مجله مهندسی بهداشت محیط، بهار۱۴۰۲، سال ۱۰، شماره ۳ : ۲۴۱-۲۵۸

کمی سازی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی در یک شرکت تامین سیالات دکل-های حفاری در جنوب ایران با استفاده از روش های WASPAS-IVIF و SQRA

سجادآستانی[۱]، بهاره لرستانی[۲*]، مهرداد چراغی[۳]، مریم کیانی صدر[۴]

[۱]دانشجوی دکترای تخصصی محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

[۲]دکترای تخصصی علوم محیط زیست، دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

[۳]دکترای تخصصی علوم محیط زیست، استاد گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

[۴]دکترای تخصصی علوم محیط زیست، استادیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله:۱۴۰۲/۲/٤ ،تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: صنایع شیمیایی که جزو صنایع فرآیندی و دارای مخاطرات متعددی هستند که می توانند پیامدهای فاجعه بار و جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشند. پژوهش کنونی با هدف تجزیه و تحلیل ریسک بهداشتی مواد شیمیایی در یک شرکت تامین مواد شیمیایی دکل های حفاری با استفاده از روش های WASPAS و SQRA و در سال ۲۰۲۲ صورت گرفت.

روش بررسی: جمع آوری اطلاعات اولیه مواد مورد استفاده بر اساس روش های شهودی، بررسی مستندات، MSDS مواد شیمیایی، فرآیندها، کارکنان و میزان مواجهه آنها با مواد شیمیایی صورت گرفت. در ارزیابی ریسک به شیوه SQRA، فاکتورهای نرخ خطر (HR) و نرخ مواجهه (ER) بر اساس اطلاعات مربوط به سمیت حاد، LD50 و LC50 محاسبه گردید. به منظور اولویت بندی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی، از نسخه توسعه یافته WASPAS-IVIF استفاده شده است. از ۱۰ نفر کارشناس ایمنی فرآیند به منظور نمره دهی بهره گیری شد. محاسبات ارزیابی ریسک در محیط نرم افزار Excel2016 و فرآیند فازی سازی داده ها در تولزباکس فازی در محیط نرم افزار Matbal2019a انجام شده است.

یافته‌ها: نتایج حاصل از ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی به روش SQRA، از ۴۵ ماده شیمیایی، ۳۴ ماده فاقد پتانسیل ریسک بهداشتی ارزیابی شدند. سطح ریسک بهداشتی برای ، برای Acetone، Calcium Chloride، CITRIC ACID، Fuel Oil و Naphthalene در سطح پایین، برای Biocide، n-Butyl، AMMONIUM NITRATE و Xylenes در سطح متوسط، برای تولوئن در سطح زیاد و برای بنزن در سطح بسیار زیاد بوده است. نتایج ارزیابی به روش WASPAS-IVIF نیز نشان می دهد که بنزن با ضریب نزدیکی ۰،۸۲۸ مهم ترین عامل بروز ریسک در انبار شیمیایی سیالات حفاری می باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی مورد استفاده در صنایع حفاری در سطح نگران کننده ای قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: ریسک بهداشتی، صنایع شیمیایی، SQRA، WASPAS، صنایع حفاری.

* دکترای تخصصی علوم محیط زیست، دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

نویسنده مسئول:**lorestanib@iauh.ac.ir** ، شماره تماس: ۰۸۱۳۴۴۸۱۱۸۳

مقدمه

آلاینده های شیمیایی در محیط های کاری شامل گازها، بخارات و ذرات معلق جامد و مایع می باشند[1]. مواد شیمیایی دارای اثرات متعدد فیزیولوژیکی می باشند و این اثرات، بسته به نوع ماده شیمیایی، راه ورود، طول مدت تماس و تراکم آنها متفاوت است[2،3]. مواجهه بیش از حد مجاز با مواد شیمیایی در محیط کار می تواند سبب مسمومیت ها و بیماری های مختلفی گردد[4]. در دهه های اخیر، تغییرات قابل ملاحظه ای در مواد شیمیایی، فرایندها و نوع فعالیت ها در صنایع شیمیایی صورت گرفته است. تعداد کارخانجات تولید کننده مواد شیمیایی در بازار به شدت افزایش یافته و هرسال نیز محصولات جدیدی تولید و وارد بازار می شود[5]. تعداد شاغلین در معرض مواجهه با مواد شیمیای نیز افزایش یافته است [6،7]. در سال ۱۹۴۲ تعداد مواد شیمیایی شناسایی شده حدود ۶۰۰۰۰۰ و در سال ۱۹۴۷ حدود ۴ میلیون و در حال حاضر ۱۸ میلیون می باشد[8]. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی ۴ میلیون نفر در سطح جهان در صنایع شیمیایی مشغول به کار هستند و سالانه یک میلیون انسان در اثر تماس غیر ایمن با مواد شیمیایی دچار مرگ شده یا از کار افتاده می گردند[9]. در صنایع شیمیایی کارکنان با مواد شیمیایی مختلفی در تماس هستند که عدم رعایت اصول احتیاطی و اقدامات کنترلی در هنگام کار با آنها می تواند عوارض سوء متنوعی بر انسان ایجاد کند[10]. برای تصمیم گیری در مورد اقدامات کنترلی و حفاظت کارکنان در برابر عوارض ناشی از مواد شیمیایی، لازم است ریسک بهداشتی ناشی از این مواد به طور اختصاصی مورد ارزیابی قرار گیرد، چرا که بدون انجام ارزیابی ریسک، زمان و منابع صرف خطرات کم اهمیت تر شده و از مخاطرات مهم و قابل توجه غفلت می شود[11]. با استفاده از ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی می توان یک ارزیابی جامع از میزان مواجهه کارکنان با عوامل مخاطره آمیز بهداشتی انجام داد و در مورد پیش بینی تمهیدات کنترلی ،آموزش بیشتر کارکنان ،پایش و مراقبتهای بهداشتی برای حفاظت کارکنان در مقابل مواجهه با مواد شیمیایی خطرناک در محیط کار تصمیم گیری نمود[12]. از جمله صنایعی که دارای ریسک های متعدد از جمله شیمیایی و فیزیکی است، صنعت نفت و گاز است[13،14]. حفاری چاه های نفت و گاز یکی از مراحل فرآیند نفت است[15]. در فرآیند حفاری چاه، از مواد شیمیایی متعددی با اهداف مختلف همچون خنک کاری و روان کاری مته، کنترل فشار و یکپارچه سازی جداره چاه بهره گیری می شود[16،17،18]. موادی همچون باریت، کاستیک، بایوساید، سودا، پایپ لاکس، استارچ، فوم و حتی گازوئیل از جمله آنها هستند[19]. بسته به خصوصیات چاه، مولفه های مختلف زمین شناسی، اقلیمی و جغرافیایی، از مواد شیمیایی مختلفی برای سیال در گردش در چاه حفاری استفاده می شود[20]. در تحقیقات مختلف، ریسک مواد شیمیایی در چاه های نفت و گاز مورد ارزیابی قرار گرفته است. Ferguson و همکاران (۲۰۲۰) ریسک مواجهه کارکنان چاه های نفت و گاز با مشتقات نفتی در زمان بروز نشت را مورد ارزیابی قرار دادند[21]. Raimi و همکاران (۲۰۲۱) اثرات مواد شیمیایی مورد استفاده در چاه های نفت و گاز بر سلامت کارکنان عملیاتی که مواجهه مستقیمی با این مواد دارند را در سطح بالا بیان کردند[22]. ارزیابی های ریسک، نیازمند استفاده از روش های دقیق و کاربردی می باشد. اخیرا روش های تحت عنوان تصمیم گیری چندمعیاره در ارزیابی های ریسک مورد استفاده قرار گرفته اند. WASPAS یکی از این روش ها است. روش WASPAS یکی از روش های نوین تصمیم گیری چند شاخصه است که در سال ۲۰۱۲ توسط Zavadskas و همکاران در پژوهشی معرفی شد. این روش ترکیبی از دو مدل WSM (مدل مجموع وزنی) و WPM (مدل ضرب وزنی) می باشد. این روش دارای دقت بیشتر در مقایسه با روش های مستقل است[24]. یکی دیگر از روش های نسبتا جدید در ارزیابی ریسک بهداشتی،SQRA (Semi-Quantitative Risk Assessment) است که روشی نیمه کمی برای ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی خطرناک است. در

این روش از شاخص LD_{50} برای جذب پوستی، تنفسی، اندام های حیاتی و جذب سطحی استفاده می شود در این روش ۲ فاکتور اهمیت دارد، نرخ خطر و فاکتور نرخ مواجهه. تلفیق روش های کلاسیک ارزیابی ریسک با روش های ریاضی، می تواند نتایج دقیق تری در اولویت بندی ریسک ها بدست آورد[۲۵،۲۶]. این پژوهش با هدف تجزیه و تحلیل ریسک بهداشتی مواد شیمیایی در یک شرکت تامین مواد شیمیایی دکل های حفاری درجنوب ایران با استفاده از روش های WASPAS و SQRA در سال ۱۴۰۱ صورت گرفت.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر که از نوع توصیفی-کاربردی است، با هدف ارزیابی ریسک سلامت مواجهه با مواد شیمیایی در یک شرکت تامین مواد شیمیایی دکل های حفاری در جنوب غرب ایران در سال ۲۰۲۲ صورت گرفته است. این شرکت دارای ۳ انبار مواد شیمیایی مورد استفاده در صنعت حفاری به مساحت مجموعا ۸۰ هزار متر مربع است، بطور متوسط روزانه ۴۰ تن انواع مواد شیمیایی وارد انبارها شده و خارج می شود. فرآیند بارگیری و تخلیه برای پک های ۵۰۰ کیلوگرمی توسط لیفتراک و در پک های ۵۰ کیلوگرمی و درام ها، توسط کارگران انبار و بصورت دستی انجام می شود. تعداد ۳۸ کارگر انبار بطور مداوم درمواجهه مستقیم با این مواد قرار دارند.

پس از تهیه لیست از تمامی مواد اولیه، خصوصیات فیزیکوشیمیایی همچون سمیت، قابلیت حریق و واکنش پذیری از طریق تهیه MSDS یا در صورت لزوم، مراجع و استانداردهای بین المللی همچون*NIOSHو*OSHA تهیه گردید. با توجه به اینکه سطوح ریسک بهداشتی بر اساس میزان مواجهه کارکنان است، اطلاعات مربوط نیز به روش میدانی گردآوری شد. این اطلاعات شامل کارکنان بخش های مختلف انبارها، ساعات کاری، فرآیند عملیات و میزان مواجهه با مواد شیمیایی بود. در نهایت ریسک بهداشتی مواد اولیه با استفاده از روش‌های SQRA و WASPAS-IVIF شناسایی و ارزیابی گردید.

*NIOSH: National Institute for Occupational Safety & Health
*OSHA: Occupational Safety and Health Administration

ارزیابی ریسک های بهداشتی به روش SQRA

در این روش دو فاکتور حائز اهمیت وجود دارد. فاکتور نرخ خطر (HR) و فاکتور نرخ مواجهه (ER) می باشـــد. پس از شناسایی مواد اولیه شیمیایی موجود در انبارهای شرکت ، برای تعیین درجه خطر با اســـتفاده از اطلاعات مربوط به مقادیر سمیت حاد، LD_{50}، LC_{50} و یا از طریق اثرات سمی مواد شـیمیایی که در جداولی تعریف گردیده به دسـت آورد. فاکتور دوم نرخ مواجهه ER بوده که به دو روش زیر به دست می آید: اول: بر اســاس ســطح مواجهه واقعی زمانی که نتایج پایش هوا در د سترس با شد. متو سط وزنی مواجهه هفتگی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

رابطه ۱

$$ER = \frac{F \times D \times M}{W}$$

E: میزان مواجهه هفتگی (ppm یا mg/m3)

F: تعداد دفعات مواجهه در هفته

M: میزان مواجهه (ppm یا mg/m3)

W: متوسط ساعت کار هفتگی (۴۰ ساعت)

D: متوسط مدت مواجهه به ساعت

E محا سبه شده با حدود مجاز مواجهه شغلی OEL مقایسه شده و سپس نرخ مواجهه از جدول ۱ تعیین می گردد.

جدول ۱- نرخ مواجهه مواد شیمیایی در روش SQRA.

رتبه مواجهه	E/OEL
۱	۱/۰>
۲	۰,۱-۰,۵
۳	۰,۵-۱
۴	۱-۲
۵	۲

زمانی که مواجهه با دو یا چند ماده شیمیایی با اثرات مشابه صور می گیرد. مواجهه ترکیبی لحاظ می گردد.

دوم: با استفاده از شاخص مواجهه زمانی که نتایج پایش هوا موجود نباشد، درجه مواجهه را می توان با استفاده از شاخص مواجهه (EI) و توسط فرمول زیر بدست آورد:

رابطه ۲

$$ER = \left[\frac{E}{1} \times \frac{E}{2} \times \ldots \times \frac{E}{n}\right]^{\frac{1}{2}}$$

که در آن n تعداد شاخص های مواجهه مورد استفاده و EI شاخص مواجهه می باشد.

شاخص مواجهه با توجه به فاکتورهای مواجهه که در جدولی تعریف شده، تعیین می شود. نهایتا میزان ریسک با محاسبه ER و HR از طریق رابطه زیر محاسبه می گردد:

رابطه ۳

$$SQRA = (HR \times ER)^{\frac{1}{2}}$$

ریسک در ۵ سطح ناچیز (۰-۰,۵) ، کم(۰,۵۱-۱)، متوسط (۱-۲)، زیاد (۲-۳) و خیلی زیاد (بیش از ۳) به دست می‌آید[۲۷].

ارزیابی ریسک شیمیایی با استفاده از روش WASPAS فازی

در تحقیق حاضر از تکنیک WASPAS فازی برای اولویت بندی ریسک مواد شیمیایی در انبار سیالات حفاری استفاده شد. در این پژوهش، یک نسخه توسعه یافته از روش WASPASیعنیWASPAS-IVIF ارائه شده است که می تواند در محیط تصمیم گیری مبهم و عدم قطعیت اعمال شود. این تکنیک از جدیدترین و دقیق ترین تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره است و نتایج به دست آمده از این تکنیک استوار است و استفاده از روشWASPAS-IVIF امکان دقت بالا در شرایط پویا برای مواجهه با عدم قطعیت در نظرهای خبرگان را فراهم میکند. از ۱۰ نفر کارشناس ایمنی فرآیند جهت نمره دهی به معیارها استفاده شده است. با فرض اینکه مسئله تصمیم گیری مجموعه ای ازm تعداد گزینه شامل ... $\tilde{A}_m$, $\tilde{A}_2$, $\tilde{A}_1$ وn تعداد معیار شامل $\tilde{c}_1$, $\tilde{c}_2$, ... $\tilde{c}_n$, باشد، بررسی عملکرد و رتبه بندی هر گزینه i در معیارj بر مبنای اعداد IVIFانجام می شود. همچنینk شاخص مربوط به تصمیم گیرندگان می باشد. w_j^k قضاوت کارشناسkام در مورد اهمیت معیارjام است. جدول ۲ متغیرهای زبانی برای تعیین اهمیت نسبی معیارها را ارائه می دهد.

جدول ۲-متغیرهای زبانی برای تعیین اهمیت نسبی معیارها در ارزیابی ریسک مواد شیمیایی

متغیر زبانی	اعداد IVIF
خیلی مهم(VI)	$([0.1, 0.1], [0.9, 0.9])$
مهم(I)	$([0.4, 0.7625], [0.2115])$
متوسط(M)	$([0.15, 0.5125], [0.25, 0.4625])$
بی اهمیت(U)	$([0.3625], [0.4, 0.6125])$
خیلی بی اهمیت(VU)	$([0.9, 0.9], [0.1, 0.1])$

برای تجمیع نظر کارشناسان در نمره دهی به ریسک محیط زیستی مواد شیمیایی از رابطه ۴ استفاده می شود:

$$W_i = \frac{1}{k}\left[\sum_{\rho=1}^{k} \widetilde{w_i^{\rho}}\right], \qquad i = 1,2,3,\ldots\ldots,m$$ رابطه ۴

$\boldsymbol{\rho}$ نشان دهنده تعداد تصمیم گیرندگان است. یکی دیگر از عناصری که در این مرحله محاسبه می شود، ارزیابی گزینه ها(ریسک ها) در برابر معیارها(شاخص های ارزیابی ریسک) مطابق با ماتریس ریسک در رابطه ۵ است:

$$\tilde{X}^k = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11}^k & \tilde{X}_{12}^k & \tilde{X}_{1n}^k \\ \tilde{X}_{21}^k & \tilde{X}_{22}^k & \tilde{X}_{21}^k \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ \tilde{X}_{m1}^k & \tilde{X}_{m2}^k & \tilde{X}_{mn}^k \end{bmatrix}$$ رابطه ۵

$$\tilde{X}_{ij}^k = \left(\left[\mu_{Lij}^k, \mu_{uij}^k\right], \left[v_{Lij}^k, v_{uij}^k\right]\right.$$

در گام بعد، تجمیع نظر کارشناسان در یک ماتریس انجام می شود. بدین منظور از رابطه ۶ استفاده می شود:

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{k}\left[\sum_{\rho=1}^{k} \tilde{X}_{ij}^{\rho}\right], \qquad j = 1,2,3,\ldots,n \qquad 1 \le \rho \le k$$ رابطه ۶

در نتیجه ماتریس تصمیم گیری با n گزینه و m معیار به صورت رابطه ۷ تشکیل می شود:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \tilde{X}_{21} \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ & \cdot & \\ \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix}$$ رابطه ۷

$$\tilde{X}_{ij} = \left(\left[\mu_{Lij}, \mu_{uij}\right], \left[v_{Lij}, v_{uij}\right]\right.$$

در روش WASPAS از رابطه ۸ به منظور نرمالسازی ماتریس تصمیم گیری استفاده می شود. (روابط ۹ و ۱۰)

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{max\ \tilde{x}_{ij}}$$ رابطه ۸

در روش WASPAS-IVIF مجموع اهمیت نسبی معیار iام را می توان به صورت رابطه ۹ محاسبه کرد:

$$\mathrm{Q_i^{(1)}} = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \widetilde{\mathrm{X}}_{\mathrm{ij}} \mathrm{W_j}$$ رابطه ۹

در ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی، وزن شاخص ها ارزیابی یکسان فرض می شود. لذا در نهایت برای رتبه بندی ریسک ها در شاخص ها در روش WASPAS-IVIF از رابطه ۱۰ استفاده می شود:

$$Q_i = 0.5Q_i + 0.5Q_i^{(2)}$$ رابطه ۱۰

محاســبات ارزیابی ریســک در محیط نرم افزار Excel2016 و فرآیند فازی ســازی داده ها در تولزباکس فازی در محیط نرم افزار Matbal2019a انجام شده است.

نتایج

به منظور تجزیه و تحلیل ریسک های بهداشتی مواد اولیه شرکت ، لیستی از مواد شیمیایی مورد استفاده در انبارها تهیه شد. این لیست شامل ۴۵ ماده شیمیایی است. خلاصه نتایج حاصل از ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی مورد استفاده در شرکت در جدول ۳ ارائه شده است. در این روش، دو فاکتور حائز اهمیت وجود دارد. فاکتور نرخ خطر (HR) و فاکتور نرخ مواجهه (ER) می‌باشد. برای سطح مواجهه از شاخص های TWA/OEL و TLV استفاده شده است. میانگین دقایق مواجهه روزانه نیز به ساعت در هفته تبدیل شد. شاخص ER با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید و در نهایت با ضرب آن در شاخص نرخ خطر، اولویت ریسک مواد شیمیایی محاسبه شد. معیار پذیرش مبتنی بر پتانسیل مواجهه و ضریب خطر ناشی از مواجهه بدست آمده است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی در روش SQRA

ماده شیمیایی	میانگین مواجهه هفتگی به ساعت(D)	میزان مواجهه هفتگی(M)	OEL/ TWA/ TLV	واحد سنجش	ER	ER/OEL	HR	SQRA	معیار پذیرش
ACETONE	0.833	35.1	250	ppm	36.6	0.00252	4	0.66	L
AMMONIUM NITRATE	0.833	2	10	mg/m³	0.6	0.5	3	0.25	M
ANTIFOAM SILICON	5	0	-	ppm	0	0	1	0	N/A
Barite	40	1448	-	mg/m³	7240	0	1	0	N/A
BENTONITE	40	153.5	-	mg/m³	768	0	1	0	N/A
BIT LUBE	5	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
BIOCIDE	15	76.3	2	mg/m³	1.31	0.6563	3	1.4	H
Calcium Bromide	5	0	-	ppm	0	0	1	0	N/A
Calcium Carbonate	5	355.7	-	ppm	222	0	2	0	N/A
Calcium Chloride	5	19.7	150	mg/m3	12.3	0.0821	4	0.57	H
CAUSTIC SODA	15	12.4	50	mg/m³	23.3	0.465	4	1.36	M
CEMENT(Portland)	30	1.1	10	mg/m³	4.13	0.4125	2	0.91	VL
CITRIC ACID	5	31	77	mg/m³	19.4	0.2516	2	0.71	L
Carboxymethyl	8.333	0	-	ppm	0	0	2	0	N/A
GLYCOLE HC	4.167	0	-	ppm	0	0	1	0	N/A
DRILLING DETERGENT	4.167	11.2	-	ppm	5.83	0	2	0	N/A
HEMATITE	6.667	0	-	ppm	0	0	2	0	N/A
KCL B.B	8.333	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
LIME	15	245	-	mg/m³	459	0	1	0	N/A
Mg OXIDE	15	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
MICA- M	15	2.5	-	mg/m³	4.69	0	1	0	N/A
NATURAL GUM	8.333	0	2000	mg/m³	0	0	1	0	N/A
NUT PLUG-C	10	0	…	mg/m³	0	0	1	0	N/A
P.T.S. 200(Polymer Temperature Stabilizer)	10	0	-	ppm	0	0	1	0	N/A
PIPE LAX	5	0	-	ppm	0	0	4	0	N/A
H)-Oxazoledimethanol, 2 ((heptadecenyl	35	0	-	ppm	0	0	1	0	N/A
n-Butyl alcohol	5	23	20	ppm	14.4	0.7188	3	1.47	M
Fuel Oil	5	59	100	mg/m³	36.9	0.3688	2	0.86	L
Xylenes	5	191.3	100-150	ppm	120	1.1956	3	1.89	H
Naphthalene	5	2.76	10-15	ppm	1.73	0.1725	3	0.72	L
Benzene	0.833	92.7	2.5	ppm	9.65	3.861	4	3.93	VH
POLY.ALUMINUM.Chloride	5	0	-	ppm	0	0	2	0	N/A
POLY AMINE	5	0	-	ppm	0	0	2	0	N/A
POLY ELECTROLITE A3515	10	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
POLY PLUS DRY(PHPA)	10	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
POLYSAL	10	0	-	ppm	0	0	1	0	N/A
SAFE CIDE	10	0	-	ppm	0	0	1	0	N/A
SALT	10	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
SODIUM BICARBONATE	10	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
SODIUM SILICATE	10	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
SODA ASH	2.5	2.3	-	mg/m³	0.72	0	2	0	N/A
SPERSENE	1.667	36.7	-	mg/m³	7.65	0	1	0	N/A
MI STARCH	0.833	11.5	-	mg/m³	1.2	0	1	0	N/A
STARCH Potato	15	0	-	mg/m³	0	0	1	0	N/A
TOLUENE	15	15.8	20	ppm	29.6	1.4813	۳	2.11	H

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی به روش SQRA، از ۴۵ ماده شیمیایی، ۳۴ ماده فاقد پتانسیل ریسک بهداشتی ارزیابی شدند. سطح ریسک بهداشتی برای ، برای Acetone، Calcium Chloride، CITRIC ACID، Fuel Oil و Naphthalene در سطح پایین، برای Biocide، n-Butyl، AMMONIUM NITRATE و Xylenes در سطح متوسط، برای تولوئن در سطح زیاد و برای بنزن در سطح بسیار زیاد بوده است.

نتایج ارزیابی ریسک محیط زیستی به روش WASPAS

در تحقیق حاضر، از یک روش جدید تصممیم گیری چندمعیاره نیز برای ارزیابی و اولویت بندی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی بهره گیری شد. کارایی این روش در اولویت بندی ریسک های بهداشتی مورد بررسی قرار گرفت. ذیلا نتایج حاصل از اولویت بندی ریسک های بهداشتی ارائه شده است.

الف: نتایج ماتریس تصمیم گیری

تعداد ۱۱ ماده شیمیایی که در روش SQRA به عنوان مواد دارای ریسک بهداشتی مورد شناسایی قرار گرفته بودند در این روش مورد ارزیابی و اولویت بندی قرار گرفتند. ریسک سلامت تعداد ۱۱ ماده شیمیایی بر اساس ۳ شاخص کنترل های فعلی، احتمال مواجهه ودرجه خطر ماده شیمیایی در روش WASPAS-IVIFمورد ارزیابی قرار گرفت. اهمیت نسبی هر یک از شاخص ها بر اساس متغیرهای زبانی در هر یک از گزینه ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴-تعیین اهمیت نسبی هر یک از ریسک ها در شاخص های ریسک شیمیایی در روش WASPAS-IVIF

ردیف	ماده شیمیایی	درجه خطر ماده شیمیایی	احتمال مواجهه	کنترل های فعلی
۱	ACETONE	I	U	I
۲	AMMONIUM NITRATE	M	I	M
۳	BIOCIDE	I	VI	M
۴	Calcium Chloride	I	VI	**I**
۵	CITRIC ACID	U	M	**U**
۶	n-Butyl alcohol	I	U	**U**
۷	Fuel Oil	I	M	**M**
۸	Xylenes	I	M	M
۹	Naphthalene	I	M	U
۱۰	Benzene	VI	I	I
۱۱	TOLUENE	VI	M	I

ب: نتایج تجمیع نظر کارشناسان

برای تجمیع نظر کارشناسان از روش میانگین گیری مطابق رابطه ۴ بهره گیری شد. سپس مبتنی بر متغیرهای زبانی(جدول ۲)، وزن های IVIF شاخص ها و ریسک ها به شرح جداول زیر است

جدول ۵-اوزان تجمیع شده هر یک از ریسک ها در شاخص های ریسک زیست محیطی در روش WASPAS-IVIF

ردیف	ماده شیمیایی	شدت وقوع	احتمال وقوع	کنترل های فعلی
۱	ACETONE	([0.211, 0.284])	([0.266, 0.288])	([0.283, 0.231])
۲	AMMONIUM NITRATE	([0.193, 0.325])	([0.451, 0.301])	([0.374, 0.385])
۳	BIOCIDE	([0.344, 0.057])	([0.604, 0.557])	([0.245, 0.087])
۴	Calcium Chloride	([0.000, 0.031])	([0.741, 0.671])	([0.357, 0.274])
۵	CITRIC ACID	([0.132 , 0.145])	([0.315, 0.219])	([0.355, 0.219])
۶	n-Butyl alcohol	([0.221, 0.0313])	([0.215, 0.189])	([0.378 , 0.371])
۷	Fuel Oil	([0.353, 0.0.410])	([0.312, 0.198])	([0.392 , 0.403])
۸	Xylenes	([0.412, 0.398])	([0.371 , 0.318])	([0.3857, 0.452])
۹.	Naphthalene	([0.353, 0.398])	([0.298 , 0.316])	([0.552, 0.371])
۱۰	Benzene	([0.852, 0.764])	([0.541, 0.471])	([0.731, 0.352])
۱۱	TOLUENE	([0.732, 0.698])	([0.460 , 0.481])	([0.615, 0.574])

پ: نتایج نرمال سازی ماتریس تصمیم گیری

سپس با استفاده از روابطه ۷ و ۸، ماتریس تصمیم گیری تعیین و ماتریس نرمال شده IVIF محاسبه گردید. پس از محاسبه $Q_i^{(1)}$، مقادیر Q_i میانگین نیز مطابق رابطه ۹ محاسبه شد.

جدول ۶-مقادیر نرمال شده ماتریس تصمیم گیری در روش IVIF

ردیف	ماده شیمیایی(گزینه)	Q_i		
		شدت وقوع	احتمال وقوع	کنترل های فعلی
		(0.055483, 0.080203)	(0.058155, 0.071856)	(0.061943, 0.062113)
۱	ACETONE	(0.050749, 0.091782)	(0.098601, 0.07485)	(0.081861, 0.103522)
۲	AMMONIUM NITRATE	(0.090455, 0.016097)	(0.132051, 0.138972)	(0.053626, 0.023393)
۳	BIOCIDE	(0, 0.008755)	(0.162003, 0.167415)	(0.07814, 0.073676)
۴	Calcium Chloride	(0.034709, 0.040949)	(0.068868, 0.054641)	(0.077703, 0.058887)
۵	CITRIC ACID	(0.058112, 0.008755)	(0.047005, 0.047156)	(0.082737, 0.099758)
۶	n-Butyl alcohol	(0.092821, 0.115787)	(0.068212, 0.049401)	(0.085801, 0.108362)
۷	Fuel Oil	(0.108336, 0.112398)	(0.081111, 0.079341)	(0.084422, 0.121538)
۸	Xylenes	(0.092821, 0.112398)	(0.065151, 0.078842)	(0.120822, 0.099758)
۹	Naphthalene	(0.224034, 0.215758)	(0.118277, 0.117515)	(0.160002, 0.094649)
۱۰	Benzene	(0.19248, 0.197119)	(0.100568, 0.12001)	(0.112942, 0.154343)

۱۱	TOLUENE	(0.055483, 0.080203)	(0.058155, 0.071856)	(0.061943, 0.062113)

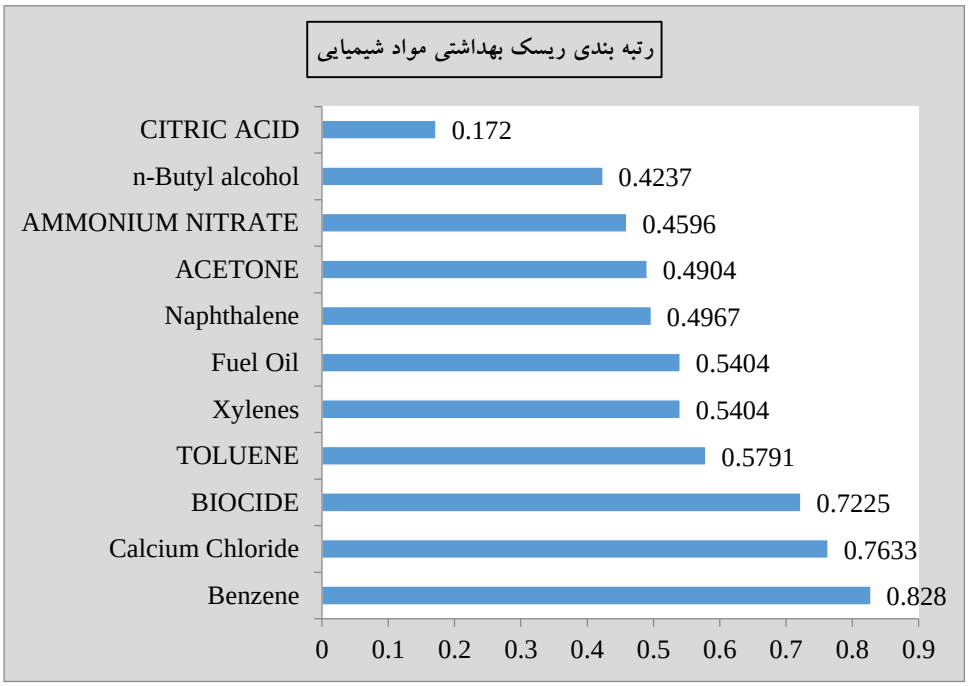
ت: رتبه بندی ریسک ها

در نهایت با استفاده تابع امتیاز(رابطه ۱۰)، رتبه ریسک هر یک از مواد شیمیایی محاسبه شد. جدول ۷ رتبه بندی ریسک های شیمیایی را نشان می دهد.

جدول ۷- رتبه نهایی ریسک هر یک از مواد شیمیایی در انبار مواد شیمیایی

اولویت ریسک	ماده شیمیایی(گزینه)	Q_i
A1	Benzene	0.828
A2	Calcium Chloride	0.7633
A3	BIOCIDE	0.7225
A4	TOLUENE	0.5791
A5	Xylenes	0.5404
A6	Fuel Oil	0.5193
A7	Naphthalene	0.4967
A8	ACETONE	0.4904
A9	AMMONIUM NITRATE	0.4596
A10	n-Butyl alcohol	0.4237
A11	CITRIC ACID	0.172

نتایج نشـــان می دهد که با در نظر گرفتن معیارهای تعیین شده، بنزن با ضریب نزدیکی ۰,۸۲۸ مهم ترین عامل بروز ریسک در انبار شیمیایی سیالات حفاری می باشد. بنزن به عنوان یک سرطانزای قطعی شناسایی شده است و با توجه به اینکه این ماده به سرعت تبخیر و وارد جو می شود، لذا پتانسیل بالایی در بروز اثرات نامطلوب بر سلامت کارکنان دارد. شکل ۱ رتبه بندی ریسک سلامت مواد شیمیایی در تحقیق حاضر را نشان می دهد.



شکل ۱- رتبه نهایی ریسک هر یک از مواد شیمیایی در انبار مواد شیمیایی

بحث

درصنایع شیمیایی، کارکنان با مواد شیمیایی خطرناک و پتانسیل بالای سمیت، انفجار، اشتعال‌پذیری، تحریک پذیری و یا خطرات دیگری روبرو هستند. بنابراین، برای کارکنان صنعت شیمیایی، خطرات احتمالی از مواد شیمیایی بسیار مهم و جدی هستند. برخی از خطرات احتمالی عبارتند از:

۱- سمیت: بعضی از مواد شیمیایی ممکن است سمی باشند و در صورت تماس با پوست، تنفس کردن در محیط آن‌ها یا مصرف داخلی، برای افراد خطرناک باشند.

۲-انفجار: برخی مواد شیمیایی می‌توانند با تماس با هوا یا آتش انفجار کنند و برای کارکنان و محیط زیست خطرناک باشند.

۳- اشتعال‌پذیری: بعضی از مواد شیمیایی می‌توانند با تماس با آتش شعله ور شوند و برای کارکنان خطرناک باشند.

۴-تحریک پذیری: بعضی از مواد شیمیایی می‌توانند با تماس با پوست یا تنفس ایجاد تحریک شوند و برای کارکنان خطرناک باشند.

۵-ترکیبات شیمیایی خطرناک: برخی از ترکیبات شیمیایی می‌توانند با تماس با یکدیگر و یا در شرایط خاص، ترکیباتی خطرناک تشکیل دهند که برای کارکنان خطرناک باشند.

بنابراین، شناخت دقیق و جامع از خطرات مواد شیمیایی برای کارکنان صنعت شیمیایی بسیار اهمیت دارد و باید در طراحی و اجرای فرآیندهای ایمنی در صنعت شیمیایی به دقت رعایت شود.

یکی از مهمترین خطرات موجود برای شاغلین، تماس با مواد شیمیایی خطرناک است. مولفه های مختلفی در بروز خطر ناشی از مواد شیمیایی دخیل هستند، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد شیمیایی، مانند دما، فشار، حلالیت و خطرات اشتعال، باعث بروز خطرات و در مواردی منجر به انفجار، آتش سوزی و انتشار مواد شیمیایی می شوند. همچنین عدم توجه به شرایط مناسب ذخیره سازی مواد شیمیایی، مانند تهویه، آتش نشانی و دیگر تجهیزات ایمنی ممکن است باعث بروز خطر در محیط ذخیره سازی شود، از عوامل انسانی مانند بی‌توجهی، عدم آگاهی، نقض قوانین و مقررات و همچنین خطای انسانی که می تواند باعث بروز خطرات گردد نمی توان چشم پوشی نمود، ارزیابی ریسک، یک ضرورت جهت تعیین برنامه های مدیریتی و اولویت بندی مقابله با خطرات در صنایع مختلف است. در ارزیابی ریسک، استفاده از الگوریتم های فرا ابتکاری می تواند در رسیدن به اولویت ریسک قطعی و تصمیم گیری بهتر بسیار مفید باشد. استفاده از الگوریتم های ریاضی و تلفیق آن با روش هایی همچون منطق فازی، از روش هایی است که اخیرا مورد توجه قرار گرفته اند. با استفاده از این روش های ارزیابی، می‌توان به نتایج دقیق‌تری در خصوص ریسک مواد شیمیایی دست یافت و راه‌حل‌هایی برای کاهش ریسک ارائه کرد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که روش WASPAS می تواند تکنیکی موثر در اولویت بندی ریسک بهداشتی باشد. نتایج اولویت بندی صورت گرفته نشان داد که ریسک مواجهه با بنزن، بیش از سایر مواد شیمیایی در انبار سیالات حفاری وجود دارد. آژانس بین المللی تحقیقات سرطان(International Agency for Research on Cancer) بنزن را به عنوان سرطانزای قطعی دسته بندی کرده است[۲۸]. Afshar و همکارانش (۲۰۱۹) سطح غلظت ترکیبات بنزن و تولوئن در محل نشت ترکیبات نفتی را بطور میانگین بیش از ۵۰ میکروگرم بر مترمکعب در شعاع ۵۰ متری برآورد کردند. در تحقیق حاضر، متوسط مواجهه هفتگی با بنزن و تولوئن به ترتیب ۹۲,۷ و ۱۵,۸ پی پی ام برآورد گردید. در مطالعه دیگری نشان داده شده که میانگین غلظت بنزن در محدوده شهری ۰,۱۶ تا ۰,۳ میکروگرم بر مترمکعب می باشد که اختلاف معناداری را مقادیر سنجش شده در مطالعه حاضر نشان می دهد[۲۹]. Heidari و همکاران (۲۰۱۷) میانگین غلظت سه ترکیب ذکر شده (بنزن، تولوئن) در صنعت رنگ را بطور میانگین ۴,۳۲ و ۱,۲۸ میلی گرم بر مترمکعب براورد کردند که نشان می دهد در سطح پایین تری نسبت به تحقیق حاضر قرار دارد[۳۰].

نتایج روش SQRA که روشی خطی و کلاسیک محسوب می شود، سطوح خطر برای بنزن را بر اساس غلظت های سنجش شده، میزان مواجهه و خطر ذاتی آن، به ویژه برای کارگرانی که در محدوده انبارها فعالیت می کنند بسیار بالا ارزیابی نمود. همچنین سطوح خطر بهداشتی برای تولوئن، زایلن، کلسیم کلراید و بایوساید نیز در حد خطرناک ارزیابی شد. نتایج مطالعات کلینیکال بیانگر اثرات مختلفی همچون تضعیف سیستم ایمنی و فشار خون ناشی از مواجهه با کلسیم کلراید دارد[۳۱]. بایوساید نیز منجر به اثرات منفی روی سیستم تنفسی و سیستم عصبی می شود[۳۲].

نتایج بررسی حوادث و آسیب های مربوط به مواجهه با مواد شیمیایی در شرکت نشان می دهد برخی علائم مزمن از جمله مشکلات تنفسی و حساسیت های پوستی دارای سوابق متعددی می باشد. Liu و همکاران (۲۰۱۷) (۲۸) لیبل‌گذاری مواد شیمیایی دارای خصوصیت اشتعال پذیری و واکنش پذیری و

نگهداری بصورت تفکیک شده از سایر مواد را برای انبار مواد شیمیایی توصیه کرده اند. خطاهای انسانی حین حمل مواد شیمیایی با دست یا لیفتراک در فرآیند از دیگر علل بروز حوادث است که نیازمند تدوین طرح واکنش در شرایط اضطراری میباشد. تردد در انبارهای مواد شیمیایی(انبار روباز و ایزوله) باید کاملا مطابق با موازین ایمنی باشد. استفاده از تجهیزات حفاظت فردی استاندارد حتی برای حضور کوتاه مدت در انبار ضروری است که در برخی شرایط مورد توجه کافی قرار نگرفته است[۳۳]. استفاده از دستکش، روپوش مخصوص، عینک محافظ و ماسک در زمان کار با مواد شیمیایی برای کارکنان و فعالیت اتاق ایزوله با فشار منفی ۲,۵ پاسکال برای کار با مواد شیمیایی که اثرات تنفسی دارند از مواردیست که توسط Bergkamp & Abelkop (۲۰۱۹) پیشنهاد شده است. تهویه مکانیکی در محوطه تولید مطابق با استاندارد ACGIH نیز از دیگر توصیه های مربوط به نگهداری مواد شیمیایی است[۳۴]. تعیین شیفت های کاری یکی از راهکارهای موثر در پیشگیری از آسیب های ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی می باشد. Bhusnure و همکاران (۲۰۱۸) نوبت کاری کوتاه مدت را از راهکارهای موثر در پیشگیری از آسیب های ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی عنوان کرده‌اند[۳۵].

بطور کلی، حیطه ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی در محیط های مختلف به ویژه در صنایع شیمیایی و نتایج آنها در مدیریت سلامت کارکنان موثر است. صنایع نفتی از جمله چاه های نفت و گاز و انبارهای سیالات حفاری، از جمله مهم ترین مواردی هستند که نیازمند انجام مطالعات ارزیابی ریسک بهداشتی هستند. در همین واحدها نیز، بخش هایی که ارتباط مستقیمی با ترکیبات شیمیایی در حجم بالا دارند، جزء گروه های حساس قرار دارند و کارکنان آنها باید تحت مدیریت ویژه برای کاهش سطح مواجهه با این ترکیبات و سایر ترکیبات خطرناک قرار گیرند.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اثرات بهداشتی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی مورد استفاده در صنایع حفاری در سطح نگران کننده ای قرار دارد. کارکنان بخش های مختلف صنایع نفت و گاز در مواجهه با مواد شیمیایی هستند. پیشنهاد می شود از تکنیک های مورد استفاده در این پژوهش، در سایر بخش های این صنایع نیز بهره جویی شده و نتایج آن در برنامه های کنترلی و مدیریت ریسک بهداشتی مورد استفاده قرار گیرد، همچنین برای حفاظت از سلامت کارکنان وکارگران، نیاز به تلاش‌های بیشتری برای شناسایی، ارزیابی و کنترل مواد سمی در محیط کار وجود دارد به علاوه ضرورت دارد کارکنان در خصوص روش‌های ایمنی و بهداشتی و همچنین ایجاد فرهنگ سلامت حرفه‌ای آگاهی بیشتری کسب نمایند.

References

1. Rim, K. T. (2017). Reproductive Toxic chemicals at work and efforts to protect workers' health: a literature review. Safety and health at work, 8(2), 143-150. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.04.003
2. Villa, V., Paltrinieri, N., Khan, F., & Cozzani, V. (2016). Towards dynamic risk analysis: A review of the risk assessment approach and its limitations in the chemical process industry. Safety science, 89, 77-93. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.06.002
3. Zhang, L., Sun, P., Sun, D., Zhou, Y., Han, L., Zhang, H., ... & Wang, B. (2022). Occupational health risk assessment of the benzene exposure industries: a comprehensive scoring method through 4 health risk assessment models. Environmental Science and Pollution Research, 29(56), 84300-84311. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21275-x
4. Watnick, V. J. (2019). The Lautenberg Chemical Safety Act of 2016: Cancer, industry pressure, and a proactive approach. Harv. Envtl. L. Rev., 43, 373.
5. .٥Vermeulen, R., Schymanski, E. L., Barabási, A. L., & Miller, G. W. (2020). The exposome and health: Where chemistry meets biology. Science, 367(6476), 392-396. DOI: 10.1126/science.aay3164
6. Ale, B. J. M., Kluin, M. H. A., & Koopmans, I. M. (2017). Safety in the Dutch chemical industry 40 years after Seveso. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 49, 61-67. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.04.010
7. Muhamad Khair, N. K., Lee, K. E., Mokhtar, M., & Goh, C. T. (2018). Integrating responsible care into quality, environmental, health and safety management system: A strategy for Malaysian chemical industries. Journal of Chemical Health & Safety, 25(5), 10-18. https://doi.org/10.1016/j.jchas.2018.02.003
8. Sajid, M., & Płotka-Wasylka, J. (2022). Green analytical chemistry metrics: A review. Talanta, 238, 123046. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.123046
9. Goodson III, W. H., Lowe, L., Carpenter, D. O., Gilbertson, M., Manaf Ali, A., Lopez de Cerain Salsamendi, A., ... & Pavanello, S. (2015). Assessing the carcinogenic potential of low-dose exposures to chemical mixtures in the environment: the challenge ahead. Carcinogenesis, 36(Suppl_1), S254-S296. https://doi.org/10.1093/carcin/bgv039
10. Wang, D., Chen, T., Fu, Z., Yang, L., Li, R., Sui, S., ... & Shi, Z. (2019). Occupational exposure to polybrominated diphenyl ethers or decabromodiphenyl ethane during chemical manufacturing: occurrence and health risk assessment. Chemosphere, 231, 385-392. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.165
11. Zhang, K., Zheng, X., Li, H., & Zhao, Z. (2020). Human health risk assessment and early warning of heavy metal pollution in soil of a coal chemical Plant in Northwest China. Soil and Sediment Contamination: An International Journal, 29(5), 481-502. https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1746737
12. Yi, Y., Yang, Z., & Zhang, S. (2011). Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environmental pollution, 159(10), 2575-2585. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.011
13. Bucelli, M., Paltrinieri, N., & Landucci, G. (2018). Integrated risk assessment for oil and gas installations in sensitive areas. Ocean Engineering, 150, 377-390. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.12.035
14. Badida, P., Balasubramaniam, Y., & Jayaprakash, J. (2019). Risk evaluation of oil and natural gas pipelines due to natural hazards using fuzzy fault tree analysis. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 66, 284-292. https://doi.org/10.1016/j.jngse.2019.04.010.
15. Zaidi, R., Sedmak, A., Kirin, S., Grbovic, A., Li, W., Vulicevic, L. L., & Sarkocevic, Z. (2020). Risk assessment of oil drilling rig welded pipe based on structural integrity and life estimation. Engineering Failure Analysis, 112, 104508. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104508.
16. David Ytrehus, J., Taghipour, A., Golchin, A., Saasen, A., & Prakash, B. (2017). The effect of different drilling fluids on mechanical friction.

Journal of Energy Resources Technology, 139(3). https://doi.org/10.1115/1.4035951

17. Saasen, A., Hoset, H., Rostad, E. J., Fjogstad, A., Aunan, O., Westgård, E., & Norkyn, P. I. (2001, September). Application of ilmenite as weight material in water based and oil based drilling fluids. In SPE Annual Technical Conference and Exhibition. OnePetro. https://doi.org/10.2118/71401-MS

18. Samnejad, M., Gharib Shirangi, M., & Ettehadi, R. (2020, May). A digital twin of drilling fluids rheology for real-time rig operations. In Offshore Technology Conference. OnePetro. https://doi.org/10.4043/30738-MS.[in Persian]

19. Fink, J. (2021). Petroleum engineer's guide to oil field chemicals and fluids. Gulf Professional Publishing.

20. Taugbøl, K., Sola, B., Forshaw, M., & Fjogstad, A. (2021, March). Automatic Drilling Fluids Monitoring. In SPE/IADC International Drilling Conference and Exhibition. OnePetro. https://doi.org/10.2118/204041-MS.

21. Ferguson, A., Solo-Gabriele, H., & Mena, K. (2020). Assessment for oil spill chemicals: Current knowledge, data gaps, and uncertainties addressing human physical health risk. Marine pollution bulletin, 150, 110746. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110746

22. Raimi, O. M., Sawyerr, O. H., Ezekwe, C. I., & Salako, G. (2021). Many oil wells, one evil: Potentially toxic metals concentration, seasonal variation and human health risk assessment in drinking water quality in Ebocha-Obrikom Oil and Gas Area of Rivers State, Nigeria. medRxiv, 2021-11. https://doi.org/10.1101/2021.11.06.21266005.

23. Karimi, A., Jamshidi Slukloei, H. R., & Eslamizad, S. (2014). Designing SQCRA as a software to semi-quantitative chemical risk assessment in workplace. Journal of Occupational Hygiene Engineering, 1(2), 47-56. URL: http://johe.umsha.ac.ir/article-1-49-en.html. [in Persian]

24. Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. (2012). Optimization of weighted aggregated sum product assessment. Elektronika ir elektrotechnika, 122(6), 3-6. https://doi.org/10.5755/j01.eee.122.6.1810

25. Marhavilas, P. K., Filippidis, M., Koulinas, G. K., & Koulouriotis, D. E. (2020). A HAZOP with MCDM based risk-assessment approach: Focusing on the deviations with economic/health/environmental impacts in a process industry. Sustainability, 12(3), 993. https://doi.org/10.3390/su12030993

26. Jozi, S. A., Shoshtary, M. T., & Zadeh, A. R. K. (2015). Environmental risk assessment of dams in construction phase using a multi-criteria decision-making (MCDM) method. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 21(1), 1-16. https://doi.org/10.1080/10807039.2013.821905. [in Persian]

27. Karimi Zeverdegani, S., Barakat, S., & Yazdi, M. (2017). Validation CHEM-SAM model using SQRA method in exposure to toxic substances in a chemistry research lab. Journal Mil Med, 19(3), 291-298. [in Persian]

28. IARC (International Agency for Research on Cancer). List of classifications by alphabetical order. [Updated May 00, 2100]; Available from: http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php.

29. Afshar-Mohajer, N., Fox, M. A., & Koehler, K. (2019). The human health risk estimation of inhaled oil spill emissions with and without adding dispersant. Science of the Total Environment, 654, 924-932. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.110.[in Persian]

30. Heidari, H., Zare, M., Barker, J. F., & Vaezihir, A. (2017). Lab-scale experiment assessment of air sparging BTEX removal in fine-grained aquifer of Shiraz Oil Refinery. Desalination and Water Treatment, 64, 136-146. DOI: 10.5004/dwt.2017.20156.[in Persian]

31. Kocadaglı, T., & Gokmen, V. (2016). Effects of sodium chloride, potassium chloride, and calcium chloride on the formation of α-dicarbonyl compounds and furfurals and the development of browning in cookies during baking. Journal of agricultural and food chemistry, 64(41), 7838-7848. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03870.

32. Luz, G. V., Sousa, B. A., Guedes, A. V., Barreto, C. C., & Brasil, L. M. (2018). Biocides used as additives to biodiesels and their risks to the environment and public health: A review.

Molecules, 23(10), 2698. https://doi.org/10.3390/molecules23102698.

33. Liu, X., Li, J., & Li, X. (2017). Study of dynamic risk management system for flammable and explosive dangerous chemicals storage area. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 49, 983-988. doi.org/10.1016/j.jlp.2017.02.004

34. Bergkamp, L., & Abelkop, A. (2019). Regulation of Chemicals. In The Oxford Handbook of Comparative Environmental Law. DOI: 10.1093/law/9780198790952.003.0026

35. Bhusnure, O. G., Dongare, R. B., Gholve, S. B., & Giram, P. S. (2018). Chemical hazards and safety management in pharmaceutical industry. Journal of Pharmacy Research, 12(3), 357-369. Article Id: JPRS-QA-00002021

Journal of Environmental Health Engineering, May 2023; Vol.10, No. 3: 241-258

Quantifying the Health Risk of Chemicals in a Drilling Rig Fluid Supply Company in Southern Iran using WASPAS-IVIF and SQRA Methods.

Sajad Astani[1], Bahareh Lorestani[2*], Mehrdad Cheraghi[3], Maryam Kiani Sadr[4]

[1]Ph.D. of Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[2]Ph.D. of Environmental Science, Associate Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[3]Ph.D. of Environmental Science, Full Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
[4]Ph.D. of Environmental Science, Assistant Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

Email: lorestanib@iauh.ac.ir
Received: 24 April 2023 , Accepted: 20 May 2023

ABSTRACT

Background: Chemical industries are among the process industries and have many risks that can lead to catastrophic and irreparable consequences. The current research analyzed the health risk of chemicals in a company supplying chemicals to drilling rigs using WASPAS and SQRA methods in 2022.

Methods: The basic information of the materials used was collected based on intuitive methods, document review, MSDS of chemicals, processes, efficiency, and exposure to chemicals. In the SQRA risk assessment, hazard rate (HR) and exposure rate (ER) factors were calculated based on information related to acute toxicity, LD50, and LC50. The developed version of WASPAS-IVIF has been used to prioritize the health risk of chemicals. 10 process safety experts were used for scoring. Risk assessment calculations were done in the Excel2016 software environment, and the data fuzzification process was in Fuzzy Toolbox in the Matbal2019a software environment.

Findings: The results of the health risk assessment of chemicals using the SQRA method, out of 45 chemicals, 34 were evaluated as having no health risk potential. The health risk level for Acetone, Calcium Chloride, CITRIC ACID, Fuel Oil, and Naphthalene is low. For biocide, n-Butyl, ammonium nitrate, and xylenes are at medium level, toluene at a high level, and Benzene at a very high level. The results of the WASPAS-IVIF evaluation also show that Benzene is the most critical risk factor in the chemical storage of drilling fluids, with a coefficient of 0.828.

Conclusion: This research showed that the health effects caused by exposure to chemicals used in the drilling industry are worrying.

Keywords: Health risk, chemical industry, SQRA, WASPAS, drilling industry