



مدیریت و ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل 119 حفاری شمال-منطقه مارون 4

محمدعلی باروزه^۱، کنایون ورشوساز^{۲*}

1، 2. گروه محیط زیست و HSE، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران،

*مسئول مکاتبات: k.varshosaz@iau.ac.ir

چکیده

پژوهش حاضر به ارزیابی و تحلیل ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل 119 حفاری شمال-منطقه 4 مارون با استفاده از روش تحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA) پرداخته است. هدف این مطالعه شناسایی و رتبه‌بندی حالات مخاطره‌آمیز مرتبط با مواد شیمیایی خطرناک در فرآیندهای مختلف حفاری و ارائه پیشنهادات مناسب جهت مدیریت بهینه این ریسک‌ها می‌باشد. در این راستا، چهار رده اصلی مخاطره شامل نشر و انتشار مواد شیمیایی، اختلاط و واکنش‌های شیمیایی، تجهیزات و زیرساخت، و عملیات و فرآیند شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت. پرسشنامه FMEA توسط پنج کارشناس تکمیل و سپس با استفاده از میانگین هندسی شدت (S)، احتمال وقوع (O) و قابلیت کشف (D) ریسک‌ها، شاخص میزان ریسک (RPN) برای هر یک از حالات مخاطره محاسبه گردید. نتایج نشان داد که بیشترین میزان ریسک در رده نشر و انتشار مواد شیمیایی، به‌ویژه نشت از تجهیزات حفاری (با RPN معادل 216) و اختلاط مواد شیمیایی با آب (با RPN معادل 192) مشاهده گردید. علاوه بر این، در رده تجهیزات و زیرساخت، بی‌توجهی به پیش‌آگهی‌ها و هشدارها (با RPN معادل 192) و در رده عملیات و فرآیند، آسیب به تجهیزات حفاری (با RPN معادل 240) به‌عنوان مخاطرات بحرانی شناسایی شدند. این پژوهش بر لزوم توجه ویژه به کنترل نشت، پیشگیری از واکنش‌های شیمیایی خطرناک، تقویت سیستم‌های ایمنی، و نظارت مستمر بر تجهیزات حفاری تأکید دارد. همچنین، پیشنهادات مرتبط با بهبود پروتکل‌های ایمنی و مدیریت بحران برای کاهش ریسک‌های مرتبط با مواد شیمیایی خطرناک در این دکل حفاری ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، مواد شیمیایی خطرناک، اختلاط و واکنش‌های شیمیایی، دکل 119 حفاری منطقه مارون 4.

مقدمه

مدیریت ریسک در صنعت نفت و گاز از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا هرگونه اشتباه یا غفلت در فرآیندهای حفاری می‌تواند پیامدهای جدی برای ایمنی کارکنان، حفظ محیط‌زیست و کارایی عملیات داشته باشد (Peron et al., 2023; Asante-Duah, 2021). یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در این زمینه، مدیریت ریسک مواد شیمیایی خطرناک است که به طور گسترده‌ای در عملیات حفاری و تولید نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند (El-Harbawi et al., 2020). این مواد به دلیل ویژگی‌های خاص خود، مانند قابلیت اشتعال، سمیت و خطر آلودگی محیطی، در صورت عدم مدیریت صحیح می‌توانند خطراتی جدی به همراه داشته باشند (Yemelin et al., 2021). مواد شیمیایی خطرناک در دکل‌های حفاری برای اهداف مختلفی از جمله روان‌سازی، جلوگیری از خوردگی، تثبیت چاه و افزایش بهره‌وری حفاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Yongbo, 2024). با این حال، در صورت بروز حادثه یا نشت، این مواد می‌توانند به سرعت به تهدیدی برای ایمنی کارکنان، آسیب به تجهیزات و آلودگی‌های زیست‌محیطی تبدیل شوند (Moon et al., 2021). بنابراین، ارزیابی دقیق ریسک این مواد شیمیایی و به‌کارگیری روش‌های مؤثر برای مدیریت آن‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Li et al., 2021; 2023). در این مقاله، هدف اصلی بررسی ریسک‌های مرتبط با استفاده از مواد شیمیایی خطرناک در دکل‌های حفاری است. به‌ویژه، تحلیل خطرات و آسیب‌پذیری‌های ناشی از این مواد و ارزیابی احتمال وقوع حوادث مختلف نظیر آتش‌سوزی، انفجار یا آلودگی‌های شیمیایی مورد توجه قرار خواهد گرفت. برای دستیابی به این هدف، از روش‌های ارزیابی ریسک مانند تحلیل ریسک کمی و کیفی، مدل‌های پیش‌بینی و شبیه‌سازی‌های احتمالی استفاده خواهد شد. علاوه بر این، راهکارهایی برای کاهش ریسک‌ها و بهبود شیوه‌های مدیریت مواد شیمیایی خطرناک پیشنهاد می‌شود. با توجه به



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

اینکه مدیریت صحیح ریسک در این حوزه نه تنها به کاهش خطرات مربوط به ایمنی و محیط زیست کمک می کند، بلکه می تواند به افزایش بهره وری و کاهش هزینه های عملیاتی نیز منجر شود، این تحقیق اهمیت زیادی دارد. در نهایت، مقاله حاضر به دنبال ارائه چارچوبی جامع و کارآمد برای مدیریت و ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک در عملیات حفاری است که می تواند به عنوان راهنمایی برای متخصصین و مسئولین در این زمینه مفید واقع شود.

مواد و روش ها

روش تحقیق استفاده شده در این پژوهش اسنادی - تحلیلی می باشد که مطالب آن به روش اسنادی گردآوری شده، به مدیریت و ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک و کمینه سازی پسماند ناشی از عملیات حفاری پرداخته شده و در پایان به راهکارهایی که می تواند با افزایش ایمنی پسماند حفاری بیانجامد، مطرح خواهد شد. این پژوهش بوسیله روش ارزیابی ریسک FMEA با استفاده از تکنیک فازی بررسی گردیده است.

FMEA در ارزیابی ریسک روش تحلیلی است که می کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه بندی کند. مراحل انجام روش FMEA به شرح زیر می باشد.

الف) جمع آوری اطلاعات مربوط به فرآیند

سایت یا مکانی که در آن ارزیابی ریسک انجام می شود باید کاملاً شناسایی و نحوه فعالیت ها و فرآیندها به دقت بررسی شود.

ب) تعیین خطرات بالقوه

تمام دخطرات محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و ... که ایمنی را تهدید می کند باید در نظر گرفته شود. همچنین حالات هر خطر نیز می بایست مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

ج) بررسی اثرات هر خطر

اثرات هر خطر، اثرات احتمالی هستند که آن خطر بر ایمنی افراد می گذارد. اثرات خطر می توانند مانند آتش سوزی، مسمومیت، شکستگی، آسیب های مفصلی و ... باشد.

د) تعیین علل خطر

شناخت کافی از محدوده مورد ارزیابی می تواند کمک فراوانی برای شناسایی علل به وجود آمده خطر باشد. اطلاعات فنی، زیست محیطی و ارگونومیک نیز در شناسایی بهتر علل موثر هستند.

ه) چک کردن فرآیندهای کنترل

به منظور ارزیابی بهتر خطرات صورت می گیرد. بررسی برگه ها عملیات استانداردها، الزامات و قوانین حاکم بر محیط کار و عوامل مربوط از جمله این کارهاست.

ر) تعیین نرخ وخامت

وخامت خطر یا میزان جدید بودن "اثر خطر بالقوه" بر افراد است. شدت یا وخامت خطر فقط در مورد اثر آن در نظر گرفته می شود. کاهش در وخامت خطر فقط از طریق اعمال تغییرات در فرآیند و نحوه انجام فعالیت ها امکان پذیر است. برای وخامت خطر شاخص های کمی وجود دارد که بر حسب مقیاس 1 تا 10 بیان می گردد.

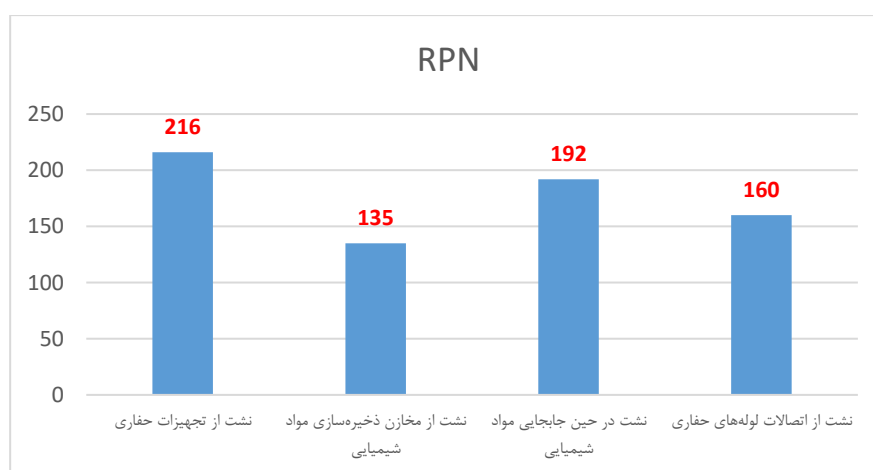


نتایج

در این مرحله پس از تدوین پرسشنامه FMEA و تکمیل آن توسط کارشناسان در ۴ رده ۱- نشر و انتشار موارد شیمیایی، ۲- اختلاط و واکنش‌های شیمیایی، ۳- تجهیزات و زیرساخت، ۴- عملیات و فرآیند به شناسایی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل ۱۱۹ حفاری شمال-منطقه ۴ مارون پرداخته شد و با استفاده از میانگین هندسی میزان شدت (S)، احتمال (O) و قابلیت کشف (D) از پاسخ ۵ کارشناس را بدست آورده و از حاصل ضرب آنها میزان RPN برای هر یک از حالات مخاطره‌آمیز محاسبه گردید و بر اساس میزان RPN رتبه‌بندی حالات مخاطره‌آمیز صورت گرفت و بحرانی ترین حالت ریسک مشخص شد. میانگین نظرات کارشناسان و میانگین میزان RPN بدست آمده در ادامه ارائه شده است. بر اساس میانگین RPN بدست آمده (جدول ۱ و شکل ۱) مشخص شد به ترتیب نشت از تجهیزات حفاری با ۲۱۶ و نشت از مخازن ذخیره‌سازی مواد شیمیایی با ۱۳۵ به ترتیب بیشترین و کمترین RPN مربوط به نشر و انتشار موارد شیمیایی در شناسایی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل ۱۱۹ حفاری شمال-منطقه ۴ مارون را دارا می‌باشند.

جدول ۱: تعیین حالات مخاطره‌آمیز مواد شیمیایی (نشر و انتشار مواد شیمیایی) و اثرات آن (FMEA).

RPN	قابلیت کشف	احتمال وقوع	علت (علل)	شدت اثر	اثرات	حالت شکست
216	4	6	نقص در تجهیزات، خرابی لوله‌ها	9	آلودگی محیط، خطر آتش‌سوزی، مسمومیت	نشت از تجهیزات حفاری
135	3	5	آسیب به مخازن، عدم نگهداری صحیح	9	آلودگی خاک، مسمومیت کارکنان، آسیب به زیرساخت‌ها	نشت از مخازن ذخیره‌سازی مواد شیمیایی
192	4	6	حمل و نقل نادرست	8	آلودگی خاک، آسیب به زیرساخت‌ها	نشت در حین جابجایی مواد شیمیایی
160	4	5	خرابی اتصالات، نصب نادرست	8	آلودگی محیط، خطر آتش‌سوزی	نشت از اتصالات لوله‌های حفاری



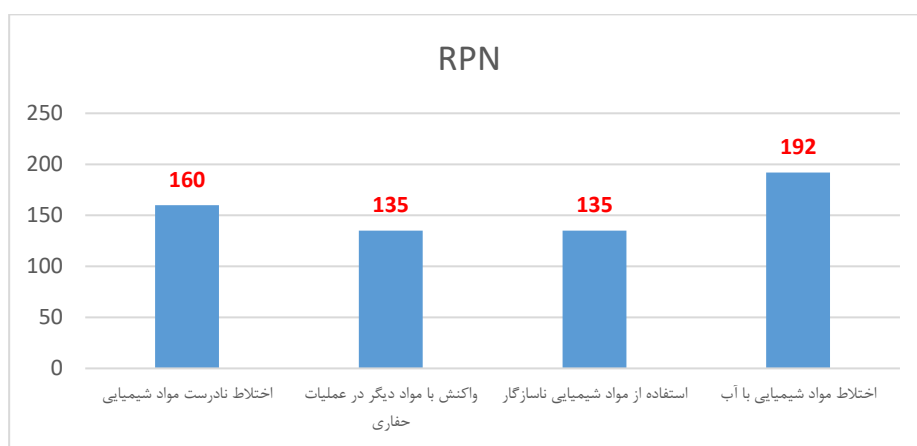
شکل ۱: میانگین RPN بدست آمده برای حالات مخاطره‌آمیز مواد شیمیایی.



بر اساس میانگین RPN بدست آمده (جدول ۲ و شکل ۲) مشخص شد به ترتیب اختلاط مواد شیمیایی با آب با ۱۹۲ و واکنش با مواد دیگر در عملیات حفاری و استفاده از مواد شیمیایی ناسازگار با ۱۳۵ به ترتیب بیشترین و کمترین RPN مربوط به اختلاط و واکنش های شیمیایی در شناسایی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل ۱۱۹ حفاری شمال-منطقه ۴ مارون را دارا می باشند.

جدول ۲: تعیین حالات مخاطره آمیز مواد شیمیایی (اختلاط و واکنش های شیمیایی) و اثرات آن (FMEA).

RPN	قابلیت کشف	احتمال وقوع	علت (علل)	شدت اثر	اثرات	حالت شکست
160	4	4	خطای انسانی، عدم آموزش صحیح	10	تولید گازهای سمی، انفجار	اختلاط نادرست مواد شیمیایی
135	3	5	عدم تطابق مواد، طراحی نادرست	9	تولید محصولات سمی، انفجار	واکنش با مواد دیگر در عملیات حفاری
135	3	5	عدم تطابق مواد با پروتکل ها	9	تولید گازهای سمی، خطر انفجار	استفاده از مواد شیمیایی ناسازگار
192	4	6	عدم کنترل صحیح	8	تولید بخارات سمی، ایجاد گرما	اختلاط مواد شیمیایی با آب

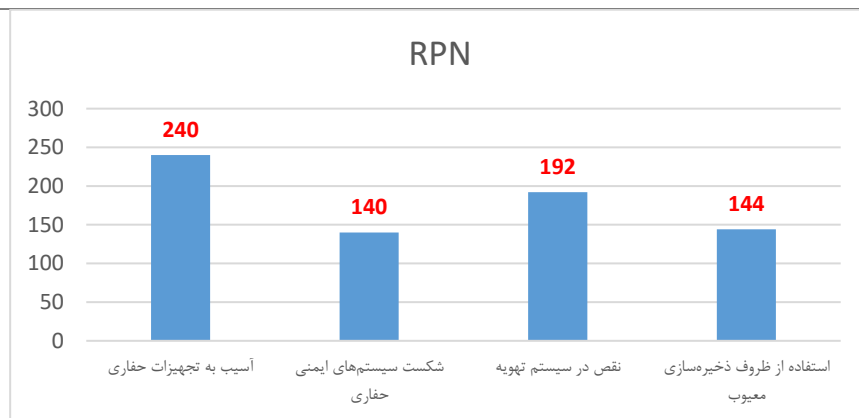


شکل ۲: میانگین RPN بدست آمده برای حالات مخاطره آمیز مواد شیمیایی (اختلاط و واکنش های شیمیایی).

بر اساس میانگین RPN بدست آمده (جدول ۳ و شکل ۳) مشخص شد به ترتیب بی توجهی به پیش آگهی ها و هشدارها با ۱۹۲ و عدم رعایت پروتکل های ایمنی در حفاری و نداشتن برنامه مدیریت بحران با ۱۳۵ به ترتیب بیشترین و کمترین RPN مربوط به تجهیزات و زیرساخت در شناسایی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل ۱۱۹ حفاری شمال-منطقه ۴ مارون را دارا می باشند.

جدول ۳: تعیین حالات مخاطره آمیز مواد شیمیایی (تجهیزات و زیرساخت) و اثرات آن (FMEA).

RPN	قابلیت کشف	احتمال وقوع	علت (علل)	شدت اثر	اثرات	حالت شکست
135	3	5	آموزش ناکافی، عدم نظارت	9	حوادث شدید، آسیب به کارکنان	عدم رعایت پروتکل های ایمنی در حفاری
192	4	6	عدم توجه به علائم هشدار	8	حوادث ناخواسته، آسیب به تجهیزات	بی توجهی به پیش آگهی ها و هشدارها
140	4	5	کمبود ارتباطات، مدیریت ضعیف	7	تأخیر در عملیات، افزایش خطرات	عدم هماهنگی مناسب بین تیم های مختلف
135	3	5	عدم وجود برنامه های آمادگی	9	عدم توانایی در مقابله با حوادث	

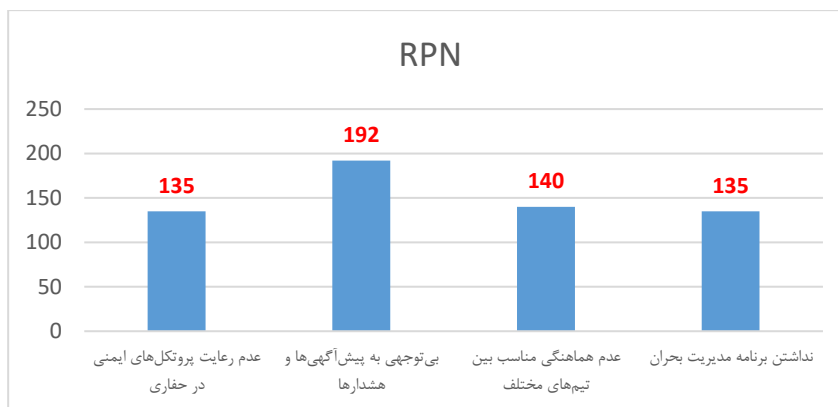


شکل ۳: میانگین RPN بدست آمده برای حالات مخاطره آمیز مواد شیمیایی (آسیب به تجهیزات حفاری).

بر اساس میانگین RPN بدست آمده (جدول ۴ و شکل ۴) مشخص شد به ترتیب آسیب به تجهیزات حفاری با ۲۴۰ و شکست سیستم های ایمنی حفاری با ۱۴۰ به ترتیب بیشترین و کمترین RPN مربوط به عملیات و فرآیند در شناسایی ارزیابی ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل ۱۱۹ حفاری شمال-منطقه ۴ مارون را دارا می باشند.

جدول ۴: تعیین حالات مخاطره آمیز مواد شیمیایی (عملیات و فرآیند) و اثرات آن (FMEA).

RPN	قابلیت کشف	احتمال وقوع	علت (علل)	شدت اثر	اثرات	حالت شکست
240	5	6	استفاده از تجهیزات معیوب	8	خرابی عملیات، افزایش هزینه ها	آسیب به تجهیزات حفاری
140	5	4	نقص در سیستم های کنترل و نظارت	7	افزایش خطر حوادث، آسیب به تجهیزات	شکست سیستم های ایمنی حفاری
192	4	6	طراحی نادرست سیستم تهویه	8	افزایش غلظت بخارات سمی، خفگی	نقص در سیستم تهویه
144	3	6	آسیب به ظروف، عدم نگهداری صحیح	8	نشت مواد شیمیایی، آلودگی محیط	استفاده از ظروف ذخیره سازی معیوب



شکل ۴: میانگین RPN بدست آمده برای حالات مخاطره‌آمیز مواد شیمیایی (عملیات و فرآیند).

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به تجزیه و تحلیل ریسک مواد شیمیایی خطرناک در دکل ۱۱۹ حفاری شمال منطقه مارون ۴ و بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه FMEA، می‌توان به چندین نتیجه کلیدی دست یافت که در نهایت به مدیریت ایمن‌تر مواد شیمیایی خطرناک در این دکل حفاری کمک خواهد کرد.

اولین نکته مهم، شناسایی و ارزیابی ریسک‌های مختلف در چهار رده اصلی نشر و انتشار مواد شیمیایی، اختلاط و واکنش‌های شیمیایی، تجهیزات و زیرساخت، و عملیات و فرآیند است. این ارزیابی‌ها نشان داد که در رده نشر و انتشار مواد شیمیایی، بیشترین ریسک مربوط به نشأت از تجهیزات حفاری با RPN معادل ۲۱۶ است. این نشان‌دهنده اهمیت بالای کنترل نشأت‌ها و پیشگیری از انتشار مواد شیمیایی در محیط حفاری است که می‌تواند به خطرات جدی برای ایمنی کارکنان و محیط‌زیست منجر شود. همچنین، نشأت از مخازن ذخیره‌سازی مواد شیمیایی با RPN معادل ۱۳۵ کمترین میزان ریسک را در این رده نشان داد که هرچند کمتر بحرانی است، اما همچنان نیاز به نظارت و اقدامات پیشگیرانه دارد. در رده اختلاط و واکنش‌های شیمیایی، اختلاط مواد شیمیایی با آب با RPN معادل ۱۹۲ به‌عنوان خطرناک‌ترین حالت شیمیایی در دکل حفاری شناخته شد. این نشان‌دهنده پتانسیل بالای ایجاد واکنش‌های غیرمنتظره و خطرناک در صورت اختلاط نادرست مواد شیمیایی است. در مقابل، واکنش مواد شیمیایی با سایر مواد و استفاده از مواد شیمیایی ناسازگار با ۱۳۵ کمترین میزان ریسک را نشان داد، که این امر به‌ویژه در موقعیت‌های کنترل‌شده کمتر بحرانی است. در رده تجهیزات و زیرساخت، بی‌توجهی به پیش‌آگهی‌ها و هشدارها با RPN معادل ۱۹۲ بالاترین ریسک را به خود اختصاص داد. این مسئله حاکی از اهمیت حیاتی توجه به هشدارها و پیش‌آگهی‌های ایمنی در عملیات حفاری است که می‌تواند به‌طور مؤثری از وقوع حوادث جلوگیری کند. عدم رعایت پروتکل‌های ایمنی و نداشتن برنامه مدیریت بحران با RPN معادل ۱۳۵، کمترین ریسک را در این بخش نشان داد، اما این مسئله نیز نباید نادیده گرفته شود چرا که عدم آمادگی در مواجهه با شرایط بحرانی می‌تواند منجر به بروز خطرات جدی شود. در نهایت، در رده عملیات و فرآیند، آسیب به تجهیزات حفاری با RPN معادل ۲۴۰ بیشترین میزان ریسک را داشت. این نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بالای تجهیزات حفاری در برابر خطرات ناشی از مواد شیمیایی خطرناک و نیاز به تقویت سیستم‌های ایمنی است. شکست سیستم‌های ایمنی حفاری با RPN معادل ۱۴۰ کمترین ریسک را نشان داد که هرچند در اولویت کمتری قرار دارد، ولی نیاز به تقویت سیستم‌های ایمنی و پایش دقیق برای جلوگیری از وقوع حوادث مشابه همچنان ضروری است. به طور کلی، این تحلیل نشان می‌دهد که برای کاهش ریسک‌های مواد شیمیایی خطرناک در دکل حفاری، باید اقدامات خاصی در راستای کنترل نشأت‌ها، جلوگیری از واکنش‌های خطرناک مواد شیمیایی، تقویت سیستم‌های ایمنی و رعایت پروتکل‌های ایمنی اتخاذ شود. به‌ویژه،



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

توجه ویژه به هشدارها و پیش‌آگهی‌های ایمنی می‌تواند نقش مهمی در کاهش ریسک‌ها ایفا کند. بنابراین، توصیه می‌شود که برای کاهش ریسک‌ها، منابع و اقدامات پیشگیرانه بیشتر به این بخش‌ها تخصیص داده شود.

منابع

- Asante-Duah, K., 2021.** Hazardous waste risk assessment. CRC Press.
- El-Harbawi, M., Abd Raman, A.A. and Al-Mubaddel, F., 2020.** Development of a chemical health risk assessment tool for health risk assessment from exposure to hazardous chemicals. Biomedical Journal of Scientific and Technical Research, 28(3): 21715-26.
- Fan, Z. and Xu, F., 2021.** Health risks of occupational exposure to toxic chemicals in coal mine workplaces based on risk assessment mathematical model based on deep learning. Environmental Technology AND Innovation, 22: 101500.
- Guo, J. and Luo, C., 2022.** Risk assessment of hazardous materials transportation: A review of research progress in the last thirty years. Journal of traffic and transportation engineering (English edition), 9(4): 571-590.
- Li, Y., Wang, H., Bai, K. and Chen, S., 2021.** Dynamic intelligent risk assessment of hazardous chemical warehouse fire based on electrostatic discharge method and improved support vector machine. Process Safety and Environmental Protection, 145: 425-434.
- Li, Y., Wang, Y., Lai, Y., Shuai, J. and Zhang, L., 2023.** Monte Carlo-based quantitative risk assessment of parking areas for vehicles carrying hazardous chemicals. Reliability Engineering and System Safety, 231: 109010.
- Mastrantonio, R., Scatigna, M., D'Abramo, M., Martinez, V., Paoletti, A. and Fabiani, L., 2020).** Experimental application of semi-quantitative methods for the assessment of occupational exposure to hazardous chemicals in research laboratories. Risk Management and Healthcare Policy, 1929-1937.
- Moon, H.I., Han, S.W., Shin, S. and Byeon, S.H., 2021.** Comparison of the qualitative and the quantitative risk assessment of hazardous substances requiring management under the occupational safety and health act in South Korea. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(3): 1354.
- Peron, M., Arena, S., Paltrinieri, N., Sgarbossa, F. and Boustras, G. 2023.** Risk assessment for handling hazardous substances within the European industry: Available methodologies and research streams. Risk analysis, 43(7): 1434-1462.
- Yemelin, P.V., Kudryavtsev, S.S. and Yemelina, N.K., 2021.** The methodological approach to environmental risk assessment from man-made emergencies at chemically hazardous sites. Environmental Engineering Research, 26(4).
- Yongbo, W., 2024.** Risk Assessment for the Safety Management of Hazardous Chemicals in Universities. Experiment Science and Technology, 22(5): 153-159.