ارزیابی خطر نشت گاز کلر در ایستگاههای کلرزنی سیستم آب آشامیدنی شهر تهران با روش تجزیه تحلیل درخت خطا

جواد عدل*[۱]، ایرج محمد فام، زینب السادات نظام الدینی*****

چکیده

هدف: گاز کلر یکی از مواد شیمیائی خطرناک است که یکی از مصارف عمده آن استفاده به عنوان تصفیه کننده آبهای آشامیدنی است. در کلان شهر تهران عواملی نظیر تعداد زیاد ایستگاههای کلرزنی، پراکنده بودن آنها در سطح شهر، تراکم جمعیت در اطراف این ایستگاهها، پیوسته و بدون وقفه بودن عملیات کلرزنی در طول شبانه روز به همراه عواملی نظیر کم اطلاعی سازمانهای امداد و درمان از چگونگی انتشار گاز کلر، نحوه مقابله با آن ، درمان افراد در معرض قرار گرفته، باعث شده که ایستگاههای کلرزنی به یکی از کانونهای خطرناک تبدیل شوند. هدف تحقیق حاضر ارزیابی میزان خطر نشت گاز کلر در ایستگاههای کلرزنی سیستم آب آشامیدنی شهر تهران می باشد.

روش بررسی: در اجرای این پژوهش ایستگاههای کلرزنی بر اساس داشتن یا نداشتن حداقل امکانات مورد نیاز به دو دسته مطلوب و نامطلوب تقسیم شدند. پس از آشنایی کامل با سیستم کلرزنی در هر دو دسته ایستگاههای مورد مطالعه، با استفاده از توانمندیهای تکنیک آنالیز درخت خطا مهمترین عوامل موثر در بروز حادثه نشت کلر شناسایی و سپس نحوه ترکیب و همچنین ارتباط آنها در قالب رویدادهای پایانی، میانی و دروازه‌های "و" و "یا" تعیین شد. با آنالیز کیفی و کمی درخت خطای این حادثه، مهمترین علل بروز آن تعیین و همچنین احتمال وقوع رویداد اصلی در طول یک سال محاسبه گردید.

یافته ها: مهمترین علل وقوع حادثه نشت کلر پایین بودن سطح مهارت کارکنان که خود از عدم برگزاری دوره های آموزشی مناسب برای پرسنل درگیر ناشی می‌شود، فشار و بار کاری زیاد روی پرسنل، عدم وجود دستورالعمل و قوانین مدون و یکپارچه در ایستگاههای کلرزنی و وجود اشکال و نارسایی در طراحی خود ایستگاهها بودند. احتمال وقوع حادثه۲۱ بار در سال محاسبه شد که رقم نسبتاً بالایی می باشد.

نتیجه گیری:بوسیله اصلاح ایرادهای اساسی ایستگاهها و یا طراحی این ایستگاهها بر مبنای استاندارد، احتمال وقوع حادثه به مراتب و به صورت چشمگیری کاهش می یابد.

کلید واژه گان: ایمنی، آنالیز درخت خطا، گاز کل ر، ایستگاههای کلرزنی

*دانشیار، بهداشت حرفه ای، عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

** استادیار، مدیریت محیط زیست، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی همدان

***کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۱- نویسنده مسؤل

دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۲/۲۵ دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۸۶/۴/۲۳ اعلام قبولی: ۱۳۸۶/۷/۱۷

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

جوامع امروز بشری برای تامین احتیاجات زندگی ناچار به مصرف مواد و تولیدات صنعتی بوده و ناگزیر بسوی استفاده از فن آوریها، مواد و انرژیهای جدید پیش می رود. توسعه فزاینده علوم و تکنولوژی به همراه کشف و کاربرد انوع ترکیبات شیمیایی مختلف، درعین اینکه بسیاری از نیازهای بشری را تامین نموده ، عوارض ناخواسته و پیامدهای مصیبت باری نیز بدنبال داشته است که در نهایت به تخریب منابع اقتصادی، انسانی و زیست محیطی در قالب حوادثی چون انفجار ، آتش سوزی ، نشت و پراکندگی مواد سمی و ... منجر شده است. برای مثال حوادثی نظیر Pasadena، Fllixborough و بوپال هندوستان نمونه های قابل توجهی در این زمینه می باشند. بررسی حوادث شیمیایی در شهرهای بزرگ و صنعتی نشان می دهد که گاز کلر بعلت استفاده گسترده و فراوان، تاریخچه طولانی از نظر ایجاد حوادث بزرگ داشته است. این ماده یکی ازمواد شیمیایی بسیار مهم و پرمصرف در صنعت می باشد و به همین دلیل سلامتی تعداد زیادی از افراد شاغل در صنایع را تهدید می کند. در ایران هزاران نفر در کارخانه های تولید کلر و صنایعی که به نحوی از کلر استفاده می کنند مانند نساجی، کاغذسازی، پتروشیمی و تصفیه آب در خطر مواجهه با کلر هستند[۱]. تماس با این گاز در غلظت ppm ۲۱-۱۴ به مدت نیم تا یکساعت خطرناک بوده و غلظت معادل ppm ۱۰۰ را بیش از یک دقیقه نمی توان تحمل کرد[۲]. در شرایط عادی اگر ۱۰ تن کلر در هوا منتشر شود در محدوده ۲ کیلومتری از منبع غلظتی برابرppm ۱۴۰ و در محدوده ۵ کیلومتری غلظتی در حدودppm ۱۵ ایجاد خواهد کرد که با توجه به استفاده از کلر در مناطق شهری و تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ عمق فاجعه بوضوح روشن است [۴]. حادثه نشت گاز کلر از سیلندر ۵۰ تنی در شهر آستارا در هنگام حمل و نقل سیلندرکه باعث مرگ چندین نفر و مصدوم شدن ۲۰۰ نفر گردید و همچنین حادثه نشت گاز کلر در آذرماه ۱۳۸۰ در یکی از ایستگاههای تصفیه آب شهر تهران که منجر به فوت ۲ تن و صدمه دیدن حدود ۵۰ نفر شد از جمله حوادث رخ داده درارتباط با کلر بشمار می روند. توجه به تعداد زیاد ایستگاههای کلرزنی در سیستم آب آشامیدنی تهران(حدود ۲۴ ایستگاه) و پراکنده بودن آنها در سطح شهر، تراکم جمعیت در اطراف آنها، پیوسته و بدون وقفه بودن عملیات کلرزنی در طول شبانه روز، به همراه کم اطلاعی سازمانها و ارگانهای امداد ، نجات و درمان از چگونگی انتشار گاز کلر، نحوه مقابله با آن و درمان افراد در معرض قرار گرفته و ... اهمیت خطر نشت کلر در این ایستگاهها را بخوبی نشان می دهد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی بوده و در ایستگاههای کلرزنی شهر تهران انجام شد. جمع آوری داده های لازم با استفاده از روش Walking – Talking – Through، بصورت مشاهده، مصاحبه و بررسی مستندات صورت گرفته است.

با انجام بازدیدهای اولیه از ایستگاههای مورد مطالعه، مشخص شد که سیستم کلرزنی در تمامی این ایستگاهها یکسان می باشد. تنها تفاوتی که بین این ایستگاهها وجود داشت مدرن بودن برخی از آنها نسبت به سایرین است. بدبن معنی که تعدادی از ایستگاهها فاقد سیستم گرمایشی و سرمایشی بوده و همچنین اتاقهای این ایستگاهها ابعاد بسیار کوچکی داشته و فضای کافی برای انجام وظایف کاری در این ایستگاهها موجود نبود و بقیه ایستگاهها مشکلات مزبور را نداشتند. بنابراین کلیه ۲۴ ایستگاه کلرزنی در دو دسته مطلوب که دارای: ۱ ـ سیستم گرمایشی و سرمایشی و ۲ ـ فضای کافی برای انجام وظایف عادی کاری بودند و ایستگاههای نامطلوب که دو مورد فوق الذکر را نداشتند، تقسیم بندی شدند. پس از

Archive of SID
www.SID.ir

آشنایی کامل با سیستم کلرزنی در هر دو دسته از ایستگاههای مورد مطالعه با استفاده از توانمندیهای تکنیک آنالیز درخت خطا، مهمترین عوامل موثر در بروز حادثه یاد شده شناسایی گردیدند. این تکنیک یک مدل منطقی سمبولی به شکل درختی است که از بالا به پایین تولید شده و رویدادهای خطرناک را نشان می دهد. مدل مزبور مسیر خطرها را از یک رویداد یا شرایط نامطلوب و از پیش شناسایی شده به نام رویداد اصلی تا رسیدن به خطرها یا عیوبی که می توانند به عنوان عامل سببی عمل کنند(رویدادهای پایانی) دنبال می کند. شناخت رویدادهای پایانی و دسترسی به احتمال وقوع آنها این امکان را فراهم می سازد که تکنیک مزبور هم به صورت کیفی و هم بصورت کمی انجام شود.

با مشخص شدن احتمال وقوع رویدادهای پایانی (شامل خطاهای انسانی، مدیریتی، نقایص سخت افزاری و اشکالات موجود در طراحی)، امکان تجزیه و تحلیل کمی درخت خطا میسر شد. با رده بندی رویدادهای پایانی بر حسب نقش آنها در بروز رویداد اصلی، کوچکترین و در عین حال مهمترین ترکیبهایی از رویدادهای پایانی که برای وقوع رویداد اصلی لازم و کافی می باشند (برشهای حداقل) مشخص شدند. در نهایت با محاسبه احتمال وقوع رویدادهای میانی، احتمال وقوع رویداد اصلی در یکسال محاسبه گردید.

در این مطالعه نرخ نقایص یا شکستهای سخت افزاری از طریق تجزیه و تحلیل اطلاعات ثبت شده ازسال۱۳۷۶ تا۱۳۸۱ که درسازمان آب موجود بود تعیین شد. احتمال وقوع خطاهای انسانی نیز اغلب بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط بانک داده های خطای انسانی کیروان(۱۹۹۴) و احتمال نقصها و اشکالات طراحی و خطاهای مدیریتی نیز بر اساس بازدیدهای متعددی که از ایستگاههای مختلف کلرزنی در سطح شهر بعمل آمد، برآورد گردید.

یافته ها

درخت خطای اجرا شده وسعت زیادی داشت(۵۴ صفحه A4) که ارائه آن بطور کامل در حجم یک مقاله امکان پذیر نمی باشد، لذا بعنوان نمونه یکی از برشهای حداقل موجود استخراج و در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

درخت خطای رویداد اصلی نشت گاز کلر در ایستگاه کلرزنی دارای ۱۲۲۴ رویداد پایانی می باشد. با توجه به ماهیت این رویدادها ۴ دسته خطاهای انسانی،خطاهای مدیریتی، اشکالات و نقصهای طراحی و نقایص سخت افزاری برای دسته بندی آنها در نظر گرفته شد که نرخ سالیانه وقوع هر دسته در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول۱: توزیع فراوانی رویدادهای پایانی درخت خطا

ردیف	نوع خطا	فراوانی(سال)	درصد
۱	خطای انسانی	۵۳۲	۴۳/۴۶
۲	خطای مدیریتی	۳۸۷	۳۱/۶۱
۳	اشکال درطراحی	۲۹۵	۲۴/۱
۴	نقص سخت افزاری	۱۰	۰/۸۱۶

جدول ۲ رتبه بندی کلیه رویدادهای پایانی درخت خطا را با توجه به فراوانی تکرار سالیانه آنها نشان می دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲: رتبه بندی رویدادهای پایانی درخت خطا با توجه به فراوانی تکرار سالیانه آنها

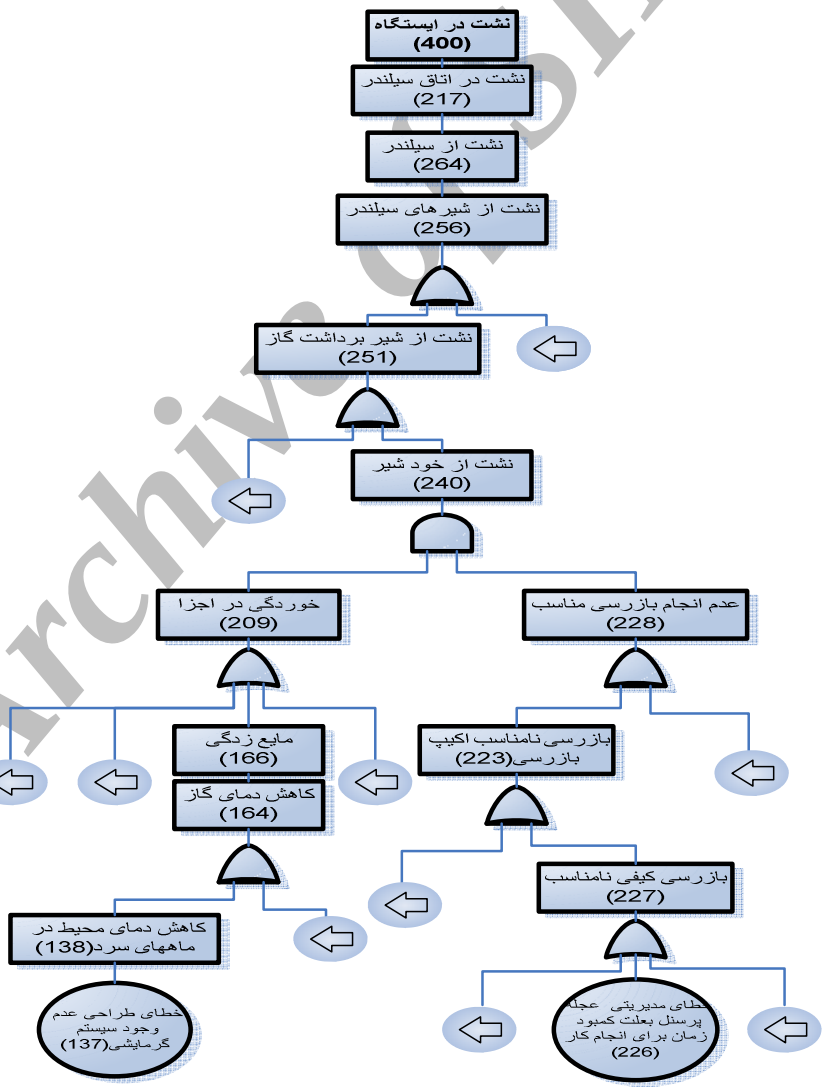
ردیف	رویداد پایانی	دسته مربوطه	فراوانی (سال)	درصد در دسته مربوطه
۱	عدم دریافت آموزش مناسب	خطای مدیریتی	۲۳۹	۶۱/۷۵
۲	انجام کار به شکل اشتباه	خطای انسانی	۲۵۰	۴۶/۹۹
۳	بی توجهی و بی مسئولیتی افراد	خطای انسانی	۱۴۹	۲۸
۴	فراموشی وبی دقتی افراد	خطای انسانی	۹۹	۱۸/۶
۵	طراحی نامناسب ایستگاه	نقص یا اشکال در طراحی	۸۳	۲۸/۱
۶	عجله زیاد در کار به علت کمبود زمان	خطای مدیریتی	۵۳	۱۳/۶۹
۷	عدم تخصیص بودجه	خطای مدیریتی	۵۲	۱۳/۴۳
۸	افزایش بار کاری زیاد	خطای مدیریتی	۴۳	۱۱/۱۱
۹	عدم وجود سیستم گرمایشی مناسب	نقص یا اشکال در طراحی	۳۸	۱۲/۸۸
۱۰	عدم وجود سیتم سرمایشی مناسب	نقص یا اشکال در طراحی	۳۶	۱۲/۲۰
۱۱	نامناسب بودن مکان بخاری	نقص یا اشکال در طراحی	۳۶	۱۲/۲۰
۱۲	عدم نصب ثابت بخاری	نقص یا اشکال در طراحی	۳۶	۱۲/۲۰
۱۳	بی تجربه بودن افراد	خطای انسانی	۳۴	۶/۳۹
۱۴	طراحی نامناسب تجهیزات	نقص یا اشکال در طراحی	۳۳	۱۱/۱۸
۱۵	خوانا نبودن تاریخ تست	نقص یا اشکال در طراحی	۳۳	۱۱/۱۸
۱۶	نقص فنی جراثقال	نقص سخت افزاری	۱۰	۱۰۰

بر اساس نتایج حاصله از آنالیز درخت خطا مشخص گردید که برای وقوع حادثه نشت گاز کلر در ایستگاههای کلرزنی ۲۰۸۳ راه با احتمال مختلف وجود دارد(برشهای حداقل) که ۳۷۰ عدد از این برشهای حداقل تنها در ایستگاههای نامطلوب امکان وقوع می یابند. شکل ۱ یکی از این برشهای حداقل را نشان می دهد. با داشتن احتمال وقوع رویدادهای پایانی و با استفاده از منطقهای ارتباطی در درخت خطا احتمال وقوع رویدادهای میانی محاسبه گردید و نهایتاً احتمال وقوع حادثه نشت گاز کلر در ایستگاههای کلرزنی سیستم آبرسانی بدست آمد. حادثه نشت احتمال وقوع سالیانه در ایستگاههای نامطلوب ۲۱ بار و در ایستگاههای مطلوب ۱۰ بار بود. احتمال وقوع برخی از رویدادهای میانی به تفکیک نوع ایستگاه در جدول شماره ۳ آمده است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳: مقایسه ایستگاههای مطلوب و نامطلوب از روی احتمال وقوع سالیانه رویدادهای میانی و رویداد اصلی نشت گاز کلر در ایستگاه

خطر	ایستگاه نامطلوب	ایستگاه مطلوب
ترکیدن سیلندر	$۶/۳۸\times۱۰^{-۱}$	$۱/۴\times۱۰^{-۶}$
نشت از سیلندر	$۳۲/۵\times۱۰^{-۱}$	$۲۰/۴\times۱۰^{-۱}$
نشت از لوله ها و اتصالات در اتاق سیلندر	$۳۹/۳۲\times۱۰^{-۱}$	$۱۸/۹۶\times۱۰^{-۱}$
نشت از تجهیزات کمکی در اتاق سیلندر	$۹/۱۳\times۱۰^{-۱}$	$۴/۳۲\times۱۰^{-۱}$
نشت در اتاق سیلندر	$۸۷/۳\times۱۰^{-۱}$	$۴۳/۶۸\times۱۰^{-۱}$
نشت از تجهیزات اصلی در اتاق کلریناتور	$۰/۴\times۱۰^{-۱}$	$۰/۲\times۱۰^{-۱}$
نشت از تجهیزات کمکی در اتاق کلریناتور	$۲۱/۲۵\times۱۰^{-۱}$	$۱۰/۰۴\times۱۰^{-۱}$
نشت از لوله ها و اتصالات در اتاق کلریناتور	$۶۳/۷\times۱۰^{-۱}$	$۲۹/۹\times۱۰^{-۱}$
نشت در اتاق کلریناتور	$۱۲۴/۹۵\times۱۰^{-۱}$	$۵۹/۹۴\times۱۰^{-۱}$
نشت کلر در ایستگاه	$۲۱۲/۲۵\times۱۰^{-۱}$	$۱۰۳/۶۲\times۱۰^{-۱}$



شکل ۱: یک برش حداقل که از درخت خطای اجرا شده استخراج گردیده است.

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

بررسی درخت خطای اجرا شده نشان می دهد که:
بالاترین درصد رویدادهای پایانی در درخت خطا را خطاهای انسانی با میزان ۴۳/۴۶درصد به خود اختصاص می دهند و خطاهای مدیریتی، اشکالات یا نقائص طراحی و نقصهای سخت افزاری رتبه های دوم تا چهارم رویدادهای پایانی را دارا می باشند.(جدول شماره ۱)
در مطالعاتی که توسط HORTON DK و همکارانش طی سالهای ۲۰۰۰ – ۱۹۹۳ نیز صورت گرفت، از خطای انسانی و همچنین نقص دستگاهی به عنوان بیشترین فاکتورهای ایجاد کننده حادثه نامبرده شده است.[۶]
انجام کار به شکل اشتباه با میزان ۴۶/۹۹درصد بالاترین درصد را در بین خطاهای انسانی دارا می باشد و پس از آن بی توجهی و بی مسئولیتی، فراموشی و بی دقتی وبی تجربه بودن افراد به ترتیب با مقادیر ۲۸درصد ، ۱۸/۶درصد و ۶/۳۹درصد قرار دارند.(جدول شماره ۲)
در بین خطاهای مدیریتی عدم ارائه اموزش مناسب با ۶۱/۷۵درصد بالاترین میزان خطاهای مدیریتی را به خود اختصاص داده است. عجله زیاد در کار به علت کمبود زمان، عدم تخصیص بودجه و افزایش بار کاری زیاد پرسنل، خطاهای مدیریتی ای هستند که در رده های بعدی قرار می گیرند.(جدول شماره ۲)
محاسبه احتمال نشت گاز کلر در ایستگاه نشان می دهد که احتمال نشت در اتاق کلریناتور بیشتر از احتمال نشت در اتاق سیلندراست (جدول شماره ۳). این نشان دهنده این معنا نیست که اهمیت نشت در اتاق کلریناتور نسبت به اتاق سیلندر بیشتر است. چرا که نشت از سیلندرکه منبع اصلی کلر است بسیار خطرناکتر از نشت از کلریناتور یا سایر تجهیزات بوده و کنترل آن در بعضی مواقع غیر ممکن است. به عبارت دیگر هرچند احتمال نشت در اتاق سیلندر پایین تر از اتاق کلریناتور است، ولی بنظر می رسد پیامد این حادثه در اتاق سیلندر به مراتب بیشتر است.

نیاز به توضیح نیست که در یک سیستم همیشه میزان نشتی از اتصالات بیش از سایر تجهیزات است. احتمالات ارائه شده در جدول شماره ۳ نیز نشان می دهد که بالاترین میزان نشت در هر دو اتاق به لوله ها و اتصالات اختصاص دارد.
بررسی مهمترین برشهای حداقل در درخت خطا نشان داد که:
عدم دریافت آموزش مناسب در بروز حادثه نقش بسیار مهمی را ایفا کرده است بطوریکه ۳ برش حداقل با رویداد پایانی " خوانده نشدن تاریخ تست سیلندر بدلیل اعتقاد نداشتن افراد اکیپ به این کار" که می تواند از عدم دریافت آموزش مناسب ناشی شده باشد، بالاترین نرخ یعنی 2.5×10^{-1} را به خود اختصاص داده است. عدم دریافت آموزش مناسب خطایی است که بیشترین درصد را در بین خطاهای مدیریتی به خود اختصاص داده است. و از میان مواردی که پرسنل نیاز دارند در مورد آنها آموزش دریافت کنند، مساله اعتقاد داشتن به تاریخ تست سیلندرها دارای اهمیت بیشتری است چرا که بیشترین تعداد تکرار در درخت را دارد .
در بسیاری از برشهای حداقل دارای رتبه بالا یک خطای انسانی وجود دارد که مربوط به اپراتور ایستگاه است. وی به علت ترس از گاز کلر تمرکز نداشته و عملاً دست و پای خود را گم می کند .همچنین در این زمینه آموزشهای لازم را دریافت نکرده است . درنتیجه نمی تواند مکان نشت را به خوبی تشخیص دهد. احتمال خطا در چنین حالتی 3×10^{-1} در نظر گرفته شده و لذا مقادیر بدست آمده احتمال در برشهایی که این خطا رویداد پایانی بخشی از آن برش است، مقادیر بالایی است. در برخی مراجع آمده است که در شرایط پراسترس وهمچنین در شرایطی که اپراتور برای انجام کار محدودیت زیادی از نظر زمانی دارد، احتمال وقوع خطاهای انسانی ۵۰درصد افزایش پیدا می کند[۵]

Archive of SID
www.SID.ir

با رده بندی برشها براساس میزان احتمال نشت و تعیین مهمترین برشهای حداقل نتیجه گیری شد که عدم دریافت آموزش مناسب، اشتباه اپراتور در تشخیص مکان نشت، انجام نشدن تستهای سیلندر و مناسب نبودن مکان نصب بخاری در ایستگاه، رویدادهای پایانی برشهای حداقلی هستند که رتبه های اول تا چهارم احتمال نشت را به خود اختصاص داده اند. جالب توجه است که در پژوهشی در سال ۱۳۷۶ نه تنها بالاترین احتمال در برشهای حداقل مربوط به برشهایی با رویداد پایانی از نوع نقایص سخت افزاری بود، بلکه ۷ رتبه برتر برشها، دارای رویداد پایانی از جنس نقایص سخت افزاری بودند[۳]. علت تفاوت در نتایج می تواند این باشد که در فرایند کلرزنی آب در ایستگاهها، اغلب تاسیسات و دستگاهها زمانی دچار نقص می شوند که در آنها خوردگی بوجود آید و علل ایجاد خوردگی در سیستم نیز مختلف بوده و می تواند در نهایت خطای انسانی، مدیریتی و یا اشکالات طراحی قلمداد شود. اگر رویدادهای میانی ایجاد خوردگی در سیستم به عنوان رویداد پایانی قلمداد می شدند تعداد نقصهای سخت افزاری به جای ۱۰ عدد(جدول ۲) به ۴۴ عدد افزایش می یافت. در مطالعات وسیعی که توسط دپارتمان انرژی آمریکا در سال ۱۹۹۶ در زمینه مدیریت ایمنی فرایند و به منظور ارزیابی بخشهای مختلف سیستمهای کلرزنی انجام شد نیز عدم دریافت اموزش مناسب، رویداد پایانی برشهای حداقل دارای بالاترین رتبه بوده و اموزش کافی پرسنل به عنوان یکی از مهمترین راه حلهای پیشنهادی ارائه شده است. [۷]

از میان برشهای حداقل ۳۷۰ عدد مختص ایستگاههای نامطلوب بودند. از طرف دیگر احتمال نشت در ایستگاههای نامطلوب نزدیک به ایستگاههای مطلوب است(جدول ۳). بنابر این با توجه به وجه تمایزهای ایستگاههای مطلوب و نامطلوب، می‌توان گفت که اگر ایستگاههای کلرزنی فضای کافی برای تعویض و نگاهداری سیلندرها داشته و در عین حال مجهز به سیستمهای سرمایشی و گرمایشی مناسب باشند احتمال نشت گاز کلر ۵۰ درصد کاهش خواهد یافت.

در مقایسه ایستگاههای مطلوب و نامطلوب معلوم گردید که خطر ترکیدن سیلندر دارای احتمال وقوع ۱/۵ بار در سال _ یکبار در هر ۷ ماه _ می باشد که عدد نسبتاً بالایی است و باید در اولویتهای بالا برای کنترل قرار گیرد. با توجه به رویدادهای پایانی موجود در زیر شاخه های این رویدادمیانی، عمده نکاتی که برای کنترل این خطر باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از: نقص فنی جراثقال، کم بودن فضای اتاق، عدم وجود سیستم خنک کننده، مناسب نبودن مکان نصب بخاری، مسقف نبودن ایستگاه و تابش آفتاب بر روی تاسیسات، عدم وجود فضای مخصوص برای سیلندرهای یدک.

نتیجه‌گیری

عدم ارائه آموزش مناسب برای کادر مشغول در ایستگاههای کلرزنی مهمترین علت برای حادثه نشت گاز کلر می باشد. آموزش ناکافی موجبات خطاهای مختلف را فراهم می سازد.

توجه به انواع نقصهای موجود در طراحی نشان می دهد که عمده ترین این نقصها مختص به ایستگاههای نامطلوب بوده و چنانچه در ایستگاههای نامطلوب اصلاحاتی صورت گرفته و این ایستگاهها در حد ایستگاههای مطلوب به حساب آیند، علاوه بر اینکه این نقصها حذف خواهند شد، بسیاری دیگر از نقصها که جزء نقصهای طراحی محسوب نمی شوند نیز خود بخود حذف می شوند.

پیشنهادات

با شناسایی کوچکترین و در عین حال مهمترین ترکیبهایی از رویدادهای پایانی که برای وقوع رویداد اصلی لازم و کافی باشند(برشهای حداقل) و محاسبه احتمال وقوع آنها، بر وجود نقاط ضعف متعدد در سیستم مورد مطالعه تاکید

Archive of SID
www.SID.ir

شد و بر اساس رتبه بندی برشهای حداقل بدست آمده، پیشنهادات اصلاحی ارائه گردید. برگزاری دوره های آموزشی ویژه برای اپراتورهای ایستگاه، اکیپ های بازرسی و مدیران واحدها، ایجاد نظام نوبت کاری مناسب برای اکیپهای بازرسی در قالب ۲ یا۳ شیفت کاری، افزایش تعداد اکیپهای بازرسی از ایستگاهها، تهیه و تدوین دستورالعملهای انجام کار به شیوه صحیح به صورت مکتوب برای اپراتورها و اکیپهای بازرسی و همچنین نظارت کامل بر اجرای دقیق آنها، طراحی و ساخت ایستگاههای جدید بر اساس استانداردهای مربوطه و نصب سیستم گرمایشی و سرمایشی مناسب در ایستگاههای موجود بخشی از پیشنهادات ارائه شده برای کاهش احتمال وقوع حادثه نشت گاز کلر و همچنین به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن می باشد.

منابع

۱- مولوی علی. ارزیابی میزان کلر در یک کارخانه کلر آلکالی و اثرات تنفسی آن. پایان نامه کارشناسی ارشد MSPH. دانشگاه تربیت مدرس؛۱۳۷۹.

۲- ثنایی غ ح. سم شناسی صنعتی. جلد دوم. تهران: دانشگاه تهران؛۱۳۷۶.

۳- محمدفام الف. ارزیابی خطر انفجار الکتروفیلتر کوره سیمان کارخانه سیمان تهران به روش FTA. پایان نامه کارشناسی ارشد MSPH. دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۷۶.

4- Redmill F, Chudleigh M, Catmur J. System Safety: HAZOP and Softwere HAZOP.

5- Bill Mostia PE. The role of human in Control system errors. Part 2. Control Magazine 2003 June 24;

6-Horton DK, Berkowitz Z, Kaye WE. Adverse public health consequences from acute chlorin releases. Available at:Http://apha.confex.com/apha/130am/techprogram/paper-43537.htm. Accessed Nov 17,2002.

7-US. Department of Energy. DOE Handbook, Chemical products Hazard Analysis. Available at:www.tis.eh.doe.gov/web/chem_safety/.Accessed 1996.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

جوامع امروز بشری برای تامین احتیاجات زندگی ناچار به مصرف مواد و تولیدات صنعتی بوده و ناگزیر بسوی استفاده از فن آوریها، مواد و انرژیهای جدید پیش می رود. توسعه فزاینده علوم و تکنولوژی به همراه کشف و کاربرد انوع ترکیبات شیمیایی مختلف، درعین اینکه بسیاری از نیازهای بشری را تامین نموده ، عوارض ناخواسته و پیامدهای مصیبت باری نیز بدنبال داشته است که در نهایت به تخریب منابع اقتصادی، انسانی و زیست محیطی در قالب حوادثی چون انفجار ، آتش سوزی ، نشت و پراکندگی مواد سمی و ... منجر شده است. برای مثال حوادثی نظیر Pasadena، Fllixborough و بوپال هندوستان نمونه های قابل توجهی در این زمینه می باشند. بررسی حوادث شیمیایی در شهرهای بزرگ و صنعتی نشان می دهد که گاز کلر بعلت استفاده گسترده و فراوان، تاریخچه طولانی از نظر ایجاد حوادث بزرگ داشته است. این ماده یکی ازمواد شیمیایی بسیار مهم و پرمصرف در صنعت می باشد و به همین دلیل سلامتی تعداد زیادی از افراد شاغل در صنایع را تهدید می کند. در ایران هزاران نفر در کارخانه های تولید کلر و صنایعی که به نحوی از کلر استفاده می کنند مانند نساجی، کاغذسازی، پتروشیمی و تصفیه آب در خطر مواجهه با کلر هستند[۱]. تماس با این گاز در غلظت ppm ۲۱-۱۴ به مدت نیم تا یکساعت خطرناک بوده و غلظت معادل ppm ۱۰۰ را بیش از یک دقیقه نمی توان تحمل کرد[۲]. در شرایط عادی اگر ۱۰ تن کلر در هوا منتشر شود در محدوده ۲ کیلومتری از منبع غلظتی برابرppm ۱۴۰ و در محدوده ۵ کیلومتری غلظتی در حدودppm ۱۵ ایجاد خواهد کرد که با توجه به استفاده از کلر در مناطق شهری و تراکم جمعیت در شهرهای بزرگ عمق فاجعه بوضوح روشن است [۴]. حادثه نشت گاز کلر از سیلندر ۵۰ تنی در شهر آستارا در هنگام حمل و نقل سیلندرکه باعث مرگ چندین نفر و مصدوم شدن ۲۰۰ نفر گردید و همچنین حادثه نشت گاز کلر در آذرماه ۱۳۸۰ در یکی از ایستگاههای تصفیه آب شهر تهران که منجر به فوت ۲ تن و صدمه دیدن حدود ۵۰ نفر شد از جمله حوادث رخ داده درارتباط با کلر بشمار می روند. توجه به تعداد زیاد ایستگاههای کلرزنی در سیستم آب آشامیدنی تهران(حدود ۲۴ ایستگاه) و پراکنده بودن آنها در سطح شهر، تراکم جمعیت در اطراف آنها، پیوسته و بدون وقفه بودن عملیات کلرزنی در طول شبانه روز، به همراه کم اطلاعی سازمانها و ارگانهای امداد ، نجات و درمان از چگونگی انتشار گاز کلر، نحوه مقابله با آن و درمان افراد در معرض قرار گرفته و ... اهمیت خطر نشت کلر در این ایستگاهها را بخوبی نشان می دهد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی بوده و در ایستگاههای کلرزنی شهر تهران انجام شد. جمع آوری داده های لازم با استفاده از روش Walking – Talking – Through، بصورت مشاهده، مصاحبه و بررسی مستندات صورت گرفته است.

با انجام بازدیدهای اولیه از ایستگاههای مورد مطالعه، مشخص شد که سیستم کلرزنی در تمامی این ایستگاهها یکسان می باشد. تنها تفاوتی که بین این ایستگاهها وجود داشت مدرن بودن برخی از آنها نسبت به سایرین است. بدبن معنی که تعدادی از ایستگاهها فاقد سیستم گرمایشی و سرمایشی بوده و همچنین اتاقهای این ایستگاهها ابعاد بسیار کوچکی داشته و فضای کافی برای انجام وظایف کاری در این ایستگاهها موجود نبود و بقیه ایستگاهها مشکلات مزبور را نداشتند. بنابراین کلیه ۲۴ ایستگاه کلرزنی در دو دسته مطلوب که دارای: ۱ ـ سیستم گرمایشی و سرمایشی و ۲ ـ فضای کافی برای انجام وظایف عادی کاری بودند و ایستگاههای نامطلوب که دو مورد فوق الذکر را نداشتند، تقسیم بندی شدند. پس از

Archive of SID
www.SID.ir

آشـنایی کامـل بـا سیسـتم کلرزنـی در هـر دو دسـته از

Archive of SID

www.SID.ir