Journal of Health

Vol. 9, No. 4, Autumn 2018, Pages 389-402

Risk Assessment of Oil Reservoirs of Amout-E-Arvand Free Zone Area at the Explotiation Phase Using FMEA Method

Hamidan N[1], Dashti S*[2]

1. Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
**** Corresponding author.*** Tel: +989163162176, Fax: +986133201478, E-mail: soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

Received: Aug 29, 2017 Accepted: Mar 8, 2018

ABSTRACT

Background & objectives: With increasing development of knowledge and the emergence of new technologies in industry especially in the oil industry and the creation of highly complex systems, the implementation of the principles of safety, health and environmental management has been of particular importance in preventing accidents. This study was conducted to assess risk of oil resevoirs in Amout-E-Arvand Free Zone.
Methods: In this study, FMEA method was used to identify and determine the significance of health, safety and environmental risks.
Results: Based on the results obtained in the process of exploitation of Amout- E-Arvand oil reservoirs, of 14 identified risks, four of them are at critical level, of which 3 risks have been occurred due to human error. These three risks are leakage from LPG reservoirs, explosion and fires (caused by LPG tanks), vehicles and vehicle accident. The occurrence of natural disasters, with the value of RPN (240), has the highest risk.
Conclusion: The use of the FMEA method can also identify and prioritize activities and risk indicators, plan to prevent and eliminate significant risks.
Keywords: Risk Assessment; FMEA; Oil Tanks Amout

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی ریسک مخازن نفتی آموت منطقه آزاد اروند در مرحله بهره‌برداری با استفاده از روش FMEA

نگین حمیدان[1]، سولماز دشتی[2]*

۱. گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. استادیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۶۳۱۶۲۱۷۶ فکس: ۰۶۱۳۳۲۰۱۴۷۸ ایمیل: Soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: با توسعه روز افزون دانش و ظهور فن‌آوری‌های جدید در عرصه صنعت و تولید بالاخص صنایع نفت و ایجاد سیستم‌های بسیار پیچیده لزوم اجرای اصول مدیریت ایمنی، بهداشتی و محیط‌زیست جهت جلوگیری از وقوع حوادث اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. به همین دلیل ارزیابی ریسک صنعت نفت و مخازن ذخیره‌ای آن برای دستیابی به مدیریت ایمنی، بهداشتی و محیط‌زیست امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود.

روش کار: در این پژوهش از روش FMEA برای شناسایی و تعیین اهمیت ریسک‌های بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی استفاده گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج به‌دست آمده در مرحله بهره‌برداری از مخازن نفتی آموت اروند، از مجموع ١٤ ریسک شناسایی‌شده، ٤ ریسک در سطح بحرانی قرار دارند که ۳ ریسک شامل نشت از مخازن LPG، انفجار و آتش‌سوزی (ناشی از مخازن LPG)، تصادف وسایل نقلیه و ماشین‌آلات بیشتر به علت خطای انسانی بوده اند. وقوع حوادث طبیعی با میزان عددی RPN (٢٤٠)، بالاترین مقدار ریسک را به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری: بعد از انجام اقدامات اصلاحی لازم بر روی ریسک‌های بحرانی ١٤ درصد این ریسک‌ها به سطح متوسط کاهش یافتند و ۷ درصد که مربوط به ریسک نشت از مخازن LPG است در سطح بالا قرار گرفت که باید در اولویت اول اقدامات اصلاحی گنجانده شود. در مجموع می‌توان بیان داشت که انجام اقدامات اصلاحی در کاهش ریسک مرحله بهره‌برداری مؤثر بوده است. پس می‌توان با مدیریت درست و اجرای اصول HSE خطرات صنایع نفت را به حداقل رساند.

واژه های کلیدی: ارزیابی ریسک، FMEA، مخازن نفتی آموت

دریافت: ۹۶/۶/۷ **پذیرش:** ۹۶/۱۲/۱۷

مقدمه

صنعت نفت و گاز در سال‌های اخیر با رشد فن‌آوری، استفاده از تجهیزات جدید، به کارگیری فرآیندهای پیچیده و فرسودگی بسیار از تاسیسات قدیمی روبرو است، این عوامل در محیط‌زیست یک عامل تهاجمی خوانده می‌شوند (۱). این چنین عواملی باعث افزایش پتانسیل خطر در این صنایع و افزایش پیامدهای ناشی از حوادث می‌شود (۲). کنترل این خطرات نیازمند نوعی سیستم مدیریتی است که منجر به کاهش این خطرات و حصول اطمینان از افزایش ایمنی، رفاه کارکنان و همچنین حفاظت از محیط‌زیست می‌گردد (۳). همه این موارد سبب می‌شود که مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در صنایع نفت و گاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. مدیریت ایمنی نگرش سازمان یافته برای مدیریت ریسک در سازمان می‌باشد و شامل فرآیندی است که اقدامات تعیین

www.SID.ir

خط‌مشی‌ها و استراتژی‌ها، سازماندهی، برنامه‌ریزی و اجـرا، ارزیـابی کـارایی و اقـدامات اصـلاحی را در برمـی‌گیـرد (٤). ایـن سیسـتم بـا بررسـی همزمـان فاکتورهای بهداشـت، ایمنـی و محـیط‌زیسـت، زمینـه مناسبی برای استقرار و اجرای استانداردهای مدیریت محیط‌زیست و معیارهای ایمنـی و بهداشـت حرفـه‌ای ایجاد می‌کند (۵). با عنایت به این که اسـتقرار سیسـتم مـدیریتی HSE[1] نیازمنـد ارزیـابی ریسـک ایمنـی، بهداشت و محیط‌زیست می‌باشد، بنـابراین بررسـی و تحلیـل جنبـه‌هـای مختلـف ریسـک، ماهیـت و انـواع ریسک‌های ناشی از فعالیت‌هـا در زمینـه‌هـای ایمنـی، بهداشـت حرفـه‌ای و نیـز محـیط‌زیسـت در قالـب مدیریت ریسک ضروری می‌باشد (۶).

ارزیـابی ریسـک، فرآینـد تحلیـل کیفـی و کمـی پتانسیل‌های خطر و ضریب بالفعل شدن ریسـک‌هـای بالقوه ناشی از اجرای پروژه و همچنـین حساسـیت یـا آسیب‌پذیری محیط پیرامونی مـی‌باشـد. بـه عبـارت دیگر می‌توان چنین بیان نمود که در ارزیـابی ریسـک، حساسیت‌های جوامع انسانی به عنوان پذیرنده اثـرات در تحلیل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد (۷). بنابراین، قبل از آغاز پروژه بایستی ریسک‌های پروژه شناسایی، کمی‌سازی و در نهایت برای جلوگیری از وقوع آن‌ها، استراتژی مناسب اتخاذ شود (۸،۹). برای دسـتیابی بـه این امر روش‌های جدیـد بـا هـدف کـاهش خطـرات بالقوه و پیامدهای منفی شکست به‌وجود آمده است.

یکی از این روش‌ها، حالت شکسـت و تجزیـه و تحلیـل اثرات (FMEA)[2] می‌باشد (۱۰) که از جمله روش‌های مترقی ارزیابی و مدیریت ریسـک در صـنعت نفـت و گاز است (۱۱).

FMEA یک تکنیک سیستماتیک مـی‌باشـد کـه قبـل از اجـرای نهـایی هـر پـروژه‌ای بـه تعریـف، شناسـایی ریسک‌های بالقوه، علل و عواقب، ارزیابی خطـر وقـوع آن‌ها با در نظر گرفتن اقدامات لازم بـرای حـذف یـا کاهش احتمـال وقـوع ریسـک‌هـای بـالقوه آن پـروژه می‌پردازد (۱۲). در نتیجـه، مـی‌توانـد بـه بـالا بـردن کیفیت یک سیستم با به حداقل رسـاندن ریسـک‌هـای پروژه؛ موثر باشد و موجب بالا بردن ایمنی محـیط و افزایش صرفه اقتصادی شود (۱۳). هـدف اصـلی ایـن روش پیش‌بینی شکست، تجزیه و تحلیل نتایج، کـاهش ریسک و پیش‌گیـری از وقـوع ریسـک‌هـا اسـت (۱۲). اسـتفاده از روش FMEA داری مزایـای فراوانـی از جمله: تشخیص خطرهـا، کـاهش هزینـه بـرای از بـین بردن خطرها، جلوگیری از خطرهای بالقوه، جلوگیری از موقعیـت‌هـای تهدیـد و یـا بـه حـداقل رسـاندن پیامدهای آنها، دستیابی به امنیت عملکرد مورد نیاز، و کاهش اثرات زیست‌محیطی است (١٤).

در زمینه ارزیابی ریسک بررسی‌های مختلفی، در دنیـا انجام شده است. برای دستیابی بـه توسـعه پایـدار در صنعت پارچه از روش FMEA در پـژوهش نگـوین و همکـاران اسـتفاده گردیـده اسـت (۱۳). پتروسـکی و همکاران ارزیابی ریسک تجهیزات نفتی را با اسـتفاده از روش فازی و FMEA مورد بررسی قرار دادند (١٤). در مجتمع پارس جنوب رهبری و همکـاران مـدیریت HSE را بـا روش FMEA بـه انجـام رسـاندند (۱۵). یین[3] ارزیابی ریسک مخازن نفتی چین را مورد بررسی قـرار داد (۱۶). همچنـین یاراحمـدی و همکـاران، عبداللهی‌اصل و همکاران، امیدوار و همکاران و امانت-یـزدی و همکـاران (۲۰-۱۷) از روش FMEA بـرای بررسـی ریسـک‌هـا در پـژوهش‌هـای خـود اسـتفاده نمودند. بررسی و ارزیابی ریسک‌های احداث مخـازن نفتی اروند با توجه به اهمیـت ایـن منطقـه بـه لحـاظ افزایش حمل و نقل دریـائی فـرآورده‌هـای نفتـی در نتیجه احداث مخازن نفتی در مجاورت بندر خرمشهر، کاهش ترافیک جاده‌ای ناشـی از حمـل و نقـل زمینـی محصـولات و نیـز توسـعه بازارهـای صـادرات فرآورده‌های نفتی و تشویق توسعه فعالیت‌های صنایع شیمیایی و نفتی در منطقه اروند، از عواملی اسـت کـه

[1] Health, Safety and Environment
[2] Failure Modes & Effects Analysis
[3] Yin

Archive of SID

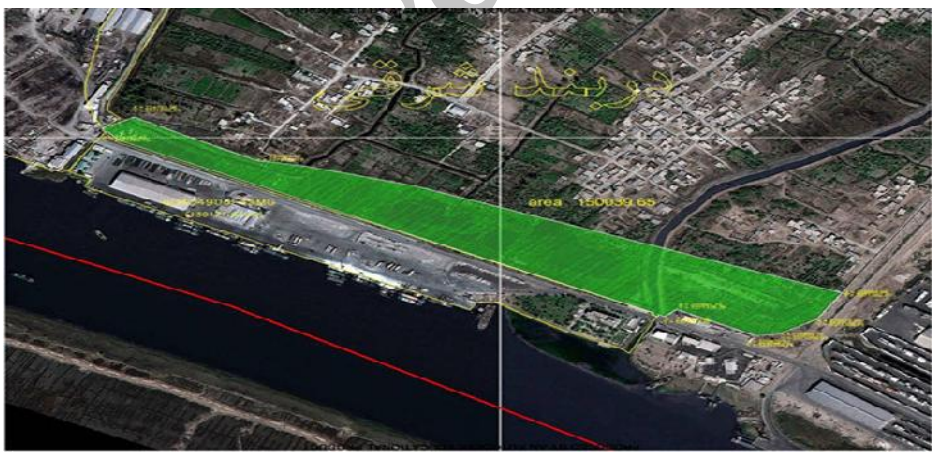
www.SID.ir

ضرورت اجرای این پژوهش را مشخص می‌نماید. در نتیجه راه‌اندازی یک واحد صنعتی جهت ذخیره‌سازی فرآورده‌ها و مشتقات نفتی به منظور صادرات محصولات تولید شده در پالایشگاه‌ها و واحدهای فرآورش مشتقات نفتی داخل کشور، بویژه واحدهای مستقر در منطقه یا استان‌های همجوار با در نظرگرفتن اصول ایمنی و استانداردهای مهندسی، از اهداف احداث مخازن فرآورده‌های نفتی آموت اروند می‌باشد (۲۱). با احداث این واحد صنعتی خطرهای بالقوه بسیاری ایجاد می‌شود، که باید با استفاده از اصول مدیریت HSE در قالب ارزیابی ریسک سعی در کاهش این ریسک‌ها داشته باشیم. بدین منظور در این پژوهش ارزیابی ریسک احداث مخازن نفتی در منطقه آزاد اروند برای دستیابی به مدیریت HSE و کاهش ریسک‌ها؛ انجام گرفت، که با شناسایی ریسک‌های بحرانی و انجام اقدامات اصلاحی می‌توان کاهش هزینه‌ها و افزایش سطح مدیریت HSE این پروژه را پیش‌بینی کرد.

روش کار

معرفی منطقه مورد مطالعه

مکان احداث مخازن نفتی آموت اروند در محدوده ۱۵ هکتاری نزدیک بندر خرمشهر در منطقه آزاد اروند با ظرفیت اسمی ذخیره‌سازی ۴۲۰۰۰ تن اتمسفریک و ۳۰۰۰ تن LPG در شهرستان خرمشهر واقع شده است. مهمترین عامل در انتخاب محل احداث این مخازن، موقعیت مکانی آن در جهت تامین فرآورده نفتی برای ذخیره‌سازی و انتقال آن به مصرف‌کننده می‌باشد که دارای توجیه اقتصادی مناسبی است. علاوه بر آن، تعیین محل احداث پروژه علاوه بر عوامل فنی و اقتصادی، به سیاست کلان مدیریت کشور برای توسعه مناطق خاص نیز مربوط می‌شود که گاهی عوامل اقتصادی را نیز تحت الشعاع قرار می‌دهد.



شکل ۱. محدوده منطقه مورد مطالعه

دسترسی به اسکله خرمشهر از مهمترین مزایای زمین پیشنهادی است. موقعیت مکان مخازن در محدوده ۱۵ هکتاری پس از بررسی قوانین شرکت نفت در ارتباط با فواصل مخازن نفتی از مراکز مسکونی و راه‌های ارتباطی به مساحت ۲/۶ هکتار می‌باشد. زمین پیشنهادی، به فاصله ۵۰۰ متری از اروندرود، ۶۰ متری از نزدیکترین روستا (دربند غربی) و ۲/۳ کیلومتر از رودخانه کارون (انشعاب حفار) فاصله دارد (۲۱).

FMEA به‌عنوان یک ابزار مفید و برجسته در ارزیابی ریسک‌های بالقوه (۲۲) و برآورد سطح ریسک در راستای مدیریت ریسک و کاهش آن به سطحی قابل

www.SID.ir

قبول در نظر گرفته می‌شود (۲۳،۲٤) و با اولویت‌بندی اقدامات کمی و کیفی سعی در کاهش ریسک و اثرات آن دارد (۲۶). در نتیجه اجرای روش FMEA به علت مزایای فراوانی که برای صنایع دارد، بسیار مورد استفاده قرار گرفته است (۲۷). هدف این پژوهش ارزیابی ریسک احداث مخازن نفتی در منطقه آزاد اروند برای دستیابی به مدیریت HSE است. برای دستیابی به این هدف روش FMEA بعد از مطالعات و بررسی‌های فراوان انتخاب گردید. در ابتدای امر منطقه پیشنهادی مورد نظر از لحاظ شرایط محیطی، فاصله‌های استاندارد قرارگیری این مکان نسبت به کاربری‌های اطراف و غیره به طور کامل شناسایی شد. سپس تمام خطرات محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و... که ایمنی را در مرحله بهره‌برداری تهدید می‌کردند، با استفاده از روش طوفان ذهنی (۷) و بر اساس بازدید میدانی، نظرسنجی و کاربرگ FMEA شناسایی شدند. پس از تعیین‌شدن ریسک‌ها به بررسی اثرات هر خطر پرداخته شد. شناخت کافی از محدوده مورد ارزیابی می‌تواند کمک فراوانی برای شناسایی علل بوجودآمدن خطر باشد. که در این پژوهش با مطالعات داخلی و خارجی و مصاحبه با کارشناسان امر سعی در جمع‌آوری اطلاعات فنی، زیست‌محیطی و ارگونومیک و غیره برای شناسایی بهتر علل موثر گشت. سپس ارزیابی کمی بر اساس میزان احتمال وقوع، میزان احتمال کشف/ گستره آلودگی و شدت اثر (جدول ۱، ۲ و ۳) عدد اولویت ریسک مشخص گردید (رابطه ۱) (۲۳).

جدول ۱. رتبه‌بندی میزان احتمال وقوع (۲۰)

رتبه	احتمال وقوع
۱۰	دائمی- پیوسته
۹	تکرار وقوع در یک روز
۸	تکرار وقوع در یک هفته
۷	تکرار وقوع در یک ماه
۶	تکرار وقوع چند مورد در یک سال
۵	وقوع حداقل یک مورد در سال
٤	وقوع موردی در سال
۳	وقوع چند مورد در طول زمان کاری
۲	وقوع موردی در طول زمان کاری
۱	بدون احتمال وقوع

جدول ۲. رتبه بندی میزان احتمال کشف/ گستره آلودگی (۲۷، ۲۸)

رتبه	شرح احتمال کشف	شرح گستره آلودگی
۱۰	دستگاه فاقد وسیله کنترلی است و یا کنترل‌ها بی شک وجود خرابی را تشخیص نخواهد داد	آلودگی در سطح استان (خوزستان)
۹	تشخیص خرابی موجود توسط کنترل ها بعید است	آلودگی خارج از شهرستان (در سطح شهرستان‌های همجوار)
۸	احتمال تشخیص خرابی خیلی کم است	آلودگی خارج از شهر (در سطح شهرستان)
۷	احتمال تشخیص خرابی کم است	آلودگی خارج از سایت (در سطح شهر)
۶	احتمال تشخیص خرابی به نسبت کم است	آلودگی کل سایت را در بر می‌گیرد.
۵	احتمال تشخیص خرابی متوسط است	آلودگی بخش اعظمی از سایت را در بر می‌گیرد.
٤	احتمال تشخیص خرابی بیش از متوسط است	آلودگی تاحدودی سایت را در بر می‌گیرد.
۳	احتمال تشخیص خرابی زیاد است	آلودگی بخش کوچکی از سایت را در بر می‌گیرد.
۲	احتمال تشخیص خرابی بسیار حتمی است	تنها در سطح همان ایستگاه کاری یا همان نقطه ایجاد آلودگی می‌نماید.
۱	احتمال تشخیص خرابی حتمی است	آلودگی غیرقابل توجه

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. مقیاس درجه‌بندی شدت اثر (۲۹)

رتبه	شرح (ریسک محیط زیستی)	شرح (ریسک ایمنی و بهداشت)
۱۰	مرگ انسان/ نقص عضو (نتایج بصورت زیان شدید است. تهدیدکننده زندگی موجودات زنده / صدمه اساسی به اکولوژی)	وخامت تاسف بار است مثل خطر مرگ، تخریب کامل
۹	مسمومیت (موجودات زنده)	وخامت تاسف بار است اما همراه با هشدار است
۸	نقض قانون و مقررات ملی (مرتبط با محیط زیست)	وخامت جبران ناپذیر است عدم توانایی انجام وظیفه اصلی از دست دادن یک عضو بدن
۷	آثار قابل برگشت بر منابع چهارگانه محیط زیست	وخامت زیاد است همانند آتش گرفتن تجهیزات، سوختگی بدن
۶	آثار قابل برگشت بر منابع چهارگانه محیط زیست با هزینه زیاد	وخامت کم است مانند ضرب دیدگی مسمومیت خفیف غذایی
۵	آثار قابل برگشت بر منابع چهارگانه محیط زیست با هزینه متوسط	وخامت خیلی کم است مانند ضرب دیدگی مسمومیت خفیف غذایی
٤	آثار قابل برگشت بر منابع چهارگانه محیط زیست با هزینه کم	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند مانند نشت جزئی گاز
۳	آثار جزئی و موقت بر روی منابع چهارگانه محیط‌زیست	اثر جزئی بر جا می‌گذارد مثل خراش دست به هنگام تراشکاری
۲	آثار غیر مستقیم بر روی منابع چهارگانه محیط زیست	اثر خیلی جزئی دارد
۱	بدون هرگونه اثر چشمگیر	بدون اثر

رابطه ۱ (۳۰): احتمال کشف یا گستره آلودگی × احتمال وقوع × شدت اثر = (RPN) نمره اولویت ریسک

در مرحله بعدی خطرات بر اساس عدد اولویت ریسک رتبه‌بندی شدند و بر اساس نظر سیستم FMEA یک حد RPN در نظر گرفته شد. سپس خطراتی که RPN بالای ۱۰۰ دارند و نیاز به اصلاح دارند مشخص گردید. سپس اقدامات اصلاحی بر روی ریسک‌هایی که در وضعیت بحرانی بودند انجام گردد. این اقدامات اصلاحی باید در جهت اهداف زیر وضع و انجام گردند: الف- حذف علل ریشه‌ای خطر، ب- کاهش و خامت اثر خطا، ج- افزایش احتمال کشف خطر در فرایند، د- افزایش رضایت کاری کارکنان از وضعیت ایمنی (۳۱). در نهایت نیز تصحیح فرآیند طبق اقدامات اصلاحی صورت پذیرفت.

جدول ٤. طبقه بندی ٤ گانه اولویت اقدامات اصلاحی در ارزیابی ریسک زیست محیطی به روش FMEA (۳۲)

ردیف	RPN	درجه ریسک	اولویت اقدامات اصلاحی
۱	۹۰-۰	کم	٤
۲	۱۲۰-۹۰	متوسط	۳
۳	۱۵۰-۱۲۰	بالا	۲
٤	۱۵۰<	بحرانی	۱

یافته‌ها

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش چهار ریسک نشت از مخازن LPG، تصادف وسایط نقلیه و ماشین‌آلات، انفجار و آتش سوزی (ناشی از مخازن LPG) و وقوع حوادث طبیعی در مرحله قبل از اصلاح درجه ریسک‌پذیری بحرانی دارند (جدول ۵) که دو ریسک تصادف وسایط نقلیه و ماشین‌آلات و وقوع حوادث طبیعی با درجه ریسک‌پذیری ۲٤۰ بیشترین سطح ریسک را دارا می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. ارزیابی ریسک زیست‌محیطی پروژه در مرحله بهره‌برداری قبل از انجام اقدامات اصلاحی

ریسک بالقوه	علت ریسک	پی‌آمد ریسک	ارزیابی اولیه				
			O	D	S	RPN	D-R
نشست زمین	عدم پایداری زمین، عدم زیرسازی مناسب	آسیب‌دیدگی تاسیسات و ساختمان‌ها- آسیب انسانی	۲	۱	۷	۱٤	کم
نشت از مخازن سقف ثابت و شناور و لوله‌ها	آلودگی هوا، آلودگی خاک، آلودگی آب، آتش‌سوزی و انفجار	عدم رعایت استانداردهای مربوط به احداث مخازن، خوردگی مخازن و لوله‌ها، حوادث طبیعی (سیل، زلزله، طوفان و رعد و برق)	۳	۳	۸	۵۶	کم
نشت از مخازن LPG	خطای انسانی، حوادث طبیعی (سیل، زلزله، طوفان و غیره)	آلودگی هوا، آلودگی خاک، آتش‌سوزی و انفجار	۶	۳	۱۰	۱۸۰	بحرانی
نشت از تجهیزات تخلیه و بارگیری در اسکله	خطای انسانی، خطای ابزاری	آلودگی آب حیات جانداران آبزی	۶	۳	٤	۷۲	کم
تصادف وسائط نقلیه و ماشین‌آلات	خطای انسانی، عدم ایمنی جاده دسترسی، افزایش ترافیک ناشی از تردد تانکرهای نفتی	آسیب انسانی انفجار و آتش‌سوزی	۶	٤	۱۰	۲٤۰	بحرانی
افزایش تراکم فلزات سنگین در خاک	نشت از مخازن فرآورده-های نفتی، عدم عملکرد صحیح سیستم API Seperator	آلودگی خاک	۳	۲	۸	٤۸	کم
نشت روغن و مواد نفتی و روغنی از تجهیزات و ماشین‌آلات	استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات غیراستاندارد، خطای انسانی	آلودگی خاک	۶	۳	۳	۵٤	کم
نشت از حوضچه تصفیه فاضلاب بهداشتی	عدم طراحی مناسب سیستم تصفیه، عدم عایق‌بندی مناسب حوضچه	آلودگی خاک، افت شاخص بهداشتی	۳	۳	۸	٤۸	کم
ارتعاش و تراز صوتی بالا	عدم استفاده از تجهیزات استاندارد، افزایش ترافیک ناشی از تردد تانکرهای نفتی	آسیب انسانی، نارضایتی ساکنین منطقه	۷	۳	٤	۸٤	کم
سقوط از ارتفاع	عدم رعایت دستورالعمل-های ایمنی در کار	آسیب انسانی	۳	٤	۱۰	۱۲۰	بالا
انفجار و آتش سوزی (ناشی از مخازن LPG)	نشت از مخازن LPG، حوادث طبیعی (سیل، زلزله، طوفان و ...	آلودگی هوا، آلودگی خاک آسیب انسانی	۳	۵	۱۰	۱۵۰	بحرانی
انفجار و آتش‌سوزی (ناشی از از مخازن سقف ثابت و شناور)	نشت از مخازن سقف ثابت و شناور، حوادث طبیعی(سیل، زلزله، طوفان و رعد و برق)	آلودگی هوا، آلودگی خاک، آلودگی آب آسیب انسانی	٤	۳	۱۰	۱۲۰	بالا
گسترش نشت و آتش به خارج از محوطه مخازن	عدم وجود و یا نقص تجهیزات آتش‌نشانی، عدم وجود برنامه واکنش سریع در شرایط اضطراری	آلودگی هوا، آلودگی خاک، آلودگی آب آسیب انسانی	۳	۳	۱۰	۹۰	متوسط
وقوع حوادث طبیعی (سیل، زلزله، طوفان و رعد و برق)	------	شکستگی مخازن، لوله‌ها و تجهیزات، آتش‌سوزی و انفجار، آسیب انسانی	۳	۸	۱۰	۲٤۰	بحرانی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. ارزیابی ریسک زیست‌محیطی پروژه در مرحله بهره‌برداری پس از انجام اقدامات اصلاحی

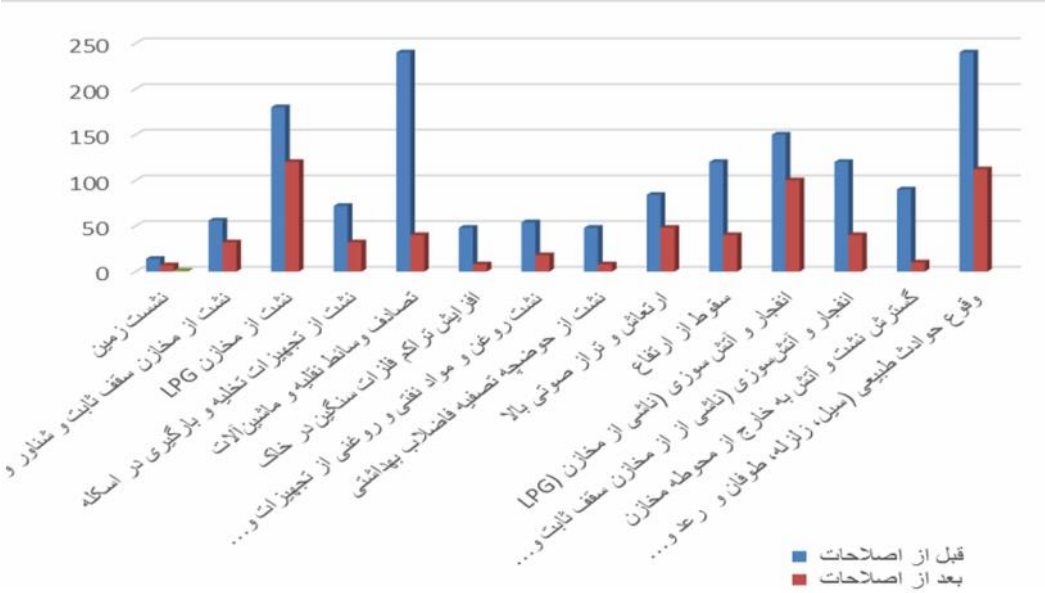
ریسک بالقوه	اقدامات اصلاحی	O	D	S	RPN	D-R
نشست زمین	انجام مطالعات زمین‌شناسی پیش از احداث، زیرسازی مناسب و منطبق با استانداردهای مربوط به احداث مخازن نفتی	۱	۱	۷	۷	کم
نشت از مخازن سقف ثابت و شناور و لوله‌ها	عایق‌کاری کف مخازن مطابق با استانداردهای IPS و NEPA استقرار سیستم حفاظت کاتدیک و بازبینی منظم صحت عملکرد، استقرار سیستم نشت‌یاب هوشمند، وجود زهکش جهت جمع‌آوری فرآورده نشت یافته	۲	۲	۸	۳۲	کم
نشت از مخازن LPG	استقرار مخازن بر اساس استانداردهای نفتیIPS و NEPA، بازبینی منظم صحت عملکرد، نصب علائم هشدار، استقرار سیستم نشت‌یاب هوشمند	۶	۲	۱۰	۱۲۰	بالا
نشت از تجهیزات تخلیه و بارگیری در اسکله	بهره‌گیری از نیروی ماهر و آموزش دیده در انجام عملیات تخلیه و بارگیری تعمیر و نگهداری و بازبینی منظم عملکرد	٤	۲	٤	۳۲	کم
تصادف وسائط نقلیه و ماشین‌آلات	انتخاب جاده دسترسی ایمن، استفاده از رانندگان مجرب، نصب علائم هشدار در مسیر دسترسی، در نظر گرفتن محدودیت‌های ترافیکی منطقه	۲	۲	۱۰	٤۰	کم
افزایش تراکم فلزات سنگین در خاک	پیش‌گیری از نشت فرآورده‌های نفتی از مخازن، عملیات بازرسی و نگهداری منظم و اطمینان از صحت عملکرد سیستم تصفیه	۱	۱	۸	۸	کم
نشت روغن و مواد نفتی و روغنی از تجهیزات و ماشین‌آلات	استفاده از تجهیزات استاندارد، نصب علائم هشدار، تعمیر و نگهداری منظم ،تجهیزات، آموزش بهره‌گیری از افراد ماهر	۳	۲	۳	۱۸	کم
نشت از حوضچه تصفیه فاضلاب بهداشتی	استفاده از سیستم تصفیه استاندارد و مناسب با حجم فاضلاب تولیدی	۱	۱	۸	۸	کم
ارتعاش و تراز صوتی بالا	استفاده از تجهیزات استاندارد، تعمیر و نگهداری منظم تجهیزات، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، اجتناب از عدم ورود همزمان تانکرهای نفت‌کش به پایانه نفتی	۶	۲	٤	٤۸	کم
سقوط از ارتفاع	آموزش افراد به منظور آگاهی از خطرات و سوانح، نظارت کارشناسان HSE بر اجرای عملیات و اطمینان از رعایت دستورالعمل‌های ایمنی	۲	۲	۱۰	٤۰	کم
انفجار و آتش سوزی (ناشی از مخازن LPG)	رعایت حداقل فاصله مخازن از یکدیگر، اطمینان از صحت عملکرد تجهیزات آتش‌نشانی، وجود مسیرهای دسترسی لازم برای عبور و مرور ماشین‌های آتش‌نشانی، تدوین برنامه واکنش سریع در مواقع اضطراری	۲	۵	۱۰	۱۰۰	متوسط
انفجار و آتش‌سوزی (ناشی از از مخازن سقف ثابت و شناور)	اطمینان از صحت عملکرد تجهیزات آتش‌نشانی، وجود مسیرهای دسترسی لازم برای عبور و مرور ماشین‌های آتش‌نشانی، تدوین برنامه واکنش سریع در مواقع اضطراری	۲	۲	۱۰	٤۰	کم
گسترش نشت و آتش به خارج از محوطه مخازن	اطمینان از طراحی مناسب مخازن و ارتفاع ایمن دیواره حائل اطراف انها، اطمینان از صحت عملکرد تجهیزات آتش‌نشانی، وجود مسیرهای دسترسی لازم برای عبور و مرور ماشین‌های آتش‌نشانی، تدوین برنامه واکنش سریع در مواقع اضطراری و اطلاع‌رسانی به موقع به افراد در معرض خطر، وجود برنامه هماهنگی با سایر دستگاه‌ها در واکنش به حادثه	۱	۱	۱۰	۱۰	کم
وقوع حوادث طبیعی (سیل، زلزله، طوفان و رعد و برق)	مقاوم‌سازی بناها و تاسیسات، استقرار تجهیزات لازم و برنامه نگهداری منظم به منظور واکنش در برابر حوادث غیرمترقبه، آموزش افراد به منظور تدوین برنامه واکنش سریع در مواقع اضطراری و اطلاع‌رسانی به موقع به افراد در معرض خطر، وجود برنامه هماهنگی با سایر دستگاه‌ها در واکنش به حادثه	۲	۸	۷	۱۱۲	متوسط

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور کاهش ریسک‌های ناشی از پروژه، اقدامات اصلاحی ریسک‌ها شناسائی شده و انجام پذیرفت. سپس برای ارزیابی میزان موفقیت طرح‌های پایش، میزان عددی ریسک دوباره محاسبه گردید و با وضعیت قبل از اقدامات مذکور مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۶).

پس از اقدامات اصلاحی، ۷ درصد از ریسک‌های شناسائی شده در سطح ریسک‌های بالا قرار گرفتند، که مربوط به ریسک‌های نشت از مخازن LPG بوده و لازم است در اولویت اول اقدامات اصلاحی گنجانده شوند. همچنین ۱۴ درصد ریسک‌های بحرانی در طبقه متوسط و ۷۹ درصد نیز مربوط به ریسک کم اختصاص یافت.



شکل ۲. ارزیابی ریسک مرحله بهره‌برداری پیش از اقدامات اصلاحی و پس از آن

بحث

توسعه صنایع و رشد تکنولوژی، باعث به وجود آمدن مسئله ریسک در صنعت شده است. با توجه به اینکه پالایشگاه‌ها، مخازن ذخیره نفت، شبکه‌های نفت و گاز و مجتمع‌های پتروشیمی به‌عنوان زیرساخت‌های مهم و اساسی به شمار می‌روند و نیز بعلت گستردگی فراوان، حجم عظیم سرمایه، مخاطرات فراگیر و تعداد زیاد افرادی که در این صنایع در حال فعالیت می‌باشند، صنایع نفت و گاز و پتروشیمی همواره کانون توجه متخصصین و دست‌اندرکاران ایمنی بوده و تلاش‌های گسترده‌ای در راستای ایمنی بیشتر این صنعت در جهان صورت گرفته است. در چند دهه اخیر وقوع حوادث هولناکی در این صنعت ضرورت توجه به مخاطرات و ریسک‌های موجود در این صنایع را دو چندان نموده است. همچنین شدت زیان‌های جانی و مالی سوانح در صنایع نفت وگاز و پتروشیمی اهمیت شناسایی مخاطرات وکنترل ریسک‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست را در این صنعت بیش از پیش آشکار می‌سازد (۳۳).

در این پژوهش ابتدا خطرها و عوامل بالقوه آسیب‌رسان به مخازن آموت اروند شناسایی شدند. سپس با توجه به شدت اثر، احتمال وقوع و پیامدهای احتمالی مواجهه آن بر انسان، محیط‌زیست و تجهیزات، کار ارزیابی و طبقه‌بندی ریسک‌ها انجام شد (۲۳). با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش چهار ریسک نشت از مخازن LPG، تصادف وسایط نقلیه و ماشین‌آلات، انفجار و آتش سوزی (ناشی از مخازن LPG) و وقوع حوادث طبیعی در مرحله قبل از اصلاح درجه

Archive
www.SID.ir

ریسک‌پذیری بحرانی دارند (جدول ۵) که دو ریسک تصادف وسایط نقلیه و ماشین‌آلات و وقوع حوادث طبیعی با درجه ریسک‌پذیری ۲٤۰ بیشترین سطح ریسک را دارا می‌باشند.

نتایج تجارب صنعتی و گزارش‌های کارشناسی در دهه‌های اخیر حاکی از آن است که نه تنها در حوادث خاص صنایع نفت و گاز بلکه در همه حوادث بیش از ۷۰ درصد علل بروز حوادث به نحوی ناشی از خطای انسانی بوده است، به طوری که در نهمین کنفرانس سالانه ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (۲۰۱۳) اعلام شد که خطای انسانی علت بروز ۹۱ تا ۹۶ درصد حوادث در صنایع نفت و گاز بوده است (۲). با توجه به جدول ۵ از ٤ ریسک بحرانی ؛ ۳ ریسک که شامل نشت از مخازن LPG، انفجار و آتش‌سوزی (ناشی از مخازن LPG)، تصادف وسایل نقلیه و ماشین‌آلات می‌شوند. به علت خطاهای انسانی رخ می‌دهند. که تحقیقات قاسمی و همکاران (۳٤)، کوانمین[1] و همکاران، و بروان[2] (۳۵،۳۶) نقش خطای انسانی در صنعت پتروشیمی و نفت و گاز رابه خوبی بیان می‌کند، که نتایج این پژوهش‌ها هم راستا با پژوهش حاضر است. به طور کلی می‌توان بیان داشت که منشاء خطاهای انسانی می‌توان عدم آموزش صحیح یا نقص در دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، عدم توانایی کافی ذهنی یا فیزیکی برای انجام کار، تصمیمات نادرست، نقص در تجهیزات، طراحی، نصب یا تعمیرات می باشد (۲). در این پژوهش بیشترین درجه ریسک‌پذیری مربوط به تصادف وسایل نقلیه و ماشین‌آلات و وقوع حوادث طبیعی است که علت به وجودآمدن تصادف وسایل نقیه خطای انسانی، عدم ایمنی جاده دسترسی و افزایش ترافیک ناشی از تردد تانکرهای نفتی می‌باشد که این عوامل آسیب‌های فراوان انسانی و انفجار و آتش‌سوزی‌های فراوانی ایجاد می‌کند. این دو ریسک به علت قرارگیری در دامنه بالای سطح بحرانی باید در اولویت اول اقدامات اصلاحی قرار گیرد، که اقدامات اصلاحی مورد نظر در این پژوهش برای ریسک تصادف وسایل نقلیه و ماشین‌آلات شامل انتخاب جاده دسترسی ایمن، استفاده از رانندگان مجرب، نصب علائم هشدار در مسیر دسترسی و درنظرگرفتن محدودیت‌های ترافیکی منطقه است. در مورد اقدامات اصلاحی وقوع حوادث طبیعی بیشتر تمرکز بر روی آموزش افراد است، زیرا حوادث طبیعی به صورت غیرمترقبه ایجاد می‌شوند و خطای انسانی در آنها دخیل نیستند، این اقدامات شامل مقاوم‌سازی بناها و تاسیسات، استقرار تجهیزات لازم و برنامه نگهداری منظم به منظور واکنش در برابر حوادث غیرمترقبه، آموزش افراد به منظور تدوین برنامه واکنش سریع در مواقع اضطراری و اطلاع رسانی به موقع به افراد در معرض خطر، وجود برنامه هماهنگی با سایر دستگاه‌ها در واکنش به حادثه است. در تحقیقات جوزی و همکاران (۲۳) ریسک وقوع حوادث طبیعی در سطح بحرانی قرار داشت که با نتایج این پژوهش همسو است.

نشت مواد سمی و خطرناک در صنایع فرآیندی و شیمیایی همواره یکی از عوامل تهدیدکننده افراد شاغل و ساکنین اطراف این صنایع و همچنین آسیب به محیط‌زیست بوده است (۳۷) که این مواد خسارت‌های سنگینی را به بار می‌آورند لذا تشخیص آن در زمان کمتر از خطرات و خسارت‌های آن می‌کاهد. اما علیرغم تلاش‌های فراوان کارخانجات و صنایع در جهت مدیریت ایمن مواد شیمیایی، احتمال بروز حوادث ویرانگر و کشنده همواره وجود دارد (۳۸). نشت از مخازن LPG با سطح ریسک‌پذیری ۱۸۰ در سطح بحرانی قرار می‌گیرد. پیامد اصلی این ریسک، ایجاد ریسک انفجار و آتش‌سوزی (ناشی از مخازن LPG) می‌باشد، که در سطح ریسک‌پذیری ۱۵۰ قرار دارد. علل اصلی ایجاد ریسک‌های مورد نظر خطای انسانی و حوادث طبیعی می‌باشد که سبب آلودگی هوا، آلودگی خاک، آتش‌سوزی و انفجار

[1] Quanmin
[2] Brown

Archive of SID
www.SID.ir

می‌شود. که با استقرار مخازن براساس استانداردهای نفتی- IPS و NEPA، بازبینی منظم صحت عملکرد، نصب علائم هشدار، استقرار سیستم نشت‌یاب هوشمند، رعایت حداقل فاصله مخازن از یکدیگر، اطمینان از صحت عملکرد تجهیزات آتش‌نشانی، وجود مسیرهای دسترسی لازم برای عبور و مرور ماشین‌های آتش‌نشانی و تدوین برنامه واکنش سریع در مواقع اضطراری، می‌توان درجه ریسک‌پذیری بحرانی این دو ریسک را به سطح ریسک‌پذیری پایین‌تری رساند. مرتضوی و همکاران (۳۸) نشت از مخازن گاز را در صنایع نفت و گاز یکی از ریسک‌های بحرانی می‌دانند، که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد. اورلاینیس[1] و همکاران (۳۹) و شاهدی علی‌آبادی و همکاران (٤٠) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که نشت گاز از مخازن ذخیره‌سازی سبب انفخار و آتش‌سوزی می‌شود، که هم راستا با نتایج این تحقیق است.

به منظور کاهش ریسک‌های ناشی از پروژه، اقدامات اصلاحی ریسک‌ها شناسائی شده و انجام پذیرفت. سپس برای ارزیابی میزان موفقیت طرح‌های پایش، میزان عددی ریسک دوباره محاسبه گردید و با وضعیت قبل از اقدامات مذکور مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۶). همان‌گونه که از نتایج بعد از اقدامات اصلاحی پیدا است، ١٤ درصد ریسک‌های بحرانی در طبقه متوسط و ۷۹ درصد نیز به ریسک کم اختصاص یافت. همچنین۷ درصد از ریسک‌های شناسائی شده در سطح ریسک‌های بالا قرار گرفته‌اند، که مربوط به ریسک‌های نشت از مخازن LPG بوده و لازم است در اولویت اول اقدامات اصلاحی گنجانده شوند و باید نظارت و عملیات بازرسی به طور منظم و مطابق با برنامه مدیریت ریسک در این پژوهش انجام شود. این امر باعث کنترل و یا کاهش ریسک مورد نظر در بلندمدت می‌شود. اما در مورد ریسک-های دیگر توجه به این نکته ضروری می‌باشد که کم شدن ریسک به معنای از بین رفتن آن نیست و می‌بایست در برنامه‌های مدیریتی مورد پیگیری قرار گیرد و طی هر پروژه‌ای بهبود یابد.

پس با پذیرفتن این موضوع که علت اصلی بروز حوادث خطاهای انسانی است اغلب اقدامات اصلاحی به آموزش‌های ایمنی بیشتر، هشدارهای ایمنی بیشتر و افزایش تعداد بازرسی‌های ایمنی در تاسیسات معطوف می‌گردد (۲).

نشت زمین با سطح ریسک‌پذیری ١٤ دارای کمترین میزان درجه ریسک‌پذیری است. علت به وجود آمدن این ریسک عوامل طبیعی مانند عدم پایداری زمین و خطای انسانی مانند عدم زیرسازی مناسب است که این امر سبب آسیب‌دیدگی تاسیسات و ساختمان‌ها و آسیب انسانی می‌شود. اما با توجه به فاصله ۱۶۰ کیلومتری نزدیک‌ترین گسل از مکان پیشنهادی پروژه و نیز داده‌های نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌خیزی که نشان می‌دهد منطقه مورد مطالعه، در پهنه با خطر لرزه‌خیزی پائین قرار دارد، ریسک وقوع زمین لرزه و نشست زمین در منطقه احداث مخازن پائین خواهد بود. با این وجود لازم است تمامی مقررات ایمنی ساختمان در احداث ساختمان‌ها و تاسیسات، بویژه به دلیل ماهیت مواد ذخیره شده در مخازن که عبارت از مواد نفتی دارای قابلیت اشتعال و انفجار می‌باشند، رعایت گردد.

نتیجه‌گیری

با بررسی جداول و نمودارهای فوق، مشاهده گردید که با بکارگیری اقدامات اصلاحی و بهسازی، بخصوص در مورد برخی پی‌آمدهایی که اثر مستقیمی بر محیط‌زیست ؛ ایمنی و بهداشت کارکنان می‌گذارد، می‌توان ریسک‌های مورد نظر را تا حد امکان کاهش داد. در نهایت می‌توان این چنین نتیجه گرفت که این روش در صنایع مختلف بخصوص صنایع شیمیایی، نفت، گاز و پتروشیمی بخوبی قابل اجرا بوده و در شناسایی خطاهای انسانی که می‌تواند خطرات و

[1] Urlainis

Archive of SID

www.SID.ir

حوادثی را در پی‌داشته باشد، بسیار مفید و موثر می‌باشد، که این امر کاهش هزینه و افزایش سطح HSE رابه دنبال دارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد با عنوان «ارزیابی مخاطرات زیست‌محیطی احداث مخازن نفتی در منطقه آزاد اروند با استفاده از روش FMEA و FTA» در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می‌باشد. بدین وسیله از حمایت‌های معنوی دانشگاه آزاد اسلامی تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1-Burgherr P, Eckle P, Hirschberg S. Comparative assessment of severe accident risks in the coal, oil and natural gas chains. Reliability Engineering & System Safety. 2012; 105: 97-103.
2-Ebrahim Fathabadi H. Take engineering to human error in the management of safety in the oil and gas industry. The scientific journal promotes exploration and production of oil and gas. 2014; 114: 8-12. [In Persian]
3-Abbas Pour M, Nasiri Parvin D, Tootoonchian S. HSE risk assessment and hazard identification in projects of oil and gas industries from construction to production (Case Study: Petro Pars Ltd.). Journal Environmental Science and Technology. 2009; 11(3): 1-13. [In Persian]
4-Zabuli R, Tofighi SH, Delavari R, Mirhashemi PS. Survey of Safety Management On Bagiyatallah (a.s) Hospital .Military Medicine. 2009; 9 (2): 103-111. [In Persian]
5-Barahmand E, Ghoddousi J. A review on Health, Safety and Environment Management in Iran's urban parks. Journal of Human and Environment. 2013; 27:1-12. [In Persian]
6-Mohammed A, Khandani T, Loghmani F. Environmental Risk Management System for Petrochemical Industries. International Conference on Sustainable Development Strategies and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, Tabriz, Iran. 2016: 13. [In Persian]
7-Alam Tabriz A, Hamzehi A. Project Risk Evaluation and Analysis Using Risk Management Based on PMBOK Standard and RFMEA Technique. Industrial Management Studies. 2011; 9(23): 1-19. [In Persian]
8- Alam Tabriz A, Hamzehi E. Project Risk Evaluation and Analysis Using Risk Management Based on PMBOK Standard and RFMEA Technique. Industrial Management Studies. 2012; (23): 1-19
9-Barends DM, Oldenhof MT, Vredenbregt MJ, Nauta MJ. Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. 2012; 64: 82-86.
10-Medikonda BS, Ramaiah PS, Gokhale AA. FMEA and Fault Tree based Software Safety Analysis of a Railroad Crossing Critical System. Global Journal of Computer Science and Technology. 2011; 11(8): 57-58.
11-Allen H, Chia-Wei H, Tsai-Chi K, Wei- Cheng W. Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. Expert Systems with Applications. 2009; 36: 7142-7147.
12-Xiao N, Huang H. Z, Li Y, He L, Jin T. Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. Engineering Failure Analysis. 2011; 18(4): 1162-1170.
13-Nguyen T, Shu H, Hsu BM. Extended FMEA for Sustainable Manufacturing: An Empirical Study in the Non-Woven Fabrics Industry. Journal Sustainability. 2016; 8: 1-14.
14-Arkadievich Petrovskiy E, Anatoliievich Buryukin F, Viktorovich Bukhtiyarov V, Vasilievna Savich I, Vladimirovna Gagina M. The FMEA-Risk Analysis of Oil and Gas Process Facilities with Hazard Assessment Based on Fuzzy Logic. Modern Applied Science. 2015; 9(5): 25-37.

Archive of SID

www.SID.ir

15-Sarkheil H, Rahbari SH. HSE Key Performance Indicators in HSE-MS Establishment and Sustainability: A Case of South Pars Gas Complex, Iran. International Journal of Occupational Hygiene. 2016; 8: 45-53.
16-Yin F. Hazid and risk assessment on ultra-large crude oil tank. AIChE Spring Meeting and Global Congress on Process Safety. 2012; 25 (4): 1-10.
17-Yarahmadi R, Moridi P, Roumiani Y. Health, safety and environmental risk management in laboratory fields. Med J Islam Repub Iran. 2016; 30:343.
18-Hajimolaal M, Abdollahi Asl A. Quality Risk Assessment Production of Beta Lactams by FMEA Model and Fuzzy Theory Method. Gen Med (Los Angel). 2016; 4 (1): 1-3.
19-Omedvar M, Shahbazi D. Assessment and Prioritization Rysk health and safety and environmental (HSE) in hospitals, martyr Beheshti University of Medical Sciences Case Study. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2016; 24 (1): 43-54. [In Persian]
20-Amant yazdi L, Moharamnejad N. Environmental Risk Management of Fire in Oil Warehouses and Storage Tanks (Case Study: Central Storage of Yazd Oil Products Distribution Company). Journal of Environmental Studies. 2013; 66: 61-72. [In Persian]
21-Amout Arvand Reservoir Company. Report on construction of oil reservoirs in Arvand Free Zone Plan. 2013. [In Persian]
22-Sankar NR, Prabhu BS. Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis. Int. J. Qual. Reliab. Manag. 2011; 18: 324-336.
23-Jozi A, Farbod SH, Arjmandi R, Nouri J. Utility Environmental Risk Assessment on South Pars Phases 15 and 16 Utility by Using EFMEA Method. Environmental Researches. 2013; 4(7):59-72. [In Persian]
24-Sawhney R, Subburaman K, Sonntag C, Capizzi C, Rao PV. A modified FMEA approach to enhance reliability of lean systems. Int. J. Qual. Reliab. Manag. 2010; 27: 832-855.
25-Chen JK. Utility priority number evaluation for FMEA. Journal of Failure Analysis and Prevention. 2007; 7(5): 321-328.
26-Cicek K, Celik M. Application of failure modes and effects analysis to main engine crankcase explosion failure on-board ship. Saf. Sci. 2013; 51: 6-10.
27-Khazami MS. Environmental Risk Assessment Ahvaz No.1 Desalting Plant Karun Oil and Gas Production Co. by Using AHP and TOPSIS Methods [dissertation]. Environmental Assessment and land use master's thesis, Islamic Azad University Ahvaz. 2016; 123. [In Persian]
28-Tamimi Rahimi F. Environmental risk assessment methods PHA drilling and oilfield EFMEA in Ahvaz (Case Study: towers 59 and 62) [dissertation]. Environmental Assessment and land use master's thesis, Islamic Azad University Ahvaz. 2016: 146. [In Persian]
29-Mirjalili N, Jozi SA, Faraji SH. Environmental management and risk assessment and restart distillation unit Zagros Petrochemical Co techniques using EFMEA. The Fifth Conference of Environmental Engineering.Tehran: Tehran University. 2011: 1-23. [In Persian]
30-Ghasemi SH, Yavari K, Mahmoudvand R, Sahabi B, Naeimi A. A New Method for Determining Insurability of Risks in Gas Refineries Using the Failure Mode and Effect Analysis Method. The Journal of Economic policy. 2015; 7(13):1-26. [In Persian]
31-Guzman A, Asgari B. A cost-benefit analysis of investing in safety and risk engineering: The case of Oil & Gas transportation services by pipelines. In Management of Engineering & Technology (PICMET). Portland International Conference on. 2014:1633-1645.
32-Qaderi S, Rahimi A, Hedayatifar M, Arab Najafi SM. Environmental risk management and assessment of Tehran urban & suburban metro by using EFMEA method (case study: Sadeghieh terminal). Journal of Environmental Science and Technology. 2014; 17(2): 61-71. [In Persian]
33-Bashirinasab M, Gholam Zadeh A, Farzaneh S. Risk assessment and management of HSE in the oil, gas and petrochemical industries. The first national conference on engineering and management of infrastructures, the scientific pole of engineering and infrastructure management, Tehran University. 2009.
34-Ghasemi M, Nasr Serahi G, Zakerian S, Ajdari M. Ergonomic study to identify, predict and control) human errors in a control room Petrochemical using SHERPA. Journal of School of Public Health and Institute of Health Research. 2010; 8(1): 41-52. [In Persian]

Archive of SID

www.SID.ir

35-Quanmin Z, Hong Z, Jianchun F. Human Factor Risk Quantification for Oil and Gas Drilling Operation. Procedia Engineering. 2011; 18 :312-317.
36-Brown L. Human Error Leading Cause of Oil Industry Accidents in India. OILPRICE. 2016;1 :2.
37-Beheshti M, Hajizadeh R, Mehri A, Borhani M. Modeling the consequences of leakage from storage tanks hexane, hexane and emergency response plans in a petrochemical plant. Iran Occupational Health Journal. 2016; 13(1): 69- 79. [In Persian]
38-Mortazavi SB, Parsarad M, Asilian Mahabadi H, Khavanin A. Evaluation of chlorine dispersion from storage unit in a petrochemical complex to providing an emergency response program Iran Occupational Health. 2011: 8(3): 114-118. [In Persian]
39-Urlainis A, Shohet LM, Levy R. Probabilistic Risk Assessment of Oil and Gas Infrastructures for Seismic Extreme Events. Procedia Engineering. 2015; 123: 590-598.
40-Shahedi Ali Abadi S, Assari M.J, Kalatpour h, Zarei I, Mohammadfam I. Outcome Assessment burning methane gas tanks on a gas plant. Occupational Health Engineering. 2016; 3(1): 51-58. [In Persian]

Archive of SID

www.SID.ir