

## مدل سازی و ارزیابی پیامدهای ایمنی حاصل از نشت پروپیلن اکساید در یک صنعت پتروشیمی

بهرام هراتی<sup>۱</sup> - علی کریمی<sup>۲\*</sup> - علی عسکری<sup>۱</sup> - فاطمه دهقانی<sup>۱</sup> - عارف نصرالهی<sup>۲</sup>

a\_karimi@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲

### مکیده

**مقدمه:** آگاهی از شعاع های انفجار، آتش و خسارت ناشی از آن می تواند نقشی مهم در دست یابی به اقدامات پیش گیرانه از حوادث داشته باشد. لذا این مطالعه با هدف مدل سازی و ارزیابی پیامدهای حاصل از نشت پروپیلن اکساید یک صنعت پتروشیمی انجام شده است.

**روش کار:** روش مورد استفاده در مطالعه حاضر QRA است که شامل ۷ مرحله می باشد. در مطالعه حاضر جهت بررسی و مدل سازی نحوه انتشار پروپیلن اکساید، نخست با اطلاعات واحد فرآیندی آشنا شده، در ادامه با انجام ارزیابی ریسک به روش HAZOP، خطرات موجود شناسایی گردید. مراحل ارزیابی پیامد در یک واحد فرآیندی شامل انتخاب سناریو، تعیین مشخصات سناریو، مدل سازی پیامدهای ناشی از سناریوی انتخابی، تحلیل نتایج و تعیین درصد مرگ و میر می باشد. مدل سازی پیامد و ارزیابی نشت پروپیلن توسط نرم افزار PHAST ورژن ۶/۵۱ انجام گردید.

**یافته ها:** منحنی های حاصل از محدوده آتش ناگهانی انتشار پروپیلن اکساید نشان می دهد که در سناریوی نشتی ۵ میلی متر تا شعاع ۰/۱۵ متر و در سناریوی با نشتی ۲۵ میلی متر تا شعاع ۱/۱ متر و در سناریوی با نشتی ۱۰۰ میلی متر تا شعاع ۳۹ متر را تحت تاثیر قرار می دهد. حداکثر شدت تابش حریق فورانی در نقطه اولیه سناریوی ۵ میلی متر حریق ۲/۴ کیلووات بر مترمربع، در سناریوی نشتی ۲۵ میلی متر شدت تابش در فاصله ۵ متری از حریق شدت تابش به حداکثر مقدار ۹ کیلووات بر متر مربع، در سناریوی با نشتی ۱۰۰ میلی متر حریق فورانی شدت تابش در نقطه اولیه حریق ۱۴ کیلووات بر متر مربع بوده که حداکثر شدت تابش گرمایی در فاصله ۵ متری به مقدار ۱۶/۵ کیلووات بر متر مربع می رسد و حداکثر تا فاصله ۸۰ متری اطراف مخزن را تحت تاثیر قرار می دهد. میزان درصد مرگ و میر کارکنانی که با حریق فورانی مواجهه دارند، ۵۰ درصد می باشد.

**نتیجه گیری:** بسیاری از حوادث ناشی از نشتی و انفجار مخازن به دلیل خوردگی و پوسیدگی اتصال ها و تجهیزات می باشد که می توان با انجام بازرسی های فنی و بازدیدهای مستمر از روی دادن بسیاری از حوادث جلوگیری نمود.

### کلمات کلیدی: آتش ناگهانی، حریق فورانی، مدل سازی پیامد، پروپیلن اکساید

- ۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۳- کارشناس ارشد HSE، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران

## مقدمه

امروزه هزاران ماده شیمیایی در صنایع گوناگون تولید می‌شود که بسیاری از این مواد به دلیل رهايش در محیط کار می‌توانند مخاطره آمیز شوند (۱). پیشرفت صنعت و تکنولوژی سبب افزایش حوادث ناشی از رهايش مواد سمی و انفجار مواد شیمیایی و سمی در واحدهای صنعتی شده است که سلامت کارکنان و جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲). 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 (۳). در سال ۱۹۹۶ انفجار در آزمایشگاه بیوشیمی دانش گاه تربیت مدرس تهران سبب مرگ یک نفر و از بین رفتن بسیاری از تجهیزات آزمایشگاه گردید (۴). نشت مواد شیمیایی و خطرناک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می‌تواند به عنوان یکی از عوامل تهدید کننده سلامت شاغلین این صنایع در نظر گرفته شود (۵). در اثر تماس حلال‌ها با گرما و تجمع سیال، به تدریج تبخیر و نشتی مخازن شروع شده که به سبب آن ابرگازی 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 (۶). با توجه به استفاده گسترده صنایع از مواد شیمیایی مختلف با قابلیت 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 (۳). در مطالعه‌ای که توسط Li و همکارانش در سال ۲۰۱۰ با هدف بررسی ارزیابی ریسک کمی در یک ایستگاه سوخت‌گیری گاز هیدروژن در شانگهای انجام گرفت، نشان داده

شد که تنظیم محفظه کمپرسور نقش قابل توجهی در تغییر فاصله ایمن دارد (۷). در مطالعه‌ای که توسط Gerboni و همکارانش با هدف بررسی تجزیه و تحلیل سیستم‌های حمل و نقل هیدروژن انجام شد، مشخص گردید که شعاع‌های آتش ناگهانی ناشی از نشتی لوله‌های هیدروژن ۱۳ متر است (۸). آتش سوزی و انفجار جزء خطرات مهم صنایع فرآیندی محسوب می‌شوند که از طریق روش‌های مختلف می‌توان خطرات موجود را شناسایی نمود (۹). مدل سازی پیامد یکی از تحلیل‌های مهندسی ایمنی است که می‌تواند قسمت اعظم حوادث را پیش‌بینی و خسارت ناشی از آن را کاهش دهد (۳). مدل سازی تخلیه مواد به اندازه نشتی، مدت نشتی، شکل انتشار مواد و مسیر ترمودینامیکی وابسته است (۱۰). علاوه بر مدل سازی پخش مواد، شرایط آب و هوایی، پایداری اتمسفر و اندازه حرکت مواد رها شده به شکل ابر و نحوه پخش آن‌ها موثر است (۱۰-۱۲). امروزه مدل‌های زیادی به منظور مدل سازی پخش گازها و بخارات مورد استفاده قرار می‌گیرد. پرکاربردترین مدل مورد استفاده جهت پخش مواد، مدل‌های گوسی هستند (۵، ۱۳). مدل‌های گوسی در آمریکا از اواسط دهه ۱۹۶۰ مورد استفاده قرار گرفتند. ساده و سریع بودن، از خصوصیات مدل‌های گوسی است (۱۴). مدل سازی آثار حادثه و پیامدهای حاصل از آن با استفاده از روش‌های تحلیلی و فرمول‌های تجربی و نظری موجود و نیز استفاده از نرم‌افزارهای تجاری میسر می‌باشد. امروزه نرم‌افزارهای متعددی جهت مدل سازی انفجار و موج ناشی از انفجار مورد استفاده قرار می‌گیرد که از میان آن‌ها نرم‌افزار PHAST جهت تحلیل پیامد حوادث مربوط به شرکت‌های نفت، گاز، پتروشیمی و نیز صنایع شیمیایی مورد

شناسایی و ارزیابی ریسک خطرات در واحد فرآیندی از روش HAZOP و جهت انجام ارزیابی ریسک از یک تیم ۳ نفره استفاده گردید. در طی انجام ارزیابی ریسک به روش مذکور و تعیین سناریو، تعداد ۳ انحراف از قبیل نشتی لوله ها، شکاف لوله ها و نقص در سقف تانک شناسایی شده که بیش ترین انحراف مربوط به نشتی لوله ها بود. انحراف ها و کلید واژه های موجود، بیش ترین نقص ها و حوادث رخ داده از صنعت مورد نظر تعیین گردید.

#### ارزیابی پیامد

به طور کلی مراحل ارزیابی پیامد در یک واحد فرآیندی شامل انتخاب سناریو، تعیین مشخصات سناریو، مدل سازی پیامدهای ناشی از سناریوی انتخابی، تحلیل نتایج و تعیین درصد مرگ و میر می باشد.

#### انتخاب سناریو

سناریوها وقایع فرضی هستند که می توانند منجر به رویدادهای فرآیندی آتش سوزی، انفجار و یا رهاش مواد سمی شوند. در سناریوها واقعه اولیه، محدوده گسترش، پیامدها و نیز اقدامات لازم برای مقابله با شرایط اضطراری تعیین می شود. برای تعیین سناریوی مربوط به مطالعه حاضر، از روش شناسایی خطر (HAZOP)، تجربیات مربوط به حوادث گذشته در صنعت پتروشیمی و نیز تجربیات افراد استفاده گردید. از میان انحرافات شناسایی شده، نشتی لوله ها بیش ترین تکرار را در صنعت مورد بررسی داشت که سناریوی پژوهش مورد نظر براساس ۳ ابعاد مختلف نشتی (۵، ۲۵ و ۱۰۰ میلیمتر) در لوله ها و مدل سازی پیامدهای ناشی از آن ها طراحی گردید.

استفاده قرار می گیرد (۲). با توجه به این موضوع که نشت مواد شیمیایی در محیط می تواند منجر به ایجاد حریق و انفجار گردیده و صدمه به افراد، محیط و تجهیزات فرآیندی را در پی داشته باشد، لذا مطالعه حاضر با هدف شناسایی خطرات، مدل سازی پیامد نشت پروپیلن اکساید و ارزیابی پیامدهای حاصل از نشت مواد در یک صنعت پتروشیمی انجام گردید.

### روش کار

در مطالعه حاضر جهت بررسی و مدل سازی نحوه انتشار پروپیلن اکساید، نخست با اطلاعات واحد فرآیندی آشنا شده، در ادامه با انجام ارزیابی ریسک به روش HAZOP خطرات موجود را شناسایی کرده و در نهایت مدل سازی پیامد و ارزیابی نشت پروپیلن توسط نرم افزار PHAST ورژن ۶/۵۱ انجام گردید.

#### اطلاعات واحد فرآیندی

پروپیلن اکساید به صورت مایع در یک مخزن با حجم ۳۷/۷ متر مکعب با قطر ۲ متر و ارتفاع ۶ متر قرار دارد. ارتفاع مخزن از سطح زمین ۲ متر و درصد نگه داری مواد در مخزن ۷۰ درصد می باشد. مخزن مورد نظر در شرایط دمایی ۴۵ درجه سانتی گراد نگه داری می شود. قطر شیر خروجی ۴ اینچ و در فاصله ۱۵ سانتی متری از کف مخزن قرار دارد. طول لوله انتقال پروپیلن اکساید از مخزن ۱۲۰ متر می باشد. اطلاعات موجود از یکی از صنایع پتروشیمی شهر ماه شهر تهیه گردید.

#### ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک یک راه کار اصلی جهت تصمیم گیری در مورد راه های کنترلی است (۱۵). برای

## تعیین مشخصات سناریو

در این مرحله تمامی مشخصات فیزیکی تاثیر گذار بر سناریو نظیر چگالی ماده رها شده نسبت به هوا، دمای ماده در هنگام انتشار، فشار، میزان ماده رها شده، سرعت رهاپیش و نیز حدود مواجهه در شرایط خطرناک در نظر گرفته شد.

یکی از مهم ترین بخش های مطالعات ارزیابی پیامد اندازه مناسب نشستی است. براساس استاندارد API سه اندازه مختلف نشستی لوله های انتقال مواد برای تکمیل مطالعات مدل سازی در نظر گرفته شده است (جدول ۱).

## تعیین کلاس پایداری اتمسفری

کلاس پایداری نشان دهنده درجه تلاطم اتمسفری است و با شاخص A (ناپایدارترین حالت) تا G پایدارترین حالت نشان داده می شود. هر چه پایداری بیشتر شود، گسترش ماده خطرناک ابعاد بیش تری پیدا می کند (۳، ۱۱، ۱۷). برای تعیین پایداری روش های مختلفی وجود دارد که در مطالعه حاضر با توجه به اطلاعات قابل دسترس از روش گیفورد (۱۹۹۷) استفاده گردید (جدول ۲). با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مورد بررسی کلاس پایداری C برآورد گردید.

## شرایط محیطی

پس از تعیین سناریو، شرایط آب و هوایی منطقه مورد بررسی در فصل تابستان تعیین گردید. در این فصل از سال سرعت باد ۶ متر بر ثانیه، دمای محیط ۴۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۴۰ درصد می باشد.

## مدل سازی پیامد

پس از انتخاب سناریوها و تعیین مشخصات آن ها، پیامدهای ناشی از رخداد سناریوها توسط نرم افزار PHAST مدل سازی گردید. اطلاعات ورودی به نرم افزار جهت مدل سازی نشت و انفجار، برای فشار داخلی مخزن ۴ بار و فشار خارجی، فشار اتمسفری در نظر گرفته شد.

جدول (۱) - مقادیر معیار اندازه نشستی از سوی DNV جهت استفاده در مدل سازی (۱۶)

اندازه نشستی نماینده	تجهیزات	طبقه بندی اندازه نشستی
۵ میلی متر	نشستی با قطر کم تر از ۳ تا ۱۰ میلی متر	کوچک
۲۵ میلی متر	نشستی با قطر کم تر از ۱۰ تا ۵۰ میلی متر	متوسط
۱۰۰ میلی متر	نشستی با قطر کم تر از ۵۰ تا ۱۵۰ میلی متر	بزرگ

جدول (۲) - تعیین کلاس پایداری (۱۰)

سرعت باد (m/s)	روز: میزان تابش خورشید			شب: درجه ابری بودن آسمان		هوای کاملاً ابری در هر زمان از شبانه روز
	کم	متوسط	زیاد	کم تر از ۰/۴	بین ۰/۴ تا ۰/۸	
کمتر از ۲	B	A-B	A	-	-	D
۲-۳	C	B	A-B	E	F	D
۳-۵	C	B-C	B	D	E	D
۵-۶	D	C-D	C	D	D	D
بیشتر از ۶	D	D	C	D	D	D

### یافته ها

یافته های حاصل از سناریوی شماره ۱ (نشتی ۵ میلی متر) نتایج حاصل از محدوده آتش ناگهانی انتشار پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۵ میلی متر (نمودار ۱) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود.

نتایج حاصل از تغییرات میزان گرمای تابشی پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۵ میلی متر برحسب فاصله در آتش فورانی (نمودار ۲) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود.

یافته های حاصل از سناریوی شماره ۲ (نشتی ۲۵ میلی متر)

نتایج حاصل از محدوده آتش ناگهانی انتشار پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۲۵ میلی متر (نمودار ۳) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود. نتایج حاصل از تغییرات میزان گرمای تابشی پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۲۵ میلی متر برحسب فاصله در آتش فورانی (نمودار ۴) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود.

جدول (۳) - ارتباط بین درصد مرگ و میر و پروبیت (۱۶)

درصد	۴۰	۵۰
۰	۳/۲۵	۳/۳۶
۱۰	۳/۹۲	۳/۹۶
۲۰	۴/۲۹	۴/۳۲
۳۰	۴/۵۹	۴/۶۱
۴۰	۴/۸۵	۴/۸۷
۵۰	۵/۱۰	۵/۱۳
۶۰	۵/۳۶	۵/۳۹
۷۰	۵/۶۴	۵/۶۷
۸۰	۵/۹۹	۶/۰۴
۹۰	۶/۵۵	۶/۶۴

نتایج مدل سازی پیامدها نیز به صورت شدت تابش ناشی از آتش یا موج انفجار در موقعیت های مختلف نسبت به محل وقوع سناریو ارائه می شود. سپس نتایج خروجی از مدل سازی تخلیه و انتشار مواد در سناریوی مورد بررسی و مقایسه آنها به معیارهای موجود در این زمینه، شدت آسیب رسانی رویداد مشخص می گردد (۱۶).

### ارزیابی احتمال مرگ و میر در اثر حریق فورانی

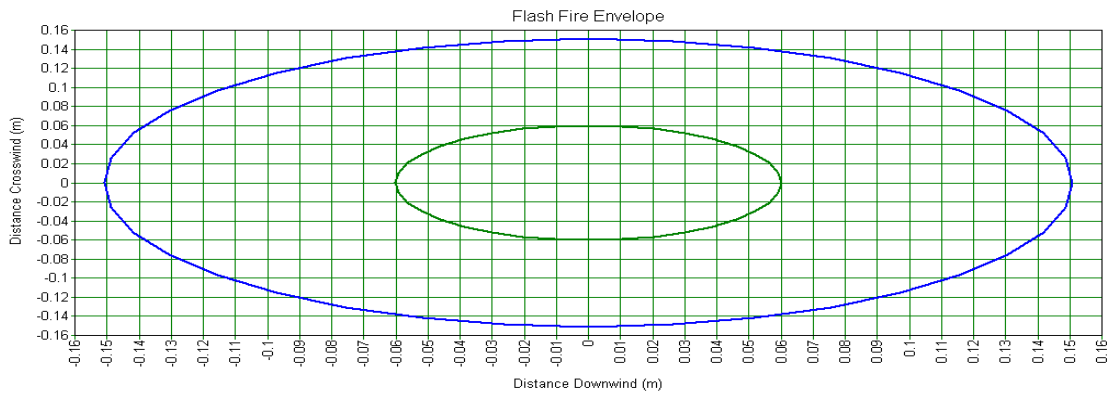
برای محاسبه درصد مرگ و میر حریق فورانی از روابط پروبیت استفاده گردید. برای محاسبه درصد مرگ و میر ناشی از حریق برای فردی که لباس معمولی به تن دارد، از معادله زیر استفاده شد:

$$Y = -37.23 + 2.56 \ln(I^{1.33}t)$$

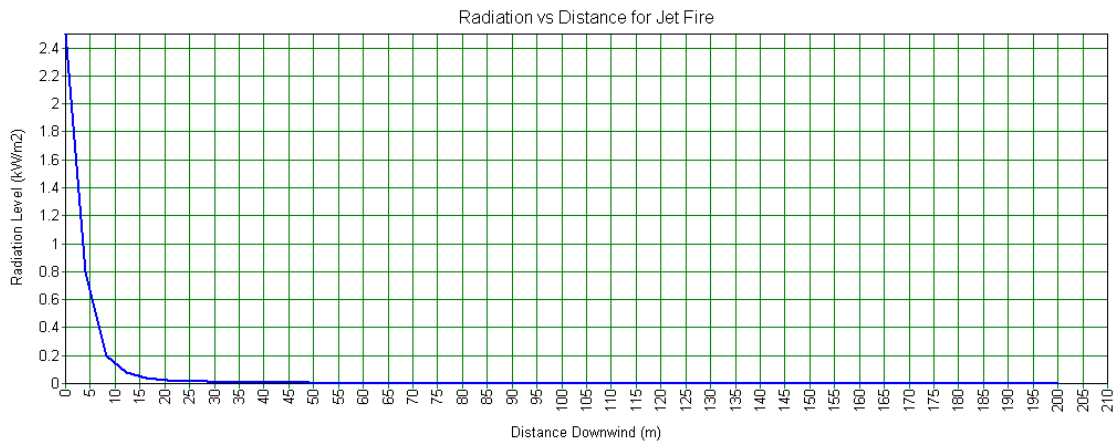
I: شدت گرمایی تابشی (وات بر متر مربع)  
t: زمان مواجهه (ثانیه). معمولاً زمان مواجهه با تابش آتش فورانی ۲۰ ثانیه در نظر گرفته می شود (۱۶).  
جهت به دست آوردن شدت گرمای تابشی ابتدا نسبت X/R (فاصله اپراتور تا مخزن تقسیم بر شعاع مخزن)، سپس فاکتور دید را با توجه به نمودار استاندارد (۱۸) به دست آورده و سپس از فرمول زیر مقدار شدت گرمای تابشی تعیین می شود:

شدت گرمای تابش = فاکتور دید × میانگین تابش سطحی

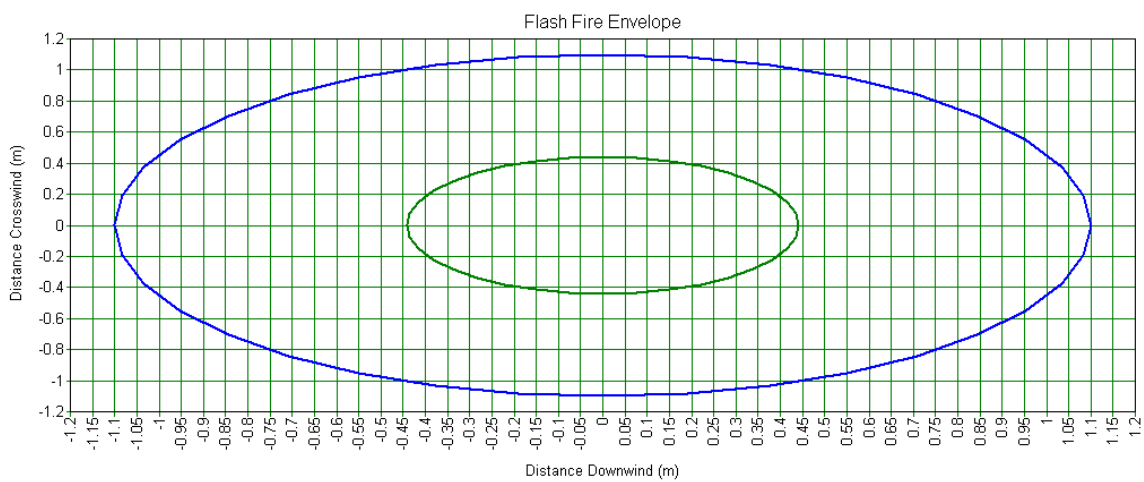
میانگین شدت تابش سطحی برای پروپیلن اکساید ۴۰ کیلووات بر متر مربع برای حریق استخری در نظر گرفته می شود، اما تابش سطحی حریق فورانی می تواند بسیار بیش تر از حریق کامل (در حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلو وات بر مترمربع) باشد. با توجه به اهمیت سلامت کارکنان در مطالعه حاضر میانگین تابش سطحی ۳۰۰ کیلووات بر متر مربع در نظر گرفته شد. سپس در انتها با استفاده از جدول (۳) احتمال مرگ و میر به دست می آید (۱۶).



نمودار (۱) - مربوط به محدوده آتش ناگهانی در نشتی ۵ میلی متر



نمودار (۲) - مربوط به تغییرات میزان تابش برحسب فاصله در نشتی ۵ میلی متر



نمودار (۳) - مربوط به محدوده آتش ناگهانی در نشتی ۲۵ میلی متر

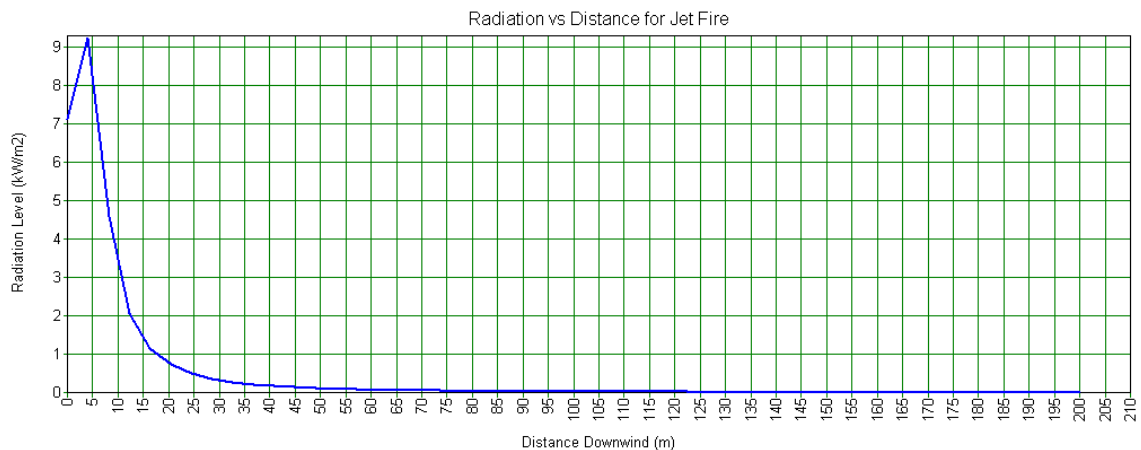
ناحیه انتشار مقدار مواد سمی (برحسب متر) حریق فورانی انتشار پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۲۵ میلی متر (نمودار ۵) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود.

نتایج حاصل از تغییرات میزان گرمای تابشی پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۱۰۰ میلی متر برحسب فاصله در آتش فورانی (نمودار ۷) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود.

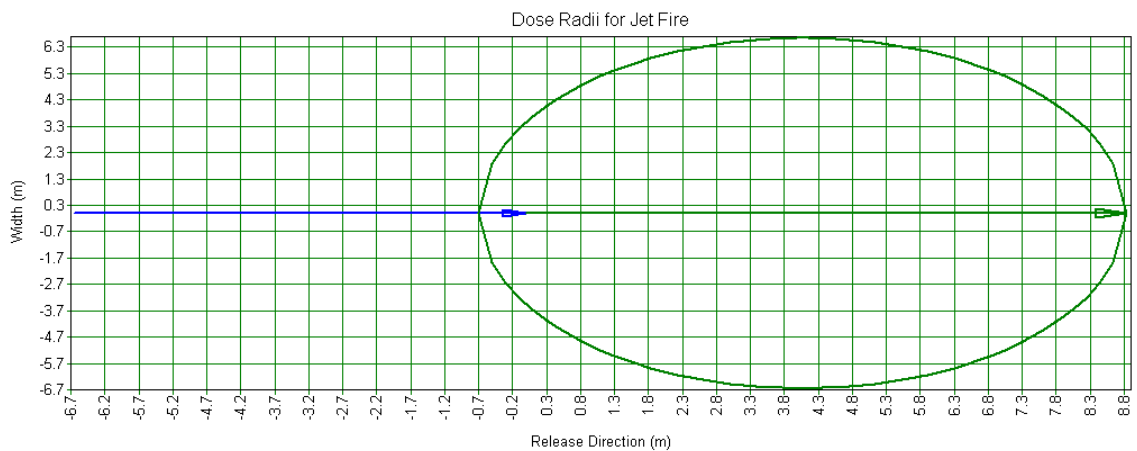
یافته های حاصل از سناریوی شماره ۳ (نشتی ۱۰۰ میلی متر) نتایج حاصل از محدوده آتش ناگهانی انتشار پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۱۰۰ میلی متر (نمودار ۶) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود.

ناحیه انتشار مقدار مواد سمی (برحسب متر) حریق فورانی انتشار پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۱۰۰ میلی متر (نمودار ۸) و در شرایط آب و هوایی C مشاهده می شود.

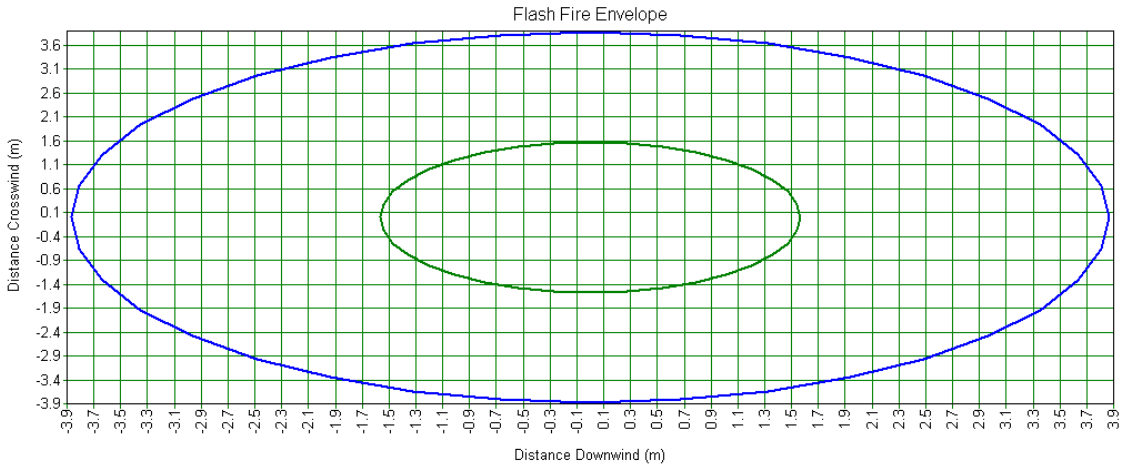
ارزیابی احتمال مرگ و میر در اثر حریق فورانی با استفاده از نمودارهای حاصل، فاکتور دید



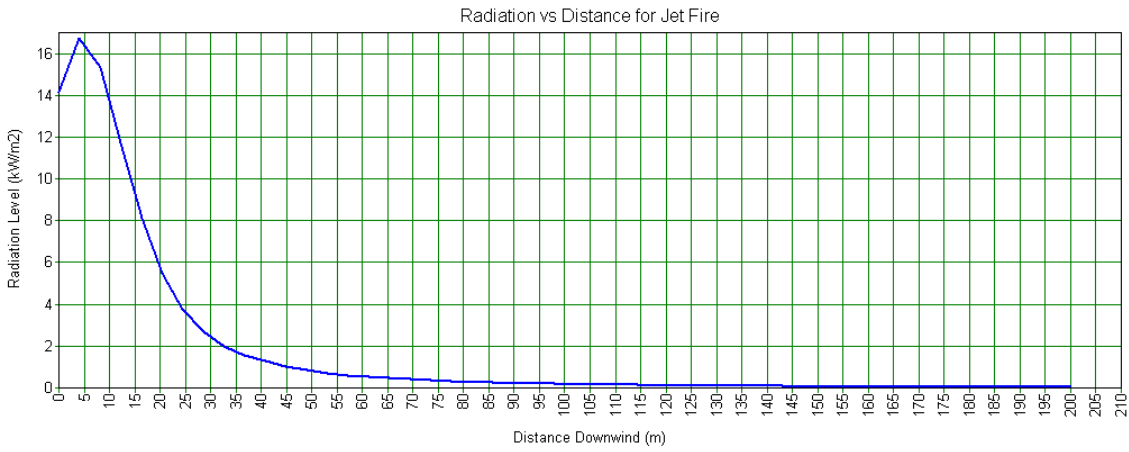
نمودار (۴) - مربوط به تغییرات میزان تابش برحسب فاصله در نشتی ۲۵ میلی متر



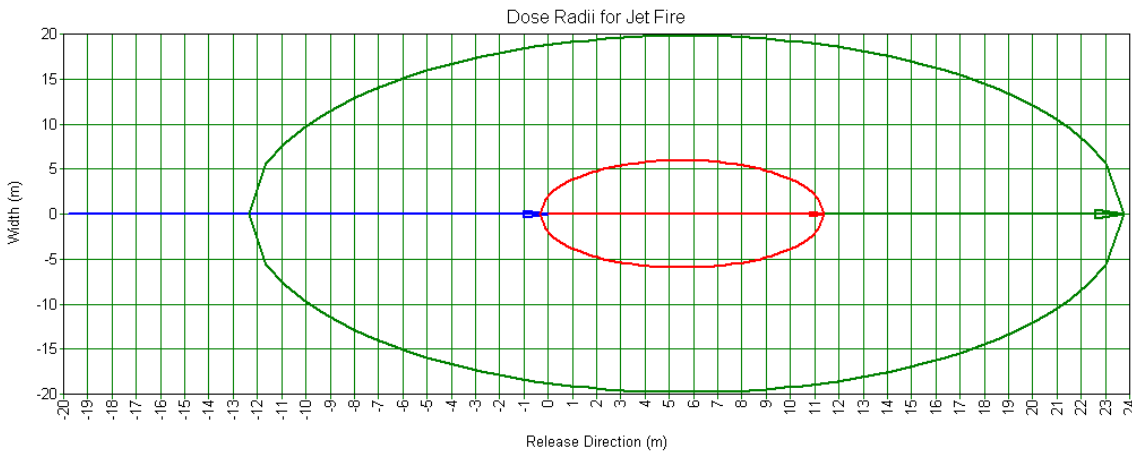
نمودار (۵) - ناحیه انتشار مقدار مواد سمی برحسب فاصله در حریق فورانی برای سناریوی نشتی ۲۵ میلی متر



نمودار (۶) - مربوط به محدوده آتش ناگهانی در نشستی ۱۰۰ میلی متر



نمودار (۷) - مربوط به تغییرات میزان تابش برحسب فاصله در نشستی ۱۰۰ میلی متر



نمودار (۸) - ناحیه انتشار مقدار سمی برحسب فاصله در حریق فورانی برای سناریوی نشستی ۱۰۰ میلی متر



نشان می دهد که حداکثر شدت تابش در نقطه اولیه حریق ۲/۴ کیلووات بر مترمربع است و حداکثر تا فاصله ۱۵ متری منتشر می شود. این در حالی است که در سناریوی نشتی ۲۵ میلی متر شدت تابش در نقطه اولیه حریق ۷ کیلووات بر متر مربع و در فاصله ۵ متری از حریق شدت تابش به حداکثر مقدار ۹ کیلووات بر متر مربع رسیده و تا فاصله ۵۰ متری را تحت تاثیر قرار می دهد. در سناریوی با نشتی ۱۰۰ میلی متر آتش فورانی شدت تابش در نقطه اولیه حریق ۱۴ کیلووات بر متر مربع بوده که حداکثر شدت تابش گرمایی در فاصله ۵ متری به مقدار ۱۶/۵ کیلووات بر متر مربع می رسد و حداکثر تا فاصله ۸۰ متری اطراف مخزن را تحت تاثیر قرار می دهد. براساس گزارش برخی از محققین، کارکنانی که در شعاع منطقه حریق قرار دارند فرصت کافی برای فرار به مناطق دورتر از حریق را ندارند، بنابراین می توان با ایجاد پناهگاه های تعبیه شده یا انتقال کارکنان به مناطق مرتفع از حوادث پیش گیری نمود (۵، ۱۸). نتایج حاصل از خروجی نرم افزار برای تعیین ناحیه انتشارمقدار مواد سمی در سناریوی نشتی ۲۵ میلی متر نشان می دهد که میزان مواد سمی تا شعاع ۸/۸ متر در جهت باد منتشر می شود، این در حالی است که ناحیه انتشار مقدار مواد سمی در سناریوی نشتی ۱۰۰ میلی متر است که تا فاصله ۲۴ متری در جهت باد و تا فاصله ۱۲/۲ متر در خلاف جهت باد را نیز پوشش می دهد. در حالی که در شعاع ۱۱/۱ متری (محدوده قرمز رنگ) در جهت باد، غلظت ابر بخار انتشار پروپیلن اکساید را نشان می دهد که می تواند اثرات نامطلوب و برگشت ناپذیری بر روی کارکنان مشغول به فعالیت در این منطقه داشته باشد. پیشنهاد می گردد جهت جلوگیری از

برای این نوع مخزن برابر با ۰/۰۸ می باشد. بنابراین شدت گرمای تابشی با استفاده از روش زیر تعیین می گردد :

$$I = 0.08 \times 300 = 24 \text{ Kw/m}^2$$

$$Y = -37.23 + 2.56 \ln(I^{1.33}t) = -37.23 + 2.56 \ln(24000^{1.33} \times 20) = 4.86$$

### بحث و نتیجه گیری

۱۵ تا ۳۰ درصد از هزینه های صنایع نفت و گاز به بخش ایمنی و پیش گیری از آلودگی هوا مربوط می شود (۱۹). مدل سازی ها با استفاده از نرم افزار و استفاده از شرایط آزمایش گاه، کمک شایانی باعث آگاهی از حوادث و خسارات احتمالی ناشی از انفجار یا نشت مواد می شود (۲). نتایج حاصل از منحنی محدوده آتش ناگهانی انتشار پروپیلن اکساید نشان می دهد که در سناریوی نشتی ۵ میلی متر تا شعاع ۰/۱۵ متر و در سناریوی با نشتی ۲۵ میلی متر تا شعاع ۱/۱ متر و در سناریوی با نشتی ۱۰۰ میلی متر تا شعاع ۳۹ متر را تحت تاثیر قرار می دهد. مشاهده می شود که با افزایش قطر نشتی از ۲۵ میلی متر به ۱۰۰ میلی متر، محدوده شعاع انتشار حریق ناگهانی افزایش چشم گیری می کند. در مطالعه ای که توسط کمائی و همکارانش با هدف ارزیابی ریسک و مدل سازی پیامد ناشی از موج انفجار پدیده BLEVE در مخزن LPG انجام گردید، نشان داده شد که موج انفجار ایجاد شده از منبع در محدوده ۱۰۰ متری برابر با ۱/۱۰۳ بار، در محدوده ۱۱۵ متری با قدرت ۰/۵۱ بار و در محدوده ۱۶۸ متری با قدرت ۰/۲۷ بار ایجاد می گردد (۲). نتایج حاصل از میزان گرمای تابشی پروپیلن اکساید در سناریوی نشتی ۵ میلی متر برحسب فاصله در آتش فورانی

با وجود این که نتایج حاصل از مدل سازی براساس روابط ریاضی و تعریف سناریوهای محتمل انجام می شود و همیشه با درصد قابل توجهی از خطا همراه است اما نتایج آن می تواند در تدوین استراتژی های پیش گیرانه و طرح ریزی شرایط اضطراری مورد استفاده قرار گیرد. از جمله محدودیت های این مطالعه می توان به تاثیر هم زمان نشتی از سایر تجهیزات اشاره نمود. حضور هم زمان گازهای قابل اشتعال از تجهیزات مجاور می تواند موجب شدت پیامد ها گردد که در این مطالعه به آن ها پرداخته نشده است.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بر خود لازم می دانند که از مدیریت و کارکنان محترم واحد بهداشت و ایمنی سازمان به دلیل همکاری و راهنمایی های بی شائبه شان مراتب سپاس و قدردانی خود را به جای آورند.

### REFERENCES

1. 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.
2. Kamaei M, Alizadeh SSA, Keshvari A, Kheyrikhah Z, Moshashaei P. Risk assessment and consequence modeling of BLEVE explosion wave phenomenon of LPG spherical tank in a refinery. *Journal of Health and Safety at Work*. 2016;6(2):10-24.
3. Jafari M, 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). *Journal of Health and Safety at Work*. 2013;3(1):55-68.
4. Omidvari M, Mansouri N. Fire and spillage risk

وقوع چنین حوادث مرگ باری منطقه کاری کارکنان را حداقل تا فاصله ۲۵ متری از منبع در خلاف جهت باد منتقل کنند. با توجه به معادله پروبیت میزان درصد مرگ و میر برای کارکنانی که به مدت ۲۰ ثانیه با حریق فورانی مواجهه دارند و در فاصله ۶ متری از این مخزن مشغول به فعالیت هستند، ۵۰ درصد می باشد. یکی از اقدامات موثر در کاهش تلفات انسانی در زمان نشتی و انتشار گازهای سمی، اطلاع رسانی به موقع از زمان نشت است. بنابراین تهیه طرح واکنش در شرایط اضطراری می تواند نقش موثری در کاهش اثرات زیان بار ناشی از انتشار مواد سمی داشته باشد (۵). بسیاری از حوادث ناشی از نشتی و انفجار مخازن به دلیل خوردگی و پوسیدگی اتصال ها و تجهیزات می باشد که می توان با انجام بازرسی های فنی و بازدیدهای مستمر از روی دادن بسیاری از حوادث جلوگیری نمود.

assessment pattern in scientific laboratories. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2015;6(2):68-74.

5. Beheshti M, 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. *Iran Occupational Health*. 2016;13(1):64-74.
6. Mojtaba Biglari, Ali Jahangiri, Modeling Growth of A Vapor Film Formed in Contact between Hot Metallic Sphere and Water in The Pressure Vessels, *Journal of Modeling in Engineering*, 2015;13(40):89-101. (Persion).
7. Zhiyong L, Xiangmin P, Jianxin M. Quantitative risk assessment on a gaseous hydrogen refueling station in Shanghai. *international journal of hydrogen energy*. 2010;35(13):6822-9.

8. Gerboni R, Salvador E. Hydrogen transportation systems: elements of risk analysis. 2007.
9. 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.
10. Golbabaie F, et. al. Modeling Propagation Release in an Industry, *Journal of humans and the environment*, 2012;10:1-13.. (Persian)
11. Hanna S, Chang J, Strimaitis D. Hazardous gas model evaluation with field observations. *Atmospheric Environment Part A General Topics*. 1993;27(15):2265-85.
12. Santamaría J, Brana P. Risk analysis and reduction in the chemical process industry. Blackie Academic and Professional, London. 1998.
13. Mellor GL. The Gaussian cloud model relations. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1977;34(2):356-8.
14. Iman M, Dispersion modelling of SO<sub>2</sub> pollution Emitted from Ramin Ahwaz power plant using AERMOD model, *Journal Management System*, 2011;9:3-8. (Persian)
15. Golbabaie F, Eskandari D, Rezazade Azari M, Jahangiri M, Rahimi M, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. *Iran Occupational Health*. 2012;9(3):11-21.
16. Jahangiri M, *Risk Assessment & Management*, Fanavaran Publishing, Volume 2, 1392. (book, Persian)
17. De Nevers N. *Air pollution control engineering*: Waveland press; 2010.
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):474-80.
19. JAFARI M, Zarei M, Movahhedi M. The credit of fire and explosion index for risk assessment of iso-max unit in an oil refinery. *International Journal of Occupational Hygiene*. 2015;4(1):10-6.

## Modeling and evaluation of safety consequences of propylene oxide leakage, a petrochemical company

*Bahram Harati<sup>1</sup>, Ali Karimi<sup>2,\*</sup>, Ali Askari<sup>1</sup>, Fateme Dehghani<sup>1</sup>, Aref Nasrollahi<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

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

<sup>3</sup> Department of Environment Management (HSE), Faculty of Engineering and Technology, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran

### Abstract

**Introduction:** Being aware of the explosion, fire radius, and their damages, has an important role in accident prevention methods. Therefore, the aim of this study was modeling and evaluation of the consequences of propylene oxide spill in a petrochemical company.

**Material and Method:** The QRA method including seven steps was used in this study. In the present study, in order to examine and modeling of the propagation propylene oxide, first a familiarization with the process information of the unit was done then, a risk assessment was carried out adopting HAZOP technique to identify existing hazards. Consequence analysis in a process unit includes: selecting important scenarios, characterizing scenario, modeling the consequences of scenarios, analyzing the results and determining the percentage of mortality. PHAST software version 6.51 was used for modeling of outcomes and assessment propylene leak.

**Result:** curves of the firing zones of sudden release of propylene oxide showed that the influence puts are included up to radius of 0.15 meters in the scenario of leakage 5 mm, in scenarios with leaks 25 mm to a radius of 1.1 meters and in scenarios with leakage of 100 mm to a radius of 39 meters. The maximum intensity of flash fire in the initial point Scenario 5 mm was 4.2 kW/m<sup>2</sup>, in the scenario of radiation leakage was 25 mm at the distance to 5 meters from the fire intensity up to maximum of 9 kW/m<sup>2</sup>, and also in the scenario with 100 mm flash fire radiation leak at an earlier point fire was 14 kW/m<sup>2</sup>. The maximum intensity of thermal radiation at the distance to 5 meters up to 16.5 kW/m<sup>2</sup>, and maximum distance of 80 meters around the reservoir affected. The mortality rate of flash fire has exposed employees, was 50 percent.

**Conclusion:** Many accidents caused by leakage and explosion were due to corrosion, spoil tanks and equipment, and the majority of such accidents can be prevented by technical inspections and continuous audits.

**Key words:** *Flash Fire, Jet Fire, Consequence Modeling, Propylene Oxide*

\* Corresponding Author Email: [a\\_karimi@sina.tums.ac.ir](mailto:a_karimi@sina.tums.ac.ir)