & Environment. 2012;10(34):1-13.

11. Jafari MJ, Zarei E, Dormohammadi A. Presentation of a method for consequence modeling and quantitative risk assessment of fire and explosion in process industry (Case study: Hydrogen Production Process). jhsw. 2013;3(1):55-68.

12. Nezamodini Z, Rezvani Z, Kian K. Fire and explosion risk assessment in a process unit using Dow's Fire and Explosion Index. Health and Safety at Work. 2015;4(4):29-38.

13. Jahangiri A. Modeling the growth of a vapor film formed in contact between a hot metal sphere and water in pressure vessels. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering. 2019;233(2):184-94. [Scopus]

14. Gerboni R, Salvador E. Hydrogen transportation systems: Elements of risk analysis. Energy. 2009;34(12):2223-9. [Scopus]

15. Brzozowska L. Computer simulation of impacts of a chlorine tanker truck accident. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2016;43:107-22. [Scopus]

16. Jafarei MJ, Saberi-behdad S, Pouyakian M. The Effect of Reducing the Volume and Working Pressure Propane Tank on the Consequences of the Effects of Flash Fire and Jet Fire. J Saf Promot Inj Prev 2016;4(4):245-52.

www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس (CC BY-NC 4.0) Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

Archive of SID

17. Abdolhamidzadeh B, Badri N. Quantitative and qualitative risk assessment in process industries and description of methods for identifying industrial hazards with a focus on HAZOP: Andishe Sara; 2012.

18. Ghorbani R, Atabi F, Jabbari M. Fatal Hazards in Road Transportation Crashes of Chemical Material Career Tankers. J Saf Promot Inj Prev 2017;5(2):63-72.

19. Beheshti MH, Hajizadeh R, Mehri A, Borhani Jebeli M. Modeling the result of hexane leakage from storage tanks and planning a emergency response programm in a petrochemical complex. IOH. 2016;13(1):69-79. [Scopus]

20. Tseng JM, Su TS, Kuo CY, editors. Consequence evaluation of toxic chemical releases by ALOHA. Procedia Engineering; 2012.

21. Toufiqur Rahman SM, Salim MT, Syeda SR, editors. Facility layout optimization of an ammonia plant based on risk and economic analysis. Procedia Engineering; 2014. [Scopus]

22. Ochrana F, Půček M, Plaček M. The Use of FMEA for the Analysis of Corruption: A Case Study from Bulgaria. Procedia Economics and Finance. 2015;30:613-21.

23. Kermanshahi M, Eyvazzadeh A. Hazard Identification and Safety Risk Assessment in Setting up Processes of Combined Cycle Power Plants with Heller´s Cooling Tower، by FMEA method. Application of chemistry in the environment. 2016;7:8-11.

24. AIChE C. Guidelines for chemical process quantitative risk analysis. New York, NY. 2000.

25. EPA N. Area Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA). User's Manual, US Environmental Protection Agency (USEPA) and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC. 1999.

26. Veritas DN. ARF—Activity Responsible Function, DNV Proprietary Documentation. 1998.

www.SID.ir
این مقاله تحت لیسانس (CC BY-NC 4.0) Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.