ششمین کنگره ملی تحقیقات راهبردی در
شیمی و مهندسی شیمی
با تاکیـــد بر فناوری های بومی ایـــران
- 6th National Conference on Strategic Research in Chemistry and Chemical Engineering -

مدل سازی حریق و انفجار در واحد کمپرسور ایستگاه سوخت رسانی CNG با استفاده از نرم افزار PHAST

زهرا سلیمانی[۱] ، مائده روشن ضمیر[۲]، فرهام امین شرعی[۲]

۱.Department of Safety, Health and Environment, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

۲. Department of Chemical Engineering, Health, Safety & Environment, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

۱- گروه مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد نجف آباد ، دانشگاه آزاد اسلامی ، نجف آباد ، ایران

2- گروه مهندسی شیمی، ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد نجف آباد ، دانشگاه آزاد اسلامی ، نجف آباد ، ایران

***نویسنده مسئول: Aminsharei.fa@gmail.com**

خلاصه

حوادث فرآیندی عمده‌ترین و بارزترین علت عمده ایجاد کننده هزینه‌های هنگفت اقتصادی، انسانی، ومحیط زیستی در واحدهای فرآیندی نفت وگاز می‌باشند بعضی صنایع مثل صنایع فرآیندی به دلیل انتقال حجم عظیمی از فرآورده‌های هیدروکربنی ذاتاً خطرناک هستند وپتانسیل بروزحوادث بالایی دارند. دراین پژوهش پس از ارزیابی ریسک به روش **Hazop** و تحلیل آن، آنالیز پیامد حوادث با سناریو نویسی توسط نرم افزار PHAST انجام شد. دراین مطالعه پیامدهای ناشی از **Breach** دریکی ازلاین های خروجی کمپرسورمورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت. برای تحلیل پیامدها از نرم افزار **Phast7.1** استفاده گردید. نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که متغیرهای رطوبت، فشار و نشت گاز ازکمپرسور دلیل بیشترین پیامدها در کمپرسور هستند. درواحد کمپرسور، شیرها بحرانی ترین و مهم ترین اجزای مکانیکی هستند که نقص در آن ها متغیرهای مهمی همچون فشار و جریان را تحت تأثیر قرار خواهد داد. که پس از مدلسازی نشت از کمپرسور محدوده حدپایین اشتعال پذیری گاز منتشر شده از منبع در شرایط آب وهوایی 5F .1 از دیگرسناریوها بیشتر بوده و از مرکز انتشار تا محدوده زیر ده متر نشان داد. ونیز دامنه پراکنش ابر گاز در شرایط آب وهوایی 5D از حالت های دیگر بیشتر است.

کلمات کلیدی: مدل سازی، **HAZOP**، **PHAST**، ایستگاه **CNG**، حریق و انفجار

۱. مقدمه

امروزه، نیاز به انرژی رشد کشور را مشخص می کند. این برای توسعه صنعتی مهم است. بخش های نفتی و پتروشیمی بازوی رشد اقتصادی هستند. هزینه سوخت ، بارها قیمت کالاها را تعیین می کند. بسیاری از منابع انرژی غیر متعارف با موفقیت کم و بیش مورد کاوش قرار می گیرند. اگرچه فعالیت های صنعتی بشر به عنوان بخشی از تلاش ها برای دستیابی به رونق بیشتر است اما خطرات مرتبط با این صنایع نیز به طور روز افزون در حال گسترش است شناسایی خطر و ارزیابی ریسک در صنایع نفت و گاز برای کاهش احتمال و شدت حوادث و به حداقل رساندن خسارات جانی و مالی پیش از وقوع حادثه امری ضروری است[۱].

صنایع فرآیندی عموما شامل کار با مواد شیمیایی خطرناک است که با نشت احتمالی می تواند منجر به عواقب فاجعه آمیز از نظر سرمایه از دست رفته ، تلفات و آسیب های انسانی و از دست رفتن اعتماد عمومی شرکت شود. با توجه به این که تمدن شهری به شدت به سوختهای فسیلی برای نیازهای روزمره در زمینه انرژی وابستگی دارد. پیشگیری از بروز حوادث در این صنایع بسیار مهم است ، که نیاز به تشخیص خطر و ارزیابی ریسک به موقع دارد [2]. حوادث ممکن است بر اثر اشکال درطراحی فرآیند،نقص فنی تجهیزات یا خطاهای انسانی رخ دهد.مهم ترین فاکتور درایمنی سیستم ومدیریت ریسک شناسایی وکاهش پتانسیل های خطر می باشد [۳] .

ارزیابی ریسک در صنایع فرآیندی روشی جهت مدیریت بهتر و کارآمدتر فرآیندهاست. دراین ارزیابی تخمین ریسک انجام و درخصوص قابل تحمل بودن آن تصمیم‌گیری می‌شود. پس ازشناسایی و ارزیابی مخاطرات، فرآیند مدیریت ریسک، نیازمند ارزیابی شدت تأثیر وعواقب مخاطرات موجود جهت استفاده درمرحله ارزیابی ریسک وتدوین دستورالعمل مدیریت بحران است. ارزیابی این آثار و عواقب آن از طریق ارزیابی پیامد صورت می‌گیرد[۴].

گاز طبیعی فشرده شده (CNG) به عنوان یکی از پر کننده های جایگزین انرژی مایع نفتی است، که دارای مزایای طبیعی است ، شناخته شده است. این سوخت در سطح جهانی با دستیابی به موفقیت به عنوان یک سوخت اتومبیل مورد استفاده قرار می گیرد. CNG ترکیبی از هیدروکربنها و بخارهای متشکل از متان در فشار ۲۰۰ تا ۲۵۰ بار به عنوان سوخت وسایل نقلیه مورد استفاده قرار می گیرد [۵]. اجزای اصلی مکانیکی ایستگاه‌های سوخت رسانی CNG کمپرسور، مخازن و توزیع کننده ها هستند. تمام زیرسیستم‌های ایستگاه، برای رسیدن به هدف نهایی که تزریق سوخت با کیفیت و شرایط عملیاتی تعیین شده به مخزن خودرو است، هماهنگ باهم فعالیت می‌کنند. واحد کمپرسور به دلیل دارا بودن بحرانی‌ترین اجزای مکانیکی موثر در بروز ریسک و بالابودن سطح پارامترهای عملیاتی از قبیل فشار، به عنوان مهم‌ترین مولفه در ایستگاه معرفی گردید. ابعاد حوادث در یک واحد صنعتی تابع میزان وشدت تاثیرآن بر انسان ومحیط زیست است که امروزه در ایمن سازی صنعتی، تصمیم گیری و مدیریت بحران برمبنای ارزیابی پیامد انجام می‌شود. ارزیابی پیامد خطراتی همچون رهایش مواد شیمیایی پرخطردر محیط، یکی از ضروری‌ترین وعمده‌ترین مراحل برای افزایش سطح ایمنی در واحدهای درحال بهره برداری یا درحال طراحی است. اکثر حوادثی که در صنعت رخ می‌دهد بدلیل خروج یک ماده سمی یا قابل اشتعال بر اثر ایجاد پارگی در مخازن، خطوط لوله ویااتصالات ایجاد می‌شود. عوامل مختلفی جهت مدلسازی تخلیه این مواد در اثر حوادث مذکور نظیر مقداروفاز ماده تخلیه شده، اندازه نشتی، شکل انتشار ومسیر ترمودینامیکی موثر استعلاوه بر مدلسازی تخلیه مواد، نحوه پخش ماده در محیط واتمسفر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هدف اصلی مدلسازی پخش مواد، تخمین غلظت ماده منتشر شده در محیط در یک فاصله معین وزمان خاص است[۶].

بیشترایستگاه های سوخت رسانی CNG درسرتاسر دنیا ازخط لوله کشی گاز شهری تغذیه می شوند. دراین حالت یکی ازمسائل بسیار مهم درتعیین محل احداث ایستگاه،فشار گاز درخط لوله ورودی ایستگاه می باشد که این عامل تعیین کننده قدرت مورد نیاز کمپرسور برای فشرده سازی گاز طبیعی است.علاوه براین از دو سیستم دیگر نیز می توان جهت تامین گاز

مورد نیازایستگاه استفاده نمود. درسیستم اول که به سیستم مادر و دختر[۱] معروف است ،گاز ابتدا فشرده شده و به صورت CNG در مخازن ،ذخیره می گردد.این مخازن توسط کامیون به محل استفاده منتقل می شوند. روش دیگر ،مایع کردن گاز طبیعی فشرده (LCNG[۲]) می باشد.دراین روش،گاز مایع به وسیله یک پمپ کرایوژنیک به فشار ۲۵۰bar رسیده و سپس با اضافه نمودن کمی گرما به صورت گاز درآمده و آماده تزریق به مخازن موجود در خودرو می گردد.

ارزیابی ریسک HAZOP[۳] به منظوردستیابی به ایمنی سیستم،خطرات باید حذف یا کاهش (کاهش ریسک) انجام شد. تجزیه وتحلیل خطر پایه اساسی برای ایمنی سیستم می‌باشد و به منظورشناسایی اثرات وعوامل مسبب خطر، تعیین ریسک سیستم ، تعیین خطرات مهم و برقرار نمودن طراحی اقداماتی که خطرات شناسایی شده را حذف یا کاهش دهد انجام خواهد شد[۷].هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان پراکنش گاز طبیعی در صورت بروز سناریو نشت از کندانسور در ایستگاه های در ایستگاه های CNG و وقوع حوادثی از قبیل آتش سوزی و انفجار در محدوده مورد بررسی با استفاده از نرم افزار PHAST میباشد.

۲. روش کار:

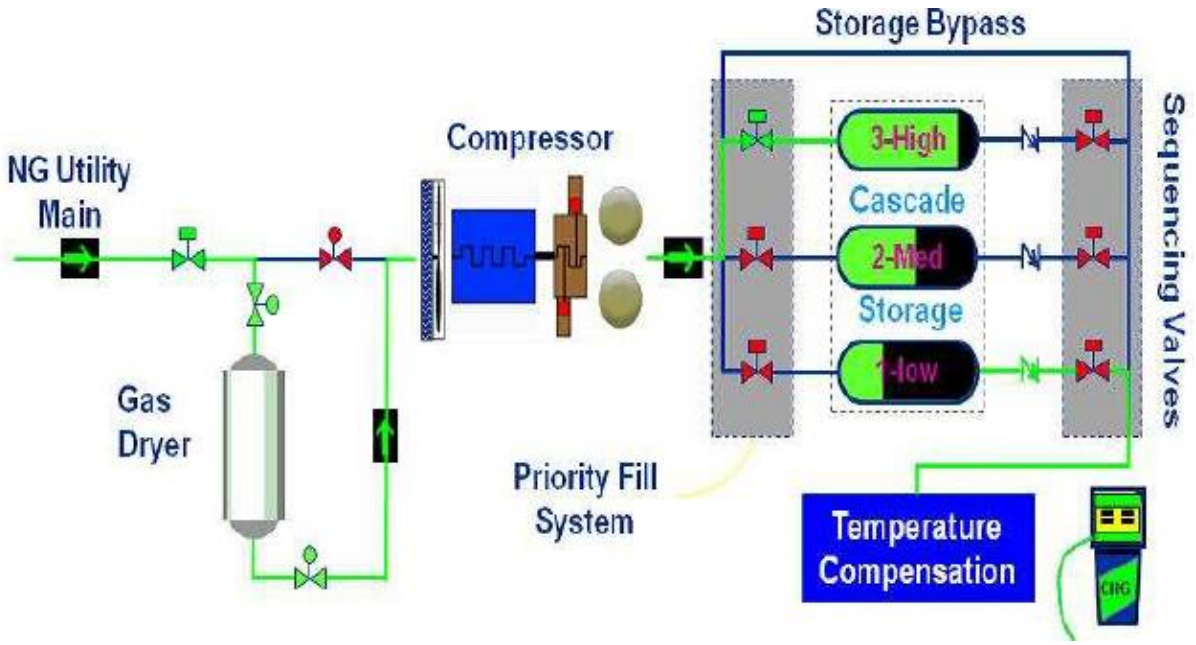
به منظور انجام مطالعات اطلاعات مربوط به واحد فرآیند و شرح اجزا و وظایف واحد تحت بررسی (ایستگاه سوخت رسانی CNG) مورد واکاوی قرار گرفت.
جهت انجام پژوهش اهداف تجزیه تحلیل HAZOP توسط رهبر تیم مطرح وهدف اصلی از پژوهش شناسایی سناریوهای بالقوه خطرناک عنوان گردید. جهت تشکیل تیم کارشناسانی متخصص در رشته های مکانیک سیالات،مهندسی صنایع،مهندسی تعمیرات و مهندسی ایمنی توسط رهبر تیم انتخاب و همه اطلاعات مورد نیاز از طراحی وفرآیند شامل دیاگرام‌های عملکردی، اشکال شماتیک و نقشه ازسیستم وزیرسیستم جمع‌آوری شد. ابتدامجموعه به سیستم مورد مطالعه ایستگاه سوخت رسانی CNG و زیرسیستم‌های آن که بطور کلی اجزای اصلی مکانیکی ایستگاه های سوخت رسانی CNG هستند تقسیم شدند که عبارتند از:

- خشک کن[۴]
- کمپرسور[۵]
- مخازن[۶]
- توزیع کننده[۷]

که ارتباط این سه جزء به طور شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است.

---

۱ Mother-Daughter System
۲ Liquified Compressed Natural Gas
۳ Hazard and Operability
۴ Dryer
۵ Compressor
۶ Storage
۷ Dispenser



شکل ۱- نمایش شماتیک اجزای ایستگاه سوخت رسانی CNG(۸)

در مرحله ورود به خشک کن ،به علت فرآیند رطوبت گیری گاز طبیعی شاهد تغییراتی در فرآیند بوده و هم چنین در زیرسیستم کمپرسور مهم‌ترین پارامتر عملیاتی انجام شده در فرآیند افزایش فشار می‌باشد. سپس اجزایی از یک زیر سیستم که یک هدف را دنبال می‌کنند، به عنوان یک گره شناخته شد. خشک کن وکمپرسور،مخازن و توزیع کننده به عنوان گره‌های سیستم تعیین شد. با توجه به هدف مطالعه پیش رو که شناسایی سناریوهای بالقوه خطرناک بوده و در کمپرسور تغییر عملیاتی ومهم افزایش فشار رخ می‌دهد،گره خشک کن و کمپرسور دو گره مورد بررسی قرار گرفتند. دراین مرحله لیست موارد مورد ارزیابی،پارامترهای مدنظر،کلمات راهنمای مناسب فراهم شد.سپس درجلسات تجزیه تحلیل HAZOP، با استفاده از کاربرگ HAZOP نتایج تحلیل برروی کاربرگ ،ثبت ومستندسازی شد.

با استفاده از نتایج ارزیابی ریسک تجهیزاتی که درآن امکان نشت ویا تخلیه ناگهانی مواد وجود داشته که ممکن است به بروز پیامدهایی از قبیل انفجار، آتش سوزی و انتشار مواد سمی شوند، گزینش شدند. که با توجه به اهمیت کمپرسور و دارا بودن سطح بالایی از پارامترهای عملیاتی (فشارو دمای بالا) و هم چنین بیشترین انحراف وشدیدترین پیامدها در این واحد، به عنوان محل مورد بررسی انتخاب شد.

تعیین شرایط آب و هوایی

در اکثر موارد نمی‌توان از یک شرایط آب وهوایی مشخص به عنوان متوسط شرایط آب وهوایی در طول یک سال استفاده کرد. بنابراین به منظور رفع این مشکل و با درنظر گرفتن تغییرات احتمالی درشرایط آب وهوایی، کلیه مطالعات درچند شرایط آب وهوایی منتخب انجام شد. شرایط آب وهوایی انتخاب شده برای سناریوی مدنظر 1. 5D، 1. 5 F و 5D هستند. خصوصیات بارز مربوط به شرایط آب وهوایی انتخاب شده، در نرم افزارPHAST به صورت زیر تعریف شده است:

جدول ۱- شرایط آب وهوایی سناریو

شرایط آب و هوایی	مشخصات
1. 5F	سرعت باد ۱,۵ متربرثانیه، شرایط جوی پایدار، باد ملایم و شب با محدوده ابری
1. 5D	سرعت باد ۱,۵ متر برثانیه، شرایط جوی خنثی، کمی آفتابی و باد زیاد، شب بادی و ابری
5D	سرعت باد ۵ متر برثانیه، شرایط جوی خنثی، کمی آفتابی و باد زیاد، شب بادی و ابری

کلاس پایداری اتمسفر یکی از پارامترهای تعیین کننده در رقیق شدن گاز در اتمسفر است و نشان دهنده درجه تلاطم اتمسفری است وبا شاخص A (ناپایدارترین) تا G (پایدارترین) شناخته می شود. در زمان آزاد شدن مواد خطرناک ،افزایش پایداری اتمسفری نشان دهنده کاهش وخنثی شدن تلاطم و بنابراین افزایش غلظت ها در سطح زمین است.هرچقدر پایداری بیشتر باشد،گسترش ماده خطرناک ابعاد بیشتری پیدا می کند. درمطالعه حاضر کلاس پایداری F به منظور شبیه سازی خطرناک ترین سناریو ممکن در نظر گرفته شده است.

مدلسازی PHAST

جهت انجام مدلسازی در نرم افزار PHAST سناریوهایی که دارای شدت و تاثیر قابل توجه بوده و وقوع آن منجر به مخاطراتی از قبیل رهایش مواد سمی،آتش یا انفجار بود، انتخاب گردید.سناریوی مورد نظر سوراخ شدن یکی از لاین‌های خروجی کمپرسور انتخاب شد. و اطلاعات فرآیندی از قبیل دما، فشار، میزان ماده رها شده، شرایط فیزیکی ومحیطی تاثیرگذار بر وقوع و پیشرفت سناریو مانند دمای انتشار،دمای محیط ،شرایط آب وهوایی و... مشخص گردید. جهت شروع مدلسازی اطلاعات تجهیز و شرایط آب وهوایی درنرم افزارتعریف و درنهایت خروجی های نرم افزار موردتجزیه و تحلیل قرار گرفت. شرایط فرایندی، مشخصات نشتی و شرایط آب و هوایی ورودی به نرم افزار PHAST Risk جهت محاسبه میزان پراکنش گاز و محدوده تحت تاثیر هنگام وقوع آتش سوزی و انفجار در جدول (۲)نمایش داده شده است[۹].

جدول ۲- مشخصات فرآیندی سناریو

تجهیز	کمپرسور
نوع سناریو	سوراخ شدن[۸] خط خروجی کمپرسور(Long Pipe line)
ماده	متان
دما	۳۲c°
فشار	۲۰۱,۱Bar
نرخ جریان گاز	۴۲۴۸۷۱kg/s
طول لوله	۵m
قطرداخلی لوله	۱۲,۵ mm
زاویه خروجی	افقی
قطر روزنه	۲mm
مدت زمان رهایش	۲,۲۳ دقیقه

در صورت وقوع حادثه میزان خسارت از مقدار تشعشع ناشی از آتش و انفجار مشخص خواهد شد که این میزان در جدول (۳) آورده شده است.

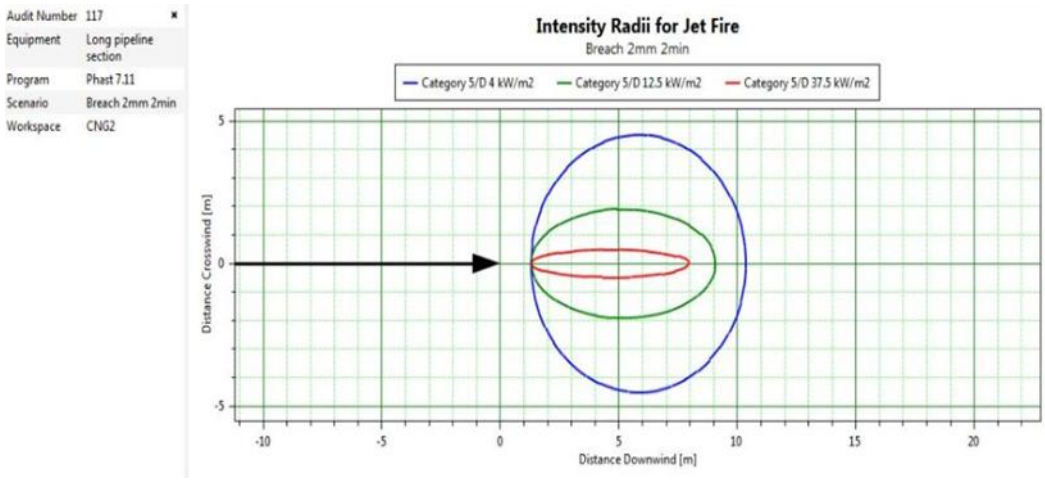
[۸] Breach

جدول ۳- تأثیرات ناشی از تشعشع آتش

میزان تشعشع (kw/m2)	پیامد ها
۰,۵	تابش آفتاب
۴	حد آستانه درد به گونه ای که شخص توانایی فرار را دارد.
۲۰	رسیدن این سطح تشعشع به انسان موجب آسیب شدید می شود و اگر تیم نجات نرسد موجب مرگ می شود.
۳۷,۵	تشعشع بیشتر از این مقدار برای آسیب رسانن به تجهیزات کافی است و ر صورت رسیدن این مقدار تشعشع به انسان موجب مرگ آنی می شود.

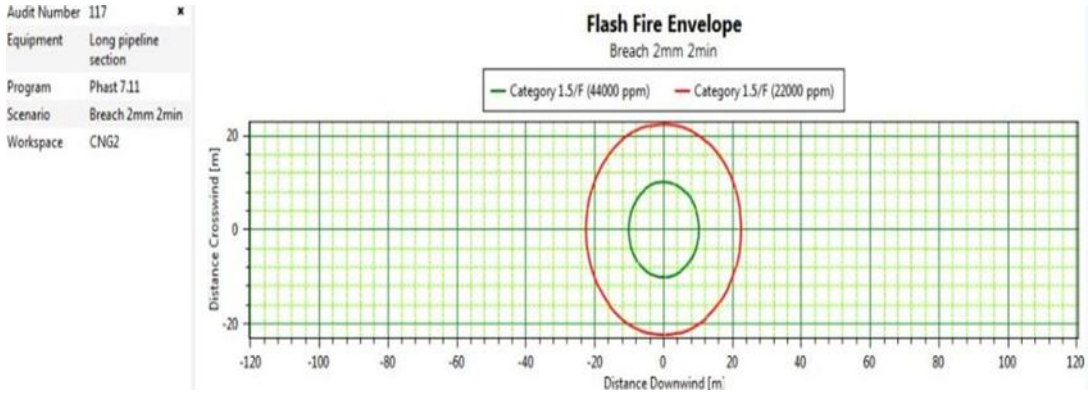
۴. نتایج:

نتایج به دست آمده از خروجی های PHAST در مدلسازی سناریو نشت در خط لوله کمپرسور مربوط با انتشارگاز متان در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. منطقه قرمز رنگ با تشعشع ۳۷,۵kw/m2 است وطبق جدول (۳) این محدوده آسیب به تجهیزات ومرگ آنی را در بردارد. با توجه به شکل این محدوده تا شعاع ۸ متری از محل خروج گاز را دربرمی گیرد.منطقه سبز رنگ محدوده با تشعشع ۱۲,۵ kw/m2 را نشان می دهد.طبق جدول (۳) محدوده آسیب به تجهیزات فرآیندی است که تا شعاع ۹ متری را در بر دارد.منطقه آبی رنگ تشعشع۴ kw/m2 تا محدوده شعاعی حدود ۱۱ متری ادامه دارد که با توجه به جدول پیامد تشعشعی حدآستانه درد می باشد وشخص توان فرار دارد(حدایمن).باتوجه به اینکه درهرسه شرایط آب و هوایی انتخابی، محدوده تشعشع مشابه می باشد، می توان نتیجه گرفت به دلیل نوع سناریوی انتخاب شده و فشار بالای گاز، شرایط آب وهوایی محدوده تشعشع را تحت تأثیر قرار نمی دهد. چنانچه در وضعیت آتش فورانی عامل جرقه ای وجود داشته باشد(کارکرد کمپرسور و...)حریق ایجاد شده وافزایش گرمای درون کمپرسور وبالطبع افزایش فشار درون آن باعث تخلیه گاز می شود.



شکل ۲-آتش فورانی ناشی ازانتشارابرگازمتان

شکل (۳) مربوط به شبیه سازی آتش ناگهانی را نشان می‌دهد. محدوده حدپایین اشتعال پذیری گاز منتشر شده از منبع در شرایط آب وهوایی F ۱,۵ از دوحالت دیگر بیشتر بوده و از مرکز انتشار تا محدوده زیر ده متر نشان می‌دهد. بعد ازاین محدود تا فاصله زیر ۲۵ مترحریم حفظ ایمنی را نشان می‌دهد و نباید تا این محدوه منبع حرارتی وجود داشته باشد.منطقه سبزرنگ غلظت ۴۴۰۰۰ppm حد پایین اشتعال پذیری می باشد. مدت زمان آتش ناگهانی معمولا بیشتر از چند دهم ثانیه نیست و سرعت شعله آن کم است ولذا تأثیرات ناشی از تشعشعات حرارتی آن در مقایسه با سایر آتش سوزی ها پایین تر است. باتوجه به اینکه مخزن کمپرسور در یک اتاقک بسته قرار دارد وبنابراین ابرگازی شکل به صورت آشفته و غیر یکنواخت وجود دارد یک جرقه تاخیردار باعث بروز انفجار ابرگازی خواهد شد. این نوع حریق اگر در محیط آزاد رخ دهد وسرعت شعله های آن دارای شتاب کافی برای ایجاد تاثیرات فشاری نباشد غیرانفجاری است.

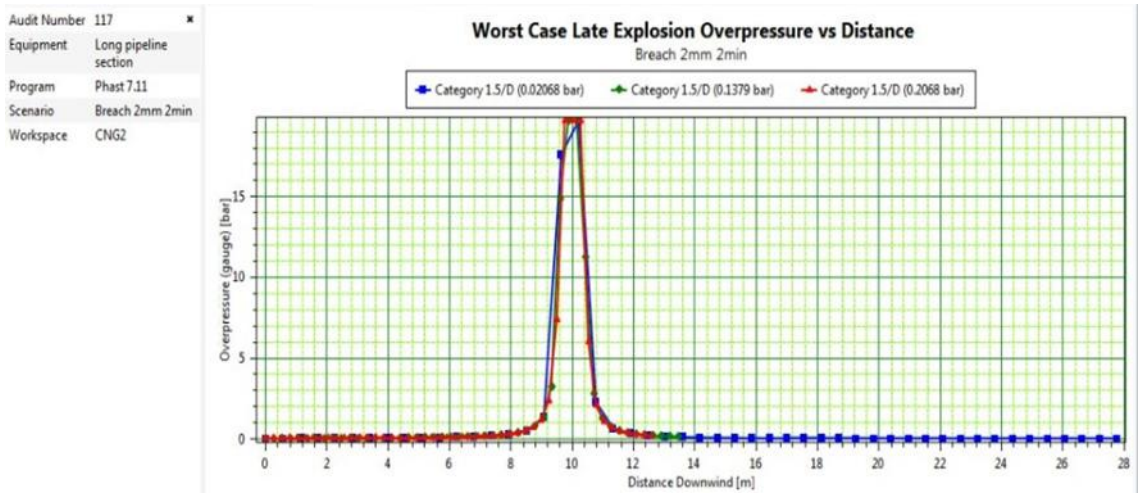


شکل ۳ - آتش ناگهانی ناشی از انتشارابر گازمتان

انفجار ناشی از سناریو انتشار متان در شکل (۴) آمده است. چگالی گاز متان ۰,۵۵ است، ولی با توجه به ترکیبات سنگین‌تر همراه گاز طبیعی چگالی آن به ۰,۶۵ کیلوگرم بر متر مکعب هم می‌رسد. بنابراین گاز طبیعی از هوا سبکتر بوده و درصورت نشت به طرف بالا حرکت می‌کند. اما بخشی نیز وقتی با عناصر تشکیل دهنده هوا اختلاط پیدا می‌کند، به همراه هوا به

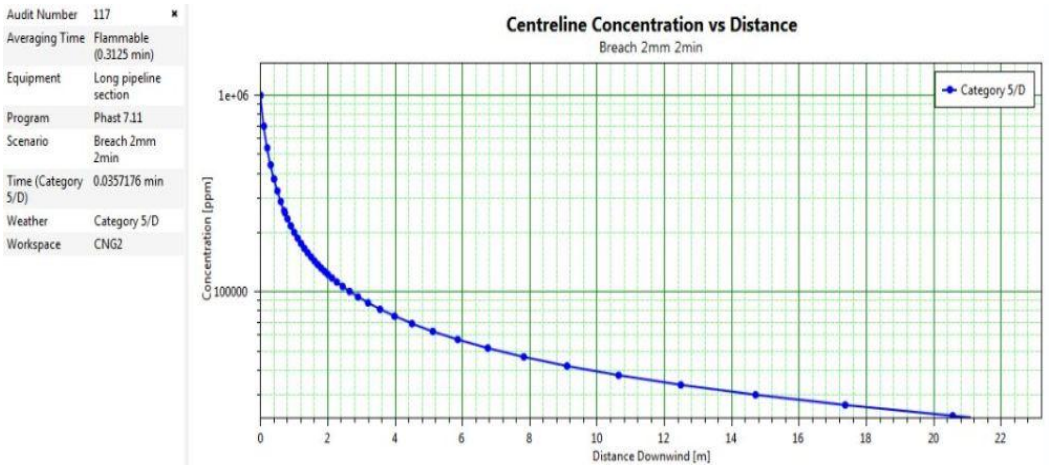
اطراف نیز پراکنده می‌شود. چون غلظت‌های پایین گاز در هوا خطرناک است، قابلیت انفجار در اطراف محل نشت نیز وجود دارد.

در فاصله ۱۰ متری از منبع نشت در شرایط آب وهوایی D ۱,۵ ، کمترین فاصله انفجار از منبع نشت درمحدوده ده متری قرار دارد. در شرایط ۵D و۱,۵F محدوده انفجار نسبت به منبع انتشار درفاصله دورتری قراردارد. منطقه قرمز رنگ با فشار ۰,۲۰۶۸ bar که معادل ۳,۰۳۹۹۶psi است و باتوجه به جدول (۳) می تواند موجب صدمات کم به ماشین‌های سنگین(lb ۳۰۰۰)، تخریب فریم استیل ساختمان ها وازجا درآمدن آن وتخریب(ترکیدن)ساختمان صنایع به صورت خفیف گردد. یعنی می توان انتظار ازجا کنده شدن استراکچر کمپرسور و تجهیزات در محوطه را داشت. منطقه سبز رنگ با فشار ۰/۱۳۷۹ bar که معادل ۲,۰۲۷۱۳psi می تواند موجب تخریب قسمتی از دیواره ها وسقف شود . یعنی می توان انتظار تخریب استراکچر کمپرسور و تجهیزات اطراف را داشت. منطقه آبی ۰,۰۲۰۶۸bar که معادل ۰,۳۰۳۹۹۶ bar است با توجه به جدول می تواند موجب صدمات کوچک به بدنه ساختمان، خطر برای سقف خانه و شکستن شیشه ها گردد. یعنی می توان انتظار تخریب دو ستون از کارگاه های کناری و شکستن شیشه های موجود دراین محدوده را داشت.



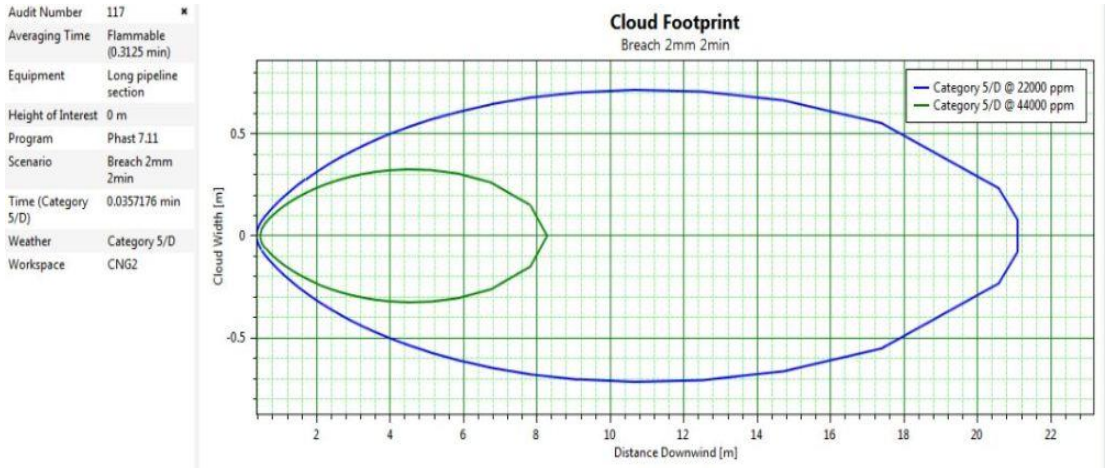
شکل ۳- انفجار ناشی از انتشارابر گاز متان

دامنه پراکنش غلظت نسبت به فاصله در شکل (۵) آمده است. که درشرایط آب وهوایی 5D در فاصله دورتری نسبت به منبع انتشار، غلظت آن به صفر رسیده است. این امر بیانگر این است که با افزایش سرعت باد، دامنه پراکنش ماده تا فاصله بیشتری ادامه می‌یابد.



شکل ۴- دامنه پراکنش انتشارابرگاز متان

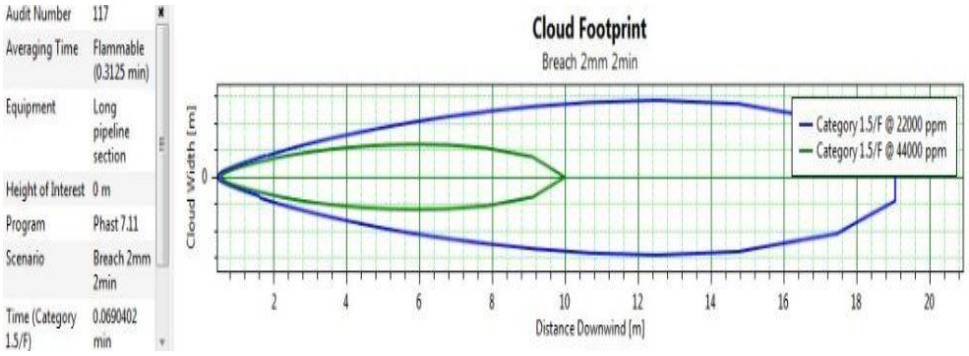
شکل (۶) و (۷) بیانگر محدوده پراکنش ابرگاز ازدید بالا هستند. دامنه پراکنش ابر گاز در شرایط آب وهوایی 5D از دو حالت دیگر بیشتر است. با توجه به شکل متوجه رابه غیر مستقیم شعاع گسترش و غلظت خواهیم شد با افزایش شعاع گسترش غلظت کاهش خواهد یافت. بیشترین عرض ابرگاز درمحدوده LEL در محدوده ۰,۳ متر قرار دارد. به دلیل سرعت باد، ماده تمایل به اختلاط با لایه‌های هوا دارد و بر پایداری جو غلبه کرده وبنابراین بیشترین عرض ابرگازی را قابل مشاهده است.



شکل ۵- پراکنش عرضی ابرگاز متان در شرایط 5D

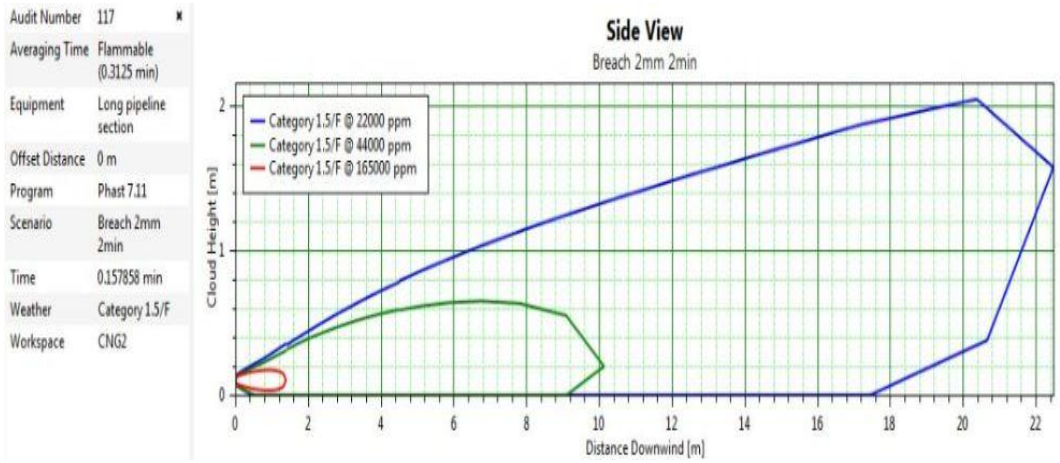
در شکل (۷) محدوده LEL از منبع انتشار در شرایط 1/5F، فاصله بیشتری را طی کرده است که علت کشیده شدن پروفایل غلظت گاز متان را می‌توان به پایداری بیشتر جو در مقایسه با دو حالت دیگر نسبت داد. درمواردی که رهایش مواد در محیط بررسی می‌شود، هر چه پایداری جو کمتر باشد، مواد در سه جهت اصلی بیشتر پخش خواهند شد و غلظتی

که به یک فاصله خاص خواهد رسید کمتر خواهد بود. به همین دلیل در سناریوی انتخابی از پایدارترین کلاس جوی (F) به عنوان بدترین حالت برای پخش مواد درمحیط در نظر گرفته شد. در نمودار رهایش مواد از دید جانبی در کلاس ۱/۵F به دلیل پایداری جوی بیشتر و درنتیجه مواد درسه جهت پخش نمی‌شود و غظتی که به یک فاصله خاص می‌رسد بیشتراست.



شکل ۶- پراکنش عرضی انتشار گاز متان در شرایط ۱/۵F

شکل (۸) بیانگر ارتفاع ابر گاز رها شده از دید کنار است. در بین سه سناریوی انتخاب شده، در شرایط آب و هوایی ۱/۵F بیشترین ارتفاع رهایش گاز در محدوده LEL را تا حدود ۵ متر را نشان می‌دهد و تا فاصله کمی بیشتر از ۱۰ متری محدوده ابرگازی در محدوده LEL پیش رفته است.



شکل ۷- انتشارابرگازمتان ازدیدکنار

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه یوسفی و رشتچیان (۱۳۸۸) که برنشرآمونیاک ازتانک در مجتمع پتروشیمی کرمانشاه انجام شد، در سوراخ‌های نشتی مشابه، هرچه کلاس جو پایدارتر و تشعشع رسیده ازخورشید بیشتر باشد، میزان نشر آمونیاک بیشتر وشرایط حادتر

وآسیب رسان تر می‌شود که نتایج آن با مطالعه پیش رومطابقت می‌کند[۱۰]. درمطالعه بهوندپور وگلبابایی(۱۳۹۴)، در شبیه سازی نشتی ۲۵mmمخزن نفت وگاز، تا فاصله ۱۷۲متری امکان آسیب رسیدن به تجهیزات و مرگ آنی افراد در اثر تابش حرارتی ناشی از آتش فورانی واستخری به ترتیب تا فواصل ۸۵ و۱۴ متری برآورد شد. به نظر می‌رسد علت اختلاف نتایج مطالعه پیش رو با تحقیق مذکور، نوع ماده رها شده، مشخصات فیزیکی و فرآیندی سناریوی انتخابی است. درمدل سازی پیامد با استفاده از نرم افزارPHAST، بیشترین شعاع پراکنش غلظت در شرایط آب وهوایی 5D رخ می‌دهد که علت را می‌توان به سرعت باد نسبت به دیگر شرایط آب وهوایی نسبت داد. در آتش فورانی ناشی از انتشار ابرگاز متان محدوده متأثر از تشعشع و مرگ آنی، درهرسه شرایط آب وهوایی تعریف شده تا محدوده ۸ متری است که این امر می‌تواند به علت شرایط فرآیندی سناریو انتخابی یعنی تک فاز بودن ماده وفشار بالای گاز خروجی می‌باشد که تحت تأثیر پارامترهای آب وهوایی قرارنمی‌گیرد[۴]. در مطالعه پوربخش ورشتچیان (۱۳۸۸) بر مدل سازی نشت آمونیاک در مناطق مرطوب نشان داد . در مکان‌هایی که رطوبت کمتر است گاز مورد نظر بیشتر پخش می‌شود و پروفایل غلظت آن کشیده تر از مکان‌هایی با رطوبت بالا است. در نتیجه در مکان‌هایی که رطوبت بیشتر است باید توجه بیشتری به ایمنی مخازن شود. در پژوهش حاضر، ازپارامترهای شرایط آب وهوایی، سرعت باد و پایداری جو شعاع پراکنش مواد را تحت تأثیر قرار داد و هم چنین تفاوت ماده رها شده دو تحقیق، می‌تواند تفاوت تأثیر پارامترهای آب و هوایی متفاوت را توجیه کند[۶]. در مطالعه روشن ضمیر (۱۳۹۸) بر مدلسازی نشت گاز LPG از مخازن کروی نتایج نشان داد که شرایط پایداری جو که شامل طبقه بندی های ۱,۵F و ۱,۵D است در سناریوی پراکنش میتواند خطرناک تر بوده و محیط وسیع تری را درگیر میکند اما هرچه از پایداری هوا کاسته شود این پراکنش نیز کاهش میابد که کاملا با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد[10]. در مطالعه جانقربان (۱۳۹۸) بر نشت گاز بوتان نتایج حاکی از آن است که در شرایط ناپایداری جو میزان پراکنش ابر تشکیل شده کمتر از شرایطی است که برپایداری جو افزوده میشودو همچنین زمانی که درجه دما افزایش میابد میزان پراکنش طولی کاهش و به عرض ابر تشکیل شده افزوده میشود[۱۱]. مدلسازی پخش مواد با استفاده از نرم افزارهای معتبر مانندPHAST، علاوه بر مشخص نمودن محدوده متأثر از نشت مواد سمی وخطرناک، می‌توان برنامه واکنش در شرایط اضطراری را با نتایج مدل سازی طرح ریزی نمود. اگرچه فرآیندسوخت رسانی CNG ازلایه‌های حفاظتی وکنترلی مانند از سرویس خارج شدن اضطراری، تخلیه اضطراری و. . . برخورداراست، اما باز هم ممکن است دراثر بروز نقص در تجهیزات یا عدم تعمیر ونگه داری به موقع حوادثی رخ دهد. با توجه به اینکه در سناریوی درنظرگرفته شده انفجار یکی از پیامدهای سناریو بدست آمد توصیه می‌شود در نقاط اطراف ایستگاه، توزیع جمعیت کاهش یابد، از استحکام سازه‌ها اطمینان حاصل شود، دستورالعمل‌های تعمیر و نگه داری به طور منظم اجرا شود و کارکنان برای خطرات فرآیند و واکنش در شرایط اضطراری آموزش ببینند.

۶. منابع:

۱. Kamaei M, Shams S, Keshvari A, Kheyrkhah Z, Moshashaei P. Risk assessment and consequence modeling of BLEVE explosion wave phenomenon of LPG spherical tank in a refinery. Faṣlnāmah-I Bihdāsht Va Īminī-I Kār. 2016;6(2):10–24.

۲. Arghami S, Abbasi S, Bakhtom S, Ziaei M. Comparing of HAZOP and ETBA Techniques in Safety Risk Assessment at Gasoline Refinery Industry Faculty Member of Occupational Health Department and Research Center for Environmental Determinants. 2014;6(1):1–5.

۳. سادات نی بند،مرضیه , & مولی زاده،علیرضا. (۱۳۹۵). اثرات اجرای شناسایی مخاطرات فرآیندی درپتروشیمی شهید تند گویان به منظور ارتقا نرخ تولید. فصلنامه تخصصی علمی ترویجی فرآیندنو.

۴. بهوندپور،رحیم, & گلبابایی،فریده . (۱۳۹۴). مدیریت مخاطرات،مدل سازی و ارزیابی پیامد نشتی از مخزن تفکیک گرسکوی نفتی نوروزجدید. ماهنامه علمی -ترویجی اکتشاف وتولید نفت وگاز،شماره ۱۲۲.

۵. S Vasudevaiah MS. Risk Assessment in Compressed Natural Gas (CNG) Pumping Stations. Int J Res Appl Sci Eng Technol. 2017;V(VIII):1180–7.

۶. پوربخش،وحیده, رشتچیان،داوود, & پهلوانزاده،حسن. (۱۳۹۰). آنالیزپیامد و مدل سازی نشت آمونیاک در مناطق آب وهوایی مرطوب. چهارمین همایش ملی مهندسی ایمنی ومهندسی HSE.

۷. کالیفتن آ.اریکسون . (۱۳۹۴). روش های تجزیه و تحلیل خطر درایمنی سیستم. تهران: انتشارات فدک ایساتیس.

۸. Parvini M, Kordrostami A. Consequence modeling of explosion at Azad-Shahr CNG refueling station. J Loss Prev Process Ind [Internet]. 2014;30(1):47–54. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2014.04.007

9. سلیمانی، ز. (۱۳۹۷)، " ارزیابی و تحلیل دینامیک ریسک ایمنی در ایستگاه سوخت رسانی CNG با استفاده از شبکه بیزین ،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد نجف آباد، اصفهان.

10. یوسفی،محمد, & رشتچیان،داوود. (۱۳۸۸). بررسی آنالیز پیامد تانک آمونیاک مجتمع پتروشیمی کرمانشاه. سومین همایش ملی مهندسی ایمنی ومدیریت HSE

۱۱. روشن ضمیر، م. (۱۳۹۸)، " مدلسازی و شناسایی خطرات پویا احتمالی ناشی ازنشت مواد شیمیایی خطرناک با استفاده از شبکه های بیزین در پالایشگاه اصفهان،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد نجف آباد، اصفهان.

12. جانقربان، ا. (۱۳۹۸)، " مدلسازي و شناسايي خطرات پويا احتمالي ناشي ازنشت بوتان با استفاده از نرم افزار PHAST در پالايشگاه اصفهان ،" پايان نامه كارشناسي ارشد، دانشگاه آزاد نجف آباد، اصفهان.