Journal of Water & Wastewater Science & Engineering (jwwse)
Vol. 4, No. 1, PP. 23-33, Spring 2019
DOI: 10.22112/jwwse.2019.154745.1119

نشریه علمی- ترویجی
علوم و مهندسی آب و فاضلاب
سال چهارم، شماره ۱، صفحات ۲۳-۳۳، بهار ۱۳۹۸

Health and Safety and Environmental Risk Assessment and Management in Urmia Sewage Treatment Plant by FMEA Method

Kobra Setodemaram[1*], Taher Khajepasha[2] and Rahime Alizade[3]

1- M.Sc. in Mechanical Engineering, Maintenance and Repairs Expert in West Azarbaijan Water and Sewage Company, Urmia, Iran.
2- B.Sc. in Mechanical Engineering, Urmia Sewage Treatment Plant Expert in West Azarbaijan Water and Sewage Company, Urmia, Iran.
3- M.Sc. in Environmental Health Engineering, Exploitation of Wastewater Treatment Plants Expert in West Azarbaijan Water and Sewage Company, Urmia, Iran.
*Corresponding author, Email: asetodemaram@gmail.com

Received: 05/11/2018
Revised: 31/01/2019
Accepted: 02/02/2019

Abstract

Several sewage treatment plants are currently operational in Iran for supplying health conditions, better life of people, keeping the environment clean, and retrieval waste water and nutrient materials from collected sewage of houses and industrial units. In sewage treatment plants there are several potential health, safety and environment dangers (HSE dangers) which can cause occupational incident for personnel and through effluent wastewater which can cause soil and farmlands pollution and spread contagious disease. In this paper we recognized health, safety and environmental risks in first module of City of Urmia sewage plant and analyzed them by FMEA risk assessment method. Totally 29 HSE risks were identified from which 15 risks had high Risk Priority Number (RPN). This study proposed controlling and correctional proceeding for each of these risks. Chlorine gas leakage from disinfection unit of plant and environmental pollution (air and soil) due to the transfer of effluent from the wastewater treatment plant through the open channel to Urmia Lake have the highest RPN for which correctional and controlling approaches are proposed to prevent risks in plant.

Keywords: FMEA, Risk assessment, Treatment plant processes, Urmia sewage treatment plant.

ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه با استفاده از روش FMEA

کبری ستوده مرام[1*]، طاهر خواجه پاشا[2] و رحیمه علی‌زاده[3]

۱- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، کارشناس امور نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.
۲- کارشناس مهندسی مکانیک، کارشناس تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه، شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.
۳- دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، کارشناس بهداشت محیط بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌ها، شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.
* نویسنده مسئول، ایمیل: asetodemaram@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۴
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

چکیده

در حال‌حاضر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب متعددی در سطح کشور با هدف تأمین شرایط بهداشتی بهتر برای زندگی مردم، پاک نگه‌داشتن محیط‌زیست و بازیابی فاضلاب، احداث و وظیفه بازیافت آب و مواد مغذی را از فاضلاب جمع‌آوری شده از منازل و واحدهای صنعتی به‌عهده دارند. در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب جنبه‌های متعدد بالقوه، خطرات ایمنی و بهداشت حرفه‌ای و زیست‌محیطی وجود دارند که بروز هریک از آن‌ها پیامدهای ایمنی، بهداشتی و زیست‌محیطی نامطلوبی را از جمله بروز حوادث شغلی برای پرسنل و خروج پساب کاملا تصفیه‌نشده که باعث آلودگی خاک و آلودگی زمین‌های کشاورزی و شیوع انواع بیماری‌های واگیردار و غیره می‌شود. در مقاله حاضر جنبه‌های خطر ایمنی، بهداشت حرفه‌ای و زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه در فرایندهای مختلف فاز یک تصفیه فاضلاب، شناسائی و با استفاده از روش ارزیابی ریسک FMEA نسبت به تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک و مشخص نمودن خطرات با ریسک‌های بالا اقدام شده است. از مجموع ۲۹ جنبه خطر ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی شناسائی شده، ۱۵ جنبه در رده ریسک‌های بالا قرار گرفت و برای هرکدام، روش‌های کنترلی و اقدامات اصلاحی مناسب برای حذف یا کاهش ریسک بروز خطرات پیشنهاد شد. از میان ریسک‌های با شدت بالا، ریسک آلودگی زیست‌محیطی (هوا و خاک) ناشی از انتقال پساب خروجی تصفیه‌خانه از طریق کانال روباز به دریاچه ارومیه و ریسک نشت گاز کلر است که در این مقاله اقدامات اصلاحی و کنترلی مناسب برای مقابله و جلوگیری از بروز ریسک پیشنهاد شد.

کلمات کلیدی: تصفیه‌خانه فاضلاب شهری ارومیه، ارزیابی ریسک، فرایندهای تصفیه فاضلاب ارومیه، تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن، FMEA.

۱- مقدمه

توسعه صنایع و پیشرفت فناوری در کنار آثار مثبت و ارزشمند خود همواره با آثار و پیامدهایی نظیر افزایش کمیت و کیفیت آلودگی‌های محیط کار و زندگی، حوادث و بیماری‌های ناشی از کار مواجه بوده است که بیش از پیش زندگی انسان‌ها و به‌ویژه کارکنان صنایع را مورد تهدید می‌دهد (شانکی، ۱۳۹۳). از جمله این صنایع می‌توان به تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اشاره نمود. در حال‌حاضر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب متعددی در سطح کشور با هدف تأمین شرایط بهداشتی بهتر برای زندگی مردم، پاک نگه‌داشتن محیط‌زیست و بازیابی فاضلاب احداث شده و وظیفه بازیافت آب و مواد مغذی را از فاضلاب جمع‌آوری شده از منازل و واحدهای صنعتی به‌عهده دارند. وقوع شکست در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب پیامدهای نامطلوبی را همچون خروج پساب‌های کاملا تصفیه نشده به محیط‌های شهری و زمین‌های کشاورزی را به‌دنبال خواهد داشت که می‌تواند در سطح جامعه بحران‌های جدی همچون شیوع بیماریهای واگیر را ایجاد نماید (تابش ،۱۳۹۳). از این‌رو ارزیابی ریسک خطرات تصفیه‌خانه‌های فاضلاب از جنبه‌های ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی از اهمیت بالائی برخوردار است.

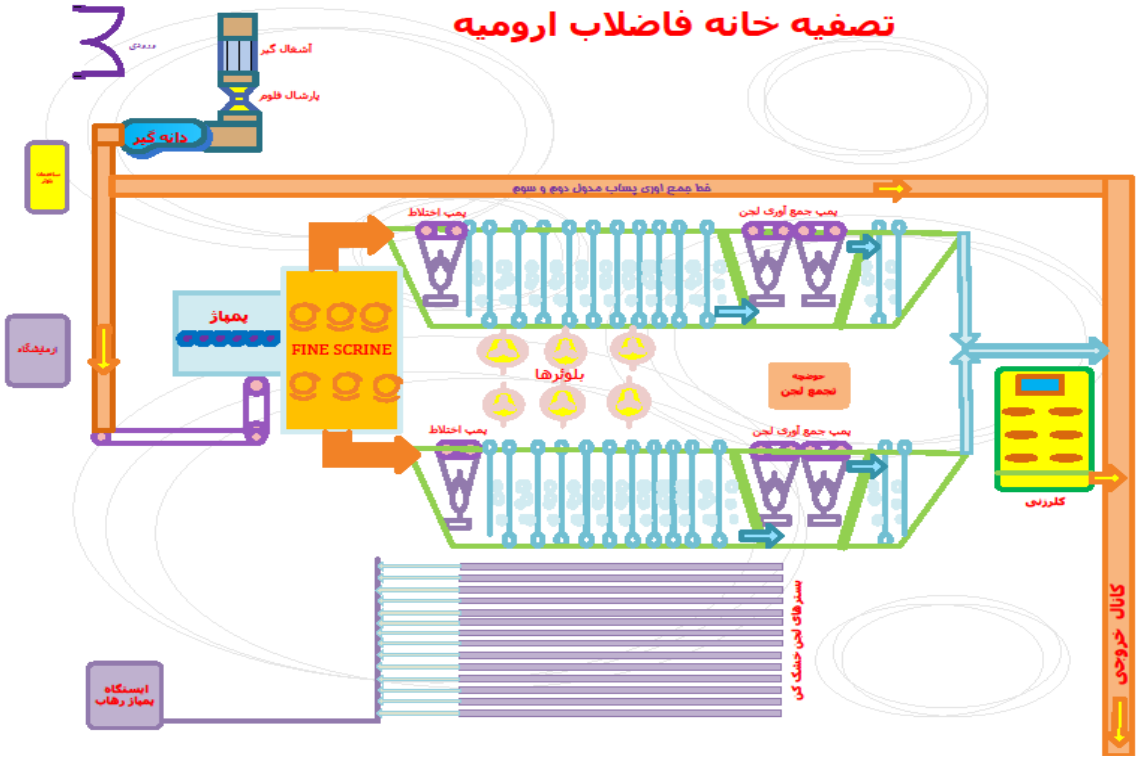
۲- معرفی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه و فرایندهای مختلف مدول مورد مطالعه

تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه در مجاور جاده ریحان‌آباد ارومیه و در ارتفاع تقریبی ۱۳۳۰ متری از سطح دریای آزاد احداث شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب وظیفه جدا کردن بخش جامد از مایع و پالایش مواد جامد و مایع حاصل از این جداسازی برای کاهش هرچه بیشتر آلاینده‌های آلی را برعهده دارد. این کار امکان دفع نهایی اجزای تثبیت شده فاضلاب را بدون ایجاد اثر سوء در محیط‌زیست فراهم می‌آورد. در مطالعات اولیه، جمعیت تحت پوشش تصفیه‌خانه را برای سال افق (۱۴۰۰) یک میلیون نفر پیش‌بینی شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه در پنج مدول مساوی و هریک به‌ظرفیت معادل ۲۰۰۰۰۰ نفر طراحی شده است. مدول‌های ۱ و ۲، تصفیه فاضلاب را به‌روش فرایند بیولاک انجام می‌دهند و در حال بهره‌برداری هستند و مدول ۳ با روش SPR در حال احداث است. شکل‌های ۱ و ۲ تصویر هوایی و شماتیک مدول ۱ تصفیه خانه را نشان می‌دهد.

تصفیه‌خانه فاضلاب وظیفه جدا کردن بخش جامد از مایع و پالایش مواد جامد و مایع حاصل از این جداسازی برای کاهش هرچه بیشتر آلاینده‌های آلی را برعهده دارد. این کار امکان دفع نهایی اجزای تثبیت شده فاضلاب را بدون ایجاد اثر سوء در محیط‌زیست فراهم می‌آورد. در مطالعات اولیه، جمعیت تحت پوشش تصفیه‌خانه را برای سال افق (۱۴۰۰) یک میلیون نفر پیش‌بینی شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه در پنج مدول مساوی و هریک به‌ظرفیت معادل ۲۰۰۰۰۰ نفر طراحی شده است. مدول‌های ۱ و ۲، تصفیه فاضلاب را به‌روش فرایند بیولاک انجام می‌دهند و در حال بهره‌برداری هستند و مدول ۳ با روش SPR در حال احداث است.

در روش بیولاک اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها توسط هواده‌های عمقی تامین شده و فسفر و نیتروژن فاضلاب با راندمان بهتری حذف می‌شود. مشخصه این سیستم روش خاص هوادهی زنجیری معلق با زنجیره‌های پاندولی نوسانگر است. دراین تحقیق ارزیابی ریسک خطرات مدول یک تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه مورد مطالعه قرار گرفته است (معروفی‌نیا، ۱۳۹۰).

شکل ۱- تصویر هوائی تصفیه‌خانه فاضلاب



شکل ۲- شماتیک کلی مدول ۱ تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه

واحدها و فرایندهای مختلف مورد استفاده در مدول ۱ تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه عبارتند از: آشغال‌گیر مکانیکی دهانه درشت، اندازه‌گیری جریان (پارشال فلوم)، دانه‌گیری، سیکلون کلاسیفایر (دانه‌شوی)، ایستگاه پمپاژ، فاین اسکرین، بلوئرهای هوادهی واحد بیولوژیکی، لاگون‌های فرایند بیولاک، آزمایشگاه فاضلاب، گندزدایی و بسترهای لجن خشک کن. لازم به ذکر است که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه برای احیای دریاچه ارومیه به‌کار می‌رود و در حال‌حاضر از طریق نهر به دریاچه ارومیه می‌ریزد. ولی به‌دلیل بروز مشکلات زیست‌محیطی و ورود پساب شهرک‌های صنعتی، این شرکت نسبت به اجرای خط انتقال برای هدایت پساب به دریاچه ارومیه اقدام کرده است.

۳- روش تحقیق

ارزیابی ریسک یک‌روش سازمان یافته و سستماتیک برای شناسائی خطرات و برآورد ریسک برای رتبه‌بندی آن‌ها و کاهش ریسک به یک سطح قابل‌قبول است. روش‌های متعددی برای ارزیابی ریسک وجود دارد از جمله: FMEA، HAZAN و William Fine اشاره نمود که هریک دارای مزایا و معایبی هستند. یک روش سودمند ارزیابی ریسک علاوه‌بر ساده بودن، متناسب با ماهیت فعالیت‌ها، فرآیندها، فرهنگ و سایر ویژگی‌های سازمان مورد نظر است. روش FMEA یکی از روش‌های تجربه شده و بسیار مفید برای شناسایی، طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل خطاها و ارزیابی مخاطرات و ریسک‌های ناشی از آن است. روش تجزیه وتحلیل عوامل شکست و آثار آن سابقه طولانی دارد. استفاده از FMEA برای اولین بار در دهه ۱۹۶۰ در صنایع هوا و فضای آمریکا برای ساخت سفینه آپولوی ۱۱ و پس از آن در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ برای موسسات اتمی به‌کار رفت. از سال ۱۹۷۷ به بعد برای صنایع خودروسازی نیز به‌کار گرفته شد. از سال ۲۰۰۰ تاکنون این روش یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی ریسک در تمامی صنایع است.

FMEA یک تکنیک مهندسی است که به‌منظور مشخص کردن و حذف خطاها، مشکلات و اشتباهات سیستم و فرایند تولید به‌کار برده می‌شود. FMEA در ارزیابی ریسک می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه‌بندی کند. FMEA یک روش استقرایی بوده (رسیدن از جزء به کل) که برای مطالعه سیستماتیک نقص‌های اجزای یک سیستم و اثرات احتمالی آن‌ها به‌کار می‌رود. به‌کمک این روش می‌توان خطاها را ریشه‌یابی و از بروز آن‌ها جلوگیری نمود (طاهریان، ۱۳۹۳).

تکنیک FMEA دارای کاربردهای بسیاری بوده و متناسب با کاربردهای متنوع، FMEAهای مختلفی هم وجود دارد، از جمله FMEA مربوط به محیطزیست (EFMEA[1]) (عزیزی، ۱۳۹۶). به‌طور کلی اهداف یک مطالعه FMEA عبارتند از:

- شناسایی حالات نقص مهم که قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی، نگهداشت پذیری و به‌طور کلی ایمنی سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛

- تعیین اثرات حالات مختلف نقص اجزای یک سیستم بر روی کارکردهای مختلف همان سیستم.

در این تحقیق روش ارزیابی ریسک FMEA برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی خطرات ایمنی و بهداشت و از روش EFMEA برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی خطرات زیست‌محیطی استفاده شده است.

در FMEA سه موضوع مهم را باید در نظر گرفت:

- احتمال وقوع[۲]: احتمال یا به‌عبارت دیگر شمارش تعداد شکست‌ها نسبت به تعداد انجام فرآیند؛

- شدت خطر[۳]: ارزیابی و سنجش نتیجه شکست (البته اگر به‌وقوع بپیوندد). شدت، یک مقیاس ارزیابی است که جدی بودن اثر یک شکست را در صورت ایجاد آن تعریف می‌کند.

- تشخیص[۴]: احتمال تشخیص شکست قبل از آن‌که اثر وقوع آن مشخص شود. ارزش یا رتبه تشخیص وابسته به جریان کنترل است. تشخیص، توانائی کنترل برای یافتن علت و مکانیزم شکست‌ها است.

با توجه به اطلاعاتی که از فرآیند و یا محصول وجود دارد، خطر براساس سه عامل مذکور درجه‌بندی می‌شود. این طبقه‌بندی از ۱ تا ۱۰ (پایین به بالا) است که مقادیر آن‌ها با توجه به جدول‌های ۱ تا ۳ به‌دست می‌آید. اگر درجات این سه عامل در یکدیگر ضرب شود عدد اولویت ریسک RPN حاصل می‌شود (رابطه (۱)) که عددی بین ۱ تا ۱۰۰۰ خواهد بود. آن دسته از خطراتی که دارای نمره RPN بالاتری هستند، باید علت آن به‌سرعت بررسی و کنترل شوند.

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \qquad (۱)$$

به‌طور کلی در روش FMEA هیچ روش RPN مبنایی وجود ندارد که بتوان داده‌ها را با آن مقایسه و سطوح ریسک را تعیین کرد. به‌همین دلیل در این تحقیق، به‌منظور تعیین سطح ریسک و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری و برای تعیین شاخص ریسک از میانگین RPNها استفاده و سپس با استفاده از این شاخص معیار حد بالا و پایین ریسک‌ها مشخص شد. در این پژوهش برای شناسائی ریسک‌های ایمنی، بهداشت و زیست‌محیطی و پیامدهای هریک از آن‌ها نسبت به طرح مسئله، بررسی ویژگی‌های طرح، شناخت وضعیت ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی موجود از طریق بازدیدهای متعدد و مصاحبه با کارشناسان فنی تصفیه‌خانه فاضلاب، اقدام شده است.

جدول ۱- شدت خطر

شرح	شدت اثر	رتبه
وخامت تاسف‌بار، مثل خطر مرگ، تخریب کامل	خطرناک ـ بدون هشدار	۱۰
وخامت تاسف‌بار، اما همراه با هشدار است	خطرناک ـ با هشدار	۹
وخامت جبران‌ناپذیر است، عدم توانایی انجام وظیفه اصلی، از دست دادن یک عضو بدن	خیلی زیاد	۸
وخامت زیاد، همانند آتش گرفتن تجهیزات، سوختگی بدن	زیاد	۷
وخامت کم است، مانند ضرب دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی	متوسط	۶
وخامت خیلی کم، مانند ضرب دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی	کم	۵
وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند	خیلی کم	۴
اثر جزئی برجا می‌گذارد، مثل خراش دست هنگام تراشکاری	اثرات جزئی	۳
اثر خیلی جزئی دارد	خیلی جزئی	۲
بدون اثر	هیچ	۱

جدول ۲- احتمال کشف خطر

معیار: احتمال کشف خطر	قابلیت کشف	رتبه
هیچ کنترلی وجود ندارد و یا درصورت وجود قادر به کشف خطر بالقوه نیست	مطلقاً هیچ	۱۰
احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود	خیلی ناچیز	۹
احتمال ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود	ناچیز	۸
احتمالی خیلی کمی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود	خیلی کم	۷
احتمال کمی دارد که با کنترل‌های موجود، خطر ردیابی و آشکار شود	کم	۶
در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود	متوسط	۵
احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود	نسبتاً زیاد	۴
احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود	زیاد	۳
احتمال خیلی زیاد وجود دارد که با کنترل موجود، خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود	خیلی زیاد	۲
تقریباً به‌طور حتم با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار می‌شود	تقریباً حتمی	۱

جدول ۳- احتمال وقوع

معیار: احتمال رخداد خطر	نرخ های احتمالی خطر	رتبه
بسیار زیاد، خطر تقریبا اجتناب ناپذیر است	۱ در ۲ یا بیش از آن ۱ در ۳	۱۰ ۹
زیاد، خطرهای تکراری	۱ در ۸ ۱ در ۲۰	۸ ۷
متوسط، خطرهای موردی	۱ در ۸۰ ۱ در ۴۰۰ ۱ در ۲۰۰۰	۶ ۵ ۴
کم، خطرهای نسبتاً نادر	۱ در ۱۵۰۰۰ ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰	۳ ۲
بعید، خطر نامحتمل است	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰ ۰۰۰	۱

همان‌طور که قبلا نیز اشاره شد، برای شناسائی جنبه‌های زیست‌محیطی از روش EFMEA استفاده می‌شود. به‌منظور کاربرد این‌روش هریک از جنبه‌های شناسائی شده به دو گروه تقسیم می‌شوند (عزیزی، ۱۳۹۶):

الف- جنبه‌های زیست‌محیطی که باعث انتشار یا تولید انواع آلودگی‌ها، ضایعات، پسماندها و فاضلاب در محیطزیست می‌شوند؛

ب- جنبه‌های زیست‌محیطی که باعث کاهش یا اتلاف منابع طبیعی یا انرژی در اثر استفاده از آن‌ها می‌شوند.

بر این اساس برای محاسبه ضریب تخریب زیست‌محیطی گروه اول از جنبه ها، از حاصل ضرب شدت در احتمال وقوع در گستره آلودگی مطابق جدول‌های ۴ تا ۸ استفاده شد.

جدول ۴- حدود RPN ایمنی و بهداشت

نوع ریسک	حدود RPN
ریسک پایین (L)	< ۸۹
ریسک بالا (H)	≥ ۸۹

جدول ۵- رتبه‌بندی شدت اثر (عزیزی، ۱۳۹۶)

احتمال وقوع	امتیاز
رخداد بسیار زیاد و حتمی	۵
رخداد معمول	۴
رخداد محتمل و متوسط	۳
رخداد کم مقدار	۲
رخداد غیرممکن و بعید	۱

جدول ۶- رتبه‌بندی احتمال وقوع (عزیزی، ۱۳۹۶)

شدت	تعریف شدت	امتیاز
تولید آلاینده ندارد / بدون اثر	هیچ	۱
تولید جزئی آلاینده/اثر جزئی بر محیطزیست	جزئی	۲
تولید کم آلاینده / اثر کم بر محیطزیست	کم	۳
تولید خیلی زیاد آلاینده / اثر خیلی زیاد بر محیطزیست	زیاد	۴
تولید شدید آلاینده / اثر غیرقابل جبران بر محیطزیست	شدید / فاجعه آفرین	۵

جدول ۷- رتبه‌بندی گستره آلودگی (عزیزی، ۱۳۹۶)

گستره آلودگی	امتیاز
منطقه‌ای	۵
محدوده مستقیم طرح	۴
در سطح تصفیه‌خانه	۳
در سطح واحد	۲
در سطح ایستگاه کاری	۱

جدول ۸- حدود RPN زیست‌محیطی

نوع ریسک	حدود RPN
ریسک پایین (L)	< ۳۷
ریسک بالا (H)	≥ ۳۷

۴- نتایج

طبق نتایج به‌دست آمده از روش FMEA حدود ۲۱ جنبه ایمنی و بهداشت و ۷ جنبه زیست‌محیطی مطابق جدول‌های ۹ و ۱۰ در مدول ۱ تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه شناسائی شد. از جنبه‌های ایمنی و بهداشت، ۱۰ جنبه در سطح پایین و ۱۱ جنبه در سطح بالا قرار داشتند. به‌عبارت دیگر ۴۸٪ از جنبه‌ها در سطح ریسک پایین و ۵۲٪ در سطح ریسک بالا قراردارند. از جنبه‌های زیست‌محیطی نیز ۷ جنبه شناسایی شد که ۳ جنبه در سطح بالا قرار داشتند. برای آن دسته از ریسک‌هایی که در سطح بالا قرار دارند، لازم است اقدامات کنترلی و اصلاحی ارائه و اجرا شده و بدین ترتیب عدد اولویت ریسک (RPN) کاهش پیدا کند.

با توجه به نتایج ارزیابی جدول ۹ بالاترین عدد ریسک ایمنی و بهداشت (RPN=۲۵۰) مربوط به نشت گاز کلر از سیلندرهای کلر واحد گندزدائی تصفیه‌خانه است که درصورت عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مخصوص گاز کلر و نداشتن آگاهی لازم و آموزش کافی اپراتورها برای اطفای نشتی، منجر به مرگ اپراتورها و افراد در معرض نشت گاز کلر خواهد شد.

جدول ۹- شناسائی خطرات و آنالیز ریسک های ایمنی و بهداشت تصفیه خانه فاضلاب ارومیه به روش FMEA

نام واحد / نوع فعالیت	خطر	اثر خطر	علت خطر	ارزیابی ریسک های موجود					اقدامات کنترلی پیشنهادی
				شدت خطر	احتمال وقوع	کشف خطر	RPN	سطح ریسک	
واحد آشغالگیری: گریس‌کاری و تنظیم سیم بوکسل‌ها	سقوط داخل کانال	شکستگی اعضای بدن	عدم وجود تکیه‌گاه و جایگاه مناسب برای انجام فعالیت و عدم استفاده از لوازم حفاظت فردی	۸	۵	۱	۴۵	L	آموزش اپراتور و استفاده از ابزارهای کمکی و لوازم حفاظت فردی
واحد آشغالگیری: تعمیر شانه آشغالگیر	سقوط شانه آشغالگیر روی افراد هنگام جوشکاری شانه	شکستگی اعضای بدن	رد کردن شانه و افتادن آن هنگام جوشکاری	۸	۵	۳	۱۲۰	H	آموزش اپراتور و استفاده از ابزارهای کمکی و لوازم حفاظت فردی
واحد آشغالگیری: نوار نقاله	گیر کردن دست افراد بین نوار نقاله و پایه ثابت آن	شکستگی/جراحت	سهل‌انگاری اپراتور و خاموش نبودن دستگاه	۶	۵	۱	۳۵	L	آموزش اپراتور
واحد دانه‌گیر	سقوط در کانال به عمق ۶ متر	خفگی	برخورد پل دانه‌روب با اپرتور هنگام آچارکشی لوله‌های هواده به‌دلیل عدم وجود جایگاه مناسب برای انجام فعالیت	۱۰	۷	۱	۷۰	H	آموزش اپراتور و استفاده از کمربند هارنس

واحد دانه‌گیر	سقوط در کانال به عمق ۶ متر	شکستگی اعضای بدن	برخورد پل دانه‌روب با اپرتور هنگام آچارکشی لوله‌های هواده به‌دلیل عدم وجود جایگاه مناسب برای انجام فعالیت	۱۰	۷	۱	۷۰	H	آموزش اپراتور و استفاده از کمربند هارنس
رفع انسداد سیلیکون کلاسیفایر و پمپ‌های دانه‌گیر	بریدگی با اجسام برنده	بریدگی	بریدگی بوسیله آشغال‌های برنده مانند تیغه، شیشه و سرنگ‌های بیمارستانی	۴	۸	۵	۱۶۰	H	استفاده از دستکش‌های ایمنی
واحد دانه‌گیر: بیرون کشیدن پمپ‌ها	سقوط از ارتفاع	شکستگی	کار در ارتفاع و عدم وجود جایگاه مناسب برای کار	۶	۵	۲	۶۰	L	استفاده از کمربند ایمنی و نردبان مناسب
ایستگاه پمپاژ: انجام سرویس‌های دوره‌ای	سقوط پمپ	شکستگی اعضای بدن	هنگام خارج نمودن پمپ با زنجیر به‌دلیل پارگی زنجیر یا رد کردن قلاب	۸	۴	۳	۹۶	H	کنترل سالم بودن زنجیر و قلاب جرثقیل
	برق گرفتگی	مرگ	اتصال بدنه گیر کردن کابل برق اصلی و زدگی کابل و برق گرفتگی از میله‌ها / سیم بوکسل	۱۰	۵	۳	۱۵۰	H	کنترل سالم بودن کابل‌ها قبل از انجام کار
واحد فاین اسکرین: آچارکشی کلمپ‌های نگهدارنده لوله‌ها و تعویض رابط اسکرین	سقوط از ارتفاع ۲ متر	شکستگی	امکان انجام تعمیرات مناسب نیست	۶	۵	۲	۶۰	L	ساخت جایگاه مناسب برای انجام تعمیرات
واحد فاین اسکرین: تعمیر گیربکس	سقوط گیربکس روی افراد هنگام تعمیر	شکستگی عضو	مکان انجام تعمیرات مناسب نیست	۸	۴	۵	۱۶۰	H	ساخت جایگاه مناسب برای انجام تعمیرات
واحد اسکرابرهای (لاگون‌های) حذف فسفر و اسکرابرهای لجن‌روب و لجن برگشتی: تعمیر یا تعویض پمپ‌ها	سقوط اسکرابر روی افراد	مرگ	اشکال جرثقیل یا خطای اپراتور موقع خارج کردن پکیج	۱۰	۵	۳	۱۵۰	H	آموزش اپراتور و کنترل سالم بودن جرثقیل
	سقوط در لاگون به عمق ۵ متر	خفگی و مرگ	انجام تعمیر روی قایق و واژگونی آن و افتادن اپراتور داخل لاگون	۱۰	۵	۲	۱۰۰	H	حضور یک نفر به‌عنوان نجات غریق و استفاده از قایق نجات در محل
واحد لاگون‌های هوادهی، انجام تعمیرات روی شیلنگ‌های هوادهی و دیفیوزرها	سقوط در آب استخر هوادهی	خفگی	انجام تعمیر روی قایق و واژگونی آن و افتادن اپراتور داخل لاگون	۱۰	۵	۲	۱۰۰	H	حضور یک نفر به عنوان نجات غریق و استفاده از قایق نجات در محل
واحد گندزدائی، کلرزنی گازی	نشت گاز کلر	مرگ	نشت گاز کلر از بدنه سیلندر گاز کلرو یا نشت از شیر کلر سیلندر	۱۰	۵	۵	۲۵۰	H	تست و اطمینان از سالم بودن سنسورهای تشخیص گاز کلر و آلارم آن، تهیه لوازم حفاظت فردی مخصوص گاز کلر، افزایش مهارت و آموزش پرسنل برای اطفای نشت گاز کلر، سرویس‌های دوره‌ای و آماده به‌کار نمودن

									دستگاه اسکرابرو در صورت لزوم افزایش ظرفیت آن
لایروبی حوضچه‌های دانه‌گیرها	تماس پوستی با فاضلاب به‌مدت چند ساعت	ابتلاء به بیماری‌های عفونی	قرار گرفتن داخل حوضچه فاضلاب	۵	۷	۱	۳۵	L	واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماری‌ها از جمله هپاتیت و کزاز
انجام سرویس‌های دوره‌ای ایستگاه پمپاژ	قرار گرفتن اپراتورها در معرض بخارات فاضلاب	ابتلاء به بیماری‌های عفونی	انجام تعمیرات	۵	۷	۱	۳۵	L	واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماری‌ها از جمله هپاتیت و کزاز
واحد فاین اسکرین -جوشکاری درام	قرار گرفتن در معرض دود جوشکاری استیل و بخارات فاضلاب	مسمومیت	به‌دلیل قرار گرفتن اپراتور در داخل درام برای جوشکاری	۶	۷	۱	۴۲	L	استفاده از ماسک مجهزبه کپسول اکسیژن
واحد پرس هیدرولیکی	تماس با فاضلاب و بخارات آن	ابتلا به بیماریهای عفونی		۵	۷	۱	۳۵	L	واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماریها از جمله هپاتیت و کزاز
واحد اسکرابرهای (لاگون‌های) حذف فسفر و اسکرابرهای لجن روب و لجن برگشتی، تعمیر یا تعویض پمپ‌ها	ریزش فاضلاب روی اپراتورها	ابتلا به بیماری‌های عفونی	انجام تعمیرات	۵	۷	۱	۳۵	L	واکسیناسیون اپراتورها در برابر بیماری‌ها از جمله هپاتیت و کزاز
واحد لاگون‌های هوادهی، انجام تعمیرات روی شیلنگ‌های هوادهی و دیفیوزرها	آسیب ستون فقرات اپراتور	دیسک کمر	بلند کردن اجسام سنگین (دیفیوزر به‌همراه شیلنگ ۵ متری)	۸	۸	۱	۶۴	L	استفاده از جرثقیل

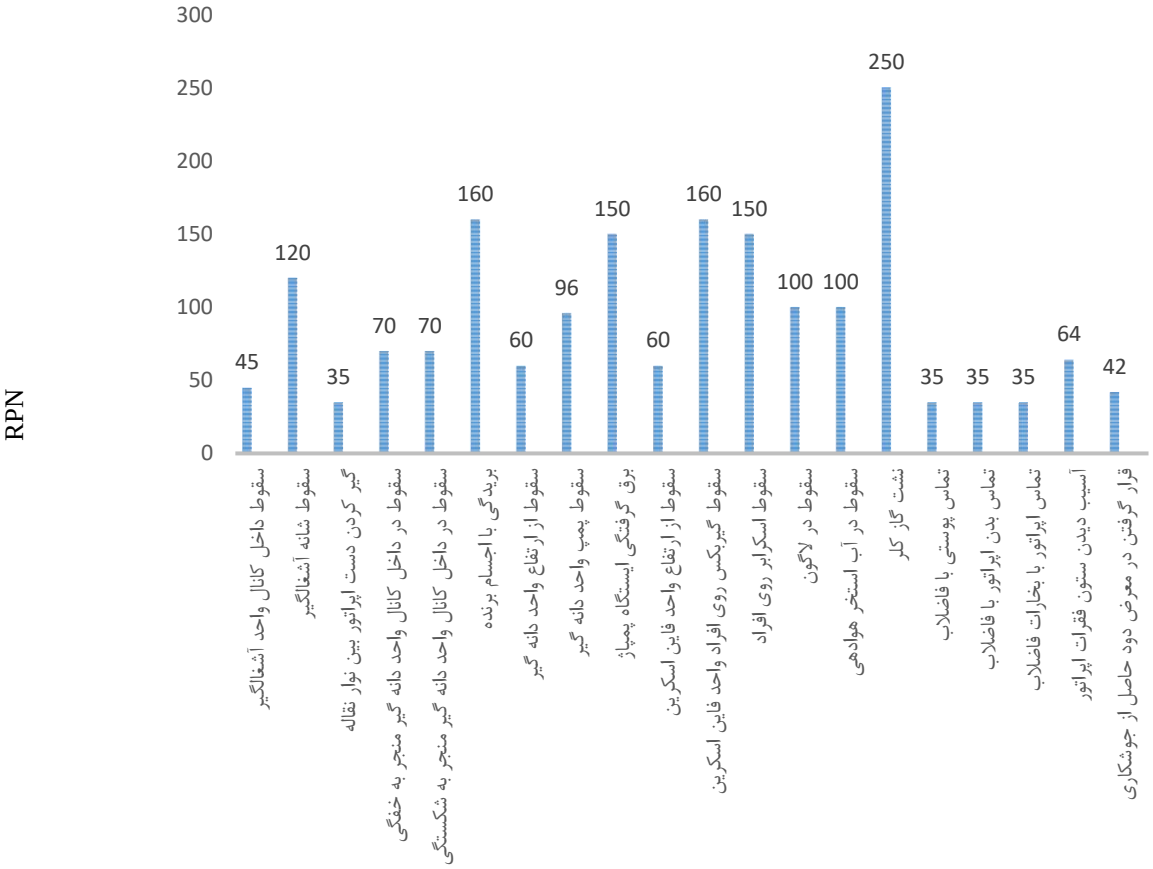
در نتایج ارزیابی جدول ۱۰ بالاترین عدد ریسک زیست‌محیطی (RPN=۸۰) هم مربوط به آلودگی زیست‌محیطی ناشی از ورود فاضلاب تصفیه نشده به کانال خاکی انتقال پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب است که باعث خارج شدن آلاینده‌های پساب از استانداردهای زیست‌محیطی (BOD, COD) و آلودگی هوا و خاک خواهد شد. این امر علاوه‌بر خطرات مستقیمی که برای بهداشت مردم دارد به نتایج دیگری هم از قبیل ایجاد مناظر زشت و بوی ناخوشایند و تولید حشرات موذی منجر می‌شود (عزیزی، ۱۳۹۶).

شکل‌های ۳ و ۴ نتایج ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی برای هر ریسک را به تفکیک عدد اولویت ریسک نشان می‌دهند.

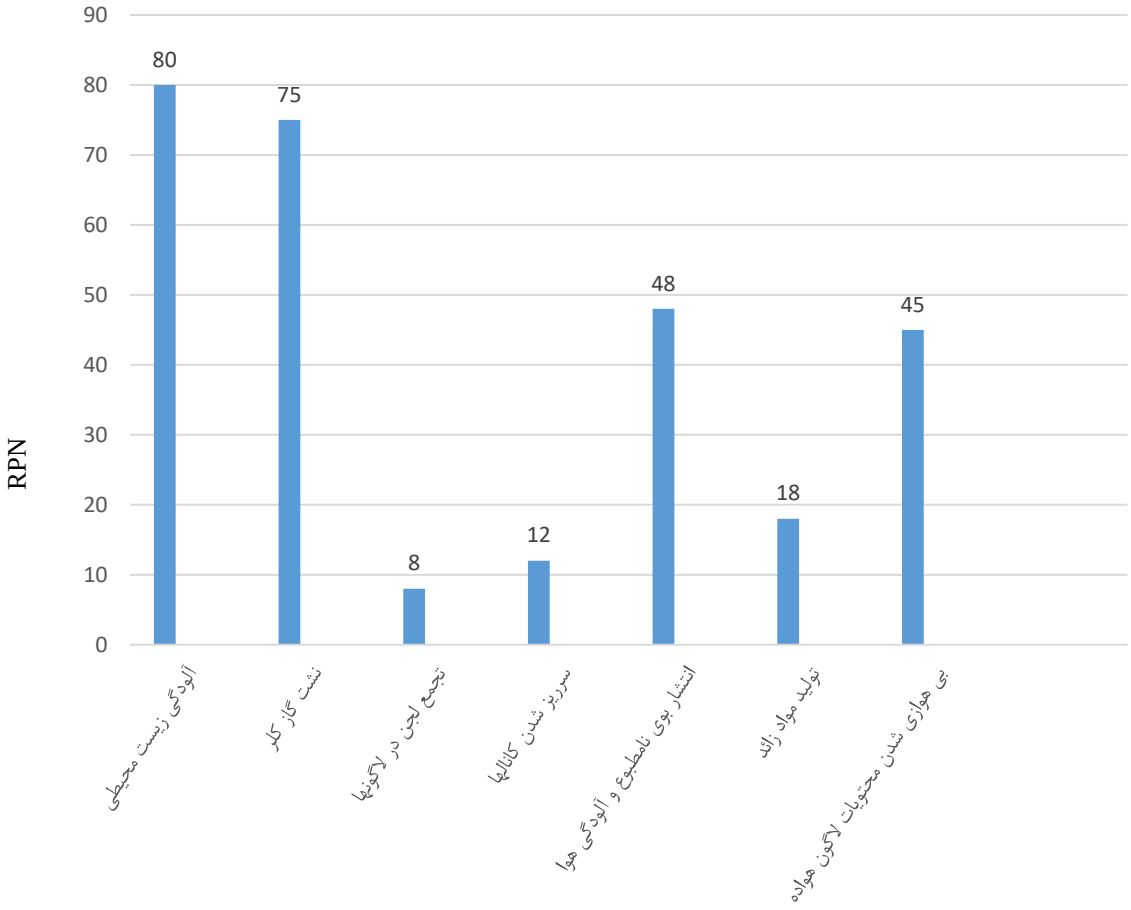
جدول ۱۰- شناسائی خطرات و تحلیل ریسک‌های زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه به‌روش FMEA

نوع فعالیت	خطر	اثر خطر	علت خطر	ارزیابی ریسک های موجود					اقدامات کنترلی پیشنهادی
				شدت خطر	احتمال وقوع	گستره آلودگی	RPN	سطح ریسک	
کلرزنی	نشت گاز کلر	آلودگی هوا	بروز نشت از بدنه / شیر سیلندر، نشت از لوله‌های تزریق گاز کلر به‌دلیل پوسیدگی لوله‌ها	۵	۳	۵	۷۵	H	استفاده از علایم هشدار دهنده صوتی در محیط تزریق و نگهداری کپسول‌های گاز، افزایش مهارت و آموزش پرسنل برای اطفای نشت گاز کلر،

									تهیه تجهیزات حفاظت فردی مخصوص گاز کلر، کپسول‌های اکسیژن با ظرفیت مناسب، افزایش ظرفیت دستگاه اسکرابر موجود و خارج نمودن آن از محل نگهداری کپسول‌های گاز کلر
سیستم پمپاژ لجن برگشتی به داخل لاگون‌ها	تجمع لجن در لاگون‌های هوادهی و قسمت ته‌نشینی لجن	بالا رفتن بار آلی پساب و خارج شدن از معیارهای زیست‌محیطی	نقص فنی پمپ‌ها	۲	۲	۲	۸	L	بازدید دوره‌ای و تعمیر و نگهداری پمپ‌ها براساس برنامه PM
سیستم پمپاژ لجن مازاد به داخل بسترهای لجن خشک‌کن	تجمع لجن در لاگون‌های هوادهی و قسمت ته‌نشینی لجن	بالا رفتن بار آلی پساب و خارج شدن از معیارهای زیست‌محیطی	نقص فنی پمپ‌ها	۲	۲	۲	۸	L	بازدید دوره‌ای و تعمیر و نگهداری پمپ‌ها بر اساس برنامه PM و تعبیه آشغالگیر رزرو
آشغالگیر	پر و سرریز شدن کانال/ ورود فاضلاب به محیط	آلودگی محیط	گرفتگی آشغالگیر	۳	۲	۲	۱۲	L	تعمیر و نگه‌داری آشغالگیرهای مکانیکی براساس برنامه PM و تعبیه آشغالگیر رزرو
ایستگاه پمپاژ	انتشار بوی نامطبوع	آلودگی هوا	خرابی پمپ‌ها و تجمع فاضلاب خام در ایستگاه پمپاژ	۴	۳	۴	۴۸	H	تعبیه پمپ رزرو و انجام تعمیر و نگهداری براساس برنامه PM
فعالیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه	تولید مواد زائد حین عملیات واحد های مختلف	آلودگی خاک در صورت دفن غیر اصولی	تولید موائد زائد در واحدهای مختلف	۳	۲	۳	۱۸	L	جمع‌آوری و تحویل پسماند به شهرداری و دفن بهداشتی پسماندها توسط شهرداری
خط انتقال پساب خروجی تصفیه خانه	ورود فاضلاب تصفیه نشده به کانال خاکی انتقال پساب تصفیه خانه فاضلاب ازسایر منابع	افزایش میزان آلایندگی پساب و تخطی پارامترهای کیفی BOD,) (COD, TSS از استانداردهای زیست‌محیطی	انتقال پساب از طریق کانال خاکی و احتمال سرریز پساب تصفیه نشده شهرک‌های صنعتی یا روستاهای مجاور و ایجاد بوی نامطبوع (آلودگی هوا) و خاک	۴	۴	۵	۸۰	H	تکمیل اجرای خط انتقال پساب تصفیه‌خانه فاضلاب
واحد هوادهی لاگون‌ها (بلوئرهای هوا)	بی‌هوازی شدن محتویات لاگون هواده	انتشار بوی نامطبوع و بالا رفتن بار آلی پساب و خارج شدن پارامترهای کیفی از معیارهای زیست محیطی	نقص فنی بلوئرهای هوادهی	۵	۳	۳	۴۵	H	تعبیه دستگاه رزرو و انجام تعمیر و نگهداری براساس برنامه PM



شکل ۳- ریسک‌های ایمنی و بهداشت به تفکیک RPN



شکل ۴- ریسک‌های زیست‌محیطی به تفکیک RPN

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله به‌منظور شناسائی و ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی مدول یک تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه از تکنیک FMEA استفاده شد. ازجمله مزایای روش ارزیابی FMEA می‌توان به‌موارد ذیل اشاره نمود (عزیزی، ۱۳۹۶):

- تکنیک FMEA به‌عنوان یک‌روش پیشگیری از خطرات است؛
- این تکنیک برای کلیه صنایع به‌خصوص صنایع فرایندی مناسب است؛
- این تکنیک شیوه‌ای مطمئن برای پیش‌بینی مشکلات و تشخیص موثرترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌حل پیشگیرانه است.

برای ارزیابی ریسک با روش مذکور، ضمن مصاحبه با پرسنل و کارشناسان آشنا به فرایند تصفیه فاضلاب، اقدام به شناسائی فعالیت‌ها و فرایندهای مختلف تصفیه فاضلاب و جنبه‌های خطر شد. در مجموع ۲۷ جنبه ایمنی و بهداشت و زیست‌محیطی شناسائی و با استفاده از روش FMEA مورد ارزیابی قرارگرفت. پس از ارزیابی ریسک، ریسک‌های با شدت بالا مشخص و نسبت به اولویت‌بندی آن‌ها و ارائه اقدامات اصلاحی و کنترلی مناسب اقدام شد.

نتایج ارزیابی نشان داد بالاترین عدد ریسک ایمنی و بهداشت مربوط به نشت گاز کلر واحد گندزدایی تصفیه‌خانه فاضلاب ارومیه است که در این مقاله اقدامات اصلاحی و کنترلی مناسب از جمله کاهش تعداد سیلندرهای پر و نگهداری تعداد مورد نیاز در واحد، آزمایش و اطمینان از سالم بودن سنسورهای تشخیص گاز کلر و آلارم آن، تهیه لوازم حفاظت فردی مخصوص گاز کلر، افزایش مهارت و آموزش پرسنل برای اطفای نشت گاز کلر، سرویس‌های دوره‌ای و آماده به‌کار نمودن دستگاه اسکرابرو و درصورت لزوم افزایش ظرفیت آن برای مقابله و جلوگیری از بروز ریسک پیشنهاد شده که تعدادی از آن‌ها انجام شده است.

بالاترین عدد ریسک زیست محیطی نیز مربوط به آلودگی زیست محیطی (هوا و خاک) ناشی از انتقال پساب خروجی تصفیه‌خانه از طریق کانال روباز به دریاچه ارومیه است و این امر به‌دلیل احتمال سرریز پساب تصفیه نشده شهرک صنعتی و فاضلاب روستاهای مجاور به کانال مذکور تست که در حال‌حاضر شرکت نسبت به اجرای خط انتقال اقدام نموده است.

۶- پی‌نوشت‌ها

1- Environmental Failure Mode and Effect Analysis
2- Occurrence
3- Severity
4- Detect

۷- مراجع

تابش، م.، بدلی باوانی، ا.، عسگریان، م.، و روزبهانی، ع.، (۱۳۹۳)، "تدوین الگوریتمی برای تحلیل و مدیریت ریسک تصفیه‌خانه فاضلاب"، *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۰(۳)، ۵۳-۶۵.

شانکی باورساد، م.، احمدی مقدم، م.، و ریاحی خرم، م.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی و مدیریت ریسک‌های زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی تصفیه‌خانه‌های آب اهواز"، *اولین همایش ملی محیط‌زیست*، دانشگاه پیام نور، ۱ خرداد، اصفهان.

طاهریان، م.، بهرامی، م.، و مرادی نژاد، ص.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی اطمینان‌پذیری تصفیه‌خانه فاضلاب با استفاده از آنالیز درخت خطا"، *تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۰(۲)، ۱-۱۱.

عزیزی، آ.، پورخباز، ح.ر.، و جوانمردی، س.، (۱۳۹۶)، "ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری با کاربرد روش FMEA"، *سومین کنفرانس سالانه بین المللی عمران، معماری و شهرسازی*، شیراز.

معروفی‌نیا، ا.، رضائی، ح.، قادری، س.ج.، و عصمت ساعتلو، س.م.، (۱۳۹۰)، "معرفی بیولاک روشی کارا در تصفیه فاضلاب با نگاهی بر تصفیه فاضلاب شهر ارومیه"، *اولین کنفرانس ملی عمران و توسعه*، تهران.