

Identification of Process Hazards in the Hot Stripping Tower of Common Crude Oil Sweetening Projects Using HAZOP Study

Hamid Sarkheil^{1,2*} , Fatemeh Dehdari³ , Yousef Azimi¹ , Mohammad Talaeian Araghi¹ 

1-Department of Human Environment, College of Environment, Karaj, Iran

2- Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Iran

3-Msc. Student of Chemical Engineering-HSE, Department of Human Environment, College of Environment, Karaj, Iran

Corresponding Author: sarkheil_h@yahoo.co.uk

Abstract

Background and Objectives: Nowadays, oil and gas resources play a vital role in supplying energy and raw materials so that any disruption in the operation of refineries leads to compensatory damages. Therefore, the continuous, safe, and accurate operation of refineries is essential. The presence of impurities in oil and gas has a negative effect on equipment and reduces the quality of the final product. Hence, a hot stripping unit was used for the separation of Hydrogen sulfide gas from crude oil. And identifies deviations in this desalination unit that will cause harm to humans, equipment, and the environment.

Methods and Materials: To prevent human, economic, and environmental damages, we need a systematic approach to study hazards and risk analysis. The Hazard and Operability Study (HAZOP) techniques were applied to identify hazards in the sweetening of the crude oil project. Initially, the HAZOP team divided the sweetening unit into 11 nodes and evaluated 94 deviations in these nodes. The faults and their causes, consequences, and safeguards were traced and reported.

Results: Based on operational deviations, risk factors, consequences, and barriers were reviewed and weaknesses in protection layers were identified. Outcomes of risk and operational management sessions, deviations, causes, consequences, safeguards, and possible solutions are identified. The most vital faults were traced in the desalination unit, overfilling of the tank surface, high pressure and incorrect function of the flare, which occurred in nodes 6, 7, and 9, respectively, for various reasons.

Conclusion: After summarizing the findings, for preventing the occurrence of consequences and accidents, recommendations were presented in the form of a general suggestion. The results of this study could create a safer surroundings with higher reliability and environmental-friendly product.

Keywords: Crude Oil Sweetening; Risk Assessment; Hazard and Operability Study (HAZOP); Consequence

How to cite this article: Sarkheil H, Dehdari F, Azimi Y, Talaeian Araghi M. Identification of Process Hazards in the Hot Stripping Tower of Common Crude Oil Sweetening Projects Using HAZOP Study. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 8(3):172- 83.

شناسایی مخاطرات فرآیندی در برج عریان سازی گرم پروژه‌های رایج شیرین سازی نفت خام به روش مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات

حمید سرخیل^{۱*}، فاطمه دهداری^۲، یوسف عظیمی^۱، محمد طلائیان عراقی^۱

۱- گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

۲- دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، گروه محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران

چکیده

سابقه و هدف: نفت و گاز از مهم‌ترین منابع جهت تأمین انرژی و مواد اولیه در دنیای امروز می‌باشند، به‌طوری‌که رخداد هرگونه اختلال در فعالیت پالایشگاه‌ها خسارات جبران‌ناپذیری به دنبال خواهد داشت. از این‌رو فعالیت مداوم، ایمن و دقیق پالایشگاه‌ها بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر آن حضور ناخالصی‌های موجود در نفت و گاز می‌تواند بر روی تجهیزات و کاهش کیفیت محصول نهایی اثر منفی داشته باشد. این مطالعه بر روی بخش جداسازی گاز هیدروژن سولفید از نفت خام به روش بهره‌گیری از برج عریان سازی گرم متمرکز بود و به شناسایی انحرافات موجود در این واحد شیرین سازی که موجب آسیب به انسان، تجهیزات و محیط خواهند گردید، انجامید.

روش بررسی: در این تحقیق به منظور جلوگیری از صدمات انسانی، اقتصادی و محیط‌زیستی، از مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات که یک روش سامانمند برای مطالعه خطرات و آنالیز ریسک است، استفاده شد. در ابتدا گروه مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات، واحد را به ۱۱ گره تجزیه و سپس تعداد ۹۴ انحراف محتمل موجود در هر گره را مورد ارزیابی قرار دادند.

یافته‌ها: بر اساس انحرافات عملیاتی، عوامل خطر، پیامدها و لایه‌های حفاظتی مورد بازبینی قرار گرفت و نقاط ضعف موجود در لایه‌های حفاظتی مشخص گردید. نتایج جلسات مخاطرات و راهبری عملیات، انحرافات، علل، پیامدها، محافظ‌ها و راه‌حل‌های احتمالی مشخص شد. به‌طوری‌که مهم‌ترین انحرافات موجود در این واحد شیرین سازی، بیش‌ازحد پر شدن سطح مخزن، فشار بالا، عملکرد ناصحیح فلر که به ترتیب در گره‌های ۶، ۷ و ۹ به دلایل مختلف اتفاق افتاده بودند.

نتیجه‌گیری: پس از جمع‌بندی یافته‌ها، به‌منظور جلوگیری از رخداد پیامد و حوادث ناگوار تعداد ۵۵ اقدام اصلاحی مؤثر پیشنهاد گردید. بدیهی است به‌کارگیری نتایج این تحقیق به ایجاد محیطی ایمن‌تر با قابلیت اطمینان بالاتر و محصولات دوستار محیط‌زیست کمک خواهد نمود.

واژگان کلیدی: شیرین سازی نفت خام؛ آنالیز ریسک؛ مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات؛ پیامد

مقدمه

بهینه از این ذخایر بارزش نیازمند حذف یا کاهش ناخالصی‌های متعددی است که در این منابع وجود دارد. ترکیبات گوگردی مانند هیدروژن سولفید، کربونیل سولفید، دی سولفید کربن از جمله این ناخالصی‌ها می‌باشند. حذف ترکیبات گوگردی می‌تواند از دو دیدگاه فنی و زیست‌محیطی حائز اهمیت باشد (۵). ترکیبات گوگردی به دلیل بوی نامطبوع و در مواردی خاصیت خوردگی به‌طور فراوانی بر عملیات پالایش و نگهداری نفت تأثیر گذاشته و در نتیجه استفاده از فناوری شیرین‌سازی و یا گوگردزدایی از این جهت دارای اهمیت بسیار می‌باشد (۶).

کشور ایران دارای میدان‌ها هیدروکربنی متعددی است به‌طوری‌که به دلیل ماهیت تکتونیکی ایران عمده این میدان‌ها و مخازن نفتی تحت فشار بوده و نفت و گاز را به‌صورت توأمان به همراه دارد، حدود ۴۳ درصد از مخازن ایران جزء مخازن بزرگ و بسیار بزرگ در دنیا محسوب می‌شوند و در نتیجه آن با دارا بودن حدود ۶۰۰ میلیارد بشکه نفت درجا و ۳۵ هزار میلیارد مترمکعب ذخایر گاز، بیشترین ذخایر هیدروکربنی را در جهان داراست (۴-۱). بهره‌برداری

sarkheil_h@yahoo.co.uk

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات:

بوده است (۱۴-۱۳). در چند دهه اخیر وقوع حوادثی از قبیل بوپال هندوستان با ۴۰۰ نفر کشته، چرنوبیل اوکراین با ۳۸ نفر کشته، فلیکس بورو انگلستان با بیش از ۲۰ نفر کشته و سوزو ایتالیا با توده گاز منتشره ناشی از انفجار دارای ۶ کیلومتر طول و یک کیلومتر عرض، توجه‌ها را به صنایع شیمیایی و ریسک‌های موجود جلب کرده و ضرورت تجزیه و تحلیل سامانمند ایمنی فرآیندهای مختلف را در صنایع شیمیایی افزایش داده است (۷).

اولین قدم در فرآیند مدیریت و ارزیابی خطرات، شناسایی خطرات و تأثیر آن‌ها هست. فرآیند شناسایی خطرات علاوه بر بعد انسانی و سیستم باید در بعد مهندسی نیز در نظر گرفته شود. فرآیند شناسایی خطرات باید به صورت مستمر و پویا بوده و نه تنها در زمان توسعه ایمنی پروژه بلکه در تمام محدوده تعریف شده بکار گرفته شود. فن‌های مختلفی از نظر کمی و کیفی وجود دارند. فن‌های کیفی عبارت‌اند از: چک‌لیست های ایمنی مثل تجزیه و تحلیل چه می شود اگر (What-if)، مطالعه عملیات و خطرات^۱ و تحلیل مقدماتی خطر^۲. از جمله روش‌های کمی می‌توان به روش‌های حالات شکست و تحلیل اثرات آن‌ها^۳ و تحلیل درخت خطا^۴ اشاره کرد. روش مخاطرات و راهبری عملیات و روش حالات شکست و تحلیل اثرات آن‌ها از جمله روش‌های پرهزینه مطالعاتی محسوب می‌شوند (۱۴).

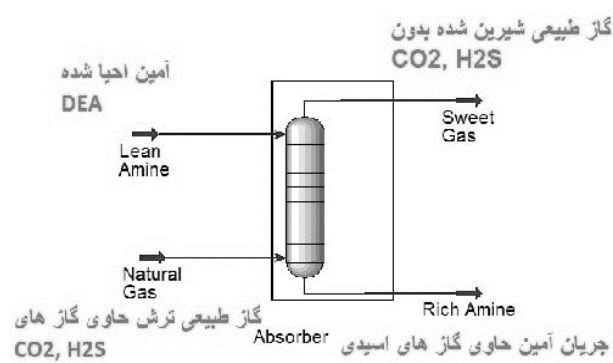
در این تحقیق با برگزاری جلسات مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات، انحرافات موجود در واحد شیرین سازی مزبور که پتانسیل آسیب به نیروی کار، محیط‌زیست و تجهیزات را دارد، به منظور ارائه اقدامات کنترلی و حفاظتی، مشخص گردید.

مواد و روش‌ها

چارچوب کلی فرآیند مطالعات شناسایی مخاطرات با روش مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات در واحد شیرین سازی نفت خام این تحقیق در شکل ۲ آورده شده است.

یکی از روش‌های مرسوم تحلیل ایمنی مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات هست که در سطح گسترده‌ای از صنایع فرآیندی کاربرد دارد. این فن نخستین بار در سال ۱۹۷۰ بر اساس روشی که آزمایش بحرانی خوانده می‌شود، توسط صنایع شیمیایی بریتانیا معرفی به صورت قانون درآمد. روش مخاطرات و راهبری عملیات اساساً ماهیتی آینده‌نگر و مبتنی بر پیشگیری دارد. فلسفه اصلی این فن بدین شکل است که چنانچه فرآیند در راستای تمایل طراحی عمل کند، دچار حادثه‌ای نخواهد شد (۱۲).

همچنین لازم به ذکر است که در صنایع نفت و گاز با توجه به نوع فرآیندها و موارد مورد استفاده، احتمال بروز حوادثی از قبیل آتش‌سوزی و انفجار بسیار بالا است (حادثه آتش‌سوزی در پالایشگاه گاز قطر در سال ۱۹۷۷). بنابراین توجه به ایمنی و اجرای برنامه‌های تجزیه و تحلیل حوادث، شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک به منظور جلوگیری از وقوع حوادث هولناک بسیار ضروری است (۷). ایمنی و پایداری هر یک از قسمت‌های مجموعه سبب پایداری و افزایش بهره‌وری کل مجموعه می‌گردد. البته توجه به ایمنی ذاتی در فرآیندهای پتروشیمی و پالایشگاهی می‌تواند سطح ایمنی را به گونه‌ای مؤثر افزایش دهد (۸-۹). به طوری که در صنایع نفت و گاز، دستگاه‌های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست با در نظر گرفتن عناصر کلیدی و شاخص‌های مؤثر می‌توانند ضمن صیانت از جنبه‌های ایمنی و سلامت کارکنان، جنبه‌های زیست‌محیطی را نیز در عرصه‌های ملی مورد توجه قرار دهند (۱۱-۱۰). اجرای روش مخاطرات و راهبری عملیات به عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های ارزیابی ریسک به منظور شناسایی کانون‌های خطر در واحدهای فرآیند مورد توجه قرار گرفته است. این روش بر اساس یک رویکرد سامانمند قسمت‌های مختلف یک واحد عملیاتی را بررسی و با شناخت پتانسیل‌های بالقوه خطر، پیشنهادهای اصلاحی برای کاهش ریسک ارائه می‌دهد (۱۲). در نهایت شناسایی مخاطرات فرآیندی در پروژه شیرین سازی نفت خام سبب افزایش ایمنی واحد و کاهش احتمال آسیب به کارکنان و تجهیزات شده همچنین افزایش بهره‌وری و پایداری در واحد و منافع اقتصادی را نیز به دنبال دارد. در شکل ۱ فرآیند مربوط به شیرین سازی به صورت خلاصه آورده شده است.



شکل ۱. نمایی کلی از فرآیند به شیرین سازی نفت

صنایع فرآیندی نفت به ویژه در بخش بالادستی به سبب خطرات جدی و عده‌ای که برای انسان و محیط‌زیست به همراه دارد و نیز به دلیل هزینه‌های بالا برای کارکنان، افراد جامعه، محیط‌زیست و نیز هزینه‌های فراوان ناشی از وقفه‌های ایجاد شده در تولید و هدر رفت محصولات، همواره در توسعه و آنالیز ایمنی فرآیند پیشگام

۱. (HAZOP)

۲. PHA: Preliminary Hazard Analysis

۳. FMEA: Failure Mode and Effects Analysis

۴. FTA: Fault Tree Analysis

و نگهداری می‌باشند. راحتی افراد در ارائه نظرات خود ازجمله رموز موفقیت این روش ذکر شده است (۲۱). به‌طوری که توجه به جنبه‌های عدم شفافیت و فریب نیز به دلیل حساسیت‌های موجود در جمع‌آوری اطلاعات از واحدهای عملیاتی در غالب پاسخ‌های جمع‌بندی شده نیز می‌بایست موردنظر گروه تحلیل گر مخاطرات قرار گیرد (۲۲).

اطلاعات موردنیاز جهت مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات در یک واحد فرآیندی شامل: نقشه نمودار جریان^۵، آخرین نسخه نقشه لوله‌کشی و ابزار دقیق^۶، نقشه^۷، نقشه جانمایی تجهیزات^۸، تشریح فرآیند و موازنه مواد و انرژی فرآیند هست (۲۰).

نقشه نمودار جریان: در این نقشه تجهیزات اصلی فرآیند و چگونگی جریان مواد بین آن‌ها نشان داده شده است. راکتورها، برج‌های جداسازی، مخازن، مبدل‌های حرارتی، فیلترها، پمپ‌ها ازجمله تجهیزات فرآیندی هستند که در این نمودارها نمایش داده می‌شوند. به‌طور کلی اعداد و ارقام مربوط به جریان‌ها مانند دبی، ترکیب، دما، فشار و انرژی به‌صورت جدول در زیر نقشه ذکر می‌گردد. جریان‌های فرعی، تجهیزات و دستگاه‌های یدکی، ابعاد کامل دستگاه‌ها، اطلاعات مربوط به ابزار دقیق در یک نمودار جریان نشان داده نمی‌شود.

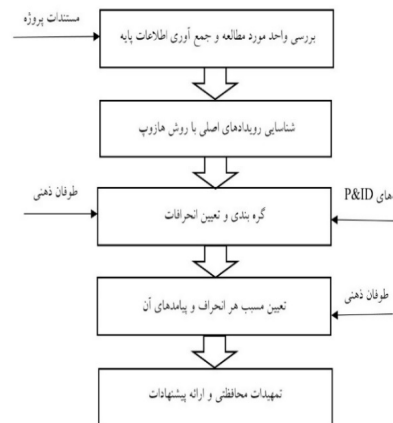
نقشه لوله‌کشی و ابزار دقیق: این نوع نقشه بر اساس نقشه نمودار جریان رسم می‌شود و به‌عبارت دیگر نوع تکمیل‌شده‌ی نقشه نمودار جریان هست. در این گونه نقشه‌ها کلیه‌ی تجهیزات حتی تجهیزات فرعی نمایش داده می‌شود. در نقشه لوله‌کشی و ابزار دقیق هر لوله با یک کد شماره‌گذاری می‌شود. اطلاعات دقیق در مورد لوله‌کشی و ابزار دقیق نیز ذکر می‌گردد.

اطلاعات خروجی به دودسته تقسیم می‌شوند. گزارش اول شامل چک‌لیست که به‌صورت کامل تمامی جزئیات و بررسی کیفی ریسک (ماتریس ریسک) در آن آورده شده و گزارش دوم مناسب برای مدیریت کارخانه و شامل پیشنهادها ارائه‌شده به همراه ارزش ریسک مربوط به هر پیشنهاد هست (۲۰).

به‌طور کلی، ریسک تابعی از احتمال و شدت خطر هست. به‌منظور ارزیابی کیفی ریسک برای هر حادثه، میزان احتمال و شدت خطر تخمین زده می‌شود. چنانچه احتمال رخ دادن حادثه‌ای کم و شدت آن زیاد باشد، میزان ارزش ریسک پایین و در حالتی که احتمال رخ دادن حادثه بالا و شدت آن نیز زیاد باشد، میزان ریسک بالا خواهد بود.

$$\text{شدت} \times \text{احتمال} = \text{ریسک} \quad (۱)$$

به دنبال تعیین کیفیت ریسک از نمودار احتمال و شدت معروف



شکل ۲. مراحل تحقیق

بر اساس ایزو ۳۱۰۰۰ هر سازمان می‌بایست منابع ریسک، حوزه‌های تأثیر، حوادث (شامل تغییرات در شرایط مختلف)، علت آن‌ها و پیامدهای احتمالی آنان را شناسایی کند. هدف از شناسایی خطر تهیه‌ی فهرستی کامل از خطرهایست که بر اساس آن حوادث امکان ایجاد، ارتقا، جلوگیری، تخریب، تسریع و یا تأخیر در دستیابی به هدف به همراه باشد (۱۶-۱۷). به معنای دیگر مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات، یک روش کارآمد و سامانمند برای شناسایی خطرات و مشکلات عملیاتی سیستم و تعیین اثرات آن‌ها هست. این فن بر پایه اصل: "سیستم، زمانی ایمن است که تمامی پارامترهای عملیاتی مانند دما، فشار در حالت طبیعی و قابل قبول باشد"، قرار دارد (۱۸). همچنین توجه به مخاطرات محیط‌زیستی آلودگی‌های ناشی از فرایند تصفیه نیز حائز اهمیت می‌باشد (۱۹).

گروه مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات عموماً متشکل از ۴ تا ۸ نفر و دارای یک رهبر، یک منشی و افراد با دانش‌های متفاوت هستند. ازجمله متخصصین در این گروه می‌توان به مهندسين فرآیند، تعمیر و نگهداری، ایمنی اشاره کرد. رهبر گروه علاوه بر تجربه کافی باید توانایی کنترل جلسات و تسلط بر اعضای گروه را هم داشته باشد (۲۰). بررسی انفرادی و یا جمعی از مهندسان یک تخصص نمی‌توانند تمام سطوح مشترک میان بخش‌های مهندسی را که به‌عنوان نقاط ضعف و بحران برای ایمنی واحدهای پیچیده مطرح می‌شوند، به‌درستی ارزیابی کنند (۲۱). بر اساس آنچه بیان شد، روش مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات یک روش خلاقانه و استدلالی بر اساس تجربه اعضای گروه هست. از آنجاکه تجزیه و تحلیل انفرادی نمی‌تواند تمام مشکلات فرآیندی واحدهای عملیاتی را تشخیص و ارزیابی کند، لازم است گروه تشکیل شود. طبق تعریف انجمن صنایع شیمیایی انگلستان این روش آنالیز می‌بایست توسط تیمی از داخل سازمان انجام گیرد. افراد گروه عموماً بین چهار تا هشت نفر شامل رهبر، منشی، ایمنی، ابزار دقیق، عملیات، مهندسی فرآیند و تعمیر

۵. PFD: Process Flow diagram

۶. P&ID: Piping and Instrumentation Diagram

۷. Cause & Effect

۸. Plot Plan

جهت انجام دقیق مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات روی واحد شیرین سازی نفت خام، نقشه مورد مطالعه به ۱۱ گره باهدف مطالعات کامل تر و جامع تر تفکیک شد. نمونه کاملی از کاربرگ گره های واحد شیرین سازی نفت خام در ادامه نمایش داده شده است. انتخاب گره ها به گونه ای بود که مراحل تکراری در بررسی گره ها به وجود نیاید و از پیچیدگی بیش از حد نیز جلوگیری شود. در جدول ۳ لیست گره ها با رنگ بندی مربوط به هر گره نمایش داده شده است.

یافته ها

گره شماره ۱

اولین گره، برج عریان سازی گرم (A201T) که شامل ورودی پمپ تغذیه (A201P/2A)، پمپ جانبی (A202P/2A) و پمپ های تولیدی (A203P/2A) بود. جداسازی هیدروژن سولفید و ترکیبات سبک از نفت خام با استفاده از انرژی گرمایی انجام گرفت. این گره شامل ۱۰ انحراف قطع یا کاهش جریان، افزایش جریان، برگشت در جهت خلاف جریان، دمای بالا، دمای پایین، فشار بالا، فشار پایین، سطح مشترک بالا، سطح مشترک پایین و تصحیح مدرک نقشه لوله کشی و ابزار دقیق بود. کاهش جریان از واحد نمک زدایی به هر دلیلی، بسته شدن شیر قطع اضطراری (ESDV-1201)، گرفتگی در صافی پمپ، اختلال در پمپ تغذیه و از کار افتادن شیر کنترل (FCV-1201) از عوامل کاهش جریان بودند. از پیامدهای این گره کاهش سطح مایع در پایین برج عریان سازی با احتساب آسیب به پمپ ها و گرم کن ها و کاهش تولید و اختلال در عملیات بود که در جدول ۴ و محدوده این گره در شکل ۴ نمایش داده شده است.

گره شماره ۲

هر واحد شیرین سازی به یک تفکیک تر مطلوب نیاز دارد. تفکیک تر باهدف فیلتراسیون سیستم برای حذف ذرات و جامدات غوطه ور ایجاد می شود. جداکننده نه تنها بر اساس حجم مایع ورودی بلکه بر اساس ظرفیت بالقوه برای مدیریت هیدروکربن های مایع، آب و مواد شیمیایی تصفیه چاه باید طراحی گردد از آنجاکه آب موجود قادر به خروج از دو مسیر خروجی (نفت و گاز) نیست، لازم است تفکیک تر جانبی داشته باشد تا در آن تجمع یابد. بدین گونه ترکیب تثبیت سازی با یک سیستم خنک کننده مؤثر که بسیار ارزان تر و کم حجم تر است، امکان پذیر می گردد.

این گره شامل تفکیک گر جانبی (V-201) و مبدل حرارتی جانبی (E-201A) هست. گره دوم شامل ۱۰ انحراف قطع یا کاهش جریان، افزایش جریان، برگشت در خلاف جهت جریان، دمای بالا، دمای پایین، فشار بالا، فشار پایین، سطح مشترک بالا، سطح مشترک پایین

به ماتریس ریسک استفاده می شود. بدین منظور ماتریس ۷ در ۷ با شدت بر روی محور افقی و احتمال بر روی محور عمودی رسم می کنیم (شکل ۳) (۲۱).

		P _۷	P _۶	P _۵	P _۴	P _۳	P _۲	P _۱
I _۱	۱۰	۵۰	۱۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	
I _۲	۵	۲۵	۵۰	۱۵۰	۲۵۰	۴۰۰	۵۰۰	
I _۳	۲,۵	۱۲,۵	۲۵	۷۵	۱۲۵	۲۰۰	۲۵۰	
I _۴	۱,۵	۷,۵	۱۵	۴۵	۷۵	۱۲۰	۱۵۰	
I _۵	۰,۵	۲,۵	۵	۱۵	۲۵	۴۰	۵۰	
I _۶	۰,۲	۱	۲	۶	۱۰	۱۶	۲۰	
I _۷	۰,۱	۰,۵	۱	۳	۵	۸	۱۰	

احتمال

شکل ۳. ماتریس ریسک با شبکه ۷ در ۷

به منظور تعریف مرتبه ماتریس به تعداد تعاریف احتمال و شدت خطر بستگی دارد. هم چنین آرایه های درون ماتریس کیفی می باشند و ارزش ریسک را مشخص می کنند. جدول ۱ و ۲ به ترتیب تعاریف کیفی شدت خطر و احتمال را نشان می دهند.

جدول ۱. تعریف کیفی شدت خطر

شدت	تعریف
۷I	آسیب یا صدمه ی قابل توجهی وجود ندارد.
۶I	آسیب جزئی (کمک های اولیه) و صدمه کمتر از هزار دلار
۵I	آسیب های موقت یا اثراتی بر روی سلامتی و صدمه کمتر از ۵ هزار دلار
۴I	آسیب و اثرات بلند مدت بر روی سلامتی و صدمه بین ۵۰ هزار تا ۵۰۰ هزار دلار
۳I	آسیب و اثرات دائمی بر روی سلامتی و صدمه بین ۵۰ هزار تا ۱۰۰ هزار دلار
۲I	یک مرگ و صدمه بین ۱۰۰ هزار تا ۱۵۰ هزار دلار
۱I	چندین مرگ و صدمه بیش تر از ۱۵۰ هزار دلار

جدول ۲. تعریف کیفی احتمال خطر

احتمال	تعریف
۷P	تقریباً غیرممکن
۶P	به ندرت ممکن است رخ دهد
۵P	ممکن است با احتمال کمتر از ۵۰٪ تصادفی
۴P	ممکن است گاهی رخ دهد
۳P	امکان پذیر با احتمال ۵۰٪
۲P	مکرر
۱P	رخ خواهد داد

و خطرات نگهداری و تعمیرات هست. افزایش جریان از بالادست و اختلال شیر کنترل فشار از دلایل افزایش جریان هست. از پیامدهای این گره می‌توان به کاهش جداسازی آب در تفکیک‌تر جانبی، کاهش دما در گرم‌کن، کاهش فشار در تفکیک‌تر جانبی که سبب تشکیل بخار می‌شود، اشاره کرد. اطلاعات مربوط به این انحراف در جدول ۵ و محدوده دومین گرهی واحد شیرین سازی نفت در شکل ۵ نشان داده شده است.

گره شماره ۳

گرم‌کن همرفتی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیرمجموعه واحدهای پالایشگاهی باهدف تأمین حرارت موردنیاز ایجادشده‌اند. طراحی کوره‌ها بر اساس وظیفه گرمایشی، نوع سوخت و روش تأمین احتراق متفاوت هست. عمدتاً دو بخش اصلی کوره‌های صنعتی شامل بخش

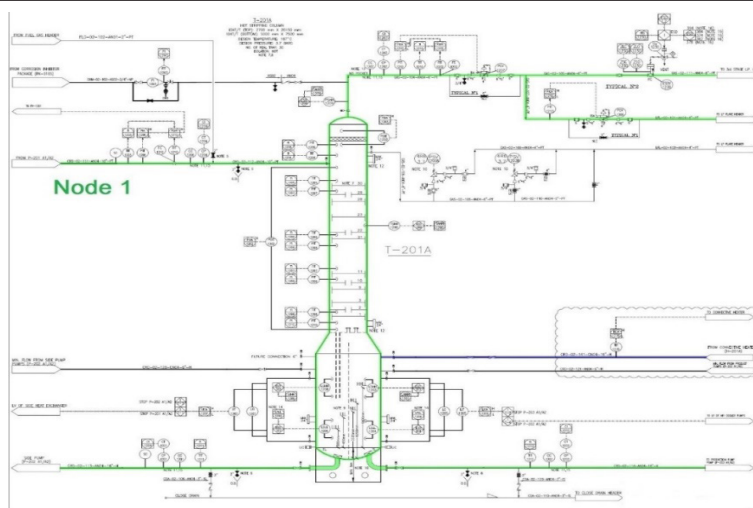
تابشی و همرفتی است. بخش همرفتی که گره شماره ۳ را تشکیل می‌دهد در بالای بخش تابشی واقع شده است و حرارت ناشی از احتراق گازها پیش از خروج از دودکش، بازیافت می‌شوند. انتقال حرارت در این بخش با انتقال حرارت جابه‌جایی حرارتی صورت می‌گیرد. این گره شامل ۱۳ انحراف قطع یا کاهش جریان نفت خام، افزایش جریان نفت خام، قطع یا کاهش جریان گاز به مشعل، افزایش جریان گاز به مشعل، قطع یا کاهش جریان گاز به جرقه زن، افزایش جریان گاز به جرقه زن، برگشت در خلاف جهت جریان، فشار بالا، فشار پایین، دمای بالا، دمای پایین، تغییر ترکیب، نشت از جمله انحرافات این گره هست. معیوب شدن لوله‌های خام از علت‌های نشت هست که پیامد آن عبارت است از ورود نفت به محفظه آتش گرم‌کن که سبب آسیب به گرم‌کن می‌شود. اطلاعات مربوط به این انحراف در جدول ۶ و محدوده گره سوم در شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۳. لیست گره‌ها و رنگ‌بندی مربوط به هر کدام

گره	رنگ	نوع تجهیز	نوع و شماره تجهیزات
۱. برج عریان ساز گرم	سبز	خط لوله پمپ برج	۱A۲۰۱/۲A-P، ۱A۲۰۲P/۲A- ، ۱A۲۰۳/۲A-P، ۱A۲۰۱T-P،
۲. تفکیک گر جانبی	بنفش	خط لوله مخزن	-A۲۰۱E، A۲۰۱V
۳. گرم‌کن همرفتی	آبی	خط لوله هیتر	-A۲۰۱H
۴. مبدل حرارتی جدید	زرد	خط لوله کولر هوایی مبدل حرارتی	-A۲۰۱E، A۲۰۲E-، A۲۰۱AC
۵. پمپ توزیع آب رقیق‌کننده	نارنجی	خط لوله	-
۶. پکیج تزریق مواد شیمیایی	قرمز	پکیج خط لوله پمپ تزریق	-A/B۲۱۱P، ۲۰۵PK
۷. قطره گیر سوخت مصرفی	بنفش	خط لوله مخزن	-۲۰۲V
۸. قطره گیر گاز مشعل	آبی روشن	خط لوله مخزن پمپ	-A/B۲۰۴V، A/B۲۰۶P
۹. پکیج مشعل	صورتی	خط لوله پکیج	-۲۰۱V
۱۰. ظرف تخلیه مایعات	قرمز	خط لوله مخزن پمپ	-۲۰۳V
۱۱. پکیج هوای ابزار دقیق	آبی	خط لوله کمپرسور مخزن پکیج	-A/B۲۰۲PK، A/B۲۰۵V، A/B۲۰۳PK

جدول ۴. انحرافات و پیامدهای گره شماره ۱ در واحد شیرین سازی نفت خام

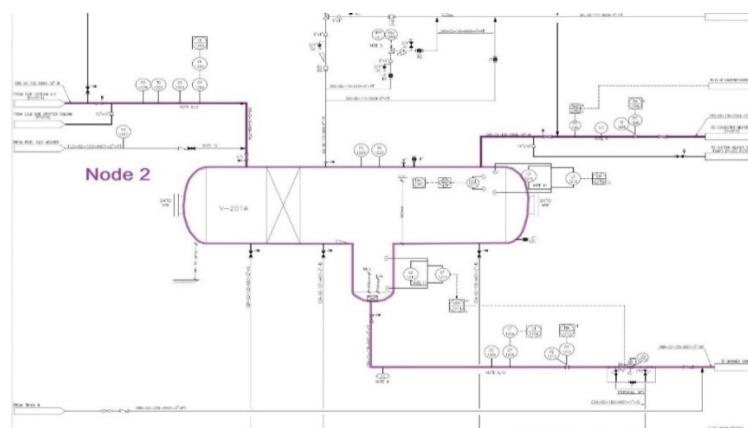
شماره تجهیزات:				گره ۱: برج عریان ساز گرم	
A۲۰۱T-، A۲۰۳P-۲A، A۲۰۲P-۲A، A۲۰۱P-/A					
پیشنهادهای	ماتریکس ریسک			پیامدها	دلایل انحرافات
	S	L	RR		
۱. لازم نیست ۱۲۰۱-ESDV توسط ۱۲۰۱-PSLL بسته شود (فشار پایین ورودی پمپ A۲۰۱P-/۲A) ۲. بسته شدن شیر ایمنی ۳. ۱۲۰۱-ESDV باید به سستی بسته شود	۴I	۴P	۴۵	FAL-۱۲۰۹.۱،۱،۱	۱. کاهش/افت جریان از واحد نمک زدایی موجود به هر دلیلی
				PAL-۱۲۰۲ A/B.۲،۱،۱	
				PSLL-۱۲۰۱ A/B.۳،۱،۱	
				ESD-۳۰۱ A/B شدن	
				FI-۱۲۱۰.۴،۱،۱	
	۴I	۳P	۱۵	FI-۱۲۰۱.۵،۱،۱	۲. بسته شدن ۱۲۰۱-ESDV به دلیل خطا یا اشکال در فرآیند
				۶،۱،۱. جریان حداقل در پمپ	
				۱،۱،۲. مشابه موارد مطرح شده در ۱،۱،۱ تا ۱،۱،۵	
				۲،۱،۲. موقعیت شناساگرها شیرها	
۴. لازم به بسته شدن ۱۲۰۱-ESDV به علت ۱۲۰۲-PSHH (فشار بالای خروجی پمپ A۲۰۱P-/۲A)	۴I	۳P	۱۵	PDAH-۱۲۰۲ A/B.۱،۱،۳	۳. بسته شدن صافی های پمپ
				۱،۱،۴. اشکال در بخش هشدار یا شناساگر وضعیت در پمپ	
	۴I	۳P	۱۵	۲،۱،۴. آماده به کار در نظر گرفتن پمپ	۴. بسته شدن / ایجاد اشکال در پمپ های ۲A A۲۰۱P-/
۵. ایجاد اشکال/بسته شدن ۱۲۰۱-FCV یا هر المان وابسته	۴I	۴P	۴۵	FAL-۱۲۰۹.۱،۱،۵	
				PAH-۱۲۰۴ A/B.۲،۱،۵	
				PSHH-۱۲۰۴ A/B.۳،۱،۵	
				ESD-۳۰۸ فعال می شود	
				FI-۱۲۰۱.۴،۱،۵	



شکل ۴. نمونه‌ای از گره شماره ۱ در واحد شیرین سازی نفت خام

جدول ۵. انحرافات و پیامدهای گره شماره ۲ در واحد شیرین سازی نفت خام

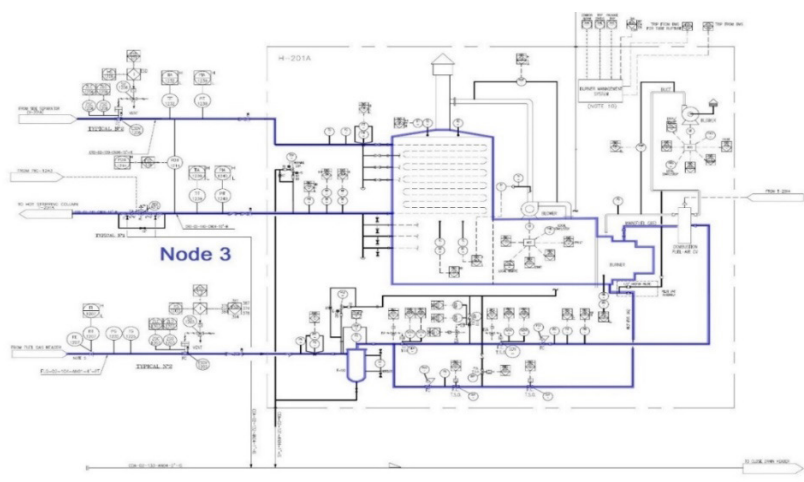
گروه ۲: تفکیک تر جانبی	شماره تجهیزات: A۲۰۱E، A۲۰۱V				انحراف ۲: افزایش جریان	
دلایل انحرافات	پیامدها	تجهیزات حفاظتی	ماتریکس ریسک			پیشنهادها
			RR	L	S	
۱.افزایش جریان بالادستی به هر دلیلی	۱.۱ کاهش جدایش آب در V-۲۰۱ . کاهش دما در هیتر	FAH-۱۲۰۶. ۱.۱،۱	۱۵	۴P	۳I	
	۱.۲ کاهش دما در هیتر	FAH-۱۲۰۶. ۲.۱،۲ ۳.۱،۲ دمای پایین حفاظت کننده هیتر	۱۵	۴P	۳I	
۲.ایجاد اشکال/ بسته شدن PCV-۱۲۱۲ یا هر المانی که کنترل کننده ی چرخه فرایند هست	۲.۲ کاهش فشار در V-۲۰۱ که ممکن است منجر به ایجاد بخار شود	LALL-۱۲۱۰. ۱.۲،۲ ۲.۲،۲ LALL-۱۲۱۷ که به وسیله ی ESD-۳۷۴ A/B فعال می شود PAL-۱۲۴۳. ۳.۲،۲	۱۵	۳P	۴I	



شکل ۵. نمونه‌ای از گره شماره ۲ در واحد شیرین سازی نفت خام

جدول ۶. انحرافات و پیامدهای گره شماره ۳ در واحد شیرین سازی نفت خام

شماره تجهیزات: A201H				گره ۳: گرم کن همرفتی	
پیشنهادهای	ماتریکس ریسک			پیامدها	دلایل انحرافات
	S	L	RR		
	۴I	۴P	۴۵	۱،۱،۱. روند تعمیر و نگهداری ۲،۱،۱. قطع شدن سیگنال از BMS برای سوراخ تیوب به هیتر	۱. خرابی تیوب های نفتی



شکل ۶. نمونه ای از گره شماره ۳ در واحد شیرین سازی نفت خام

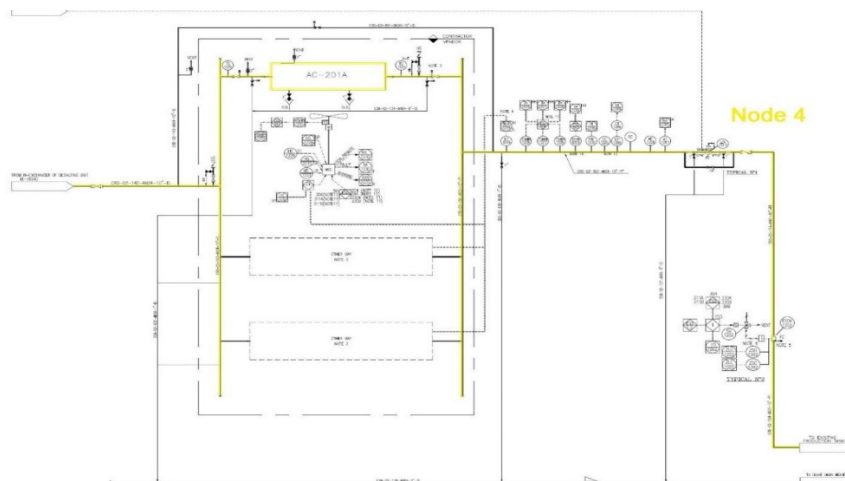
گره شماره ۴

گره ۴ چهارم شامل مبدل حرارتی جدید برای واحد نمک زدایی و خنک کننده هست. یک مبدل حرارتی می تواند انرژی مورد نیاز برای خنک کردن و حرارت لازم برای نمک زدایی را فراهم کند. به نظر می رسد در میان روش های نمک زدایی موجود، روش تقطیر غشایی مناسب ترین راه حل برای فراهم کردن سطح دمای لازم پمپ حرارتی استاندارد داشته باشد. این گره شامل یک مبدل حرارتی جدید (A201E)، یک مبدل حرارتی جانبی (A202E) و یک خنک کننده (A201AC) هست. تعداد انحرافات در این گره ۷ عدد

و شامل انحراف قطع یا کاهش جریان، افزایش جریان، برگشت در جهت نامناسب جریان، دمای بالا، دمای پایین، فشار بالا، فشار پایین هست. کاهش انتقال حرارت در مبدل حرارت جانبی و مبدل حرارتی جدید به علت ضعف و اختلال در خنک کننده و ضبط کننده دما از عوامل افزایش دما هست. افزایش بار گرم کن همرفتی، افزایش دما محصولات، اختلال در واحد نمک زدایی از جمله پیامدهای این عوامل می باشند. اطلاعات این گره در جدول ۷ و قسمتی از گره چهارم در شکل ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷. انحرافات و پیامدهای گره شماره در واحد شیرین سازی نفت خام ۴

شماره تجهیزات: A۲۰۱AC-، A۲۰۲E-، A۲۰۱E-				گره ۴: مبدل حرارتی	
پیشنهادهای	ماتریکس ریسک			پیامدها	دلایل انحرافات
	S	L	RR		
	۳I	۳P	۵	۱،۱ افزایش بار H-A۲۰۱	۱. کاهش انتقال حرارت E-A۲۰۱ به دلیل گرفتگی و غیره
	۳I	۳P	۵	۲،۱ افزایش دمای تولید	
	۳I	۳P	۵	۱،۲ آسیب به فرآیند واحد نمک زدایی	۲. کاهش انتقال حرارت E-A۲۰۲ به دلیل گرفتگی و غیره
	۳I	۳P	۵	۲،۲ افزایش دمای تولید	
	۴I	۴P	۴۵	۱،۳ اشکال در بخش هشدار یا شناساگر وضعیت کولر TAH-۱۲۲۹ ۲،۱،۳ ۳،۱،۳ TSHH-۱۲۲۹ که به وسیله ESD-۳۶۷ فعال می شود ۴،۱،۳ ESD-۳۶۰ TSHH که به وسیله فعال می شود	۳. فن کولرداری اشکال یا از سرویس خارج شود



شکل ۷. نمونه ای از گره شماره ۴ در واحد شیرین سازی نفت خام

بحث

این واحد شیرین سازی، بیش از حد پر شدن سطح مخزن، فشار بالا، عملکرد ناصحیح فلر که به ترتیب در گره های ۶، ۷ و ۹ به دلایل مختلف اتفاق می افتند. گره ی ششم شامل بسته تزریق مواد شیمیایی هست. به طور مثال پر نشدن مخزن به مدت طولانی از عوامل کاهش سطح هست که عدم تزریق مواد شیمیایی و در صورت ادامه داشتن این موضوع، افزایش خوردگی را به دنبال دارد. یکی از مهم ترین

گروه مطالعه کننده پس از بررسی هر گره انحرافات و پیشنهادها خود را در جداول مربوطه وارد نموده اند. نتایج جلسات مخاطرات و راهبری عملیات به صورت جداولی استاندارد که در ستون های آن انحرافات، علل، پیامدها، محافظ ها و سرانجام در صورت وجود، راه حل احتمالی درج شده است، مستند می شود که مهم ترین انحرافات موجود در

به طور کلی، با توجه به اینکه به منظور کاهش دادن میزان سولفید هیدروژن نفت خام از روش شیرین سازی نفت استفاده می شود و یکی از روش های پرکاربرد برای شیرین سازی، استفاده از روش برج های عریان سازی است. با توجه به اینکه در این فرآیند مایعات ترش از بالا وارد برج دفع می شود و پس از شیرین سازی از قسمت انتهایی برج وارد گرم کن می شوند. وجود گرما به عنوان عامل مهم برای این جداسازی می باشد، بنابراین این فرآیند می تواند مخاطره هایی را نیز به همراه داشته باشد، که این مخاطرات فرایندی از عواملی همچون دمای مورد نیاز گرم کن، دمای نفت خام ورودی، فشار کارکرد برج و تعداد سینی های برج متأثر می باشند. بنابراین استفاده از روش های مطالعه مخاطرات همچون روش هازوب می تواند با شناسایی گره ها، انحرافات و همچنین مخاطرات احتمالی ضمن معرفی راهکارهای پیشنهادی مؤثر، ضمن جلوگیری از آسیب وارده به نیروی کار، تجهیزات و محیط کار نقش مؤثری در راهبری عملیاتی در واحد فرآیندی داشته باشد

به طوری که در این تحقیق ضمن در نظر گرفتن گره ها در سیستم، پارامترهایی از قبیل سهولت دستیابی به میزان سولفید هیدروژن مجاز، تجهیزاتی مانند مبدل حرارتی، پمپ های خنک کننده، گاز سوخت مصرفی کوره ها و گرم کن ها، سایت مورد نیاز برای نصب تسهیلات و تجهیزات و کیفیت نفت خام شیرین شده برای طراحی و بهینه سازی فرآیند شیرین سازی نفت خام نقش به سزایی دارند.

در این پژوهش، در ابتدا گروه مطالعه مخاطرات و راهبری عملیات تشکیل شده، واحد فرآیندی را به ۱۱ گره تجزیه و تعداد ۹۴ انحراف محتمل موجود در هر گره را مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس انحرافات عملیاتی، عوامل خطر، پیامدها و لایه های حفاظتی مورد بازبینی قرار گرفت و نقاط ضعف موجود در لایه های حفاظتی مشخص گردید. به طوری که مهم ترین انحرافات موجود در این واحد شیرین سازی، بیش از حد پر شدن سطح مخزن، فشار بالا، عملکرد ناصحیح فلر که به ترتیب در گره های ۶، ۷ و ۹ به دلایل مختلف به وقوع پیوسته است. در این تحقیق پس از جمع بندی یافته ها، به منظور جلوگیری از رخداد پیامد و حوادث ناگوار تعداد ۵۵ اقدام اصلاحی مؤثر پیشنهاد گردید. بدیهی است به کارگیری نتایج این تحقیق به ایجاد محیطی ایمن تر با قابلیت اطمینان بالاتر و محصول دوستار محیط زیست کمک خواهد نمود. به طوری که پیشنهاد های عمومی عملیاتی شامل: در نظر گرفتن شماره تگ تمام دریچه های کنترل باید با توجه به شماره تگ فرستنده، اصلاحات در مجوز نهایی اسناد، حذف تمام نقاط کور در خطوط اتصال PSV ها، مشخص کردن تمام محافظ های پمپ مناسب مانند سویچ دما یا ارتعاش (در صورت لزوم) در داده های مربوط به پمپ، در نظر گرفتن نقطه تخلیه نگه دارنده برای تخلیه و مکش تمامی پمپ ها ارائه می گردد.

انحرافات در این گره، بیش از حد پر شدن سطح مخزن می باشد که متعاقباً باعث از دست رفتن مواد و انتقال آلودگی به محیط و خطرات سلامتی برای کارکنان می گردد. گرهی هفتم شامل قطره گیر سوخت مصرفی هست. یکی از مهم ترین انحرافات در این گره، فشار بالا می باشد که به دلایل آتش سوزی و عدم عملکرد صحیح شیرهای کنترل فشار می باشد که باعث صدمه به تجهیز می گردد. برای جلوگیری از وقوع این پیامد، شیرهای ایمنی فشار که به صورت خودکار عمل می کند برای تخلیه گاز به خط فلر قرار گرفته اند. گرهی نهم شامل پکیج مشعل هست. از مهم ترین انحرافات این گره عملکرد ناصحیح فلر می باشد که به دلیل خاموش شدن شعله فلر (به هر علتی) رخ می دهد که باعث تخلیه گاز فلر (گازهای سمی و قابل اشتعال) به اتمسفر می گردد. بنابراین با انجام مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات و در طی یک فعالیت کاملاً خلاقانه سعی می شود تمام نقص های طراحی، مخاطرات احتمالی و مشکلات راهبری واحد عملیاتی آشکار شود و بدین وسیله نقاط ضعف واحد از نظر ایمنی شناسایی گردد. از آنجاکه این جستجو روشمند انجام می گیرد، احتمال دیده نشدن مشکلات ایمنی و عملیاتی به حداقل می رسد. نتایج حاصل از این روش می تواند ارزیابی کیفی مخاطرات را به همراه داشته باشد. به طوری که پس از روشن شدن نقاط ضعف فرآیند، مطالعات مخاطرات و راهبری عملیات می تواند مقدمه ای انجام تحلیل های کمی بعدی مانند درخت خطا و روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع باشد.

روش مخاطرات و راهبری عملیات برای کشف خطرات در مراحل نخست فرآیند طراحی مؤثر هست و در صورت انجام به موقع می تواند بسیاری از تغییرات پرهزینه واحد را که باهدف بهبود طراحی فرآیند یا شرایط عملیاتی، انجام می شود، کاهش دهد. میزان موفقیت و تأثیر این مطالعه در گرو تجربه و معلومات فنی اعضا گروه و شایستگی رهبر گروه است. واضح است که افراد خطرات و عللی که در سطح دانش آن ها نباشد را نمی توانند پیش بینی و شناسایی نمایند. در نتیجه باید تلاش شود که افراد مجرب و آگاه به مسائل ایمنی و فرآیندی با تخصص های گوناگون در تشکیل گروه در نظر گرفته شوند. اصلی ترین ضعف روش مخاطرات و راهبری عملیات تنها ارزیابی بخش هایی است که در نمودارهای فرآیندی و سامانه های اطلاعاتی موجود هستند. به بیان دیگر انحرافات غیر قابل پیش بینی در مطالعات استاندارد مخاطرات و راهبری عملیات لحاظ نمی شوند. صرف زمان و هزینه های زیاد نیز از دیگر معایب این روش نسبت به سایر روش های شناسایی مخاطرات هست. علاوه بر این، چنانچه بخش وسیعی از کارخانه مورد مطالعه قرار گیرد به علت جزئی و دقیق بودن، بررسی بسیار پیچیده شده و باعث سردرگمی اعضای گروه می شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از دانشکده محیط زیست، به واسطه حمایت‌های مادی و معنوی از این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

در ضمن بدین وسیله اعلام می‌شود که تحقیق حاضر هیچ گونه تضاد منافی به همراه ندارد.

References

1. Sarkheil H, Hassani H, Alinia F. The fracture network modeling in naturally fractured reservoirs using artificial neural network based on image loges and core measurements. *Aust J Basic Appl Sci.* 2009; 3 (4): 3297-306.
2. Sarkheil H, Hassani H, Alinia F. Fractures distribution modeling using fractal and multi-fractal–neural network analysis in Tabnak hydrocarbon field, Fars, Iran. *Arabian Journal of Geosciences.* 2013;6 (3):945-56.
3. Sarkheil H, Hassani H, Alinia F, Enayati A, Nikandish A. Fracture analysis in Tabnak hydrocarbon field of Iran by using fractal geometry and multi-fractal analysis. *Arabian Journal of Geosciences.* 2012; 5(4):579-86.
4. Sarkheil S, Hassani H, Alinia F, Enayati A, Motamedi H. A Forecasting System Of Reservoir Fractures Based On Artificial Neural Network And Borehole Images Information-Exemplified By Reservoir Fractures In Tabnak Field, Fars, Iran. *International Multidisciplinary Scientific Geoconference: Sgem.* 2009;1:563-70.
5. Tavakol Moghadam M, Rashtchi M, Pashaei E, Rezapour M, Shaykh F. Analysis of patent documents in the field of sulfur disinfection processes from hydrocarbons. *Quarterly Journal.* 2014;44:5-19. (In Persian)
6. Tajdini P, Valizadeh K, Khabazzadeh M, Tahmasebi, M M. Sulfur Desalination of Petroleum Products by Nanocatalysts. *First International Conference on Oil, Gas, Oil and Petrochemicals.* 2012. (In Persian)
7. Adl J, Ghahramani A, Nasel saraji J. Risk Assessment in the Confectionery Section of Gas Refining Gas Refining Unit. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research.* 2005; 3(4):1-2. (In Persian)
8. Sarkheil H, Tavakoli J, Rezvani S. Inherent safety process assessment in the initial phase of the chemical design process: the case of the acetic acid production process. *Safety Promotion and Injury Prevention.* 2016;4(1):63-8.
9. Mohammadi G, Azimi Y, Sarkheil H, Bodaghjamali J. Modeling and Evaluation of the Benzene Leakage Consequences in the Coking Plant of Isfahan Steel Company. *Safety Promotion and Injury Prevention.* 2019; 7(1):10-9.
10. Sarkheil H, Rahbari S. 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(1):45-53.
11. Sarkheil H, Tahery B, Rayegani B, Ramezani J, Goshtasb H, Jahani A. Evaluating the current status of the national health, safety, and environment management system for integration, harmonization, and standardization of environmental protection. *Health Risk Analysis.* 2020;1:18-24.
12. Jozi SA, Ghasemi MR, Safari H. Evaluation of Process Hazards of the Confectionery Unit of the Gas Refinery of the Offshore Oil Company of Qeshm Operational Zone by HAZOP Method. *National Conference on Environmental Research of Iran. Hamadan-Shahid Mofteh College.* 2013. (In Persian)
13. Mantehai A. Study of Hazards and Operations

Management. Journal of Exploration and Production, 2005; 13: 38-41. (In Persian)

14. Ghorbanzade T, Sarkheil H, Ramezani R. Analysis of Occupational Hazardous Causes: Ergonomics, Thermal Stress, Noise and Vibration; Provision of HSE_MS Improvement Resolutions for Refinery A of Assaluyeh. Iran. J. Appl. Environ. Biol. Sci. 2015; 5(8): 291-7.

15. Goharrokhi M, Farahmand F, Otadi M. Gas Sweetening Units Risk Assessment Using HAZOP Procedure.

16. ISO. International Standard: Risk Management: Principles and Guidelines. ISO 31000. Principes Et Lignes Directrices. ISO; 2009.

17. Sarkheil H, Tavakoli J, Rezvani S. An Innovative Neglected Invisible Hazard Identification (NIHI) At Workplaces; The Case Of Athletics Hall Boroujen-Iran. International Journal of Occupational Hygiene. 2015; 7(3): 159-66.

18. Mohammad Fam I, Kianfar A. Application of Operations and Hazard Study Techniques (HAZOP) in Safety, Health and Environmental Hazards

Assessment (Case Study: Oil Warehouse of National Petroleum Products Distribution Company). Journal of Environmental Science and Technology. 2010; 1(12): 39-49. (In Persian)

19. Sarkheil H, Tavakoli J. Oil-Polluted Water Treatment Using Nano Size Bagasse Optimized- Isotherm Study, Eur. Online J. Nat. 2015; 4(2), 392-400.

20. Gholamreza A, Bashiri NM. HAZOP Risk Assessment in Process Industries (Case study in Pars oil refinery for formal unit). 3rd National Conference on Safety Engineering and HSE Management. 2009: 7-18. (In Persian)

21. Omrani A. Thesis Identification and Evaluation of Process Risks of LPG Unit of Tehran Refinery Using HAZOP Technique. Sistan and Baluchestan University. 2011: 215

22. Sarkheil H, Alavi-Tabar A, Shayan Fard P. An Innovative Method for Identifying and Detecting Factors and indication of Fraud Occurrences in Health, Safety and Environmental Management System Audits. Case Study: Safety Promotion and Injury Prevention. 2019; 7(2): 95-105.