مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۷، تیر ۱۳۹۷، ۳۵۸-۳۴۵

کاربرد مدل FMEA جهت ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی شرکت پالایش گاز پارسیان در سال ۱۳۹۵

صغری وزدانی[۱]، غلامرضا سبزقبایی[۲]، سولماز دشتی[۳]، میترا چراغی[۴]، رضا علیزاده[۵]، اعظم همتی[۶]

دریافت مقاله: ۹۶/۶/۲۶ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۶/۱۱/۱۵ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۷/۲/۲۴ پذیرش مقاله: ۹۷/۳/۲

چکیده

زمینه و هدف: شناسایی دقیق خطرات صنایع نفت و گاز به عنوان بخشی از یک تحلیل ایمنی مورد تاکید سازمان‌های ناظر رسمی می باشد. در فعالیت‌های صنعتی، تکنیک‌های ارزیابی و مدیریت ریسک از طریق استفاده از رویکرد پیشگیری و با هدف بهبود ایمنی برای کاهش حوادث به کار گرفته می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی در مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی شرکت پالایش گاز پارسیان انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۵ انجام پذیرفت. شناسایی مخاطرات زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی حاصل از تاسیسات و فعالیت‌های انسانی موجود در مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی با استفاده از تکنیک دلفی انجام و سپس ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از روش AHP (Analytical Hierarchy Process)، تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (FMEA) و تجزیه و تحلیل‌حالات شکست بررسی و آثارآن مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گرفت.

یافته‌ها: در این مطالعه ۱۷ ریسک شناسایی شد که ۱۲ ریسک آن مربوط به زیست‌محیطی و ۵ ریسک مربوط به ایمنی و بهداشتی بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بالاترین میزان ریسک زیست‌محیطی و ایمنی- بهداشتی در مخازن به ترتیب، آتش‌سوزی بر اثر عوامل تروریستی و عمدی با عدد RPN (Priority Nnmber Risk)، ۱/۸۲۴ و استنشاق بخارات حین تعمیرات با عدد RPN، ۳/۳۸۴ بود.

نتیجه‌گیری: بالاترین ریسک زیست‌محیطی مربوط به آتش‌سوزی بر اثر عوامل تروریستی بود که به دلیل موقعیت حساس کشور ما در منطقه، می باشد. در بخش ایمنی و بهداشتی نیز بالاترین ریسک مربوط به استنشاق بخارات حین تعمیرات به دلیل عدم رعایت نکات ایمنی و عدم استفاده از وسایل استحفاظی فردی می‌باشد.

واژه های کلیدی: ارزیابی ریسک، مخازن، میعانات گازی، FMEA، AHP

۱- دانشجوی کارشناسی گروه محیط زیست، دانشکده محیطزیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان، بهبهان، ایران
۲- استادیارگروه محیط زیست، دانشکده محیطزیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء(ص) بهبهان، بهبهان، ایران
تلفن: ۳۳۲۰۱۴۷۸-۰۶۱، فاکس: ۳۳۲۰۱۴۷۸-۰۶۱، پست الکترونیکی: Sabzghabaei@bkatu.ac.ir
۳- استادیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۴- دانشجوی دکتری محیطزیست، گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۵- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده محیطزیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء(ص) بهبهان، بهبهان، ایران
۶- کارشناس محیط زیست، پالایشگاه گاز پارسیان، مهر، ایران

مقدمه

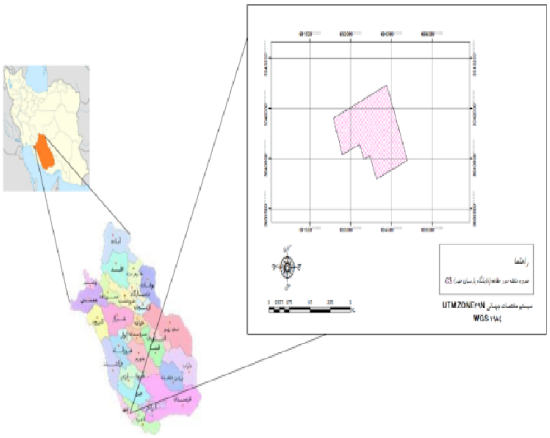
با پیشرفت تکنولوژی و افزایش استفاده از ماشین‌آلات، خطرات و حوادث احتمالی در محیط‌های صنعتی نیز به تبع آن افزایش یافته‌است [۱]. در پالایشگاه‌های گاز، واحدهای عملیاتی با دما و فشار بالا سر و کار دارند درنتیجه احتمال وقوع حوادث وجود دارد [۲]. صنایع گاز و پتروشیمی به عنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع تولید آلاینده‌های محیط‌زیست براساس نوع مواد ورودی، مراحل فرآیندی و محصول خروجی، نوع و میزان آلودگی متفاوتی دارند. مراحل مختلف اکتشاف، استخراج و فرآوری نفت و نیز صنایع پایین‌دست آن و فعالیت پالایشگاه‌ها و بهره‌برداری از پتروشیمی در کشور هرکدام اثرات متعدد و متفاوتی بر محیط‌زیست می‌گذارند که خاک، هوا، آب (مشتمل بر آب‌های سطحی و زیرزمینی)، موجودات، گیاهان، درختان و حتی انسان‌ها تحت تاثیر این اثرات قرار می‌گیرند [۳]. همچنین نگرانی‌های دیگر زیست‌محیطی مانند گرم شدن کره‌زمین، تخریب لایه ازن، آلودگی آب و انقراض گونه‌ها را نیز در پی دارد [۴]. با توجه به این که مخازن ذخیره‌سازی نفت، گاز و پتروشیمی از زیر ساخت-های مهم و اساسی به شمار می‌رود و همچنین به دلیل مخاطرات فراوان و فراگیر آن بر محیط‌زیست، این صنعت همواره مورد توجه متخصصان و کارشناسان ایمنی و محیط‌زیست بوده است [۵]. مخازن ذخیره‌سازی نفت یکی از مهم‌ترین تأسیسات صنعتی است که همواره در معرض ریسک انتشار مواد سمی، آتش‌سوزی و انفجار است، که در این میان آتش‌سوزی رایج‌ترین و انفجار به جهت میزان مرگ و میر، مهم‌ترین ریسک در مخازن ذخیره‌سازی می‌باشد [۶]. همچنین به دلیل وجود آلاینده‌های هیدروکربنی نیمه‌فرار و ترکیبات آلی فرار در محیط پالایشگاه این آلاینده‌ها در محیط غیراشباع خاک فعالیتی گسترده دارند و می‌توانند خاک اطراف مخازن را آلوده کنند [۷]. ارزیابی ریسک، یک رویکرد سیستماتیک و سازمان یافته به منظور شناسایی خطرات و رتبه‌بندی آن‌ها برای تصمیم‌گیری، جلوگیری و کاهش خطر و رساندن آن به یک اندازه قابل قبول است [۸]، لذا ضرورت انجام ارزیابی ریسک در واحد مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی به دلیل عدم انجام آن در شرکت پالایش گاز پارسیان وجود دارد. هدف عمده از تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک، تعیین میزان عدم قطعیت سیستم مورد مطالعه و هزینه ناشی از آن و ارائه راهکارهای کاهش خطر و کاهش هزینه می‌باشد [۹]. ارزیابی ریسک را می‌توان به دو روش کیفی وکمی انجام داد. ارزیابی کمی بر عوامل خطر و اتخاذ اقدامات پیشگیرانه متمرکز است و برای کنترل و از بین بردن و یا جلوگیری از خطرات انجام می-شود [۱۰]. در این راستا، یک رویکرد علمی برای تصمیم-گیری، توجیه هزینه‌ها، جلوگیری و کاهش خطر و ضرورت برنامه‌های کنترل سریع خطر مورد نیاز می باشد [۱۱]. روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن (FMEA) یکی از روش‌های نوین ارزیابی و مدیریت ریسک در صنایع نفت و پتروشیمی می‌باشد [۱۲].

در دنیا مطالعات زیادی در زمینه حوادث رخ داده در مخازن ذخیره‌سازی و فراورده‌های جانبی آن صورت گرفته است. Changa و همکاران به مطالعه در مورد حادثه در مخازن ذخیره‌سازی تأسیسات صنعتی در ۴۰ سال گذشته پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که ۷۴ درصد از حوادث در

پالایشگاه‌های نفت، پایانه‌های نفتی و ذخیره‌سازی آنها رخ داده است [۱۳]. Weng و همکاران اثر زمین‌لرزه بر مخازن ذخیره‌سازی گاز مایع را بررسی کردند که نتایج آنها نشان داد استفاده از لایه عایق در جداره داخلی و خارجی طراحی مخازن باعث می شود که پتانسیل آسیب‌پذیری آنها حین زلزله کاهش یابد [۱۴]. در ایران نیز یزدی و همکارش، مدیریت ریسک محیط‌زیستی آتش‌سوزی در مخازن ذخیره‌سازی نفت را با روش (Event Tree Analysis) ETA برای شناسایی ریسک‌های محیط زیستی و روش E-FMEA را به منظور ارزیابی ریسک‌ها مورد بررسی قرار دادند [۱۵]. نوری و همکاران، ایستگاه‌های گاز را به منظور ارزیابی ریسک وقوع آتش‌سوزی مورد بررسی قرار دادند و در نهایت با تلفیقی از روش ویلیام فاین و FMEA شدت آتش‌سوزی را در ایستگاه‌ها تعیین کردند [۱]. هدف از این تحقیق، شناسایی و ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی شرکت پالایش گاز پارسیان با استفاده از تلفیق روش AHP و FMEA و ارائه راهکارهای کنترلی جهت کاهش وقوع و اثرات این ریسک‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: پالایشگاه گاز پارسیان در تاریخ ۰۶/۲۵/ ۱۳۸۲ تاسیس شد و با ظرفیت تولید ۸۲ میلیون متر مکعب در روز گاز طبیعی، سومین پالایشگاه گاز کشور است و تأمین ۱۷ درصد از گاز مصرفی و ۱۰/۵ درصد از سبد انرژی کشور را بر عهده دارد. این پالایشگاه در موقعیت طول ۵۸ و ۵۲ شرقی و عرض ۲۸ و ۲۷ شمالی در ۳۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان لامرد و ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان مهر در دشت میان آخرین رشته کوه‌های فلات ایران (زاگرس جنوبی) جنب بزرگراه مُهر- لامرد قرار گرفته (شکل ۱) و تاکنون دو فاز آن به بهره‌برداری رسیده است. طراحی این پالایشگاه به منظور تصفیه گاز شیرین، تفکیک میعانات گازی به محصولات با ارزش‌تر شامل اتان، پروپان، بوتان و بنزین طبیعی می‌باشد [۱۶].



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی پالایشگاه گاز پارسیان

مطالعه مورد نظر از نوع کاربردی و به شیوه توصیفی – تحلیلی می‌باشد که در شرکت پالایش گاز پارسیان در سال ۱۳۹۵ انجام گرفته‌است. برای شناسایی مخاطرات موجود در واحد مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی از مقالات و پژوهش‌های مشابه با موضوع مورد نظر و بازدید میدانی از واحدها و مصاحبه با کارشناسان واحد HSE (Health Safety Environment)، ایمنی سلامت محیط-زیست) و محیط‌زیست و متخصصینی که با فرآیند، آشنایی داشتند، کمک گرفته شد. بعد از شناسایی مخاطرات موجود از تکنیک دلفی برای کسب دانش گروهی استفاده شد. دلفی روشی سیستماتیک و انعطاف

پذیر در جمع‌آوری داده‌های تحقیق از گروهی از متخصصین خبره برای پیش‌بینی و تعیین اولویت ها بوده که در سطح وسیع و مختلف به‌کار می‌رود [۱۷]. طبق این روش برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری، نیاز به قضاوت و نظرات گروه متخصص و با تجربه می‌باشد. همچنین از دیگر شرایط آن توافق گروهی برای دستیابی به نتایج، در دسترس بودن متخصصین باتجربه، لزوم گمنامی در جمع‌آوری داده‌ها، عدم محدودیت زمانی و عدم روش هزینه‌بر است [۱۹-۱۸]. پس از آن ریسک‌های شناسایی شده در پرسشنامه FMEA قرار گرفت. تکنیک FMEA یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل نظام‌مند و نیمه کمی است که در دسته فنون قیاسی قرار می‌گیرد. سپس پرسشنامه تنظیم شده توسط کارشناسان بخشHSE و محیط زیست، مهندسی و عملیات و واحد بهره‌برداری ارزش‌گذاری شد. ارزش‌گذاری ریسک‌ها بر اساس جداول رتبه‌بندی شدت اثر، میزان آلودگی و احتمال وقوع برای ریسک‌های زیست‌محیطی، احتمال کشف و احتمال وقوع برای ریسک‌های ایمنی و بهداشتی صورت گرفت. احتمال وقوع برای ریسک‌های مورد مطالعه از طریق روش سلسله مراتبی AHP تعیین گردید، در این مرحله برای برآورد احتمال وقوع از انجام مقایسات زوجی استفاده شد. در روش مقایسه زوجی اهمیت نسبی معیارها (احتمال وقوع ریسک) در یک مقایسه پیوسته به ۹ بخش تقسیم می‌شود (طیف ساعتی) [۲۰- ۲۱]. در ادامه عدد اولویت ریسک از حاصل‌ضرب سه فاکتور درجه شدت اثر، احتمال وقوع و گستره‌آلودگی برای ریسک‌های زیست‌محیطی و حاصل ضرب سه فاکتور شدت اثر، احتمال وقوع و احتمال کشف برای ریسک‌های ایمنی بهداشتی محاسبه، سپس نتایج حاصله با استفاده از نرم‌افزار Excel مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۲].

گستره آلودگی× احتمال وقوع× شدت اثر= عدد اولویت ریسک‌های زیست‌محیطی

احتمال کشف× احتمال وقوع× شدت اثر= عدد اولویت ریسک‌های ایمنی- بهداشتی

برای محاسبه شدت وقوع جنبه‌های ریسک در روش EFMEA بررسی تأثیرات زیست‌محیطی/ مصرف منابع طبیعی و انرژی در نظر گرفته شد که هرچه تاثیر بر مسائل زیست محیطی کمتر باشد امتیاز ۱ و هرچه شدت تاثیر بیشتر باشد امتیاز ۵ را بخود اختصاص می‌دهد[۲۳].

مقادیر مربوط به گستره‌آلودگی جنبه‌های ریسک در روش EFMEA به این صورت لحاظ گردید که هر چه آلودگی غیرقابل توجه یا کمتر باشد امتیاز ۱ و هرچه آلودگی بیشتر باشد و محدوده وسیع‌تری را دربرگیرد امتیاز ۵ را به خود اختصاص می‌دهد. مقادیر مربوط به احتمال کشف برای ریسک‌های ایمنی و بهداشتی به اینصورت در نظر گرفته شد که احتمال خیلی ناچیزی وجود دارد که خطر ردیابی و ارزیابی شود امتیاز ۵ و بالعکس [۲۴].

تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی ریسک‌ها:

به دلیل این‌که در روش FMEA هیچ RPN (Risk Priority Nnmber) مبنایی وجود نداشت که بتوان داده‌ها را بر اساس آن مقایسه و سطوح ریسک‌ها را تعیین کرد، لذا در این تحقیق به منظور تعیین سطوح ریسک و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری استفاده شد. بدین منظور یک شاخص یا حد اطمینان ریسک تعیین و سپس بر

اساس آن سطوح ریسک‌ها مشخص گردید. بنابراین میانگین RPNها و انحراف معیار به صورت ذیل محاسبه شد.

فرمول محاسبه میانگینRPN ها:

رابطه (۱):

$$\bar{X}=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Xi = \frac{X_1+X2+\cdots+Xn}{N}$$

X= میانگین حسابی، N= تعداد داده‌ها، X_i= داده-ها (RPN)

و سپس انحراف معیار داده‌ها محاسبه شد:

رابطه (۲):

$$\partial = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}$$

X= میانگین داده‌ها، N= تعداد داده‌ها، Xi= داده‌ها (RPN)

در نهایت با استفاده از انحراف معیار، پخش‌شدگی مقادیر RPN حول مقدار میانگین μ محاسبه شد و حد پایین و بالای ریسک ها به دست آمد. درنتیجه با مقایسه RPNهای به‌دست آمده و تعیین سطوح ریسک، ریسک‌های شناسایی شده اولویت‌بندی گردیدند [۲۵].

نتایج

پرسشنامه‌های طرح شده بین کارشناسان خبره توزیع و مهم‌ترین ریسک‌ها به صورت زیر شناسایی شد (جدول ۱). سپس با توجه به آنالیز انجام گرفته توسط نرم‌افزار Expert Choice وزن نسبی هر یک از ریسک‌ها بر حسب احتمال وقوع محاسبه گردید و همچنین شدت اثر، گستره‌آلودگی و احتمال کشف نیز بر اساس جداول روش FMEA به دست آمدکه نتایج حاصل از آن از نمودار ۱ تا ۵ نشان داده شده است.

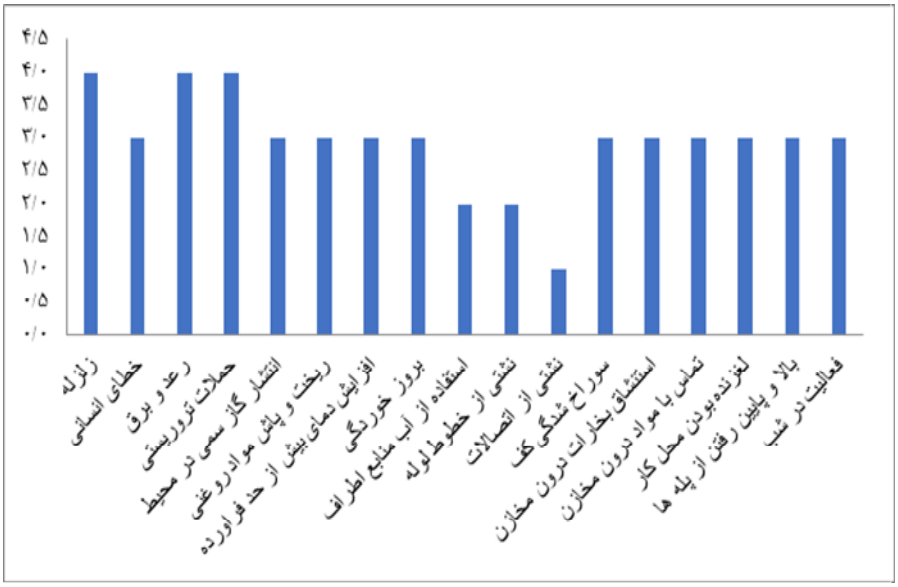
جدول ۱- ریسک‌های مهم واحد مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی

ریسک‌های موجود در مخازن ذخیره سازی میعانات گازی	
سرریز شدن مایعات بر اثر زلزله	تماس با مواد درون مخازن
نشتی از خطوط لوله	ریخت و پاش مایعات روغنی به محوطه اطراف
سرریز شدن مایعات بر اثر خطای انسانی	افزایش بیش از حد دمای فراورده
نشتی از اتصالات مخازن	سوراخ شدگی کف مخزن و نشت مواد
آتش‌سوزی بر اثر رعد و برق	استفاده از آب حاصل از منابع اطراف
انفجار و آتش سوزی بر اثر حملات تروریستی	تماس با مواد درون مخازن
بروز خوردگی در مخزن	بالا و پایین رفتن از پله‌های مخازن
استنشاق بخارات درون مخازن	لغزنده بودن محل کار
انتشار گاز سمی در محیط اطراف مخازن	

تنها با کاهش علل هر خطر است که می‌توان به کاهش عدد احتمال وقوع هر خطر امیدوار بود. احتمال وقوع ریسک‌های زیست‌محیطی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی وزن‌دهی گردیدند. در بین ریسک‌های مورد مطالعه ریسک ریخت و پاش مواد روغنی با وزن ۰/۰۲۱۹ بیشترین وزن و ریسک‌های نشتی از اتصالات، بروز خوردگی و انتشار گاز سمی در محیط هر سه کمترین وزن را با عدد ۰/۰۴۲ به خود اختصاص دادند.

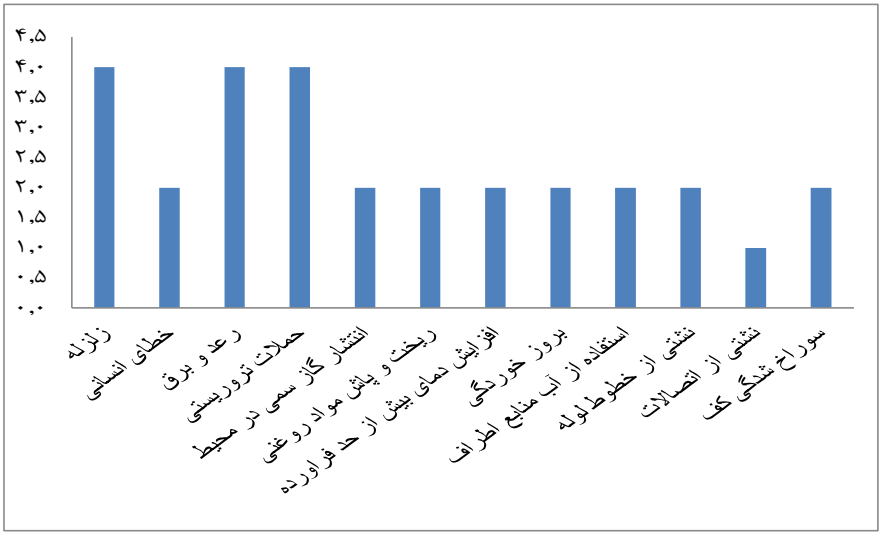
احتمال وقوع ریسک های ایمنی و بهداشتی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی بدست آمد در بین

ریسک‌های مورد مطالعه فعالیت در شب با وزن ۰/۵۷۶ و بالا و پایین رفتن از پله ها با وزن ۰/۵۵۸ بیشترین وزن و لغزنده بودن محل کار با وزن ۰/۱۱۶ کم‌ترین وزن را در بین ریسک‌ها به خود اختصاص دادند. نمودار ۱ شدت اثر ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره‌سازی را نشان می‌دهد.



نمودار ۱- شدت اثر ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی به روش FMEA

احتمال کشف ریسک‌های ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره‌سازی نشان داد که استنشاق بخارات درون مخازن بیشترین احتمال کشف و تماس با مواد درون مخزن کمترین احتمال کشف را در بین ریسک‌های مورد مطالعه داشته‌اند. نمودار ۲ گستره‌آلودگی ریسک‌های زیست‌محیطی مخازن ذخیره‌سازی را نشان می‌دهد.



نمودار ۲- گستره‌آلودگی ریسک‌های زیست‌محیطی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی به روش FMEA

به دنبال شناسایی ریسک‌ها با استفاده از پرسشنامه دلفی و تعیین احتمال وقوع هر ریسک با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و و نرم‌افزار Expert Choice همچنین شدت اثر، گستره‌آلودگی و احتمال کشف ریسک‌ها با استفاده از جداول روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست، مقدار عددی ریسک بر اساس فرمول داده شده در بخش روش تحقیق، محاسبه شد و نهایتاً ریسک‌های واحد مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی بر اساس عدد ریسک در جداول ۲ و ۳ اولویت‌بندی گردید. از بین ریسک‌های زیست‌محیطی و ایمنی- بهداشتی به ترتیب تعداد ۳ ریسک، ۹ ریسک و ۴ ریسک جزء ریسک‌های بالا (High)، متوسط (Medium)، قرار گرفتند و تنها یک ریسک از مخازن (نشتی از اتصالات) در رده پایین (Low) و قابل قبول ریسک قرار گرفت.

جدول ۲- کاربرگ ریسک‌های زیست‌محیطی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی به روش FME

عامل ریسک	ریسک	پیامد ریسک	احتمال وقوع	شدت اثر	گستره آلودگی	عدد ریسک	سطح
عملیات خرابکارانه و اقدامات عمدی	انفجار و آتش‌سوزی بر اثر حملات تروریستی	آلودگی هوا، اتلاف منابع، زیان اقتصادی	۰/۱۱۴	۴	۴	۰/ ۸۲۴	H
عامل طبیعی	آتش‌سوزی بر اثر رعد و برق	آلودگی هوا، اتلاف منابع، زیان اقتصادی	۰/۱۰۲	۴	۴	۱/۶۳۲	H
عامل طبیعی	سرریز شدن مایعات بر اثر زلزله	آلودگی هوا، اتلاف منابع، زیان اقتصادی	۰/۰۷۲	۴	۴	۱/۱۵۲	M
تعمیرات و شست وشوی مخازن	نشت و ریخت و پاش مایعات روغنی به محوطه اطراف	آلودگی خاک	۰/۲۱۹	۳	۲	۱/۳۱۴	M
عدم دقت و خطای دید در هنگام اندازه‌گیری	سرریز شدن مایعات بر اثر خطای انسانی	آلودگی خاک، اتلاف منابع، زیان اقتصادی	۰/۱۰۱	۳	۲	۰/۶۰۶	M
نشتی از از لوله‌های متصل به مخزن یا سقف متحرک	انتشار گاز سمی در محیط اطراف مخازن	آلودگی هوا	۰/۰۷۵	۳	۲	۰/۴۵	M
تشعشعات نور خورشید، شرایط جوی	افزایش دمای بیش از حد فراورده	آلودگی خاک، آلودگی هوا، زیان اقتصادی	۰/۰۵۸	۳	۲	۰/۳۴۸	M
ماهیت عمل در تعمیرات و شست و شوی مخازن	ماهیت عمل در تعمیرات و شست و شوی مخازن	کاهش منابع آب	۰/۰۸۶	۲	۲	۰/۳۴۴	M
لایه‌روبی به روش سنتی و فرسودگی	سوراخ شدگی کف مخزن و نشت مواد	ایجاد جریان الکترسیته و بروز آتش‌سوزی	۰/۰۴۶	۳	۲	۰/۲۷۶	M
آب همراه فراورده به علت نفوذ از سقف شناور	بروز خوردگی	تولید لجن درمخزن، آلودگی خاک، زیان اقتصادی	۰/۰۴۲	۳	۲	۰/۲۵۲	M
عدم دقت و عدم بازدیدهای روئین از تاسیسات	نشتی از خطوط لوله	آلودگی هوا، اتلاف منابع، زیان اقتصادی	۰/۰۴۴	۲	۲	۰/۱۷۶	M
آب‌بند نبودن اتصالات	نشتی از اتصالات مخازن	آلودگی هوا، اتلاف منابع، زیان اقتصادی	۰/۰۴۲	۱	۱	۰/۰۴۲	L

H: بالا M: متوسط L: پایین

جدول ۳- کاربرگ ریسک های ایمنی و بهداشتی مخازن ذخیره سازی میعانات گازی به روش FMEA

عامل ریسک	ریسک	پیامد ریسک	احتمال وقوع	شدت اثر	گستره آلودگی	عدد ریسک	سطح
عدم رعایت نکات ایمنی، عدم استفاده از ماسک مناسب	استنشاق بخارات درون مخازن	ایجاد بیماری‌های تنفسی	۰/۳۷۶	۳	۳	۳/۳۸۴	H
عدم رعایت نکات ایمنی، عدم استفاده از وسایل استحفاظی مناسب	تماس با مواد درون مخازن	ایجاد بیماری‌های پوستی	۰/۳۲۰	۳	۲	۱/۹۲	M
قرار گرفتن در محل غیر ایمن حین شست و شو	لغزنده بودن محل کار	آسیب‌دیدگی افراد و شکستن اعضای بدن	۰/۱۱۶	۳	۲	۰/۶۹۶	M
عدم وجود نور کافی و مناسب	فعالیت در شب	آسیب دیدگی اعضای بدن	۰/۰۹۶	۳	۲	۰/۵۷۶	M
نامتعارف بودن محل کار و عدم رعایت نکات ایمنی	بالا و پایین رفتن از پله‌های مخازن	سقوط افراد، آسیب‌دیدگی اعضای بدن	۰/۰۹۳	۲	۲	۰/۵۵۸	M

H بالا M: متوسط L: پایین

بحث

با توجه به نتایج ارزیابی، تعیین عدد ریسک و سطوح آن، در مخازن ذخیره‌سازی ۱۷ ریسک شناسایی شد که ۱۲ ریسک از آن را ریسک‌های زیست‌محیطی و ۵ ریسک جزء ریسک‌های ایمنی و بهداشتی قرار گرفتند. در واحد مخازن ذخیره‌سازی آتش‌سوزی در اثر حملات تروریستی و رعد و برق به عنوان مهم‌ترین ریسک زیست‌محیطی و استنشاق بخارات حین تعمیرات به عنوان مهم‌ترین ریسک ایمنی و بهداشتی شناسایی شدند و در سطح بالای ریسک (High)، قرار گرفتند. ریسک آتش‌سوزی عمدی و بر اثر حملات تروریستی بیشتر به دلیل موقعیت جغرافیایی و حساس کشور ما می‌باشد و همچنین در صورت وقوع آن از شدت اثر و گستردگی بالایی برخوردار است. ریسک آتش‌سوزی بر اثر رعد و برق به دلیل وجود بخارات قابل اشتعال در ناحیه نشت‌بند سقف و بدنه مخازن و جرقه ناشی از عدم هم‌بندی مناسب مسیر جریان رعد و برق از سقف به بدنه مخازن ایجاد می‌گردد.

بر اساس گزارش ناسا هر درجه سیلسیوس افزایش دمای کره‌زمین منجر به افزایش حداقل ۶ درصد احتمال وقوع رعد و برق خواهد شد و در بعضی منابع این رقم را تا ۲۰٪ نیز پیش‌بینی کرده‌اند. از میان انواع مخازن، مخازنی که به صورت سقف باز و شناور طراحی می‌شوند، احتمال بیشتری در آتش‌سوزی ناشی از رعد و برق دارند و با وجود نصب سیستم‌های اتصال زمین در این مخازن سالانه ۱۵ تا ۲۰ آتش‌سوزی در این نوع مخازن در دنیا گزارش می‌شود، بنابراین باید از تجهیزات و تکنولوژی جدیدی که در دسترس می‌باشد استفاده نمود [۲۶].

روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی وجود دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به FMEA، HAZAN، William fine و غیره اشاره کرد که هر یک در محیطی خاص ممکن است دارای مزایا و

معایبی باشند. پس نمی‌توان با اطمینان روشی را رد یا تایید کرد و اینکه روش مورد نظر تا چه حدی در صنعت کارآیی دارد، به شرایطی از جمله طراحی، ساختار، نوع فعالیت و شرایط زیست‌محیطی منطقه مورد مطالعه بستگی دارد [۲۷]. مطالعه‌ای که توسط یزدی و همکارش در مورد مدیریت ریسک‌های زیست‌محیطی در مخازن ذخیره‌سازی نفت در شرکت نفت یزد صورت گرفت، آتش‌سوزی بر اثر عوامل تروریستی با عدد RPN، ۷۲۰ به عنوان بالاترین ریسک در مخازن شناسایی شد [۱۵]، که این مطالعه با مطالعه حاضر همخوانی دارد. مطالعه‌ای که توسط Wang و همکاران در مخازن ذخیره‌سازی با استفاده از روش FTA به عمل آمد شایع‌ترین حوادث پالایشگاه‌ها را آتش‌سوزی و انفجار معرفی کردند [۱۴] که با نتیجه مطاله حاضر همخوانی دارد. در مطالعه‌ای که قاسمی و همکاران بر روی بیمه‌پذیری ریسک‌های پالایشگاه‌ها انجام شد، ریسک آتش‌سوزی با عدد RPN، ۱۱۵/۱۷ جزء ریسک‌های بالا و مهم شناسایی شد و در رده ریسک‌های بیمه‌پذیر (لزوم تمهیدات بیمه‌ای) طبقه‌بندی شد [۲۸]. مطالعه‌ای که توسط ouache و همکاران، در ارتباط با مخزن ذخیره‌سازی گاز LPG با استفاده از روش Bowitie انجام شد، سرریز شدن میعانات جزء ریسک‌های مهم مخزن شناسایی شد [۲۹]. مطالعه‌ای که توسط میرزایی و همکاران، تحت عنوان ارزیابی ریسک مخازن ذخیره‌سازی گاز در صنایع فرآیندی با استفاده از روش پاپیونی انجام شد، سرریز شدن مخازن را جزء ریسک‌های پر اهمیت به شمار آوردند [۳۰] که در این مطالعه جزء ریسک‌های متوسط واقع شد.

مطالعه‌ای که توسط Shaluf و همکارش، در مخازن ذخیره‌سازی با سقف شناور، انجام گرفت آتش‌سوزی را به عنوان مهم‌ترین ریسک مخازن ذخیره‌سازی فرآورده‌های نفتی معرفی کرده است [۶] که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین مطالعه‌ای که توسط Josi و همکارش تحت عنوان ارزیابی ریسک زیست‌محیطی انبار نفت ری با استفاده از روش AHP و EFMEA انجام گرفت، بالاترین ریسک شناسایی شده آتش‌سوزی با عدد ریسک ۸/۶۷۲ بود [۳۱] که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مطالعه صورت گرفته در شرکت پالایش گاز ایلام در بخش ایمنی و بهداشتی خطرات اصلی شامل استنشاق گاز سمی و سقوط از ارتفاع بود [۳۲] که با مطالعه حاضر در بخش مخاطرات ایمنی و بهداشتی مطابقت دارد.

طبق بازدید میدانی از منطقه، در صورت آتش‌سوزی در مخازن بر روی پوشش گیاهی و مناطق مسکونی (به دلیل قرار نگرفتن در حریم آن) بی‌تأثیر می‌باشد و پیامدهای زیان اقتصادی و آلودگی هوا را در پی دارد. بعد از شناسایی، کمی‌سازی و اولویت‌بندی ریسک‌ها نیاز به برنامه پاسخ به ریسک می‌باشد که راهکارهای مقابله با ریسک قبل از وقوع آن را بیان می‌کند. از جمله پیشنهادات اصلاحی برای کاهش وقوع و اثرات ریسک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تقویت کنترل‌های مهندسی و تجهیزات ایمن‌سازی، استفاده از علامت‌های ایمنی در مکان‌های با ریسک بالا، استفاده از دوربین‌های مدار بسته در فعالیت‌های با ریسک بالا، استفاده و تقویت سیستم‌های هشدار و اطفای حریق، استفاده از سنسورهای حرارتی، دودی و شعله‌ای در

قسمت مخازن تا در صورت افزایش دما یا بروز حادثه پرسنل را مطلع سازد، استفاده از معیارهای پدافند غیرعامل برای تهیه مقابله با اقدامات عمدی و تروریستی بر اساس اصول استتار، اختفاء، پوشش، فریب، مقاوم‌سازی و اعلام خبر [۳۳]، آب‌بندی ثانویه برای جلوگیری از تمرکز جرقه ناشی از رعد و برق، شارژ سقف شناور توسط گاز نیتروژن برای جلوگیری از آتش‌سوزی [۳۴]، استفاده از سیستم‌های خودکار حساس نسبت به ارتعاشات بالا در خطوط لوله تا در صورت زلزله جریان به صورت اتوماتیک قطع شود، استفاده از پوشش‌های بیمه‌ای نیز تا حد زیادی خسارت اقتصادی وارده را جبران می‌کند، طراحی دیواره-های بتنی با مقاومت بالای ۷ ریشتر برای باندوال‌های مخزن که می‌تواند از ورود فرآورده در محیط در صورت شکستن مخزن جلوگیری کند [۳۵]، برگزاری دوره‌های آموزشی زیست‌محیطی لازم قبل از انجام فعالیت نیز می-تواند تا حدی ریسک‌هایی مانند ریخت و پاش مواد روغنی را کاهش داد [۳۶]، سیستم صوتی و دیداری باید به گونه‌ای طراحی شود که توجه پرسنل تاسیسات و پرسنل بخش عملیات را به خود جلب کند [۳۷]، تعمیر و راه‌اندازی سیستم LSG (سطح سنج و دما سنج) و یا استفاده از سیستم‌های جایگزین بدین منظور بر روی مخزن نیز می‌تواند افزایش دما را اطلاع داده و از سرریز شدن مواد جلوگیری کند [۳۸]، نصب سیستمی در کف مخازن تا نشت احتمالی را به شبکه ایجاد شده در داخل سایت هدایت کند و از به هدر رفتن منابع و نفوذ فرآورده به زمین نیز جلوگیری شود، انجام تست‌های هیدروستاتیک جهت اطمینان از انجام صحیح جوشکاری و رفع عیب، نگهداری و بازرسی‌های دوره ای از تاسیسات و اتصالات، آب‌بند نمودن اتصالات و رفع نشتی‌ها، برنامه تعمیرات پیشگیری منظم و دقیق برای احتراز از هر نوع نشتی گاز (مانند کالیبراسیون و آزمایش سالیانه شیرهای اطمینان) [۳۹]، استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب و مطابق با استاندارد (دستکش و ماسک های مناسب) نیز می‌تواند خطر مواجهه افراد با مواد سمی را کاهش دهد. در این مطالعه به دلیل افزایش در تعداد پرسشنامه و سوالات مطرح شده و پایین آمدن دقت در تکمیل آن‌ها تنها از دو روش FMEA و AHP برای ارزیابی ریسک مخازن استفاده گردید که در پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود از روش-های دیگر مانند William fine، HAZOP و غیره نیز به منظور ارزیابی ریسک استفاده و با نتایج حاصل از این مطالعه مقایسه گردد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی شده با توجه به واحد مورد مطالعه از مزایای تکنیک‌های Delphi، AHP و FMEA برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی مخازن ذخیره‌سازی میعانات گازی استفاده شود. مخاطرات یا ریسک های شناسایی شده به روش AHP، وزن‌دهی و سپس با استفاده از روش FMEA مورد ارزیابی و اولویت‌بندی قرار گرفت. نتایج به دست آمده ازمخازن ذخیره‌سازی نشان داد که ریسک آتش‌سوزی بر اثر حملات تروریستی و رعد و برق و استنشاق بخارات حین تعمیرات در رده بالای ریسک قرار گرفتند. در نهایت نیز

به منظور کاهش وقوع و اثرات ریسک‌ها راهکارهای اصلاحی پیشنهاد گردید.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت‌های مالی و معنوی شرکت پالایش گاز پارسیان صورت گرفته‌است. بدین وسیله تیم راهنمایی پایان‌نامه نهایت سپاس و قدردانی خود را از مدیریت و عوامل محترم آن شرکت جهت همکاری در توزیع و پاسخ به پرسشنامه‌ها و انجام مصاحبه‌ها، اعلام می‌دارد.

References

[1] Nouri J, Omidvari M, Tehrani SM. Risk assessment and crisis management in gas stations, Int. *J Environ Res* 2010; 4: 143-52. [Farsi]

[2] Josie A, Ghasemi M R, Safari H. Comparative Comparison of Process and Environmental Risk Assessment of Unit for Collecting and Compressing Gas by HAZOP and EFMEA (Gas Refinery, Coal Offshore Company of Qeshm Operational Area), *Inter Con on Envi Plan and Uni of Tehran* 2013; 3: 1-13. [Farsi]

[3] Mirsenjeri MM, Monavvari M, Soleimani E. Importance of assessment in the environmental safety of the oil, gas and petrochemical industries, the second meeting of inspections and safety in the oil and gas industry, Tehran, and other experts in the chemistry industry; 2011; 2: 1-18. [Farsi]

[4] Pidgeon N, Leary MO. Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail, *Safety Science* 2000; 12(34): 15–30.

[5] Bashiri Nasab. Assessment and Management of HSE Risks in Oil, *Gas & Petrochemical Industries*, Proceedings of the First National Conference on Engineering and Infrastructure Management. Tehran. 2009; 1: 1-11. [Farsi]

[6] Shaluf I, Abdullah S. Floating roof storage tank boilover.*J of Preve in the Process Indus* 2010; 3: 1-7.

[7] Crowl DA. "UNDERSTANDING EXPLOSIONS", Depart ment of Chem i cal Engineering Michigan Technological University, 2003; 1: 1-9.

[8] Henselwood F, Phillips G. Amatrix-based risk assessment approach for addressing linear hazards such as pipelines, *J of Loss Preve in the Pros Indus* 2006; 19(1): 433-41.

[9] Sohrabi Y, Sharafi K, Avakh A, Poursadeghiyan M, nazari Z, Ebrahimi MH, yarmohammadi H, Raei M. Conducting Risk assessment by William-Fine

method in one of Kermanshah tile factory in 2014, *J Current Research in Nce* 2016; 8 (1): 8-13. [Farsi]

[10] Young-Do J, Daniel A. Individual risk analysis of high-pressure natural gas pipelines, *J Loss Preven in the Proc Indus* 2008; 21: 589-95.

[11] Moradi H, Pirsaheb M. HSE Risk Assessment and Management of onshore drilling machines by William Fine, *J of Oil, Gas and Energy* 2012; 11: 34-42. [Farsi]

[12] Allen HH, chia-wei H, Tsai-Chi K, Wei-Cheng W. Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP, *Ex Sys with Appli* 2009; 36: 7142-47.

[13] James I Ch, Cheng-Chung L. A study of storage tank accidents, *J Loss Prev in the Proc Indus* 2006; 19: 51–9.

[14]. Wang D, Zhang P, Chen L. Fuzzy Fault tree analysis for fire and explosion of crude oil tanks, *J of Loss Preven in the Proc Indus* 2013; 26(6): 1390- 98.

[15] Amanat Yazdi L, Moharamnejad N. Fire risk management in oil storage tanks (Case study: Central warehouse of Yazd National Broadcasting Company), *J of Environ Scie* 2013; 2: 61-72. [Farsi]

[16] http://www.nigc-parsian.ir

[17] Imani Jajarmi H. Introduction to the Delphi Method and its Application to Decision Making, Quarterly of Management and Urban Planning (Art and Architecture), 2000; 1: 35-9.

[18] Landeta J. Current validity of the Delphi method in social sciences. *Tech Forecasting and Social Change* 2006; 73(5): 467-82.

[19] Powell C. The Delphi technique: myths and realities, *J Adv Nurs* 2003; 41(4): 376-82.

[20] Saaty TL,Vargas LG. Prediction, projection and Forecasting, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1991; 251p.

[21] Ghodsi pour SH, Analysis Hierarchy Process (AHP), Edition 8, Amir Kabir University of Technology, 2010; 222p. [Farsi] [22] Josie A, Farrokhi P. Environmental risk management of Ahwaz Kavian Steel Co., Using the FMEA Method, *J En Manag and Plan* 2012; 2(1): 1-11. [Farsi]

[22] Josie A, Jafarzadeh Haghighifard N, Afzali Behbahani N. Identification and assessment of the risks of high voltage power transmission lines in residential areas using the method of analyzing the failure states and its effects (FMEA), *J the En Health* 2014; 7(1): 55-64. [Farsi]

[23] Josie A, Salati P. Environmental risk assessment of low density polyethylene unit using the method of failure mode and effect analysis. Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 2012; 18(1): 103-13. [Farsi]

[24] Liu H, Liu L, Liu N. Risk evaluation approaches in failure and effects analysis: A literature review. *Expert systems with Application* 2013; (40): 828-38.

[25] Josie A, Jafarzadeh Haghighifard N, Afzali Behbahani N. Identification and assessment of the risks of high voltage power transmission lines in residential areas using the method of analyzing the failure states and its effects (FMEA), *J the En Health* 2014; 7(1): 55-64. [Farsi] [26] Sadeghpour M, Shayegan G. Lightning and firefighting crude oil

storage tanks, HSE management, National Iranian Oil Company, *National Iranian Oil Company* 2016; 6: 1-8. [Farsi]

[27] Josie A, Saffarian Sh. Environmental hazards analysis of Abadan gas power plant using Topsis method, *J En Studies* 2011; 58: 53-66. [Farsi]

[28] Ghasemi Sh, Yavari K, Mahmoud Wand R. A New Method for Inspection of Gas Refineries Risks by Using the Error Correction Method and Analysis of Its Effects, *J Economic Research* Seventh 2015; 7(13): 1-26. [Farsi]

[29] Ouach R, Adham AA. Reliabity Quantitative Risk Assessment in Engineering system using Fuzzy Bow-Tie, *Int J Curr Eng Technol* 2014; 4(2): 117-23.

[30] Mirzaei Ali Abadi M, Kalatpour A, Muhammad Fam A, Babaei Masdarghi E. Risk Assessment of Liquefied Petroleum Gas Storage Tanks in Process Industries Using Papillon Method, *J of Occu Health Engineering* 2016; 3(2): 1-11. [Farsi]

[31] Josie A, Karim Jozani M. Environmental Risk Assessment of Oil Depot Rial using the AHP and EFMEA Integrated Approach, First National Conference on Environment, *Energy and Biolo Defense* 2013; 1: 1-10. [Farsi]

[32] Rezaian S, Jozi A. Health- Safety and Environmental Risk Assessment of Refineries Using of Multi Criteria Decision Making Method, APCBEE Procedia, 2012; 3: 235-38. [Farsi]

[33] Ministry of Oil of the Islamic Republic of Iran. Inaccessible Defense Regulations and Regulations 2006; 18 p.

[34] Zhang R, Weng D. Assessment of the seismic effect of insulation on extra-large cryogenic liquid natural gas storage tanks, *J Loss Prev in the Process Indus*, 2014; 5: 9-16.

[35] Muharram Nezhad N, Josie A, Amanat Yazdi L, Soltani Zadeh MK. Environmental risk management of oil product leaks in the central warehouse of the Yazd Oil Products Distribution Company. *J Manag and Environ Planning* 2011; 39(2): 61-72. [Farsi]

[36] Hosseini H, Dana T, Argmandi R, Shiryan Pour I. Environmental Risk Management Phase Activities in Oilfield Rig Formation (Case Study: Phase of Construction of Oilfield Rashadat Square Design). *Hum and Environ Qua*, 2012; 10(2): 33-53. [Farsi]

[37] API publ 2350, Overfill Protection for Petroleum Storage Tank, 2005.

[38] Mohammad Fam I, Kianfar A. Application of Operational and Risk Study Technique (HAZOP) in Assessing Safety, Hygiene and Environmental Risks (Case Study: Oil Warehouse of National Petroleum Exporting Company*). J of Environ Scien and Techno* 1999; 12(1): 39-49. [Farsi]

[39] Alizadeh A, Mehdi Gholami MH, Derfishi S. Risk assessment of chemical storage and storage tanks of a petrochemical company and its effects on adjacent residential and industrial areas, affairs of HSE, *Tabriz Petro Company,* National Petrochemical Company, Eighth Year, 2011; 8(29): 6-15. [Farsi]

Application of FMEA Model for Environmental, Safety and Health Risks Assessment of Gas Condensates Storage Tanks of Parsian Gas Refining Company in 2016

S. Vazdani[1], Gh.R. Sabzghabaei[2], S. Dashti[3], M. Cheraghi[4], R. Alizadeh[5], A. Hemmati[6]

Received: 17/09/2017 Sent for Revision: 04/02/2018 Received Revised Manuscript: 14/05/2018 Accepted: 23/05/2018

Background and Objectives: The precise identification of the hazards of the oil and gas industry as a part of a safety analysis is emphasized by formal oversight organizations. In industrial activities, risk assessment and risk management techniques are implemented through the use of a preventive approach aimed at improving safety to reduce the incidents. The purpose of this study was to assess the environmental, health and safety risks in the gas condensate storage tanks of Parsian Gas Refinery.

Materials and Methods: This descriptive study was carried out in 2016. The identification of environmental and health hazards from the facilities and human activities in the gas condensate storage tanks was done using Delphi technique and then, the declared risks were studied using the AHP (Analytical Hierarchy Process) and FMEA (Failur Mode and Effects Analysis) methods and its effects were evaluated and prioritized.

Results: In this study, 17 risks were identified, 12 of which were related to the environmental risks and 5 risks related to health and safty. According to the results, the highest number of environmental and health-safety risks in the reservoirs were respectively fire from intentional and terrorist factors with RPN (Risk Priority Number) of 1.824 and inhalation of vapors during repairs with RPN of 3.384.

Conclusion: The highest environmental risk was related to fire from terrorists due to the sensitive position of our country in the region. In the safety-health risks section, the highest risk was related to inhalation of vapors during repairs due to non-compliance with safety precautions and the inability to use personal protective equipments such as mask.

Key words: Risk assessment, Storage tanks, Gas Condensates, FMEA, AHP

Funding: This study was funded by Parsian Gas Refining Company.

Conflict of interest: None declared.

Ethical approval: The Ethics Committee of Behbahan Khatam Al-Anbia University of Technology approved this study.

How to cite this article: Vazdani S, Sabzghabaei Gh.R, Dashti S, Cheraghi M, Alizadeh R, Hemmati A. Application of FMEA Model for Environmental, Safety and Health Risks Assessment of Gas Condensates Storage Tanks of Parsian Gas Refining Company in 2016. *Univ Med Sci* 2018; 17 (4): 345-58. [Farsi]

1- MSc Student, Dept. of Environment, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan, Iran
2- Assistant Prof., Dept. of Environment, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran, ORCID: 0000-0001-5834-1324
(Corresponding Author) Tel: (061) 33201478, Fax: (061) 33201478, E- mail: Sabzghabaei@bkatu.ac.ir
3- Assistant Prof., Dept. of Environment, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran, ORCID: 0000-0001-6002-7174
4- PhD Student of Environment, Dept. of Environment, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran
5- Assistant Prof., Dept. of Environment, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran
6- Environmental Expert, Parsian Gas Refinery, Iran