Risk assessment of Kermanshah gas storage tanks by energy trace and barrier analysis (2014)

M. Ghanbari Kakavandi[1], F. Rajati[2], H. Ashtarian[2], SY. Hosseini[3]

[1] Department of Occupational Health, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran
[2] Department of Health Education and Promotion, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran
[3] Research Center for Environmental Determinants of Health (RCEDH), Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Corresponding Address: Hossein Ashtarian, Kermanshah, Eissar Square, Next to Farabi Hospital, School of Public Health, Department of Health Education and Promotion, Tel: +98-83-8260056, Email: ashtarian@yahoo.com
Received: 31 Dec 2015; Accepted: 15 Oct 2016

Abstract

Background: Despite the cost and millions loss of life due to industrial accidents, often are preventable through risk assessment methods and control measures.

Objective: To assess the safety of gas storage tanks in Kermanshah oil refinery by Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA).

Methods: This case-descriptive study was conducted in gas storage tanks of Kermanshah oil refinery. Energy checklist was used for identification of energy types. Energy flows were tracked and then, management and administrative procedures, and personal protective equipment were considered as safeguard. Exposed and vulnerable targets are also specified. Preliminary levels of risks were determined by combination of severity and likelihood. After suggestion of corrective action for unacceptable risks, risk assessment took place again. Identified risks were expressed using descriptive statistics such as frequency and percentage.

Findings: Overall, 74 risks and 121 dangerous energies were identified. Of these, 25 risks were unacceptable, 46 were low risk, and 3 were acceptable risk with revised. Frequency of risks related to electric power was 20, and followed by risk of displacement- pressure-volume, potential and chemical energies, with frequencies of 13, 12 and 9, respectively.

Conclusion: Given the environmental and protection conditions of the tanks, in addition, the high percentage of some of the damaging risks in this industry, use of appropriate control measures to prevention the event of future disasters will be inevitable.

Keywords: Risk assessment, Gas Storage Tanks, ETBA, Energy, Barriers

Citation: Ghanbari Kakavandi M, Rajati F, Ashtarian H, Hosseini SY. Risk assessment of Kermanshah gas storage tanks by energy trace and barrier analysis (2014). J Qazvin Univ Med Sci. 2016; 20 (5): 52-59.

ارزیابی خطر مخازن ذخیره گاز کرمانشاه به روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع (۱۳۹۳)

دکتر مسعود قنبری کاکاوندی[۱]، دکتر فاطمه رجعتی[۲]، دکتر حسین اشتریان[۲]، سید یونس حسینی[۳]

[۱] گروه بهداشت حرفه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
[۲] گروه آموزش بهداشت و ارتقای سلامت دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
[۳] مرکز تحقیقات عوامل محیطی مؤثر بر سلامت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

آدرس نویسنده مسؤول: کرمانشاه، میدان ایثار، جنب بیمارستان فارابی، دانشکده بهداشت، گروه آموزش بهداشت و ارتقای سلامت، تلفن ۸۲۶۰۰۵۶- ۰۸۳
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۴

✵چکیده

زمینه: حوادث صنعتی علی‌رغم هزینه بسیار و از دست رفتن جان میلیون‌ها نفر، اغلب از طریق روش‌های ارزیابی خطر و اقدام‌های کنترلی قابل پیشگیری هستند.

هدف: مطالعه به منظور ارزیابی ایمنی مخازن ذخیره گاز پالایشگاه نفت کرمانشاه به روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع (ETBA) انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۳ در مخازن ذخیره گاز پالایشگاه نفت کرمانشاه انجام شد. انواع انرژی‌ها با برگه ارزیابی انرژی شناسایی شدند. جریان انرژی، ردیابی و روش‌های مدیریتی، اجرایی و وسایل حفاظت فردی به عنوان موانع در نظر گرفته شدند. اهداف آسیب‌پذیر مشخص و سطح خطر اولیه با ترکیب شدت و احتمال وقوع حادثه تعیین گردید. پس از پیشنهاد راهکارهای اصلاحی جهت خطرهای غیرقابل قبول، مجدداً ارزیابی خطر انجام و خطرهای شناسایی شده با شاخص‌های توصیفی فراوانی و درصد بیان شدند.

یافته‌ها: به‌طور کلی ۷۴ خطر و ۱۲۱ انرژی خطرناک شناسایی شدند. از این تعداد، ۴۶ خطر (۶۲/۲٪) نامطلوب، ۲۵ خطر (۳۲/۸٪) غیرقابل قبول و ۳ مورد (۴٪) قابل قبول با تجدید نظر بودند. فراوانی خطرهای مربوط به انرژی الکتریکی ۲۰ (۲۷٪) مورد بود و پس از آن خطر ناشی از انرژی‌های جابه‌جایی- فشار- حجم، نهان و شیمیایی به ترتیب با فراوانی ۱۳، ۱۲ و ۹ مورد قرار داشتند.

نتیجه‌گیری: با توجه به شرایط محیطی و حفاظتی مخازن و میزان بالای خطرها در صنعت نام برده، استفاده از اقدام‌های کنترلی مناسب به‌منظور پیشگیری از حوادث ناگوار آتی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی خطر، مخازن ذخیره گاز، روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع، انرژی، موانع

✵مقدمه:

در طول دهه گذشته نیاز به انرژی در دنیا رشد قابل توجهی داشته است.[۱] حوادث ناشی از کار علاوه بر تأثیر نامطلوب بر ایمنی و بهداشت، سالانه هزینه بسیار زیادی را بر اقتصاد جهان تحمیل می‌کنند و موجب از دست رفتن جان میلیون‌ها نفر در سال می‌شوند.[۲] براساس بررسی‌های سازمان بین‌المللی کار می‌توان خسارت‌های ناشی از حوادث را با رعایت استانداردهای بین‌المللی ایمنی توسط دولت‌ها، کارفرمایان و کارگران کنترل کرد.[۳] این حوادث آسیب‌های زیادی را به کارکنان و تجهیزات وارد می‌کنند که اغلب آن‌ها از طریق روش‌های ارزیابی خطر و اقدام‌های کنترلی قابل پیش‌بینی و پیشگیری هستند.[۴] البته این امر به میزان درک افراد از ماهیت خطر و ارزیابی میزان خطر قابل قبول توسط آنان بستگی دارد.[۵]

شناسایی و ارزیابی خطر به عنوان یکی از مراحل مدیریت خطر و ایمنی مطرح است و نتایج حاصل از این ارزیابی خطرها به تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی و گزینش راه‌حل‌های کنترلی و نیز متقاعد کردن مدیران برای صرف هزینه اقدام‌های ایمنی کمک می‌کند.[۶-۸] امروزه تمام صنایع نه تنها برای ایمنی در برابر خطرهای مختلف محیط کار بلکه به منظور ایمن کردن موجودیت خود در دنیای رقابت، به مدیریت خطر تمایل دارند.[۹]

به‌طور معمول حوادث در اثر توالی یک سری رویدادها

و در نهایت آزادسازی انرژی‌های خارج از ظرفیت سیستم اتفاق می‌افتند که با آسیب‌های جسمی، فیزیکی و جراحت‌ها و بیماری‌های ناشی از کار همراه هستند. بر این اساس، وجود یک نظام هماهنگ و تخصصی ایمنی به منظور پیشگیری از وقوع خطرها و حوادث احتمالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.[۱۰] با بررسی سیستمی اجزا، شناسایی انرژی‌های بالقوه خطرناک و انجام اقدام‌های ایمنی به منظور پیشگیری یا کنترل و کاهش اثرات انرژی‌های مخاطره آمیز، می‌توان اقدام‌های مؤثری جهت حفاظت از سلامت نیروی کار و دارایی‌های سیستم و محیط زیست انجام داد.[۱۱]

روش‌های علمی مختلفی مانند تحلیل مقدماتی خطر (PHA)، تحلیل حالت‌های نقص و اثرهای آن (FMEA)، تحلیل درخت خطا (FTA)، مطالعه خطر و عملیات (HAZOP) و روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع (ETBA) برای ارزیابی خطر وجود دارند.[۱۲و۱۳] روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع یکی از ساده‌ترین روش‌های بسط یافته مدل انرژی جهت تجزیه و تحلیل اصولی علل حوادث و شناسایی و ارزیابی خطر است. در این روش حادثه به‌عنوان جریان ناخواسته انرژی در اثر نقص در طراحی یا عملکرد موانع تعریف می‌شود.[۱۱] این روش با تمرکز بر چهار عامل زیر طراحی شده است: منبع انرژی در یک سیستم معین، کفایت موانع یا کنترل‌ها در مسیر رهایی انرژی، تقابل عوامل انسانی و اهداف نهایی جریان ناخواسته و کنترل نشده انرژی.[۱۴] در این روش موانع ایمنی به دو دسته فیزیکی و غیرفیزیکی طبقه‌بندی شده‌اند که می‌توانند از اثرات حوادث ناخواسته پیشگیری کنند یا آن‌ها را کاهش دهند.[۱۵]

اگرچه مطالعه‌های متعددی در دنیا در زمینه ارزیابی ایمنی مخازن انجام شده، اما تعداد آن‌ها در ایران اندک و در مخازن ذخیره اتیلن اکساید پتروشیمی و مخازن کروی گاز مایع بوده است.[۱۶،۸،۱۲و۱۷] با توجه به تنوع انرژی‌ها و تعامل پیچیده ماشین‌آلات، منابع انسانی و محیط کار در پالایش فرآورده‌های نفتی و مخازن آن و به‌منظور پیشگیری از بالفعل شدن خطرها و ایجاد حادثه، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی ایمنی مخازن ذخیره گاز پالایشگاه نفت کرمانشاه به روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع انجام شد.

❋مواد و روش‌ها:

این مطالعه توصیفی در سال ۱۳۹۳ در مخازن ذخیره پنتان و هگزان و بخش بارگیری واحد پنتان پالایشگاه فرآورده‌های نفتی کرمانشاه انجام شد.

انواع انرژی‌های دارای توانایی آسیب به اهداف سیستم، مکانیسم یا فرایند کار به طرق زیر شناسایی شدند: برگه ارزیابی انرژی، مصاحبه با متخصصین تولید، مدارک فنی دستگاه‌ها، چیدمان تجهیزات، برگه‌های حوادث و پرونده‌های پزشکی کارگران. منشأ ایجاد هر کدام از انواع جریان‌های انرژی با به‌کارگیری منطق توالی از منبع تا هدف مشخص شد. همچنین مسیر آن‌ها در طول فرایند به‌وسیله ابزارهای زیر ردیابی گردید: بررسی دیاگرام جریان فرایند (Process Flow Diagram)، دستور کارهای عملیاتی، برگه‌های ارزیابی ردیابی انرژی و تحلیل موانع و نیز کشف خطرها (براساس تغییرات و رهاسازی جریان انرژی و نیز تنوع موانع در مقابل این انرژی‌ها).[۱۸] هرگونه طراحی مدیریتی و نظارتی، روش‌های اجرایی یا وسایل حفاظت فردی به‌عنوان مانع یا حفاظ در نظر گرفته شدند و اهداف آسیب‌پذیر نسبت به آزاد شدن ناخواسته جریان انرژی در صورت نقص موانع نیز مشخص شدند.

سطح خطر اولیه مربوط به آزاد شدن ناخواسته هر کدام از جریان‌های انرژی، براساس استاندارد نظامی آمریکا (MIL-STD-882) و ترکیب شدت و احتمال وقوع حادثه تحت عنوان کد ارزیابی خطر (Risk Assessment Code) RAC تعیین شد.[۱۱و۱۵و۱۹] شدت خطر به عنوان شاخصی کیفی براساس شدت واقعی یا تصور افراد از صدمه‌های وارده به افراد یا سیستم، تعریف و در چهار گروه فاجعه‌بار، بحرانی، مرزی و جزیی

طبقه‌بندی گردید. احتمال خطر نیز با توجه به احتمال نسبی رخداد یک حادثه بر اثر یک خطر بالقوه در پنج گروه مکرر، محتمل، گه‌گاه، بعید و غیرممکن تعریف شد.

با برگزاری جلسه با گروه و مسئولین ایمنی و بهداشت این صنعت با توجه به شاخص‌های تصمیم‌گیری و ماتریس ارزیابی خطر شامل احتمال و شدت پیامدها، خطرهای ۱A- ۲A- ۳A- ۱B- ۲B- ۱C در گروه غیرقابل قبول، ۱D- ۲D- ۳B- ۲C- ۳C در طبقه نامطلوب، ۱E- ۲E- ۳E- ۳D- ۴A- ۴B در گروه قابل قبول همراه با تجدیدنظر و خطرهای ۴C- ۴D- ۴E در گروه قابل قبول بدون نیاز به تجدیدنظر به‌منظور پایه و اساس تقسیم‌بندی و اولویت‌بندی خطرها به‌کار گرفته شدند.

در گام بعدی به‌منظور بهبود وضعیت حفاظت در برابر خطرهای شناسایی شده و ارتقای سطح ایمنی فرایند، اقدام‌های کنترلی و راهکارهای اصلاحی جهت خطرهای غیرقابل قبول پیشنهاد و مجدداً ارزیابی خطر انجام شد. خطرهای شناسایی شده با استفاده از شاخص‌های توصیفی فراوانی و درصد بیان شدند.

❋یافته‌ها:

یک نمونه از نوع انرژی و توصیف خطر شامل خطر در رفتن شیلنگ‌ها در هنگام بارگیری محصولات هگزان و پنتان بود. وجود شیر قطع اضطراری جریان برای ممانعت و کاهش ریخت و پاش مایع بارگیری، یکی از موانع موجود در مسیر انرژی بود. اهداف آسیب‌پذیر در این مورد شامل کارکنان، اموال و محیط زیست در نظر گرفته شدند. به این ترتیب سطح خطر اولیه برای این انرژی در گروه نامطلوب (2D) قرار گرفت. عدم وجود موانع کافی و مناسب در این قسمت نشان‌گر اثربخشی پایین آن‌ها بود. برخی از اقدام‌های کنترلی پیشنهادی در این مورد عبارت بودند از: جمع کردن شیلنگ‌ها هنگام عدم استفاده از آن‌ها، اطمینان از سالم بودن شیلنگ‌ها قبل از بارگیری، وجود کلید قطع اضطراری پمپ، استفاده از بست‌های استاندارد و مناسب برای محکم کردن شیلنگ‌ها. ارزیابی خطر مجدد نشان داد که با کاربرد این اقدام‌های کنترلی سطح خطر کنترل شده به گروه قابل قبول همراه با تجدید نظر مدیریتی (3D) تقلیل یافت.

در محل استقرار مخازن هگزان و پنتان و همچنین قسمت بارگیری این مجموعه، به‌طور کلی ۷۴ مورد خطر و ۱۲۱ مورد انرژی منفرد و بالقوه خطرناک شناسایی شدند که به‌منظور سهولت در بررسی، انرژی‌های مختلف در ۱۷ گروه انرژی جای داده شدند. مطابق ماتریس خطر از این تعداد، ۴۶ مورد از خطرها (۶۲/۲ درصد) نامطلوب بودند. در میان تمام انرژی‌های مورد بررسی، فراوانی خطرهای مربوط به انرژی الکتریکی بیش از سایر انرژی‌ها بود و پس از آن به ترتیب خطر ناشی از انرژی‌های جابه‌جایی- فشار- حجم، نهان و شیمیایی قرار داشتند (جدول شماره ۱).

جدول ۱- فراوانی خطرهای شناسایی شده به تفکیک نوع انرژی و گروه خطر

گروه خطر / نوع گروه انرژی		غیرقابل قبول	نامطلوب	قابل قبول با تجدیدنظر	جمع کل	
					تعداد	درصد
الکتریکی		۸	۱۲	۰	۲۰	۲۷
جابه‌جایی، فشار و حجم		۶	۷	۰	۱۳	۱۷/۶
نهان		۴	۶	۲	۱۲	۱۶/۲
شیمیایی		۲	۷	۰	۹	۱۲/۲
جنبشی		۱	۶	۰	۷	۹/۴
گرمایی		۱	۱	۱	۳	۴
زمینی		۰	۱	۰	۱	۱/۳
مکانیکی		۰	۱	۰	۱	۱/۳
متفرقه		۳	۵	۰	۸	۱۰/۸
جمع کل	تعداد	۲۵	۴۶	۳	۷۴	۱۰۰
	درصد	۳۳/۸	۶۲/۲	۴		

❋بحث و نتیجه‌گیری:

این مطالعه نشان داد در مجموع بیش از ۹۵ درصد از خطرهای شناسایی شده در مخازن ذخیره گاز مایع پالایشگاه نفت کرمانشاه در سطح غیرقابل قبول و نامطلوب قرار داشتند و در میان انرژی‌ها، بیش‌ترین اثر در ایجاد خطرهای غیرقابل قبول و نامطلوب، مربوط به انرژی الکتریکی بود و طبعاً این امر با ماهیت این صنعت همخوانی دارد و بر این اساس می‌توان بیان کرد که بررسی بیش‌تر و اجرای اقدام‌های حفاظتی تکمیلی در مورد این انرژی‌های خطرناک می‌تواند در کاهش منابع بالقوه ایجاد حادثه و خسارت‌های مالی و جانی بیش‌ترین سهم را داشته باشد. در مقابل، انرژی‌های زمینی و مکانیکی کم‌ترین فراوانی را در ایجاد خطر داشتند که نشان‌دهنده اهمیت ناچیز منابع حادثه در مورد این دو انرژی در محیط کاری بود.

در مطالعه حاضر ۱۲۱ مورد انرژی بالقوه خطرناک در ۱۷ گروه انرژی شناسایی شدند. در حالی‌که در یکی از واحدهای پالایشگاه تهران ۱۲ نوع انرژی و ۲۸ زیر گروه از انرژی مختلف و در یک پالایشگاه دیگر ۱۰ نوع انرژی و ۲۴ زیر گروه انرژی مخاطره‌آمیز شناسایی شدند که در این دو مطالعه فراوانی انرژی‌های بررسی شده نسبت به مطالعه حاضر پایین‌تر بود.[۴و۸] این امر نشان‌دهنده شرایط غیرایمن ویژه در مخازن مطالعه حاضر به دلیل مواجهه با تعداد بیش‌تری از خطرها در مقایسه با دو مطالعه فوق بود. در مطالعه دوم، عمده‌ترین انرژی‌ها به‌ترتیب شامل شیمیایی (۲۱ درصد)، پتانسیل (۱۲ درصد) و الکتریکی (۱۲ درصد) بود که تا حدودی با مطالعه حاضر مطابقت داشت.[۸] در مطالعه حاضر حدود ۳۴ درصد از خطرهای شناسایی شده در سطح غیرقابل قبول و ۶۲ درصد نامطلوب بودند که نشان‌دهنده سهم بالای خطرهای غیرقابل قبول و نامطلوب در خطرزایی انرژی‌های مختلف بود و این مسأله در ارزیابی ایمنی مخازن گاز مایع نیز دیده شده است.[۱۹] در مقابل، در یکی از مطالعه‌های قبلی ۱۱ درصد از خطرها غیرقابل قبول، ۲۷ درصد نامطلوب، ۲۷ درصد قابل قبول اما نیازمند اصلاح و ۳۹ درصد قابل قبول و بدون نیاز به اقدام‌های اصلاحی بوده‌اند.[۸] همچنین در یک مطالعه در صنعت ریخته‌گری قزوین، ۲۶ درصد از خطرها غیرقابل قبول، ۴۴ درصد نامطلوب و ۳۰ درصد قابل قبول همراه با اقدام اصلاحی ارزیابی شدند که انرژی‌های پتانسیل و گرمایی به‌ترتیب خطرناک‌ترین انرژی‌ها در این زمینه بودند.[۲۰] همان‌طور که دیده می‌شود، دو مطالعه اخیر فراوانی خطرهای غیرقابل قبول و نامطلوب را کم‌تر از مطالعه حاضر گزارش کرده‌اند و در مطالعه دوم نوع انرژی‌های آسیب‌زا متفاوت از مطالعه حاضر بوده است.[۶و۲۰] این مسأله نشان‌دهنده محیطی امن‌تر در دو مطالعه ذکر شده به‌دلیل احتمال و شدت پایین‌تر خطرها و نیز تدابیر ایمنی بهتر بوده است. روی هم رفته حدود ۳۸ درصد از خطرهای مشاهده شده در پالایشگاه دیگر، ۵۸ درصد از خطرهای واحد کلرزنی، ۷۰ درصد از خطرهای واحد ریخته‌گری و ۶۸ درصد از خطرهای پتروشیمی سطح غیرقابل قبول یا نامطلوب داشتند و نسبت به مطالعه حاضر میزان خطر غیرقابل قبول و نامطلوب پایین‌تری را نشان دادند.[۱۲و۱۸و۲۱] در اینجا باید یادآور شد که اگرچه خطرها و حوادث مربوط به مخازن گاز از تکرار کمی برخوردارند اما در صورت وقوع می‌توانند منجر به خسارت‌های جبران ناپذیری به صنعت پالایش نفت گردند. لذا به نظر می‌رسد آنچه منجر به افزایش میزان خطرهای نامطلوب و غیرقابل قبول در این مخازن نسبت به صنایع مذکور دیگر شده است، بیش‌تر مربوط به جنبه شدت پیامدهای احتمالی است تا احتمال وقوع خطر. چرا که در صورت وقوع حادثه، علاوه بر خسارت‌های مستقیم جانی و مالی بر صنعت، وقفه زمانی برای برگشت به چرخه تولید و نیز رفع آلودگی احتمالی محیطی طول خواهد کشید که منجر به تحمیل خسارت‌های غیر مستقیم فراوانی به این صنعت می‌شود.

میزان خطرهای یک کارخانه شیمیایی با روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع به شرح زیر بود: انرژی‌های جنبشی

خطی و چرخشی (۲۹ درصد)، جابه‌جایی حرکتی، حجم و فشار (۲۱ درصد)، اثرات حاد و مزمن شیمیایی (۱۷ درصد)، آتش سوزی و انفجار (۱۴ درصد)، ارتفاع، گرانش و جرم (۹ درصد)، الکتریسیته (۷ درصد) و گرمایی (۳ درصد). در آن مطالعه نسبت به مطالعه حاضر، سهم انرژی جنبشی و شیمیایی بیش‌تر، میزان انرژی الکتریکی کم‌تر و در مورد سایر انواع انرژی‌ها تقریباً مشابه مطالعه حاضر بود. در آن مطالعه در مجموع ۱۱۳ خطر عمده شامل نشت فلنج‌ها، نقص شلنگ‌ها و انفجارهای شیمیایی شناسایی شد که در مقایسه با مطالعه حاضر فراوانی کلی خطرها بالاتر بود.[۲۲] در یک مطالعه، الکتریسیته ساکن و شعله‌های باز از جمله مهم‌ترین خطرهای مخازن گاز مایع بودند که در مورد انرژی الکتریکی با مطالعه حاضر همخوانی داشت.[۱۹] در صنعت حفاری نیز انرژی‌های مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی بیش‌ترین میزان خطر را ایجاد کردند.[۲۳]

بررسی ایمنی اجزای مخازن با استفاده از روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع به‌دلیل پیچیدگی خاص اجزای مخازن و عملکرد آن‌ها تا حدی وقت‌گیر و دشوار است. با این وجود، با توجه به ماهیت و خطر مخازن کروی گازهای هگزان و پنتان، این روش برای دست‌یابی به دید جامعی از انرژی‌های موجود در سیستم بسیار مفید است. این روش با سایر روش‌های ایمنی سیستم در زمینه بررسی و انتخاب گزینه مناسب برای کنترل خطر، سازگار است و توصیه می‌شود قبل از بررسی ایمنی سیستم‌های پیچیده و عملیاتی به‌عنوان روش اولیه یا در کنار سایر روش‌های دقیق‌تر مانند تحلیل حالت‌های نقص و اثرهای آن و تحلیل درخت خطا به‌کار گرفته شود. این امر بستری مناسب در خصوص پذیرش یا رد خطرهای شناسایی شده از طریق اولویت‌بندی کنترل هریک از آن‌ها فراهم می‌کند تا در صورت نیاز، سیستم و زیرسیستم بیش‌تر تجزیه و تحلیل شود.

طی بازرسی‌های ایمنی محققین مطالعه حاضر در محیط کاری، عدم مطابقت ایمنی در بخش‌های مختلف مشاهده شد که می‌توان افزایش تعداد خطرهای منجر به حوادث را با این عوامل تأمل برانگیز مرتبط دانست. برخی از این موارد عبارت بودند از: عدم آگاهی کارکنان واحدهای مختلف از سیستم نگه‌داری پیشگیرانه، عدم گزارش نقص تجهیزات حفاظتی مخازن و ملزومات بارگیری، قرار داشتن مخازن و تجهیزات بارگیری در فضای آزاد و تأثیر عوامل محیطی بر روی نقص آن‌ها، ضعف در آموزش موارد ایمنی و علایم هشداردهنده، فقدان تجهیزات کامل مورد نیاز برای هشدار و اعلام حریق احتمالی، عدم وجود یک برنامه مدون برای اقدام‌های ایمنی در شرایط اضطراری و ایجاد پیامدهای جبران‌ناپذیر. براساس نتایج مطالعه دیگر، نقص و خوردگی تجهیزات و همچنین فقدان یک سیستم مناسب ثبت و نگهداری گزارش‌های نقص و بازرسی‌ها می‌تواند منجر به حوادث جانی و مالی گردد.[۴] محققان دیگر ۳۳ درصد از حوادث مخازن جهان را به بلایای طبیعی مانند صاعقه و زلزله نسبت داده‌اند و بیان کردند که می‌توان با طراحی و ساخت و ساز مناسب، نگه‌داری بهینه و اقدام‌های مدیریت ایمنی تا حدود زیادی از این‌گونه حوادث پیش‌گیری نمود.[۱۹]

با توجه به شرایط محیطی و حفاظتی مخازن و درصد بالای برخی خطرها در صنعت پالایش نفت و مخازن ذخیره گاز، در صورت ایجاد حادثه احتمال صدمه به افراد و تجهیزات و نیز خسارت‌های زیست محیطی دور از انتظار نیست. لذا استفاده از اقدام‌های کنترلی مناسب به منظور پیش‌گیری از حوادث ناگوار آتی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. اقدام‌های کنترلی پیشنهادی برای کاهش خطر در روش ردیابی انرژی و تحلیل موانع با هزینه اجرایی پایینی قابل انجام است[۱۲] و عمده‌ترین آن‌ها در مطالعه‌های قبلی، بهبود شرایط، نگه‌داری منظم تجهیزات و استفاده از روش‌های عملیاتی صحیح بیان شده است.[۸و۱۳و۲۲] در مخازن مورد بررسی در مطالعه حاضر نیز با کاربرد این اقدام‌ها به‌خصوص در بخش انرژی الکتریکی باید در پیشگیری از بالفعل شدن خطرها تلاش کرد.

❋سپاس‌گزاری:

مطالعه حاضر حاصل یک پـروژه تحقیقـاتی در رشـته مهندسـی بهداشـت حرفـه‌ای اسـت و از حمایـت مـالی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه تشکر می‌شود.

❋مراجع:

1. Trianni A, Cagno E, Thollander P, Backlund S. Barriers to industrial energy efficiency in foundries: a european comparison. J Clean Prod 2013 Feb; 40: 161-76. doi: 10.1016/j.jclepro. 2012.08.040.

2. Hinze J, Devenport JN, Giang G. Analysis of construction worker injuries that do not result in lost time. J Constr Eng Manage 2006; 132 (3): 321-6. doi: 10.1061/(ASCE) 0733-9364.

3. Doshman Fana Yazdy F, Farshad A, ArghamI S, Heidari M. Use of ETBA method (Energy Trace and Barrier Analysis) for hazard identification in a paint shop of an automobile production factory. Iran Occup Health 2006; 3 (2): 68-77.

4. Shirali G, Adl J. How to perform Energy Trace and Barrier Analysis (ETBA) in industries? a case study in Isomax Unit of Tehran refinery. Iran Occup Health. 2006; 3 (1): 43-9.

5. Di Mauro C, Bouchon S, Torretta V. Industrial risk in the Lombardy region (Italy): What people perceive and what are the gaps to improve the risk communication and the participatory processes. Chemical Engineering Transaction 2012; 26: 297-302. doi: 10.3303/CET1226050.

6. Besnard D, Hollnagel E. Some myths about industrial safety. CRC technical Report, MINES ParisTech;. Available at: https://hal. inria.fr/file/index/docid/724098/filename/Bes nard-Hollnagel-2012-Myths industrial-safety-Tech-Report.pdf. Updated in: 2012. 19.

7. Zavadskas EK, Turskis Z, Tamošaitiene J. Risk assessment of construction projects. Journal of Civil Engineering Management 2010; 16 (1): 33-46. doi: 10.3846/jcem.2010. 03.

8. Arghami S, Abbasi S, Bakhtom S, Ziaei M. Comparing of HAZOP and ETBA techniques in safety risk assessment at gasoline refinery industry. African J Basic Appl Sci 2014; 6 (1): 1-5. doi: 10.5829/idosi.ajbas.2014.6.1. 83324.

9. Yarmohammadian MH, Tofighi S, Saghaeiannezhad Esfahani SS, Naseri Booriabadi T. Risks involved in medical records processes of Al-Zahra hospital. Health Information Management 2007 Spring-Summer; 4 (1): 51-9. [In Persian]

10. Khoshakhlagh AH, Halvani GH, Dehghani A, Barzagar V, Laal F, Mohammadi H. The survey of occupational accidents and safety performance indicators in unit of implementation plans of Yazd gas agency. J Qazvin Univ Med Sci 2016; 20 (4): 67-74. [In Persian]

11. Ericson CA. Hazard analysis techniques for system safety. 3rd ed. New jersey: Wiley & Sons; 2005. 528.

12. Mohammadfam I, Mahmoudi S, Kianfar A. Comparative safety assessment of chlorination unit in Tehran treatment plants with HAZOP & ETBA techniques. Procedia Engineering 2012; 45: 27-30. doi: 10.1016/j. proeng.2012.08.115.

13. Mohammadfam I, Sajedi A, Mahmoudi S, Mohammadfam F. Application of Hazard and Operability Study (HAZOP) in evaluation of health, safety and environmental (HSE) hazards. Int J Occup Hyg 2012 Jul; 4 (2): 69-72.

14. Vincoli JW. Energy trace and barrier analysis, in basic guide to system safety. 3rd

ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc; 2014. 111-8.
15. Harms-Ringdahl L. Analysis of safety functions and barriers in accidents. Safety Sci 2009; 47(3): 353-63.
16. Mortazavi S, 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 Occup Health 2011; 8(3): 68-77.
17. Parsamanesh H. Risk assessment of explosion in polyethylene oxide storage tank in Arak Petrochemical by fault tree analysis (FTA). Thesis for MSc degree, Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2008. [In Persian]
18. Zaroushani V, Varriani AS, Ayati SA, Nikpey A. Risk assessment in a foundry unit by energy trace and barrier analysis method (ETBA). Iran Occup Health 2010; 6 (4): 7-14.
19. Nejadali H, Mortazavi SB, Khavanin A. LPG storage spheres risk assessment with FMEA and ETBA methods. J Kermanshah Univ Med Sci 2008; 12 (2): 180-9. [In Persian]
20. Nouri Parkestani H, Alimohammadi I, Arghami S, Ghohari M, Farshad A. Assessment of reliability and validity of a new safety culture questionnaire. Iran Occup Health 2010; 7 (1): 3-0.
21. Mortazavi S, Zaranezhad A, Khavanin A, Asilian M. Identification and safety assessment of the hazardous zones (unwanted energy flows) in a petrochemical project by application of ET&BA method. J Babol Univ Med Sci 2007; 4 (39): 39-46. [In Persian]
22. Habibi E, Zare M, Barkhordari A, Yousefi HA, Morowatisharifabad MA. The comparison of ETBA and HAZOPS techniques. Process Saf Prog 2011; 30 (4): 356-9. doi: 10.1002/prs.10484.
23. Malakouti J, Gharibi V. Risk analysis of automated excavation operations by energy trace and Barrier Analysis Method. Iran Occup Health 2013; 10 (2): 87-98.