

مدیریت ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا در انبار مرکزی شرکت پخش فرآورده‌های نفتی یزد و پهنه‌بندی آلودگی هوا با استفاده از GIS

لیلا امانت یزدی

کارشناسی ارشد مدیریت محیط‌زیست - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت: 1391/3/20؛ تاریخ تصویب: 1393/4/30)

چکیده

مخازن و انبارهای ذخیره‌سازی فرآورده‌های نفتی یکی از منابع مهم تولید آلودگی هوا هستند. بنابراین، این مطالعه با هدف شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا در انبار مرکزی شرکت پخش فرآورده‌های نفتی یزد به انجام رسید. در این مطالعه، از تکنیک GIS جهت تحلیل وضعیت محیط‌زیست منطقه، از روش FTA جهت شناسایی ریسک‌های محیط‌زیستی و از روش E-FMEA جهت ارزیابی ریسک‌ها، استفاده شد. نتایج این ارزیابی نشان می‌دهد، مهم‌ترین علل ایجاد آلودگی هوا در انبار نفت یزد، تبخیر عملیاتی و تنفسی فرآورده در قسمت مخازن با 360RPN و 280، تبخیر عملیاتی فرآورده در قسمت سکوها‌ی بارگیری با 360RPN و آب‌بند نبودن اتصالات با 180RPN در قسمت خطوط انتقال است. پس از شناسایی ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا، با استفاده از نرم‌افزار GIS اقدام به پهنه‌بندی آلودگی هوا و تهیه نقشه خطر آلودگی هوا بر روی سایت انبار نفت شد. نتایج این پهنه‌بندی نشان می‌دهد، بیشترین میزان آلودگی هوا ناشی از NMTHC در قسمت مخازن و بیشترین میزان SO_2 در ضلع جنوب شرقی انبار است. همچنین به منظور حذف، کنترل، پیشگیری و کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی و خطرهای احتمالی، بر اساس مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی ریسک، راهکارهای مدیریت ریسک برای انبار نفت شهید صدوقی یزد از قبیل اجرای طرح کهاب پیشنهاد شد.

کلید واژه‌ها: مدیریت ریسک محیط‌زیستی، مخازن ذخیره‌سازی نفت، آلودگی هوا

سرآغاز

صنعت نفت و پتروشیمی یکی از منابع مهم تولید آلاینده‌های خطرناک و سمی هوا از قبیل مونوکسید کربن (CO)، اکسیدهای گوگرد (SOX)، ذرات معلق و مواد هیدروکربنی (راحمی و همکاران، 1383) از قبیل (NMTHC)⁽¹⁾ و بنزن است. با توجه به ماهیت انبارهای نفت که ذخیره‌گاه فرآورده‌های نفتی می‌باشد، بنابراین یکی از منابع مهم آلوده کننده هوا محسوب شده و دارای پتانسیل مسمومیت در مواجهه بلندمدت برای کارکنان، ساکنین منطقه بوده و دارای آثار محیط‌زیستی، فیزیولوژیکی و اقتصادی فراوان هست (مهندسین مشاور ایمن‌آراء، 1389). ترکیب‌های عالی فرار ناشی از تبخیر بنزین برای سلامتی انسان خطرناکی را ایجاد کرده که با توجه به نحوه تماس آن‌ها با بدن انسان، اثرگذاری متفاوتی را در بر خواهند داشت. از جمله می‌توان به عکس‌العمل سیستم مرکزی اعصاب (مانند: گیجی، سردرد و از دست دادن حافظه کوتاه‌مدت)، تحریک چشم، بینی و گلو، تاثیر بر روی سیستم تنفسی، جهش ژنتیکی و در نتیجه تولد نوزادان نارس اشاره نمود. انتشار آلاینده‌های ناشی از تبخیر بنزین در اتمسفر، آثار مخرب محیط‌زیستی نیز در برداشته است که عبارت از: ایجاد باران‌های اسیدی، ایجاد پدیده مه‌دود فتوشیمیایی و ایجاد تغییرات اقلیم جهانی (شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، 1387) می‌باشند. این موضوع، به اهمیت بررسی دقیق ویژگی این مواد در ارزیابی و مدیریت ریسک محیط‌زیستی می‌افزاید. در سطح دنیا، مطالعات زیادی در زمینه ریسک انبارها و مخازن نفتی صورت گرفته است. مطالعه 242 حادثه در طول مدت 40 سال بین سال‌های (1960-2003)، در مخازن ذخیره‌سازی نشان می‌دهد: مهم‌ترین ریسک در این مخازن آتش‌سوزی، انفجار، ریزش فرآورده و انتشار مواد سمی است که انتشار مواد سمی پس از آتش‌سوزی، انفجار و ریزش فرآورده در رتبه چهارم مهم‌ترین ریسک مخازن ذخیره‌سازی قرار دارد (Chang & Lin, 2006). در تحقیقی با موضوع ارزیابی ریسک کاربردی در صنایع شیمیایی که در سال 2007 منتشر شد، علل ایجاد ریسک در این دست از صنایع را تحت تاثیر سه عامل خطای انسانی، خرابی تجهیزات و سایر عوامل (عوامل طبیعی و اقدامات عمدی و تروریستی) برشمرده است و (نمودار 1). در این مطالعه، پس از بررسی سوابق حوادث ایجاد شده در چند صنعت شیمیایی، خرابی تجهیزات را مهم‌ترین عامل ایجاد مخاطرات و علت آن را

عدم برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مناسب برای تعمیر تجهیزات و صرفه‌جویی در هزینه‌های داند (Meel et al., 2007).



نمودار (1): عامل ایجاد حادثه در صنایع شیمیایی
(Meel et al., 2007)

روش‌های متفاوتی در سطح جهان برای شناسایی و ارزیابی ریسک با توجه به شرایط هر پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش (آنالیز درخت خطا)⁽²⁾ یک روش منطقی مناسب برای شناسایی خطای سیستم است (Yang & Mannan, 2010) و معمولاً برای آنالیز سیستم‌های پیچیده به ویژه، برای شناسایی ارتباطات درونی سیستم و شناسایی خطاهای رایج سیستم به کار می‌رود (Nivolianitou et al., 2004).

همچنین یکی دیگر از معروف‌ترین تکنیک‌های ارزیابی ریسک، (روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن)⁽³⁾ است (Elmqvist & Tehrani, 2008) FMEA تکنیکی تحلیلی و متکی بر قانون پیشگیری قبل از وقوع است.

در اجرای این تکنیک، با پیش‌بینی مشکلات بالقوه و محاسبه میزان ریسک‌پذیری آن‌ها، اقدام‌هایی در جهت حذف و یا کاهش میزان وقوع آن‌ها تعریف و اجرا می‌شود (دبیری و ودایع خیری، 1383). روش (تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن بر محیط‌زیست)⁽⁴⁾ که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، جدیدترین شیوه تکنیک FMEA است که به بررسی آثار وارده بر جنبه‌های محیط‌زیست می‌پردازد (جوزی، 1386).

مواد و روش‌ها

معرفی واحد مورد مطالعه

انبار مرکزی شرکت پخش فرآورده‌های نفت یزد، با مساحت حدود 40 هکتار در غرب شهر یزد واقع شده است. موقعیت انبار مرکزی شرکت نفت در شهر یزد بر روی نقشه شماره 4 و 3، 2، 1 مشخص شده است. در این انبار در مجموع سالانه حدود 102 میلیون لیتر بنزین و 14 میلیون لیتر نفت سفید و 230

برای بررسی و شناسایی علل ریشه ای مهم ترین ریسک های محیط زیستی بر مبنای سه عامل خطای انسانی، خرابی تجهیزات و سایر عوامل (عوامل طبیعی و اقدام های عمدی و تروزیستی)، از روش FTA استفاده و از تکنیک FMEA جهت ارزیابی ریسک استفاده شد.

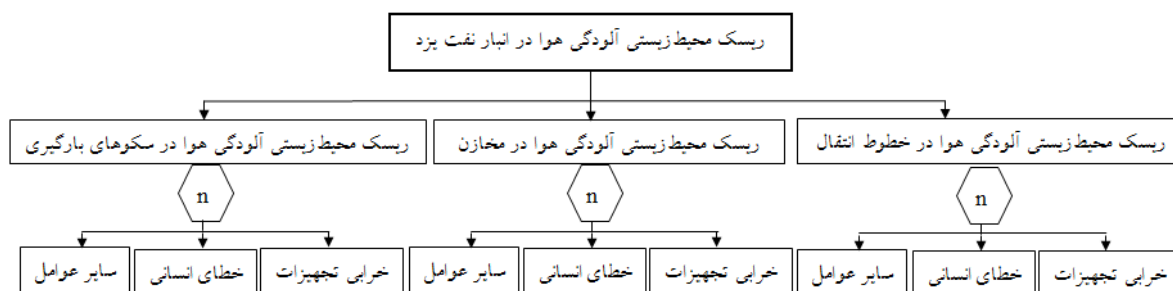
دلیل اصلی استفاده از روش FMEA جهت ارزیابی ریسک، انعطاف پذیری روش و باز بودن دست ارزیاب در اضافه کردن پارامترهای ارزیابی با توجه به شرایط پروژه است. در حالی که، در روش FTA تنها از دو پارامتر احتمال وقوع و شدت اثر برای ارزیابی می توان استفاده کرد. همچنین از نرم افزار GIS جهت شناسایی و تحلیل وضعیت محیط بیولوژیک و پهنه بندی خطر آلودگی هوا در انبار نفت استفاده شد.

جهت شناسایی ریسک ها با استفاده از روش FTA ابتدا یک درخت پایه بر اساس نمودار (2) تعریف شد و سپس بر اساس درخت پایه تعریف شده، ریسک ها شناسایی شدند.

میلیون لیتر گازوئیل از طریق خط لوله و 720 میلیون لیتر نفت گاز از طریق نفتکش ها، دریافت و در 13 مخزن ذخیره سازی می شود.

روش پژوهش

پس از انجام بررسی های کتابخانه ای و بررسی مقاله های مرتبط، به منظور جمع آوری اطلاعات اولیه و شناسایی ریسک های محیط زیستی، در مطالعه حاضر از انبار نفت یزد بازدید به عمل آمد و با کارشناسان و مسئولان مربوطه مصاحبه شد. سپس با استفاده از نتایج به دست آمده از وضعیت موجود، طوفان ذهنی و نیز بررسی علل ایجاد آلودگی هوا در مخازن نفت در سطح ملی و بین المللی از طریق مطالعه مقالات معتبر داخلی و خارجی و سوابق و مستندات حوادث انبار نفت، ریسک ها شناسایی شدند. در این مطالعه، جهت شناسایی و ارزیابی ریسک از ترکیب دو



تکنیک FTA و FMEA استفاده شد. همچنین، در این مطالعه

نمودار (2): درخت پایه ترسیم شده بر اساس روش FTA در انبار نفت یزد

گام سوم: ایجاد طوفان فکری برای شناسایی حالات شکست بالقوه
گام چهارم: نوشتن آثار بالقوه حالات شکست
گام پنجم: تعیین درجه شدت برای هر اثر
شدت، میزان اهمیت و جدی بودن پیامد محیط زیستی حاصل از آلودگی هوای انبار نفت می باشد که بدین منظور مقایسه میزان آلودگی منتشره از آن تجهیز با استانداردهای مربوطه صورت گرفت. امتیاز مربوط به این پارامتر با توجه به جدول (1)، تعیین شد.
گام ششم: تعیین درجه وقوع برای هر حالت شکست
منظور از احتمال وقوع، تواتر زمانی بروز جنبه محیط زیستی و پیامد ناشی از آن می باشد. امتیاز مربوط به این پارامتر با توجه به جدول (2) تعیین شد.

گام هفتم: تعیین درجه گسترش آلودگی

با توجه به این که انبار نفت در محدوده شهری قرار گرفته است، بنابراین میزان گسترش آلودگی هوا و محدوده ای که تحت تاثیر

جهت بررسی (جنبه های محیط زیستی) آلاینده های هوا نتایج آزمایش ها (منوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، NMTHC و ذرات معلق)، بررسی و با استانداردها مقایسه شد (موقعیت مکان های نمونه برداری در نقشه 2 و 1 مشخص شده است).

جهت ارزیابی ریسک، برای هر یک از قسمت های انبار نفت کاربرگ EFMEA تکمیل شد. ستون های عملکرد، حالات خرابی بالقوه، علل خرابی بالقوه و اثرات خرابی بالقوه نیز در کاربرگ وارد شد و ستون های شدت اثر، احتمال وقوع و میزان گسترش آلودگی بر اساس جداول EFMEA تکمیل و (درجه اولویت ریسک) (5) محاسبه شد.

مراحل ده گانه انجام این فرآیند به شرح زیر است:

گام اول: شناخت تجهیزات، عملکرد آن ها و فعالیت های انبار نفت
گام دوم: تشکیل تیم تخصصی متشکل از 5 نفر از کارشناسان انبار نفت

قرار می‌دهد نیز بسیار مهم است. از این‌رو، در این مطالعه پارامتر میزان وسعت آلودگی نیز به پارامترهای ارزیابی اضافه شد. امتیاز مربوط به این پارامتر با توجه به جدول (3) تعیین شد.

جدول (1): رتبه‌بندی شدت اثر (S)

رتبه	شرح شدت اثر
10	مرگ انسان/ نقص عضو
9	مسمومیت (موجودات زنده)
8	نقض قوانین و مقررات ملی (مرتبط با محیط‌زیست)
7	آثار غیرقابل برگشت بر مناطق چهارگانه محیط‌زیست
6	آثار قابل برگشت بر مناطق چهارگانه محیط‌زیست اما با هزینه زیاد
5	آثار قابل برگشت بر مناطق چهارگانه محیط‌زیست اما با هزینه متوسط
4	آثار قابل برگشت بر مناطق چهارگانه محیط‌زیست اما با هزینه کم
3	آثار جزئی و موقت بر روی مناطق چهارگانه محیط‌زیست
2	آثار غیرمستقیم بر روی مناطق چهارگانه محیط‌زیست
1	بدون هرگونه اثر قابل توجه

جدول (2): رتبه‌بندی میزان احتمال وقوع

(شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، 1388)

رتبه	احتمال وقوع
10	دایمی و پیوسته
9	تکرار وقوع در یک روز
8	تکرار وقوع در یک هفته
7	تکرار وقوع در یک ماه
6	تکرار وقوع چند مورد در یک سال
5	وقوع حداقل یک مورد در سال
4	وقوع موردی در سال
3	وقوع چند مورد در طول زمان کاری
2	وقوع موردی در طول زمان کاری
1	بدون احتمال وقوع

جدول (3): میزان گسترش آلودگی

رتبه	گستره آلودگی
6	در سطح شهرستان (حوزه آبریز)
5	در سطح شهر
4	در سطح محله‌های همجوار
3	در سطح انبار نفت
2	در سطح واحد کاری
1	عدم ایجاد آلودگی

جدول (5): تعیین درجه و سطح ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا در انبار نفت یزد

درجه ریسک سکوها‌های بارگیری	درجه ریسک خطوط انتقال	درجه ریسک مخازن	سطح ریسک
>289/5	>172/5	>336/34	بالا
289/85-5/95	172/5-102/5	336/34- 132/98	متوسط

گام هشتم: تعیین درجه احتمال کشف

احتمال کشف برآوردی است از شانس اینکه کنترل‌های جاری تا چه اندازه می‌توانند حالت‌های خرابی (یا علل خرابی) را قبل از اینکه روی دهند، شناسایی کنند. امتیاز مربوط به این پارامتر با توجه به جدول (4)، تعیین شد.

جدول (4): رتبه‌بندی میزان احتمال کشف

(جعفری و قراری، 1388)

رتبه	شرح احتمال کشف
10	دستگاه فاقد وسیله کنترلی است و یا کنترل‌ها مطمئناً وجود خرابی را تشخیص نخواهد داد
9	تشخیص خرابی موجود توسط کنترل‌ها بعید است
8	احتمال تشخیص خرابی خیلی کم است
7	احتمال تشخیص خرابی کم است
6	احتمال تشخیص خرابی نسبتاً کم است
5	احتمال تشخیص خرابی متوسط است
4	احتمال تشخیص خرابی بیش از متوسط است
3	احتمال تشخیص خرابی زیاد است
2	احتمال تشخیص خرابی بسیار حتمی است
1	احتمال تشخیص خرابی حتمی است

گام نهم: محاسبه RPN برای هر حالت شکست و تعیین سطح ریسک

در این روش، برای محاسبه RPN، رتبه‌بندی شدت اثر (S)، احتمال وقوع (O)، احتمال کشف (D) و میزان گسترش آلودگی ریسک‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و از محاسبه حاصل ضرب آن‌ها درجه ریسک محاسبه شد. تعیین درجه اولویت ریسک (RPN) در معادله (1) ارایه شده است $S \times O \times D$ وسعت آلودگی = $RPN \rightarrow$ معادله 1

بدین‌منظور، ابتدا میانگین RPN ها و سپس انحراف معیار آن‌ها محاسبه و سپس سطح ریسک مشخص شد که نتایج آن در جدول (5) ارایه شده است.

گام دهم: ارایه اقدام‌های کنترلی جهت حذف یا کاهش حالات شکست بالقوه

ضعیف	<132/98	<102/5	<85/95
------	---------	--------	--------

شدت، نتایج نمونه برداری های آلاینده های هوا مینا قرار گرفت. با توجه به نتایج اندازه گیری های انجام شده، میزان ذرات معلق و مونوکسید کربن در تمام نقاط انبار کمتر از حد استاندارد سازمان محیط زیست است. اما میزان NMTHC در تمام نقاط بیشتر از حد استاندارد و میزان SO_2 در 4 نقطه از 5 نقطه نمونه برداری شده بیشتر از حد استاندارد است جدول (6).

سپس، بر اساس نتایج نمونه برداری های انجام شده، میزان گسترش آلودگی هوا ناشی از SO_2 و NMTHC پهنه بندی شد

پهنه بندی آلودگی هوا با استفاده از (GIS)

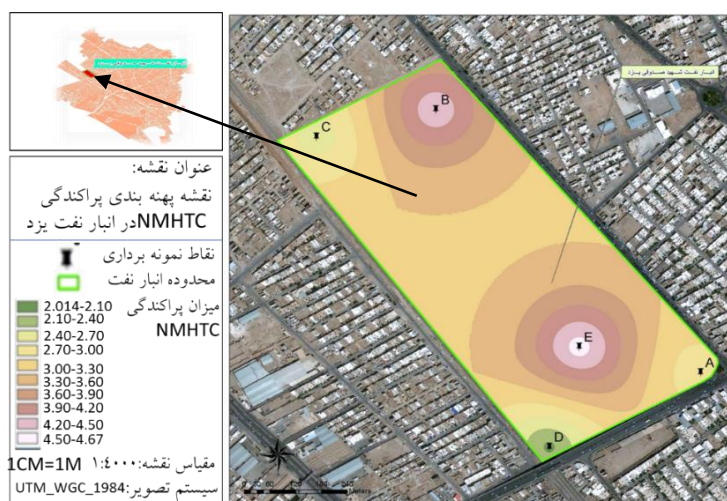
گام نهایی ارزیابی ریسک در این مطالعه، تهیه نقشه خطر آلودگی هوا در انبار نفت به منظور مدیریت مناطق حساس انجام شد. جهت پهنه بندی (Interpolation) آلودگی هوا در این مطالعه از روش Kriging استفاده شد.

یافته ها

جهت ارزیابی جنبه های محیط زیستی، برای امتیازدهی به پارامتر

جدول (6): میزان آلاینده های هوا در مکان های مختلف انبار نفت یزد

ذرات معلق	SO_2 ppm	NMTHC ppm	CO Ppm	پارامتر محل نمونه برداری
150	0/1	2/8	2/1	موقعیت A
225	2/5	4/5	3/0	موقعیت B
165	1/0	2/5	3/1	موقعیت C
160	1/0	2/0	4/8	موقعیت D
172	1/0	4/7	3/3	موقعیت E
260	0/14	0/24	9	استاندارد



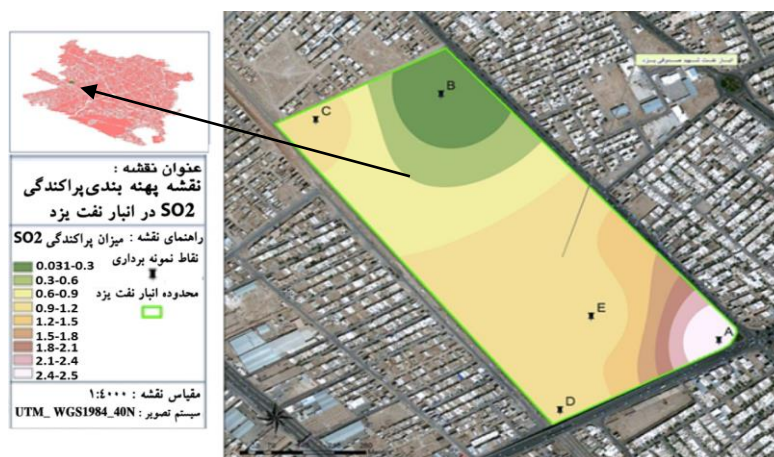
شکل (1): پهنه بندی آلودگی هوا ناشی از NMTHC

حیات وحش منطقه در قالب مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست استان یزد و بر روی پوشش گیاهی در قالب پارک های شهری شهر یزد بررسی شد. با توجه به شکل (4 و 3) و این که فاصله انبار نفت، تا نزدیک ترین پارک حدود 1 کیلومتر و تا نزدیک ترین مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت

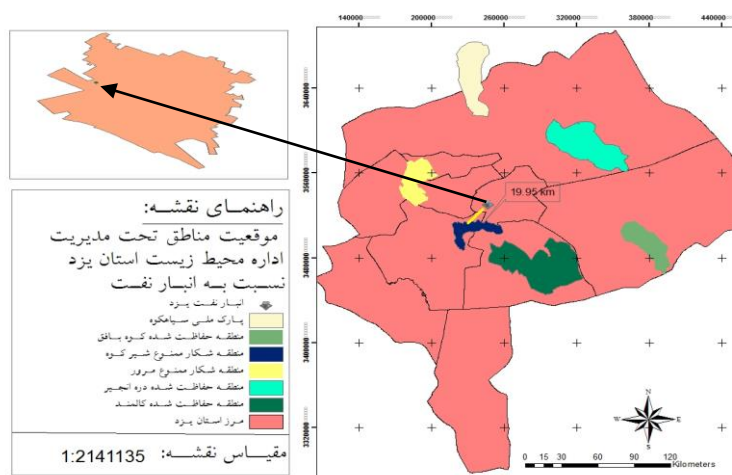
و نقشه خطر آلودگی هوای انبار نفت یزد تهیه شد شکل (1 و 2). در این مطالعه، برای امتیازدهی به پارامتر میزان گسترش آلودگی بر روی محیط بیولوژیک از نرم افزار GIS استفاده شد. برای امتیازدهی به میزان گسترش آلودگی، میزان مسافت انبار تا مناطق مذکور معیار قرار گرفت. با توجه اینکه انبار نفت در محیط شهری قرار گرفته است، بنابراین تاثیر گذاری انبار نفت بر

ریسک‌ها در سه سطح ریسک‌های بالا (غیرقابل قبول)، متوسط و ضعیف طبقه‌بندی شدند. در جداول (9 و 8، 7)، رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده به تفکیک در سطوح بالا، متوسط و ضعیف ارائه شده است.

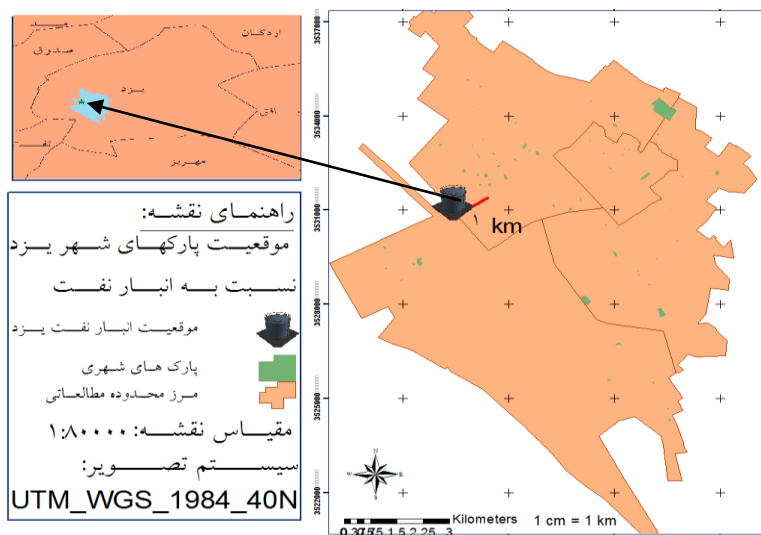
محیط‌زیست در استان یزد حدود 19/95 کیلومتر است، بنابراین آلودگی هوای انبار نفت بر روی این مناطق بی‌تاثیر است. پس از بررسی تمام پارامترهای موثر بر آلودگی هوا، شناسایی ریسک‌ها بر اساس مدل FTA صورت گرفت (نمودار 3). سپس، ارزیابی ریسک‌ها بر اساس روش E-FMEA انجام پذیرفت و



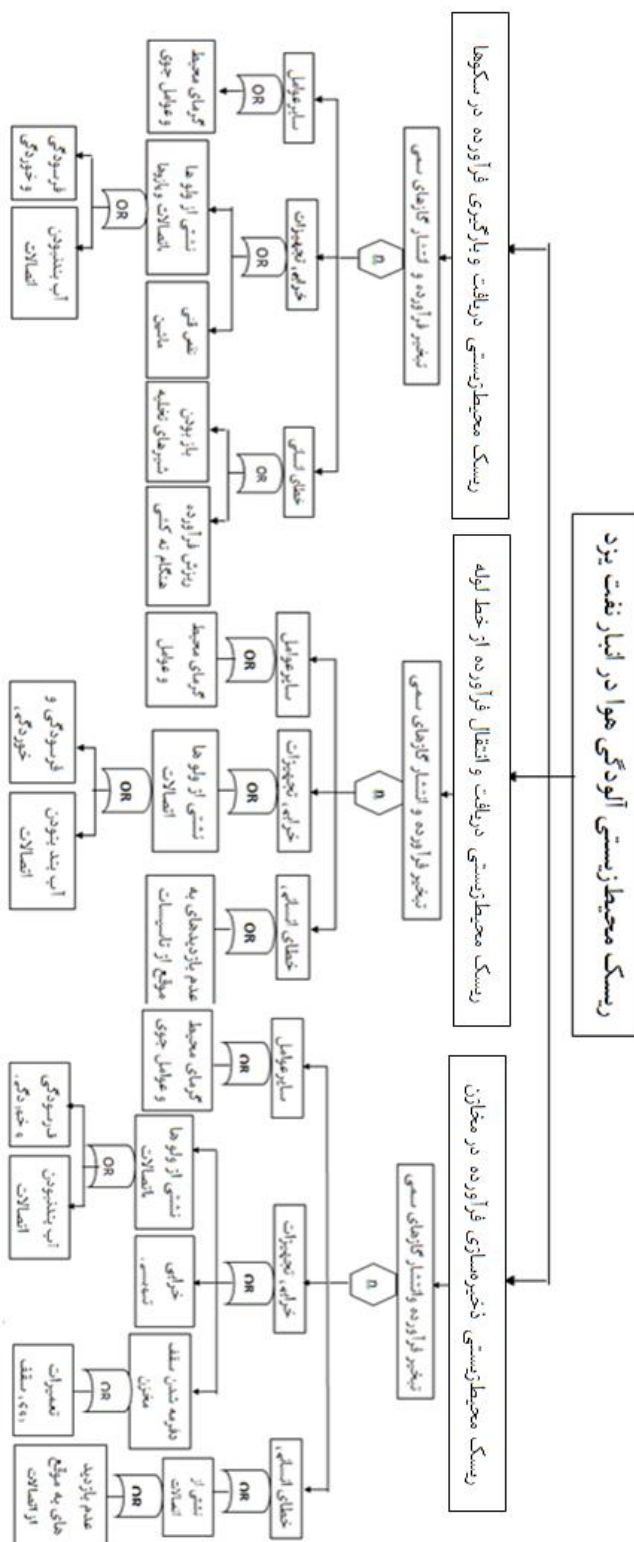
شکل (2): پهنه‌بندی آلودگی هوا ناشی از SO2



شکل (3): موقعیت انبار نفت تا مناطق تحت مدیریت اداره محیط‌زیست استان یزد



شکل (4): موقعیت پارک های شهری شهر یزد نسبت به انبار نفت یزد



نمودار (3): درخت خطای ریسک آلودگی هوا در انبار نفت یزد

جدول (7): ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا در مخازن

ردیف	عملکرد	حالات خرابی بالقوه	علل خرابی بالقوه	اثرات خرابی بالقوه	ریسک				عدد ریسک (RPN)	سطح ریسک
					S	D	O	گستره آلودگی		
1	ذخیره‌سازی فرآورده در مخازن	تبخیر عملیاتی و تنفسی فرآورده	جریان فرآورده، گرمای محیط و شرایط جوی	تبخیر فرآورده، آلودگی هوا، اتلاف منابع و زیان اقتصادی	9	1	10	4	360	زیاد
2	ذخیره‌سازی فرآورده در مخازن	تبخیر عملیاتی و تنفسی فرآورده	آب‌بندی اتصالات مخازن		4	4	7	2	224	متوسط
3	ذخیره‌سازی فرآورده در مخازن	عدم بازدیدهای به موقع از تاسیسات	عدم برنامه‌ریزی بازدید از تاسیسات بر اساس استاندارد API		5	4	3	3	180	متوسط
4	ذخیره‌سازی فرآورده در مخازن	نشستی از ولوها، فلنچ‌ها و اتصالات مخازن	فرسودگی و خوردگی		5	2	7	2	140	متوسط
5	ذخیره‌سازی فرآورده در مخازن	خرابی تیوپسی	فرسودگی		6	2	4	2	140	متوسط
6	ذخیره‌سازی فرآورده در مخازن	دفرمه شدن سقف مخازن	فرسودگی و تعمیرات روی سقف		6	3	5	4	360	زیاد

جدول (8): ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا در خطوط انتقال

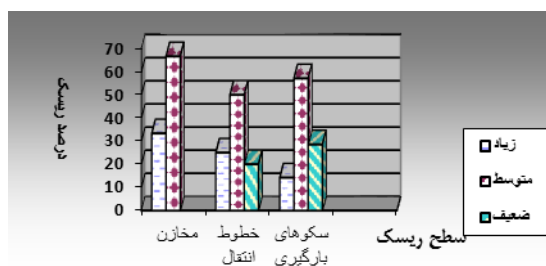
ردیف	عملکرد	حالات خرابی بالقوه	علل خرابی بالقوه	اثرات خرابی بالقوه	ریسک				عدد ریسک (RPN)	سطح ریسک
					S	D	O	گستره آلودگی		
1	دریافت و انتقال فرآورده از طریق خطوط انتقال	نشستی از ولوها، فلنچ‌ها و اتصالات	آب‌بندی اتصالات	اتلاف منابع و زیان اقتصادی، آلودگی هوا، تبخیر فرآورده	5	3	4	2	180	زیاد
2	انتقال فرآورده از طریق خطوط انتقال	تبخیر عملیاتی فرآورده در حین دریافت و انتقال فرآورده	جریان فرآورده و گرمای محیط		5	1	10	2	100	ضعیف
3	دریافت و انتقال فرآورده از طریق خطوط انتقال	نشستی از ولوها، فلنچ‌ها و اتصالات	فرسودگی و خوردگی	اتلاف منابع و زیان اقتصادی، آلودگی هوا، تبخیر فرآورده	5	5	3	2	150	متوسط
4	دریافت و انتقال فرآورده از طریق خطوط انتقال	عدم بازدیدهای به موقع از تاسیسات	عدم برنامه‌ریزی بازدید از تاسیسات بر اساس استاندارد API		6	2	5	2	120	متوسط

جدول (9): ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا در سکوها‌ی بارگیری

ردیف	عملکرد	حالات خرابی بالقوه	علل خرابی بالقوه	اثرات خرابی بالقوه	ریسک				سطح ریسک
					S	D	O	گستره آلودگی	
1	انتقال فرآورده از طریق نفتکش	تبخیر عملیاتی فرآورده در حین دریافت و انتقال فرآورده	جریان فرآورده و گرمای محیط	آلودگی هوا، تبخیر فرآورده، فلج و زین	9	1	10	4	زیاد
2	دریافت و انتقال فرآورده از طریق نفتکش	تردد نفتکش‌ها در محوطه	نقص فنی ماشین	آلودگی هوا	5	4	6	2	متوسط
3	دریافت فرآورده از طریق نفتکش	ریزش فرآورده هنگام ته‌کشی ماشین	عدم دقت کارگر حین ته‌کشی	ریزش فرآورده، تبخیر فرآورده، آلودگی هوا، اتلاف منابع و زین اقتصادی	3	4	7	2	متوسط
4	دریافت و انتقال فرآورده از طریق نفتکش	نشستی از ولوها، فلج‌ها و اتصالات نفتکش	فرسودگی خوردگی و آب‌بند نبودن		3	3	4	2	ضعیف
5	دریافت و انتقال فرآورده از طریق نفتکش	باز بودن شیر تخلیه ماشین	سهل‌انگاری کارگر حین بارگیری		3	3	4	2	ضعیف

تردد نفتکش‌ها در محوطه، سرریز شدن فرآورده در حین بارگیری و ریزش فرآورده هنگام ته‌کشی ماشین در رده ریسک‌های متوسط قرار گرفتند.

و ریسک نشستی از ولوها و بازوهای نفتکش به علت خوردگی و فرسودگی و باز بودن شیر تخلیه ماشین در قسمت سکوها‌ی بارگیری و ریسک تبخیر عملیاتی فرآورده در حین دریافت و انتقال فرآورده از طریق خطا، در رده ریسک‌های ضعیف قرار گرفتند (نمودار 4).



نمودار (4): مقایسه سطح ریسک در انبار نفت یزد

بر اساس درخت خطای ترسیم شده خرابی تجهیزات در هر سه

بر اساس نتایج به دست آمده، 17 عامل در انبار نفت به عنوان عامل ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا شناسایی شد که 4 عامل: تبخیر عملیاتی و تنفسی فرآورده با RPN 360 و دفرمه شدن سقف مخزن با RPN 360 در مخازن، در قسمت خطوط انتقال آب‌بند نبودن اتصالات با RPN 180 و در سکوها‌ی بارگیری تبخیر عملیاتی با RPN 360 به عنوان ریسک‌های با سطح بالا و غیر قابل قبول شناسایی شدند که باید اقدام‌های پیشگیرانه برای کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی ناشی از آن صورت گیرد. به‌ویژه، با توجه به همجواری انبار نفت با منازل مسکونی، همین امر ریسک ناشی از تبخیر فرآورده و آلودگی هوا را دو چندان می‌کند.

با توجه به نتایج ارزیابی، نشستی از ولوها، فلج‌ها و اتصالات، خرابی تیوپسی، عدم بازدیدهای به موقع از تاسیسات در مخازن و در قسمت خطوط انتقال، آب‌بند نبودن اتصالات به علت خوردگی، تبخیر عملیاتی فرآورده و عدم بازدیدهای به موقع از تاسیسات و در قسمت سکوها نشستی از ولوها و بازوهای بارگیری، اتصالات ماشین به علت آب‌بند نبودن و خوردگی و فرسودگی،

مخازن و بیشترین میزان آلودگی هوا ناشی از SO_2 ، در قسمت ضلع جنوب‌شرقی انبار به علت مجاورت با میدان رسالت و تردد ماشین‌هاست. با توجه به نتایج تحلیل نقشه‌های GIS، آلودگی هوای انبار نفت به دلیل فاصله زیاد، بر روی مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست و پارک‌های شهری بی‌تاثیر است.

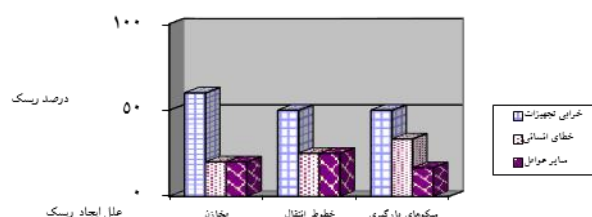
پس از شناسایی و کمی‌سازی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، نیاز به برنامه پاسخ به ریسک می‌باشد که راه‌های مقابله با ریسک‌ها و فرصت‌های مناسب را قبل از آن که روی دهد، بیان می‌کند.

بنابراین، پیشنهاد‌های اصلاحی زیر برگرفته از نتایج این تحقیق با هدف بهبود عملکرد واحد تحت بررسی و کاهش عوامل مسبب بروز ریسک‌های محیط‌زیستی در انبار نفت یزد ارایه می‌شود:

با توجه به نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا و نقشه خطر آلودگی هوای انبار نفت، بیشترین میزان ماده NMTC در محل مخازن ذخیره‌سازی و علاوه بر آن در قسمت سکوهای بارگیری فرآورده است. بنابراین، یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای مدیریتی جهت کنترل بخارات فرآورده بنزین اجرای طرح کهاب است. کهاب مخفف کاهش، هدایت، انتقال و بازیافت بخار بنزین است.

جهت کاهش تبخیر بخارات هیدروکربنی بر اثر «تبخیر تنفسی»، استفاده از مخازن سقف شناور جهت نگهداری فرآورده‌ها در انبارهای نفت و آب‌بندی آن‌ها، عملاً حجم مؤثر تماس بین مایع و بخار را به حداقل ممکن رسانده و آثار مخرب آن به شدت کاهش می‌یابد (کمتر از 1٪). با توجه به آن که در زمان بارگیری نفتکش‌ها، به ازای حجم مایع وارد شده به تانکر، همان حجم بخار به اتمسفر رانده می‌شود (بالانس حجمی)، بنابراین جهت جلوگیری از انتشار و هدایت بخار بنزین بر اثر «تبخیر عملیاتی» می‌توان طی طراحی انجام شده در ساختار بازوهای بارگیری از ورود بخار بنزین به اتمسفر جلوگیری کرد و (بخارات به سمت واحد بازیافت)⁽⁶⁾ هدایت کرد. لازم به ذکر است، تعبیه سیکل بسته جهت بازگشت (انتقال) بخارات هیدروکربنی به مخازن و عدم نشت به محیط نیز از دیگر عوامل مؤثر در کنترل بخارات می‌باشد. جهت بازیافت بنزین پس از جمع‌آوری بخارات منتشر شده از باک خودروها و مخازن زیرزمینی جایگاه و هدایت آن به سمت نفتکش، زمانی که نفتکش جهت بارگیری مجدد به انبار نفت مراجعه می‌نماید، با بهره‌گیری از طرح تکمیلی بازوهای بارگیری، بخار بنزین به واحد بازیافت بخار (VRU) منتقل و در

بخش مخازن، خطوط انتقال و سکوهای بارگیری به ترتیب با 57/14٪، 50٪ و 66/66٪ مهم‌ترین عامل ایجاد ریسک شناسایی شد و خطای انسانی به ترتیب با 28/57٪، 25٪ و 66/66٪ و سایر عوامل به ترتیب با 14/28٪، 25٪ و 66/66٪ در رده‌های بعدی عوامل ایجاد ریسک در انبار نفت یزد مورد ارزیابی قرار گرفت (نمودار 5).



نمودار (5): مقایسه علل ایجاد ریسک در بخش‌های مختلف انبار نفت یزد

همچنین با توجه به نقشه پهنه‌بندی آلودگی، هوای انبار نفت بیشترین میزان آلودگی هوا ناشی از NMTHC در قسمت مخازن و بیشترین میزان آلودگی هوا ناشی از SO_2 در قسمت ضلع جنوب شرقی انبار به علت مجاورت با میدان رسالت است.

بحث و نتیجه‌گیری

پس از بررسی تمام پارامترهای مؤثر بر آلودگی هوا، شناسایی ریسک بر اساس مدل FTA و ارزیابی ریسک بر اساس روش E-FMEA انجام گرفت. با توجه به نتایج ارزیابی ریسک در این مطالعه، 17 ریسک محیط‌زیستی آلودگی هوا شناسایی شد، که 4 عامل: تبخیر عملیاتی فرآورده در حین دریافت و انتقال فرآورده از طریق نفتکش، تبخیر تنفسی و عملیاتی فرآورده در مخازن و بی‌شکل شدن سقف مخازن و آب‌بند نبودن اتصالات در قسمت خطوط انتقال نفت در انبار به عنوان ریسک‌هایی با سطح بالا و غیرقابل قبول شناسایی شدند.

براساس تجزیه و تحلیل درخت خطای ترسیم شده خرابی تجهیزات در هر سه بخش مخازن، خطوط انتقال و سکوهای بارگیری به عنوان مهم‌ترین عامل ریسک در انبار نفت یزد ارزیابی شد و خطای انسانی و سایر عوامل در رده‌های بعدی ایجاد ریسک قرار گرفتند.

همچنین با توجه به نقشه پهنه‌بندی آلودگی هوای انبار نفت، بیشترین میزان آلودگی هوا ناشی از NMTHC در قسمت

هنگام وقوع حوادث تعیین نمود تا کنترل حوادث و اقدام های لازم هر چه سریع تر انجام گیرد.

با توجه به این که انبار نفت در مجاورت مناطق مسکونی قرار دارد، سنجش میزان آلاینده ها در مجاورت منازل مسکونی نیز از دیگر اقدام های موثر در زمینه مدیریت ریسک می باشد. در خاتمه، لازم به ذکر است که حتی با رعایت کلیه مقررات محیط زیستی ممکن است بخشی از ریسک ها در بعضی از قسمت ها باقی بماند که ناگزیر باید پذیرفته شود. میزان ریسک قابل قبول یا غیر قابل قبول، یک بخش مدیریتی بوده که بسته به هر سازمانی متغیر است.

تقدیر و تشکر

این مطالعه تحت حمایت مالی شرکت ملی پخش فرآورده های ایران انجام گرفت. با تشکر از حمایت های شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران - منطقه یزد به ویژه جناب آقای مهندس بنی کریمی و جناب آقای مهندس سلطانی زاده.

یادداشت ها

1. Non Methan Hydro Carbons
2. FTA=Fault Tree Analysis
3. FMEA=Failure Mode and Effect Analysis
4. EFMEA=Environmental Failure Mode and Effect Analysis
5. RPN=Priority Risk Number
6. VRU=Vapor Recovery Unit

نتیجه آن مایع بنزین از بخار استحصال خواهد شد (شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران، 1387).

علاوه بر موارد ذکر شده در بالا، اقدام های اصلاحی زیر نیز جهت جلوگیری و کاهش آثار تبخیر فرآورده توصیه می شود:

- عدم تخلیه و بارگیری فرآورده های مانند بنزین و گازوئیل در روزهای گرم تابستان به دلیل تبخیر بالا، مخزن های محصولات سبک و میان تقطیر به رنگ سفید رنگ آمیزی شود تا کمترین گرما را از محیط و انرژی تابشی آفتاب جذب کرده و دمای محتوای مخزن ها در کمترین حد ممکن نگه داشته شود - نگهداری و بازرسی های روتین و دوره ای از تاسیسات و اتصالات - آب بندی اتصالات و رفع نشتی ها - تعویض به موقع اتصالات فرسوده - خرید تجهیزات صنعتی مرغوب - نصب سیستم های اعلام نشتی و پایش های online - آب بندی (Sealing) در و پنجره های اتاق کنترل، نگهبانی و قسمت اداری برای جلوگیری از نفوذ ترکیبات SO_2 و نیز بخارات فرآورده علاوه بر این، راه کارها و روش های اجرایی که در راستای مدیریت ریسک محیط زیستی باید اعمال شود، شامل:

برگزاری ادواری دوره های تخصصی به کارشناسان و تکنسین های انبار نفت، برنامه واکنش در شرایط اضطراری، طرح های مقابله با حوادث و برگزاری مانورهای ادواری و موارد مشابه است.

همچنین، با تدوین مسئولیت ها و اختیارات هر یک از مدیران و کارشناسان مربوطه می توان حدود وظایف هر یک از آنها را در

فهرست منابع

- دیبری، غ. و ودایع خیری، ح. 1383. آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن، مفاهیم و روش پیاده سازی آن، انتشارات آتنا، تهران.
- راحمی، ن.؛ حقیقی، م.؛ امینی، م. و فاتحی فر، ا. 1383. ارزیابی منابع آلودگی هوا حاصل از صنایع نفت و گاز، سمینار تخصصی نفت و گاز و پتروشیمی، شیراز، 101-90 ص.
- شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران. 1387. طرح کهاب.
- شرکت ملی پخش فرآورده های ایران. 1388. دستورالعمل شناسایی و ارزیابی ریسک زیست محیطی.
- جوزی، ع. 1386. ارزیابی و مدیریت ریسک، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- جعفری، م. و قراری، ن. 1388. آنالیز ریسک تی بی ام به روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن، مجموعه مقالات هشتمین کنفرانس تونل، تهران، 465-456 ص.
- مهندسین مشاور ایمن آراء. 1389. مطالعات ارزیابی ریسک زیست محیطی پتروشیمی فیروزآباد.

Chang, I. & Lin, CH. 2006. A study of storage tank accident. *Journal of loss prevention in the process industries*, 19: 51-59.

Elmqvist, J. & Tehrani, N. 2008. Tool support for incremental Failure Mode and Effects Analysis of component-based systems Design, Conference Automation and Test in Europe Conference and Exhibition (DATE 08), Munich, GERMANY. 1530-1591.

Meel, A.; O'Neill, L. M.; Levin, J. H.; Oktem, U. & Keren, N. 2007. Operational risk assessment of chemical industries by Exploiting accident databases. *Journal of loss prevention in the process industries*, 20:113-127.

Nivolianitou, Z. S.; Leopoulos, V. N. & Konstantinidou, M. 2004. Comparison of techniques for accident scenario analysis in hazardous system. *Journal of loss prevention in the process industries*, 17:467-475.

Yang, X. & Mannan, S. M. 2010. The development and application of dynamic operational risk in oil/gas and chemical processes. *Reliability Energy and System Safety*, 95: 806-815.