

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



موسسه آموزش عالی انرژی
دانشکده فنی و مهندسی
پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
مهندسی شیمی - بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)

عنوان:

ارزیابی کمی ریسک (QRA) خطوط لوله گاز ترش به منظور تعیین حریم ایمنی خطوط لوله در منطقه تنگ بیجار

استاد راهنما:

**دکتر یوسف یاسی
دکتر طاهر طاهریان**

استاد مشاور

دکتر بهمن عبدالحمیدزاده

پژوهشگر

آرش فاتح نژاد

زمستان ۹۵

تقدیم بہ:

مقدس ترین واثرہ مادر لغت نامہ دلم، مادر مہربانم کہ زندکیم را مدیون
مہر و عطوفت آن می دانم.

پدر، مہربانی مشفق، بردبار و حامی.
ہمسر م کہ نشانہ لطف الہی در زندگی من است.

پاسکزاری:

پاسکزار کسافی، ستم که سر آغاز تولد من، هستند. از یکی زاده می‌شوم و از دیگری جاودانه. استادی که

سپیدی را بر تخته سیاه زندگیم نگاشت و مادی که تاری مویی از او بپای من سیاه نماند.

با تقدیر و شکر شایسته از استادان فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر یوسف یاسی و جناب آقای دکتر

طاهر طاهریان که با نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند، صحیفه‌های سخن را علم پرور نمود و جناب آقای دکتر

بهمن عبدالمحمید زاده استاد مشاورم که، همواره راه‌ها و راه‌کشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده

است.

چکیده:

امروزه یکی از روش‌های مهم و کاربردی در تصمیم‌گیری‌های کلان سازمان‌های مختلف، بهره‌گیری از نتایج حاصل از ریسک فعالیت‌های موجود در سازمان می‌باشد به گونه‌ای که مدیران و سرپرستان در بخش‌های مختلف با اطمینان بیشتری می‌توانند در حوزه‌های مختلف، تصمیم‌گیری نمایند. تصمیم‌گیری بر مبنای ریسک به عنوان یکی از برنامه‌های مؤثر و مطمئن در سیستم‌های مدیریتی دارای کاربرد فراوان می‌باشد که در این پروژه به عنوان یکی از مبنای انتخاب در خطوط لوله گاز ترش در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز غرب منطقه گازی تنگ بیجار مورد بررسی قرار گرفته است.

هدف از تعریف نمودن این پروژه تعیین حریم ایمنی خطوط لوله گاز ترش در شرکت بهره‌برداری نفت و گاز غرب منطقه گازی تنگ بیجار به کمک مطالعات ارزیابی کمی ریسک^۱ و شبیه‌سازی پیامدهای ناشی از نشت گاز می‌باشد. وظیفه خطوط لوله انتقال گاز مورد بررسی، انتقال گاز از میدان گازی تنگ بیجار به پالایشگاه گاز ایلام جهت پالایش و ارسال به خطوط گاز سراسری می‌باشد. از نگرانی‌های عمده در مورد خطوط لوله گاز در منطقه تنگ بیجار، نشت ماده سمی و خطرناک گاز هیدروژن سولفور^۲ و همچنین آتش‌سوزی و انفجار می‌باشد که سبب آسیب‌های جدی و مرگ برای ساکنین اطراف خطوط لوله می‌گردد. بنابراین رعایت تمهیدات و اصول ایمنی در مورد تأسیسات و تجهیزاتی که با گاز سمی و قابل اشتعال درگیر می‌باشند دارای اهمیت فراوان می‌باشد. یکی از تمهیدات مهم در ارتباط با خطوط لوله گاز ترش، جانمایی این خطوط لوله می‌باشد که با در نظر گرفتن فاصله‌های ایمن برای ساکنین و افراد نسبت به خطوط لوله، احتمال تماس و کشته شدن افراد به حداقل برسد. با توجه به نگرانی‌های بوجود آمده برای شرکت نفت و گاز غرب در ارتباط با ساخت‌وسازها و همچنین سکونت افراد در مجاورت خطوط لوله، مطالعات تعیین حریم ایمنی خطوط لوله گاز ترش اهمیت پیدا نموده است. از این جهت اداره ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست^۳ در شرکت نفت و گاز غرب، مطالعات گسترده‌ای در این زمینه انجام داده است که روش مطالعه و نتایج حاصل از این مطالعات در ارتباط با تمهیدات کاهش ریسک مورد نیاز و حریم ایمنی خطوط لوله در ادامه گزارش تشریح شده است.

کلمات کلیدی: ریسک، حوادث خط لوله، حریم ایمنی، ارزیابی کمی ریسک، مدل‌سازی پیامد

^۱. QRA

^۲. H₂S

^۳. HSE

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه و کلیات

| | |
|-------------------------------|---|
| ۱-۱- مقدمه..... | ۲ |
| ۲-۱- ضرورت مطالعات ایمنی..... | ۳ |
| ۳-۱- تعاریف..... | ۴ |
| ۴-۱- اهداف مطالعه..... | ۴ |
| ۵-۱- محدوده عمل..... | ۵ |

فصل دوم: مواد و روش‌ها

| | |
|---------------------------------------------------|----|
| ۱-۲- تشریح روش کار..... | ۷ |
| ۲-۲- اهداف و نتایج قابل انتظار..... | ۸ |
| ۳-۲- تخمین تکرارپذیری..... | ۱۰ |
| ۲-۳-۱- منابع تکرارپذیری نشتی‌ها..... | ۱۰ |
| ۲-۳-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها..... | ۱۰ |
| ۳-۳-۲- بومی‌سازی داده‌های تکرارپذیری..... | ۱۱ |
| ۴-۲- تجزیه و تحلیل پیامد..... | ۱۲ |
| ۵-۲- انواع پیامدهای محتمل..... | ۱۲ |
| ۲-۵-۱- پخش مواد سمی..... | ۱۳ |
| ۲-۵-۲- آتش ناگهانی..... | ۱۳ |
| ۲-۵-۳- آتش فورانی..... | ۱۴ |
| ۶-۲- احتمال وقوع پیامدهای مختلف..... | ۱۴ |
| ۷-۲- معیار سنجش آثار ناشی از آتش..... | ۱۵ |
| ۸-۲- معیار سنجش آثار ناشی از پخش مواد سمی..... | ۱۷ |
| ۹-۲- شرایط آب و هوایی و جغرافیایی..... | ۱۸ |
| ۱۰-۲- مفاهیم و محاسبه ریسک..... | ۲۴ |
| ۲-۱۰-۱- نتایج ارزیابی ریسک در قالب ریسک فردی..... | ۲۵ |
| ۲-۱۰-۲- نتایج ارزیابی ریسک در قالب ریسک جمعی..... | ۲۶ |
| ۲-۱۰-۲-۱- ریسک‌های معیار..... | ۲۸ |

| | |
|----|-----------------------------------------------------------|
| ۲۹ | ۲-۲-۱۰-۲- ریسک جمعی |
| ۳۰ | ۱۱-۲- اندازه نشت |
| ۳۰ | ۱۲-۲- مشخصات خطوط لوله گاز ترش در منطقه تنگ بیجار |
| ۳۲ | ۱-۱۲-۲- تقسیم‌بندی نواحی خط لوله |
| ۳۲ | ۲-۹-۲- توزیع جمعیت |
| ۳۳ | ۳-۹-۲- مشخصات فنی و فرایندی خطوط لوله |
| ۳۵ | ۴-۹-۲- تخمین تکرار پذیری سناریو |
| ۳۶ | ۵-۹-۲- عوامل مختلف حوادث در خطوط لوله |
| ۳۶ | ۶-۹-۲- بانک اطلاعاتی داده‌ها |
| ۳۷ | ۱-۶-۹-۲- بانک‌های اطلاعاتی مناسب برای خط لوله مورد مطالعه |
| ۳۷ | ۲-۶-۹-۲- بانک اطلاعاتی بریتیش کلمبیا |
| ۴۰ | ۳-۶-۹-۲- بانک اطلاعاتی گروه خط لوله گاز اروپا |
| ۴۲ | ۱۰-۲- محاسبه تکرارپذیری عوامل حوادث |
| ۴۲ | ۱-۱۰-۲- عامل خوردگی |
| ۴۶ | ۲-۱۰-۲- عامل نقص در ساخت و تولید/ نقص در جنس لوله |
| ۴۶ | ۳-۱۰-۲- عامل ژئوتکنیک |
| ۴۷ | ۴-۱۰-۲- عامل دخالت خارجی |
| ۴۷ | ۱-۴-۱۰-۲- فعالیت‌های شرکتی |
| ۵۲ | ۲-۴-۱۰-۲- فعالیت‌های شخص ثالث |
| ۵۵ | ۳-۴-۱۰-۲- عامل فعالیت‌های تروریستی |
| ۵۶ | ۵-۱۰-۲- سایر / ناشناخته |
| ۵۶ | ۱-۵-۱۰-۲- تکرارپذیری کلی خرابی خط لوله انتقال |
| ۵۶ | ۱۱-۲- توزیع اندازه سوراخ |
| ۵۷ | ۱-۱۱-۲- اندازه و جهت نشتی برای سناریو |
| ۵۸ | ۱۲-۲- فرضیات مطالعه |

فصل سوم: نتایج

| | |
|----|----------------------------------|
| ۶۳ | ۱-۳- نتایج حاصل از ارزیابی پیامد |
|----|----------------------------------|

فصل چهارم: بحث

- ۴-۱- نتایج ارزیابی کمی ریسک ۷۱
- ۴-۲- پیشنهادات و توصیه‌های حاصل از مطالعه ۷۳
- منابع مورد استفاده ۷۴

فهرست جدول‌ها

| عنوان | صفحه |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| جدول ۱-۲- معیارهای آسیب‌های ناشی از تشعشع آتش‌سوزی..... | ۱۶ |
| جدول ۲-۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی سولفید هیدروژن..... | ۱۸ |
| جدول ۳-۲- معیار پایداری پاسکوبیل..... | ۱۹ |
| جدول ۴-۲- وضعیت آب و هوایی منطقه تنگ بیجار در فصول مختلف سال..... | ۲۱ |
| جدول ۵-۲- میزان احتمال باد در جهت‌های مختلف در منطقه تنگ بیجار..... | ۲۳ |
| جدول ۶-۲- داده‌های هواشناسی برای انواع کلاس‌های هوایی منطقه تنگ بیجار..... | ۲۳ |
| جدول ۷-۲- زبری سطح برای سطوح مختلف..... | ۲۴ |
| جدول ۸-۲- ریسک‌های فردی معیار در کشورهای مختلف..... | ۲۸ |
| جدول ۹-۲- نماینده انواع سازه‌های سوراخ در خطوط لوله..... | ۳۰ |
| جدول ۱۰-۲- مشخصات فرایندی گاز ارسالی از مرکز جمع آوری تنگ بیجار به مرکز جمع آوری ایلام..... | ۳۳ |
| جدول ۱۱-۲- مشخصات ترکیب درصد اجزای گاز..... | ۳۳ |
| جدول ۱۲-۲- مشخصات فیزیکی و فنی خط انتقال گاز..... | ۳۵ |
| جدول ۱۳-۲- تکرارپذیری حوادث در خطوط لوله بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا..... | ۳۸ |
| جدول ۱۴-۲- تعداد نشتی‌ها بر اساس عوامل مختلف در منبع بریتیش کلمبیا..... | ۳۸ |
| جدول ۱۵-۲- تعداد نشتی‌های خط لوله در سال‌های مختلف بر اساس داده‌های خط لوله گاز اروپا..... | ۴۰ |
| جدول ۱۶-۲- سهم عوامل مختلف در نشتی خط لوله گاز اروپا..... | ۴۱ |
| جدول ۱۷-۲- نرخ تکرارپذیری نشت‌ها بر اساس عوامل مختلف خط لوله گاز اروپا..... | ۴۱ |
| جدول ۱۸-۲- سهم سازه‌های مختلف نشتی در اثر خوردگی..... | ۴۴ |
| جدول ۱۹-۲- ضرایب بومی سازی خوردگی خارجی و داخلی با توجه به ضخامت لوله..... | ۴۵ |
| جدول ۲۰-۲- سهم سازه‌های مختلف نشتی در اثر دخالت خارجی..... | ۴۸ |
| جدول ۲۱-۲- ضریب بومی سازی مربوط به عمق خاک..... | ۴۹ |
| جدول ۲۲-۲- ضرایب بومی سازی دخالت خارجی با توجه به ضخامت لوله..... | ۴۹ |
| جدول ۲۳-۲- ضریب بومی سازی برای انواع فعالیت‌های ساخت و ساز..... | ۵۰ |
| جدول ۲۴-۲- ضریب بومی سازی مربوط به عمق خاک..... | ۵۳ |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| جدول ۲-۲۵- ضرایب بومی سازی دخالت خارجی با توجه به ضخامت لوله..... | ۵۳ |
| جدول ۲-۲۶- ضریب بومی سازی مربوط به دفعات گشت زنی..... | ۵۴ |
| جدول ۲-۲۷- ضریب بومی سازی برای انواع فعالیت‌های ساخت و ساز..... | ۵۴ |
| جدول ۲-۲۸- اندازه نشی‌های نماینده..... | ۵۷ |
| جدول ۲-۲۹- تکرارپذیری نشی خطوط لوله بر اساس انواع عوامل و سایزهای مختلف...۶۰ | ۶۰ |
| جدول ۴-۱- حریم ایمنی در بخش‌های مختلف..... | ۷۲ |

فهرست شکل‌ها

| عنوان | صفحه |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| شکل ۱-۱- شماتیک کلی میدان گازی تنگ بیجار..... | ۲ |
| شکل ۲-۱- شماتیک تاسیسات موجود میدان گازی تنگ بیجار..... | ۳ |
| شکل ۱-۲- پروفیل خط انتقال گاز از مرکز جمع آوری تنگ بیجار به مرکز جمع آوری ایلام ۳۱ | |
| شکل ۲-۲- نمای کلی از پستی و بلندی‌های پروفیل خط انتقال گاز از مرکز جمع آوری تنگ بیجار به مرکز جمع آوری ایلام..... | ۳۱ |
| شکل ۳-۲- نمای کلی از پستی و بلندی‌های پروفیل خط انتقال گاز از مرکز جمع آوری تنگ بیجار به مرکز جمع آوری ایلام..... | ۳۲ |
| شکل ۴-۱- ریسک فردی و جمعی..... | ۷۱ |

فهرست نمودارها

| عنوان | صفحه |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| نمودار ۱-۲- روش اجرای مطالعات ارزیابی کمی ریسک | ۹ |
| نمودار ۲-۲- انواع پیامدهای ممکن در اثر نشت گاز ترش..... | ۱۵ |
| نمودار ۳-۲- سرعت باد در منطقه تنگ بیجار در جهت‌های مختلف..... | ۲۲ |
| نمودار ۴-۲- نمونه شمارنده‌های ریسک در فواصل مختلف..... | ۲۶ |
| نمودار ۵-۲- نمونه نمودارهای تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها..... | ۲۷ |
| نمودار ۶-۲- معیارهای ریسک جمعی در کشورهای مختلف و ایران | ۲۹ |
| نمودار ۷-۲- نرخ تکرارپذیری نشت‌ها بر اساس عوامل مختلف بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا..... | ۳۹ |
| نمودار ۱-۳- توزیع شدت تشعشع آتش فورانی در اثر نشت گاز در خط لوله..... | ۶۳ |
| نمودار ۲-۳- توزیع شدت تشعشع آتش فورانی در اثر نشت گاز در خط لوله..... | ۶۴ |
| نمودار ۳-۳- توزیع شدت تشعشع آتش فورانی در اثر نشت گاز در خط لوله..... | ۶۴ |
| نمودار ۴-۳- محدوده محصور حد پایین اشتعال پذیری در اثر نشت گاز در خط لوله..... | ۶۵ |
| نمودار ۵-۳- محدوده محصور حد پایین اشتعال پذیری در اثر نشت گاز در خط لوله..... | ۶۵ |
| نمودار ۶-۳- محدوده محصور حد پایین اشتعال پذیری در اثر نشت گاز در خط لوله فاز ۱..... | ۶۶ |
| نمودار ۷-۳- توزیع غلظت گاز سولفید هیدورژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله..... | ۶۶ |
| نمودار ۸-۳- توزیع غلظت گاز سولفید هیدورژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله..... | ۶۷ |
| نمودار ۹-۳- توزیع غلظت گاز سولفید هیدورژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله..... | ۶۷ |
| نمودار ۱۰-۳- توزیع غلظت گاز سولفید هیدورژن در اثر نشت گاز در خط لوله..... | ۶۸ |
| نمودار ۱۱-۳- توزیع غلظت گاز سولفید هیدورژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله..... | ۶۸ |
| نمودار ۱۲-۳- توزیع غلظت گاز سولفید هیدورژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله..... | ۶۹ |
| نمودار ۱-۴- ریسک جمعی در اثر پیامدهای نشت گاز | ۷۱ |

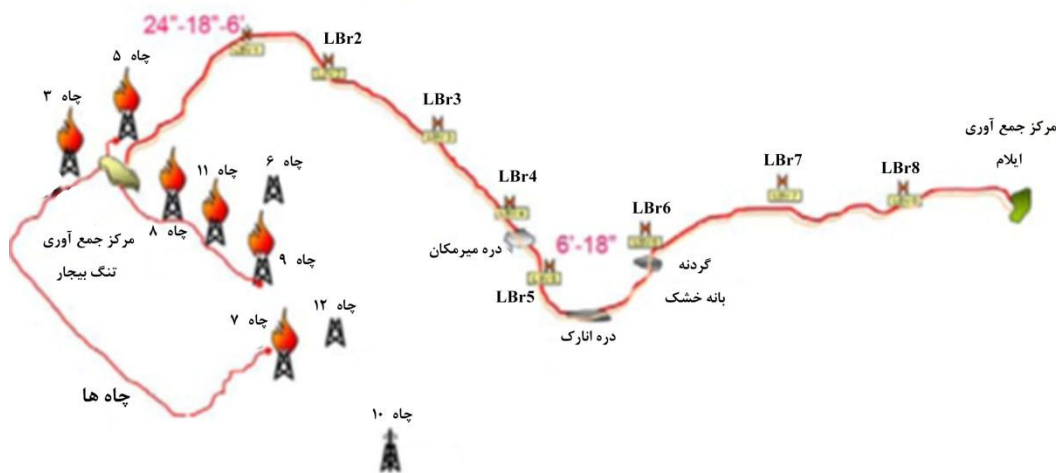
فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

میدان گازی تنگه بیجار واقع در ارتفاعات زاگرس در غرب ایران به فاصله حدود ۶۰ کیلومتری ایلام، ۷۰ کیلومتری جنوب شرقی نفت شهر و ۱۲۵ کیلومتری کرمانشاه می‌باشد. میدان تنگ بیجار^۱ در حال حاضر توسط ۵ حلقه چاه مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. چاه‌ها در فاصله ۲۵ کیلومتری نسبت به مرکز جمع‌آوری واقع شده‌اند و گاز تولیدی چاه‌ها پس از ورود به مرکز تفکیک مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار^۲ و جداسازی فیزیکی گاز از میعانات گازی در یک لخته گیر از طریق خط لوله ۱۸ اینچ به تأسیسات مرکز جمع‌آوری ایلام^۳ در فاصله ۴۰ کیلومتری از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار ارسال می‌گردد. مایعات تولیدی از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار پس از جداسازی بخشی از آب آن در جداکننده سه فازی در مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار توسط پمپ‌های میعانات گازی به مرکز جمع‌آوری ایلام ارسال می‌گردد. انتقال گاز تأسیسات مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام توسط خط لوله‌ای ۱۸ اینچ به طول ۴۰ کیلومتر صورت می‌پذیرد.

طرح کلی میدان گازی تنگ بیجار و کمانکوه



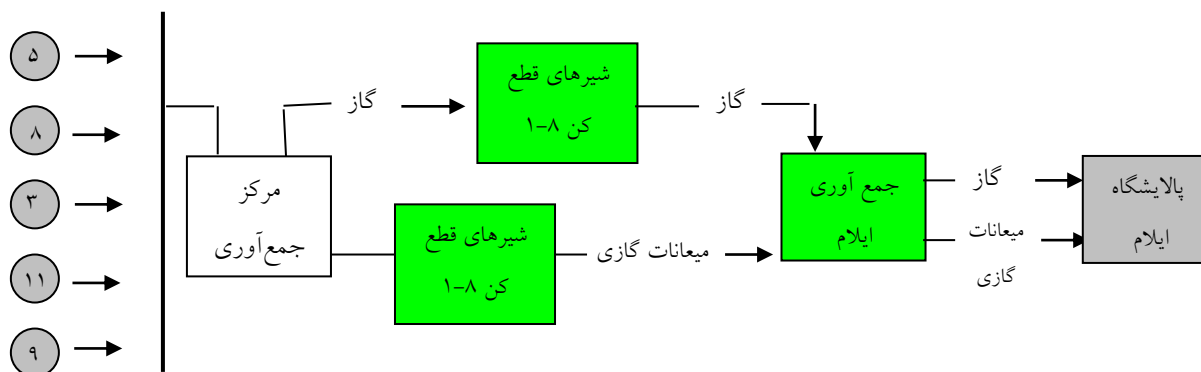
شکل ۱-۱- شماتیک کلی میدان گازی تنگ بیجار

^۱. Tange Bijar

^۲. Tange Bijar Central Facility

^۳. ILAM Separation Facility

چاه‌های فعال



شکل ۱-۲- شماتیک تاسیسات موجود میدان گازی تنگ بیجار

۲-۱- ضرورت مطالعات ایمنی

هر چند تأسیسات و تجهیزات فرایندی در جهت بهره‌وری، سودآوری و همچنین تولید ثروت مورد استفاده قرار می‌گیرند اما دارای پتانسیل عمده‌ای برای آسیب به انسانها، اموال و محیط زیست را دارا می‌باشند. از آسیب‌های متعدد ناشی از حوادث در صنایع فرایندی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بیماری، جراحت و مرگ
- آسیب به اموال و سرمایه سازمان
- آلودگی زیست محیطی و تهدید سایر جانداران
- قطع تولید و کاهش سود سرمایه سازمان
- کاهش اعتبار و شهرت سازمان

یکی از مطالعات و بررسی‌های مهم در صنایع فرایندی بخصوص در خطوط لوله انتقال مواد خطرناک مربوط به ارزیابی ریسک مخاطرات به منظور تعیین میزان ریسک می‌باشد. بر اساس میزان ریسک ناشی از انواع مخاطرات در تأسیسات می‌توان ضرورت و اهمیت تمهیدات و حفاظت‌های ایمنی را پررنگ ساخته و با اطمینان قابل ملاحظه‌ای در مورد صرف هزینه‌ها و تغییرات کلان تصمیم‌گیری نمود (۱).

۱-۳- تعاریف

پیش از معرفی روش مطالعات ارزیابی ریسک آشنایی با برخی از تعاریف مهم ایمنی ضروری می باشد (۹).

| | |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------|
| DNV (DET NORSKEVERITAS) | شرکت DNV |
| FLASHFIRE | آتش ناگهانی |
| HAZARD IDENTIFICATION (HAZID) | شناسایی مخاطرات |
| JETFIRE | آتش فورانی |
| IMMEDIATELY DANGEROUS TO LIFE AND HEALTH (IDLH) | خطر فوری برای زندگی و سلامت |
| LOWER FLAMMABILITY LIMIT (LFL) | حد پایین اشتعال پذیری |
| ONE MILLION CUBIC FEET PER DAY (MMCFD) | میلیون فوت مکعب در روز |
| PROCESS HAZARD ANALYSIS SOFTWARE TOOL (PHA/ST) | ابزار نرم افزاری تحلیل مخاطرات فرآیندی |
| SHORT TIME EXPOSURE LIMIT (STEL) | حد تماس کوتاه مدت |
| THRESHOLD LIMIT VALUE (TLV) | حد آستانه مجاز |
| THOUSAND BARRELS PER DAY (MBD) | هزار بشکه در روز |
| UPPER FLAMMABILITY LIMIT (UFL) | حد بالای اشتعال پذیری |

۱-۴- اهداف مطالعه

در مطالعات و ارزیابی ایمنی قدم اول شناسایی مخاطرات با توجه به شرایط و موقعیت منبع خطر می باشد. پس از این که خطر شناسایی شد لازم است آثار و پیامدهای آن (شدت تشعشع حرارتی ناشی از آتش، افزایش فشار ناشی از انفجار، حجم ریزش مواد و غلظت ماده منتشر شده در هوا) بر شمرده شوند. مدل های ریاضی حوادث مختلف به همین منظور به کار گرفته می شوند. پیامدهای یک حادثه، با توجه به شدت اثر، فاصله ای که اثر در آن فاصله حس می شود و همچنین توزیع امان های آسیب پذیر (جمعیت) مشخص می شوند. به این منظور میتوان از مدل های آسیب پذیری کمک گرفت. این مدل ها، رابطه بین شدت یک اثر و میزان خسارتی که به یک هدف مفروض وارد می شود را نشان می دهد.

فعالیت‌های گفته شده می‌توانند به عنوان رویکردی قطعی در تعیین حوادث احتمالی و آثار پیامدهای آنها مورد استفاده قرار گیرند. میزان خسارت و پیامدهای ناشی از حوادث به عنوان معیاری از حاد بودن آنها شناخته می‌شود. در این قسمت از پروژه سعی شده است تا با انجام مطالعات آنالیز پیامد و ارزیابی ریسک در محل عبور خطوط لوله از زیر زمین، پیامدهای ناشی از رهايش مواد (آتش گیر بودن، انفجار و رهايش گاز سمی) ارزیابی شود و داده‌های مورد نیاز در مطالعات ریسک و تعیین حریم ایمنی خطوط فراهم شود. لازم به ذکر است که در مطالعات ارزیابی ریسک، ریسک فردی و جمعی محاسبه می‌شوند.

بنابراین هدف از انجام مطالعات ارزیابی کمی ریسک^۱ در این پروژه به شرح زیر می‌باشند:

- شبیه‌سازی انتشار گاز و پیامدهای مختلف ناشی از آن مانند انواع آتش‌سوزی‌ها و رهايش گاز سمی.
- تخمین سطوح ریسک مرگ و میر ناشی از خطوط انتقال گاز ترش که ممکن است ساکنین اطراف خطوط لوله را مورد تهدید قرار دهد.
- ارائه تمهیدات و روش‌های کاهش ریسک مرگ و میر از جمله، تعیین حریم خطوط لوله، تغییر در طراحی، راه کارهای عملیاتی و تعمیراتی و

۱-۵- محدوده عمل

در این مطالعه خط گاز ترش انتقالی منطقه تنگ بیجار از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام مورد بررسی قرار می‌گیرد.

^۱. Quantitative Risk Assessment

فصل دوم

مواد و روش‌ها

۲-۱- تشریح روش کار

جهت انجام مطالعات ارزیابی کمی ریسک در ابتدا می‌بایست نوع و مشخصات سیستم مورد بررسی تعریف گردد. همچنین محدوده کار شامل تأسیسات، فعالیت‌ها و شرایطی که می‌بایست مطالعه ارزیابی ریسک بر روی آنها انجام گردد شناسایی و معین شوند. بنابراین در ابتدا در مطالعات ارزیابی ریسک خطوط لوله در منطقه تنگ بیجار، تعداد، مشخصات فنی، مشخصات گاز و شرایط خطوط لوله تعیین می‌گردد.

مرحله بعد، شناسایی مخاطرات می‌باشد. در این بخش سایر حوادث محتمل که ممکن است به وقوع بپیوندند بر اساس حوادث اتفاق افتاده در گذشته و تجربه تیم مطالعه مشخص می‌گردد. جهت شناسایی مخاطرات استاندارد ایزو ۱۷۷۷۶^۱ و چک لیست‌های ارائه شده توسط استاندارد، جهت تعیین سایر سناریوهای خطرناک مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از شناسایی مخاطرات، تجزیه و تحلیل تکرارپذیری جهت تخمین چگونگی اتفاق افتادن حوادث انجام می‌گیرد. تکرارپذیری حوادث معمولاً با استفاده از داده‌های مربوط به حوادث گذشته یا مدل‌های نظری استخراج می‌گردد. به موازات تعیین تکرارپذیری، شبیه‌سازی پیامد جهت تعیین میزان اثرات ناشی از وقوع حوادث بر روی انسان، تجهیزات و محیط زیست انجام می‌گیرد. برای تسهیل در انجام شبیه‌سازی انواع حوادث در این مطالعه از نرم افزار تحلیل مخاطرات فرایندی ۶/۷^۲ استفاده می‌گردد (۶).

پس از تعیین تکرارپذیری و پیامد برای هر یک از رویدادهای مدل سازی شده، نتایج ریسک به کمک ترکیب دو عامل بدست می‌آید. انواع ریسکها با توجه به پیامدهای مختلف مطابق موارد زیر مشخص می‌گردد.

- ریسک فردی: میزان ریسک دریافت شده توسط یک شخص در یک نقطه زمانی مشخص.

- ریسک جمعی: میزان ریسک دریافت شده بوسیله گروهی از مردم که با یک مخاطره خاص در تماس می‌باشند.

^۱. ISO17776

^۲. PHAST 6.7

- ریسک مالی ناشی از دست رفتن تجهیزات و سرمایه سازمان.

- اثرات محیط زیستی.

اقدامات صورت گرفته تاکنون در جهت ارزیابی ریسک بوده است. قدم بعدی تعیین معیارهای ریسک قابل قبول می باشد. در فرایند ارزیابی ریسک، سطح ریسک محاسبه شده به کمک مقادیر تکرارپذیری و شدت با سطوح ریسک های معیار مقایسه می گردد و در نهایت در صورت اختلاف بین ریسک محاسبه شده و ریسک معیار، تمهیدات و روش های کاهش ریسک جهت رسیدن به سطح قابل قبول^۱ ارائه می گردد. بنابراین جهت رسیدن به سطح قابل قبول ریسک، نیازمند لحاظ نمودن تمهیدات کاهش ریسک می باشیم (۶).

۲-۲- اهداف و نتایج قابل انتظار

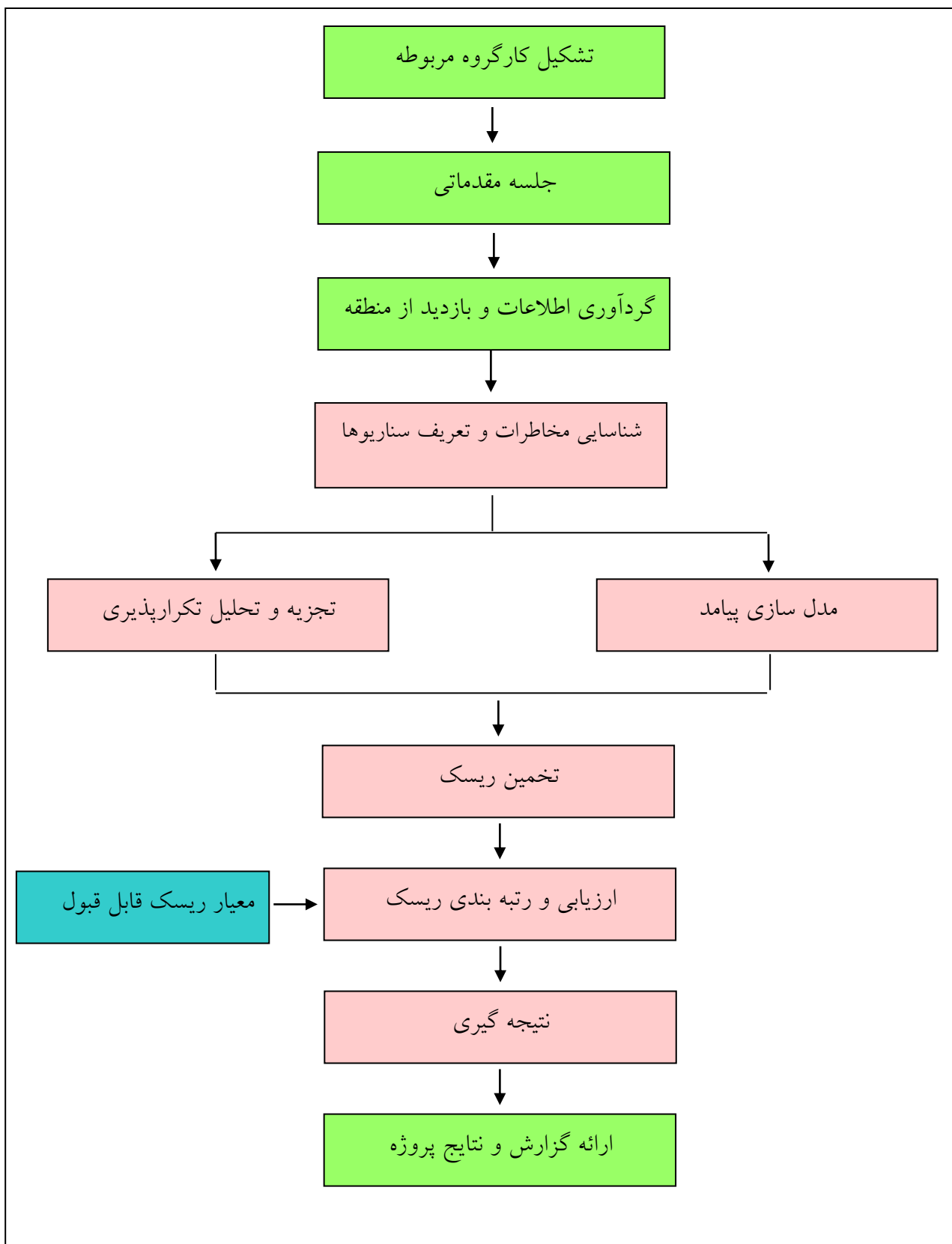
نتایج حاصل از مطالعات ارزیابی کمی ریسک در دو زمینه مورد استفاده قرار می گیرد:

- تغییر و بهبود در طراحی تجهیزات، تأسیسات و جانمایی در جهت کاهش ریسک.

- بهبود سیستم مدیریت ایمنی تأسیسات.

متدولوژی و چهارچوب اصلی مطالعات ارزیابی کمی ریسک در نمودار زیر به طور خلاصه نمایش داده شده است.

^۱. As Low As Reasonably Practicable (ALARP)



نمودار ۱-۲- روش اجرای مطالعات ارزیابی کمی ریسک (۹)

۲-۳- تخمین تکرارپذیری

استفاده از سوابق و پیشینه موجود در محاسبه تکرارپذیری یک حادثه، سوابق موجود در یک واحد و واحدهای مشابه می‌توانند منبع اطلاعاتی بسیار مفیدی در محاسبه تکرارپذیری یک حادثه باشند. در این روش همه حوادث اتفاق افتاده در واحد و واحدهای مشابه جمع آموری می‌گردد و با تقسیم تعداد هر حادثه مشخص بر بازه زمانی که این حوادث در آن رخ داده اند، میزان تکرارپذیری آن حادثه محاسبه می‌شود (۱۶).

۲-۳-۱- منابع تکرارپذیری نشتی‌ها

منابع اطلاعاتی متعددی در مورد تکرارپذیری انواع نشتی‌ها در مورد خطوط لوله گاز وجود دارد که منابع اصلی مورد استفاده به شرح ذیل می‌باشند:

- The European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG)
- The Oil Companies' European Organization for Environmental and Health Protection (CONCAWE)
- Pipeline Performance in British Columbia 2010
- US Hazardous Liquid Pipeline Data
- UK British Gas pipeline data
- UK HSE North Sea pipeline data
- California pipeline data (provided by the California State Fire Marshal)
- Dutch pipeline data (reported by TNO)
- Australia pipeline data (provided by the Petroleum Division of the Department of Manufacturing And Industry Development, Victoria) etc.

۲-۳-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های منتشر شده در خصوص تکرارپذیری نشتی‌ها در خطوط لوله به تفکیک عوامل خرابی و ساین خرابی می‌باشند. بر این اساس، می‌توان جداولی برای تکرارپذیری وقوع هر حادثه بر حسب اندازه نشتی تهیه کرد. برای این کار توزیع اندازه نشتی با تکرارپذیری نشتی‌ها در خطوط لوله در اثر هر عامل خرابی ترکیب می‌شوند (۱۴).

۲-۳-۳- بومی سازی داده های تکرارپذیری

جهت دستیابی به داده های دقیق باید از داده های تکرارپذیری لوله های مشابه (سایز، ضخامت، جنس، عمر، فشار) با سیال یکسان و شرایط محیطی و نگهداری یکسان استفاده نمود. اما دستیابی به سوابق داده های مربوط به لوله های با جزئیات ذکر شده بسیار بعید به نظر می رسد. حتی اگر داده هایی با این دقت پیدا شود، میزان دقت و تجربه تیم نگهداری از خطوط لوله با مقادیر ارائه شده در مراجع متفاوت بوده و بنابراین نتایج متفاوتی را در پی خواهد داشت. لذا جهت محاسبه ریسک مربوط به خط لوله ای خاص باید تنظیمات و اصلاحاتی بر روی داده های برگرفته از مراجع صورت گیرد. ضرایب در نظر گرفته شده با در نظر گرفتن شرایط تنگ بیجار و با لحاظ نمودن نظرات بخش عملیات استخراج می گردد.

جهت بومی سازی داده های تکرارپذیری، شاخص های زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

- تأثیر نوع سیال داخل لوله
- تأثیر عمق دفن
- تأثیر حفاری
- تأثیر مشکلات حین ساخت و نصب
- تأثیر پیگ رانی
- تأثیر مخاطرات طبیعی از قبیل زلزله، طوفان، سیل و
- تأثیر خرابکاری (۱۸).

۲-۴- تجزیه و تحلیل پیامد

جهت مدل‌سازی پیامد ناشی از نشت گاز در خطوط لوله چند سناریو متفاوت در نظر گرفته می‌شود. بعد از جمع‌آوری کلیه اطلاعات مورد نیاز در مورد خطوط لوله و اختصاص شرایط آب و هوایی نمونه مدل سازی انجام می‌گردد.

هدف اصلی از مدل سازی پخش مواد در محیط، تخمین غلظت ماده رها شده در محیط در جهت‌های سه گانه و در طول زمان می‌باشد. عوامل زیادی مثل پایداری جوی، سرعت باد، ارتفاع رهائش مواد و.... وجود دارند که بر پخش مواد در محیط مؤثر هستند. ماده سمی عمده مورد بررسی در خط لوله منطقه تنگ بیجار، گاز سولفید هیدروژن می‌باشد. در این مرحله از پروژه مراحل مختلف مدل‌سازی توسط نرم‌افزار تحلیل مخاطرات فرایندی انجام می‌شود. این مراحل عبارتند از:

- رهائش و پخش گاز آتش گیر
- پیامدهای گوناگون آتش شامل آتش فورانی^۱، آتش کروی^۲، آتش ناگهانی^۳
- پیامدهای ناشی از پخش گاز سمی هیدروژن سولفید (۱۳).

۲-۵- انواع پیامدهای محتمل

پیامدهای محتمل برای رهائش گاز و مایعات گازی در اثر نشت در خطوط لوله گاز ترش شامل آتش ناگهانی، آتش فورانی و رهائش مواد سمی است. که هر کدام به طور جداگانه شبیه‌سازی خواهند شد. لازم به ذکر می‌باشد با توجه به اینکه تجمع گاز آتش گیر در اطراف خطوط لوله امکان‌پذیر نمی‌باشد در مورد سناریوهای خطوط لوله، احتمال پدیده انفجار ابر بخار آتش گیر بسیار پایین می‌باشد بنابراین در ارزیابی پیامد و ریسک لحاظ نمی‌گردد (۱۱).

^۱ Jet Fire

^۲ fire ball

^۳ Flash Fire

۲-۵-۱- پخش مواد سمی

هدف اصلی از مدل سازی پخش مواد در محیط، تخمین غلظت ماده رها شده در محیط در جهت های سه گانه و در طول زمان می باشد. عوامل زیادی مثل پایداری جوی، سرعت باد، ارتفاع رهائش مواد و ... وجود دارند که بر پخش مواد در محیط مؤثر هستند (۱۱).

۲-۵-۲- آتش ناگهانی

یک احتراق غیر انفجاری ناشی از ابر گاز تشکیل شده از ماده قابل اشتعال منتشر شده در هوای آزاد می باشد و این در حالی است که مخلوط شدن قسمتی از ابر گازی با هوا برای ایجاد این نوع آتش سوزی الزامی است. آتش سوزی ناگهانی در زمانی که گاز به طور یکنواخت در محیط پراکنده شده باشد و سرعت شعله های آن دارای شتاب کافی برای ایجاد تأثیرات فشاری نباشد غیر انفجاری است اما در صورتی ابر گازی قابل اشتعال که در یک محیط متراکم نظیر اتاق مخازن، به طور آشفته و غیریکنواخت تجمع یافته و با یک جرقه تأخیردار همراه شود سبب ایجاد انفجار ابر گازی می شود.

آتش سوزی ناگهانی معمولاً بیشتر از چند دهم ثانیه طول نمی کشد و سرعت شعله آن کم و در حدود چندین متر بر ثانیه است لذا تأثیرات ناشی از تشعشعات حرارتی آن در مقایسه با سایر آتش سوزی ها پایین می باشد. محدوده شعله این آتش سوزی بین نصف حد پایین اشتعال و محل خروج گاز در نظر گرفته می شود. این نوع آتش سوزی معمولاً سطح گسترده ای را در بر می گیرد و سبب کاهش اکسیژن در محیط می شود. اکثر خطرات مربوط به آتش سوزی ناگهانی به دلیل تشعشعات حرارتی و تماس مستقیم با شعله می باشد. در این نوع آتش سوزی، احتراق معمولاً از قسمتی که با هوا مخلوط شده و دارای مقادیر بیشتر اکسیژن می باشد (سطوح خارجی ابر گازی) آغاز شده و به قسمت هایی که دارای غلظت بیشتری از گاز هستند (سطوح داخلی ابر گازی) سرایت پیدا می کند (۱۱).

۲-۵-۳- آتش فورانی

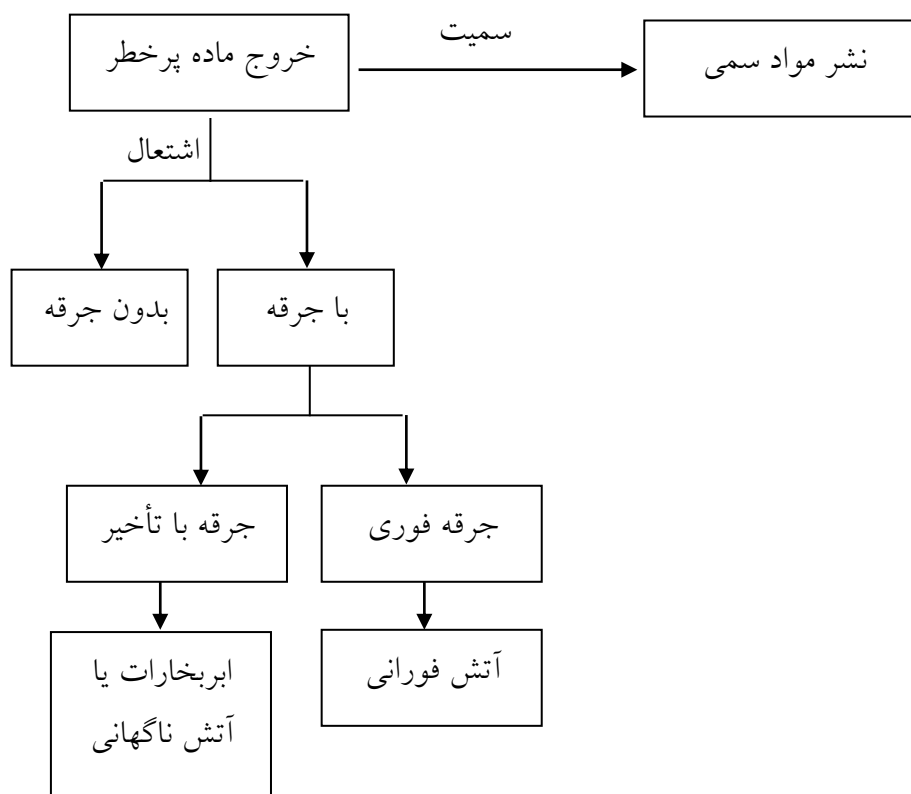
این نوع آتش معمولاً از احتراق مواد قابل اشتعالی به وجود می‌آید که در حال خروج از یک منبع تحت فشار بوده و منبع ایجاد جرقه نیز در محیط وجود داشته باشد. سرعت خروج مواد اشتعال‌پذیر تأثیر زیادی بر روی نوع آتش ایجاد شده دارد زیرا در ابتدا سرعت خروج باید به اندازه‌ای بالا باشد که بتواند مقادیر قابل توجهی از هوا را وارد جت بکند و ثانیاً شعله در نقطه‌ای پایدار می‌شود که سرعت شعله مساوی با سرعت موضعی مخلوط شدن گاز باشد.

زمانی که سرعت تخلیه مواد اشتعال‌پذیر افزایش پیدا می‌کند، میزان هوای همراه سوخت نیز افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه غلظت سوخت در جت کاهش پیدا می‌کند. محل تشکیل شعله از محل تخلیه سوخت دورتر می‌شود و در نهایت ممکن است شعله به اندازه‌ای از محل تخلیه دور شود که در آن نقطه غلظت سوخت پایین‌تر از حد پایین اشتعال‌پذیری بوده و در نتیجه خاموش شدن شعله اتفاق افتد. در مدل‌سازی آتش فورانی تشعشعات حرارتی تنها عواملی هستند که به عنوان خطرات ناشی از این نوع آتش‌سوزی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

هدف از مدل‌سازی آتش فورانی دستیابی به قطر جت و نرخ تابش حرارتی از جت سوزان در هر نقطه دلخواه می‌باشد. پیامدهای ناشی از جت آتش بر اساس میزان تشعشع ایجاد شده ارزیابی می‌گردد. لازم به ذکر است که محدوده میزان تشعشع ۳۷ کیلووات بر مترمربع ناشی از آتش که سبب آسیب‌های شدید به انسان می‌گردد در نمودارهای مدل‌سازی هر واحد عنوان شده‌اند (۱۱).

۲-۶- احتمال وقوع پیامدهای مختلف

در صورت نشت سیال آتشگیر و سمی با توجه به وجود جرقه، پیامدهای مختلف را می‌توان پیش‌بینی نمود. بنابراین سایر شرایط ممکن برای پیامدهای مختلف می‌بایست در ارزیابی ریسک لحاظ گردد. پیامدهای ممکن در اثر وقوع نشت گاز ترش در نمودار زیر خلاصه شده است.



نمودار ۲-۲- انواع پیامدهای ممکن در اثر نشت گاز ترش (۱۱)

بنابراین در مطالعات ارزیابی ریسک ناشی از پیامدهای مختلف می‌بایست احتمال جرقه با توجه به موقعیت خطوط لوله و شرایط اطراف خطوط لوله در نظر گرفته شود. و در نهایت برای هر یک از پیامدهای مختلف تکرارپذیری با توجه به تکرارپذیری نشت گاز و احتمال جرقه محاسبه گردد (۱۱).

۲-۷- معیار سنجش آثار ناشی از آتش

هر چند که در بعضی از موارد برخورد مستقیم شعله به تجهیزات یا تولید گاز سمی ناشی از احتراق می‌تواند عامل آسیب رسانی باشد اما به طور کلی آسیب ناشی از انواع آتش عمدتاً مربوط به تشعشع حرارتی ناشی از آن است. در این پروژه آنالیز پیامد برای آتش

ناگهانی و فورانی انجام می‌شود. در مورد آتش ناگهانی و فورانی با توجه به استانداردهای موجود سه میزان تشعشع زیر به عنوان سطوح ناشی از آتش در نظر گرفته شده است (۷).

جدول ۱-۲- معیارهای آسیب‌های ناشی از تشعشع آتش‌سوزی (۷)

| اثرات | شارحرارتی (کیلووات بر مترمربع) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| برای افراد بدون پوشش محافظ مخصوص، بی‌ضرر است. | ۱/۴ |
| در دراز مدت سبب ناراحتی نمی‌شود. | ۱/۶ |
| حداقل مقداری که سبب سردرد می‌شود. | ۱/۷ |
| حداقل مقداری که پس از یک دقیقه سبب درد می‌شود. | ۲/۱ |
| بعد از ۲۰ ثانیه سبب درد شده، احتمال تاول زدگی وجود دارد. احتمال مرگ و میر ۰٪ است. | ۴/۰ |
| در مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ایجاد درد کرده و پس از ۳۰ ثانیه ایجاد سوختگی می‌کند. | ۴/۷ |
| حداکثر میزان قابل تحمل برای آتش‌نشانی‌هایی که کاملاً محافظت شده‌اند (بوسیله لباس‌های محافظ کلاسیک). | ۷/۰ |
| فولادهای نازک، که قسمت‌های کمی از آنها عایق شده است، ممکن است مقاومت مکانیکی خود را از دست بدهند. | ۱۱/۷ |
| عایق پلاستیکی سیم‌های الکتریکی ذوب شده، لوله‌های پلاستیکی ذوب شده، احتمال مرگ و میر ۱۰۰٪ است. | ۱۲/۵ |
| شدت تابش بحرانی برای چوب (بدون تماس شعله با سطح، چوب مشتعل می‌شود). | ۱۵/۰ |
| فولادهای نازک عایق شده ممکن است مقاومت مکانیکی خود را از دست دهند. | ۲۵/۰ |
| شدت تابش بحرانی برای چوب و منسوجات (بدون شعله) - حدآستانه اشتعال ساختمان‌ها. | ۳۵/۰ |
| خسارت به تجهیزات فرایندی، تخریب سازه‌ها. | ۳۷/۵ |

۲-۸- معیار سنجش آثار ناشی از پخش مواد سمی

مخاطره عمده در صنایع فرآیندی، رهائش و پخش مواد شیمیایی به محیط بیرون می‌باشد. مخاطرات مربوط به موادمسمی به دو فاکتور مهم میزان سمیت مواد و مدت زمان استنشاق و تماس با آنها وابسته است. چگونگی انجام فرآیند، غلظت موادمسمی، زمان تماس، قابلیت احساس از طریق حس بویایی، حضور آشکار کننده‌های نشتی مواد و کمکهای اولیه برخی از مهمترین فاکتورها در ارتباط با تحلیل عواقب انتشار و پخش مواد سمی می‌باشند.

جهت ارزیابی اثرات سمیت مواد معیارها و پارامترهای گوناگونی وجود دارد. میزان تلفات و خسارتهای ناشی از رهائش و پخش مواد سمی به غلظت ماده سمی و میزان تماس با آن بستگی دارد. در ارتباط با چگونگی ارزیابی خسارتهایی که افراد در تماس با مواد سمی به آن دچار می‌شوند روابط و پارامترهای از پیش تعریف شده‌ای وجود دارد که با استفاده از آنها می‌توان درجه خسارت را تعیین نمود. برخی از این معیارها عبارتند از: راهنمای واکنش در شرایط اضطراری^۱، حد آستانه مجاز^۲، حد آنآ خطرناک برای سلامتی و زندگی^۳، حد مجاز کوتاه مدت^۴.

از آنجائیکه ماده خطرناک و سمی مورد مطالعه در این پروژه گاز سولفید هیدروژن می‌باشد بنابراین مقادیر خطرناک این ماده برای مدل سازی و ارزیابی ریسک آن مورد نیاز می‌باشد. گاز سولفید هیدروژن بی رنگ و دارای بوی تند تخم‌مرغ گندیده می‌باشد و همچنین دارای نقطه جوش ۶۰.۲- درجه سانتی گراد می‌باشد. و در صورت تنفس این گاز بسیار سمی و کشنده می‌باشد. مقادیر مجاز ماده سولفید هیدروژن و مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن مطابق با برگه اطلاعات ایمنی مواد^۵ در جدول (۲-۲) آورده شده است (۶).

^۱ Emergency Response Planning Guideline (ERPG)

^۲ Threshold Limit Value (TLV)

^۳ Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH)

^۴ Short Time Exposure Limit (STEL)

^۵ MSDS

جدول ۲-۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی سولفید هیدروژن (۲۳)

| خواص و مشخصات گاز هیدروژن سولفور |
|----------------------------------------------------------|
| نقطه اشتعال: $-82/4^{\circ}C$ |
| حد پایین انفجار: $4/3\%$ |
| حد بالای انفجار: 46% |
| دمای خود اشتعالی: $323^{\circ}C$ |
| نقطه ذوب: $-82^{\circ}C$ |
| فشار بخار: 1740 کیلوپاسکال در دمای $21^{\circ}C$ |
| چگالی بخار: $1/19$ |
| نقطه جوش: $-60^{\circ}C$ |
| وزن مولکولی: $34/08$ |
| حد آناً خطرناک برای سلامتی و زندگی: 100 PPM |
| حد آستانه مجاز: 1 PPM |
| حد مواجه کوتاه مدت: 5 PPM |
| حدود مواجه اضطراری سطح ۱: $0/1$ PPM |
| حدود مواجه اضطراری سطح ۲: 30 PPM |
| حدود مواجه اضطراری سطح ۳: 100 PPM |
| حلالیت در آب: $4\text{ g dm}^{-3}\text{ at }20^{\circ}C$ |
| چگالی مخصوص: $916\text{ at }-76^{\circ}F$ |

۲-۹- شرایط آب و هوایی و جغرافیایی

پایداری جوی در هنگام رها شدن مواد در محیط، عامل مهمی در مدل سازی پخش آنها و تخمین میزان شدت آنها می باشد. رفتار توده ابر تشکیل شده از پخش مواد به میزان پایداری جو بستگی دارد. پایداری جو نشان دهنده میزان اختلاط و اغتشاش لایه های جوی و معیاری از اختلاط مواد پخش شده در محیط در جهت عمود بر سطح زمین است. هر چه جو پایدارتر باشد این اختلاط کمتر و در صورت ناپایدار بودن جو، اختلاط لایه های جوی بیشتر می باشد و

پخش مواد در جهت عمود بر سطح زمین را به حداکثر می‌رساند. به طور کلی پایداری جو را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

- جو ناپایدار^۱
- جو خنثی^۲
- جو پایدار^۳

در مورد پخش گاز هیدروژن سولفور می‌توان گفت که هر چه پایداری جو کمتر باشد گاز در سه جهت اصلی بیشتر پخش خواهد شد و غلظتی که به یک فاصله خاص خواهد رسید کمتر خواهد بود. به همین دلیل در ارزیابی ریسک مخاطرات ناشی از انتشار گاز ترش از پایدارترین کلاس جوی به عنوان بدترین حالت برای پخش گاز استفاده می‌گردد. یکی از معیارهای مشهور پایداری جو، تقسیم بندی پاسکویل می‌باشد. در این روش، پایداری به شش کلاس از A تا F تقسیم می‌گردد. در این تقسیم‌بندی، پایداری جو تابع سرعت باد، میزان ابری بودن آسمان و میزان تابش خورشید بر سطح زمین می‌باشد. این دسته‌بندی در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۲-۳- معیار پایداری پاسکویل (۸)

| سرعت باد (متر بر ثانیه) | روز: میزان تابش خورشید | | | شب: درجه ابری بودن آسمان | | هوای کاملاً ابری در هر زمان از شبانه روز |
|----------------------------|------------------------|-------|------|--------------------------|---------------|------------------------------------------------|
| | | | | | | |
| | کم | متوسط | زیاد | کمتر از ۰/۴ | بین ۰/۴ و 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 |

¹. Unstable

². neutra

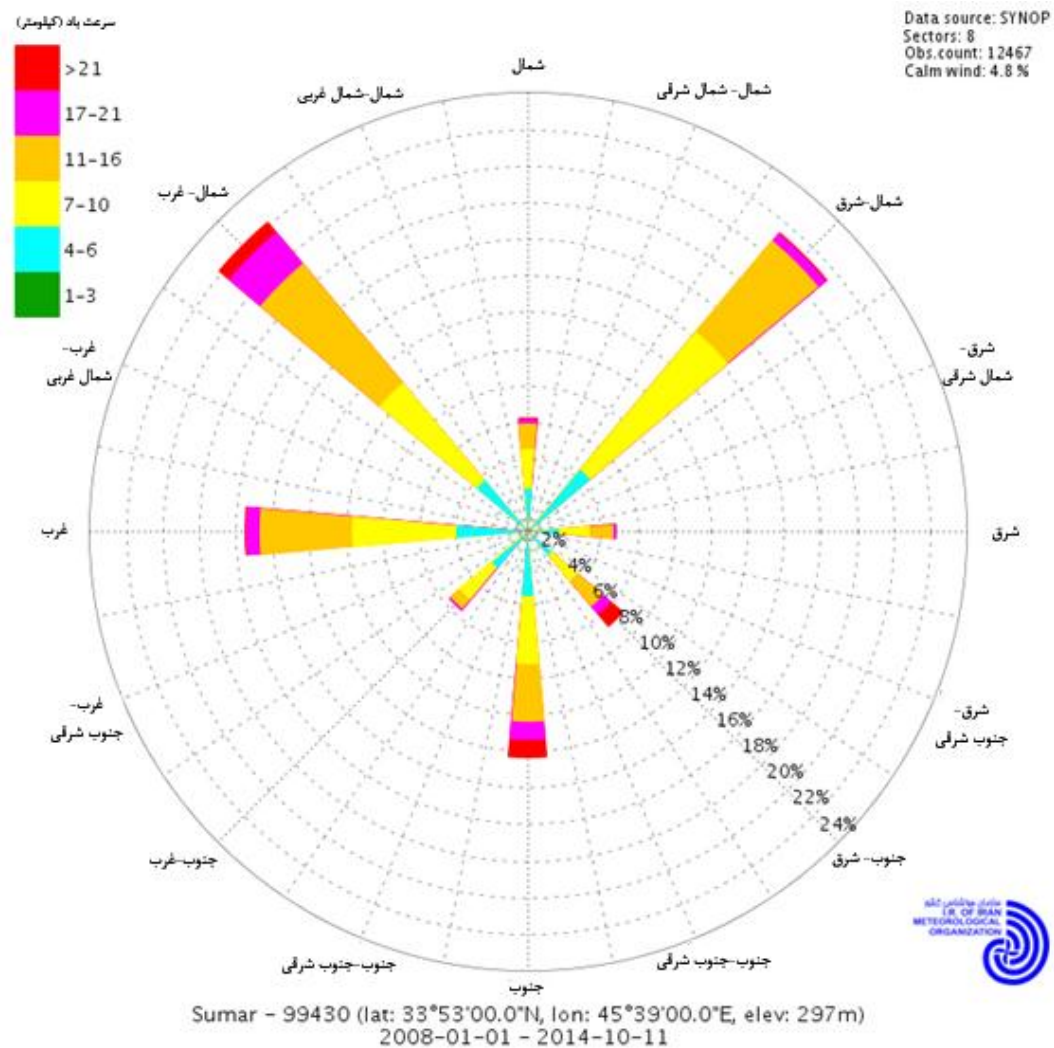
³. Stable

در تقسیم‌بندی پاسکوبیل، کلاس جوی A و B نشان‌دهنده جو ناپایدار، C و D نشان دهنده جو خشتی و E و F نشان‌دهنده جو پایدار است. جهت انجام ارزیابی ریسک و همچنین شبیه‌سازی پیامدها در این پروژه انواع کلاس‌های جوی به عنوان یکی از ورودی‌های مطالعه در نظر گرفته می‌شود. همچنین اطلاعات هواشناسی مربوط به شهر ایلام منطقه تنگ بیجار که در جداول زیر عنوان شده‌اند. داده‌های آب و هوایی برای سال ۱۳۹۴ برای تنگ بیجار به صورت زیر است (۸).

جدول ۲-۴- وضعیت آب و هوایی منطقه تنگ بیجار در فصول مختلف سال (۳)

| تنگ بیجار | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | سالیانه |
|------------------------------------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| دمای هوا | ۲۰.۴ | ۲۶.۴ | ۳۲.۷ | ۳۵.۲ | ۳۷ | ۳۴.۳ | ۲۸.۵ | ۲۰.۴ | ۱۳.۹ | ۱۱.۲ | ۱۲.۴ | ۱۶ | ۲۴.۰۳ |
| حداکثر دما | ۲۶.۳ | ۳۲.۷ | ۳۹.۵ | ۴۲.۱ | ۴۳.۹ | ۴۱ | ۳۴.۹ | ۲۵.۴ | ۱۸.۶ | ۱۵.۳ | ۱۷.۱ | ۲۱.۵ | ۲۹.۸۵ |
| حداقل دما | ۱۴.۴ | ۲۰.۳ | ۲۵.۹ | ۲۸.۳ | ۳۰ | ۲۷.۵ | ۲۲.۲ | ۱۵.۴ | ۹.۲ | ۶.۶ | ۷.۷ | ۱۰.۹ | ۱۸.۲ |
| بارندگی ماهانه (میلیمتر) | ۵ | ۴ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱ | ۸ | ۵ | ۵ | ۶ | ۴ | ۳ |
| حداکثر بارندگی در یک روز (میلیمتر) | ۳۱.۸ | ۵۲.۹ | ۰ | ۰ | ۰ | ۴.۹ | ۷.۶ | ۹۳.۶ | ۳۸.۲ | ۴۳.۶ | ۵۳.۲ | ۳۳.۷ | ۲۹.۹۵ |
| رطوبت نسبی | ۳۸ | ۲۹ | ۱۶ | ۱۵ | ۱۴ | ۱۵ | ۲۲ | ۴۵ | ۵۳ | ۵۷ | ۵۶ | ۴۵ | ۳۳ |
| تعداد روزهای یخبندان | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱ | ۰ | ۰.۳۳ |
| ساعات آفتابی (ساعت) | ۲۲۶.۳ | ۲۲۲.۴ | ۳۱۴.۲ | ۳۲۸.۶ | ۳۳۲.۵ | ۳۰۶.۲ | ۲۷۱.۲ | ۲۰۷.۱ | ۲۰۲.۶ | ۱۸۳.۹ | ۱۹۲.۶ | ۱۹۳.۳ | ۲۴۸.۴ |
| حداکثر سرعت وزش باد (متر بر ثانیه) | ۲۲ | ۲۱ | ۱۶ | ۱۵ | ۱۴ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۵ | ۱۹ | ۲۳ | ۲۱ | ۱۷.۵ |

ماخذ: اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه



نمودار ۲-۳- سرعت باد در منطقه تنگ بیجار در جهت‌های مختلف (۳)

جدول ۲-۵- میزان احتمال باد در جهت‌های مختلف در منطقه تنگ بیجار (۳)

| جهت باد | | انواع آب و هوا | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|------|--------|
| | | A-0.25 m/s | B-0.56 m/s | c-5.26 m/s | D-7.98 m/s | E-4 | F-0.26 |
| ۳۴۸.۷۵ - ۱۱.۲۵ | شمال | ۰.۰۶ | ۰.۰۰ | ۰.۰۵ | ۰.۱۲ | ۰.۲۶ | ۴.۸۴ |
| ۱۱.۲۵ - ۳۳.۷۵ | شمال- شمال شرقی | ۰.۰۶ | ۰.۰۷ | ۰.۰۶ | ۰.۱۳ | ۰.۱۸ | ۱.۲۱ |
| ۳۳.۷۵ - ۵۶.۲۵ | شمال شرقی | ۰.۰۶ | ۰.۰۷ | ۰.۰۵ | ۰.۱۲ | ۰.۰۷ | ۰.۴۰ |
| ۵۶.۲۵ - ۷۸.۷۵ | شرق- شمال شرقی | ۰.۰۶ | ۰.۰۷ | ۰.۰۳ | ۰.۰۷ | ۰.۰۲ | ۱.۲۱ |
| ۷۸.۷۵ - ۱۰۱.۲۵ | شرق | ۰.۰۶ | ۰.۲۵ | ۰.۲۸ | ۰.۷۷ | ۰.۱۴ | ۰.۴۰ |
| ۱۰۱.۲۵ - ۱۲۳.۷۵ | شرق- جنوب شرقی | ۰.۰۶ | ۱.۱۸ | ۱.۲۱ | ۴.۶۰ | ۰.۲۰ | ۰.۰۰ |
| ۱۲۳.۷۵ - ۱۴۶.۲۵ | جنوب شرقی | ۰.۰۶ | ۱.۸۲ | ۱.۲۴ | ۱.۷۶ | ۰.۱۱ | ۰.۴۰ |
| ۱۴۶.۲۵ - ۱۶۸.۷۵ | جنوب- جنوب شرقی | ۰.۰۶ | ۲.۴۶ | ۰.۸۷ | ۰.۷۳ | ۰.۰۵ | ۰.۰۰ |
| ۱۶۸.۷۵ - ۱۹۱.۲۵ | جنوب | ۰.۰۶ | ۶.۰۰ | ۱.۶۰ | ۰.۸۹ | ۰.۰۴ | ۰.۰۰ |
| ۱۹۱.۲۵ - ۲۱۳.۷۵ | جنوب- جنوب غربی | ۰.۰۶ | ۴.۲۵ | ۱.۶۶ | ۰.۸۶ | ۰.۰۴ | ۰.۰۰ |
| ۲۱۳.۷۵ - ۲۳۶.۲۵ | جنوب غربی | ۰.۰۶ | ۱.۵۷ | ۰.۹۶ | ۱.۳۷ | ۰.۰۴ | ۰.۴۰ |
| ۲۳۶.۲۵ - ۲۵۸.۷۵ | غرب- جنوب غربی | ۰.۰۶ | ۰.۳۶ | ۰.۳۳ | ۰.۸۰ | ۰.۰۶ | ۰.۰۰ |
| ۲۵۸.۷۵ - ۲۸۱.۲۵ | غرب | ۰.۰۶ | ۰.۱۴ | ۰.۷۴ | ۳.۷۷ | ۰.۴۲ | ۰.۸۱ |
| ۲۸۱.۲۵ - ۳۰۳.۷۵ | غرب- شمال غربی | ۰.۰۶ | ۰.۳۹ | ۱.۳۳ | ۱۹.۲۸ | ۱.۵۷ | ۸.۰۷ |
| ۳۰۳.۷۵ - ۳۲۶.۲۵ | شمال غربی | ۰.۰۶ | ۰.۲۹ | ۰.۳۱ | ۱.۷۸ | ۰.۹۱ | ۷.۲۷ |
| ۳۲۶.۲۵ - ۳۴۸.۷۵ | شمال- شمال غربی | ۰.۰۶ | ۰.۰۰ | ۰.۰۶ | ۰.۱۸ | ۰.۱۸ | ۲.۸۳ |

جدول ۲-۶- داده‌های هواشناسی برای انواع کلاس‌های هوایی منطقه تنگ بیجار (۳)

| احتمال (%) | میزان تشعشع (کیلووات بر مترمربع) | رطوبت (%) | دما °C | پایداری | سرعت باد (متر بر ثانیه) |
|------------|-------------------------------------|-----------|----------|---------|----------------------------|
| ۰.۹۶۶۶۶۶ | ۰.۵ | ۲۲.۸۳۳۳۳ | ۱۹.۳۶۶۶۷ | A | ۰.۲۵ |
| ۱۸.۹۲۷۹۴ | ۰.۵ | ۵۲.۲۵۲۶۹ | ۲۹.۳۵۷۱ | B | ۰.۵۶ |
| ۱۰.۷۶۷۴۱ | ۰.۵ | ۳۳.۱۲۹۲۱ | ۲۸.۳۴۰۷۹ | C | ۵.۲۶ |
| ۳۷.۲۱۶۶۳ | ۰.۵ | ۱۲.۴۱۹۸۶ | ۲۴.۹۲۴۱۹ | D | ۷.۹۸ |
| ۴.۲۷۲۰۳۸ | ۰.۵ | ۳۳.۱۲۹۲۱ | ۲۸.۳۴۰۷۹ | E | ۴ |
| ۲۷.۸۴۹۳۲ | ۰.۵ | ۲۲.۸۳۳۳۳ | ۱۹.۳۶۶۶۷ | F | ۰.۲۶ |

لازم به ذکر است که سرعت باد با ارتفاع تغییر می‌نماید و لایه مرزی وجود دارد که ضخامت آن به زبری و ارتفاع موانع بستگی دارد. ضخامت این لایه مرزی در مواردی که ساختمان‌های بلند، مثل آپارتمان‌های شهری و یا سازه‌های صنعتی بلند مرتبه وجود داشته باشد زیاد بوده (در حدود ۵۰۰ متر) و در قسمت‌هایی که ساختمان‌های کم ارتفاع تر وجود داشته باشد، همانند خانه‌های کم ارتفاع و یا مناطق جنگلی، ضخامت این لایه به ۴۰۰ متر رسیده و در مناطق کاملاً صاف و مسطح، همانند سطح دریا، این ضخامت به حدود ۲۵۰ متر می‌رسد. در داخل لایه مرزی به علت تأثیرات حاصل از اصطحاکاک زمین، سرعت باد متغیر خواهد بود. پارامتر طول زبری سطح، به منظور در نظر گرفتن تأثیر موانع با ارتفاع‌های گوناگون بر روی پخش عمودی آلاینده‌ها به کار گرفته می‌شود. مقادیر زبری سطح برای انواع مختلف سطوح به شکل زیر تخمین زده می‌شود:

جدول ۲-۷- زبری سطح برای سطوح مختلف (۱۰)

| | |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۰.۰۳ | سطوح صاف با حضور تعداد کمی درخت |
| ۰.۱ | زمینهای باز با تعداد زیادی درخت و یا زمین‌های کشاورزی |
| ۰.۳ | مناطق کشاورزی همانند مناطقی که در آنها گلخانه یا کلبه‌های تکی حضور دارند |
| ۱ | مناطق مسکونی که خانه‌ها پیش هم می‌باشند ولی ارتفاع آنها کم می‌باشد و یا مناطق صنعتی با ارتفاع کم دستگاه‌ها |
| ۳ | مناطق شهری با ساختمان‌های بلند و یا مناطق صنعتی با تجهیزات بلند |

با توجه به داده‌های موجود، زبری سطح برای مناطق شهری ۳ متر و برای مناطق اطراف شهر ۱ متر در نظر گرفته شده است.

۲-۱۰- مفاهیم و محاسبه ریسک

پس از تعیین مقادیر تکرارپذیری و میزان شدت ناشی از وقوع سناریوهای مختلف، ریسک ناشی از پیامد با توجه به میزان احتمال وقوع محاسبه می‌گردد. از آنجایی که در مطالعات ارزیابی ریسک تنها پیامدهای انسانی مورد بررسی قرار می‌گیرد، بنابراین میزان شدت پیامد حوادث را بر اساس احتمال آسیب جدی و مرگ افراد در نظر گرفته می‌شود که

حاصلضرب مقدار احتمال بدست آمده با تکرارپذیری وقوع سناریو برابر با تکرارپذیر مرگ برای یک نفر (ریسک فردی) یا چندین نفر (ریسک جمعی) خواهد بود. بنابراین در این مطالعه برای سایر سناریوها ریسک فردی و جمعی با توجه به شرایط سیال و موقعیت خطوط لوله محاسبه می‌گردد (۱۱).

۲-۱۰-۱- نتایج ارزیابی ریسک در قالب ریسک فردی

در این مطالعه نتایج حاصل از ریسک ناشی از آتش‌فروانی، آتش ناگهانی و رهایش گاز هیدروژن سولفور به صورت شمارنده ریسک مرگ‌ومیر فردی در سال (شمارنده ریسک)^۱ نمایش داده می‌شود.

برای تعیین نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در قالب نمودارهای عنوان شده از مفهوم ریسک فردی ویژه مکانی^۲ استفاده می‌گردد. ریسک فردی ویژه مکانی به معنای تکرارپذیری شرایطی می‌باشد که در آن یک شخص که به طور پیوسته در یک مکان ثابت می‌باشد در مقابل بالقوه شدن یک مخاطره دچار آسیب‌های جدی می‌گردد. همچنین فرض براین است اشخاصی که در معرض مخاطره قرار می‌گیرند دارای امکان فرار نمی‌باشند و در فضای باز و بصورت محافظت نشده می‌باشند. به کمک مقادیر ریسک فردی ویژه مکانی در نقاط مختلف مکانی، نتایج حاصل از ریسک فردی به صورت شمارنده‌های ریسک فردی محاسبه می‌گردد که تا حدی نتایج بدست آمده محافظه کارانه هم می‌باشد. نمودار زیر نمونه‌ای از شمارنده‌های ریسک فردی برای یک واحد فرایندی می‌باشد (۱۰).

^۱. RISK CONTOUR

^۲. LOCATION SPECIFIC INDIVIDUAL RISK



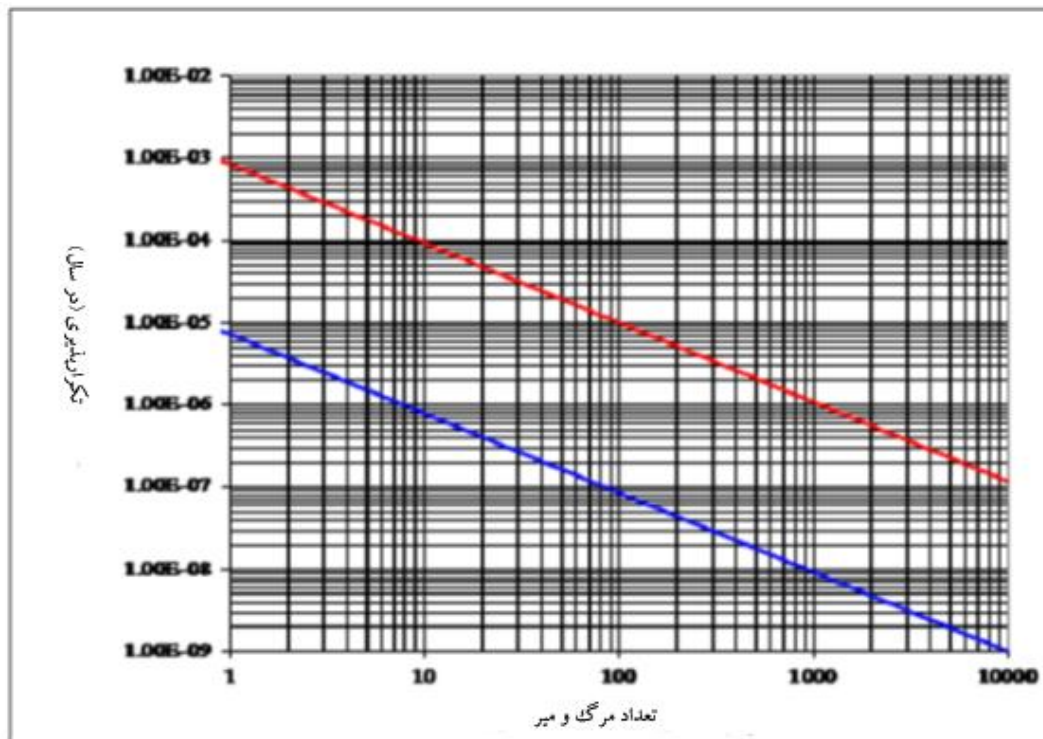
نمودار ۲-۴- نمونه شمارنده‌های ریسک در فواصل مختلف (۱۰)

به کمک شمارنده‌های ریسک میزان ریسک فردی بر حسب فاصله از منبع خطرناک نمایش داده می‌شود.

۲-۱۰-۲- نتایج ارزیابی ریسک در قالب ریسک جمعی

برای نمایش ریسک جمعی ناشی از یک حادثه از نمودارهای تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها^۱ استفاده می‌گردد. نمودارهای تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها به طور صریح رابطه میان تکرارپذیری تجمعی و تعداد کشته‌ها را بیان می‌کند. نمودار لگاریتمی تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها معمولاً به دلیل متفاوت شدن تعداد کشته شده‌ها و تکرارپذیری رویدادها در مقادیر مختلف موثر می‌باشد. ریسک مرگ‌ومیر جمعی به معنای تعداد افرادی می‌باشد که ممکن است در اثر تماس با یک حادثه مشخص دچار آسیب گردند (۱۰).

^۱. F-N CURVE



نمودار ۲-۵- نمونه نمودارهای تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها (۱۰)

جهت تعیین معیارهای ریسک نمودار تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها بر اساس نمودار به سه بخش تقسیم می‌گردد.

ناحیه ریسک غیر قابل قبول: ناحیه‌ای می‌باشد که دارای ریسک بالا می‌باشد و می‌بایست بدون در نظر گرفتن هزینه، ریسک کاهش یابد و یا اینکه فعالیت یا فرایند متوقف گردد.

ناحیه الارپ^۱: در این ناحیه ریسک به گونه‌ای می‌باشد که می‌بایست تا حد الارپ و قابل قبول کاهش یابد. البته می‌بایست اولویت پیشنهادات و راه کارها بر اساس امکانات و هزینه‌ها در مورد این نوع ناحیه رعایت گردد.

ریسک قابل قبول: در این ناحیه ریسک پایین می‌باشد و نیاز به در نظر گرفتن اقدامات کاهش ریسک نمی‌باشد (۱۰).

¹ ALARP

۲-۱۰-۲-۱- ریسک‌های معیار

پس از تعیین ریسک ناشی از وقوع سناریوهای محتمل می‌بایست مقادیر بدست آمده با معیارهای قابل قبول جهت تعیین نیازمندیهای کاهش ریسک مقایسه گردد و بر اساس قضاوت انجام شده در مورد تمهیدات مورد نیاز از جمله حریم ایمنی خطوط تصمیم‌گیری نمود.

ریسک فردی: معیارهای ریسک فردی با توجه به شرایط فرهنگی و اقلیمی کشورهای مختلف، متفاوت می‌باشد. برخی از شرکت‌ها و سازمان‌ها بر اساس انواع پیامدهای ممکن در سازمان، بیشترین حد قابل تحمل ریسک برای سناریوهای مختلف را مشخص می‌کنند. برای مثال در برخی از سازمان‌ها بیشترین حد قابل تحمل بر اساس یک مورد مرگ در تعداد سال‌های مشخص تعیین می‌گردد و در بسیاری از موارد همان مفهوم ریسک فردی قابل تحمل در یک سازمان می‌باشد. همچنین بیشترین فرکانس سناریو آتش‌سوزی، نشت مواد سمی و ضررهای مالی نیز قابل تعیین می‌باشد (۱۰).

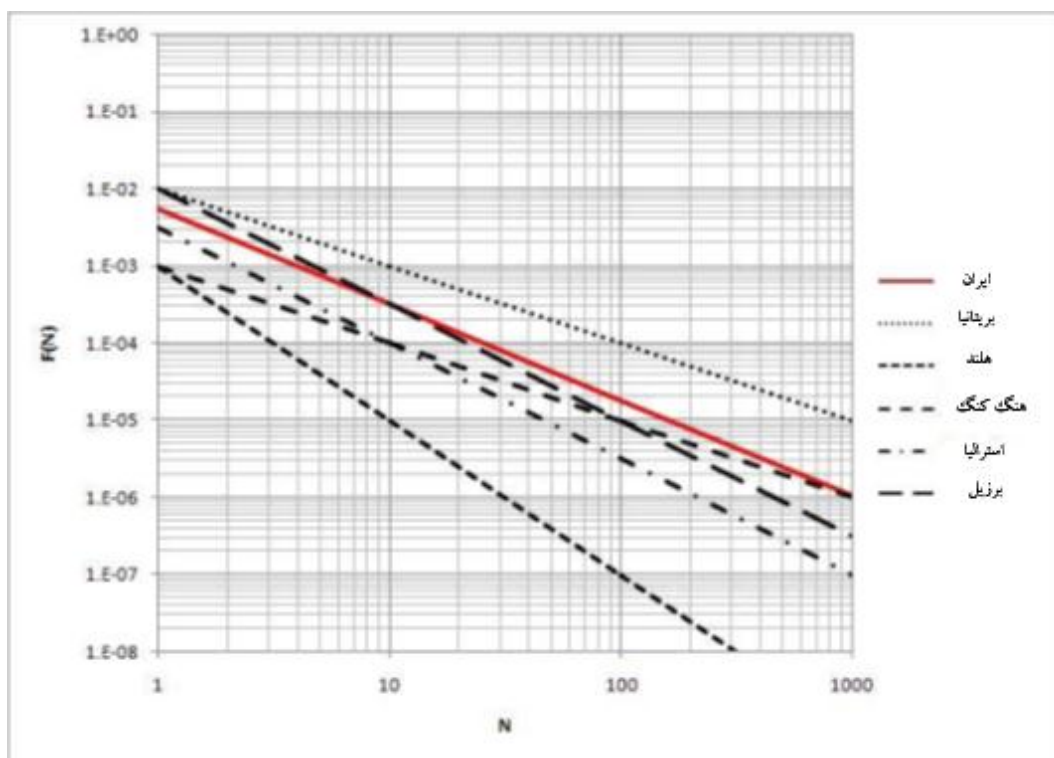
جدول ۲-۸- ریسک‌های فردی معیار در کشورهای مختلف (۱۰)

| کشور | معیار ریسک فردی ^{-۱} (سال) |
|--------------|-------------------------------------|
| هلند | 10^{-6} |
| هونگ کنگ | 10^{-5} |
| برزیل | 10^{-5} |
| سنگاپور | 10^{-6} |
| مالزی | 10^{-6} |
| استرالیا | استرالیای غربی |
| | نیوساوت ولز |
| | ویکتوریا |
| کانادا | 10^{-6} |
| ایالات متحده | ایالت سانتا باربارا |
| | وزارت انرژی |
| | وزارت دفاع |

همانطور که دیده می‌شود معیار ریسک فردی برای اکثر کشورهای جهان برابر با 10^{-6} در سال می‌باشد. اما در این گزارش با توجه به شرایط منطقه عدد 10^{-5} انتخاب می‌گردد.

۲-۱۰-۲-۲- ریسک جمعی

معیارهای ریسک جمعی با استفاده از نمودارهای تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها تعیین می‌گردد. در نمودار زیر معیارهای ریسک جمعی برای کشورهای مختلف نمایش داده شده است.



نمودار ۲-۶- معیارهای ریسک جمعی در کشورهای مختلف و ایران (۵)

خط توپر (IR) به عنوان معیار ریسک جمعی برای کشور ایران مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

معیار ریسک جمعی عنوان شده در نمودار ۲-۵ برای کشور ایران توسط آقای دکتر ناصر بدری از دانشگاه صنعتی شریف در قالب پروژه پژوهشی تعریف شده است.

۲-۱۱- اندازه نشت

یکی از ورودی‌های مهم در محاسبه ریسک فردی و جمعی ناشی از نشت هیدروکربن در خطوط لوله ساینز نشت می‌باشد. به عبارتی دیگر تکرارپذیری نشتی و میزان شدت ناشی از انتشار گاز، تابعی از اندازه سوراخ ایجاد شده در خطوط لوله می‌باشد. بر اساس بانک‌های اطلاعاتی ثبت شده در مورد نشت هیدروکربن در صنایع فرایندی مانند شرکت دی‌ان‌وی^۱ و انجمن تولیدکنندگان نفت و گاز^۲ سایر نشتی‌ها به سه دسته ریز سوراخ^۳، سوراخ^۴ و پارگی کامل^۵ تقسیم می‌گردند. بر اساس جدول زیر نماینده محدوده اندازه‌های مختلف در سه بخش مذکور عنوان شده است (۷).

جدول ۲-۹- نماینده انواع ساینزهای سوراخ در خطوط لوله (۷)

| اندازه سوراخ | نوع سوراخ |
|--------------|---------------------------------------|
| ۲۵ میلی متر | ریز سوراخ (۱ تا ۵۰ میلی متر) |
| ۱۰۰ میلی متر | سوراخ (۵۰ تا ۱۵۰ میلی متر) |
| پارگی کامل | پارگی خط (۱۵۰ میلی متر تا پارگی کامل) |

۲-۱۲- مشخصات خطوط لوله گاز ترش در منطقه تنگ بیجار

خطوط مورد مطالعه قرار گرفته در این پروژه شامل خط انتقال گاز از تاسیسات مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام توسط خط لوله‌ای ۱۸ اینچ به طول ۴۰ کیلومتر صورت می‌پذیرد. این مسیر دارای پستی و بلندی‌های بسیار طولانی در طول مسیر می‌باشد و اصطلاحاً زمین پر از تپه^۶ است و در مانع شدن^۷ مسیر دارای تاثیر زیادی است. خط مورد مطالعه در این پروژه شامل خط لوله انتقال گاز از خروجی مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار تا

^۱ DNV

^۲ OGP

^۳ PINHOLE

^۴ HOLE

^۵ FULL RUPTURE

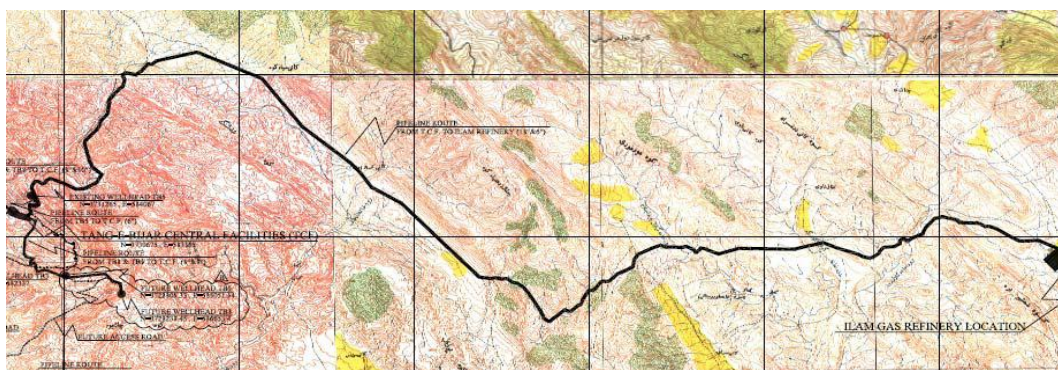
^۶ HILLY TERRAIN

^۷ HOLD-UP

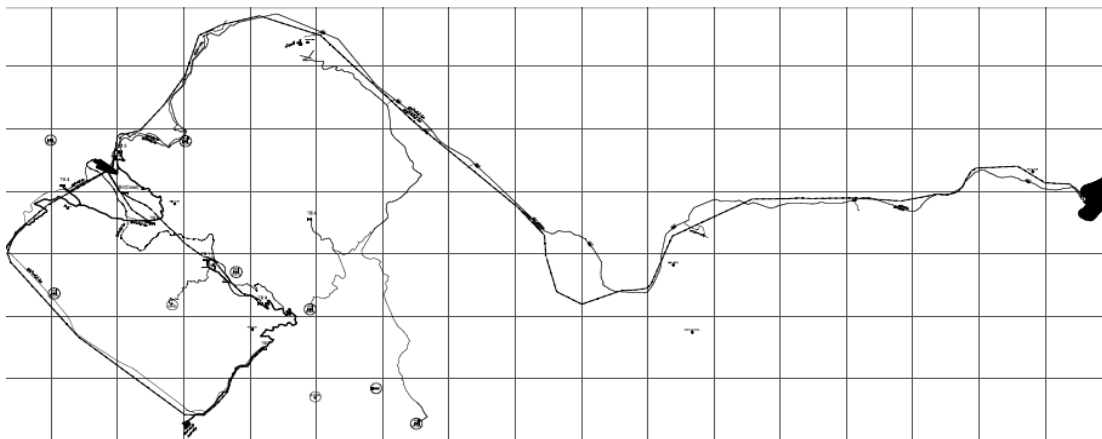
ورودی پالایشگاه می‌باشد. عمده نگرانی‌ها در این بخش، حضور عشایر در فصول مختلف سال، وجود چندین روستا و چندین شرکت پیمانکاری و کمپ مربوطه در اطراف خط لوله می‌باشد که در صورت وقوع نشت گاز تحت تاثیر قرار می‌گیرند. برای شبیه‌سازی پیامدهای ناشی از نشت گاز، می‌بایست سایر مشخصات سناریو مانند جانمایی خطوط لوله، ویژگی‌های اجرای گاز نشت یافته، فشار و دمای گاز، مقدار جریان و پارامترهای طراحی خط لوله مورد نیاز می‌باشد (۸).



شکل ۲-۱- پروفیل خط انتقال گاز از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام (۸)



شکل ۲-۲- نمای کلی از پستی و بلندی‌های پروفیل خط انتقال گاز از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام (۸)



شکل ۲-۳- نمای کلی از پستی و بلندی‌های پروفیل خط انتقال گاز از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام (۸)

۲-۱۲-۱- تقسیم‌بندی نواحی خط لوله

خط مورد مطالعه قرار گرفته در این پروژه شامل خط انتقال گاز از تاسیسات مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام توسط خط لوله‌ای ۱۸ اینچ به طول ۴۰ کیلومتر صورت می‌پذیرد که در بین مسیر توسط ۸ عدد شیر قطع کن مسیر^۱ به یکدیگر مرتبط می‌شوند. وظیفه این ولولها بسته شدن در شرایط اضطراری به جهت تخلیه فشار و جلوگیری از پیامدهای احتمالی می‌باشد. بدلیل ثابت بودن سایز خط، دما و فشار در طول این ۴۰ کیلومتر تقسیم بندی صورت نگرفته و مدلسازی پیامدها شبیه به هم می‌باشد.

۲-۹-۲- توزیع جمعیت

به منظور تعیین میزان ریسیک جمعی ناشی از نشت گاز ترش می‌بایست توزیع و دانسیته جمعیت در اطراف خطوط لوله تعیین گردد. به همین منظور بازدیدهای میدانی از اطراف خطوط لوله انجام گرفته است که بر اساس موقعیت خط لوله در ذیل توضیح داده شده است. توزیع جمعیت در مناطقی که عشاير مستقر هستند ۰.۰۰۰۱، در مناطق صنعتی ۰.۰۰۴ الی

¹ LINE BREAK VALVE (LBV)

۰.۰۰۵، پیمانکاران موقت ۰.۰۰۴ و روستاها ۰.۰۰۱ بر متر مربع به طور متوسط در نظر گرفته می‌شود (۸).

۲-۹-۳- مشخصات فنی و فرایندی خطوط لوله

به منظور بررسی و مطالعه اثرات و پیامدهای ناشی از نشت گاز ترش در خطوط لوله به صورت کمی می‌بایست اطلاعات فنی و فرایندی مربوط به خطوط لوله جمع‌آوری گردد. در همین راستا اطلاعات مهندسی و عملیاتی خطوط لوله با بررسی مدارک طراحی خطوط لوله و همچنین شرایط عملیاتی کنونی جمع‌آوری شده است (۴).

جدول ۲-۱۰- مشخصات فرایندی گاز ارسالی از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام (۴)

| مشخصات فرایندی گاز ارسالی از مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار به مرکز جمع‌آوری ایلام | |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| نوع فاز | تک فاز |
| فشار عملیاتی | ۷۵ - ۹۵ |
| دما | ۳۵ درجه سانتی‌گراد |
| مقدار جریان توتال | ۶ میلیون متر مکعب |

جدول ۲-۱۱- مشخصات ترکیب درصد اجزای گاز (۴)

| ترکیبات گاز | مول (%) |
|-----------------|----------|
| آب | ۰.۰۰۸۵۷۵ |
| نیتروژن | ۰.۰۰۰۶۹۳ |
| دی اکسید کربن | ۰.۰۳۶۲۲۵ |
| هیدروژن سولفوری | ۰.۰۳۱۹۶۹ |
| متان | ۰.۷۹۵۳۶۰ |
| اتان | ۰.۰۵۴۶۳۴ |
| پروپان | ۰.۰۲۳۴۵۷ |
| ایزوبوتان | ۰.۰۰۹۷۹۸ |

| | |
|--------------------|----------|
| نئوبوتان | ۰.۰۰۴۸۵۰ |
| ایزونیپتان | ۰.۰۰۴۷۵۱ |
| نئونیتان | ۰.۰۰۴۱۵۷ |
| نئوهگزان | ۰.۰۰۲۵۷۳ |
| نئوهپتان | ۰.۰۰۱۹۷۹ |
| نئواکتان | ۰.۰۰۱۰۸۹ |
| نئونونان | ۰.۰۰۰۵۹۴ |
| IC6* | ۰.۰۰۳۲۶۶ |
| CC6* | ۰.۰۰۰۱۹۸ |
| IC7* | ۰.۰۰۱۸۸۱ |
| CC7* | ۰.۰۰۱۷۸۲ |
| AC7* | ۰.۰۰۰۲۹۷ |
| IC8* | ۰.۰۰۱۲۸۷ |
| CC8* | ۰.۰۰۱۶۸۳ |
| AC8* | ۰.۰۰۰۷۹۲ |
| IC9* | ۰.۰۰۰۸۹۱ |
| CC9* | ۰.۰۰۰۳۹۶ |
| AC9* | ۰.۰۰۰۷۹۲ |
| C10* | ۰.۰۰۱۶۸۳ |
| C11* | ۰.۰۰۰۹۹۰ |
| C12 ⁺ * | ۰.۰۰۱۶۸۳ |
| COS | ۰.۰۰۰۰۲۲ |
| مرکاپتان | ۰.۰۰۱۲۸۲ |
| مرکاپتان | ۰.۰۰۰۰۴۴ |
| سولفید | ۰.۰۰۰۲۵۷ |
| سولفور تعریف نشده | ۰.۰۰۰۰۷۳ |

*PSEUDO COMPONENT

جدول ۲-۱۲- مشخصات فیزیکی و فنی خط انتقال گاز (۴)

| مشخصات خط لوله | |
|----------------------------|-----------------------------------------|
| قطر خارجی / قطر داخلی | ۴۳۵/۴۵۷ میلی متر |
| ضخامت دیواره لوله | ۱۱ میلی متر |
| میزان خوردگی مجاز | ۰ |
| نوع جنس (API 5L) | کربن استیل X52 |
| نوع عایق | سه لایه پلی اتیلن با ضخامت ۳.۵ میلی متر |
| وضعیت بخش بیرونی | رنگ شده |
| فاکتور طراحی خط لوله | ۰.۷۲ |
| فشار طراحی | ۱۶۰۰ PSI |
| دمای طراحی | ۹۰C |
| طول خط لوله | ۴۲۰۰۰ متر |
| ضخامت عایق | ۳.۵ میلی متر |
| عمر خط لوله و حفاظت کاتدیک | ۸ سال |
| کد طراحی | ASME B31.8 |
| عمق خطوط | ۰.۷ تا ۲.۵ متر |

۲-۹-۴- تخمین تکرار پذیری سناریو

در این بخش از پروژه تخمین تکرارپذیری سناریوهای نشتی در خطوط لوله انتقال شرح داده می شود. تکرارپذیری به معنای تعداد دفعات رخداد وقوع یک حادثه در واحد زمان (معمولاً در طول یک سال) می باشد. روش استاندارد برای تخمین تکرارپذیری رخداد نشتی ها، داده های تکرارپذیری پایه از بانک های اطلاعاتی معتبر و سپس بومی سازی این مقادیر با توجه به شرایط خط لوله انتقال تحت بررسی است. هدف از بومی سازی این است که مقادیر تکرارپذیری تخمین زده شده تا حد امکان، شرایط واقعی طراحی، عملیاتی و زیست محیطی خط لوله انتقال را شامل گردد (۸).

۲-۹-۵- عوامل مختلف حوادث در خطوط لوله

بر اساس بانک‌های مختلف ثبت نشتی و حوادث، عوامل مختلفی که سبب وقوع نشتی در خطوط لوله و حوادث بعدی می‌گردند و سبب آسیب به انسان، سرمایه‌های مالی و محیط زیست شده اند معمولاً در قالب لیست زیر طبقه بندی می‌گردند:

- عامل دخالت خارجی
 - عامل خوردگی
 - نقص در ساخت و تولید/ نقص در جنس لوله
 - عوامل ژئوتکنیک
 - سایر و ناشناخته‌ها از جمله عملیات نادرست، رعد و برق، سایش و غیره (۱۰)
- در این بخش از مطالعه برای عوامل فوق نرخ تکرارپذیری بر اساس منابع معتبر استخراج می‌گردیده و سپس بنا بر شرایط و موقعیت خطوط لوله در منطقه تنگ بیجار، داده‌ها بومی سازی می‌گردند تا در مراحل بعدی پروژه جهت محاسبه ریسک حوادث خطوط لوله مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۹-۶- بانک اطلاعاتی داده‌ها

نقطه شروع برای محاسبات مربوط به تخمین پذیری نشتی‌ها، جمع آوری اطلاعات مربوط به دلایل خرابی (هر عاملی که منجر به نشت گاز از خط لوله انتقال به محیط شود) و توزیع اندازه نشتی‌های مربوطه است. این اطلاعات از بانک‌های اطلاعاتی صنعتی استخراج می‌گردند. بانک‌های اطلاعاتی مختلفی برای این منظور وجود دارند که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. این بانک‌های اطلاعاتی به طور معمول حاوی داده‌های متنوع ایجاد نشتی در خطوط لوله انتقال با اندازه نشتی‌های مختلف و سپس پارامترهای مورد نیاز هستند. از همین رو اطلاعات به دست آمده از این بانک‌ها با اهداف زیر غربال می‌شوند:

- حذف سناریوهای کم اهمیت و یا بی ربط به خط لوله انتقال گاز
- دخیل نمودن عوامل بااهمیت برای این خط لوله انتقال خاص (۷)

۲-۹-۶-۱- بانک‌های اطلاعاتی مناسب برای خط لوله مورد مطالعه

جهت ارزیابی ریسک ناشی از نشت مواد خطرناک از خطوط لوله نیاز به داده‌های آماری مربوط به نشت‌های مختلف در زمان گذشته می‌باشد. در ارتباط با داده‌های ثبت نشت در خطوط انتقال نفت و گاز منابع زیر وجود دارند که در این پروژه با توجه به نوع سیال (گاز ترش) در خطوط لوله تنگ بیجار منبع بریتیش کلمبیا و گروه حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا انتخاب می‌گردد.

- گزارش عملکرد خطوط لوله توسط شرکت بریتیش کلمبیا

- گروه داده‌های حوادث خطوط لوله انتقال گاز اروپا^۱

- موسسه حفاظت از آب و هوای پاک اروپا^۲

- انجمن اپراتورهای خطوط لوله خشکی انگلستان^۳ (۷)

در ادامه خصوصیات بانکهای اطلاعاتی مورد استفاده در این مطالعه تشریح می‌شود.

۲-۹-۶-۲- بانک اطلاعاتی بریتیش کلمبیا

منبع بریتیش کلمبیا بانک اطلاعاتی اصلی حوادث خطوط لوله انتقال در انگلستان می‌باشد که توسط کمیته نفت و گاز از شرکت بریتیش کلمبیا تهیه و منتشر می‌شود. در این مطالعه حوادث تجربه شده از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ در ۳۷۴۰۰ کیلومتر- سال خطوط لوله انتقال مورد مطالعه قرار گرفته است. از آنجائیکه این بانک اطلاعاتی دارای حوادث خطوط لوله حاوی گاز ترش می‌باشد در بخش بررسی انواع خوردگی و مشکلات ساخت از داده‌های این منبع استفاده می‌گردد. در جدول شماره ۱۳ انواع حوادث در خطوط لوله مختلف با در نظر گرفتن تکرارپذیری حوادث بر اساس بریتیش کلمبیا عنوان شده است (۱۶).

^۱ EGIG

^۲ CONCAWE

^۳ UKOPA

جدول ۲-۱۳- تکرارپذیری حوادث در خطوط لوله بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا (۱۸)

| فرکانس | تعداد رویداد | طول خط لوله (کیلومتر) | انواع خط لوله |
|--------|--------------|-----------------------|----------------|
| ۰.۷۷ | ۲ | ۲.۶۰۳ | نفت خام |
| ۱.۰۷ | ۲۰ | ۱۸.۷۱۷ | گاز طبیعی |
| ۱.۳۴ | ۱۶ | ۱۱.۹۵۲ | نفت خام ترش |
| ۳.۰۱ | ۵ | ۱.۶۶۳ | سایر |
| ۴.۹۶ | ۶ | ۱.۲۰۹ | آب |
| ۴.۶۱ | ۱ | ۰.۲۱۷ | فشار بخار بالا |

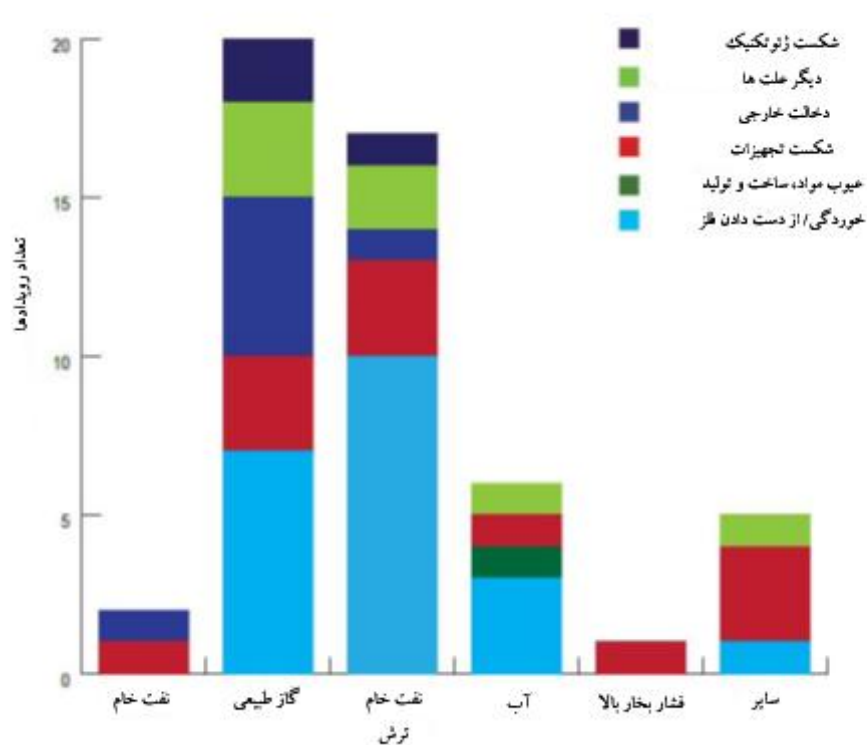
همچنان که در جدول بالا مشاهده می‌شود داده‌های حوادث در خطوط لوله برای سیال‌های مختلف گزارش شده است و بر اساس آن بیشترین نشتی‌ها در خطوط گاز شیرین بوده است. جزئیات گزارش نشتی‌ها در خطوط مختلف در جدول زیر با در نظر گرفتن سایر عوامل ممکن در حوادث بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا عنوان شده است.

جدول ۲-۱۴- تعداد نشتی‌ها بر اساس عوامل مختلف در منبع بریتیش کلمبیا (۱۶)

| غیرکاری (۲۰۱۰) | ۲۰۱۰ | ۲۰۰۹ | علت رویداد |
|----------------|------|------|--------------------------------------|
| ۰ | ۱۴ | ۱۵ | خوردگی داخلی |
| ۰ | ۲ | ۱ | خوردگی خارجی |
| ۰ | ۴ | ۱ | خوردگی زیرسطحی |
| ۰ | ۲۰ | ۱۷ | از دست دادن فلز |
| ۰ | ۰ | ۲ | ترک خوردن |
| ۰ | ۱ | ۳ | نقص در ساخت و تولید |
| ۰ | ۱ | ۳ | نقص در ساخت و تولید/ نقص در جنس لوله |
| ۰ | ۲ | ۳ | فعالیت‌های شرکتی |
| ۳ | ۵ | ۰ | شخص ثالث |
| ۰ | ۰ | ۱ | خرابکاری |
| ۳ | ۷ | ۴ | دخالتهای خارجی |
| ۰ | ۳ | ۳ | شیب مربوط به آب و هوا و جابجایی |

| | | | |
|---------------------------|----|----|---|
| شکست | ۰ | ۰ | ۵ |
| شکست ژئوتکنیک | ۳ | ۳ | ۵ |
| عمل نادرست | ۷ | ۸ | ۰ |
| فشار بالا | ۰ | ۱ | ۰ |
| عوامل دیگر | ۷ | ۹ | ۰ |
| شیر و اتصالات | ۱ | ۴ | ۰ |
| اتصالات لوله و شکست مشترک | ۰ | ۳ | ۰ |
| تجهیزات متفرقه | ۰ | ۳ | ۰ |
| شکست تجهیزات | ۱ | ۱۰ | ۰ |
| مجموع | ۳۷ | ۵۰ | ۸ |

همچنین تعداد نشتی‌های گزارش شده برای انواع خطوط لوله بر اساس عوامل مختلف در نمودار زیر نمایش داده شده است.



نمودار ۲-۷- نرخ تکرارپذیری نشت‌ها بر اساس عوامل مختلف بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا (۱۶)

۲-۹-۶-۳- بانک اطلاعاتی حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا

منبع حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا بانک اطلاعاتی اصلی حوادث خطوط لوله انتقال در اروپاست که توسط گروه داده‌های حوادث خطوط لوله گاز اروپا تهیه و منتشر می‌شود. در این مطالعه از گزارش هشتم این گروه (۲۰۱۰-۱۹۷۰) بر اساس این گزارش، حوادث تجربه شده از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ در ۳.۵۵ میلیون کیلومتر- سال خطوط لوله انتقال مورد مطالعه قرار گرفته است. خطوط لوله انتقال مورد مطالعه در این مرجع در حال حاضر تماماً برای انتقال گاز خشک تصفیه شده استفاده می‌شود. از آنجائیکه داده‌های بانک حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا مربوط به خطوط گاز شیرین می‌باشند بنابراین داده‌های تکرارپذیری در بخش خوردگی مربوط به این بانک اطلاعاتی در این مطالعه به دلیل ترش بودن گاز ارسالی در تنگ بیجار مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (۱۴).

جدول ۲-۱۵- تعداد نشستی‌های خط لوله در سال‌های مختلف بر اساس داده‌های حوادث مربوط به خط

لوله گاز اروپا (۱۴)

| فرکانس شکست اولیه در هزار کیلومتر در سال | مواجهه کل سیستم (کیلومتر در سال) | تعداد رویداد | فاصله | دوره |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------|------------------------|-----------|
| ۰.۳۷۲ | $۳.۱۵.۱۰^{-۶}$ | ۱۱۷۳ | هفتمین گزارش در ۳۸ سال | ۱۹۷۰-۲۰۰۷ |
| ۰.۳۵۱ | $۳.۵۵.۱۰^{-۶}$ | ۱۲۴۹ | هشتمین گزارش در ۴۱ سال | ۱۹۷۰-۲۰۱۰ |
| ۰.۳۴۷ | $۳.۵۲.۱۰^{-۶}$ | ۱۲۲۲ | ۴۰ سال | ۱۹۷۱-۲۰۱۰ |
| ۰.۲۸۶ | $۳.۰۱.۱۰^{-۶}$ | ۸۶۰ | ۳۰ سال | ۱۹۷۱-۲۰۱۰ |
| ۰.۲۰۴ | $۲.۲۵.۱۰^{-۶}$ | ۴۶۰ | ۲۰ سال | ۱۹۷۱-۲۰۱۰ |
| ۰.۱۶۷ | $۱.۲۴.۱۰^{-۶}$ | ۲۰۷ | ۱۰ سال | ۲۰۰۱-۲۰۱۰ |
| ۰.۱۶۲ | $۰.۶۵۴.۱۰^{-۶}$ | ۱۰۶ | ۵ سال | ۲۰۰۶-۲۰۱۰ |

سهم انواع عوامل موثر در نشستی‌های گزارش شده در خطوط لوله (۱۹۷۰-۲۰۱۰) در جدول (۲-۱۶) بر اساس منبع حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا عنوان شده است.

جدول ۲-۱۶- سهم عوامل مختلف در نشتی خط لوله حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا (۱۴)

| علت | توزیع (%) |
|------------------------|-----------|
| دخالت خارجی | ۴۸.۴ |
| شکست مواد/ نقص در ساخت | ۱۶.۷ |
| خوردگی | ۱۶.۱ |
| جابه‌جایی زمین | ۷.۴ |
| خطا در انجام هات تب | ۴.۸ |
| دیگر عوامل ناشناخته | ۶.۶ |

نرخ تکرارپذیری نشت‌های گزارش شده بر اساس داده‌های حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا بر اساس عوامل مختلف به صورت اطلاعات پایه‌ای در این مطالعه در نظر گرفته می‌شوند در جدول شماره ۱۷ عنوان شده‌اند.

جدول ۲-۱۷- نرخ تکرارپذیری نشت‌ها بر اساس عوامل مختلف حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا (۱۴)

| علت | فرکانس اولیه شکست | |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
| | ۱۹۷۰-۲۰۱۰ در هزار کیلومتر در سال | ۵ سال میانگین متحرک در ۱۰۰۰ کیلومتر در سال |
| دخالت خارجی | ۰.۱۷۰ | ۰.۰۵۷ |
| خوردگی | ۰.۰۵۷ | ۰.۰۴۰ |
| نقص در ساخت و شکست مواد | ۰.۰۵۹ | ۰.۰۳۱ |
| خطا در انجام هات تب | ۰.۰۱۷ | ۰.۰۱۱ |
| جابه‌جایی زمین | ۰.۰۲۶ | ۰.۰۱۵ |

برخی مشاهدات کلی در گزارش حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا عبارتند از:

- تعداد حوادث منجر به نشتی به طور کلی در حال کاهش است اگر چه طول خطوطی که بررسی می‌شوند در حال افزایش است. تکرارپذیری نشتی اولیه (در واحد کیلومتر-

سال) ظرف هشت سال گذشته تقریباً یک سوم تکرارپذیری متوسط در عمر اطلاعاتی حوادث مربوط به خط لوله گاز اروپا است.

- دلیل کاهش در تکرارپذیری نشتی‌ها به علت پیشرفت تکنولوژیک (مانند بهبود فرایندهای جوش، بازرسی و مانیتورینگ وضعیت خط لوله با استفاده از بازرسی دوره‌ای) و همچنین دستورالعمل‌های بهبود یافته برای تشخیص و جلوگیری از حادثه است.

۲-۱۰- محاسبه تکرارپذیری عوامل حوادث

در این بخش شیوه استخراج داده‌های نشتی برای عوامل مختلف و بومی سازی آنها با در نظر گرفتن جزئیات تشریح می‌گردد (۱۶).

۲-۱۰-۱- عامل خوردگی

در اساس داده‌های بریتیش کلمبیا نرخ تکرارپذیری حوادث در اثر خوردگی به سه نوع خوردگی دسته بندی می‌گردد که در ادامه تشریح می‌گردد.

خوردگی خارجی: جهت پیشگیری از وقوع خوردگی خارجی در خطوط لوله گاز ترش تمهیدات مختلفی در نظر گرفته شده است که از جمله این تمهیدات می‌توان به طراحی پوشش سه لایه پلی اتیلن و سیستم حفاظت کاتدیک اشاره نمود. از عوامل مختلفی که می‌تواند سبب بروز خوردگی خارجی گردد می‌توان به آلاینده‌های شیمیایی و صنعتی و یا انواع باکتری‌های موجود در خاک اشاره نمود. که این نوع آلودگی‌ها در طراحی پوشش سه لایه حفاظت کاتدیک لحاظ شده است.

از آنجائی که خطوط مدفون می‌باشند و دارای سیستم حفاظت کاتدیک هستند امکان بروز خوردگی خارجی برای این خطوط ناچیز^۱ می‌باشد. البته در شرایطی که پوشش دچار آسیب گردد با وجود سیستم حفاظت کاتدیک احتمال آسیب به خط لوله در اثر خوردگی

¹ UG

خارجی وجود دارد. در حالی که برای بخش‌هایی که خطوط بالای زمین می‌باشند (محل ورود به پالایشگاه و....) امکان وقوع خوردگی خارجی وجود دارد (۱۶).

خوردگی داخلی: انواع خوردگی‌های داخلی امکان پذیر در خطوط لوله مورد بررسی به

شرح زیر می‌باشند:

خوردگی داخلی در اثر هیدروژن سولفید: هیدروژن سولفید در تماس با آب می‌تواند

سبب از بین رفتن دیواره خط لوله و یا سبب خوردگی نقطه ایی در کربن استیل گردد. (در زمانی که فشار جزئی هیدروژن سولفور بالا باشد) همچنین به دلیل کاهش فشار جزئی هیدروژن سولفور، ممکن است در خط لوله شکست تنشی سولفید حاصل گردد که می‌تواند سبب آسیب‌های جدی به خط لوله شود. همچنین واکنش‌های مذکور در اثر حضور اکسیژن و دی اکسید کربن تسریع می‌گردد. جهت کاهش نرخ خوردگی در خطوط لوله گاز، بازدارنده خوردگی در تاسیسات تزریق می‌گردد.

خوردگی در اثر کربنیک اسید: به علت حضور آب، دی اکسید کربن تبدیل به اسید

کربنیک می‌گردد که سبب بروز وقوع خوردگی نقطه‌ای^۱ می‌شود. این نوع خوردگی در طراحی با در نظر گرفتن میزان مجاز خوردگی^۲ در نظر گرفته می‌شود (۱۶).

خوردگی زیر سطحی: این نوع خوردگی به دلیل مشکل در ساختار دانه‌ای خطوط لوله

و تجمع ناخالصی در مرز دانه‌ها بوجود می‌آید. عمده این نوع خوردگی به دلیل یون‌های هیدروژن در سطح دانه‌های فلز بوجود می‌آید که تحت نام شکست هیدروژن^۳ نام‌گذاری می‌گردد.

عوامل موثر بر تکرارپذیری پایه انتخاب شده برای خوردگی عبارتند از:

- ضخامت دیواره انتقال
- استفاده از بازرسی داخلی
- مشخصات پوشش

^۱ PITTING

^۲ CORROSION ALLOWANCE

^۳ HYDROGEN INDUCE CRACKING

- سیستم حفاظت کاتدیک

بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا مقدار پایه برای انواع خوردگی مشخص شده است. لازم به ذکر است داده‌های بدست آمده برای خطوط مورد بررسی با فرض وجود سیستم حفاظت کاتدیک و پوشش مناسب در نظر گرفته می‌شوند.

خوردگی داخلی: ۰.۵۸۶۸ یک هزار کیلومتر در سال

خوردگی خارجی: ۰.۰۶۰۱۹ یک هزار کیلومتر در سال

خوردگی زیرسطحی: ۰.۱۰۵۳ یک هزار کیلومتر در سال

بر اساس دستورالعمل‌های دی‌ان‌وی سی ۴۲۷۰^۱ برای ارزیابی ریسک سهم سائزهای مختلف ناشی در اثر انواع خوردگی در جدول زیر نمایش داده شده است (۱۶).

جدول ۲-۱۸- سهم سائزهای مختلف ناشی در اثر خوردگی [۱۱]

| دسته | سهم در خوردگی |
|------------|---------------|
| ریز سوراخ | ٪۸۷ |
| سوراخ | ٪۱۰ |
| پارگی کامل | ٪۳ |

جهت بومی‌سازی داده‌های بدست آمده از عوامل موثر از جمله ضخامت دیواره انتقال، استفاده از بازرسی‌های داخلی به کمک توپکرانی هوشمند و وضعیت عملکرد سیستم حفاظت کاتدیک می‌باشد.

بررسی روند کلی داده‌های بانک اطلاعاتی نشان می‌دهد که با افزایش ضخامت خط لوله تکرارپذیری حوادث ناشی از خوردگی کاهش می‌یابد. بر اساس قضاوت مهندسی و همچنین تحلیل داده‌های بانک اطلاعاتی، ضرایب جدول ۲-۱۹ برای کلاس‌های مختلف خط لوله پیشنهاد می‌شود.

¹ DNV C4270

جدول ۲-۱۹- ضرایب بومی سازی خوردگی خارجی و داخلی با توجه به ضخامت لوله (۱۶)

| ضریب بومی سازی | کلاس |
|----------------|------|
| ۰.۱ | A |
| ۰.۰۱ | B |
| ۰.۰۰۳ | C |

برای تکرارپذیری حوادث ناشی از خوردگی داخلی از ضریب مربوط به پیگرانی هوشمند با توجه به توصیه‌های دی‌ان‌وی استفاده می‌شود.

جدول ۲-۲۰- ضرایب اصلاحی مربوط به پیگرانی هوشمند (۲۰)

| ضریب اصلاح خوردگی | تکرارپذیری پیگرانی هوشمند |
|-------------------|---------------------------|
| ۰.۵ | ۰-۳ سال |
| ۱ | ۴-۷ سال |
| ۲ | بیش از ۷ سال |

داده‌های مربوط به نرخ تکرارپذیری ناشی در خطوط لوله با در نظر گرفتن سیستم حفاظت کاتدیک مناسب ثبت شده اند. بنابراین در صورتی که این گونه سیستم‌ها به درستی نصب شده باشند و عملیات مانیتورینگ به طور مرتب انجام گیرد ضریب ایمن تمهید برابر ۱ لحاظ می‌گردد. با توجه به بررسی‌های انجام شده و بهره مندی از توصیه‌های بخش‌های خطوط لوله و بازرسی فنی نفت و گاز غرب منطقه تنگ بیجار مشکلاتی در زمان حاضر برای سیستم حفاظت کاتدیک وجود دارد. بنابر توافقات انجام گرفته برای تکرارپذیری حوادث ناشی از خوردگی خارجی ضریب ۱.۵ انتخاب می‌گردد.

با توجه به داده‌های بومی سازی اعداد ۰.۰۰۳ و ۱ برای خوردگی داخلی به ترتیب برای عوامل ضخامت و پیگرانی، همچنین اعداد ۰.۰۰۳، ۱ و ۱.۵ برای خوردگی خارجی به ترتیب برای عوامل ضخامت، پیگرانی و همچنین حفاظت کاتدیک در نظر گرفته می‌شود. و در نهایت

ضریب ۱ برای خوردگی زیر سطحی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین ضرابی ۰.۰۰۳، ۰.۰۰۴۵ و ۱ به ترتیب برای خوردگی‌های داخلی، خارجی و زیر سطحی در نظر گرفته می‌شود.

۲-۱۰-۲- عامل نقص در ساخت و تولید / نقص در جنس لوله

ایجاد نشتی در اثر رخداد این عامل شدیداً به عمر خط لوله بستگی دارد. به طوری که احتمال آن برای خطوط لوله ساخته شده بعد از سال ۲۰۰۴، ده برابر کمتر از خطوط لوله ساخته شده قبل از ۱۹۵۴ است. به نظر می‌رسد این کاهش عمدتاً به دلیل پیشرفت‌های فناوری در کنترل کیفیت لوله‌های ساخته شده باشد. اگر خطوط لوله بر اساس استانداردهای روز ساخته شده و تست‌های استاندارد روی آن انجام گرفته باشد، از این منظر نیاز به اعمال ضرایب بومی سازی وجود نخواهد داشت. اما با وجود تست‌های هیدرواستاتیک، هیچ دلیلی وجود ندارد که خطوط لوله مورد مطالعه نسبت به این نوع عامل ایجاد نشتی از سایر لوله‌هایی که مطابق استانداردهای مرسوم نصب شده‌اند، کمتر آسیب‌پذیر باشد. لذا بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا برای خطوط لوله نصب شده در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ هیچ موردی از این نوع خرابی گزارش نکرده است. در گزارش گروه حوادث خط لوله گاز اروپا عدد تکرارپذیری مربوط به حوادث نقص در ساخت که در فاصله ۱۹۹۴-۲۰۰۳ اتفاق افتاده اند، بدون اعمال هیچ گونه تغییری استفاده می‌شود. این مقدار برابر ۰.۰۵۸۶۱۷ بر کیلومتر- سال است (۱۳).

۲-۱۰-۳- عامل ژئوتکنیک

نشتی‌های ایجاد شده در اثر این عامل عمدتاً بر اثر حوادث طبیعی یا مصنوعی مانند شکست سد، فرونشست زمین، سیل، رانش، معدن کاری یا جریان رودخانه اتفاق می‌افتد. رانش زمین شایع ترین دلیل خرابی در این گروه است (۵۵٪) و پس از آن سیل (۱۹٪). رانش زمین بین تمام علل اولیه، بیشترین کسر پارگی‌های کامل را ایجاد می‌کند. هیچ حادثه منجر به نشتی بر اثر ریزش توده خاک و سنگ خشک تاکنون گزارش نشده است.

مقدار پایه تکرارپذیری این عامل در ایجاد نشتی بر اساس بانک اطلاعاتی گروه حوادث خط لوله گاز اروپا برابر ۰.۰۲۵۹۷۴ بر یک هزار کیلومتر- سال است. گرچه این مقدار مربوط به شرایط اقلیمی اروپاست و همین طور برای متوسط تمام اندازه‌های خطوط لوله است، اما به عنوان یک راهکار محافظه کارانه می‌توان این مقدار تکرارپذیری پایه را بدون تغییر مورد استفاده قرار داد (۱۳).

۲-۱۰-۴- عامل دخالت خارجی

این نوع عامل نشتی، بر اثر برخورد بولدوزرها، تجهیزات حفاری، خیش شخم زنی و ... با خط لوله ایجاد می‌شود. انواع عوامل دخالت خارجی در سه دسته زیر بررسی می‌شوند:

- فعالیت‌های شرکتی
- فعالیت‌های شخص ثالث
- فعالیت‌های تروریستی (۱۶)

۲-۱۰-۴-۱- فعالیت‌های شرکتی

فعالیت‌های شرکتی که می‌توانند سبب بروز حوادث در خط لوله گردند شامل فعالیت‌های حفاری و هات تب اشتباهی می‌باشد. در این مطالعه به دلیل فعالیت پیمانکاران مختلف در اطراف خط لوله امکان آسیب به خطوط تحت فشار گاز به طور اشتباهی وجود دارد. جهت بررسی فرکانس رویدادهای ناشی از برخورد چنگک یا بیل تجهیزات حفاری از مدل حالت محدود^۱ استفاده می‌گردد. به کمک این مدل احتمال آسیب به خطوط لوله در اثر عملیات حفاری با توجه به ویژگی‌های تجهیزات حفاری و طراحی خط لوله محاسبه می‌گردد. در حال حاضر پتانسیل‌های آسیب از جانب پیمانکاران ساخت و همچنین فعالیت‌های بخش عملیات و خطوط لوله شرکت برای خط گاز ترش وجود دارد.

¹ LIMIT STATE MODEL

یکی دیگر از عوامل نشتی اتصال هات تب به طور اشتباه می‌باشد. در این گونه حوادث یک خط لوله اشتباها به جای یک خط دیگر تشخیص داده شده است و معمولاً در کریدورهای متشکل از چندین خط لوله اتفاق می‌افتد.

بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا پنج مورد رویداد ناشی از فعالیت‌های شرکتی در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مشاهده شده است. لذا فرکانس پایه‌ای فعالیت‌های شرکتی برابر ۰.۰۲۸۱۲۵ در کیلومتر سال در نظر گرفته می‌شود.

همچنین بر اساس داده‌های دی‌ان‌وی سهم سایزهای مختلف نشتی در اثر عوامل دخالت خارجی در جدول زیر نمایش داده شده است (۱۶).

جدول ۲-۲۰- سهم سایزهای مختلف نشتی در اثر دخالت خارجی (۱۱)

| دسته | سهم در نشتی |
|------------|-------------|
| ریز سوراخ | ۲۵ درصد |
| سوراخ | ۵۵ درصد |
| پارگی کامل | ۲۰ درصد |

جهت بومی‌سازی این فرکانس برای فعالیت‌های شخص شرکتی می‌بایست از ضرایب مناسب و متناسب با شرایط منطقه مورد بررسی استفاده نمود. سایر ضرایب بومی سازی با توجه به موارد ذیل اعمال می‌گردد:

- عمق خاک روی خط لوله انتقال
- ضخامت دیواره خط لوله انتقال
- میزان فعالیت‌های پیمانکاران

عمق خاک: هر چه عمق خاک یک لوله بیشتر باشد احتمال آسیب دیدگی آن در اثر حفاری و یا به طور کلی دخالت خارجی کاهش می‌یابد. مقادیر نشان داده شده در جدول شماره ۲۱ برای بدست آوردن ضریب بومی سازی مربوط به عمق خاک به کار می‌روند. این مقادیر بر اساس تحلیل دقیق انجام شده توسط موسسه ایمنی، بهداشت و محیط زیست^۱ کشور

^۱. Health, Safety, Environment

انگلستان به دست آمده اند. مقدار این ضریب برای خط لوله انتقال گاز با توجه به عمق خاک آن به دست می‌آید.

جدول ۲-۲۱- ضریب بومی سازی مربوط به عمق خاک (۱۹)

| عمق خاک (فوت) | ضریب بومی سازی |
|---------------|----------------|
| ۳-۰ | ۱ |
| ۶-۳ | ۰.۷ |
| ۹-۶ | ۰.۵ |
| بیشتر از ۹ | ۰.۰۱ |

ضخامت دیواره: بررسی روند کلی داده‌های نشت گاز مختلف نشان می‌دهد که با افزایش ضخامت لوله، تکرارپذیری حوادث ناشی از دخالت خارجی کاهش می‌یابد. بر اساس قضاوت مهندسی و همچنین تحلیل داده‌های پایگاه حوادث خط لوله اروپا ضرایب جدول ۲-۲۲ برای کلاس‌های مختلف لوله پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۲-۲۲- ضرایب بومی سازی دخالت خارجی با توجه به ضخامت لوله (۱۴)

| نوع کلاس | ضریب بومی سازی |
|----------|----------------|
| A | ۱ |
| B | ۰.۰۱ |
| C | ۰.۰۰۵ |

میزان فعالیت‌های ساخت‌وساز: جهت بومی سازی نرخ تکرارپذیری پایه مربوط به نشتی‌ها در اثر دخالت خارجی می‌بایست سطح فعالیت‌های ساخت‌وساز که می‌تواند سبب آسیب گردند شناسایی و ارزیابی گردند. البته در نظر گرفتن عامل ساخت‌وساز به عنوان یکی از پتانسیل‌های بوجود آورنده نشتی مشروط به امکان آسیب توسط تجهیزات عملیات

ساخت و ساز می‌باشد. امکان پذیری ناشی از این تجهیزات توسط مدل پانکچور محاسبه می‌گردد.

جدول ۲-۲۳- ضریب بومی سازی برای انواع فعالیت‌های ساخت و ساز (۱۴)

| سطح فعالیت | توضیح | ضریب |
|------------|------------------------------------------------|------|
| بالا | فعالیت‌های مکرر ساخت و ساز | ۱.۵ |
| متوسط | فعالیت‌های گاه به گاه ساخت و ساز | ۱ |
| پایین | در ده سال اخیر هیچ گونه فعالیتی گزارش نشده است | ۰.۵ |
| ناچیز | فعالیت‌های ساخت و ساز انجام نمی‌گیرد | ۰.۰۱ |

مدل پانکچور:

در این بخش احتمال آسیب به خطوط لوله در اثر چنگک‌های تجهیز حفاری محاسبه می‌گردد. بر اساس جرم تجهیز حفاری مقدار نیروی وارده بر روی خط لوله در اثر ضربه از رابطه اسپری کوت بدست می‌آید.

$$F = 5.625 M \quad \text{رابطه شماره ۱}$$

در این رابطه M بیانگر جرم تجهیز بر حسب تن و F مقدار نیروی دریافت شده توسط خط لوله می‌باشد. همچنین مقدار مقاومت خط لوله در برابر ضربه وارده توسط رابطه درایور و زیرمن بدست می‌آید.

$$r = \left[1.17 - 0.0058 \cdot \frac{R}{w} \right] \cdot (L_t + w_t) \cdot w \cdot \sigma_u \quad \text{رابطه شماره ۲}$$

r = مقاومت لوله در برابر تنش^۱

R = شعاع خط لوله^۲

w = ضخامت دیواره خط لوله^۳

^۱ puncture resistance of pipe

^۲ pipeline radius

^۳ pipeline wall thickness

$$L_t = \text{طول دندان بیل مکانیکی}^1$$

$$w_t = \text{عرض دندان بیل مکانیکی}^2$$

$$\sigma_u = \text{استحکام کشش نهایی فولاد}^3$$

با مقایسه مقدار نیروی محاسبه شده و میزان مقاومت خط لوله می‌توان احتمال آسیب دیدن خط لوله را بررسی نمود. به منظور تعیین احتمال آسیب در اثر ضربه‌های وارده از بیل‌های مکانیکی به خطوط لوله گاز ترش ویژگی‌های خطوط لوله (مدارک طراحی خطوط لوله گاز ترش در تنگ بیجار) از جمله موارد مورد نیاز رابطه ۲ مورد بررسی قرار گرفت که در جدول زیر میزان تحمل خط لوله در برابر تنش وارده از جانب بیل مکانیکی محاسبه شده است. لازم به ذکر می‌باشد در رابطه سعی شده است بزرگترین ابعاد ممکن برای پاکت بیل مکانیکی بر اساس جدول زیر انتخاب گردد.

| | |
|------------------------------------------|------------|
| شعاع خط لوله (میلی‌متر) | ۰.۸۲ |
| ضخامت دیواره خط لوله (میلی‌متر) | ۰.۰۲۸ |
| طول دندان بیل مکانیکی (میلی‌متر) | ۰.۰۶۲ |
| عرض دندان بیل مکانیکی (میلی‌متر) | ۰.۰۰۴ |
| استحکام کشش نهایی فولاد (مگاپاسکال) | ۲۶۵ |
| مقاومت لوله در برابر تنش (مگاپاسکال) | ۰.۴۸۹۷۸۹۹۶ |
| مقاومت لوله در برابر تنش (کیلوپاسکال) | ۴۸۹.۷۸۹۹۶ |

بر اساس محاسبات انجام شده مقدار مقاومت خطوط لوله در برابر تنش وارده ۴۸۹ کیلوپاسکال انتخاب شده است. همچنین جهت محاسبه میزان نیروی بوجود آمده در اثر برخورد بیل مکانیکی، وزن بیل مکانیکی مورد نیاز می‌باشد. از این رو سنگین‌ترین بیل مکانیکی که ممکن است در منطقه حضور داشته باشد انتخاب گردیده است (۴۰ تن). با

¹ length of excavator tooth

² width of excavator tooth

³ ultimate tensile strength of pipe steel

استفاده از رابطه شماره ۱ میزان نیروی ایجاد شده برابر ۲۲۵ کیلو پاسکال می باشد. در نتیجه با وجود چنین ماشینی امکان آسیب به خطوط لوله در اثر عملیات حفاری بسیار ناچیز می باشد (۱۷).

۲-۱۰-۴-۲- فعالیت های شخص ثالث

فعالیت های شخص ثالث مربوط به فعالیت هایی می باشد که خارج از محدوده عمل شرکت انجام می گردد. عمده این فعالیت ها شامل حفاری های شهری، شخم زنی، ساختمان سازی و غیره می باشند. بر اساس داده های بریتیش کلمبیا پنج مورد در سال ۲۰۱۰ مشاهده شده است. لذا فرکانس پایه ای فعالیت های شخص ثالث برابر ۰.۰۲۸۱۲۵ در کیلومتر سال در نظر گرفته می شود.

جهت بومی سازی این فرکانس برای فعالیت های شخص ثالث می بایست از ضرایب مناسب و متناسب با شرایط منطقه مورد بررسی استفاده نمود. سایر ضرایب بومی سازی با توجه به موارد ذیل اعمال می گردد:

- عمق خاک روی خط لوله انتقال
- ضخامت دیواره خط لوله انتقال
- تناوب گشت زنی در اطراف خط لوله انتقال
- میزان فعالیت های پیمانکاران

عمق خاک: هر چه عمق خاک یک لوله بیشتر باشد احتمال آسیب دیدگی آن در اثر حفاری و یا به طور کلی دخالت خارجی کاهش می یابد. مقادیر نشان داده شده در جدول شماره ۲۴ برای بدست آوردن ضریب بومی سازی مربوط به عمق خاک به کار می روند. این مقادیر بر اساس تحلیل دقیق انجام شده توسط موسسه ایمنی، بهداشت و محیط زیست کشور انگلستان به دست آمده اند. مقدار این ضریب برای خط لوله انتقال گاز با توجه به عمق خاک آن به دست می آید (۱۶).

جدول ۲-۲۴- ضریب بومی سازی مربوط به عمق خاک (۱۹)

| عمق خاک (فوت) | ضریب بومی سازی |
|---------------|----------------|
| ۳-۰ | ۱ |
| ۶-۳ | ۰.۷ |
| ۹-۶ | ۰.۵ |
| بیشتر از ۹ | ۰.۰۱ |

ضخامت دیواره: بررسی روند کلی داده‌های نشت گاز مختلف نشان می‌دهد که با افزایش ضخامت لوله تکرارپذیری حوادث ناشی از دخالت خارجی کاهش می‌یابد. بر اساس قضاوت مهندسی و همچنین تحلیل داده‌های پایگاه حوادث خط لوله گاز اروپا ضرایب جدول شماره ۲۵ برای کلاس‌های مختلف لوله پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۲-۲۵- ضرایب بومی سازی دخالت خارجی با توجه به ضخامت لوله (۱۴)

| نوع کلاس | ضریب بومی سازی |
|----------|----------------|
| A | ۱ |
| B | ۰.۰۱ |
| C | ۰.۰۰۵ |

تناوب گشت‌زنی: گشت‌زنی منظم منجر به شناسایی زودتر فعالیت‌های حفاری و مدیریت بهتر اینگونه فعالیت‌ها می‌شود و همچنین کاهش احتمال تخریب عملیات حفاری به خطوط لوله را به دنبال دارد. بر اساس مقررات ایمنی خط لوله تعداد دفعات گشت‌زنی می‌بایست ۲۶ بار در سال باشد. (به طور متوسط هر دو هفته یکبار) اما طول بازه بیش از سه هفته نباشد. ضرایب بومی سازی مطابق جدول ۲-۲۶ انتخاب می‌شوند.

جدول ۲-۲۶- ضریب بومی سازی مربوط به دفعات گشت زنی (۱۶)

| ضریب بومی سازی | دفعات گشت زنی |
|----------------|-----------------|
| ۱.۳ | هفتگی - ماهیانه |
| ۱ | هفتگی |
| ۰.۸ | دوبار در هفته |
| ۰.۶۵ | چهر بار در هفته |
| ۰.۵ | روزانه |

میزان فعالیت‌های ساخت‌وساز: جهت بومی سازی نرخ تکرارپذیری پایه مربوط به نشتی‌ها در اثر دخالت خارجی می‌بایست سطح فعالیت‌های ساخت‌وساز که می‌تواند سبب آسیب گردند، شناسایی و ارزیابی گردند. البته در نظر گرفتن عامل ساخت‌وساز به عنوان یکی از پتانسیل‌های بوجود آورنده نشتی مشروط به امکان آسیب توسط تجهیزات عملیات ساخت‌وساز می‌باشد. امکان پذیری ناشی از این تجهیزات توسط مدل پانکچور محاسبه می‌گردد.

جدول ۲-۲۷- ضریب بومی سازی برای انواع فعالیت‌های ساخت و ساز (۱۶)

| سطح فعالیت | توضیح | ضریب |
|------------|------------------------------------------------|------|
| بالا | فعالیت‌های مکرر ساخت‌وساز | ۱.۵ |
| متوسط | فعالیت‌های گاه به گاه ساخت‌وساز | ۱ |
| پایین | در ده سال اخیر هیچ گونه فعالیتی گزارش نشده است | ۰.۵ |
| ناچیز | فعالیت‌های ساخت‌وساز انجام نمی‌گیرد | ۰.۰۱ |

تکرارپذیری عوامل شخص ثالث و فعالیت‌های شرکتی: تکرارپذیری رویدادهای نشتی در اثر عامل دخالت خارجی بر اساس موقعیت خط لوله و سطح فعالیت‌های جاری بومی سازی می‌گردد.

فعالیت‌های شرکتی: برای سایر بخش‌ها بر اساس ضرایب مختلف تعریف شده برای عمق خاک ضریب ۰.۷، برای ضخامت دیواره ۰.۰۰۵، و فعالیت‌های ساخت‌وساز (به دلیل نتایج حاصل از مدل پانکچور ۰.۰۱ انتخاب می‌گردد. بنابراین ضریب فعالیت‌های شرکتی برابر ۰.۰۰۰۳۵ پیشنهاد می‌گردد.

فعالیت‌های شخص ثالث: فعالیت برای بخش‌های اول، دوم و سوم بر اساس ضرایب مختلف تعریف شده برای عمق خاک ضریب ۰.۷، برای ضخامت دیواره ۰.۰۰۵، برای گشت زنی ۱.۳ و فعالیت‌های ساخت‌وساز ۰.۰۱ انتخاب می‌گردد. بنابراین ضریب فعالیت‌های شخص ثالث برای بخش‌های اول، دوم و سوم برابر ۰.۰۰۰۲۲ پیشنهاد می‌گردد. فرکانس نشت گاز در اثر فعالیت‌های شخص ثالث و فعالیت‌های شرکتی برای سایزهای مختلف در جدول شماره ۲۹ بدست آمده است.

۲-۱۰-۴-۳- عامل فعالیت‌های تروریستی

یکی از عواملی که سبب وقوع نشت در خطوط گاز ترش بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا شده است فعالیت‌های تروریستی می‌باشد. بر اساس این داده‌ها تنها یک مورد در سال ۲۰۰۹ مشاهده شده است. لذا فرکانس فعالیت‌های تروریستی برابر ۰.۰۱۴۴۲ در یک هزار کیلومتر سال در نظر گرفته می‌شود.

جهت بومی‌سازی این فرکانس برای فعالیت‌های تروریستی می‌بایست از ضرایب مناسب و متناسب با شرایط منطقه مورد بررسی استفاده نمود. بر اساس قضاوت مهندسی و درجه دسترسی به خطوط لوله ضریب ۲ برای فعالیت‌های تروریستی پیشنهاد می‌گردد. بنابراین فرکانس نشت گاز در اثر فعالیت‌های تروریستی برای سایزهای مختلف در جدول شماره ۲-۲۹ بدست آمده است [۱۶].

۲-۱۰-۵- سایر / ناشناخته

این دسته شامل کلیه علل جزئی و ناشناخته مانند اشتباه طراحی، عملیات نادرست، سایش و رعد و برق را شامل می‌شود. بر اساس داده‌های بریتیش کلمبیا مقدار پایه‌ای برای تکرارپذیری ناشی در اثر عوامل دیگر برابر ۰.۱۸۵۴ در یک هزار کیلومتر بر سال می‌باشد (۱۶).

۲-۱۰-۵-۱- تکرارپذیری کلی خرابی خط لوله انتقال

تکرارپذیری کلی ایجاد ناشی در خط لوله مورد مطالعه بر اساس هر یک از عوامل ایجاد ناشی در جدول ذیل برای کلاس لوله محاسبه شده است. در این جدول همچنین تکرارپذیری هر علت و همینطور توزیع اندازه ناشی آن ذکر شده است.

۲-۱۱- توزیع اندازه سوراخ

بانک‌های اطلاعاتی ثبت ناشی‌ها، ناشی‌ها را به سه اندازه ناشی ریز سوراخ، سوراخ و پارگی کامل تقسیم‌بندی می‌کند. تاثیر عوامل ناشی در خط لوله را بر اساس سه دسته اندازه گزارش می‌کند.

- ریز سوراخ: کوچکتر از ۲ سانتی متر

- سوراخ: بزرگتر از ۲ سانتی متر و کمتر از قطر لوله

- پارگی کامل: بزرگتر از قطر لوله

این اندازه ناشی‌ها بیانگر قطر یک سوراخ دایروی معادل سطح ناشی رخ داده می‌باشند. همانطور که مشاهده می‌شود هر دسته شامل بازه‌ای از ناشی‌هاست. به منظور مدل‌سازی سناریوهای ناشی و تعیین مقادیر ریسک، نیاز به استفاده از تعدادی اندازه سوراخ نماینده در هر بازه وجود دارد. اندازه ناشی نماینده هر دسته در جدول ۲-۲۸ ذکر شده است (۲۰).

جدول ۲-۲۸- اندازه نشتی‌های نماینده (۲۰)

| دسته | اندازه نشتی نماینده (میلی متر) |
|------------|--------------------------------|
| ریز سوراخ | ۲۰ |
| سوراخ | ۸۰ |
| پارگی کامل | قطر لوله |

۲-۱۱-۱- اندازه و جهت نشتی برای سناریو

در اثر ایجاد نشتی در خط لوله انتقال گاز ترش، چند حالت مختلف خروج گاز قابل پیش‌بینی است که با توجه به محل نقطه‌ای که نشتی در آن ایجاد شده پیامدهای متفاوتی خواهد داشت.

به عنوان مثال، در صورتی که نشتی از بالای خط لوله اتفاق بیفتد، گاز به صورت عمودی خارج می‌شود. در این حالت به دلیل مومنتم بالای گاز، این گاز از سطح زمین بسیار دور خواهد شد و در نتیجه پیامد حوادث از حالتی که گاز به صورت افقی پخش می‌شود بسیار کمتر خواهد بود.

به منظور در نظر گرفتن تمام حالت‌های مختلف، یک برش عرضی خط در خط لوله فرض می‌گردد که با یک تقریب مناسب، می‌توان چهار ناحیه خروج گاز در نظر گرفت:

- ناحیه بالا

- ناحیه پایین

- نواحی چپ و راست

که در هر یک از این نواحی نشتی با اندازه‌های متفاوت پتانسیل رخداد دارد. نحوه رخداد نشتی و فرضیات اعمال شده برای آنها (جهت و نحوه خروج گاز) به صورت زیر می‌باشد. فرضیات این قسمت بر اساس رویه ارائه شده توسط انجمن تولید کنندگان نفت و گاز برای ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال گاز است.

- برای نشتی از ناحیه بالای خط لوله، نشتی به صورت محافظه کارانه با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق در نظر گرفته می‌شود. مشخص است که در صورت رخداد این حالت،

- احتمال خروج گاز به صورت افقی بسیار بعید است. سهم این ناحیه ۹۰ درجه از ۳۶۰ کل سطح مقطع است، لذا احتمال نشتی در این جهت ۲۵٪ از کل جهات است.
- برای حالت نشتی از دو طرف خط لوله (نواحی چپ و راست)، نشتی به صورت افقی همراه با برخورد در نظر گرفته می‌شود. بنابراین احتمال نشتی در این حالت ۵۰٪ از کل جهات است.
 - برای حالت نشتی از ناحیه پایین خط لوله، یک نشتی به سمت پایین همراه با برخورد در نظر گرفته می‌شود. سهم این ناحیه ۹۰ درجه از ۳۶۰ کل سطح مقطع است. لذا احتمال نشتی در این جهت ۲۵٪ از کل جهات است (۲۴).

۲-۱۲- فرضیات مطالعه

- در این مطالعه علاوه بر در نظر گرفتن انواع سناریوها برای انواع نشتی‌ها با سایزهای مختلف و همچنین حالت‌های مختلف انتشار گاز در زیر زمین موارد زیر نیز به عنوان یکی از ورودی‌های نرم افزار در نظر گرفته شده‌اند.
- در مورد خطوط لوله گاز، برای پارگی کامل و نشتی متوسط فرض شده است که بعد از ۶۰ ثانیه شیرهای اتوماتیک قطع جریان^۱ عمل کرده و جریان را قطع می‌کنند. برای نشتی کوچک فرض شده است که بعد از ۲۰ دقیقه جریان قطع می‌شود.
 - زمان واکنش فوری برای قطع کامل جریان (از قبیل شیرهای دستی) برای پارگی کامل و متوسط ۶۰ دقیقه و برای نشتی کوچک ۲۴ ساعت در نظر گرفته شده است.
 - جمعیت مناطق مسکونی (جمعیت مورد بررسی برای مناطق روستایی با دانسیته ۰.۰۰۱ نفر در متر مربع و در مناطق صنعتی ۰.۰۰۴ و در محل پیمانکاران موقت ۰.۰۰۴ در نظر گرفته شده است).

¹ GOV

- مدت زمان بسته شدن شیرهای بستن شدن در مواقع اضطراری^۱ که در ورودی پالایشگاه گاز طراحی شده اند در زمان نشت در خط لوله با فرض تشخیص و عکس العمل ۵ دقیقه فرض شده است (۴).

^۱ ESDV

جدول ۲-۲۹- تکرارپذیری نشستی خطوط لوله بر اساس انواع عوامل و سائزهای مختلف (۱۴ و ۱۶)

| خروجی سایت مرکز جمع آوری تنگ بیجار تا ورودی سایت مرکز جمع آوری ایلام | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------|------------|-------------|-------|------------------|------------------|---------------|
| فرکانس بومی شده | ضریب بومی سازی | فرکانس پایه برای نشستی های مختلف | سایز نشستی | فرکانس پایه | میزان | زیر عامل | عامل | مرجع |
| ۰.۰۰۱۵۳۱۷ | ۰.۰۰۳ | ۰.۵۱۰۵۶۶۷۹۵ | ریز سوراخ | ۰.۵۸۶۸۵۸۴ | ۰.۷۸ | خوردگی داخلی | خوردگی | بریتیش کلمبیا |
| ۰.۰۰۰۱۷۶۰۵۸ | | ۰.۰۵۸۶۸۵۸۳۸ | سوراخ | | | | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۸۱۲ | | ۰.۰۱۷۶۰۵۷۵۲ | پارگی کامل | | | | | |
| ۰.۰۹۱۶۴۰۱۹۴ | ۰.۰۰۴۵ | ۰.۰۵۲۳۶۵۸۲۵ | ریز سوراخ | ۰.۰۶۰۱۹۰۶ | ۰.۰۸ | خوردگی خارجی | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۲۷۰۸ | | ۰.۰۰۶۰۱۹۰۶ | سوراخ | | | | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۱۲۵ | | ۰.۰۰۱۸۰۵۷۱۸ | پارگی کامل | | | | | |
| ۰.۰۹۱۶۴۰۱۹۴ | ۱ | ۰.۰۹۱۶۴۰۱۹۴ | ریز سوراخ | ۰.۱۰۵۳۳۳۶ | ۰.۱۴ | خوردگی زیرسطحی | | |
| ۰.۰۱۰۵۳۳۳۵۶ | | ۰.۰۱۰۵۳۳۳۵۶ | سوراخ | | | | | |
| ۰.۰۰۳۱۶۰۰۰۷ | | ۰.۰۰۳۱۶۰۰۰۷ | پارگی کامل | | | | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۰۲۵۵ | ۰.۰۰۰۰۰۳۵ | ۰.۰۰۷۰۳۱۲۵ | ریز سوراخ | ۰.۰۲۸۱۲۵ | ۰.۴۵ | فعالیت های شرکتی | عامل دخالت خارجی | بریتیش کلمبیا |
| ۰.۰۰۰۰۰۰۵۴۱ | | ۰.۰۱۵۴۶۸۷۵ | سوراخ | | | | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۰۱۹۶ | | ۰.۰۰۵۶۲۵ | پارگی کامل | | | | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۰۱۵۴ | ۰.۰۰۰۰۰۲۲ | ۰.۰۰۷۰۳۱۲۵ | ریز سوراخ | ۰.۰۲۸۱۲۵ | ۰.۴۵ | شخص ثالث | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۰۳۴۰ | | ۰.۰۱۵۴۶۸۷۵ | سوراخ | | | | | |
| ۰.۰۰۰۰۰۰۱۲۳ | | ۰.۰۰۵۶۲۵ | پارگی کامل | | | | | |

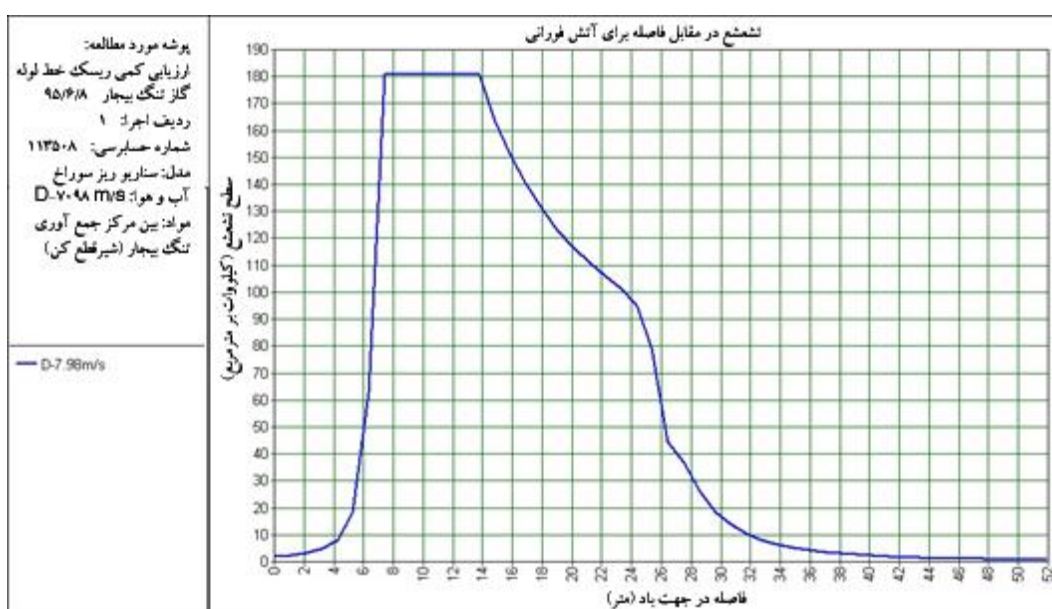
| | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|-------------|------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------|
| | | فعالیت‌های تروریستی | ۰.۱ | ۰.۰۱۴۴۲ | ریز سوراخ | ۰.۰۰۳۶۰۵ | ۲ | ۰.۰۰۷۲۱ |
| | | | | | سوراخ | ۰.۰۰۷۹۳۱ | | ۰.۰۱۵۸۶۲ |
| | | | | | پارگی کامل | ۰.۰۰۲۸۸۴ | | ۰.۰۰۵۷۶۸ |
| گروه حوادث خط لوله گاز اروپا | عامل ژئوتکنیک | رانش زمین | ۱ | ۰.۰۲۵۹۷۴ | ریز سوراخ | ۰.۰۰۶۴۹۳۵ | ۱ | ۰.۰۰۶۴۹۳۵ |
| | | | | | سوراخ | ۰.۰۱۴۲۸۵۷ | | ۰.۰۱۴۲۸۵۷ |
| | | | | | پارگی کامل | ۰.۰۰۵۱۹۴۸ | | ۰.۰۰۵۱۹۴۸ |
| گروه حوادث خط لوله گاز اروپا | | نقص در مواد و ساخت | ۱ | ۰.۰۵۸۶۱۷ | ریز سوراخ | ۰.۰۱۴۶۵۴۲۵ | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۰۰۰۱۴۶ |
| | | | | | سوراخ | ۰.۰۳۲۳۹۳۵ | | ۰.۰۰۰۰۳۲۲ |
| | | | | | پارگی کامل | ۰.۰۱۱۷۲۳۴ | | ۰.۰۰۰۰۱۱۷ |
| خروجی سایت مرکز جمع اوری تنگ بیجار تا ورودی سایت مرکز جمع اوری ایلام | | | | | | | | |
| عامل | زیر عامل | میزان | فرکانس پایه | سایز نشستی | فرکانس پایه برای نشستی‌های مختلف | ضریب بومی سازی | فرکانس بومی شده | |
| بریتیش کلمبیا | دیگر عوامل | ۱ | ۰.۱۸۵۴ | ریز سوراخ | ۰.۰۴۶۳۵ | ۱ | ۰.۰۴۶۳۵ | |
| | | | | سوراخ | ۰.۱۰۱۹۷ | | ۰.۱۰۱۹۷ | |
| | | | | پارگی کامل | ۰.۰۳۷۰۸ | | ۰.۰۳۷۰۸ | |

فصل سوم

نتایج

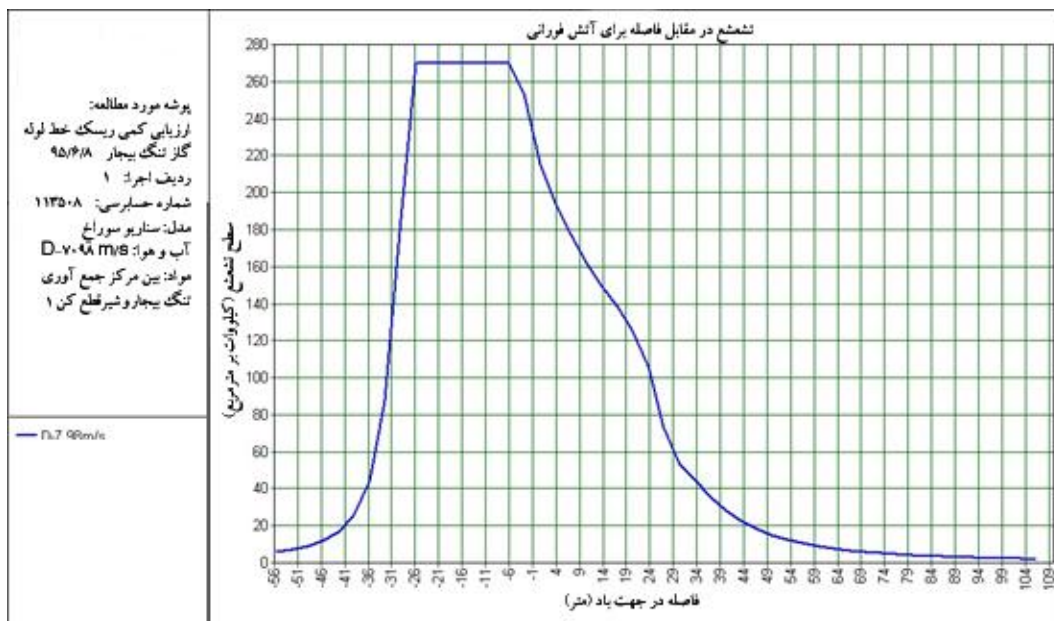
۳-۱- نتایج حاصل از ارزیابی پیامد

در این بخش نمودارها و نتایج حاصل از شبیه سازی سناریوهای نشت برای پیامدهای آتش سوزی و رهایش گاز هیدروژن سولفور به کمک نرم افزار تحلیل مخاطرات فرایندی گزارش می گردد. لازم به ذکر است پیامدها براساس نوع خط مورد مطالعه، سایز نشتی، نوع پیامد و موقعیت خط لوله تقسیم شده اند. اما به دلیل تعداد حالات مختلف در شبیه سازی رهایش گاز (سمی و آتش گیر) بدترین شرایط آب و هوایی $F / 0.26 \text{ m/s}$ همچنین برای شبیه سازی آتش فورانی بدترین شرایط آب و هوایی $D / 7.98 \text{ m/s}$ انتخاب می گردد.



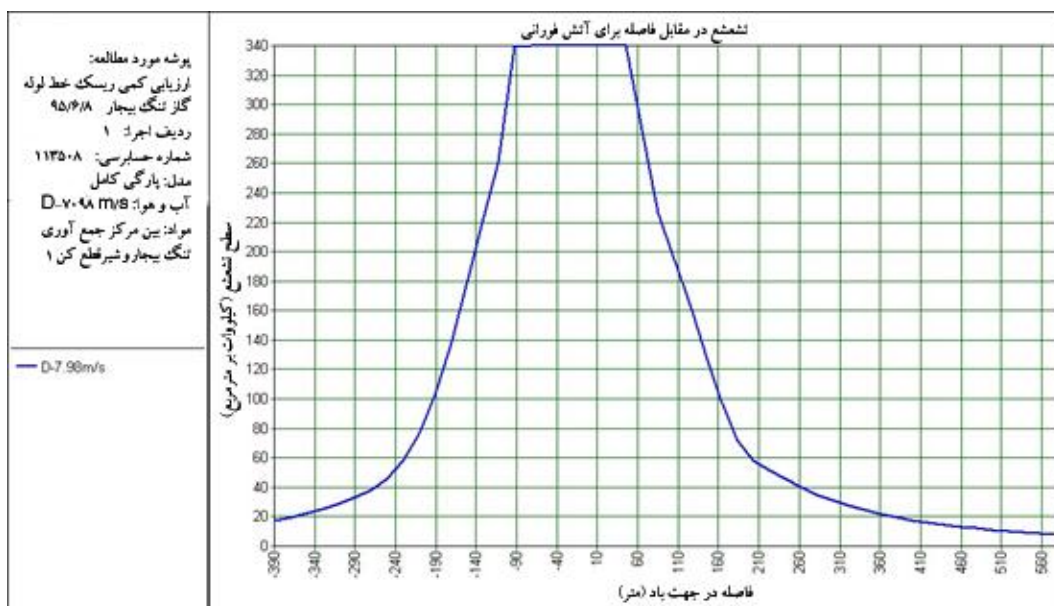
نمودار ۳-۱- توزیع شدت تشعشع آتش فورانی در اثر نشت گاز در خط لوله

(سایز ۲۰ میلی متر)



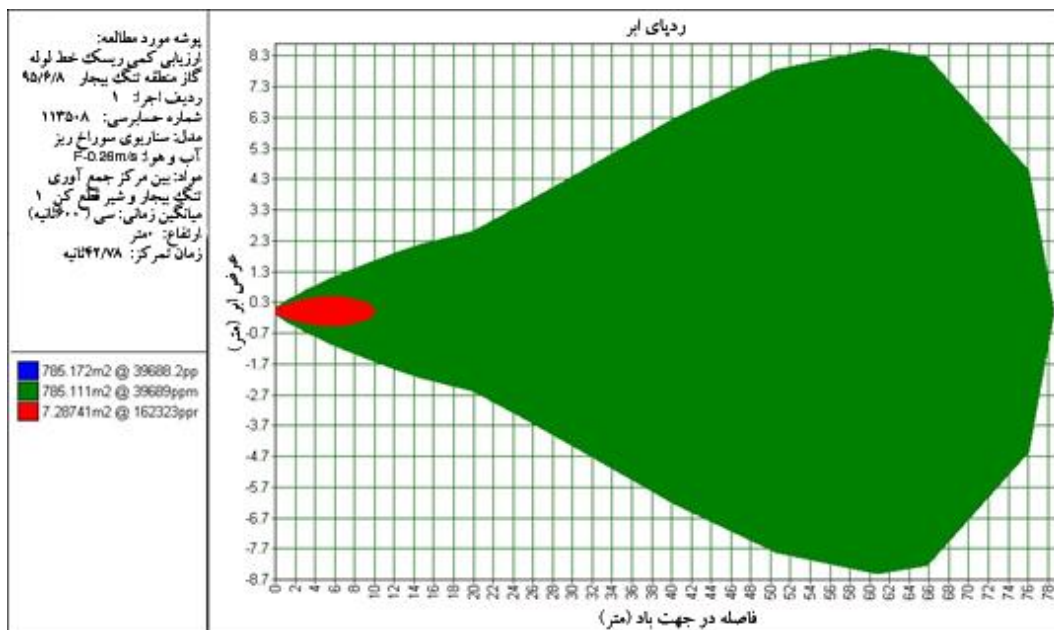
نمودار ۲-۳- توزیع شدت تشتع آتش فورانی در اثر نشت گاز در خط لوله

(سایز ۸۰ میلی متر)

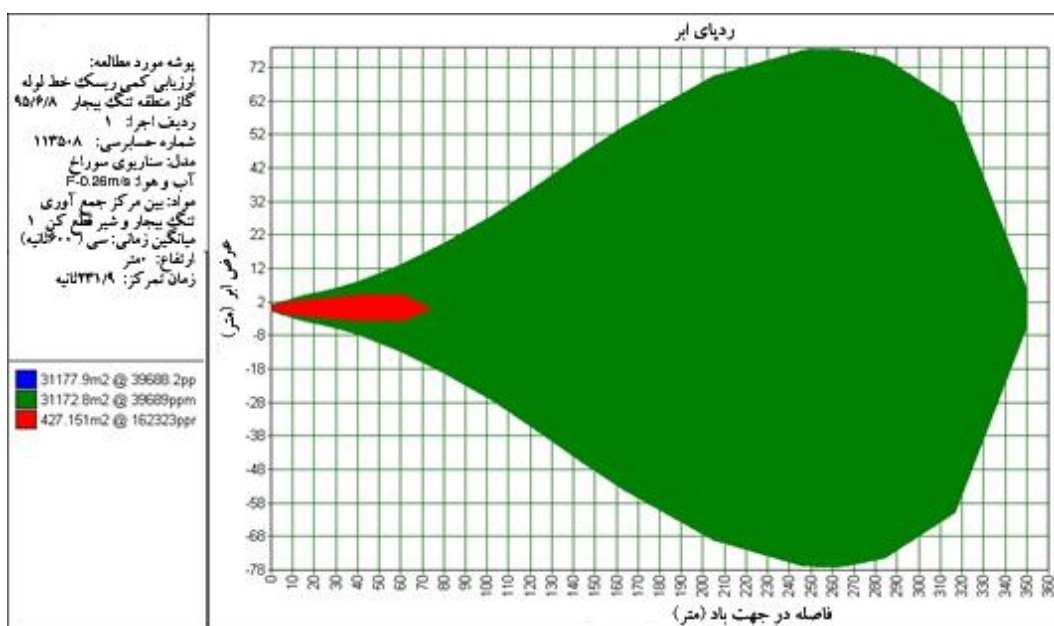


نمودار ۳-۳- توزیع شدت تشتع آتش فورانی در اثر نشت گاز در خط لوله

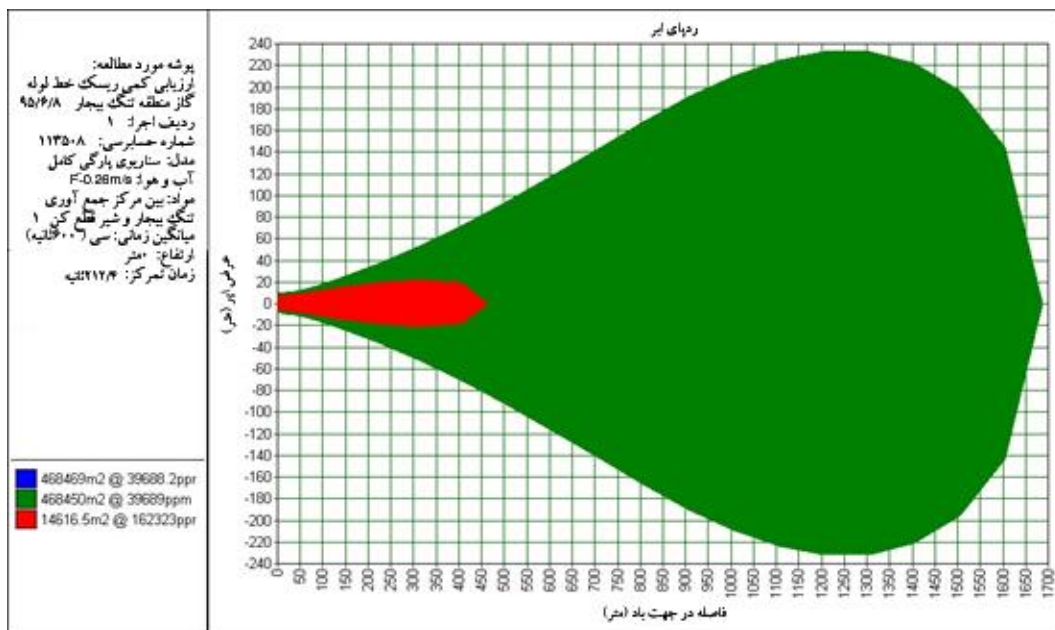
(پاره شدن خط)



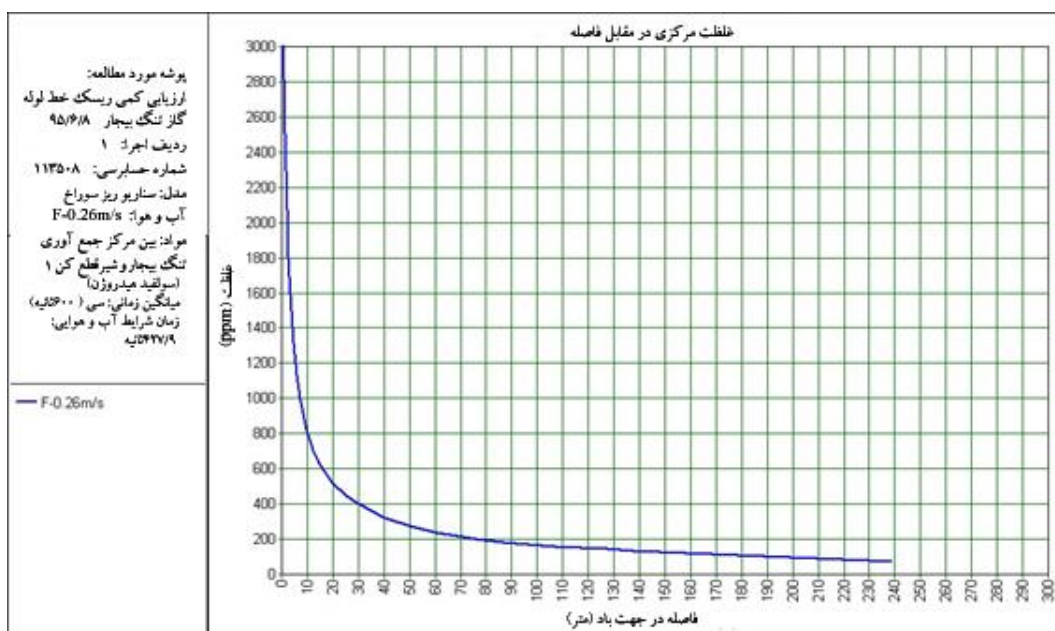
نمودار ۳-۴- محدوده محصور حد پایین اشتعال پذیری در اثر نشت گاز در خط لوله
 (سایز ۲۰ میلی متر)



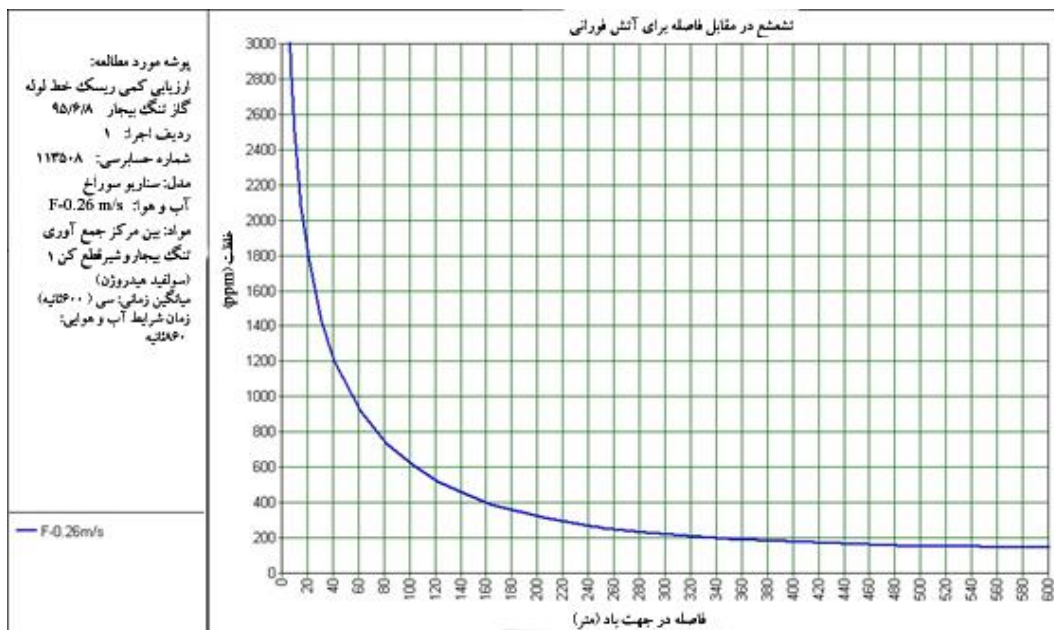
نمودار ۳-۵- محدوده محصور حد پایین اشتعال پذیری در اثر نشت گاز در خط لوله
 (سایز ۸۰ میلی متر)



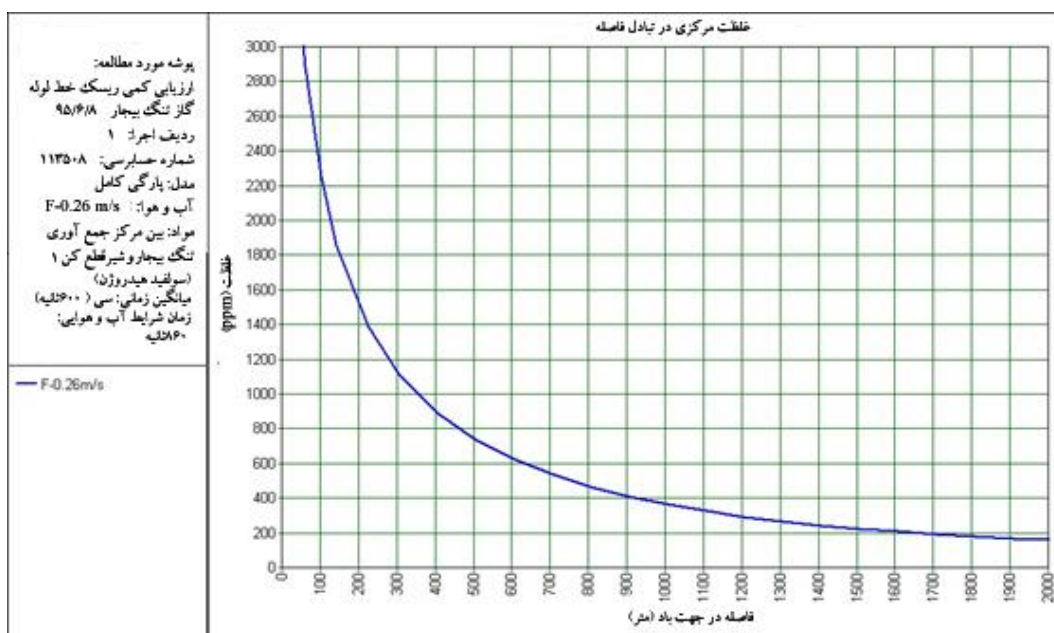
نمودار ۳-۶- محدوده محصور حد پایین اشتعال پذیری در اثر نشت گاز در خط لوله فاز ۱
 (پاره شدن خط)



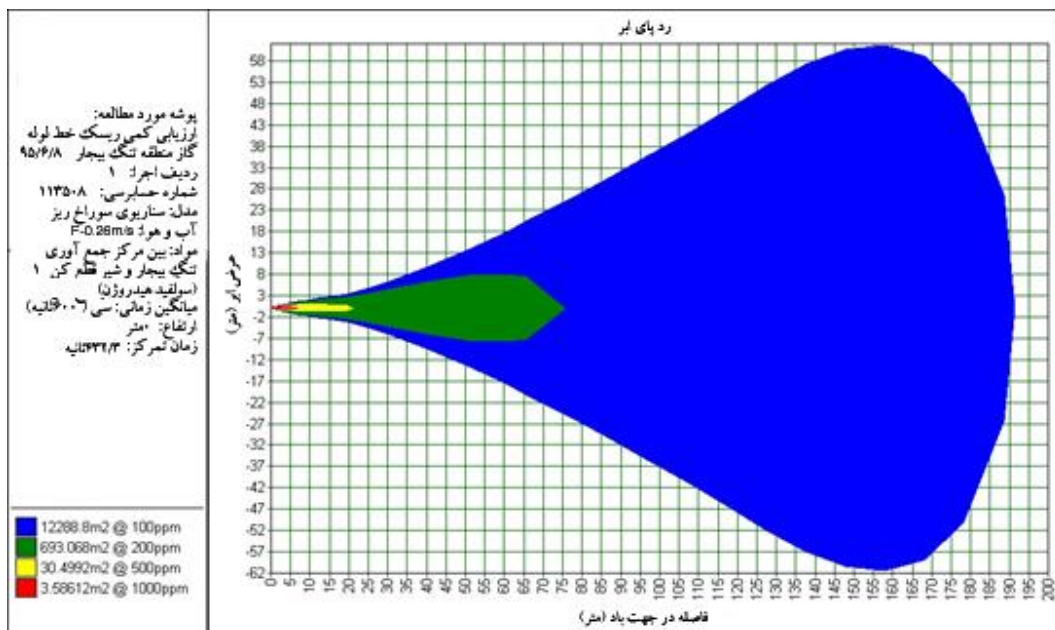
نمودار ۳-۷- توزیع غلظت گاز سولفید هیدروژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله
 (سایز ۲۰ میلی متر)



نمودار ۳-۸- توزیع غلظت گاز سولفید هیدروژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله
 (سایز ۸۰ میلی متر)

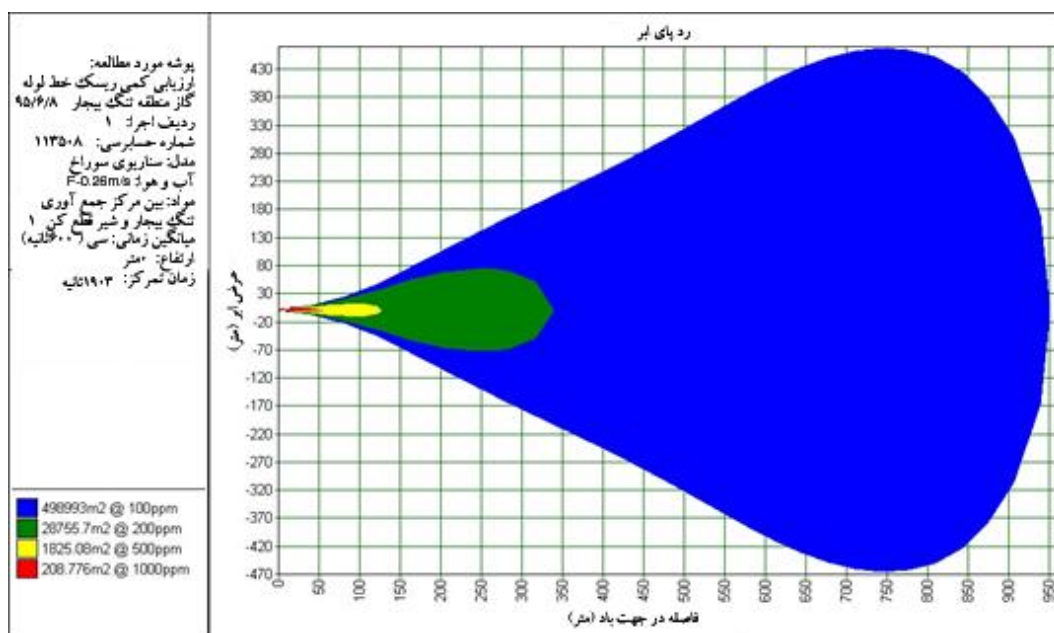


نمودار ۳-۹- توزیع غلظت گاز سولفید هیدروژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله
 (پاره شدن خط)



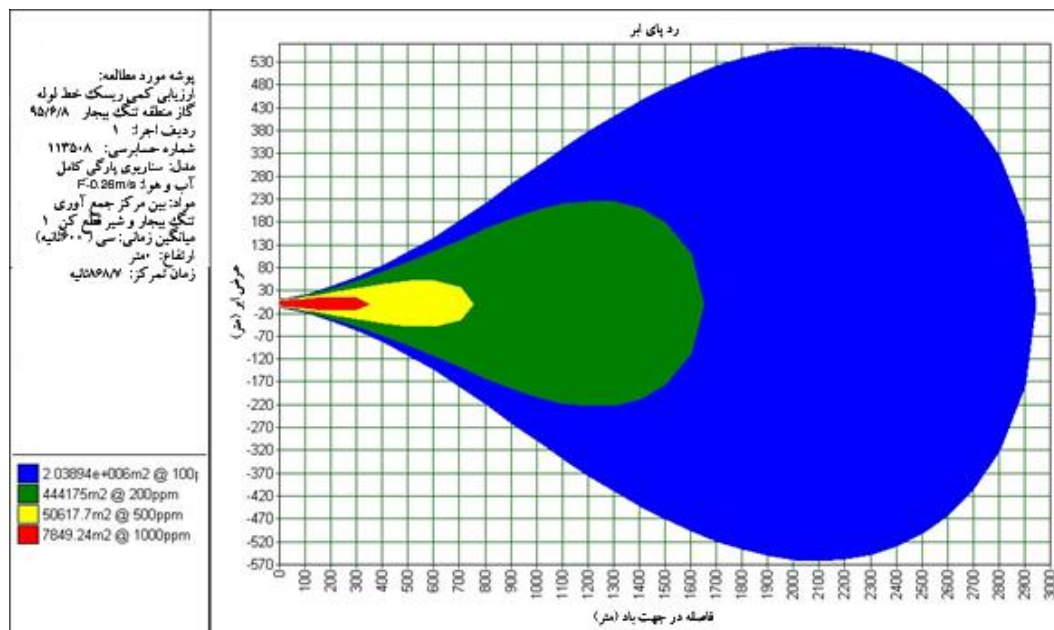
نمودار ۳-۱۰- توزیع غلظت گاز سولفید هیدروژن در اثر نشت گاز در خط لوله

(سایز ۲۰ میلی متر)



نمودار ۳-۱۱- توزیع غلظت گاز سولفید هیدروژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله

(سایز ۸۰ میلی متر)



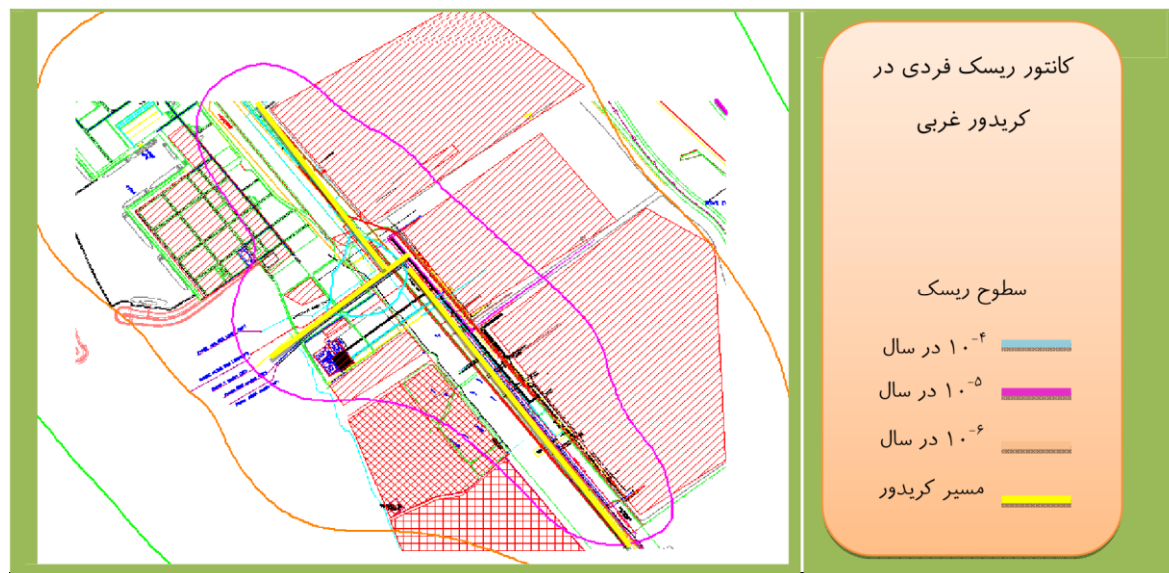
نمودار ۳-۱۲- توزیع غلظت گاز سولفید هیدروژن در اثر رخداد نشت گاز در خط لوله

(پاره شدن خط)

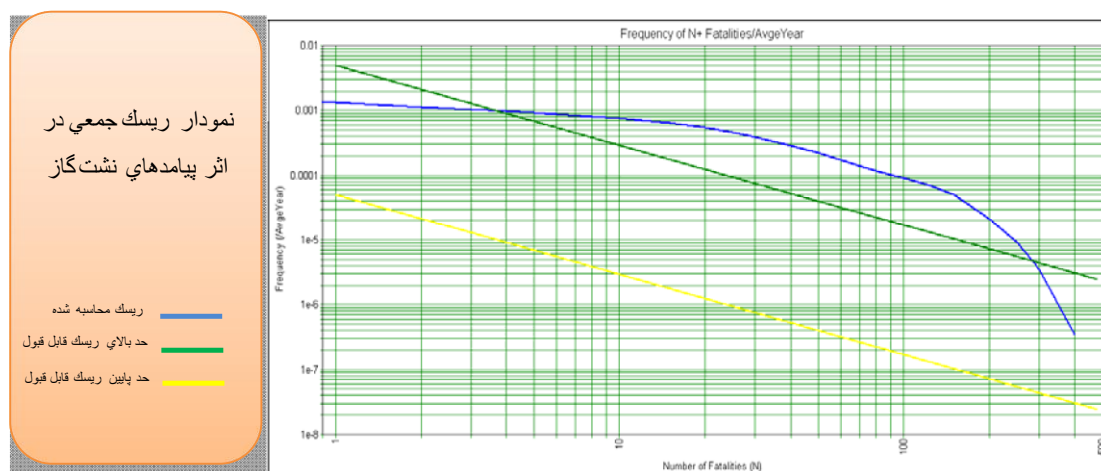
فصل چہارم

بحث

۴-۱- نتایج ارزیابی کمی ریسک



شکل ۴-۱- ریسک فردی و جمعی



نمودار ۴-۱- ریسک جمعی در اثر پیامدهای نشت گاز

همانطور که در بخش‌های قبل اشاره گردید معیار ریسک فردی در این مطالعه برابر 10^{-5} در سال در نظر گرفته شده است. از این جهت محدوده ایمن خط لوله براساس میزان ریسک قابل قبول^۱ فرض شده، محدوده خط قرمز رنگ در کانتورهای ریسک فردی می‌باشد. بنابراین

^۱. Risk Criteria

فعالیت‌های انجام شده در این ناحیه (داخل ناحیه قرمز رنگ) دارای ریسک بالا می‌باشد و می‌بایست محدودیت‌های لازم در نظر گرفته شود.

همچنین براساس نمودارهای تکرارپذیری- تعداد کشته‌ها نتایج بدست آمده نشانگر این موضوع هستند که در اثر وقوع پیامدهای ناشی از نشت گاز تکرارپذیری تعداد کشته شده‌ها برحسب سال (خط آبی) بیشتر از حد معیار (خط سبز) می‌باشد.

به عبارتی دیگر ریسک جمعی برای ساکنین اطراف خطوط لوله بیشتر از حد مجاز می‌باشد.

نتایج حاصل از مطالعات ارزیابی ریسک کمی در قالب حریم‌های ایمن برای خط لوله مورد مطالعه در جداول ۳۰ مشاهده می‌گردد.

جدول ۴-۱- حریم ایمنی در بخش‌های مختلف

| موقعیت ناحیه | | حریم ایمنی از دو جانب |
|--------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| مرکز جمع‌آوری تنگ بیجار تا شیر قطع‌کن ۱ | ۳۷۰ تا ۷۸۰ متر از شرق | ۳۲۵ تا ۴۰۹ از غرب |
| شیر قطع‌کن ۱ تا شیر قطع‌کن ۲ | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |
| شیر قطع‌کن ۲ تا شیر قطع‌کن ۳ | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |
| شیر قطع‌کن ۳ تا شیر قطع‌کن ۴ | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |
| شیر قطع‌کن ۴ تا شیر قطع‌کن ۵ | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |
| شیر قطع‌کن ۵ تا شیر قطع‌کن ۶ | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |
| شیر قطع‌کن ۶ تا شیر قطع‌کن ۷ | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |
| شیر قطع‌کن ۷ تا شیر قطع‌کن ۸ | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |
| شیر قطع‌کن ۸ تا مرکز جمع‌آوری ایلام | ۳۷۰ تا ۵۳۰ از شمال | ۳۸۲ از جنوب |

۴-۲- پیشنهادات و توصیه‌های حاصل از مطالعه

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه به منظور حفظ و ارتقا سطح ایمنی خط لوله گاز ترش در نفت و گاز غرب پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد. بدیهی می‌باشد با تکیه بر نتایج این مطالعه، حساسیت در مورد اجرای اقدامات کنترلی و حفاظتی چندین برابر شده و مدیریت در بخش‌های مختلف با اطمینان بیشتر و بر اساس نتایج ریسک می‌تواند در جهت کنترل مخاطرات تصمیم‌گیری نماید.

- رعایت حریم ایمنی بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه و محدود نمودن فعالیت‌های مسکونی در این نواحی به منظور کاهش ریسک مرگ و میر ناشی از حوادث در خط لوله
- پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی یکپارچه^۱ بر اساس استاندارد ASME B31.8S
- حل نمودن مشکلات ناشی از سیستم کاتدیک و حصول اطمینان از عملکرد مناسب آن
- انجام مطالعات شناسایی مخاطرات^۲ در خط لوله به منظور شناسایی و ارزیابی لایه‌های حفاظتی موجود و مورد نیاز
- تکمیل طرح واکنش در شرایط اضطراری^۳ بر اساس نتایج شبیه‌سازی انتشار و پیامد انجام شده در این مطالعه جهت مدیریت افراد و فعالیت‌ها در زمان بحران(بر اساس ریسک واقعی حادثه)

^۱. Pipeline Integrity Management System (PIMS)

^۲. Hazad Identification(HAZID STUDY)

^۳. Emergency Responce plan (ERP)

منابع

- (۱) گزارش پروژه تعیین حریم خط لوله انتقال گاز پنجم سراسری، مرکز طراحی فرایند، ایمنی و کاهش ضایعات، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۱
- (۲) گزارش پروژه انجام مطالعات مهندسی بهسازی وضعیت کریدور خطوط لوله اهواز- کارون، شرکت ملی نفت، ۱۳۸۹
- (۳) بانک اطلاعاتی اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه- فن آوری اطلاعات، ۱۳۹۵
- (۴) داده های اداره مهندسی فراورش شرکت بهره برداری نفت و گاز غرب استان کرمانشاه
- (۵) پروژه پژوهشی دکتر ناصر بدری، دانشگاه صنعتی شریف
- (6) Onshore Pipeline Quantified Risk Assessment for Corrib Field Development Project (Phase II), SHELL E&P Ireland Limited, 2005
- (7) Guideline for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (2nd ed.), CCPS, 2000
- (8) Joaquim Casal "Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants" Industrial Safety Series, Volume 8, 2008
- (9) Quantitative Risk Assessment (QRA) for a high pressure natural gas transmission pipeline in Korea, DNV, 2008.
- (10) Kent Muhlbauer "Pipeline Risk Management Manual", Elsevier, 2004
- (11) QRA training Course "DNV"
- (12) The oil companies study group for Conservation of Clean Air and water in Western Europe (CONCAWE) Reports.
- (13) ASME B31.8S 2001, Supplement to B31.8 on Managing System Integrity of Gas Pipelines
- (14) The European Gas Pipeline Incident Data Group (EGIG)
- (15) The Oil Companies' European Organization for Environmental and Health Protection (CONCAWE)
- (16) Pipeline Performance in British Columbia 2010
- (17) US Hazardous Liquid Pipeline Data
- (18) UK British Gas pipeline data
- (19) UK HSE North Sea pipeline data
- (20) California pipeline data (provided by the California State Fire Marshal)

- (21) Dutch pipeline data (reported by TNO)
- (22) Australia pipeline data (provided by the Petroleum Division of the Department of Manufacturing and Industry Development, Victoria) etc.
- (23) CAMEO Reference.
- (24) Open Government partnership.
- (25) UKOPA Pipeline Fault Database Pipeline Product Loss Incidents (1962 - 2004), April 2005.
- (26) European Gas pipeline Incident data Group (EGIG) Reports, 2005.

Quantitative Risk Assessment (QRA) of Sour Gas Pipelines to Determine the Pipelines Safety Margin in Tangeh Bijar Region

Abstract

Nowadays, one of the main and practical procedures in macro-decision makings of various organizations is using the results of the available risk of organization's activities so that the managers and supervisors in different departments can decide more confidently in different areas. The risk-based decision making has many applications as one of the effective and safe programs of the management systems, which is examined as a basis for selecting in sour gas pipelines in West Oil and Gas Operation Company of Tangeh Bijar's gas region.

The aim of the project definition is to determine the safe margin of sour gas pipelines in West Oil and Gas Operation Company of Tangeh Bijar gas region using Quantitative Risk Assessment (QRA) and simulation of the consequences of gas leakage. The task for gas pipelines is under investigation, to transfer gas from Tangeh Bijar gas field to Ilam gas refinery in order to refine and sending to the global gas lines. The major concerns in Tangeh Bijar gas pipelines region is releasing toxic H₂S gas and fire as well as explosion to be the cause of serious injuries and death for residents around pipelines. Therefore, observing safety measures and principles concerning the establishment and equipment involved in toxic and flammable gas is of high significance. One of the main arrangements relating to the sour gas pipelines is the pipelines replacement which is minimized by considering the safe space for the residents and individuals respect to the pipelines, the contact possibility and people kill. Due to the concerns for West Oil and Gas Company arisen in connection with the construction and also people living in the vicinity of pipelines, gas pipelines sour studies aim to determine the safety margin in sour gas pipelines as being of great importance. For this, the HSE office in West Oil and Gas Company conducted the extent required studies and safe margin is explained in the rest of report.

Keywords: risk, the pipeline phenomena, safe margin, quantitative risk assessment, outcomes modeling



**Energy Institute For Higher Education
Faculty Of Engineering
Department Of Chemical Engineering- HSE
Thesis For
Degree Of Master Of Science (M.Sc)**

Title:

**Quantitative Risk Assessment (QRA) of
Sour Gas Pipelines to Determine the
Pipelines Safety Margin in Tangeh Bijar
Region**

Supervisor:

**Yousef Yasi, Ph.D.
Taher Taherian, Ph.D.**

Advisor:

Bahman Abdolhamidzadeh, Ph.D.

By:

Arash Fateh-Nejad

Spring 2017

