



شناسایی ریسک‌های ایمنی، بهداشتی و محیط زیست در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی هشتگرد با استفاده از

روش FMEA

نفیسه پناهی قره سو^۱، ذبیح الله شریفی^{۲*}، حمید رضا لشگری^۳

۱- دانش آموخته کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه تهران

۲- دانش آموخته کارشناس ارشد منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳- دانشجوی دکتری حقوق محیط زیست، دانشگاه آزاد مرکز تحقیقات تهران

چکیده	مشخصات مقاله
مدیریت فاضلاب صنعتی یکی از شیوه‌های بسیار مناسب برای ایجاد تعامل و پیوند بین صنعت و محیط زیست و کاهش اثرات سو فعالیت‌های صنعتی در محیط زیست می‌باشد در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب جنبه‌های متعدد بالقوه‌ای از نظر خطرات ایمنی و بهداشت و همچنین زیست محیطی وجود دارد که وقوع هر یک از آن‌ها می‌تواند پیامدهای ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی نامطلوبی از جمله حوادث شغلی برای پرسنل و یا هدایت فاضلاب تصفیه نشده به محیط و آلودگی‌های احتمالی از جمله آلودگی هوا، خاک و آب‌های سطحی و اراضی زراعی و شیوع انواع بیماری‌های واگیر دار و غیره را به دنبال داشته باشد. در این تحقیق خطرات ایمنی، بهداشت و محیط زیست در تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی شهرک صنعتی هشتگرد و در فرآیندهای مختلف شناسایی و با استفاده از روش ارزیابی ریسک FMEA نسبت به تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک و مشخص نمودن خطرات با ریسک بالا اقدام شده است. از مجموع ۲۸ جنبه خطر ایمنی بهداشت و زیست محیطی شناسایی شده ۲۳ جنبه در رده‌های ریسک‌های بالا قرار گرفت برای هر کدام روش‌های کنترلی و اقدامات اصلاحی مناسب برای حذف یا کاهش ریسک بروز خطرات پیشنهاد شده است. از میان ریسک‌های با شدت بالا، ریسک آلودگی زیست محیطی ناشی از هوادهی و انتشار بوی نامطبوع و ریسک ایمنی و بهداشت ناشی از نشت گاز کلر مورد شناسایی قرار گرفت.	تاریخچه مقاله: نوع مقاله: علمی دریافت: .../.../... بازنگری: .../.../... پذیرش: .../.../... ارائه آنلاین: .../.../... *نویسنده مسئول: ذبیح اله شریفی Za.sharifi86@gmail.com کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک، تصفیه‌خانه فاضلاب، شهرک صنعتی هشتگرد.

۱- مقدمه

توسعه صنایع و پیشرفت فناوری در کنار آثار مثبت و ارزشمند خود همواره با آثار و پیامدهای نظیر افزایش کمیت و کیفیت آلودگی های محیط کار و زندگی و حوادث و بیماری های ناشی از کار مواجه بوده است که بیش از پیش زندگی انسان ها و بویژه کارکنان صنایع را مورد تهدید قرار می دهد [۱].

از جمله این صنایع می توان به تصفیه خانه های فاضلاب اشاره نمود. مدیریت فاضلاب صنعتی یکی از شیوه های بسیار مناسب برای ایجاد تعامل و پیوند بین صنعت و محیط زیست و کاهش اثرات سو فعالیت های صنعتی در محیط زیست می باشد. در حال حاضر تصفیه خانه های متعددی در سطح کشور با هدف تأمین شرایط بهداشتی بهتر برای زندگی مردم، پاک نگه داشتن محیط زیست و بازیابی فاضلاب احداث شده است و وظیفه بازیافت آب و مواد مغذی را از فاضلاب جمع آوری شده از منازل و واحدهای صنعتی به عهده دارند. وقوع شکست در تصفیه خانه های فاضلاب پیامدهای نامطلوبی را همچون خروج پساب کاملاً تصفیه نشده به محیطهای شهری و زمین کشاورزی را به دنبال دارد که می تواند در سطح جامعه بحران های جدی همچون شیوع بیماریهای واگیر را ایجاد نماید [۲].

با بررسی جنبه های خطر ایمنی و بهداشت حرفه ای و زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب ارومیه در فرآیندهای مختلف فاز یک تصفیه خانه شناسایی و با استفاده از روش ارزیابی ریسک نسبت به تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک و مشخص نمودن خطرات با ریسک بالا اقدام نموده و از مجموع ۲۸ جنبه خطر شناسایی شده ۲۳ جنبه در رده های ریسک های بالا قرار گرفت و برای هر کدام روش های کنترلی و اقدامات اصلاحی مناسب برای حذف یا کاهش ریسک بروز خطر پیشنهاد شد از میان ریسک های با شدت بالا، ریسک آلودگی زیست محیطی هوا و خاک ناشی از انتقال پساب خروجی تصفیه خانه از طریق کانال روباز به دریاچه ارومیه و ریسک نشت کلر است [۳].

با شناسایی و اولویت بندی ریسک های بهداشت، ایمنی و محیط زیست در تصفیه خانه های فاضلاب شهر سیرجان نشان دادند فرآیند ارزیابی ریسک با روش های تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن (FMEA) و اولویت بندی ریسک های با

سطح بالا به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد [۴]. طبق نتایج بدست آمده از هر دو روش، بالاترین اعداد اولویت ریسک مربوط به سقوط اسکرابر روی افراد و سقوط در داخل کانال واحد دانه گیر منجر به خفگی و سقوط گیربکس روی افراد واحد فاین اسکرین و کمترین اعداد اولویت ریسک مربوط به آلودگی زیست محیطی و سر ریز شدن کانال ها و تولید مواد زائد می باشد [۵].

با ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب به روش EFMEA به منظور ارائه یک الگو جهت تعیین حد اطمینان ریسک تصفیه خانه شهر قدس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک نشان داد که ریسک رهاسازی پساب تصفیه خانه به شبکه جمع آوری آب سطحی در رتبه اول و ورود فاضلاب های صنعتی به شبکه فاضلاب خانگی و نشت کلر در تصفیه خانه به ترتیب در رتبه دوم و سوم قرار می گیرند. از مجموع ۲۳ ریسک شناسایی شده، ۵ ریسک (۲۸/۱۷) درصد در سطح بحرانی، ۸ ریسک (۳۷/۷۹) درصد در سطح بالا، ۳ ریسک (۱۱/۳۴) درصد در سطح متوسط، ۲ ریسک (۶/۹۲) درصد در سطح پایین، ۵ ریسک (۱۵/۷۸) درصد در سطح ریسک های خیلی پایین قرار گرفتند [۶].

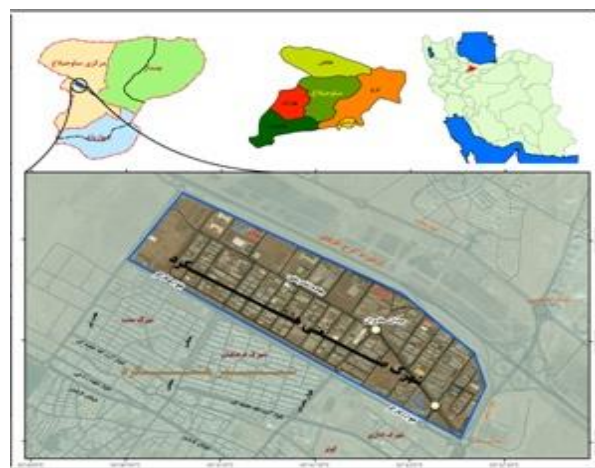
با پژوهش بر شناسایی جنبه های زیست محیطی و آرایه راهکارهایی در جهت تقلیل و حذف اثرات زیست محیطی با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آنها در تصفیه خانه فاضلاب اهواز نشان دادند که ۲۰ درصد جنبه های زیست محیطی در سطح ریسک پایین، ۳۰ درصد در سطح ریسک متوسط، ۱۰ درصد از جنبه ها در سطح ریسک بالا و ۴۰ درصد در سطح ریسک خیلی بالا قرار گرفتند و برای این دو مورد اخیر (ریسک های بالا و خیلی بالا) اقدامات اصلاحی و مدیریت ریسک تعریف شده است. از این رو ارزیابی ریسک خطرات تصفیه خانه های فاضلاب از جنبه های ایمنی، بهداشت، و زیست محیطی از اهمیت بالایی برخوردار است [۷]. پژوهشی تحت عنوان ارزیابی ریسک به روش FMEA در کارخانه مهمات سازی رادفورد انجام داده است. این پژوهش در راستای ممیزی ISO14001 جهت شناسایی ریسک های محیط زیستی در سطح کارخانه و ردیابی پرسنلی که در معرض این ریسک ها قرار دارند و ارتباط این ریسک ها با آنها صورت گرفته است [۸].

ارزیابی ریسک زیست محیطی گامی فراتر از ارزیابی ریسک است و در آن علاوه بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل محیط زیست منطقه تحت اثر، میزان حساسیت محیط زیست، همچنین ارزش‌های خاص محیط زیستی منطقه در نظر گرفته می‌شود [۹]. ارزیابی ریسک یک روش سازمان یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرات و برآورد ریسک برای رتبه بندی تصمیمات، جهت کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول است [۱۰].

۲- مواد و روش‌ها

شهرک صنعتی غیر دولتی هشتگرد با وسعتی بالغ بر ۲۵۰ هکتار، در فاصله‌ی ۹۰ کیلومتری پایتخت قرار دارد؛ و با جای دادن واحدهای مختلف صنعتی زمینه اشتغال بیش از ده هزار نفر از هموطنان را فراهم نموده است. موقعیت و مشخصات شهرک صنعتی مذکور در شکل شماره ۱ و جدول شماره ۱ آورده شده است.

شکل ۱- محدوده و موقعیت شهرک صنعتی هشتگرد

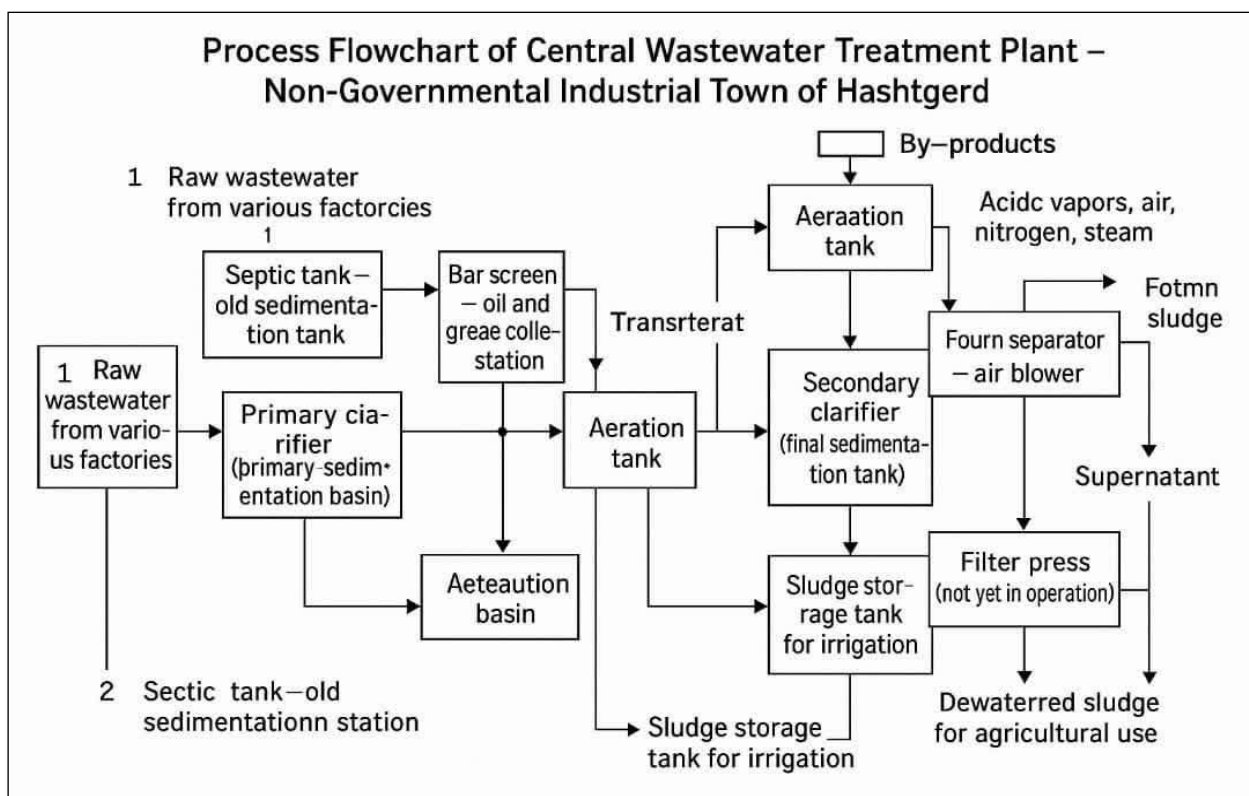


جدول ۱- مشخصات شهرک صنعتی

موقعیت	وضعیت حریم	مساحت زمین صنعتی (هکتار)	تعداد واحد مستقر	مالکیت	تصفیه خانه مرکزی	فاصله از سکونتگاه
امتداد بزرگراه کرج - قزوین، ورودی شهر هشتگرد	داخل حریم شهری	۲۵۰	۱۷۹	خصوصی	فعال	همجوار

این شهرک با توجه به قرار گرفتن در مسیر شاهراه ارتباطی و امکانات زیر بنایی خود، از ابتدا مورد اقبال تولید کنندگان قرار گرفته است، به صورتی که تولید کنندگان و برندهای شناخته شده در سطح کشوری و حتی جهانی از جمله شرکت چای احمد تهران، شرکت محصولات کاغذی لطیف، شرکت تولیدی و بازرگانی جی، شرکت صنایع ماشینهای اداری ایران و ... شهرک صنعتی غیر دولتی هشتگرد را برای استقرار انتخاب نموده‌اند.

تصفیه خانه شهرک صنعتی هشتگرد در مساحتی به میزان ۶۰۰۰ مترمربع و در ضلع غربی شهرک صنعتی بنا شده است. از سال ۱۳۹۹ تاکنون به میزان ۱۲۳۰۰۰۰ متر مکعب فاضلاب به تصفیه خانه وارد شده است که به صورت میانگین روزی ۱۵۰۰ مترمکعب محاسبه می‌شود. خروجی تصفیه خانه نیز به میزان ۳۶ مترمکعب در ساعت بوده که معمولاً به نهر کردان و نهایتاً تالاب صالحیه و اراضی زراعی اطراف وارد می‌شود. مراحل مختلف و فرآیندهای تصفیه در تصفیه خانه مذکور به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: مراحل و فرآیندهای مختلف در تصفیه خانه شهرک صنعتی هشتگرد

- در این تحقیق اطلاعات براساس بازدید های میدانی و تکمیل پرسشنامه های زیست محیطی و خود اظهاری از سوی مسئولین واحدهای صنعتی پایش شده، جمع آوری و ثبت گردیده است. در سه موضوع مهم FMEA مورد بررسی قرار می گیرد:
- احتمال وقوع : احتمال یا به عبارت دیگر شمارش تعداد شکست ها نسبت به تعداد انجام فرآیند.
- پی کنترل برای یافتن علت و مکانیزم شکست هاست.
- با توجه به اطلاعاتی که از فرآیند و یا محصول وجود دارد خطر براساس سه عامل مذکور (احتمال وقوع، شدت خطر و تشخیص) درجه بندی می شود. بر اساس جداول ۲ الی ۳، فاکتورهای شدت اثر، قابلیت کشف و احتمال خطررتبه بندی شده است. همچنین عدد اولویت ریسک یا RPN
- شدت خطر : ارزیابی و سنجش نتیجه شکست. شدت یک مقیاس ارزیابی است که جدی بودن اثر یک شکست را در صورت ایجاد آن تعریف می کند.
- تشخیص : احتمال تشخیص شکست قبل از آن که اثر وقوع آن مشخص شود، تشخیص می باشد. ارزش یا رتبه تشخیص وابسته به جریان کنترل است و تشخیص، توانا
- (جدول ۵) که از حاصلضرب سه فاکتور مذکور به دست می آید، عددی بین ۱ تا ۱۰۰۰ خواهد بود. آن دسته از خطراتی که دارای نمره RPN بالاتری هستند باید به سرعت مورد بررسی قرار گرفته و مورد کنترل قرار گیرد.
- به طور کلی در روش FEMA هیچ روش RPN مبنایی وجود ندارد که بتوان داده ها را با آن مقایسه و سطوح

نسبت به طرح مسئله، بررسی ویژگی های طرح، شناخت وضعیت بهداشتی، ایمنی و زیست محیطی موجود، از طریق بازدید های متعدد و مصاحبه با کارشناسان فنی سیستم تصفیه خانه فاضلاب اقدام شد.

ریسک را تعیین کرد. به همین دلیل داده ها از روش آماری و برای تعیین شاخص ریسک میانگین RPN ها استفاده و سپس با استفاده از این شاخص معیار حد بالا و پایین ریسک ها مشخص شد. در این پژوهش برای شناسایی ریسک های ایمنی، بهداشت و زیست محیطی و پیامدهای هریک از آن ها جدول ۲: رتبه بندی شدت اثر برای ریسک های ایمنی و بهداشتی [۷].

رتبه	شدت اثر	شرح
۱۰	خطر ناک- بدون هشدار	وخامت تاسف بار، خطر مرگ، تخریب کامل
۹	خطر ناک - با هشدار	وخامت تاسف بار، همراه با هشدار
۸	خیلی زیاد	وخامت جبران ناپذیر عدم توانایی انجام وظیفه، از دست رفتن عضو بدن
۷	زیاد	وخامت زیادهمانند آتش گرفتن تجهیزات، سوختگی بدن
۶	متوسط	وخامت کم، خفیف غذایی مانند ضرب دیدگی و مسمومیت.
۵	کم	وخامت خیلی کم، مانند ضرب دیدگی و مسمومیت
۴	خیلی کم	وخامت خیلی کم، ولی بیشتر افراد آن را حساس می کنند
۳	اثرات جزئی	اثر جزئی بر جا می گذارد مانند خراش دست هنگام تراشکاری
۲	خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی
۱	هیچ	بدون اثر

جدول ۳: رتبه بندی قابلیت کشف برای ریسک های ایمنی و بهداشتی [۷].

رتبه	قابلیت کشف	معیار: احتمال کشف خطر
۱۰	مطلقا هیچ	هیچ کنترلی وجود ندارد
۹	خیلی ناچیز	احتمال خیلی ناچیزی دارد
۸	ناچیز	احتمال ناچیزی دارد
۷	خیلی کم	احتمالی خیلی کمی دارد
۶	کم	احتمال کمی دارد
۵	متوسط	در نیمی از موارد محتمل است

۴	نسبتا زیاد	احتمال نسبتا زیادی وجود دارد
۳	زیاد	احتمال زیادی وجود دارد
۲	خیلی زیاد	احتمال خیلی زیاد وجود دارد
۱	تقریبا حتمی	تقریبا به طور حتم با کنترل های

جدول ۴: رتبه بندی احتمال خطر برای ریسک های ایمنی و بهداشتی [۷].

رتبه	نرخ های احتمالی خطر	معیار: احتمال رخداد خطر
۱۰۰ ۹	۱ در ۲ یا بیش از آن ۱ در ۳	بسیار زیاد، خطر تقریبا اجتناب ناپذیر است.
۸ ۷	۱ در ۸ ۱ در ۲۰	زیاد، خطرهای تکراری
۶ ۵ ۴	۱ در ۸۰ ۱ در ۴۰۰ ۱ در ۲۰۰۰	متوسط خطر های موردی
۳ ۲	۱ در ۱۵۰۰۰ ۱ در ۱۵۰۰۰۰	کم خطر های نسبتا نادر
۱	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰	بعید خطر نامحتمل است

جدول ۷: رتبه بندی احتمال وقوع برای ریسک های محیط زیستی

امتیاز	تعریف شدت	شدت
۱	هیچ	تولید آلاینده ندارد/بدون اثر
۲	جزئی	تولید جزئی آلاینده /اثر جزئی بر محیط زیست
۳	کم	تولید کم آلاینده /اثر کم بر محیط زیست
۴	زیاد	تولید خیلی زیاد آلاینده / اثر خیلی زیاد بر محیط زیست
۵	شدید	تولید شدید آلاینده / اثر غیر قابل جبران بر محیط زیست

جدول ۵: میزان حدود RPN برای ریسک های ایمنی و بهداشتی [۹].

نوع ریسک	حدود RPN
ریسک پایین	<۸۹
ریسک بالا	>۸۹

در خصوص فاکتورهای محیط زیستی نیز بر اساس جداول ۶، ۷ و ۸، شدت اثر، احتمال وقوع و همچنین گستره آلودگی طبقه بندی شده است.

جدول ۶: رتبه بندی شدت اثر برای ریسک های محیط زیستی

امتیاز	احتمال وقوع
۵	رخداد بسیار زیاد و حتمی
۴	رخداد معمولی
۳	رخداد محتمل و متوسط
۲	رخداد کم مقدار
۱	رخداد غیر ممکن و بعید

جدول ۸: رتبه بندی گستره آلودگی برای ریسک های محیط زیستی [۹].

امتیاز	گستره آلودگی
۵	منطقه ای
۴	محدوده مستقیم طرح
۳	در سطح تصفیه خانه
۲	در سطح واحد
۱	در سطح ایستگاه کاری

در نتایج ارزیابی جدول ۱۱ بالاترین عدد ریسک زیست محیطی (RPN=۷۲) مربوط به آلودگی زیست محیطی ناشی از بی هوازی شدن محتویات لاگون هواده است که باعث انتشاری بوی نامطبوع و بالا رفتن بار آلودگی خواهد شد.

نمودارهای ۱ و ۲ نتایج ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت و زیست محیطی برای هر ریسک را به تفکیک عدد اولویت ریسک نشان می دهند.

جدول ۹: حدود RPN محیط زیستی [۹].

نوع ریسک	حدود RPN
ریسک پایین	<۳۷
ریسک بالا	>۳۷

۳-نتایج:

طبق نتایج به دست آمده از روش FMEA حدود ۲۰ جنبه ایمنی و بهداشت و ۷ جنبه زیست محیطی مطابق جدول های ۱۰ و ۱۱ در تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی هشتگرد شناسایی شد. از جنبه های ایمنی و بهداشت، ۱ جنبه در سطح بسیار بالا، ۱ جنبه در سطح متوسط، ۴ جنبه در سطح پایین و ۱۴ جنبه در سطح بالا قرار داشتند. از جنبه های زیست محیطی نیز ۸ جنبه شناسایی شد که یک جنبه در سطح خیلی بالا و ۶ جنبه در سطح بالا قرار داشتند. برای آن دسته از ریسک هایی که در سطح خیلی بالا و بالا قرار دارند اقدامات کنترلی و اصلاحی جهت کاهش عدد اولویت ریسک پیشنهاد شده است.

با توجه به نتایج ارزیابی جدول ۱۱، بالاترین عدد ریسک ایمنی و بهداشت (RPN=200) مربوط به نشت گاز کلر از واحد گند زدایی و کلر زنی تصفیه خانه است. که در صورت عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مخصوص گاز کلر و نداشتن آگاهی لازم و آموزش

جدول ۱۰: شناسایی خطرات و آنالیز ریسک های ایمنی و بهداشت تصفیه خانه فاضلاب به روش FMEA

نام واحد/ نوع فعالیت	خطر	اثر خطر	علت خطر	ارزیابی ریسک موجود					اقدامات کنترلی
				شدت	احتمال	کشف	RPN	سطح ریسک	
واحد آشغال گیر: گریس کاری و تنظیم بوکسل ها	سقوط داخل کانال	شکستی بدن و جراحت	نقص در ایمنی کانال	۸	۶	۱	۴۸	پایین	نصب نرده های ایمنی، استفاده از تجهیزات ایمنی فردی، بررسی روزانه کانالها
واحد آشغال گیری: تعمیر شانه	سقوط شانه روی افراد هنگام تعمیر	شکستی بدن و جراحت	عدم تعادل یا نقص در شانه	۷	۵	۳	۱۰۵	بالا	آموزش پرسنل، نصب سیستم podpior برای شانه ها
واحد آشغال گیر: نوار نقاله	گیر کردن دست افراد بین نوار نقاله و پایه ثابت	شکستی و جراحت	نقص در طراحی نوار نقاله	۸	۵	۲	۸۰	پایین	استفاده از سیستم توقف اضطراری
واحد دانه گیر	سقوط به کانال به عمق	خفگی	نقص در پوشش کانال	۹	۴	۴	۱۴۴	بالا	نصب پوشش استفاده از تجهیزات تنفسی
رفع انسداد سیلیکون کلاسیفایر و پمپ های دانه گیر	بریدگی با اجسام	بریدگی و جراحت	استفاده از ابزار آلات تیز	۵	۳	۵	۷۵	پایین	استفاده از ابزار آلات ایمن، آموزش درست استفاده از ابزارها
واحد دانه گیر: بیرون کشیدن پمپ ها	سقوط از ارتفاع	شکستگی و جراحت	نقص در ایمنی ارتفاع	۷	۵	۴	۱۴۰	بالا	استفاده از نردبان و تجهیزات ایمنی، آموزش پرسنل
ایستگاه پمپاژ: انجام سرویس دوره ای	سقوط پمپ	شکستگی و جراحت	نقص در پمپ	۷	۴	۳	۹۶	بالا	بررسی و تعمیر منظم پمپها، استفاده از تجهیزات ایمنی
دوره ای	برق گرفتگی	مرگ	نقص در سیستم برق	۱۰	۳	۵	۱۵۰	بالا	نصب سیستم اتصال زمین، استفاده از ایمنی برق
واحد فاین اسکرین: آچار کلمپ های نگهدارنده لوله ها و تعویض رابط اسکرین	سقوط از ارتفاع ۲ متر	شکستگی	نقص در ایمنی ارتفاع	۷	۴	۶	۱۶۸	بالا	استفاده از نردبان و تجهیزات ایمنی، آموزش پرسنل

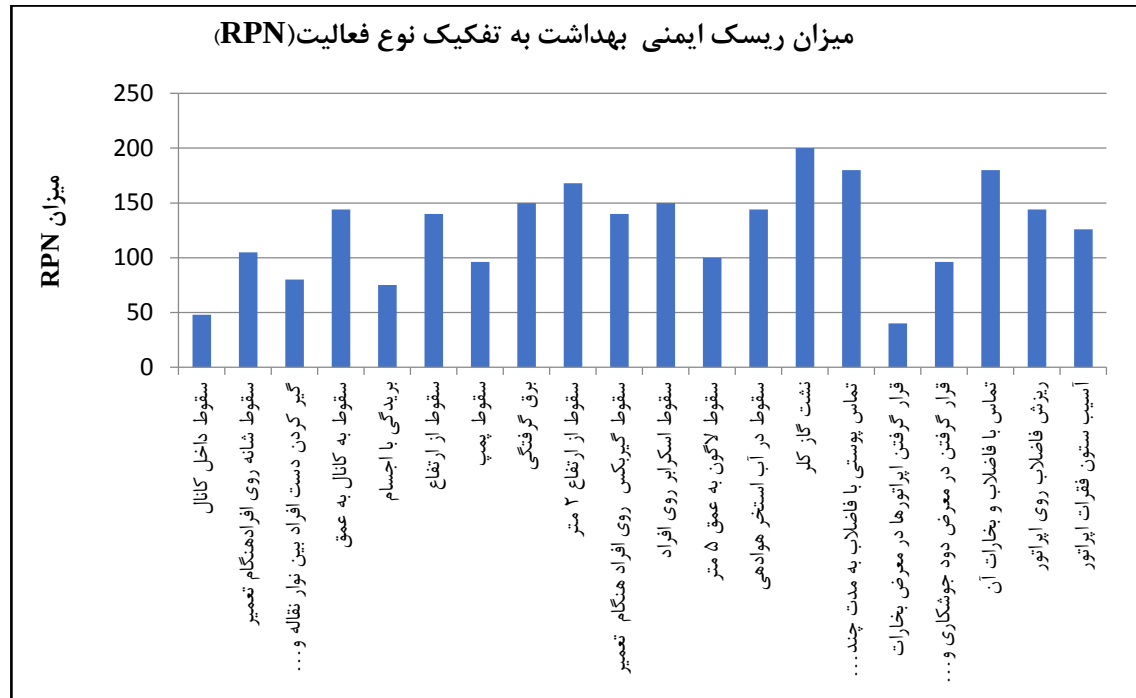
واحد فاین اسکرین، تعمیر گیر بکس	سقوط گیربکس روی افراد هنگام تعمیر	شکستگی	نقص در سیستم	۷	۴	۵	۱۴۰	بالا	بررسی و تعمیر منظم گیربکسها، استفاده از تجهیزات ایمنی
واحد اسکرابر های (لاگون ها) حذف فسفر و اسکرابرهای لجن روب و لجن برگشتی تعمیر یا تعویض پمپ ها	سقوط اسکرابر روی افراد	مرگ	نقص در نصب اسکرابر	۱۰	۳	۵	۱۵۰	بالا	نصب سیستم برای اسکرابر ها، استفاده از تجهیزات ایمنی
	سقوط لاجون به عمق ۵ متر	خفگی و مرگ	نقص در پوشش لاجون	۱۰	۲	۵	۱۰۰	بالا	نصب پوشش امین لاجونها، استفاده از تجهیزات تنفسی
واحد لاجون های هوادهی انجام تعمیرات روی شلینگ های هوادهی و دیفیوزرها	سقوط در آب استخر هوادهی	خفگی	نقص در ایمنی استخر	۸	۳	۶	۱۴۴	بالا	نصب نرده های ایمنی، استفاده از تجهیزات ایمنی
واحد گند زدایی و کلر زنی گازی	نشت گاز کلر	مرگ	نقص در سیستم اتصالات	۱۰	۴	۵	۲۰۰	بسیار بالا	نصب سنسورهای هشداردهنده، استفاده از تجهیزات ایمنی گازی
لایروبی حوضچه های دانه گیر	تماس پوستی با فاضلاب به مدت چند ساعت	ابتلا به بیماری عفونی	طولانی بودن تماس	۶	۵	۶	۱۸۰	بالا	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، کاهش زمان تماس
انجام سرویس دوره ای ایستگاه پمپاژ	قرار گرفتن اپراتورها در معرض بخارات	ابتلا به بیماری عفونی	استفاده از مواد شیمیایی	۵	۴	۲	۴۰	پایین	استفاده از ماسک و تجهیزات محافظتی، ایزولاسیون مناسب
واحد فاین	قرار گرفتن	مسمومیت	استفاده از	۶	۴	۴	۹۶	متوسط	استفاده از ماسک و تجهیزات

اسکرین جوشکاری درام	در معرض دود جوشکاری و استیل و بخارات		تجهیزات نادرست					محافظتی، ایزولاسیون مناسب
واحد پرس هیدرولیکی	تماس با فاضلاب و بخارات آن	ابتلا به بیماری عفونی	عدم حفاظت مناسب	۶	۵	۶	۱۸۰	بالا
واحد اسکرابهای (لاگون های حذف فسفر و اسکرابهای لجن روب و لجن برگشتی تعمیر یا تعویض پمپ ها	ریزش فاضلاب روی اپراتور	ابتلا به بیماری عفونی	نقص در سیستم فاضلاب	۶	۴	۶	۱۴۴	بالا
واحد لاگون های هوادهی انجام تعمیرات روی شلینگ های هوادهی و دیفیوزرها	آسیب ستون فقرات اپراتور	شکستگی و دیسک کمر	نقص در طراحی تجهیزات	۷	۳	۶	۱۲۶	بالا
بررسی و تعمیر منظم تجهیزات، استفاده از تجهیزات ایمنی								

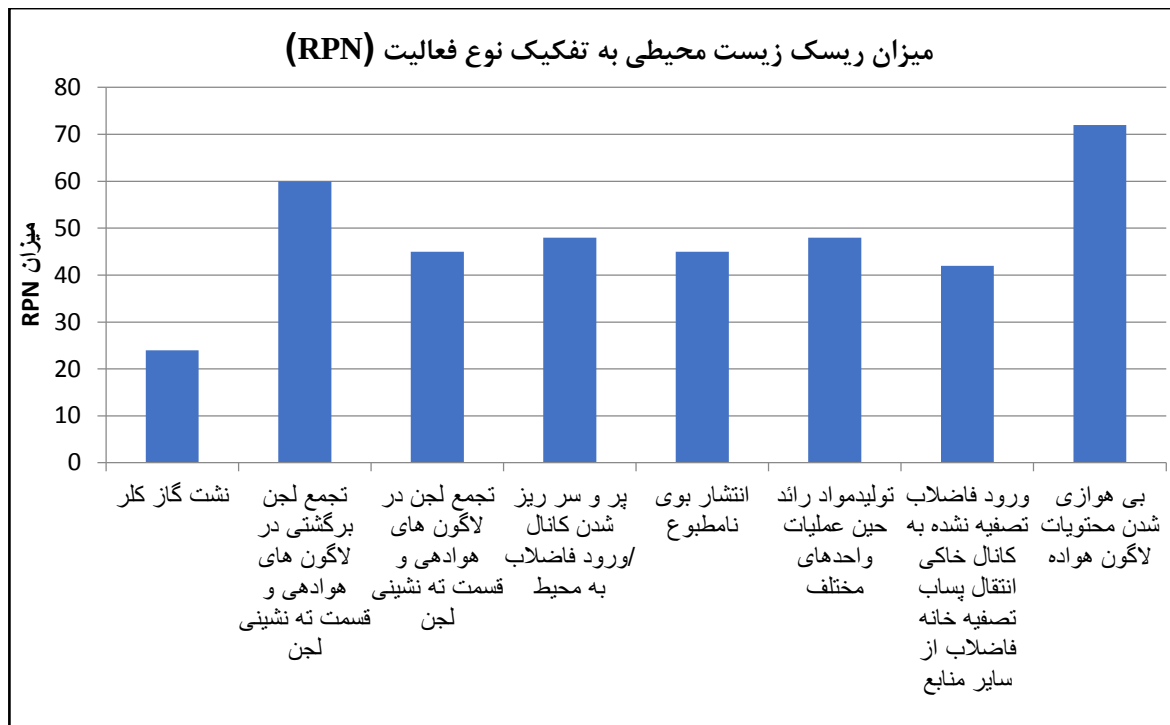
جدول ۱۱: شناسایی خطرات و تحلیل ریسک های محیط زیستی تصفیه خانه فاضلاب به روش FMEA

نام واحد/ نوع فعالیت	خطر	اثر خطر	علت خطر	ارزیابی ریسک موجود					اقدامات کنترلی
				شدت	احتمال	گستره آلودگی	RPN	سطح ریسک	
کلر زنی	نشت گاز کلر	آلودگی هوا مسمومیت کارکنان	خرابی شیرآلات، شکستن لوله ها، نقص در سیستم ایمنی	۲	۴	۳	۲۴	پایین	نصب سیستم تشخیص نشت گاز، استفاده از ماسک های محافظ، بازرسی دوره ای تجهیزات
سیستم پمپاژ لجن برگشتی	تجمع لجن در لاگون های	بالا رفتن بار آلی	خرابی پمپ،	۳	۴	۵	۶۰	بالا	نظارت مداوم بر عملکرد پمپ ها،

به داخل لاگون ها	هواهیبرگشتی و قسمت ته نشینی لجن	پساب کاهش راندمان	گرفتگی لوله ها، طراحی نامناسب					شستشوی دوره ای لوله ها، افزایش ظرفیت لاگون ها
سیستم پمپاژ لجن مازاد ب داخل بسترهای لجن خشک کن	تجمع لجن در لاگون های هوادهی و قسمت ته نشینی لجن	بالا رفتن بار آلی پساب، بوگیری	خرابی پمپ، عدم تخلیه به موقع لجن	۳	۵	۳	۴۵	برنامه زمان بندی تخلیه لجن، نصب سیستم هشدار سطح لجن، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه
آشغال گیر	پر و سر ریز شدن کانال /ورود فاضلاب به محیط	آلودگی محیط انتشار بو	عدم پاکسازی به موقع، افزایش ذرات جامد در ورودی	۲	۵	۴	۴۰	پاکسازی روزانه آشغال گیر، نصب سیستم هشدار سطح، افزایش تعداد واحدهای آشغال گیر
ایستگاه پمپاژ	انتشار بوی نامطبوع	آلودگی هوا	تجمع مواد آلی، تهویه نامناسب	۳	۳	۵	۴۵	نصب سیستم های تهویه قوی، استفاده از مواد جاذب بو، تعمیر و نگهداری بهینه
فعالیت واحدهای مختلف	تولید مواد رائد حین عملیات واحدهای مختلف	آلودگی خاک نفوذ به آب های زیرزمینی	دفع نامناسب پسماند، نشت مواد شیمیایی	۴	۴	۳	۴۸	تفکیک پسماندها، استفاده از مخازن ضد نشت، آموزش پرسنل
خط انتقال پساب خروجی تصفیه خانه	ورود فاضلاب تصفیه نشده به کانال خاکی انتقال پساب تصفیه خانه فاضلاب از سایر منابع	افزایش بار آلودگی پساب	خرابی لوله ها، نقص در سیستم کنترل کیفیت	۲	۵	۳	۳۰	نصب سیستم مانیتورینگ آنلاین پساب، بازرسی فنی دوره ای، تعمیر سریع خرابی ها
واحد هوادهی لاگون ها(بلوئرهای هوا)	بی هوازی شدن محتویات لاگون هواده	انتشاری بوی نامطبوع و بالا رفتن بار آلودگی	قطع برق، خرابی بلوئر، عدم تعالادل در تزریق اکسیژن	۳	۵	۴	۶۰	نصب ژنراتور اضطراری، مانیتورینگ مداوم DO، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه بلوئر ها



نمودار ۱: میزان ریسک ایمنی و بهداشت به تفکیک نوع فعالیت



نمودار ۲: میزان ریسک محیط زیستی به تفکیک نوع فعالیت

بحث :

برای شناسایی جنبه های زیست محیطی از روش FEMA استفاده می شود به منظور کاربرد این روش هریک از جنبه های شناسایی شده به دو گروه تقسیم می شوند. این تکنیک به عنوان یک روش پیشگیری از خطرات است، این تکنیک برای کلیه صنایع به خصوص صنایع فرآیندی مناسب است این تکنیک شیوه ای مطمئن برای پیش بینی مشکلات و تشخیص موثر ترین و کم هزینه ترین راه حل پیشگیرانه است.

جنبه های محیط زیستی که باعث انتشار یا تولید انواع آلودگی ها، ضایعات، پسماندها، و فاضلاب در محیط زیست می شوند: براین اساس برای محاسبه ضریب تخریب محیط زیستی گروه اول از جنبه ها از حاصل ضرب شدت در احتمال وقوع در گستره آلودگی مطابق جدول های ۴ تا ۸ استفاده شد.

بر اساس تحلیل ریسک های محیط زیستی تصفیه خانه فاضلاب با روش FMEA، ریسک های شناسایی شده در سطوح مختلفی از اهمیت قرار دارند. تحلیل ریسک های ایمنی، بهداشت و محیط زیستی در تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی هشتگرد با روش تحلیل حالات خطا و آثار آن (FMEA) نشان داد که اکثریت خطرات شناسایی شده دارای RPN بالاتر از آستانه تعریف شده (۸۹) برای ایمنی/بهداشت و ۳۷ برای محیط زیست) بوده و در سطح ریسک بالا قرار دارند. از ۲۸ جنبه شناسایی شده، ۲۰ مورد به ایمنی و بهداشت و ۸ مورد به محیط زیست مربوط می شد که از میان آن ها، ۲۳ ریسک در دسته "بالا" طبقه بندی شدند. در بخش ایمنی و بهداشت، بیشترین RPN مربوط به نشت گاز کلر (RPN=200) بود. کلر، گازی شدیداً سمی است که در صورت نشت می تواند علاوه بر مرگومیر در کوتاه مدت، در بلندمدت باعث آسیب های تنفسی شدید، اختلالات عصبی و حتی افزایش خطر سرطان شود. استفاده از تجهیزات فشار بالا، اتصالات فرسوده و عدم وجود سیستم های هشداردهنده از دلایل اصلی این ریسک شناخته شد. این مورد هم راستا با یافته های در تصفیه خانه ارومیه هشتگرد است که نشت گاز کلر را یکی از اولویت دارترین ریسک های ایمنی دانسته اند [۵]. ریسک سقوط اسکرابرها (RPN=150) و سقوط از ارتفاع در بخش

فاین اسکرین (RPN=168) نیز از دیگر مخاطرات جدی شناسایی شده بودند. این خطرات از نظر شدت در رتبه ۷ تا ۱۰ قرار دارند و مستقیماً جان پرسنل بهره بردار را تهدید می کنند. یکی از نکات مهم در این زمینه، کمبود سیستم های حمایتی مکانیکی مانند پایه های نگهدارنده و عدم وجود آموزش های مؤثر در حوزه کار در ارتفاع است که در تحقیق به عنوان ضعف ساختاری و سازمانی شناخته شده است [۶]. در بخش زیست محیطی، مهم ترین ریسک مربوط به فرآیند هوادهی لاگون ها بود. (RPN=72) در این شرایط، قطع برق یا خرابی بلوئر ها باعث می شود اکسیژن رسانی قطع شده و شرایط بی هوازی در لاگون ها شکل گیرد. این وضعیت منجر به فعالیت باکتری های بی هوازی، افزایش غلظت گازهای گوگردی (H_2S)، آمونیاک و سایر ترکیبات فرار آلی شده و در نهایت علاوه بر انتشار بوی ناخوشایند، کیفیت پساب خروجی را نیز از استاندارد خارج می کند. مشابه همین مشکل در تصفیه خانه های ارومیه و شهر قدس توسط گزارش شده است [۸]. ریسک هایی مانند تجمع لجن در لاگون های برگشتی (RPN=60)، پر شدن آشغال گیر و ورود فاضلاب خام به محیط (RPN=48)، نشت پساب از خط انتقال (RPN=42)، و تولید مواد زائد شیمیایی و نفوذ آن ها به خاک (RPN=48) نیز از جمله ریسک های سطح بالا و تکرارشونده بودند که به ویژه در مطالعات [۹ و ۶]. در سیرجان به عنوان نقاط بحرانی عملکرد سیستم معرفی شده اند. یکی از نقاط ضعف کلیدی، عدم وجود سیستم مانیتورینگ مستمر برای سنجش شاخص هایی مانند اکسیژن محلول (DO)، جامدات معلق (TSS) و نشت مواد شیمیایی است که این مسئله منجر به تأخیر در شناسایی و واکنش نسبت به وقوع خطرات می شود. اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه پیشنهادی نصب سیستم های مانیتورینگ لحظه ای (online monitoring) برای DO، pH و TSS در لاگون ها و خروجی تصفیه، استفاده از ژنراتورهای اضطراری برای بلوئر ها و تجهیزات کلیدی جهت جلوگیری از خاموشی های ناگهانی، طراحی مجدد و تقویت سازه های مکانیکی نظیر شانه ها، گیربکس ها و اسکرابرها با سیستم های حفاظتی و پشتیبان، آموزش های ادواری به پرسنل در حوزه کار در فضای بسته، کار در ارتفاع، و ایمنی شیمیایی، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه (PM)

ایمنی، بهداشت و محیط زیست هستند. تلفیق این روش با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند AHP و همچنین استقرار سیستم‌های مدیریت ریسک مبتنی بر استاندارد ISO 31000، می‌تواند به کاهش نظام‌مند و مستمر ریسک‌های عملکردی در تصفیه‌خانه‌های کشور منجر شود.

مبتنی بر برنامه‌ریزی زمانی و پایش شرایط تجهیزات. استفاده از مخازن دو جداره و عایق‌بندی لوله‌های کلر و سایر مواد شیمیایی به منظور کاهش احتمال نشت. جمع‌بندی نهایی استفاده از روش FMEA با تمرکز بر سه شاخص شدت (S)، احتمال وقوع (O) و قابلیت کشف (D) نشان داد که بسیاری از فرآیندهای تصفیه فاضلاب در شهرک صنعتی هشتگرد نیازمند بازنگری جدی از منظر

جدول ۱۲: زیر خلاصه ای از مقایسه سطوح ریسک ایمنی و بهداشتی و محیط زیستی بر اساس RPN

اقدام کلیدی کنترلی	سطح ریسک	RPN	واحد/فعالیت
نصب حسگر نشت، تهویه مناسب، آموزش پرسنل، بازرسی دوره ای	بسیار بالا	۲۰۰	واحد کلر زنی
نصب نرده محافظ، آموزش کار در ارتفاع، تجهیزات فردی ایمنی	بالا	۱۶۸	فاین اسکرین (سقوط از ارتفاع)
ژنراتور اضطراری، مانیتورینگ، نگهداری پیشگیرانه	خیلی بالا	۷۲	هوادهای لاگون ها
تفکیک پسماند، مخازن ضد نشت	بالا	۶۰	پمپاژ لجن برگشتی
مانیتورینگ آنلاین، بازرسی فنی	بالا	۴۸	اشغالگیر
سیستم تشخیص نشت، بازرسی دوره‌ای	بالا	۴۸	تولید مواد زائد
سیستم مانیتورینگ آنلاین، بازرسی منظم، تعمیر فوری	بالا	۴۲	خط انتقال پساب
نصب تکیه گاه، بازدید منظم تجهیزات	بالا	۱۵۰	سقوط اسکرابر
کاهش زمان تماس، تجهیزات حفاظت فردی	بالا	۱۸۰	تماس با فاضلاب (پرس هیدرولیک)

در بخش ریسک‌های ایمنی و بهداشت، بیشترین ریسک مربوط به نشت گاز کلر است که به دلیل سمی بودن شدید کلر، می‌تواند تهدید جدی برای سلامت پرسنل و حتی محیط اطراف باشد. همچنین سقوط تجهیزات سنگین مانند اسکرابرها و سقوط از ارتفاع از دیگر ریسک‌های جدی شناسایی شده بودند که عمدتاً ناشی از فرسودگی تجهیزات، ضعف سازه‌ای و کمبود آموزش‌های ایمنی است. در خصوص ریسک‌های زیست‌محیطی نیز مهم‌ترین ریسک، مربوط به فرآیند هوادهای لاگون‌ها و انتشار بوی نامطبوع و آلودگی ناشی از قطع اکسیژن‌رسانی است. تجمع لجن، نشت پساب و ورود مواد زائد شیمیایی به خاک نیز از جمله خطرات مهم محیط زیستی شناسایی شده‌اند که می‌توانند منجر به آلودگی آب، خاک و ایجاد بیماری‌های واگیردار شوند

این پژوهش تأکید می‌کند که نبود سیستم‌های مانیتورینگ مستمر، ضعف در نگهداری پیشگیرانه تجهیزات و کمبود آموزش‌های ایمنی از نقاط ضعف کلیدی در مدیریت ریسک این تصفیه‌خانه است. بر این اساس، پیشنهاد شده است که:

این جدول نشان می‌دهد که تمرکز اقدامات باید بر واحدهای کلر زنی و هوادهای لاگون‌ها باشد، درحالی‌که ریسک‌های بالا نیز نیازمند نظارت مستمر هستند.

نتیجه گیری:

ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و محیط زیستی تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی شهرک صنعتی هشتگرد با استفاده از روش FMEA نشان داد که بخش عمده‌ای از خطرات شناسایی شده در این تصفیه‌خانه در سطح ریسک بالا قرار دارند و نیازمند اقدامات فوری کنترلی و اصلاحی هستند. از مجموع ۲۸ جنبه خطر شناسایی شده، ۲۳ مورد در دسته ریسک‌های بالا قرار گرفتند که عمدتاً به دو حوزه کلیدی مربوط می‌شوند:

[۵]- سیل سپور، جواد، آذادبخت، بیتا و خوش منش، بهنوش، ارزیابی ریسک زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب مبتنی بر الگوی مدیریت ریسک استاندارد ایزو ۳۱۰۰۰ تصفیه خانه فاضلاب شهر قدس، سومین کنفرانس ملی مهندسی مدیریت محیط زیست، ۱۴۰۰.

[۶]- معصوم بیگی، حسین، سادات رسول، مهدی و غنی زاده، قادر، شناسایی و ارزیابی ریسک در تاسیسات آب شرب هشتگرد به روش FMEA، مجله طب دریا دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، صفحات: ۲۱۸-۲۲۲

[۷]- عزیزی، آذین، پورخباز، حمید رضا، جوانمردی، سعیده، ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب شهری با کاربرد روش FEMA، سومین کنفرانس سالانه بین المللی عمران، معماری و شهرسازی، شیراز، ۱۳۹۶.

[8]-Jennings, Brad., 2009. Radford Army Ammunition Plant's Environmental Failure Mode and Effects Analysis (EFMEA) process has been developed to provide for the systematic identification, tracking and communication of environmental risks at the "task level", Radford Army Ammunition Plant

[9]-Rezaee, K., 2005. Failure Modes and Effect Analysis (FMEA), 2nd ed. Tehran: Iran's cooperating company with Atena publication, (in persian)

[10]-Heller, S., 2006. Managing Industrial Risk-having a Tasted and Proven System to Prevent and Assess Risk, *Journal of Hazardous Material*, 130(1-2) pp.58-63

استفاده از ژنراتورهای اضطراری برای جلوگیری از قطع ناگهانی برق تجهیزات حیاتی

تقویت سازه‌های مکانیکی و ارتقاء سیستم‌های حفاظتی

آموزش‌های ادواری به پرسنل و اجرای برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه

استفاده از مخازن دو جداره و عایق‌بندی خطوط انتقال مواد شیمیایی

در نهایت، استفاده از روش FMEA و تلفیق آن با استانداردهای مدیریت ریسک مانند (ISO 31000) و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند به کاهش نظام‌مند و مستمر ریسک‌های ایمنی، بهداشت و محیط زیستی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی منجر شود. این رویکرد برای ارتقاء ایمنی پرسنل، حفاظت از محیط زیست و بهبود عملکرد پایدار تصفیه‌خانه‌ها ضروری است.

منابع:

[۱]- شانکی باور ساد، مریم، احمدی مقدم، مهدی و ریاحی خرم، مهدی، ۱۳۹۳، ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی، ایمنی و بهداشتی تصفیه خانه ای آب اهواز، اولین همایش ملی محیط زیست، دانشگاه پیام نور، ۱ خرداد، اصفهان.

[۲]- تابش، مسعود، بدلی باوانی، ابراهیم، عسگریان، مائده و روزبهانی، عباس، ۱۳۹۳، تدوین الگوریتم برای تحلیل و مدیریت ریسک تصفیه خانه فاضلاب، تحقیقات منابع آب ایران ۱۰ (۳)، ۶۵-۵۳.

[۳]- ستوده مرام، کبری، خواجه پاشا، طاهرو علی زاده، رحیمه، ۱۳۹۸، ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و زیست محیطی تصفیه خانه فاضلاب ارومیه با استفاده از روش FEMA، نشریه علمی ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب، سال چهارم، شماره ۱، صفحات ۲۳-۳۳.

[۴]- صالحی، مینا، جلالی کمالی، نوید و نیکویان، فائزه، شناسایی اولویت بندی ریسک‌های بهداشت، ایمنی و محیط زیست در تصفیه خانه فاضلاب شهر سیرجان، نهمین کنفرانس بین المللی بهداشت، بحران، ایمنی، ۱۴۰۲.



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
موسسه تحقیقاتی ایمنی، سلامت و محیط زیست

Journal of Research in safety, health and environment/ 2024/ Vol.2/ No.1/ 1-13

Journal of Research in safety, health and environment



Application of FMEA method in identifying safety, health and environment risks of Hashtgerd Industrial Town wastewater treatment plant

Nafiseh Panahi Ghareso¹, Zabihallah Sharifi², Hamidreza Lashgari³

1- Master of Science in Environmental Science, University of Tehran

2- Master of Science in Natural Resources, Yazd University

3- PhD Student in Environmental Law, Tehran Azad University, Research Center

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received:

Received in revised

Form:

Accepted:

Available online:

*Correspondence:

emailaddress@emailprovider.com

Keywords:

Risk assessment, wastewater treatment plant, Hashtgerd industrial park

ABSTRACT

Industrial wastewater management is one of the most suitable methods for creating interaction and linkage between industry and environment and reducing the adverse effects of industrial activities on the environment. In wastewater treatment plants, there are many potential aspects in terms of safety, health and environmental risks, the occurrence of each of which can lead to adverse safety, health and environmental consequences, including occupational accidents for personnel or the discharge of untreated wastewater into the environment and possible pollution, including air pollution, soil and surface water, and agricultural lands, and the spread of various infectious diseases, etc. In this study, safety, health and environmental risks in the industrial wastewater treatment plant of Hashtgerd Industrial Town and in various processes were identified, and the FMEA risk assessment method was used to analyze and assess the risk and identify high-risk risks. Out of a total of 28 identified health, safety and environmental risk aspects, 23 aspects were classified as high-risk. For each, appropriate control methods and corrective actions were proposed to eliminate or reduce the risk of hazards. Among the high-severity risks, the risk of environmental pollution due to aeration and the emission of unpleasant odors, and the safety and health risk due to chlorine gas leakage were identified.

