مجله مهندسی بهداشت محیط، ویژه نامه ۱۳۹۸، سال ۷: ۷۶-۸۸

ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی صنایع فولاد به روش EFMEA (مطالعه موردی: کارخانه ذوب و فولاد اردکان)

فاطمه نیک‌پیشه کوه‌جهری[۱]، مریم مروتی[۲و۳*]،مجید صادقی‌نیا[۳و۴]، لیلا امانت یزدی[۵]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان،ایران
[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
[۳]عضو پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی، دانشگاه اردکان،اردکان،ایران.
[۴] استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
[۵] کارشناس ارشد مدیریت محیط زیست، مدیر HSE شرکت پترویزدان کویر یزد، یزد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۲/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۴

چکیده

زمینه: صنایعی چون فولاد در کنار تولید ثروت و پیشرفت اقتصادی مشکلات زیست محیطی فراوانی چون آلودگی هوا، آب، خاک و تولید پسماند ایجاد می‌کنند. از آنجا که حفاظت از محیط زیست یکی از ارکان توسعه پایدار محسوب می‌شود بنابراین باید راهکارهایی اتخاذ گردد که در ضمن کاهش خطرات زیست محیطی، صنعت موجود را به سمت توسعه پایدار پیش ببرد. هدف از پژوهش حاضر ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی شرکت ذوب و فولاد اردکان با استفاده از روش EFMEA می‌باشد.

مواد و روش: در ابتدا با بازدید میدانی از شرکت ذوب و فولاد اردکان تمامی خطرات و جنبه‌های زیست‌محیطی شناسایی و با استفاده از روشEFMEA محاسبه شد. سپس داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزارSPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با در نظر گرفتن اقدامات اصلاحی مجدداً ارزیابی ثانویه صورت گرفت در نهایت میانگینRPN اولیه و RPN ثانویه با استفاده از آزمون t آنالیز و مقایسه شدند.

یافته‌ها: در این پژوهش ۳۱۶ جنبه ریسک زیست محیطی شناسایی شد که از این میزان ۳۹ ریسک در سطح پایین، ۱۳۹ ریسک در سطح متوسط و ۱۳۸ ریسک در سطح بالا قرار داشتند. همچنین مقایسه میانگین‌های حاصل از دو ارزیابی نشان دادکه میانگین داده-های اولیه از ۱٤٦٦/٤٥ به ۱۲٤۸/۱٦ در داده‌های ثانویه کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد با انتخاب روش مناسب و برنامه‌ریزی صحیح و ارائه راهکارهای پیشگیرانه و اصلاحی، می‌توان خطرات زیست محیطی ناشی از صنایع را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، مدیریت ریسک، ارزیابی ریسک زیست محیطی، EFMEA، فولاد اردکان

* **نویسنده مسئول:** استادیارگروه محیط زیست،دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
ایمیل: mymorovati@ardakan.ac.ir - تلفن تماس: ۰۹۱۳-۳۵۲۷۱۴۲

مقدمه

یکی از عوامل موثر و مهم در پیشرفت اقتصاد و صنعت کشورها استفاده از منابع طبیعی است. افزایش جمعیت و مصرف بیش از حد از منابع طبیعی برای توسعه اقتصاد جهانی، مشکلات زیادی را برای محیط زیست ایجاد کرده است [1]. بنابراین پیشرفت در صنعت با وجود این که قسمت عمده‌ای از مشکلات جامعه را حل کرده باعث به وجود آمدن بسیاری از مخاطرات زیست محیطی و ریسک‌ها نیز شده است [2]. به گونه‌ای که این حوادث و آسیب‌های زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی خسارات جبران‌ناپذیر فراوانی را به سازمان‌ها وارد کرده است [3]. معادن و صنایعی که مواد معدنی را به مواد قابل استفاده تبدیل می‌کنند از جمله صنایع پرخطر برای محیط زیست محسوب می‌شوند [4]. در این میان صنایعی بزرگی چون آهن و فولاد پیامدها و مشکلات زیست محیطی فراوانی به وجود می‌آورند. اما در صورتی که فعالیت‌های این صنایع با برنامه‌ریزی و رعایت مسائل زیست محیطی همراه باشد اثرات نامطلوب تا حد قابل قبولی کاهش خواهد یافت [5]. از جمله این مشکلات زیست محیطی تولید ضایعات، پسماندها، آلودگی آب، هوا، خاک وصوت است [6]. همچنین این صنایع از بزرگترین مصرف‌کنندگان انرژی در بخش صنعت هستند به طوری که ۱۲ درصد از انرژی تولیدی در جهان دراین بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد [7]. این در حالی است که صنایع آهن و فولاد نقش مهمی در توسعه و رشد اقتصادی کشورها دارد و یکی از اولویت‌های برنامه‌ی توسعه کشورها هستند [8]. این صنعت در ایران به دلیل داشتن رتبه ۱۵ در جهان و رتبه اول در خاورمیانه نقش مهمی در توسعه و اقتصاد ایران دارد [9]. لذا حفاظت از محیط زیست یک مسئله مهم در جهت رفاه جامعه جهانی، سلامت محیط زیست و توسعه اقتصادی پایدار است که می‌توان با بهره‌برداری بهینه و اصولی از منابع ضمن حفظ محیط زیست به بهتر شدن زندگی افراد جامعه نیز کمک کرد [10].

ارزیابی ریسک یک روش منطقی جهت بررسی مخاطرات است که کلیه پیامدهای بالقوه بر روی افراد، تجهیزات و محیط زیست را شناسایی و ارزیابی می‌کند. این روش داده‌های ارزشمندی برای تصمیم‌گیری در زمینه پایین آوردن سطح ریسک‌ها به سطح قابل قبول ایجاد می‌کند [11]. نمونه‌ای از ارزیابی ریسک، ارزیابی ریسک زیست محیطی است. با استفاده از آن می‌توان خطرات زیست محیطی را کاهش، و در جهت رسیدن به توسعه پایدار گام برداشت [12]، که شامل فرمول‌بندی و شناسایی مشکلات زیست محیطی، و ارزیابی آن است [13]. در ارزیابی ریسک زیست محیطی علاوه بر مطالعه و ارزیابی پیامدهای ریسک، میزان حساسیت محیط زیست ناحیه و ارزش‌های خاص آن مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد [14]. روش‌های متنوعی جهت ارزیابی و بررسی خطرات بالقوه‌ی فعالیت‌های یک پروژه یا توسعه وجود دارد از انجایی که در هر روش نیاز به اطلاعات ویژه هست همین امر باعث می‌شود که هر روش کارایی ویژه‌ای برای ارزیابی فعالیت‌ها داشته باشد [15]. درک طبیعت ریسک، نحوه‌ی سنجش و واکنش نسبت به نتیجه آن برای ایمن ساختن سیستماتیک و فعالیت‌های آن بسیار مهم است [16]. یافته‌ها نشان می‌دهد می‌توان با تعیین هدف و انتخاب روش مناسب جهت اندازه‌گیری و ارزیابی ریسک‌ها، ارتباط بین روش‌های ارزیابی ریسک و حمایت از تصمیم‌گیری را تقویت کرد [17]. برای مدیریت ریسک احتیاج به روش‌های منطقی، نظام‌مند و استاندارد ارزیابی ریسک است. تا واحدهای صنعتی بتوانند بر اساس آن تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی کنند [18]. EFMEA نمونه‌ای از روش FMEA که یک روش سیستماتیک برای تعیین مشکلات احتمالی فرایند و همچنین تجزیه و تحلیل آن‌ها در جهت اقدامات اصلاحی و پیش‌گیری آسان است [19]. هدف روش EFMEA پیدا کردن به موقع ریسک‌های زیست محیطی و اثرات آن‌ها بر محیط زیست ناحیه تحت تاثیراست [20]. این مدل یک روش انعطاف‌پذیر است بر این

اساس می‌توان در صورت ضرورت و بر اساس فرایند مورد مطالعه پارامترهایی را به آن اضافه کرد [۲۱]. در رابطه با ارزیابی ریسک زیست محیطی بررسی‌های زیادی انجام شده است. چنگ‌هو و مینگ (۲۰۱۸) [۲۲] ،جهت بهبود کیفیت مدیریت ضایعات مایع در آزمایشگاه شیمی در دانشگاه تایوان،ریسک‌های موجود را مورد مطالعه قرار دادند.هدف آن‌ها پیدا کردن راه حلی جهت دفع زباله‌های مایع با استفاده از روش FMEA مبتنی برتئوری فازی و همچنین FMEA بود. آن‌ها بعد از شناسایی و اولویت‌بندی خطر و به دست آوردن عدد اولویت ریسک،۱۰ عامل بالقوه ناتوان کننده را شناسایی کردند از جمله این عوامل طبقه‌بندی نامشخص، فقدان ابزارهای تخریب و دفع و جمع‌آوری غلط بود که بعد از ردیابی بهبود یافت و میزان بهبود کلی به ۶۰/۲ درصد افزایش یافت.همچنین لازاکیس و همکاران(۲۰۱۸) [۲۳] به پیش‌بینی سیستم کشتی‌سازی از طریق ابزار قابلیت اطمینان تحلیلی و شبکه‌های عصبی پرداختند. آن‌ها قصد داشتند رویکردی سیستماتیک با شناسایی سیستم‌های اجرایی مهم و تجزیه و تحلیل پارامترهای فیزیکی و شناسایی راه حلی جهت کاهش خطرات ناشی از ضایعات این سیستم برروی محیط زیست پیدا کنند. آن‌ها با استفاده از FMEA وTFAسیستم‌های اصلی و پارامترهای آن را شناسایی کرده و با استفاده از شبکه عصبی اثرات آن را پیش بینی کردندو در نهایت یک رویکرد سیستماتیک جهت شناسایی سیستم و اجزای بحرانی ارائه دادند. چینگ و چائو (۲۰۱٤) [۲٤] ریسک شرکت‌های زیست پزشکی از طریق روش تجزیه و تحلیل و حالات شکست و اثرات آن (FMEA)را ارزیابی کردند.علاوه برآن میزان خطر زباله‌های پزشکی و همچنین اقدامات دفع آن را مورد بررسی قراردادند. هدف آنهاشناسایی عوامل مهم ریسک شرکت‌های دفع زباله‌های زیست پزشکی بود که بعد از تهیه پرسشنامه و شناسایی عوامل موثر آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دادند در نتیجهRPN بالاتر از ۸۰ جهت بهبود معرفی شدکه شامل فرایند دفع، روش دفع و حجم دفع بود. مرادپور و همکاران (۱۳۹۵) [۲۵] به ارزیابی ریسک انفجار گرد و غبار قابل اشتعال در برخی از صنایع پرداختند، هدف آن‌ها از این تحقیق ارزیابی میزان ریسک بود در این تحقیق با استفاده از روش EFMEAارزیابی ریسک‌ها صورت پذیرفت که نتایج نشان داد وسایل و تجهیزات انتقال مواد، خشکن‌ها و تجهیزات برشکاری و سوراخ‌کاری، موتورها و تابلو برق‌ها از پرریسک‌ترین وسایل هستند. محمدیان و هاشمی‌نژاد (۱۳۹۳) [۲٦] میزان خطر در کارخانه صنعتی خانه‌های پلی‌ون با استفاده از روش FMEA آنالیز کردند. هدف آن‌ها از این تحقیق شناسایی و اولویت‌بندی خطرات در سطح چهار کارگاه موجود در این کارخانه با استفاده از مدل FMEA بود در این مطالعه که از نوع کاربردی بود با استفاده از روش FMEA، ۱۳۷ مورد خطر شناسایی که از این میزان ٦۰ مورد دارای خطرات ریسک بارز باRPN آنها بالای ۳۰۰ بود. کلاهدوزی و حلوانی (۱۳۹۵) [۲۷] به بررسی ارتباط بین اقدامات کنترلی وکاهش سطح ریسک در کارخانه تولید روغن در تهران پرداختند. هدف آن‌ها بررسی اقدامات کنترلی در کاهش عدد ریسک بود این پژوهش با استفاده از EFMEA انجام و در نتیجه این بررسی ۷۳ خطر شناسایی شدند که بیشترین عدد اولویت ریسک ۸۰ و کمترین ٤ بود.با توجه به این که کارخانه ذوب و فولاد اردکان همانند سایر صنایع مشکلات زیست محیطی فراوانی را به وجود می‌آورد، این تحقیق با هدف ارزیابی و شناسایی ریسک‌های زیست محیطی و ارائه راهکارها و اقدامات اصلاحی در جهت کاهش این ریسک‌ها انجام شد.

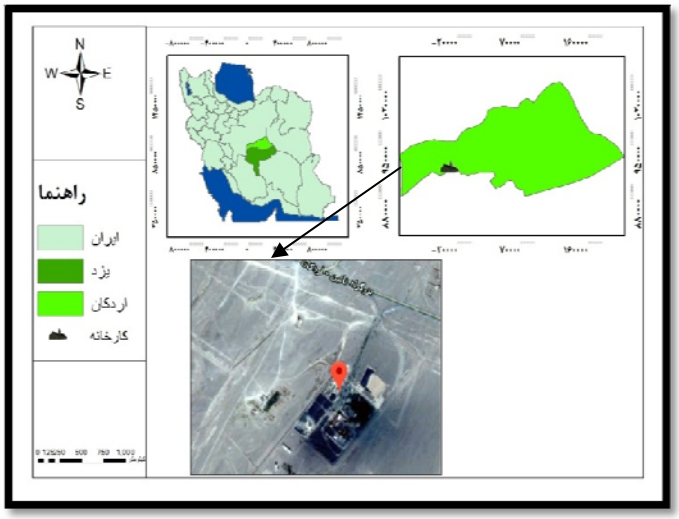
مواد و روش‌ها

صنعت مورد مطالعه

شرکت ذوب و فولاد اردکان به عنوان اولین واحد با

مالکیت خصوصی کشور در تولیدی گندله اسیدی سنگ‌آهن از سال ۱۳۸۸ شروع به فعالیت نمود و در سال ۱۳۹۳ خط جدید خود را با ظرفیت ۵۰۰۰ هزار تن در سال با استفاده از تکنولوژی کوره‌های عمودی به بهره‌برداری رساند.مساحت این شرکت حدود ۱۳۵۳۳۹ مترمربع و محیط آن ۱۴۸۰ مترمربع است.کارخانه ذوب و فولاد در مختصات ۵۳ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۸ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه و ۲۵ ثانیه عرض جغرافیایی جنوب شرقی و۵۳ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۹ ثانیه طول جغرافیایی و۳۲ درجه ۲۲ دقیقه و ۴۲ ثانیه عرض جغرافیایی شمال غربی قرار گرفته است. شرکت ذوب و فولاد اردکان در ۲۰ کیلومتری جاده اردکان- نائین قرار گرفته است. این کارخانه در کنار جاده اصلی واقع و اولین منطقه مسکونی تا کارخانه ذوب و فولاد اردکان روستایی در ۵ کیلومتری این کارخانه می‌باشد. کارخانه‌ی مذکور دارای واحدهای اصلی از جمله بچینگ(واحد آماده‌سازی مواد اولیه)، واحد میکسینگ، دیسک، پخت (سخت‌سازی)، سرند محصول، حمل و نقل، مکانیک، پمپ خانه، آزمایشگاه و برق است [۲۸].

روشی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است یک روش توصیفی- تحلیلی است.در ابتدا به منظور آشنایی بیشتر با روش EFMEA پژوهش‌های انجام شده در این زمینه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. سپس از شرکت ذوب و فولاد اردکان در پاییز و زمستان ۱۳۹۶ جهت شناسایی جنبه-های زیست محیطی بازدید به عمل آمد.این بازدید در طی چند مرحله انجام شد. در ابتدا برای آشنایی با سیکل تولید و فعالیت‌ها، این کارخانه به واحدهای تشکیل دهنده آن تفکیک و فرآیندهای صورت گرفته در هر واحد به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. برای شناسایی و ارزیابی میزان ریسک‌های زیست محیطی در کارخانه ذوب و فولاد اردکان ۱۵ کاربرگ طبق جدول ٤ به تعداد واحدهای این کارخانه تهیه شد.سپس با مصاحبه ازکارکنان و سرپرست هر واحد خطرات و ریسک‌های موجود شناسایی و بر اساس نظر کارشناسان کاربرگ‌ها کامل گردید. در این ارزیابی برای تعیین میزان شدت آلودگی هوای واحد کوره،میزان گازهای خروجی از دودکش چون CO، NO_x، SO_2، CO_2، و میزان گرد و غبار ناشی از واحد کوره اندازه‌گیری شد.برای بررسی میزان آلودگی آب، میزان TDS, COD, BOD, pH و سایر پارامترهای موجود در پساب سه قسمت اداری و کارگری و پساب ناشی از مصرف آب در فرآیند تولید گندله مورد اندازه-گیری قرار گرفت.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: احتمال وقوع، گستره‌آلودگی، امکان بازیافت[۲۰]

تعریف احتمال وقوع	تعریف گستره‌آلودگی	تعریف امکان بازیافت	امتیاز
رخداد بسیار زیاد و حتمی، امکان دارد هر روز اتفاق بیافتد	در سطح شهرستان اردکان	اتلاف منابع غیر قابل بازیافت	۵
رخداد زیاد، امکان دارد در طول هفته یکبار اتفاق بیافتد	در سطح مناطق اطراف کارخانه	اتلاف منابع قابل بازیافت کم	٤
رخداد متوسط، امکان دارد در طول ماه یکبار اتفاق بیافتد	در سطح کارخانه	اتلاف منابع با قابلیت بازیافت متوسط	۳
رخداد کم، مقدار امکان دارد در طول سال یکبار اتفاق بیافتد	در سطح واحد کارخانه	اتلاف منابع با قابلیت بازیافت زیاد	۲
رخداد خیلی کم، امکان دارد در هر ۱۰سال یکبار اتفاق بیافتد	عدم ایجاد آلودگی	اتلاف منابع با قابلیت بازیافت خیلی زیاد	۱

سپس نتایج به دست آمده با میزان استانداردهای سازمان محیط‌زیست مقایسه شد. بر این اساس گرد و غبار در قسمت کوره به علت عبور از غبارگیر کم شده و به میزان استاندارد رسیده است و کلیه گازهای اندازه‌گیری شده در این قسمت در حد استاندارد هستند اما از میان سه نمونه پساب آزمایش شده پساب تولیدی در روند تولید گندله بیشتر از حد استاندارد است.

مراحل انجام روش EFMEA :

۱- آشنایی با تجهیزات و بررسی نقش آن‌ها در فرآیند تولید

۲- شناسایی جنبه‌های زیست محیطی و پیامدهای آن‌ها برمحیط زیست

۳- نمره‌دهی ریسک‌های شناسایی شده بر اساس نظر کارشناسان که جدول‌های(۱)تا(۳) که نشان‌دهنده احتمال وقوع، گستره آلودگی، امکان بازیافت، احتمال کشف و درجه شدت است.

جدول ۲: درجه احتمال کشف[۲۶]

شدت	تعریف احتمال کشف	امتیاز
مطلقا هیچ	هیچ کنترلی وجود ندارد یا در صورت وجود، قادر به کشف خطر باالقوه آن نیست.	۱۰
خیلی ناچیز	احتمال خیلی ناچیز دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی وآشکار شود.	۹
ناچیز	احتمال ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی وآشکار شود.	۸
خیلی کم	احتمال خیلی کمی دارد که با کنترل موجود ردیابی و آشکار شود.	۷
کم	احتمال کمی داردکه با کنترل موجود ردیابی و آشکار شود	٦
متوسط	در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود ردیابی و آشکار شود.	۵
نسبتا زیاد	احتمال نسبتا زیادی وجود دارد که با کنترل موجود ردیابی و آشکار شود.	٤
زیاد	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود ردیابی و آشکار شود.	۳
خیلی زیاد	احتمال خیلی زیادی وجود دارد که با کنترل موجود ردیابی و آشکار شود.	۲
تقریبا حتمی	تقریبا به طور حتم با کنترل‌های موجود ردیابی و آشکار شود.	۱

جدول ۳: درجه شدت اثر[۲۰]

شدت	تعریف شدت	امتیاز
فاجعه آفرین	تولید شدید آلاینده / اثر غیر قابل جبران بر محیط‌زیست / تخریب غیر قابل‌جبران منابع انرژی	۱۰
جدی	تولید جدی آلاینده / اثر جدی و خطرناک / تخریب تاسف‌بار منابع وانرژی	۹
خیلی زیاد	خیلی زیاد آلاینده / اثر خیلی زیاد بر محیط‌زیست / اتلاف یا مصرف بسیار زیادمنابع انرژی	۸
زیاد	تولید زیاد آلاینده / اثر زیاد بر محیط‌زیست/اتلاف یامصرف زیاد منابع و انرژی	۷
متوسط	تولید متوسط آلاینده / اثر متوسط بر محیط‌زیست / اتلاف یا مصرف متوسط منابع وانرژی	٦
کم	تولید کم آلاینده / اثر کم بر محیط‌زیست / اتلاف یا مصرف کم منابع و انرژی	٥
خیلی کم	تولید خیلی کم آلاینده / اثر خیلی کم بر محیط‌زیست / اتلاف یا مصرفخیلی کم منابع و انرژی	٤
جزئی	تولید جزئی آلاینده / اثر جزئی بر محیط‌زیست / اتلاف یا مصرف جزئی منابع و انرژی	۳
خیلی جزئی	تولید خیلی جزئی آلاینده / اثر خیلی جزئی‌بر محیط‌زیست / اتلاف یا مصرف خیلی جزئی منابع و انرژی	۲
هیچ	تولید آلاینده ندارد / بدون اثر منابع و انرژی	۱

محاسبه عدد اولویت ریسک(RPN)

بعد از امتیازدهی،درجه اولویت ریسک با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد.

$$RPN= S\times O\times D\times R\times P \quad (۱)$$

در این رابطه(O)احتمال وقوع، (S)شدت اثر، (D)احتمال کشف، (P)گستره آلودگی و (R) امکان بازیافت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین سطح ریسک

در این مرحله داده‌ها حاصل از ارزیابی اولیه به وسیله SPSSتجزیه و تحلیل شدند.خلاصه آماری داده‌ها با میانگین ۱٤٦٦/٤٥، انحراف معیار ۸۹٦/٦۸۲، مد۲۱۰۰، میانه ۱۲۵۵، حداقل ۱۰۰و حداکثر ٤۳۷۵ به دست آمد. همچنین حد بالا و پایین با استفاده از دو رابطه (۲) و (۳) محاسبه شد.در این تجزیه و تحلیل میانگین داده‌ها به عنوان حد متوسط در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از حدهای به دست آمده سطح ریسک‌ها محاسبه شد.

$$\text{High Risk}= \overline{x} + \delta \quad (۲):$$

High Risk :۱٤٦٦/٤٥+۸۹٦/٦۸۲=۲۳٦۳/۱۳۲

$$\text{Low Risk} = \overline{x} - \delta \quad (۳):$$

Low Risk: ۱٤٦٦/٤٥-۸۹٦/٦۸۲=٥٦۹/۷٦۸

ارائه اقدامات اصلاحی و پیشنهادی

به منظور رساندن ریسک‌ها به سطح قابل قبول و سطح مطلوب این اقدامات ارائه و انجام شد. نمونه‌ای از این اقدامات آب‌بندی کردن قطعات برای جلوگیری از هدر رفتن آب در زمان نشت در واحدهای تاسیسات، محصور کردن تجهیزات پرسروصدا، پوشش فن‌ها با استفاده از ورقه‌های گالوانیزه، جمع‌آوری گندله‌ها و پسماندهای ناشی از فرآیند تولید گندله و برگرداندن آن‌ها به واحد خردایش، جمع‌آوری خرده‌های سنگ‌آهن در قسمت واحد خردایش و برگرداندن آن به سیکل تولید بود.

انجام ارزیابی ثانویه

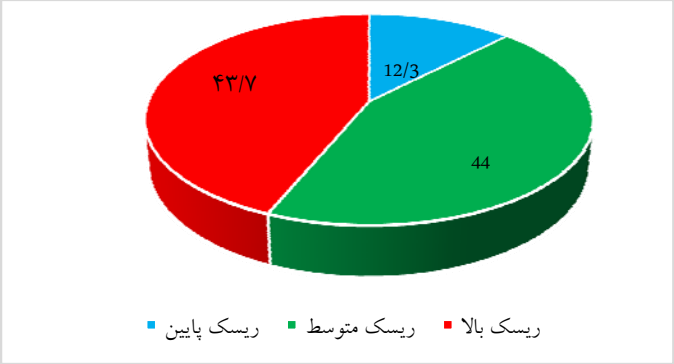
این ارزیابی بعد از ارائه و انجام اقدامات پیشگیرانه و بازدید مجدد در بهار ۱۳۹۷ همانند ارزیابی اولیه صورت پذیرفت. داده‌های حاصل از آن با استفاده ازSPSS تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

با توجه به ارزیابی اولیه و تجزیه و تحلیل صورت گرفته ریسک‌های شناسایی شده به چهار دسته تقسیم بندی شدند. بر این اساس ریسک‌هایی که RPN آن‌ها پایین‌تر از عدد ۵۶۹/۷۶۸ دارای سطح پایین، ریسک‌هایی که RPN آن‌ها بین عدد ۵۶۹/۷۶۸ و ۱٤٦٦/٤٥ قرار دارد، دارای سطح متوسط، ریسک‌هایی با RPN بیشتر از ۱٤٦٦/٤٥ دارای سطح بالا و ریسک‌هایی باRPN بالاتر از حد ۲۲٦۳/۱۳۲ دارند دارای جنبه‌های بارز و اضطراری هستند. بنابراین از ۳۱٦ ریسک شناسایی شده ۳۹ ریسک در سطح پایین و جز ریسک‌های بدون خطر، ۱۳۹ ریسک در سطح متوسط و جز ریسک‌های کم خطر و نامناسب، ۱۳۸ ریسک در سطح بالا و جز ریسک‌های پر خطر است. همچنین از ۱۳۸ ریسک بالا ۳۹ریسک در سطح بحرانی هستند و احتیاج به اقدامات اصلاحی فوری دارند. بعد از محاسبه تعداد ریسک درصد فراوانی ریسک‌ها توسط نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید (شکل ۲).

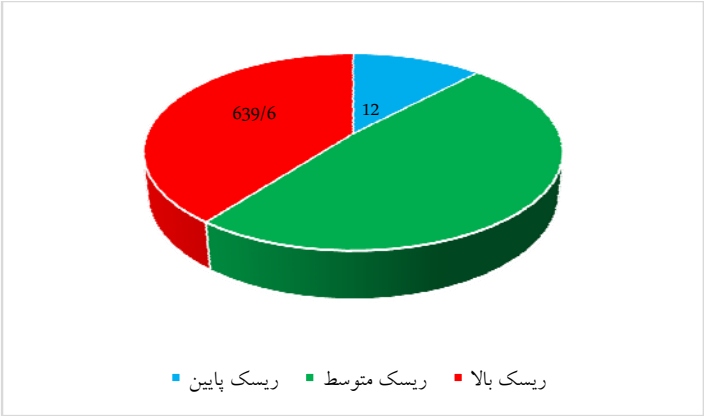
جدول ٤: نمونه کاربرگ واحد پمپ‌خانه

عملکرد	جنبه زیست محیطی	پیامد زیست محیطی	کنترل جاری	RPN اولیه	اقدامات اصلاحی	RPN ثانویه
انتقال آب به کارخانه	هدر رفتن آب به علت نشت	اتلاف آب	–	٦۰۰	برطرف کردن نشتی آب با آب بندی کردن قطعات	۳۰۰
ذخیره آب مورد نیاز فرآیند در تانکر	تبخیر، نشت آب،	اتلاف آب	–	۷۲۰	عایق‌بندی گردن تجهیزات	۳٦۰
	ریزش روغن و گریس	آلودگی خاک	–	٤۵۰	بررسی تعبیه ظرف زیر تجهیزات	۳۰۰
شیرین کردن و گرفتن سختی	هدر رفتن ۳۰ درصدی آب	اتلاف آب	–	۱٤۰۰	بررسی تاسیسات	۱۲۰۰
	تولید ضایعات ناشی از فیلتر شنی	تولید پسماند	–	۵۷٦	جمع‌آوری و انتقال ضایعات جهت بازیافت	٤۸۰
ارسال آب به قسمت اداری جهت مصرف	نشت آب	اتلاف آب	استفاده از	۳۰۰	–	۳۰۰
	مصرف آب	تولید پسماند	لوله‌های پلی‌اتیلن	۲۰۰۰	–	۲۰۰۰
ارسال آب به قسمت کارگری جهت مصرف	نشت آب	اتلاف آب	استفاده از	۳۰۰	–	۳۰۰
	اتلاف آب	تولید پسماند	لوله‌های پلی‌اتیلن	۲٤۰۰	–	۲٤۰۰
ارسال آب به قسمت کوره جهت خنک سازی	تبخیر آب	اتلاف آب	–	۹۰۰	–	۹۰۰
	ریزش آب	اتلاف آب	–	۱۰۰۰	–	۱۰۰۰
	آلودگی آب	تولید پساب	–	۱۸۰۰	–	۱۸۰۰
ارسال آب به واحد دیسک جهت تولید گندله	نشت آب	اتلاف آب	–	۵۰۰	رفع نشتی	۳۰۰
	مصرف آب	اتلاف آب	–	۷۰۰	–	۷۰۰



شکل ۲: نمودار مقایسه سطح ریسک در ارزیابی اولیه

از آنجا که بالا بودن خطرات نه تنها منجر بـه مشـکلات و اثرات زیست محیطی فراوانی می‌شود، بلکه خسارات غیر قابل جبرانی را به محیط زیست، سـازمان‌هـا و در نهایـت سـلامت افراد وارد می‌کند. از جمله پیامدهای زیست‌محیطی که می‌توان به آنها اشاره کرد شامل آلودگی خاک، آلـودگی هـوا، آلـودگی آب، آلودگی صوتی، تولید پسماند و اتلاف انرژی می‌باشد لذا اجرای اقدامات اصلاحی برای کاهش سطح ریسک‌ها به سطح پایین و مناسب، امری مهم و ضروری است. با توجـه بـه ایـن موضـوع بـا مطالعـه کارهـای صـورت گرفتـه در ایـن بـاره پیشنهادات اصلاحی برای پایین آوردن ریسـک‌هـای متوسـط، بالا و بحرانی ارائه و اجرا گردید. بعد از پیاده کـردن اقـدامات کنترلی، همچون تعـویض قطعـات فرسـوده در ماشـین آلات، استفاده از سیستم آب مدار بسته جهـت خنـک سـازی کـوره، نصب سیسـتم کنتـرل دمـا در کـوره و نصـب سیسـتم کنتـرل گازهای آلاینده در خروجی دودکش، خطرات زیست محیطـی مجـددا ارزیـابی و تجزیـه و تحلیـل شـدند. در ایـن محاسـبه میـانگین ۱۲٤۸/۱٦، انحـراف معیـار ۹٦۳/۷٦٥، میانـه۹۰۰، مد۲۱۰۰، حداقل ۷۲ و حداکثر٤۳۷٥ ریسک به دست آمـد. در این ارزیابی نیز همانند ارزیابی اولیـه درصـد فراوانـی داده‌هـا مطابق شکل(۳) نسبت به هم مورد مقایسه قرار گرفت.



شکل ۳: نمودار مقایسه سطح ریسک در ارزیابی ثانویه

جدول ۵: برنامه‌ریزی مدیریتی شرکت ذوب و فولاد اردکان

برنامه‌های مدیریت ریسک زیست محیطی	زمان بندی اجرای اقدامات	مسئول اجرا
شناسایی ریسک‌های زیست محیطی	سالانه	سرپرست هر واحد با هماهنگی واحد HES
ارائه و انجام اقدامات اصلاحی	سالانه و بعد از شناسایی ریسک‌ها	سرپرست هر واحد با هماهنگی واحدHES
پایش و اندازه‌گیری آلاینده‌ها	هر ٦ ماه یک بار قبل و بعد از انجام اقدامات کنترلی اصلاحی	مسئول واحد بهداشت و محیط زیست
برگزاری آموزش‌های تخصصی	ماهانه	واحد آموزش با هماهنگی واحدHES
برگزاری مانورهای درون سازمانی	ماهانه	واحدHES
برگزاری مانورهای برون سازمانی	هر ٦ ماه یک بار	مدیریت بحران یزد

بعد از ارزیابی ثانویه، برای مقایسه بین ارزیابی اولیه و ثانویه، چون ارزیابی در دو دوره مختلف صورت گرفته است از آزمون t (تی) زوجی استفاده شد. RPN اولیه و RPN ثانویه با استفاده از آزمون t مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج بیانگر این است که بین میانگین RPN اولیه و RPN ثانویه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. با توجه به میانگین‌های RPN اولیه و RPN ثانویه می‌توان دریافت که میانگین RPN ثانویه نسبت به اولیه کاهش پیدا کرده است. به طوری که از ١٤٦٦/٤٥ در داده‌های اولیه به ١٢٤٨/١٦ در داده-های ثانویه رسیده است. در نهایت میزان ریسک‌ها در ارزیابی ثانویه در سطح ۵ درصد با توجه به آزمون مقایسه میانگین کمتر شده است. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد بعد از ارزیابی ثانویه، میزان ریسک‌های بالا از ۱۳۸ به ۱۲۵ کاهش پیدا کرد این در حالی است که اکثر آن‌ها از سطح بالا به متوسط نزول پیدا کرده بودند به طوری که از ۱۳۹ ریسک متوسط به ۱۵۳ ریسک متوسط در ارزیابی ثانویه رسیده است. همچنین بالاترین ریسک موجود با عدد ٤٣٧٥ مربوط به گرد و غبار ناشی از حمل و نقل گندله است که باعث آلودگی هوا می‌شود. دومین ریسک پرخطر با عدد ٤٠٠٠ مربوط به ریسک مصرف آب و تولید پساب است و موجب آلودگی آب و خاک می‌شود. حداقل میزان ریسک با عدد ۷۲ متعلق به تعویض کابل‌های فرسوده در واحد نت و برق است. واحد نت و برق فاقد جنبه‌های زیست محیطی با سطح خطرناک و بالا بود.

ارائه برنامه مدیریتی

با توجه به این که انجام اقدامات پیشنهادی و اصلاحی به تنهایی کافی نیست لذا برای رسیدن به اهداف مدیریتی احتیاج به برنامه‌ریزی مدیریتی مناسب هست تا در ضمن دستیابی به سطح مطلوبیت، از ایجاد ریسک‌ها در زمینه ایمنی، بهداشت و محیط زیست پیشگیری شود. بنابراین مطابق جدول (۵) برنامه‌ریزی مدیریتی برای شرکت ذوب و فولاد اردکان ارائه شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق با استفاده از روش‌های مناسب مدیریت ریسک‌های زیست محیطی می‌توان راه‌های پیشگیرانه و اصلاحی را پیشنهاد کرد و از وقوع پیامدهای زیست محیطی جلوگیری کرد. هر چند پرداختن به مبحث ارزیابی و مدیریت ریسک در کشورهای در حال توسعه چون ایران از اهمیت چندانی برخودار نیست، اما با انجام تحقیقات دانشگاهی بر روی صنایع می‌توان آن‌ها را در این امر درگیر کرد تا با ارائه

پیشنهادات و اقدامات اصلاحی از طرف آن‌ها، اقدامات پیشگیرانه در جهت کاهش خطرات زیست محیطی انجام و آسان گردد. یافته‌های حاصل از این بررسی نشان داد:

الف- می‌توان با کمک روش EFMEA منابع مولد ریسک را شناسایی کرد.

ب- با استفاده از روش EFMEA ریسک‌های موجود را شناسایی و رتبه‌بندی کرد.

ج- با ارائه راهکارهای مدیریتی و اصلاحی می‌توان میزان این ریسک‌ها را در حد قابل قبول کاهش داد. مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی ریسک زیست‌محیطی صنایع صورت گرفته است. اما اکثر این پژوهش‌ها با هدف برآورد خطرات جنبه‌های زیست‌محیطی است، و در آن کمتر به مبحث مدیریت و کاهش ریسک پرداخته شده است. در تحقیق حاضر بعد از انجام اصلاحات و راهکارهای پیشنهادی میزان ریسک‌ها در ارزیابی ثانویه کاهش یافت و میانگین داده‌ها ثانویه نسبت به اولیه کمتر شده است. در تحقیقی که جوزی و فروزش(۱۳۹۵) [۲۹] بر روی کارخانه کاویان اهواز انجام دادند نیز میزان ریسک‌ها در ارزیابی ثانویه از ٤٣/٧ درصد به ٣٩/٦ درصد کاهش پیدا کرد. میانگین داده‌های اولیه در این ارزیابی با انجام اقدامات اصلاحی از ۱۸ به ۸/۸ کاهش یافت. همچنین در پژوهشی که نوروزی(۱۳۹٤) [۳۰] با بهره‌گیری از تکنیک EFMEA بر روی فولاد هرمزگان انجام داد بعد از در نظر گرفتن راهکارهای بهینه، سطح ریسک‌های بالا از ۲۳/۷ درصد در ارزیابی اولیه به ۱۵/۱۹ درصد در ارزیابی ثانویه و سطح ریسک‌های متوسط از ٩٦/٥٦ درصد در ارزیابی اولیه به ۱۵/۹۵ درصد در ارزیابی ثانویه کاهش یافته است. با مقایسه نتایج پژوهش‌ها بالا با هم می‌توان دریافت میزان ریسک‌ها در ارزیابی ثانویه نسبت به اولیه کم تر شده اند در نهایت می‌توان گفت که انجام اقدامات اصلاحی به نوبه خود تاثیری چشمگیری برکاهش ریسک‌ها و جنبه‌های زیست محیطی خواهد داشت.

تشکر و سپاسگزاری

از مسئولین کارخانه ذوب و فولاد اردکان که زمینه این تحقیق را فراهم کردند. کمال تشکر و قدردانی می‌نماییم. این مقاله حاصل پایان نامه دانشجو می‌باشد.

Referencs

1. Khoshnevis M, Pajooyan J. Comparative Analysis of the Effect of Environmental pollution on the Human Development Index in Countries with Different Levels of Development. Q J Energy Econ 2016;48(12): 61-33 [In Persian].
2. Balist J, Mohammadi B, Chehrzar F, et al. Environmental Risk Assessment of Gachsaran Oil Refinery Production Unit by Integrating Multi Criteria Decision Making and Environmental Failure-Mode and Effects Analysis. J Environ Sci Technol 2018;1(20): [In Persian].
3. Rastani M, Biganeh J, AyoubiTalab M, et al. Evaluation of Health: Safety and Environment Attitude among Office Workers of Shahroud University of Medical Sciences. Occup Hygiene Health Promot 2017;1(1): 1-9 [In Persian].
4. Hayaty M, Rahmati M. Environmental risk assessment of the Eastern Alborz coal mine factory using taxonomic analysis method. J Miner Res Eng 2017;3(2): 67-79 [In Persian].
5. Mosavi K. Evaluating the Environmental Condition of the Cities Adjacent to Steel Industries using SWOT Model (Case Study: Ardakan City). Sustainability Dev Environ 2016;4(3): [In Persian].
6. Meatr F, Mosavi K, Lahijanian A. Assessment and management of environmental risk in steel factories (General affiliated to iron and steel company of Ghadir Iranians). First National Conference on Environmental Conservation and Planning2012. p. [In Persian].
7. Kgoudarzi K, Bahrani M, Hooshyar H. Energy and Exergy Development of Steel Plant: Especially Yasuj Industry. J Eng Manage Energy 2015;3(5): 60-9 [In Persian].
8. Jahany M. Investigating the methods of steel fabrication and production and control methods and reducing the environmental impacts caused by them. Department of Mineral Processing 2011;Ph.D.: [In Persian].
9. Soltani A, Ebadi A. Reviewing the research conditions of production of 55 million tons of steel based on the prospecting document 1404. Mineral and industrial company Chador Molo, Iron and Steel Association of Iran 2013 [In Persian].
10. Heidari M, Rezayan S, Nezakati R. Environmental risk evaluation of the exploitation of the lake in twenty second region of Tehran by using MADM multi criteria decision. J Mar Sci Technol Res 2015; 1(10): [In Persian].
11. Habibinia H, Dashti S. Environment, Health and Safety Risk Assessment in Industrial Sector of Salman Farsi Agro-Industrial Company Using Delphi Technique and FMEA & TOPSIS Integrated Model. J Environ Sci Technol 2018;1(20): [In Persian].
12. Jafari Azar S, Sabzghabaei G, Tavakoli M, et al. Assessing and analyzing the environmental risks of Khakhoroun wetland by using multi-criteria decision-making methods. Iranian J Appl Ecol 2017(40): 75-63 [In Persian].
13. Muralikrishna l, Manickam V. Enviomental Management Science and Engineering for landustry 2017. p. 135-52.
14. Rezaiean S, Mujahedi M, Jozi S. Evaluation of environmental risk of Polystyrene unit of Tabriz petrochemical company using JSA and EFMEA comparative method. J Environ Sci Technol 2016: [In Persian].
15. Frasad M. Environmental, Health, and Safety Assessment of Lavan Oil Field Using Hibisin Network and Effmea Method: Isfahan University of Technology; 2012.
16. Bakooie Katrini M, Haji Mirzahosseini A, Abadi N. Hazards identification and risk evaluation through FMEA method in Tehran district girls and boys publik primary schools. J Environ Sci Technol 2018;20(1): [In Persian].
17. Yany X, Haugen S, Paltrinieri N. Clarifying the concept of operational risk assessment in the oil and gas industry. Safety Sci 2018: 259-68.
18. Lotfolahzadeh A, Miri Lavasani M, Dehghani A. Risk Assessment and Determination of Insurance Rate by FMEA Method- Case Study in a cement Factory. J Occup Environ Health 2017;2(4): 311-22 [In Persian].
19. Sang T, Jian Y, Li M, et al. A study on solving the production process problems of the photovoltaic cell industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2018;82(3): 3546-53.
20. Ghaderi S, Rahimi A, Hedayatifar M, et al. Environmental risk management and assessment of Tehran urban & suburban metro by using EFMEA method (case study: Sadeghieh terminal). J Environ Sci Technol 2015;2(7): [In Persian].
21. AmanatYazdi L. Environmental risk management of air pollution in the central warehouse of Yazd oil distribution company and the zoning of air pollution using GIS. Environ Res 2013;9(5): 103-4 [In Persian].
22. Chao H, Ming C. Risk assessment and quality improvement of liquid waste management in Taiwan University chemical laboratories. Waste Management 2018(71): 578-88.
23. Lazakis T, Raptodimos Y, Varelas T. Predicting ship machinery system condition through analytical reliability tools and artificial neural network. Ocean Eng 2018(152): 404-15.
24. Ching L, Chao H. Risk management for outsourcing biomedical waste disposal – Using the failure mode and effects analysis. Waste Management 2014;34(7): 1324-9.
25. Moradpur Z, Farhadi S, Alimohammadi S, et al. Risk Assessment of combustible Dust explosions in some Related Industries in shahroud. J Occupl Hygiene Eng

2016;3(2): 27-32 [In Persian].

26. Mohammadian M, HashemiNejad N. Hazard Analysis in Poly Van House Factory Using FMEA Method. J Jiroft Uni of Med Sci 2014;1(1): 49-58 [In Persian].
27. Kolahdoozi M, Halvani G. Relationship between Prioritized Control Measures and Reducing the Risk Level in the Edible Oil Factory in Tehran. Occup Med Q J 2016;8(4): 47-57 [In Persian].
28. Steel A. Report of Ardakan Steel and Steel Company. 2018.
29. Jozi S, Forouzsh F. Risk Assessment in Production Unit of Kavian Steel company of Ahvazusing EFMEA. 6th National conference on Safety Engineering and Has Management2016. p. [In Persian].
30. Norouzi F. Planning a comprehensive risk management system for environmental pollutants in steel industry using EFMEA and saw technique and super decision software (Case study: Hormozgan Steel): Islamic Azad University of Meybod; 2015.

Journal of Environmental Health Engineering, November 2020; Vol. 7: 76-88

Assessment and Management of Environmental Risks of Steel Industries by EFMEA Method (Case Study: Ardakan Steel and Melting factory)

Fatemeh Nikpishe Kohjhari[1], Maryam Morovati[2,3*], Majid Sadeghinia[3,4], and Leila Amanat Yazdi[5]

1. MSc Student Assessment and Land Use Planning, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University
2. Department of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
3. Medicinal and Industrial Plants Research Institute,Ardakan University, Ardakan, Iran
4. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
5. Master of Environmental Management, HSE Director, PetroizdanKavir Company, Yazd, Iran

**** E-mail: mymorovati@ardakan.ac.ir***

Received: 20 May 2019 ; Accepted: 5 Sep. 2019

ABSTRACT

Background: Industries like steel, along with wealth generation and economic development, create many environmental problems, such as air, water, and soil pollution and waste generation. Since environmental protection is considered one of the pillars of sustainable development, solutions should be adopted that minimize environmental hazards, and promote the existing industry towards sustainable development. . The purpose of this research is to evaluate and manage the environmental risk of Ardakan Steel and Melting Company using the EFMEA method.

Method: Firstly, with the field visit of Ardakan Steel and Melting Company, were identified all hazards and environmental aspects and calculated using EFMEA method. Then, the data were analyzed using SPSS software. Regarding corrective actions, a secondary evaluation was performed. Finally, the mean of initial RPN and secondary RPN were analyzed and compared by t-test.

Results: In this study, 316 environmental risk factors were identified, of which 39 were at low risk, 139 were at medium level and 138 were high risk. Also, the comparison of the means from the two evaluations showed that the average of initial data decreased from 1466.45 to 1248.16 in the secondary data.

Conclusion: The results of this study showed that by choosing the right method and planning and providing preventive and corrective strategies, the environmental hazards of the industries could be significantly reduced.

Keywords: Sustainable Development, Risk Management, Environmental Risk Assessment, EFMEA, Steel