ارزیابی ریسک در ایستگاه تقلیل فشار گاز نیروگاه به روش HAZOP (مطالعه موردی نیروگاه گازی بمپور)

پیمان دادکانی [۱*]، مهرداد نهاوندچی[۲]، محمدجواد تجدد[۳]، امید حیدری[۴]

۱*- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست ، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکترای رشته برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست ، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی دکترای رشته برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست ، دانشگاه تهران

۴- دانشجوی دکترای رشته برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست ، دانشگاه تهران

ایمیل نویسنده مسئول: dadkani.p@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴

چکیده

صنایع فرایندی از جمله صنایع نفت و گاز دارای خطرات ایمنی و محیط زیستی فراوانی هستند که رعایت نکردن اصول ایمنی و محیط زیستی می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد. ارزیابی ریسک به عنوان مهمترین مرحله در مدیریت ریسک صنایع شناخته می‌شود. در این پژوهش با استفاده از روش HAZOP به شناسایی ریسک‌های موجود در ایستگاه تقلیل فشار گاز پرداخته شد. با تشکیل یک تیم متخصص به بیان شرایط کلی و تجهیزات ایستگاه پرداخته شد و کل ایستگاه به قسمت‌های کوچکتر که گره نامیده می‌شوند تقسیم شد. با استفاده از کلمات کلیدی انحرافات در ۵ گره فیلتر اسکرابر، فیلتر سپراتور، فیلتر خشک، رگلاتور و سیفتی ولو مورد بررسی قرار گرفت. ۹ انحراف در ۵ گره شناسایی شده که با ۳ انحراف کلی تعداد ۱۲ انحراف شناسایی شد. از بین ۱۲ انحراف ۹ انحراف در دسته ریسک‌های مطلوب و ۳ انحراف در گروه ریسک‌های نامطلوب قرار گرفتند. ۳ انحراف نامطلوب با عدد ریسک ۸ مربوط به انحراف فشار بیشتر در فیلتر سپراتور، فیلتر خشک و آلودگی صوتی می‌باشند. پس از شناسایی پیامد هر یک از انحرافات و حفاظت‌های موجود در ایستگاه گاز، پیشنهادات ایمنی مطابق با شرایط هر گره ارائه شده است.

کلمات کلیدی

"ارزیابی ریسک"، "HAZOP"، "ایستگاه تقلیل فشار گاز"،

۱- مقدمه

امروز صنایع گاز به طور عمده شامل استخراج، فرآوری، انتقال و مصرف می‌باشد. گاز طبیعی پس از استخراج توسط شبکه جمع‌آوری به واحد تصفیه گاز هدایت می‌شود. افت فشار گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز انجام می‌شود بنابراین ایستگاه تقلیل فشار، شبکه تغذیه و شبکه توزیع گاز به عنوان واحدهای فرایندی شرکت‌های گازرسانی نقش مهمی را بر عهده دارند. استفاده از تکنیک‌های ارزیابی خطر در این حوزه جهت شناسایی موارد با خطر بالا امکان کنترل بهینه سیستم را فراهم خواهد کرد (Ghahramani, ۲۰۰۶). تحلیل حوادث بزرگ در این ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که بخش بزرگی از آسیب و خسارت‌های حوادث و احتمال وقوع آن‌ها نه تنها قابل پیشگیری است بلکه قابل پیش‌بینی نیز می باشد البته اگر اقداماتی مانند شناسایی علل ریشه‌ای و پیامدهای نهایی و کنترل آن‌ها به موقع انجام گیرد(Zarei, ۲۰۱۳). تجزیه و تحلیل و مطالعات خطر یکی از ضروری‌ترین مراحل برای افزایش سطح ایمنی در این ایستگاه‌ها می باشد (Eckle, ۲۰۱۳). پیچیدگی و گسترش صنایع شیمیایی و فرآیندی منجر به خطرات ایمنی بالا و فاجعه در جهان می شود. برخی از این رویدادهای غم انگیز عبارتند از: فیزین، مکزیکو سیتی بوپال (هند)، پایپر آلفا (بریتانیا)، انفجار سوخت مایع (دریای شمال) یا چرنوبیل (روسیه) (Bartolozzi, ۲۰۰۰). حمل و نقل مواد خطرناک منبع اصلی خطرات است که بسیاری از صنایع و همچنین عموم را تهدید می کند. این شبکه های خطوط انتقال مواد خطرناک بین بسیاری از صنایع و مشتریان آنها از جمله جمعیت عمومی توزیع شده است. اگرچه حمل و نقل مواد خطرناک توسط خطوط لوله ایمن به نظر می رسد، اما باز هم شامل مسائل ایمنی می شود. اگرچه فرکانس حوادث خط لوله کم است، پتانسیل بالای عواقب آنها می تواند فرکانس پایین را تحت تأثیر قرار دهد. پایگاه‌های اطلاعاتی سوانح نشان می‌دهد که خطوط لوله‌ای که مواد خطرناک را انتقال می‌دهند، به اندازه تأسیسات

پالایشگاهی دارای خطر هستند (Dziubiński, ۲۰۰۶). صنعت خط لوله تنها در سال ۲۰۱٤ حداقل ۸ انفجار بزرگ و بیش از ۵۵ مرگ را تجربه کرده است (Zarei, ۲۰۱۸). خطوط لوله در مناطقی که معمولا تحت کنترل نیستند قرار داده می شود. علاوه بر این، عبور خطوط لوله از مناطق پرخطر مانند مناطق شلوغ، وضعیت را خطرناک‌تر می کند. بنابراین، پیامدهای بالقوه بالا، عدم کنترل و عبور از مناطق پرخطر، خطوط لوله را به منبعی جدی برای خطرات مخرب تبدیل کرده است (Kalatpoor, ۲۰۱۱). مدیریت ریسک با توجه به خط مشی سازمان و ارزشیابی ریسک مورد تایید مدیریت ارشد باید اندازه‌گیری و از طریق روش مورد تایید سازمان انجام گردد. با توجه به سیستم مدیریت ایمنی فرآیند پیشنهاد می‌گردد نسبت به شناسایی و ارزیابی خطرات فرآیندی در مراحل نصب، پیش راه‌اندازی، راه اندازی و بهره برداری صورت پذیرد و در صورت انجام هر گونه تغییرات در فرآیند، تکنولوژی و تجهیزات مستندات تغییرات جهت جلوگیری از خطرات ناشی از تغییرات تهیه گردد. برخی از ریسک‌های ناشی از تغییرات بسیار ناچیز بوده و اثرات زیان بار نداشته بنابراین برخی دیگر اثرات زیان بار و خسارات جبران ناپذیر بجا می‌گذارند که لازم است برای آن‌ها تدابیر لازم را اتخاذ نمود. با مقایسه سناریو حوادث در کشورهای مختلف بدون در نظر گرفتن وضعیت توسعه آن‌ها، بیانگر وجود برخی عوامل مشترک بین حوادث به وقوع پیوسته می‌باشد. آنالیز این حوادث به عواملی از قبیل خطای انسانی، اعتماد خیلی زیاد به تجهیزات، مشکلات طراحی در واحدهای عملیاتی و فقدان واحد ایمنی، بهداشت و محیطزیست دارد (Mohammadfam, ۲۰۱۲). مهم‌ترین فاکتور در ایمنی سیستم و مدیریت ریسک شناسایی و کاهش پتانسیل‌های خطر می باشد. برای کنترل و مهار موفقیت آمیز خطرات می بایست درک درستی از خطرات و نحوه برخورد و چگونگی شناسایی آن‌ها داشته باشی. در سال‌های اخیر، نبود ایمنی به یکی از موارد و مشکلات خیلی مهم در طراحی و بهره‌برداری از واحدهای عملیاتی تبدیل شده است. اول به دلیل پیچیدگی اغلب فرآیندها در واحدهای عملیاتی مدرن، تغییرات اساسی استراتژی‌های کنترل و ارتقا متعدد قابلیت‌های فرایند است که همگی منجر به افزایش مشکلات بهره‌برداری می گردند و دوم به دلیل حوادثی که همه ساله در سراسر دنیا شاهد آن هستیم و باعث تلفات جانی، مشکلات زیست محیطی و از دست رفتن تولید می‌شوند. امکان بهبود ایمنی واحدهای عملیاتی در مراحل طراحی و بهره برداری وجود دارد در صورتی که توجه لازم به آنالیز شناسایی مخاطرات گردد(Venkatasubramanian, ۱۹۹٤). ریسک آسیب ناشی از خطری است که برای افراد یا گروه‌های خاصی که در هر سیستم یا فرآیندی در معرض آن قرار دارند رخ می‌دهد (Zakia, ۲۰۱۲). تجزیه و تحلیل حوادث به عوامل مختلفی از جمله خطاهای انسانی، اتکای بیش از حد به ایمنی ماشین آلات، مشکلات طراحی کارخانه، عدم آمادگی برای رویارویی و مقابله با شرایط بحرانی و عدم رعایت قوانین HSE اشاره دارد (Dunjó, ۲۰۱۰). برای جلوگیری از حوادث، کارشناسان ایمنی باید خطرات بالقوه کوچک، بزرگ، مرئی و نامرئی را با استفاده از ارزیابی ریسک و تکنیک های مدیریت شناسایی، ارزیابی و کاهش یا کنترل کنند. اهمیت ارزیابی ریسک کمک به تصمیم گیری برای انتخاب راه حل های خوب و متقاعد کردن مدیران به صرف منابع برای راه حل ایمنی است. چندین روش با برخی از مزایا و معایب برای ارزیابی ریسک خطر عبارتند از PHA، FMEA، LOPA، FTA، HAZOP و ETBA. (Mohammadfam, ۲۰۱۰ ; Mohammadfam, ۲۰۱۲). بسیاری از تعدیل‌کننده‌ها الزامات سخت گیرانه ای را برای مدیریت خطرات خط لوله تعیین کردند. همچنین ابزارهای متعددی برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های شرکت‌ها وجود دارد. یکی از رایج‌ترین تکنیک‌ها برای شناسایی ریسک‌های فرآیند، HAZOP (خطر و عملکرد) است که به عنوان ابزاری قدرتمند برای شناسایی ریسک‌های عملیاتی و ایمنی استفاده می‌شود (Kalatpoor, ۲۰۱۱).

HAZOP از سال ۱۹٦۰ برای تجزیه و تحلیل عوامل خطر ایمنی توسعه یافته است و می تواند به عنوان یکی از دقیق‌ترین روش ها برای شناسایی خطرات در صنایع مختلف به ویژه کارخانه های شیمیایی در نظر گرفته شود و یک رویکرد تجزیه و تحلیل خطر فرآیند PHA پرکاربرد است (Khan, ۱۹۹۷ Swann, ۱۹۹۵). مطالعه HAZOP بر روی روش ها تمرکز دارد و هدف آن شناسایی انحرافات احتمالی از طراحی مورد نظر است. این روش یک رویکرد سیستماتیک، بسیار منظم و مبتنی

بر تجربه است که برای اکثر سیستم‌های پیچیده مناسب است (Dunjó, ۲۰۱۰).

HAZOP معمولی ممکن است به اندازه کافی مناسب نباشد برای شناسایی خطرات خط لوله با وجود این واقعیت، بسیاری از شرکت ها همچنان بر استفاده از HAZOP در مطالعات خود در مورد تجزیه و تحلیل ریسک خطوط لوله اصرار دارند. بررسی‌های میدانی نشان داد که بسیاری از شرکت‌ها از این تکنیک برای ارزیابی ریسک خطوط لوله و سایر سیستم‌های پیچیده استفاده می‌کنند. دلایل متعددی می تواند صنایع فرآیندی را متقاعد کند که از HAZOP برای ارزیابی سیستم‌های خط لوله استفاده کنند. این قرابت ممکن است به دلیل «الزام یک سازمان به کار با HAZOP»، « تطبیق تکنیک کاربردی با تکنیک ارزیابی ریسک سایر واحدها یا کارخانه‌ها » و « آشنایی با HAZOP» باشد. این تحقیق با هدف بهبود HAZOP کلاسیک و مناسب‌تر کردن آن برای استفاده در ارزیابی ریسک خط لوله انجام شد (Gharabagh, ۲۰۰۹). از تحقیقات مشابه می‌توان به تحقیق دونجو و همکارانش در سال ۲۰۱۰ اشاره کرد. این مقاله تحت عنوان جمع‌آوری ادبیات مربوط به روش HAZOP می‌باشد که در این تحقیق دونجو به جمع‌آوری ادبیات مربوط به روش HAZOP از کتاب‌ها، دستورالعمل‌ها، استانداردها، مجلات بزرگ و کنفرانس‌ها باهدف طبقه‌بندی تحقیقات انجام دادند و در طول سال‌ها به استفاده از این روش در صنایع پرداختند (Dunjo, ۲۰۱۰). ژنگ در سال ۲۰۱۲ تحقیقی را تحت عنوان ارزیابی ایمنی خط تولید انفجار امولسیون بر اساس SDG-HAZOP انجام داد. در این تحقیق SDG-HAZOP برای ارزیابی ایمنی خطوط تولید مواد انفجاری امولسیونی به منظور ارزیابی ایمنی فرآیند به کار گرفته شد. در ابتدا عوامل خطر در یک خط تولید شناسایی شدند و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. نتیجه این تحقیق این بود که تمام عوامل خطر و پیامدهای نامطلوب شناسایی شدند و مسیر انتشار خطر مشخص شد. در نهایت یک سیستم ارزیابی ایمنی برای کارخانه‌های مواد منفجره ساخته شد که برای هدایت ایمنی بسیار مهم است(Zheng, ۲۰۱۲). در سال ۲۰۱۳ مارین تحقیقی را تحت عنوان HAZOP رویکرد محلی در صنعت نفت و گاز مکزیک انجام داد. در این پژوهش مشخص شد که در مکزیک و سطح ملی صنعت نفت و گاز معیارهای خطرپذیری صریح وجود دارد، بنابراین تأثیر سناریوهای خطر اولویت‌بندی دارد. در این مقاله HAZOP فقط می‌تواند رتبه‌بندی سناریوها را در نظر بگیرد و با نمایان ساختن پیامدهای عمده از رتبه خطر در HAZOP قبل و بعد از شناسایی حفاظهایی در نظر گرفت(Pérez-Marín, ۲۰۱۰). سروری در سال ۲۰۲۲ تحقیقی را تحت عنوان شناسایی خطرات عملیاتی حیاتی در یک نیروگاه آزمایشی ارتقاء بیوگاز از طریق تصمیم گیری چند معیاره و رویکرد FTOPSIS-HAZOP انجام داد. آلفردو در این تحقیق در زمینه، تجزیه و تحلیل HAZOP معمولی را از طریق تکنیک HAZOP چند ویژگی فازی بهبود بخشید. نتایج تحقیق بیانگر شناسایی خطرات بحرانی در زیزسیستم می‌باشد که تجزیه و تحلیل حساسیت قابلیت اطمینان و استحکام رتبه بندی نهایی را نشان داد. نتایج این تجزیه و تحلیل از نگهداری پیشگیرانه با شناسایی نقاط نظارت شده حیاتی هنگام افزایش مقیاس فرآیندهای ارتقای بیوگاز بیولوژیکی پشتیبانی می‌کند (Severi, ۲۰۲۲). ارزیابی ایمنی با ترکیب تکنیک‌های MCDM/AHP و HAZOP-DMRA از طریق نقشه‌های رنگی سطح ایمنی: پیاده‌سازی در صنعت پتروشیمی عنوان تحقیقی است که Marhavilas در سال ۲۰۲۲ انجام داد. در این تحقیق در ابتدا، فرآیند یکپارچه HAZOP-DMRA به منظور شناسایی و ارزیابی علل احتمالی شرایط غیرعادی (عیب) (انحرافات) در کارخانه صنعتی انجام شده است. با توجه به نتایج حاصل از HAZOP-DMRA، یک نمودار SLCM به منظور تعیین زیرواحدها (گره‌های) تسهیلات که ریسک بالایی دارند ایجاد شده است. در نهایت افسران برای قضاوت در مورد لزوم سرمایه گذاری وجوه محدود در مسدود کردن برخی از انواع خاص انحرافات (یا خطرات) و حفظ ایمنی کارکنان اقدام کردند (Marhavilas, ۲۰۲۲).

ادبیات تحقیق

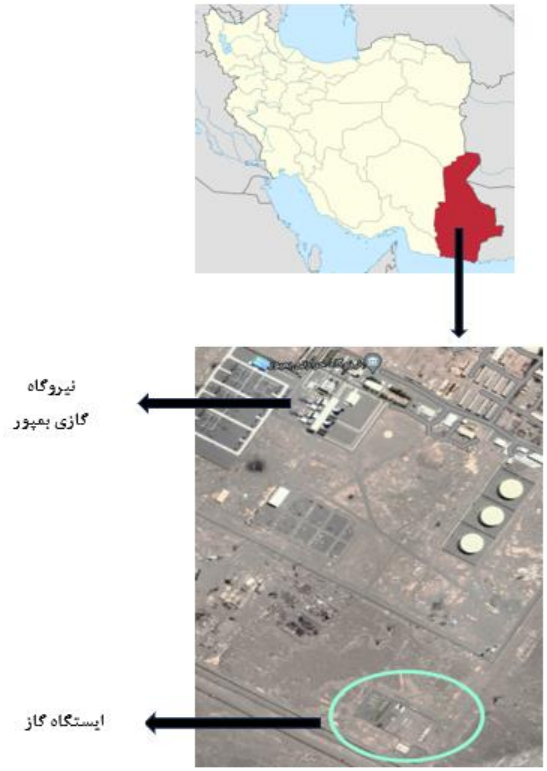
برخی تلاش کردن تا گسترش دامنه HAZOP کلاسیک انجام شود. Dunjo و همکاران‌اش تلاش هایی برای گسترش دامنه HAZOP انجام دادند (Dunjo, ۲۰۱۰). برخی دیگر رویکردهای جدید با گسترش دامنه شناسایی خطر، در نظر گرفتن عوامل انسانی و انجام اصلاحات خاص، نسخه های جدیدی از HAZOP را توسعه داده اند. گروسمن و فروم پیشنهاد کردند که مطالعه جایگزین HAZOP با حذف سوالات بی ربط و بی اهمیت از

HAZOP کامل می‌باشد. در تحقیقات خود در مورد HAZOP کامل، آنها اظهار داشتند که حدود ۹۰٪ از سوالات جدید اطلاعاتی راجع به خطرات ارائه نمی‌کند (Grossmann, ۱۹۹۱). تفاوت اصلی بین افزونه جدید و نسخه کامل HAZOP این است که این رویکرد بر انحرافات معنی‌دار و حذف سوالات تکراری و اضافی تمرکز دارد. در پاسخ به تقاضاهای جدید، تکنیک HAZOP به طور قابل توجهی تغییر کرده است. این به دلیل توانایی آن در نوآوری پسوندهای جدید برای برنامه های خاص‌تر است. برخی از نسخه های اصلاح شده HAZOP در سال‌های گذشته برای بهبود کاربرد HAZOP توسعه یافته‌اند که از جمله آنها می‌توان به HASPED، TOPHAZOP، HAZOP چند سطحی، HAZOP مبتنی بر هدف و HAZOP عملکردی اشاره کرد (Zarei, ۲۰۱۸).

۲- روش انجام تحقیق

- محدوده مورد مطالعه

نیروگاه گازی بمپور در ۲۵ کیلومتری شهر ایرانشهر قرار دارد. این نیروگاه شامل ۲ واحد گازی ۱۶۲ مگاواتی می باشد. ایستگاه گاز نیروگاه در ضلع شمال‌غربی نیروگاه قرار دارد. مهمترین کارکرد ایستگاه گاز، کاهش فشار گاز ورودی و خالص سازی گاز را بر عهده دارد. فشار گاز ورودی به ایستگاه بین ۵۰ تا ۸۰ psi متغیر بوده که پس از تقلیل فشار این عدد به حدود ۲۱ psi تقلیل پیدا می‌کند. مهم‌ترین اجزای ایستگاه گاز نیروگاه شامل فیلتر ها، Shut off، رگلاتور مانیتور، رگلاتور اکتیو و Safety valve می باشند. در شکل ۱ محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

- روش پژوهش

روش به کارگرفته شده در این تحقیق ارزیابی- تحلیلی است. در تحقیق حاضر به منظور تدوین ادبیات نظری، پیشینه تحقیق و شناسایی برخی معیارهای تحقیق ازکتاب‌ها و پژوهش‌های معتبر انجام شده در داخل و خارج از کشور مانند مجلات و مقالات داخلی و خارجی معتبر که با موضوع تحقیق ارتباط دارند بهره جسته شد. برخی از نشریات داخلی مورد استفاده می‌توان به مقالات نمایه شده در پایگاه علمی الزویر، مجلات پژوهشی داخلی و پایگاه علمی سولیکا نام برد. با استفاده ازرویکرد فازی- دلفی که با تهیه پرسشنامه و مصاحبه ازخبرگان، این عوامل غربال شده و به عوامل اصلی کاهش یافته و در پایان پرسشنامه دیگری برای مقایسات زوجی عوامل شناسایی شده تهیه گردیدکه مقادیر آن با استفاده از روشHAZOP تحلیل گردیده و عوامل اثرگذار و اثرپذیر شناسایی شدند. HAZOP یک روش کیفی، سیستماتیک، خلاقانه و گروهی است که یادگیری آن بسیار آسان است و روشی موثر برای تشخیص خطرات و مشکل عملکرد سیستم با تعیین تأثیرات آنها است.

اجرای HAZOP به شرح زیر است:

۱. شناخت و درک کلی از سیستم

۲. تقسیم سیستم به گره های کاربردی
۳. شناسایی انحرافات در هر گره با استفاده از کلمه کلیدی
٤. تعیین کلیدواژه های اصلی: فشار، دما، جریان و غیره
۵. استفاده از کلمات کلیدی ثانویه: نه، بیش از، کمتر از، و همچنین و غیره
٦. برآورد احتمال و پیامدهای انحرافات
۷. تعیین سطح ریسک خطرات با استفاده از ماتریس ریسک
۸. تعریف کنترل هایی را برای کاهش خطرات
(Arghami, ۲۰۱٤).

برای انجام روش HAZOP ابتدا نیاز است یک تیم از متخصصان که شناخت کافی از شرایط و خطرات ایستگاه گاز دارند تشکیل شود. اولین مرحله شناخت کامل سیستم و فرایند ایستگاه گاز می‌باشد که ایستگاه شامل چه تجهیزاتی با چه ویژگی‌ها و کارکردی می‌باشد. در مرحله بعد این سیستم بر اساس کارکرد هر یک از تهیزات به گره‌هایی تقسیم می‌شود. این گره‌ها عبارتند از فیلتر اسکرابر، فیلتر سپراتور، فیلتر خشک، رگلاتور و Safety valve می‌باشند. پس از شناسایی انحرافات در هر یک از گره‌ها با استفاده از کلمات کلیدواژه‌های اصلی و کلمات کلیدی ثانویه ریسک‌های هر یک از گره‌ها تعیین می‌شود. با استفاده از شدت حوادث در جدول شماره ۱، احتمال حوادث جدول شماره ۲ ماتریس ریسک طبق جدول شماره ۳ مشخص می‌گردد. در نهایت بر اساس سطح ریسک و خطرات انحرافات در هر یک از گره‌ها کنترل‌هایی توصیه شده است.

جدول۱_ شدت حوادث

شدت حادثه	عواقب انسانی	تجهیزات
۱	آسیبی به افراد نمی‌رسد.	آسیبی به دستگاه‌ها نمی‌رسد
۲	منجر به جراحت سطحی و جراحت جدی قابل‌برگشت می‌شود.	یک تا سه دستگاه آسیب می‌بینند
۳	منجر به جراحت جدی غیرقابل‌برگشت می‌شود.	تعداد زیادی از دستگاه‌ها آسیب می‌بینند.
۴	منجر به مرگ می‌شود.	یک واحد به‌طور کامل آسیب می‌بیند.

جدول۲_ احتمال وقوع حوادث

ضریب احتمال	احتمال وقوع/ دوره زمانی
۱	فوق‌العاده بعید است اتفاق بیفتد/ یک مورد در ۱۰ سال
۲	بعید است اتفاق بیفتد/ یک مورد در ۵ سال
۳	احتمال وقوع آن کم است/ یک مورد در سال
۴	احتمال وقوع آن زیاد است/ یک مورد در ماه

جدول۳_ ماتریس ریسک

مرتبه ریسک	نوع ریسک
۱ و ۲	قابل‌قبول- نیاز به هیچ اقدام کنترل‌کننده نیست.
۳ و ۴ و ۶	قابل‌قبول با سیستم‌های کنترلی- ابزارهای کنترل ریسک در محل نصب‌شده‌اند.
۸ و ۹	نامطلوب- سیستم‌های کنترل ریسک باید در بازه زمانی مشخص در سیستم قرار بگیرند.
۱۲ و ۱۶	غیرقابل‌قبول

۳- نتایج

نتایج بیانگر شناسایی ۱۲ عدد انحراف در این تحقیق می‌باشد که ۳ انحراف در کل سیستم و ۹ انحراف در ۵ گره شناسایی شده می‌باشند. اولین گره فیلتر اسکرابر است که وظیفه خالص‌سازی گاز از ذرات جامد از جمله شن و سنگ ریزه را برعهده دارد. دو انحراف شناسایی شده در فیلتر اسکرابر فشار بیشتر و دمای بیشتر دارای عدد ریسک ٤ می‌باشند که در گروه ریسک‌های قابل قبول قرار می‌گیرند. نشت گاز، آتش سوزی و انفجار پیامدهای دو انحراف فیلتر اسکرابر می باشند. تعویض به موقع گسکت و بست‌ها، آموزش به پرسنل و تست Soap test اقدامات پیشنهادی هستند. حفاظت‌های موجود برای انحراف فشار بیشتر بازدید دوره‌ای، عملکرد شاتآف و سیفتی ولو می باشد و برای انحراف دمای بیشتر حفاظت موجود بازدید دوره‌ای می‌باشد. در جدول ٤ نتیجه ارزیابی ریسک گره فیلتر اسکرابر نشان داده شده است.

جدول٤- نتیجه ارزیابی ریسک فیلتر اسکرابر

گره	انحراف	پیامد	ماتریس ریسک			حفاظت	توصیه
			شدت	احتمال	ریسک		
فیلتر اسکرابر	۱.فشار بیشتر	نشت گاز، آتش‌سوزی، انفجار و تحلیل منابع	۴	۱	۴	بازدید دوره‌ای عملکرد شات آف ولو در قطع جریان گاز عملکرد سیفتی ولو در کاهش فشار	تعویض به‌موقع گسکت و بست ها آموزش به پرسنل تست Soap test
	۲.دمای بیشتر		۴	۱	۴	بازدید دوره ای	

گره بعدی فیلتر سپراتور می باشد، وظیفه سپراتور خالص سازی گاز از رطوبت و دوده می‌باشد. دو انحراف فشار بیشتر و دمای بیشتر یا اعداد ریسک به ترتیب ۸ و ٤ در گروه ریسک‌های قابل قبول و نامطلوب قرار می‌گیرند. تعویض به موقع گسکت و بست‌ها، آموزش به پرسنل و تست Soap test اقدامات پیشنهادی هستند در حالی که نشت گاز، آتش سوزی و انفجار پیامدهای دو انحراف فیلتر سپراتور می باشند. حفاظت‌های موجود برای انحراف فشار بیشتر بازدید دوره‌ای، عملکرد شاتآف و سیفتی ولو می باشد و برای انحراف دمای بیشتر حفاظت موجود بازدید دوره‌ای می‌باشد در جدول ۵ نتیجه ارزیابی ریسک فیلتر سپراتور نشان داده شده است.

جدول۵- نتیجه ارزیابی ریسک فیلتر سپراتور

گره	انحراف	پیامد	ماتریس ریسک			حفاظت	توصیه
			شدت	احتمال	ریسک		
فیلتر سپراتور	۱.فشار بیشتر	نشت گاز، آتش‌سوزی، انفجار و تحلیل منابع	۴	۲	۸	بازدید دوره‌ای عملکرد شات آف ولو در قطع جریان گاز عملکرد سیفتی ولو در کاهش فشار	تعویض به‌موقع گسکت و بست ها آموزش به پرسنل تست Soap test
	۲.دمای بیشتر		۴	۱	۴	بازدید دوره‌ای	

فیلتر خشک گره بعدی می‌باشد که وظیفه خالص سازی گاز از مواد اضافی عبور کرده از دو فیلتر اسکرابر و سپراتور را بر عهده دارد. انحراف فشار بیشتر با عدد ریسک ۸ در گروه ریسک‌های نامطلوب و دمای بیشتر با عدد ریسک ٤ در گروه ریسک‌های قابل قبول قرار دارند. پیامدهای دو انحراف فشار بیشر و دمای بیشتر نشت گاز، آتش سوزی و انفجار می باشند. سه اقدام پیشنهادی عبارتند از تعویض به موقع گسکت و بست‌ها، آموزش به پرسنل و تست Soap test در حالی که حفاظت‌های موجود برای انحراف فشار بیشتر بازدید دوره‌ای، عملکرد شاتآف و سیفتی ولو می باشد و برای انحراف دمای بیشتر حفاظت موجود بازدید دوره‌ای می‌باشد. در جدول ٦ نتیجه ارزیابی ریسک فیلترخشک نشان داده شده است.

جدول٦- نتیجه ارزیابی ریسک فیلتر خشک

گره	انحراف	پیامد	ماتریس ریسک			حفاظت	توصیه
			شدت	احتمال	ریسک		
فیلتر خشک	۱.فشار بیشتر	نشت گاز، آتش‌سوزی، انفجار و تحلیل منابع	۴	۲	۸	بازدید دوره‌ای عملکرد شات آف ولو در قطع جریان گاز عملکرد سیفتی ولو در کاهش فشار	تعویض به‌موقع گسکت و بست ها آموزش به پرسنل تست Soap test
	۲.دمای بیشتر		۴	۱	۴	بازدید دوره‌ای	

رگلاتور به‌عنوان گره بعدی بعنوان کاهنده فشار گاز دارای دو انحراف فشار بیشتر و دمای بیشتر است. هر دو انحراف شناسایی شده دارای ریسک ٤ می باشند و در گروه ریسک‌های قابل قبول قرار دارند. انحراف فشار بیشتر با پیامد نشت گاز، اتش سوزی و انفجار دارای حفاظت‌های موجود بازدید دوره‌ای، عملکرد شات‌آف و سیفتی ولو است. آموزش به پرسنل توصیه پیشنهادی برای انحراف فشار بیشتر می باشد. انحراف دوم، ارتعاش بیشتر باعث ایجاد سایش و ایجاد منفذ شده و اقدامات پیشنهادی ایجاد ساپورت مناسب و بازرسی دوره‌ای می‌باشد. در جدول ۷ نتیجه ارزیابی ریسک رگلاتور نشان داده شده است.

جدول۷- نتیجه ارزیابی ریسک رگلاتور

گره	انحراف	پیامد	ماتریس ریسک			حفاظت	توصیه
			شدت	احتمال	ریسک		
رگلاتور	۱.فشار بیشتر	تشت گاز، آتش‌سوزی، انفجار و تحلیل منابع	۴	۱	۴	بازدید دوره‌ای عملکرد شات آف ولو در قطع جریان گاز عملکرد سیفتی ولو در کاهش فشار	آموزش به پرسنل
	۲.ارتعاش بیشتر	سایش و ایجاد منفذ در لوله، انفجار و تحلیل منابع	۴	۱	۴	حفاظ زیر لوله	ایجاد ساپورت مناسب بازرسی دوره‌ای

گره آخر سیفتی ولو می باشد. سیفتی ولو وظیفه کاهش فشار گاز از طریق آزاد کردن آن را بر عهده دارد. تنها انحراف سیفتی ولو فشار بیشتر می‌باشد که با عدد ریسک ٤ در گروه ریسک‌های مطلوب قرار دارد. پیامدهای انحراف نشت گاز، آتش‌سوزی، انفجار و تحلیل منابع می باشند. بازدید دوره‌ای، عملکرد شات آف ولو در قطع جریان گاز و عملکرد سیفتی ولو در کاهش فشار حفاظت‌های ایستگاه می باشند و تعویض به‌موقع گسکت و بست ها، آموزش به پرسنل و تست Soap test از جمله راهکارهای پیشنهادی می‌باشند. در جدول ۸ نتیجه ارزیابی ریسک سیفتی ولو نشان داده شده است.

جدول۸- نتیجه ارزیابی ریسک سیفتی ولو

گره	انحراف	پیامد	ماتریس ریسک			حفاظت	توصیه
			شدت	احتمال	ریسک		
سیفتی ولو	۱. فشار بیشتر	تشت گاز، آتش‌سوزی، انفجار و تحلیل منابع	۴	۱	۴	بازدید دوره‌ای عملکرد شات آف ولو در قطع جریان گاز عملکرد سیفتی ولو در کاهش فشار	تعویض به‌موقع گسکت و بست ها آموزش به پرسنل تست Soap test

جدول ۹ شامل انحرافات کلی ایستگاه تقلیل فشار گاز شامل خوردگی، ارتعاش و آلودگی صوتی می‌باشد. عدد ریسک انحرافات ارتعاش و آلودگی ٤ و عدد ریسک آلودگی صوتی ۸ می‌باشد. پیامد انحراف سایش و خوردگی ایجاد منفذ در لوله، نشت گاز و انفجار است. حفاظت انحراف خوردگی اورهال و تعمیرات دوره‌ای و اقدامات کنترلی بازدید دوره‌ای خطوط گاز می‌باشد. انحراف دوم ارتعاش پیامدهای ایجاد منفذ در لوله، انفجار و تحلیل منابع و آلودگی صوتی به همراه دارد. حفاظ زیر لوله حفاظت موجود و بازرسی دوره‌ای و ساپورت مناسب اقدامات کنترلی می‌باشند. آسیب شنوایی پیامد آلودگی صوتی ایستگاه است که تنها حفاظت موجود استفاده از لوازم حفاظت فردی می‌باشد و صداسنجی دوره‌ای ایستگاه نیز اقدام کنترلی است.

جدول۹- نتیجه ارزیابی ریسک کلی ایستگاه

انحراف	پیامد	ماتریس ریسک			حفاظت	توصیه
		شدت	احتمال	ریسک		
خوردگی و سایش بیشتر به علت پوشش نامناسب	ایجاد منفذ در لوله نشت گاز و انفجار	۴	۱	۴	اورهال ایستگاه گاز	بازدید دوره‌ای خطوط
ارتعاش بیشتر به علت تغییرات فشار و جریان	ایجاد منفذ در لوله به علت سایش انفجار و تحلیل منابع آلودگی صوتی	۴	۱	۴	ایجاد حفاظ زیر لوله‌ها	بازرسی دوره‌ای ایجاد ساپورت مناسب
سرو صدای بیشتر به علت عملکرد نامناسب ایستگاه	آسیب شنوایی پرسنل و ساکنین مجاور ایستگاه	۲	۴	۸	لوازم حفاظت فردی	صداسنجی دوره‌ای ایستگاه

٤-نتیجه گیری

از ۱۲ ریسک شناسایی شده ۹ ریسک در گروه ریسک‌های قابل قبول و ۳ ریسک در گروه ریسک‌های نامطلوب قرار گرفتند. این نتیجه بیانگر وضعیت مطلوب برای حفاظت‌های موجود ایستگاه گاز نیروگاه بمپور می‌باشد. عددریسک ۸ برای ۲ انحراف گره‌های فیلتر سپراتور و فیلتر خشک به‌علت ساختار این دو گره است که علاوه بر فلنج دارای دریچه فیلتردار می‌باشد. علی‌رغم مطلوب بودن شرایط ایستگاه به علت پیامدهای زیان‌بار انحرافات باید کلیه الزامات ایمنی رعایت شوند از این‌رو به توصیه های ایمنی از جمله بازرسی دوره‌ای،آموزش به پرسنل وتعویض به‌موقع گسکت و بست‌ها تاکید شده است. ازتحقیقات مشابه می‌توان به تحقیق دونجو و همکارانش در سال ۲۰۱۰ اشاره کرد. این مقاله تحت عنوان جمع‌آوری ادبیات مربوط به روش HAZOP می

باشد که در این تحقیق دونجو به جمع‌آوری ادبیات مربوط به روش HAZOP از کتاب‌ها، دستورالعمل‌ها، استانداردها، مجلات بزرگ و کنفرانس‌ها باهدف طبقه بندی تحقیقات انجام دادند و در طول سال‌ها به استفاده از این روش درصنایع پرداختند روش انجام و نتایج تحقیق حاضر با مقاله مورد بررسی تا حدودی در یک راستا است. در تحقیقی دیگر آلفردو در زمینه، تجزیه و تحلیل HAZOP معمولی را از طریق تکنیک HAZOP چند ویژگی فازی بهبود بخشید. نتایج تحقیق بیانگر شناسایی خطرات بحرانی در زیرسیستم می‌باشد که تجزیه وتحلیل حساسیت قابلیت اطمینان و استحکام رتبه بندی نهایی را نشان داد. نتایج این تجزیه و تحلیل از نگهداری پیشگیرانه با شناسایی نقاط نظارت شده حیاتی هنگام افزایش مقیاس فرآیندهای ارتقای بیوگاز بیولوژیکی پشتیبانی می‌کند که نتایج تحقیق دونجو هم تا حدودی بانتایج بدست آمده درتحقیق حاضرهم پوشانی دارد.

منابع

- Ghahramani, A., Adl, J., & Nasl Seraji, J. (۲۰۰۶). Using HAZOP to Assess the Risk of a Chemical Process. In Proceedings of the ۱st National Conference on Safety Engineering, Loss Prevention, and HSE Management.
- Zarei, E., Jafari, M. J., Dormohammadi, A., & Sarsangi, V. (۲۰۱۳). The role of modeling and consequence evaluation in improving safety level of industrial hazardous installations: A case study: Hydrogen production unit. Iran Occupational Health, ۱۰(٦), ٥٤-٦٩.
- Eckle, P., & Burgherr, P. (۲۰۱۳). Bayesian data analysis of severe fatal accident risk in the oil chain. Risk Analysis: An International Journal, ۳۳(۱), ١٤٦-١٦٠.
- Bartolozzi, V., Castiglione, L., Picciotto, A., & Galluzzo, M. (۲۰۰۰). Qualitative models of equipment units and their use in automatic HAZOP analysis. Reliability Engineering & System Safety, ۷۰(۱), ٤٩-٥٧.
- Dziubiński, M., Frątczak, M., & Markowski, A. S. (۲۰۰٦). Aspects of risk analysis associated with major failures of fuel pipelines. Journal of Loss Prevention in the process industries, ۱۹(٥), ۳۹۹-٤۰۸.
- Zarei, H., & Kalatpour, O. (۲۰۱۸). P-HAZOP: A New Extended HAZOP (Hazard and Operability) Study for Risk Analysis of Pipelines. International Journal of Occupational Hygiene, ۱۰(۲), ۱۰۸-۱۱۳.
- Kalatpoor, O., Goshtasp, K., & Khavaji, S. (۲۰۱۱). Health, safety and environmental risk of a gas pipeline in an oil exploring area of Gachsaran. Industrial health, ٤٩(۲), ۲۰۹-۲۱٤.
- Mohammadfam, I., Sajedi, A., Mahmoudi, S., & Mohammadfam, F. (۲۰۱۲). Application of Hazard and Operability Study (HAZOP) in evaluation of health, safety and environmental (HSE) hazards. International Journal of occupational hygiene, ٤(۲), ۱۷-۲۰.
- Venkatasubramanian, V., & Vaidhyanathan, R. (۱۹۹٤). A knowledge-based framework for automating HAZOP analysis. AIChE Journal, ٤۰(۳), ٤٩٦-٥۰٥.
- Zakia, A.M., Ahmed, Mai I., Dosoki and Shaimaa Abo A., Nasr. **(۲۰۱۲)**. Review Article; Occupational Hazards in Fish Industry. World Journal of Fish and Marine Sciences, ٤(۲): ۲۰۱-۲۱۰.
- Dunjó, J., Fthenakis, V., Vílchez, J. A., & Arnaldos, J. (۲۰۱۰). Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review. Journal of hazardous materials, ۱۷۳(۱-۳), ۱۹-۳۲.

- Mohammadfam, I., & Kianfar, A. (۲۰۱۰). Application of Hazard and Operability Study (HAZOP) in Evaluation of Health, Safety and Environmental (HSE) Hazards (Case Study: Oil Storage of National Iranian Oil Products Distribution Company). Journal of Environmental Science and Technology, ۱۲(۱), ۳۹-۴۹.
- Khan, F. I., & Abbasi, S. A. (۱۹۹۷). TOPHAZOP: a knowledge-based software tool for conducting HAZOP in a rapid, efficient yet inexpensive manner. Journal of loss prevention in the process industries, ۱۰(۵-۶), ۳۳۳-۳۴۳.
- Swann, C. D., & Preston, M. L. (۱۹۹۵). Twenty-five years of HAZOPs. Journal of loss prevention in the Process Industries, ۸(۶), ۳۴۹-۳۵۳.
- Gharabagh, M. J., Asilian, H., Mortasavi, S. B., Mogaddam, A. Z., Hajizadeh, E., & Khavanin, A. (۲۰۰۹). Comprehensive risk assessment and management of petrochemical feed and product transportation pipelines. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, ۲۲(۴), ۵۳۳-۵۳۹.
- Zheng, J., & Wang, L. (۲۰۱۲). Safety evaluation of emulsion explosives production line based on SDG-HAZOP. Procedia Engineering, ۴۵, ۱۴۴-۱۵۱.
- Pérez-Marín, M., & Rodríguez-Toral, M. A. (۲۰۱۳). HAZOP–Local approach in the Mexican oil & gas industry. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, ۲۶(۵), ۹۳۶-۹۴۰.
- Severi, C. A., Pérez, V., Pascual, C., Muñoz, R., & Lebrero, R. (۲۰۲۲). Identification of critical operational hazards in a biogas upgrading pilot plant through a multi-criteria decision-making and FTOPSIS-HAZOP approach. Chemosphere, ۳۰۷, ۱۳۵۸۴۵.
- Marhavilas, P. K., Filippidis, M., Koulinas, G. K., & Koulouriotis, D. E. (۲۰۲۲). Safety-assessment by hybridizing the MCDM/AHP & HAZOP-DMRA techniques through safety's level colored maps: Implementation in a petrochemical industry. Alexandria Engineering Journal, ۶۱(۹), ۶۹۵۹-۶۹۷۷.
- Grossmann, G., & Fromm, D. (۱۹۹۱). HAZOP-proof ammonia plant: A new way of defining a safe and reliable design. Plant/operations progress, ۱۰(۴), ۲۲۳-۲۲۷.
- Arghami, S., Abbasi, S., Bakhtom, S., & Ziaei, M. (۲۰۱۴). Comparing of HAZOP and ETBA techniques in safety risk assessment at gasoline refinery industry. African Journal of basic & applied sciences, ۶(۱), ۱-۵.

Assessing the risks in the gas pressure reduction station of the power plant using the HAZOP method (case study of Bampur Gas Power Plant)

Peyman Dadkani[۱]*; Mehrdad Nahavandchi[۲] Mohamadjavad Tajadod[۳] ; Omid Heydari[٤]

[۱] MSc in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

[۲] Phd student in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

[۳] Phd student in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

[٤] Phd student in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

Process industries, including oil and gas industries, have many safety and environmental risks, and failure to comply with safety and environmental principles can cause irreparable damages. Risk assessment is known as the most important step in industrial risk management. In this research, using the HAZOP method, the risks in the gas pressure reduction station were identified. By forming an expert team, the general conditions and equipment of the station were discussed, and the entire station was divided into smaller parts called nodes. By using keywords, deviations in ۵ nodes of scrubber filter, separator filter, dry filter, regulator and safety valve were investigated. ۹ deviations were detected in ۵ nodes, with ۳ deviations totaling ۱۲ deviations. Among the ۱۲ deviations, ۹ deviations were placed in the category of favorable risks and ۳ deviations were placed in the group of unfavorable risks. ۳ unfavorable deviations with a risk number of ۸ are related to more pressure in the separator filter, dry filter and noise pollution. After identifying the consequences of each of the deviations and existing protections in the gas station, safety suggestions have been presented according to the conditions of each node.

Introduction

Today, gas industries mainly include extraction, processing, transmission and consumption. After extraction, natural gas is directed to the gas treatment unit by the collection network. Gas pressure drop is done in gas pressure reduction stations, so pressure reduction station, feeding network and gas distribution network play an important role as process units of gas supply companies. The use of risk assessment techniques in this area to identify high risk cases will allow optimal control of the system. The analysis of major accidents in these stations shows that a large part of the damage and damages of the accidents and the possibility of their occurrence are not only preventable but also predictable, of course, if measures such as identifying the root causes and final consequences and controlling them are carried out in time. Analysis and risk studies are one of the most necessary steps to increase the level of safety in these stations. The complexity and expansion of chemical and process industries lead to high safety risks and disasters in the world. Some of these tragic events are Fizin, Mexico City, Bhopal (India), Piper Alpha (UK), liquid fuel explosion (North Sea) or Chernobyl (Russia). Transportation of hazardous materials is a major source of hazards that threaten many industries as well as the public. These networks of hazardous material transmission lines are distributed among many industries and their customers, including the general population. Although the transportation of hazardous materials by pipelines seems safe, it still involves safety issues. Although the frequency of pipeline accidents is low, their high potential for consequences can affect the low frequency. Accident databases show that pipelines carrying hazardous materials are just as dangerous as refinery facilities. Pipeline industry It has experienced at least ۸ major explosions and more than ۵۵ deaths in ۲۰۱٤ alone. Pipelines are placed in areas that are not normally controlled. In addition, pipelines passing through high-risk areas such as congested areas make the situation even more dangerous. Therefore, high potential consequences, lack of control and passing through high-risk areas have made pipelines a serious source of destructive risks. Risk management should be measured according to the organization's policy and risk evaluation approved by the senior management and carried out through

the method approved by the organization. According to the process safety management system, it is suggested to identify and evaluate process risks in the stages of installation, pre-commissioning, commissioning and operation, and in case of making any changes in the process, technology and equipment, document the changes in order to prevent the risks. Prepared from the changes. Some of the risks caused by changes are very small and have no harmful effects, so some others leave harmful effects and irreparable damages, for which it is necessary to take the necessary measures. By comparing the scenarios of accidents in different countries without considering their development status, it shows the existence of some common factors between the accidents that took place. The analysis of these incidents has factors such as human error, too much trust in equipment, design problems in operational units and lack of safety, health and environment units. The most important factor in system safety and risk management is the identification and reduction of risk potentials. In order to successfully control and control the risks, you must have a proper understanding of the risks and how to deal with them and how to identify them. In recent years, the lack of safety has become one of the most important issues and problems in the design and operation of operational units. First, due to the complexity of most processes in modern operating units, there are fundamental changes in control strategies and numerous improvements in process capabilities, all of which lead to an increase in operational problems, and second, due to the accidents that we witness every year around the world and cause loss of life, problems Environmental and loss are produced. It is possible to improve the safety of operational units in the stages of design and operation, if the necessary attention is paid to the analysis and identification of process risks. Risk of injury is the risk that occurs to specific individuals or groups exposed to it in any system or process. Accident analysis points to various factors, including human errors, over-reliance on machine safety, plant design problems, lack of preparation to face and deal with critical situations, and non-compliance with HSE rules.

Methodology

The method used in this research is evaluation-analytical. In the current research, in order to compile the theoretical literature, the background of the research and to identify some research criteria, reliable books and researches conducted inside and outside the country, such as reliable domestic and foreign magazines and articles related to the research topic, were used. Some of the domestic publications used can be referred to as articles indexed in Elsevier scientific database, domestic research journals, and Sulica scientific database. By using the fuzzy-Delphi approach, by preparing a questionnaire and interviewing experts, these factors were screened and reduced to the main factors, and at the end, another questionnaire was prepared for pairwise comparisons of the identified factors, whose values were analyzed using the HAZOP method, and the influencing factors. and were identified as effective. HAZOP is a qualitative, systematic, creative and group method that is very easy to learn and is an effective way to identify hazards and system performance problems by determining their effects. The implementation of HAZOP is as follows:

۱. Knowledge and general understanding of the system
۲. Dividing the system into functional nodes
۳. Identify deviations in each node using the keyword
٤. Determine the main keywords: pressure, temperature, flow, etc
٥. Use of secondary keywords: not, more than, less than, as well as etc
٦. Estimating the probability and consequences of deviations
۷. Determining the risk level of risks using the risk matrix
۸. Define controls to reduce risks

To perform the HAZOP method, a team of specialists who have sufficient knowledge of the conditions and risks of the gas station must first be formed. The first step is to fully understand the system and process of the gas station, what equipment the station includes, with what features and functions. In the next step, this system is divided into nodes based on the function of each equipment. These nodes include scrubber filter, separator filter, dry filter, regulator and safety valve. After

identifying the deviations in each of the nodes, the risks of each node are determined using the main keywords and secondary keywords. Using the severity of incidents in Table No. ۱, the probability of incidents in Table No. ۲ of the risk matrix is determined according to Table No. ۳. Finally, based on the level of risk and risks of deviations in each of the nodes, controls have been recommended.

Conclusion

Out of ۱۲ identified risks, ۹ risks were in the acceptable risk group and ۳ risks were in the undesirable risk group. This result indicates the favorable situation for the existing protections of Bampur gas station. The risk number of ۸ for ۲ deviations of separator filter and dry filter nodes is due to the structure of these two nodes, which has a filter valve in addition to the flange. Despite the favorable conditions of the station, due to the harmful consequences of deviations, all safety requirements must be met, therefore, safety recommendations including periodic inspection, personnel training, and timely replacement of gaskets and fasteners have been emphasized. From similar researches, we can refer to the research of Donjo and his colleagues in ۲۰۱۰. This article is entitled to collect the literature related to the HAZOP method. In this research, Donjo collected the literature related to the HAZOP method from books, guidelines, standards, large magazines and conferences with the purpose of classification and conducted research over the years to use this method. In the industries discussed, the method and results of the current research are somewhat in line with the reviewed article. In another research in the field, Alfredo improved the conventional HAZOP analysis through the fuzzy multi-attribute HAZOP technique. The results of the research indicate the identification of critical risks in the subsystem, which showed the sensitivity analysis of the reliability and strength of the final rating. The results of this analysis support preventive maintenance by identifying critical monitored points when scaling up biological biogas upgrading processes, which the results of Donjo's research partially overlap with the results obtained in the present study.

Keywords

Risk assessment; HAZOP; Gas pressure reduction station;