

## ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی کوره پساب‌سوز کارخانه تولید رزین‌های صنعتی شهرستان تاکستان استان قزوین

الهه زیلابی

کارشناسی ارشد ارزیابی محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

صدیقه عبداللهمی

دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

مریم نصری نصرآبادی

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

### چکیده

هدف از این مطالعه شناسایی و ارزیابی ریسک‌های کوره پساب‌سوز کارخانه تولید رزین شهرستان تاکستان در استان قزوین است. از این‌رو، از روش تجزیه و تحلیل اثر حالات شکست<sup>۱</sup> برای شناسایی خطرات محتمل و ارزیابی میزان بحرانی بودن خطرات استفاده شد. سپس بر اساس ریسک‌های شناسایی شده، سناریویی تعریف شد و پیامدهای ناشی از سناریوی انتخابی با استفاده از نرم‌افزار فاست<sup>۲</sup> بررسی شد. بر این اساس، ۱۵ ریسک شناسایی شد که ۴ ریسک ابتدا به بیماری‌های ناشی از تنفس گازهای آلاینده خروجی از کوره، مسمومیت در اثر کارکردن با پساب‌های شیمیایی، وقوع انفجار در اثر نشتی گاز و نشت از مخازن نگهداری پساب شیمیایی و در خطر قرارگیری سلامت پرسنل به عنوان بحرانی‌ترین خطرات بودند. همچنین بی‌دقتی در حمل و نقل، بی‌دقتی در استفاده از تجهیزات، سقوط قطعات و آلودگی صوتی، کمترین میزان خطر را داشتند. مدل‌سازی پیامدهای سناریوی انتخابی نشان داد که مواد نشتی در صورت انتشار در ثانیه‌های ابتدایی تا ارتفاع ۴۶ متری ارتفاع پخش می‌شود و با غلظت ۱ ppm تا شعاع بیش از ۱/۵ کیلومتر مربع را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. پیشنهاد می‌شود که خطرات احتمالی مرتبط با کوره پساب‌سوز سالانه شناسایی و ارزیابی گردد و رویکردهای کنترل و مدیریت آن در فهرست قوانین کارخانه گنجانده شود.

**واژگان کلیدی:** تجزیه و تحلیل اثر حالات شکست، خطرات بحرانی، مدیریت محیط زیست

<sup>۱</sup> FMEA

<sup>۲</sup> PHAST

## مقدمه

با افزایش جمعیت در جوامع امروزی، نیاز به استفاده از فناوری‌های نوین بیش از پیش احساس می‌شود. اگر چه با توسعه صنایع و فناوری‌های جدید، سطح رفاه و زندگی بشر بهبود می‌یابد، اما باعث بروز خطراتی در زمینه‌های بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی نیز خواهد شد (Khaloo et al, 2019). در این میان، صنایع رنگ و رزین به عنوان یکی از مهم‌ترین صنایع کشور، دارای زنجیره‌ی تامین پیچیده‌ای است. بر این اساس و بواسطه‌ی وجود عدم قطعیت در زنجیره تامین این صنعت، مدیریت ریسک و مخاطرات محیطی- انسانی از بارزترین ابزار مدیریت عدم قطعیت‌های موجود در این صنعت به شمار می‌آید. مدیریت ریسک فرایند شناسایی عوامل خطرات، ارزیابی آن‌ها و برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات نامطلوب خطرات شناسایی شده است (George, 2020). مدیریت ریسک با برنامه‌ریزی، ساماندهی، هدایت و کنترل فعالیت‌های سازمان، اثرات مخرب ناشی از حوادث و فناوری‌هایی نوین بر عملکرد، اقتصاد و محیط‌زیست جامعه بشری را کاهش می‌دهد (Tubis et al, 2020; Adem et al, 2020).

به طور کلی حذف کامل مخاطرات انسانی و محیطی امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان آن‌ها را در حد قابل قبول و یا قابل تحمل کاهش داد (ملازاده و کیانی کلامایی، ۱۳۹۸). مدیریت ریسک با ایجاد یک چارچوب نظام‌مند و پیوسته، شناسایی، ارزیابی، حذف، کنترل، پیشگیری، کاهش و ابلاغ خطرات را تسهیل می‌کند و بر این اساس تصمیمات اتخاذ شده در فرایند مدیریت ریسک، با توجه به مقایسه نتایج بدست آمده از ارزیابی ریسک و سطوح ریسک مشخص شده است (Yuan et al., 2023; Dehabadi et al, 2023). برای شناسایی و ارزیابی ریسک روش‌های گوناگونی وجود دارد. این رویکردها، به طور سیستماتیک خطاها و اشتباهات احتمالی را که در بروز خطر نقش دارند و همچنین، احتمال وقوع خطر و پیامدهای ناشی از آن را بررسی می‌کنند (خزایی و دشتی، ۱۳۹۷). از جمله روش‌های شناخته شده برای ارزیابی ریسک می‌توان به مطالعه عملیات و خطر<sup>۳</sup>، تجزیه و تحلیل حالات و اثر شکست، تجزیه و تحلیل درخت خطا<sup>۴</sup>، ارزیابی ریسک ویلیام فاین و موارد مشابه اشاره نمود (Li et al, 2016; مرادی مجد و همکاران، ۱۳۹۳). از بین این رویکردها، روش تجزیه و تحلیل حالات و اثر شکست، ابزاری نظام‌مند و پیشگرا در مدیریت ریسک است که با شناسایی و ارزیابی مسائل و نقص‌های احتمالی در مراحل طراحی و تولید محصولات، خطرات مرتبط با این مسائل را کنترل می‌کند (Alamer, 2010). به طور خلاصه هدف اصلی این فرایند، شناسایی خطرات بالقوه، اولویت‌بندی خطرات و اختصاص منابع محدود به خطرات محتمل‌تر و شدیدتر است (ملازاده و موسوی، ۱۳۹۸). این رویکرد برای نخستین بار توسط ارتش ایالات متحده به منظور طبقه‌بندی شکست‌ها (به خاطر تاثیر آن‌ها بر کارایی و بهبود مأموریت پرسنل و تجهیزات ایمنی) توسعه یافت. پس از آن در سال ۱۹۶۰ برای مأموریت فضایی آپولو به کار رفت و در سال ۱۹۸۰ برای ارزیابی و کاهش خطرات یک مدل خودرو استفاده شد (Sharma et al, 2018; رضایی و همکاران، ۱۴۰۱). شناسایی و ارزیابی و رتبه‌بندی حالات مختلف شکست در این رویکرد با استفاده از اعداد اولویت ریسک انجام می‌شود. اعداد اولویت ریسک بر اساس شاخص‌های احتمال وقوع، شدت و قابلیت شناسایی خطرات بدست می‌آیند (Rezaee et al., 2020; Carlson, 2014). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات و اثر شکست در مسائلی همچون ارزیابی ریسک خط تولید لوله‌های پلیمری (ملازاده و موسوی، ۱۳۹۸)، ارزیابی و مدیریت ریسک فرایند تولید مالت (رضایی و همکاران، ۱۴۰۱)، ارزیابی ریسک خطوط انتقال گاز (قویدل و شمس کیا، ۱۳۹۹)، شناسایی نقاط ضعف زنجیره تامین مواد غذایی (شیرانی و همکاران، ۱۳۹۴)، ارزیابی ریسک صنایع فولاد (نیک پیشه کوهجهری و همکاران، ۱۳۹۸)، (Dehabadi et al, 2023) ارزیابی ریسک معدن زیرزمینی (دهقان و ستاری، ۱۳۹۶) انجام شده است که نشان‌دهنده کاربرد گسترده این رویکرد در ارزیابی ریسک مخاطرات ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست است. از این- رو هدف این مطالعه ارزیابی ریسک‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیستی کوره پساب‌سوز کارخانه تولید رزین شهرستان تاکستان استان قزوین با به کارگیری رویکرد تجزیه و تحلیل حالات و اثر شکست مدل‌سازی پیامدهای ناشی از آن‌ها است.

<sup>3</sup> HAZOP

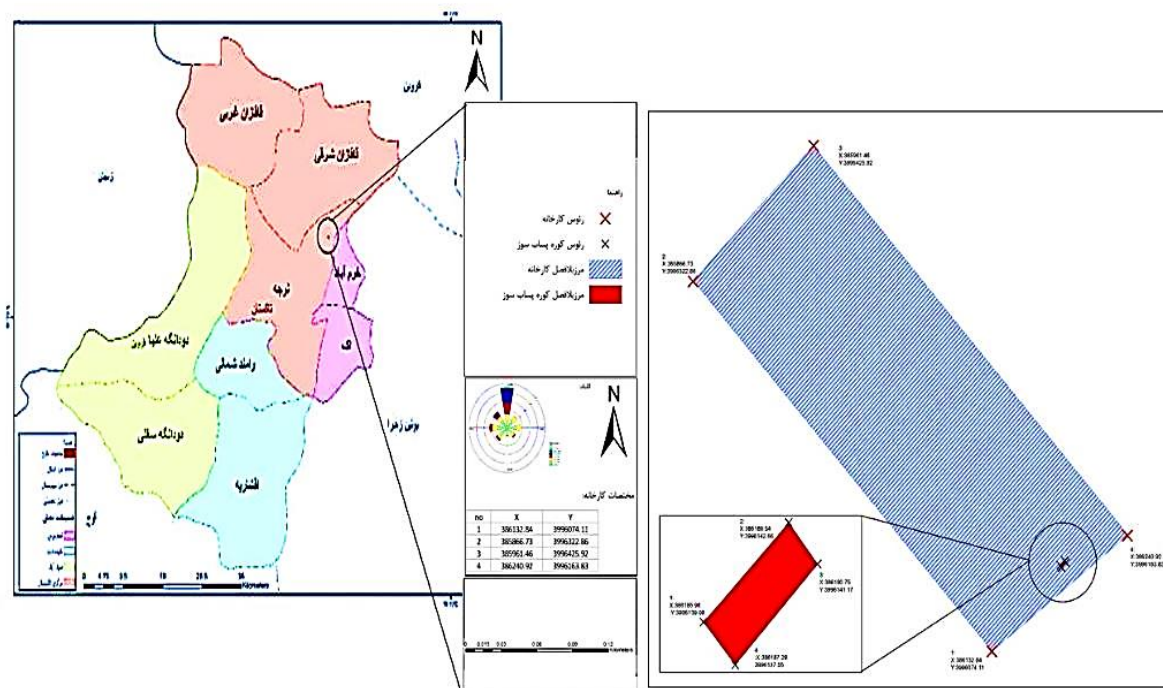
<sup>4</sup> FAT



بر این اساس، پس از شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های مربوط به این واحد در کارخانه مورد نظر و پیامدهای ناشی از گسترش ریسک‌ها، رویکردهای مدیریتی برای کنترل و کاهش خطرات شناسایی شده نیز مورد بحث قرار گرفته است.

### روش تحقیق

کارخانه تولید رزین‌های صنعتی با مساحت ۵/۲ هکتار در استان قزوین، شهرستان تاکستان، بخش مرکزی و دهستان نرجه واقع شده است. محدوده‌ی مرتبط با کوره پساب‌سوز در نزدیکی ضلع جنوب شرقی کارخانه قرار گرفته است. مرکز استان قزوین (شهر قزوین) در فاصله ۳۰ کیلومتری شمال شرقی و شهر تاکستان به عنوان نزدیکترین مرکز سکونتگاهی شهری به محل کوره پساب‌سوز در فاصله ۵ کیلومتری جنوبی کوره واقع شده‌اند. روستای کهک نیز در فاصله تقریبی ۲ کیلومتری در موقعیت شرقی کارخانه به عنوان نزدیکترین مرکز سکونتگاهی روستایی به این محدوده محسوب می‌شود (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان قزوین، ۱۳۹۵).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده‌ی مورد بررسی

این مطالعه یک پژوهش مقطعی تحلیلی است که به مدت ۴ ماه در کارخانه تولید رزین تاکستان با به کارگیری رویکرد تجزیه و تحلیل حالات و اثر شکست انجام شد. نخستین مرحله از این رویکرد، تهیه‌ی لیستی از مهم‌ترین ریسک‌ها و مخاطرات مرتبط با ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست است. در این مطالعه، در ابتدا پس از هماهنگی با سرپرستان، تمامی مستندات لازم جهت شناسایی خطرات بالقوه تهیه شد. این اسناد شامل نقشه‌ها، شرح عملیات و سیستم، فلوچارت‌ها، دیاگرام‌های لوله‌کشی و ابزارها، مشخصات فنی و توضیحات مربوط به اجزاء سیستم، خواص مواد فرایند، روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌های عملیاتی، دیاگرام‌های منطقی (سنسورها و اطلاعات منطقی)، چارت اینترلاک‌ها، سیستم‌های حفاظت حریق و انفجار، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد مورد استفاده بخصوص مواد خطرناکی همچون اسید و باز، سیستم‌های جلوگیری و پایش خوردگی بود. پس از تهیه‌ی مستندات تیمی متشکل از ۵ کارشناس خبره در زمینه محیط‌زیست و ایمنی و بهداشت، با استفاده از روش‌های طوفان فکری و دلفی بارزترین و مهم‌ترین خطرات مربوط به کوره پساب‌سوز را شناسایی نمودند. پس از آن بر اساس نظرات تیم ارزیابی ریسک برای هر یک از ریسک‌های شناسایی شده بر اساس سه عامل شدت ریسک، احتمال وقوع و قابلیت تشخیص ریسک برای هر یک از ریسک‌ها امتیازدهی صورت گرفت. چگونگی امتیازدهی سه عامل مورد ارزیابی در جدول ۱ آورده شده است (محترم و همکاران، ۱۴۰۱).



جدول ۱- رتبه بندی عوامل سه گانه موثر بر میزان خطر

وخت خطر	رتبه	نرخ های احتمالی خطر	رتبه	احتمال وقوع خطر	احتمال تشخیص خطر
شدت خطر	رتبه	نرخ های احتمالی خطر	رتبه	قابلیت تشخیص خطر	رتبه
فاجعه آمیز	۱۰	هر روز یکبار یا بیشتر	۱۰	مطلقا هیچ	۱۰
اهمیت بسیار زیاد	۹	هر ۳ یا ۴ روز یکبار	۹	بسیار ناچیز	۹
اهمیت زیاد	۸	هر هفته یکبار	۸	ناچیز	۸
اهمیت قابل توجه بالا	۷	هر ماه یکبار	۷	بسیار کم	۷
اهمیت قابل توجه	۶	هر سه ماه یکبار	۶	کم	۶
اهمیت معمولی	۵	هر شش ماه یکبار	۵	متوسط	۵
اهمیت متوسط	۴	هر شش ماه تا یک سال یکبار	۴	نسبتا زیاد	۴
اهمیت کم	۳	هر یک سال تا سه سال یکبار	۳	زیاد	۳
اهمیت بسیار کم	۲	هر سه سال تا پنج سال یکبار	۲	بسیار زیاد	۲
ناچیز یا بی اهمیت	۱	خیلی دور از انتظار	۱	تقریبا حتمی	۱

در گام نهایی عدد اولویت ریسک از حاصل ضرب سه عدد احتمال وقوع، شدت و قابلیت تشخیص برای هر یک از ریسک های شناسایی شده در محیط نرم افزار اکسل محاسبه شد.

$$1. \quad RPN = Detection \times Occurrence \times Severity$$

با توجه به عدد اولویت ریسک سطوح رتبه بندی خطرات بدین صورت است؛ ۱- سطح عادی که در آن امتیاز مربوط به هر سه عامل مورد ارزیابی عددی کمتر از ۶ است و نیازی به اقدامات پیشگیرانه نیست. ۲- سطح نیمه بحرانی که دست کم یکی از عوامل سه گانه مورد بررسی دارای امتیازی بالاتر از ۶ است ولی به طور کلی عدد اولویت ریسک پایین است که در این صورت اقدامات پیشگیرانه ضروری است و ۳- سطح بحرانی که دست کم امتیاز تعلق گرفته به دو عامل از سه عامل مورد بررسی بیشتر از ۶ است و عدد اولویت ریسک نیز مقداری بالا است. در این سطح نیاز مبرم و اساسی به اقدامات پیشگیرانه و فوری است (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۷). جدول ۲ دامنه عددی سطوح مختلف عدد ریسک را نشان می دهد.

جدول ۲- دامنه عددی سطوح مختلف عدد ریسک

نماد	سطح ریسک	(RPN) درجه ریسک
	۵۰ >	کم
	۵۰-۱۵۰	متوسط
	۱۵۰ <	زیاد

پس از شناسایی خطرات، پیامدهای ناشی از خطرات با استفاده از نرم افزار فاست<sup>۵</sup> مدل سازی شد. بر این اساس، پس از تعریف سناریو، اطلاعات مورد نیاز برای ورود به نرم افزار که شامل اطلاعات مربوط به کوره پساب سوز و اطلاعات مربوط به شرایط محیطی است، گردآوری شد. دمای مخزن عملیات پیش گرم سازی ۸۰ درجه سانتی گراد، فشار در مخزن برابر با ۵/۷۵ گیج بار (۸۳/۴ پوند بر اینچ مربع)، شکل مخزن استوانه ای، حجم آن ۲۰ مترمکعب و قطر آن ۰/۲۴ متر بود. پایداری جوی با استفاده از معیار تقسیم بندی پاسکوئیل تعیین شد (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به داده های دریافتی از نزدیک ترین ایستگاه هواشناسی (ایستگاه هواشناسی تاکستان) پایداری جوی محل در روز و شب معادل D در نظر گرفته شد. داده های هواشناسی تاکستان به صورت زیر استخراج و استفاده شد.

جدول ۳- اطلاعات هواشناسی

فصل	تابستان	زمستان
-----	---------	--------

<sup>5</sup> PHAST



۳/۶	۲۷	میانگین دمای هوا (درجه سانتی گراد)
۵۷	۳۶	میانگین رطوبت نسبی %
۴/۲	۳/۸۶	سرعت باد (متر بر ثانیه)
D	D	درجه پایداری هوا

در این مطالعه، سناریو فعالیت مخزن پیش گرم به دلیل حجم بالای پساب در مخزن و بالا بودن احتمال نشتی آن و بالطبع مشکلات محیط زیستی پیش آمده و اثر بر روی کارخانه مادر انتخاب گردید.

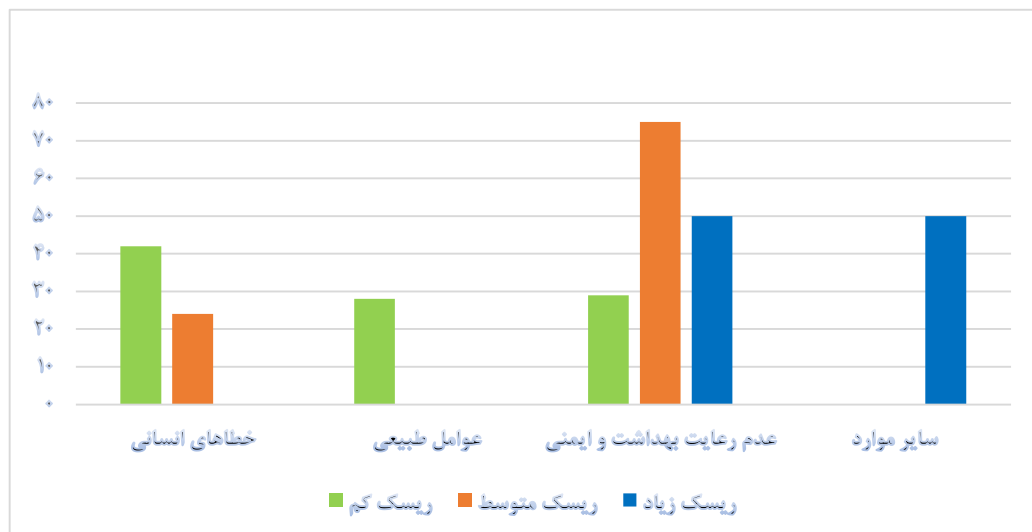
#### یافته ها

نتایج بدست آمده از مطالعه و بررسی تیم تخصصی ارزیابی ریسک کوره پساب سوز کارخانه رزین نشان داد که ۱۵ مورد خطر با منشاء خطاهای انسانی، عوامل طبیعی (محیط زیستی)، عدم رعایت بهداشت و ایمنی و سایر موارد در این واحد از کارخانه وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج ارزیابی ریسک های ایمنی، بهداشت و محیط زیستی کوره پساب سوز

منشأ خطرات	عنوان خطر قابل پیش بینی	شدت خطر	احتمال وقوع خطر	احتمال شناسایی خطر	عدد اولویت ریسک (RPN)
خطاهای انسانی	بی دقتی در حمل و نقل	۳	۲	۴	۲۴
	بی دقتی در استفاده از تجهیزات	۳	۳	۳	۲۷
	سقوط قطعات	۴	۲	۲	۱۶
	برق گرفتگی در هنگام استفاده از تجهیزات	۷	۴	۵	۱۴۰
عوامل طبیعی	سیل و آب گرفتگی	۳	۲	۲	۱۲
	زلزله	۳	۲	۲	۱۲
عدم رعایت	ابتلا به بیماری های ناشی از تنفس گازهای آلاینده خروجی از کوره	۷	۶	۴	۱۶۸
بهداشت و ایمنی	مسمومیت در اثر کارکردن با پساب های شیمیایی	۷	۶	۴	۱۶۸
	مواجهه با صداهای بلند	۷	۲	۳	۴۲
	استفاده تصادفی از تجهیزات ناقص	۷	۴	۴	۱۱۲
	آلودگی هوا ناشی از انتشار گازهای آلاینده خروجی از واحدهای فرآیندی (کوره احتراق اولیه، دودکش و ... شامل CO، Nox و Sox)	۷	۳	۳	۶۳
	آلودگی خاک ناشی از نشت مخازن ذخیره	۸	۸	۲	۱۲۸
	آلودگی صوتی ناشی از تجهیزات فاز بهره برداری مانند پمپ دیافراگمی	۴	۴	۲	۳۲
سایر موارد	وقوع انفجار در اثر نشتی گاز	۹	۳	۶	۱۶۲
	نشت از مخازن نگهداری پساب شیمیایی و در خطر قرارگیری سلامت پرسنل	۸	۳	۷	۱۶۸

از سوی دیگر نتایج بیانگر این است که ۴۲/۸۶ درصد ریسک های کم مربوط به دسته ی خطاهای انسانی است و دو دسته ی عوامل طبیعی و عدم رعایت بهداشت و ایمنی هر کدام ۲۸/۵۷ درصد این ریسک ها را شامل می شوند. ۲۵ درصد ریسک های متوسط در دسته خطاهای انسانی است و ۷۵ درصد این ریسک ها در دسته عدم رعایت بهداشت و ایمنی قرار می گیرد. در مورد ریسک های بحرانی ۵۰ درصد این گونه از ریسک ها مربوط به دسته عدم رعایت بهداشت و ایمنی است و ۵۰ درصد دیگر در دسته سایر موارد قرار می گیرد و دو دسته خطاهای انسانی و عوامل طبیعی سهمی در وقوع این ریسک ها ندارند.



شکل ۲- مقایسه درصد سطوح مختلف ریسک در هر یک از دسته‌های مورد بررسی

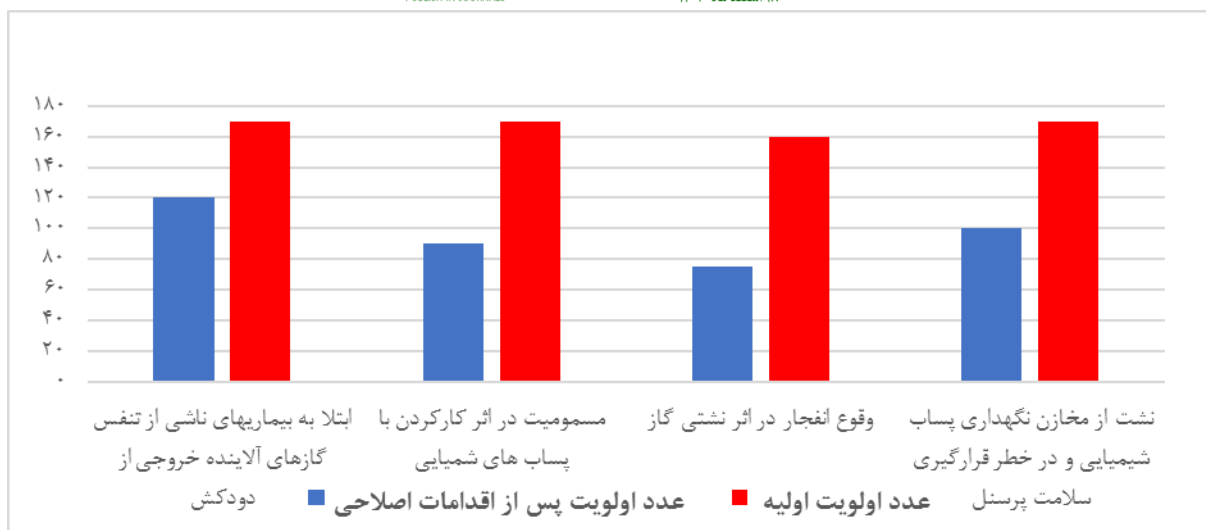
با توجه به اینکه ۴ ریسک از ۱۵ ریسک‌های شناسایی شده در محدوده ریسک‌های بحرانی می‌گیرد. از این‌رو برای کاهش این مخاطرات نیاز به انجام اقدامات اصلاحی است. از این‌رو به‌منظور کاهش احتمال وقوع، شدت اثر و افزایش قابلیت کشف ریسک‌های پرخطر، راهکارهایی با مشاوره و در نظر گرفتن نظر کارشناسان ارائه گردید (جدول ۵).

جدول ۵- اقدامات اصلاحی انجام شده برای کاهش خطرپذیری هر ریسک

ریسک بحرانی	اقدامات اصلاحی
ابتلا به بیماری‌های ناشی از تنفس گازهای آلاینده خروجی از کوره	<ul style="list-style-type: none"> <li>• استفاده از ماسک‌های فیلتردار مناسب و نظارت بر نحوه استفاده از آنها</li> <li>• نصب علائم هشداردهنده</li> </ul>
مسمومیت در اثر کار کردن با پساب‌های شیمیایی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• استفاده از سیستم تهویه مناسب در محیط</li> <li>• تدوین دستورالعمل‌های اجرایی برای نگهداری و ذخیره‌سازی اصولی مواد شیمیایی در ظروف و انبار مجهز به سیستم‌های ایمنی</li> </ul>
وقوع انفجار در اثر نشتی گاز	<ul style="list-style-type: none"> <li>• رعایت دستورالعمل‌های لازم برای حفظ ایمنی کارگران و نظارت بر آن‌ها</li> </ul>
نشت از مخازن نگهداری پساب شیمیایی و در خطر قرارگیری سلامت پرسنل	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بازدید دوره‌ای از مخازن نگهداری پساب شیمیایی برای اجتناب از خطرات در حال وقوع</li> <li>• تدوین دستورالعمل‌های اجرایی برای نگهداری، تعمیرات و بازرسی دوره‌ای از تمامی مسیرها و لوله‌های انتقال مواد و نقاط اتصال شیرآلات</li> </ul>

پس از ارائه اقدامات اصلاحی، وخامت خطر این ریسک‌ها بار دیگر توسط کارشناسان ارزیابی و عدد اولویت ریسک برای هر کدام از این ریسک‌ها دوباره محاسبه گردید و سپس با اعداد اولویت اولیه مقایسه شد (شکل ۳).

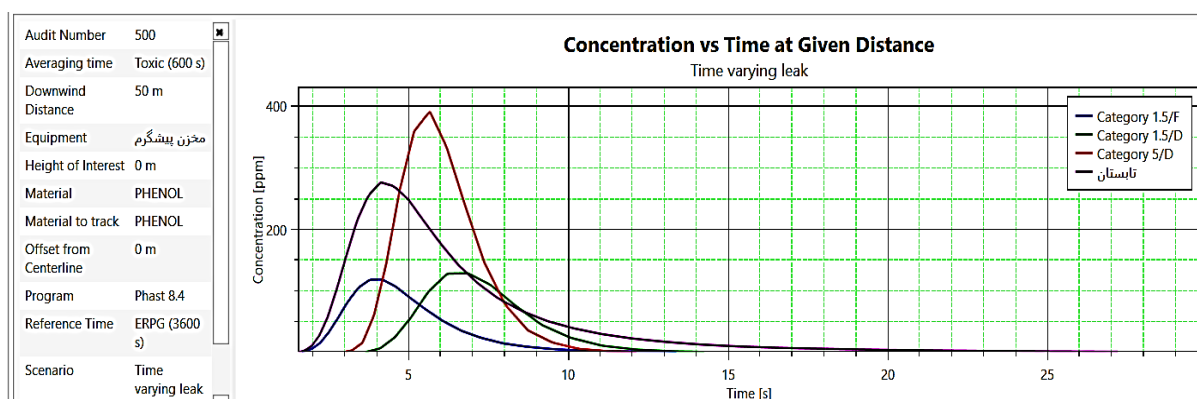




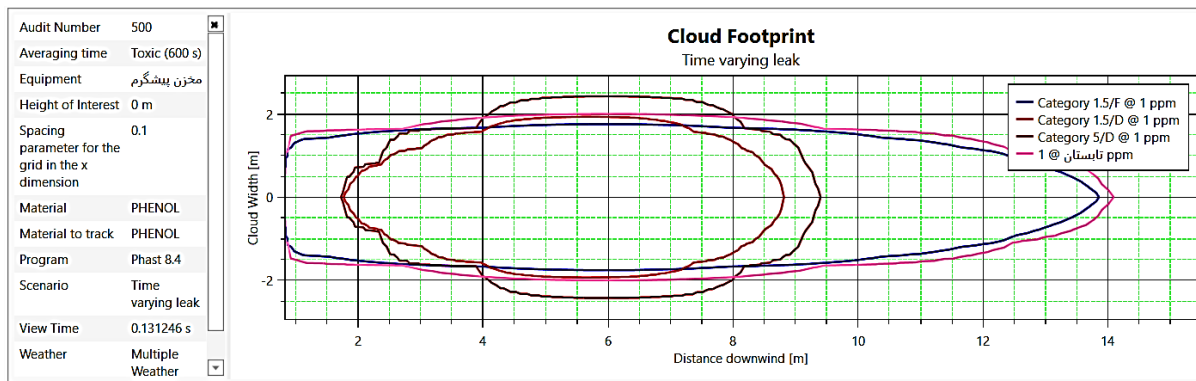
شکل ۳- مقایسه عدد اولویت اولیه و عدد اولویت پس از اقدامات اصلاحی

### پیامدهای ناشی از نشت مخزن

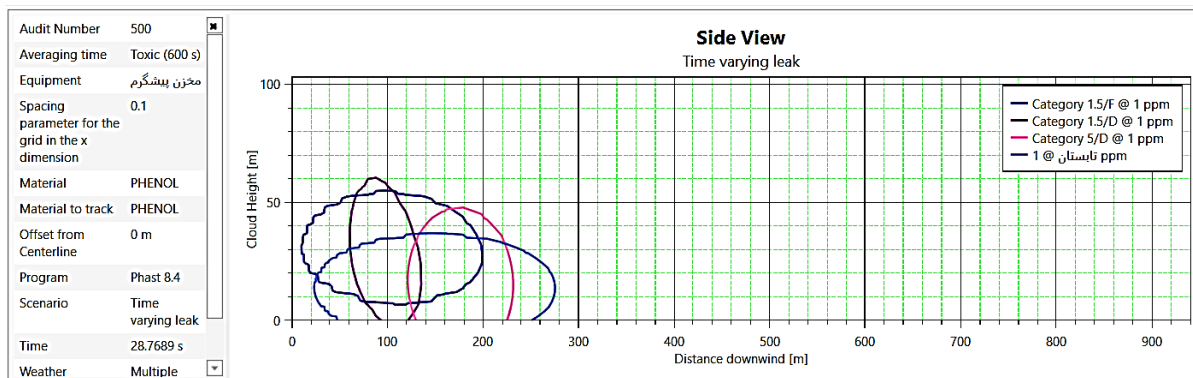
لازم به ذکر است تمامی خروجی های گرفته شده با استفاده از نرم افزار فاست در محدوده مورد نظر بر اساس شرایط جوی پایدار در فصل تابستان است. سرعت باد ۳/۸۶ متر بر ثانیه و شرایط جوی پایدار با شب های خنک و باد متوسط است. ذکر این نکته حائز اهمیت است که کشیدگی نمودار به دلیل در نظر گرفتن جهت وزش باد است. شکل ۴ رابطه بین غلظت مادهی ناشی و زمان انتشار، شکل ۵ غلظت ماده در سطح زمین و شکل ۶ نحوه انتشار ماده توسط نیروهای کناری و مشاهده انتشار ماده از دید کنار را نشان می دهد. همان گونه که در شکل ۴ مشخص است در ابتدای نشتی، غلظت ماده فوق العاده زیاد است و حتی در ثانیه های اول، غلظت به ۴۰۰ ppm خواهد رسید. طبق شکل ۵ هر چقدر ماده روی سطح زمین یعنی (ارتفاع = صفر) انتشار پیدا می کند حجم پراکنش (توده ابری) افزایش پیدا خواهد کرد. شکل ۶ نشان می دهد که اگر ماده توسط نیروهای جانبی منتشر شود و از دید کنار به آن بنگریم در ابتدا حجم پراکنش زیاد خواهد بود به گونه ای که توده ابری تا ارتفاع ۵۰ متری بالا خواهد رفت.



شکل ۴- ارتباط بین غلظت مادهی ناشی و زمان انتشار



شکل ۵- رد پای بیشترین غلظت



شکل ۶- نشت ماده توسط نیروهای کناری (دید از کنار)

## بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج، خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از تنفس گازهای آلاینده، مسمومیت در اثر کارکردن با پساب‌های شیمیایی، وقوع انفجار در اثر نشتی گاز و نشت از مخازن نگهداری پساب شیمیایی و در خطر قرارگیری سلامت پرسنل که در دو دسته خطرات مربوط به عدم رعایت بهداشت و ایمنی و سایر خطرات قرار می‌گیرند، در سطح بحرانی طبقه‌بندی می‌شوند و نیاز به توجه، رسیدگی و به کارگیری اقدامات پیشگیرانه فوری دارند. به طور کلی بر اساس نتایج، از خطرات شناسایی و ارزیابی شده در واحد کوره پساب‌سوز کارخانه تولید رزین شهرستان تاکستان، ۵۹ درصد از ریسک‌ها در کلاس ریسک‌های نیمه بحرانی، ۳۱ درصد در کلاس ریسک‌های معمولی و ۱۰ درصد در کلاس ریسک‌های بحرانی قرار می‌گیرند. (ترفیع و همکاران، ۱۳۹۸) نیز در ارزیابی ریسک‌ها کوره ریخته‌گری، درصد بیشتر ریسک‌ها را در کلاس متوسط ارزیابی نمودند. از بین ریسک‌های شناسایی شده در ۳ کلاس ریسک‌های کم (عادی)، متوسط (نیمه بحرانی) و زیاد (بحرانی)، ۴۶/۶۷ درصد در دسته مربوط به عدم رعایت بهداشتی و ایمنی قرار می‌گیرد، ۲۶/۶۷ درصد مربوط به خطاهای انسانی است و عوامل طبیعی و سایر موارد نیز هر کدام ۱۳/۳۳ درصد ریسک‌های شناسایی شده را شامل می‌شوند.

با توجه به این که خطاهای انسانی نسبت به سایر خطاها قابل کنترل‌تر هستند، از این‌رو، درصد ریسک‌های کم خطر در این دسته نسبت به سایر دسته‌ها بیشتر است که با نتایج مطالعه (افشاری و همکاران، ۱۳۹۸) در تضاد است. آن‌ها دلیل بالا بودن خطرات ناشی از خطای انسانی را به وجود استرس، میزان مهارت و پیچیدگی شغل پرسنل بیان نموده‌اند.

بر اساس شکل ۲ وقوع انفجار در اثر نشتی پس از اقدامات اصلاحی بیشترین کاهش را دارد و ابتلا به بیماری‌های تنفسی کمترین میزان کاهش را خواهد داشت. با توجه به این شکل می‌توان نتیجه گرفت که با انجام اقدامات اصلاحی می‌توان تا حد زیادی میزان خطرپذیری فعالیت‌ها و حوادث ناشی از کار را در محیط کاهش داد. سایر مطالعات صورت گرفته در زمینه ارزیابی ریسک نیز بر اهمیت اقدامات اصلاحی برای کنترل و کاهش ریسک‌هایی که افراد در محیط کار با آن‌ها مواجه هستند نیز



تاکید کرده‌اند و این اقدامات را برای کاهش ریسک موثر ارزیابی نموده‌اند (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۲؛ ملازاده و کیانی کلامایی، ۱۳۹۸). با توجه به شکل ۲ می‌توان دریافت که اقدامات اصلاحی، ریسک‌های پرخطر را از محدوده‌ی خطر خارج نموده و سطح ریسک‌ها را به ریسک‌های متوسط و کم خطر کاهش دهد که این موضوع، لزوم انجام اقدامات اصلاحی در مدیریت ریسک‌های محیط‌زیستی پروژه‌های صنعتی را نشان می‌دهد.

بر اساس سناریوی تعریف شده برای نشت ماده شیمیایی از مخزن و نتایج مدل‌سازی، ماده نشتی با غلظت بیش از ۱ ppm تا شعاع بیش از ۱/۵ کیلومتری پیشروی خواهد داشت و در صورتی که جهت ورزش باد به صورت قائم باشد شعاع اثرگذاری از این مقدار نیز فراتر می‌رود و تا محدوده‌ی ۲ کیلومتری ادامه خواهد داشت. با توجه به سمیت بالای مواد شیمیایی مورد استفاده در مخزن پیش‌گرم کوره پساب‌سوز، نشت و انتشار این ماده تا این فاصله بسیار خطرناک است و نیازمند توجه و رسیدگی فوری است. که در این میان اقدامات پیشگیرانه به منظور جلوگیری از بروز نشتی در مخزن از اهمیت بالایی برخوردار است. در این میان تعیین حریم ایمن در برابر فاصله حدمرزی مخزن و کانطور ریسک قابل قبول می‌تواند تا حد بسیار زیادی از بروز خطرات بحرانی جلوگیری کند (بهمنی و همکاران، ۱۳۹۹).

صنایع رنگ و رزین و به‌ویژه بخش‌های مربوط به مدیریت پساب‌های این صنایع از جمله پروژه‌هایی هستند که ریسک‌های محیط‌زیستی و ایمنی بسیاری را شامل می‌شوند. با توجه به نتایج این مطالعه، روش بررسی حالات شکست و همچنین نرم‌افزار فاست رویکردهای مناسبی برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه‌های صنعتی همچون صنایع رزین و بررسی پیامدهای ناشی از آن‌ها هستند. از سوی دیگر ارائه‌ی راه‌کارهای اصلاحی، اقدامی موثر در مدیریت ریسک و کاهش میزان خطرات شناسایی شده در این صنایع است. اقدامات اصلاحی می‌تواند، ریسک‌های پرخطر را عملاً از محدوده‌ی خطر خارج ساخته و درجه‌ی خطرپذیری آن‌ها را در سطح ریسک‌های متوسط و یا حتی ریسک‌های معمول و عادی کاهش دهد. با توجه به نتایج و ارزیابی‌های صورت گرفته در این مطالعه با استفاده از روش‌های بحث شده و ارائه‌ی اقدامات اصلاحی، میزان خطرپذیری ریسک‌های شناسایی شده در بخش کوره پساب‌سوز صنایع رزین تاکستان تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است که این امر نشان‌دهنده‌ی، کارایی بالای اقدامات اصلاحی در مدیریت ریسک‌های شناسایی شده در این صنعت است. از سوی دیگر، استفاده از نرم‌افزار فاست برای ارزیابی پیامدهای ناشی از سناریوهای نشت مواد شیمیایی از کوره‌ی پساب‌سوز، راه‌کار مناسبی برای کنترل نشر آلاینده‌ها تا شعاع‌ها و حریم‌های مجاز است و می‌تواند به مدیریت پیامدهای ناشی از نشت مواد از کوره پساب‌سوز کمک شایانی نماید. در پایان پیشنهاد می‌شود که به منظور مدیریت جامع ریسک‌های شناسایی شده در کوره پساب‌سوز صنایع رزین مورد بررسی به جای تعریف یک سناریو، در مطالعات بعدی سناریوی متفاوت و مختلفی تعریف شود و پیامدهای ریسک-های محتمل بر اساس سناریوهای تعریف شده ارزیابی شود و اقدامات مدیریتی موثر برای آن‌ها وضع گردد. این پیشنهاد نه تنها برای ریسک‌های کوره‌ی پساب‌سوز صنعت رزین قابل اجرا است بلکه می‌توان آن را برای ارزیابی پیامدهای ریسک‌های صنایع و پروژه‌های مختلف به کاربرد و میزان خطرات ناشی از پروژه‌های صنعتی را به حداقل رساند.

## منابع

- افشاری، داوود، کریم پور، ساناز، شیرالی، غلام عباس، عابدینی، سید مسلم، ارزیابی خطاهای انسانی به روش تجزیه و تحلیل استاندارد شده صنعتی ریسک در بین پرستاران، مجله طب پیشگیری، دوره ۶، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۸، ۴۳-۵۴
- بهرامی، سجاد، ستوده، احد، جمشیدی، ناصر، علمی، محمدرضا. ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی مجتمع پتروشیمی کرمانشاه با روش FMEA، فصلنامه علوم محیطی، دوره ۱۶، شماره ۳، ۱۳۹۷، ۲۴-۱
- بهمنی، رحمان، پویاکیان، مصطفی، خداکریم، سهیلا، بیدل، حمیده، صالحی سهل آبادی، علی، و جعفری، محمدجواد، ارزیابی ریسک و تحلیل پیامد حریق و انفجار در یک مخزن وینیل کلراید با استفاده از نرم افزار PHAST، نشریه ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها، دوره ۸، شماره ۴، ۱۳۹۹، ۲۱۸-۲۰۸
- ترفیعی، اعظم، انوشه، ویداسادات، عسکری، مهسا، متقی، بی بی زهرا، ارزیابی ریسک کوره ریخته گری به روش PHA، یازدهمین همایش سراسری بهداشت و ایمنی کار، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، ۱۳۹۸
- خزایی، محمدسجاد، و دشتی، سولماز. (۱۳۹۷). ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی فعالیت های کارخانه ی نمک زدایی شماره ی ۱ اهواز با استفاده از روش TOPSIS، نشریه مدیریت بحران، دوره ۷، شماره ۱۴، ۱۳۹۷، ۹۳-۱۰۳
- خوش اخلاق، امیرحسین، حلوانی، غلامحسین، مهرپرور، امیرهوشنگ، و لعل، فریدون، اثربخشی اقدامات کنترلی در کاهش سطح ریسک خطرات ناشی از کار در یکی از صنایع سرامیک سازی، نشریه طب کار، دوره ۵، شماره ۲، ۱۳۹۲، ۵۹-۵۱
- دهقان، سعید، و ستاری، قاسم، مدیریت و تحلیل ریسک ایمنی در معادن سنگ ساختمانی (مطالعه موردی: معادن سنگ محلات)، نشریه ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها، دوره ۵، شماره ۱، ۱۳۹۶، ۴۲-۳۳
- رضایی، رضا، شهیدی، سید احمد، عبدالله زاده، سهراب، قربانی حسن سرایی، آزاده، نقی زاده رئیسی، شهرام، تجزیه و تحلیل حالت و اثر شکست (FMEA) برای شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک در فرآیند تولید مالت، نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی، دوره ۱۴، شماره ۴، ۱۴۰۱، ۷۲-۵۵
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان قزوین، ۱۳۹۵، سالنامه آماری استان قزوین، معاونت آمار و اطلاعات، قزوین، ایران، سازمان برنامه و بودجه
- سالاری فر، بهرام، رضایی، کاوه، چنانی، علی، مزدیان فرد، محمدرضا، و هاشمی پور، سیدمهدی، آنالیز و مدلسازی پیامد مخزن پنتان در واحد پنتان پالایشگاه کرمانشاه با استفاده از نرم افزار PHAST، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش در علم و تکنولوژی، آبان ۱۳۹۵
- شمس کیا، ناصر، و قویدل دارستانی، آرش، تحلیل ریسک در پروژه های خطوط لوله انتقال گاز استان گیلان با رویکرد حفاظت و اثرات زیست محیطی، نشریه مدیریت بحران، شماره ویژه نامه هفته پدافند غیرعامل، دوره ۹، ۱۳۹۹، ۵۷-۶۶
- ملازاده، نسترن، موسوی، سید محسن، ارزیابی ریسک ایمنی و محیط زیستی در کارخانه تولید لوله های پلیمری به روش حالات خطا و تجزیه و تحلیل اثرات آن، نشریه مطالعات علوم محیط زیست، دوره ۴، شماره ۳، ۱۳۹۸، ۱۵۷۲-۱۵۸۱
- ملازاده، نسترن، کیانی کلامویی، حسین، ارزیابی و مدیریت ریسک های ایمنی، بهداشت و محیط زیست در واحد شیرین سازی (GTU 2) پالایشگاه گاز در حال ساخت فازهای ۲۴ و ۲۵ پارس جنوبی در سال ۱۳۹۶ به روش LOPA و PHA، نشریه مطالعات علوم محیط زیست، دوره ۴، شماره ۲، ۱۳۹۸، ۱۴۰۱-۱۴۱۷
- محترم، محسن، روانشادنیا، مهدی، منصوری، نبی الله، ارزیابی ریسک ایمنی فاز ساخت کارخانه گندله سازی گهر زمین با استفاده از FMEA، فصلنامه پژوهشنامه مدیریت و مهندسی صنایع، دوره ۴، شماره ۱۰، ۱۴۰۱، ۱۰۵-۱۱۸
- نیک پیشه کوه جهری، فاطمه، مروتی، مریم، صادقی نیا، مجید، امانت یزدی، لیل. ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی صنایع فولاد به روش (EFMEA مطالعه موردی: کارخانه ذوب و فولاد اردکان)، مجله مهندسی بهداشت محیط، سال ۷، ۱۳۹۸، ۷۶-۸۸



- Alamer, M. (2010). Environmental risk assessment of oil desalination plant in Kuwait. Document management and risk assessment of oil companies in Kuwait. 24.4-15
- Carlson, C.S. (2014). Understanding and applying the fundamentals of FMEAs. Annual Reliability and Maintainability Symposium. Jan. 1–35. Colorado. USA.
- Dehabadi, PK. And Arani, MH. Akbari, H. et al. (2023). Risk assessment of reheating furnace by failure modes and effect analysis method in steel complexes. Archives of Trauma Research. 12.27-33
- George, C. (2020). The Essence of Risk Identification in Project Risk Management: An Overview. International Journal of Science and Research (IJSR). 9 (2). 1553- 1557
- Khaloo, SS. And Saeedi, R. Sanjari, A. (2019). Environmental risk assessment and corrective measures for the metal rolling industry. Environmental monitoring and assessment. 191(9). 583
- Li, H. And Sun, R. Lee, WJ. et al. (2016). Assessing Risk in Chinese Shale Gas Investments Abroad: Modelling and Policy Recommendations Sustainability. 8. 708.
- Rezaee, MJ. And Yousefi, S. Eshkevari, M. et al. (2020). Risk analysis of health, safety, and environment in the chemical industry integrating linguistic FMEA, fuzzy inference system, and fuzzy DEA. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 34.1.201–218
- Sharma, KD. And Srivastava, S. (2018). Failure mode and effect analysis (FMEA) implementation: a literature review. Journal of Advanced Research in Aeronautics and Space Science 5.1-17
- Tubis, A. And Werbińska-Wojciechowska, S. Wroblewski, A. (2020). Risk assessment methods in mining industry—a systematic review. Applied Sciences. 10(15). 5172
- Yuan, B. And Cao, H. Du, P. et al. (2023). Source-oriented probabilistic health risk assessment of soil potentially toxic elements in a typical mining city. Journal of Hazardous Materials. 443. 130-222

## Environmental risk assessment of the waste incineration furnace of an industrial resin production plant in Takistan City, Qazvin province

Elahe Zeilabi

. MSc in Environmental Science, Land Use Planning,  
Department of Environment, Faculty of Natural  
Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan,  
Iran.

Sedighe Abdollahi

Ph.D. in Land use Planning, Department of  
Environmental Science and Engineering, Faculty of  
Natural Resources and Environment, Malayer  
University, Malayer, Iran.

Maryam Nasri Nasrabadi<sup>1</sup>, Ph.D. student in Environmental science and engineering, Department of  
Environment, Islamic Azad University of Isfahan, Isfahan, Iran

### 1-1- Abstract

This study aims to identify and assess the risks of the waste-burning furnace of the resin production factory in Takistan City, Qazvin province. Hence, Failure Mode Effect Analysis (FMEA) was used to identify possible risks and assess the risk's criticality. Then, based on the identified risks, a scenario was defined for the consequences of the selected scenario and analyzed using PHAST software. Accordingly, 15 risks were identified, of which 4 of them including the risks of Respiratory diseases caused by gas inhalation, poisoning due to working with chemical waste, explosion due to gas leakage and leakage from chemical waste storage tanks and the personnel health were as the most critical risks. On the other hand, carelessness in transportation, equipment use, falling parts, and noise pollution had the lowest risk. The consequences modeling of the selected scenario indicated that releasing the leaking material, spreads up to a height of 46 meters in the first seconds and affects a radius of more than 1.519.23 km<sup>2</sup> with a concentration of 1 ppm. It is suggested that the risks associated with the waste incineration furnace is identified and evaluated annually, and its control and management approaches are included in the list of factory rules.

**Keywords:** “Failure mode effect analysis”, “critical risks”, “environmental management” .

---

<sup>1</sup> Maryam Nasri Nasrabadi