ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی با تأکید بر ریسک ابتلاء به سرطان خون در یک صنعت پتروشیمی

فریده گلبابایی[۱]، داود اسکندری[۲]، منصور رضازاده آذری[۳]، مهدی جهانگیری[۴]، عباس رحیمی[۵]، جمال الدین شاه طاهری[۶]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۷/۲۵ تاریخ ویرایش: ۹۰/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به این‌که کارکنان در صنایع پتروشیمی با آلاینده‌های مختلفی مواجهه یافته و در معرض خطرات جدی قرار می‌گیرند لذا نیاز به یک برنامه جامع ارزیابی ریسک برای تعیین مواد شیمیایی مخاطره‌آمیز تأثیرگذار بر روی سلامتی افراد مواجهه یافته و همچنین تعیین فرآیندها و وظایف پر مخاطره ضروری بنظر می‌رسد.

روش بررسی: این طرح تحقیقاتی بصورت مقطعی- موردی در ۳ مرحله انجام گردید. مرحله‌ی اوّل شامل شناسایی مواد مخاطره آمیز و تعیین ضریب ریسک مواد شیمیایی، مرحله‌ی دوّم شامل ارزیابی مواجهه با بنزن و مرحله‌ی سوّم شامل برآورد ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون ناشی از مواجهه با بنزن از طریق مطالعات اپیدمیولوژیک می‌باشد.

یافته‌ها: با توجّه به روش ارزیابی ریسک در کل شرکت پتروشیمی مورد مطالعه ۴۰ ماده‌ی شیمیایی شناسایی شد. بنزن بعنوان مخاطره‌آمیزترین ماده‌ی شیمیایی معرفی گردید. . نتایج مرحله‌ی دّوم نشان داد که افراد سایت من در شیفت ظهر و در سایت آروماتیک با میانگین مواجهه‌ی ۴/۲۹ پی پی ام دارای بیشترین مواجهه با بنزن می‌باشند. با توجه به نتایج مرحله‌ی برآورد ریسک نسبی ابتلا به لوسمی در مواجهه با بنزن، بیش‌ترین میزان ریسک نسبی در کارگران سایت من در واحد آروماتیک بدست آمد که با مواجهه‌ی تجمعی(Cumulative exposure) ۱۴۹/۴ پی پی‌ام- امسال (ppm- Years) داری ریسک نسبی برابر با ۳/۲ بودند. همچنین نتیجه‌ی آزمون آماری نشان داد که بین میزان مواجهه با بنزن و گروه‌های مختلف کاری ارتباط معنی‌داری وجود دارد (p<۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: بنزن با کسب ضریب ریسک ۵- ۴/۵ سطح ریسک ۵ را بدست آورد و بیانگر آن است که اقدامات اصلاحی در مورد این ماده‌ی شیمیایی بسیار مخاطره‌آمیز و سرطان‌زا باید هر چه زودتر آغاز گردد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی ریسک، بنزن، لوسمی.

مقدمه

آلاینده‌های شیمیایی محیط‌کار شامل گازها، بخارات و ذرات معلق جامد و مایع می‌باشند؛ هر یک از این مواد دارای خطرات خاص بوده و زیان حاصل از آن‌ها بسته به نوع ماده‌ی شیمیایی، راه ورود، طول مدت تماس و تراکم آن‌ها متفاوت می‌باشد. مواجهه‌ی بیش از حد مجاز با این مواد در محیط‌کار می‌تواند سبب مسمومیت‌ها و بیماری‌های مختلفی گردد[۲،۱]. در پنجاه سال گذشته تغییرات قابل توجهی در مواد شیمیایی، فرآیندها و نوع فعالیت‌ها در صنایع شیمیایی صورت گرفته است. تعداد کارخانجات تولید کننده‌ی مواد شیمیایی در بازار بشد ت افزایش یافته و هر سال نیز محصولات جدیدی تولید و وارد بازار می‌شود[۳]. به طبع، این امر سبب افزایش تعداد شاغلین در معرض مخاطرات مواجهه با این مواد شده است. برخی از این مواد ترکیبات جدید و مخلوط‌هایی هستند که خصوصیات سم‌شناسی آن‌ها قبلاً مطالعه نشده است و ممکن است برای انسان‌ها خطرناک باشند. در سال ۱۹۴۲ تعداد مواد شیمیایی شناسایی شده حدود

۱- (نویسنده مسئول) دکترای بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. fgolbabaei@yahoo.com
۲- مربی، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران.
۳. دکترای بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۴- استادیار بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
۵- دکترای آمار حیاتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

www.SID.ir

۶۰۰۰۰۰ و در سال ۱۹۴۷ حدود ۴ میلیون و در حال حاضر۱۸ میلیون می باشد[۳،۴] ، سالیانه ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ ماده‌ی شیمیایی جدید نیز به این تعداد اضافه می‌شود و این در حالی است که هر ساله ۱۰۰۰۰۰ ماده شیمیایی متفاوت تولید یا استفاده می‌شود که فقط برای ۱۰۰۰۰ نوع ماده‌ی شیمیایی اطلاعات سم‌شناسی تهیه و در دست است و از کل مواد شناسایی شده شیمیایی فقط ۱ درصد آن مصرف عمومی دارد. بعضی از آمارهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) گویای این واقعیت است که ۴ میلیون نفر در سطح جهان در صنایع شیمیایی مشغول به‌کار هستند به‌طوری که یک میلیون انسان سالانه در اثر تماس غیر ایمن با مواد شیمیایی دچار مرگ شده و یا از کار افتاده می‌گردند[۴].همچنین مواد شیمیایی زیادی وجود دارند که قبلاً به‌عنوان مواد بی‌خطر یا کم‌خطر برای انسان‌ها شناخته می‌شدند و بعداً به‌عنوان مواد سرطان‌زا(مانند آزبست) و یا بانی اختلالات تناسلی (مانند تالیدومید) معرفی شدند[۵]. در صنعت پتروشیمی که یکی از صنایع مهم در توسعه‌ی اقتصادی کشور محسوب می‌شود ، با انجام فرآیندهای متعدد فرآورده‌های نفتی و مواد اولیه مورد نیاز بسیاری از صنایع دیگر تولید می‌گردد. در نتیجه کارکنان با آلاینده‌های متنوع مواجهه یافته و در معرض خطرات جدی قرار می‌گیرند. لذا نیاز به یک برنامه‌ی جامع برای تعیین مواد شیمیایی مخاطره آمیز تأثیر گذار بر روی سلامتی افراد مورد مواجهه و همچنین تعیین فرآیندها و وظایف پر مخاطره بیش از پیش احساس می‌شود. ارزیابی ریسک مواد شیمیایی یکی از راهکارهای اصلی برای رسیدن به این مهم بوده و می‌تواند در تعیین اولویت‌ها آلاینده‌های مخاطره‌آمیز و همچنین تصمیم‌گیری در مورد راه‌های کنترلی مناسب کمک شایانی نماید[۳،۶]. در ارزیابی ریسک مواد شیمیایی، میزان ریسک برای استفاده‌کننده‌گان، مشخص شده و اقدامات لازم برای محافظت پرسنل در برابر مواد شیمیایی مخاطره‌آمیز پیشنهاد می گردد. همچنین بر اساس دستورالعمل‌ها و قوانین جاری کشور، کارمندان و کارگران صنایع باید در شرایط ایمن با مواد شیمیایی مواجهه داشته باشند. بدین جهت پروژه‌ی حاضر با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی در یک صنعت پتروشیمی تعریف و اجرا گردید.

روش بررسی

این طرح تحقیقاتی بصورت مقطعی- موردی در یکی از مجتمع‌های شرکت ملی صنایع پتروشیمی کشور در طی ۳ مرحله انجام گردید. مرحله اول شامل شناسایی مواد مخاطره آمیز و تعیین ضریب ریسک مواد شیمیایی،که با استفاده از راهنمای ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی در سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست شرکت ملی صنایع پتروشیمی انجام شد، مرحله دوم شامل ارزیابی مواجهه با مواد مخاطر آمیز و مرحله ی سوم شامل برآورد ریسک نسبی ابتلا به سرطان از طریق مطالعات اپیدمیولوژیک است.

الف: شناسایی مواد مخاطره‌آمیز: در این مرحله با مطالعه‌ی دقیق پروسه‌کاری و استفاده از راهنمایی‌های مسئولین فنی و کارشناسان بهداشت حرفه‌ای لیستی از مواد شیمیایی مصرفی، بینابینی و تولیدی در واحدهای مختلف شرکت مورد نظر تهیه گردید. برای شناسایی مواد مخاطره‌آمیز، شرکت مورد نظر به واحدهای کوچک‌تر شامل واحد آروماتیک، پارازایلن، اولفین، تفکیک مایعات گازی وتسهیلات عمومی تقسیم‌بندی گردید. پس از شناسایی مواد شیمیایی مصرفی و تولیدی در هر واحد، ضریب مخاطره (HR:HazardRate) این مواد مشخص گردید[۶]. مخاطرات ناشی از یک ماده شیمیایی به میزان سمیّت و نحوه‌ی مواجهه بستگی دارد. از این رو ضریب مخاطره با توجه به تأثیرات سمی مواد شیمیایی تعیین گردید [۶،۷]. بدین منظور لیستی از LD50 (دوزی که در آن ۵۰ درصد حیوانات می‌میرند) مواد شیمیایی تهیه شد و براساس این داده‌ها و همچنین اطلاعاتی از جمله تقسیم‌بندی سرطان‌زایی و دیگر اثرات مضر مواد

Archive of SID
www.SID.ir

شیمیایی مانند تأثیر آن‌ها بر روی ارگان‌های بدن، ضریب مخاطره برای آن‌ها براساس جدول رتبه‌بندی شده بین ۱ تا ۵، تعیین گردید.

گام بعدی در این مطالعه تعیین ضریب مواجهه (ER: Exposure Rate) بود. به‌علت این‌که نتایج حاصل از نمونه‌برداری و پایش هوا در خصوص مواد شیمیایی شناسایی شده در دسترس نبود، ضریب مواجهه از طریق شاخص‌های مواجهه (EI: Exposure index) و براساس ویژگی‌های فیزیکی آلاینده مانند فشار بخار، نسبت آستانه بویایی به حدود مجاز (OT/PEL) و هم‌چنین میزان اقدامات کنترلی، میزان استفاده از مواد شیمیایی مورد نظر و مدت زمان کار در هفته با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید[۳،۷]:

$$ER = [(EI)_1 \times (EI)_2 \times \ldots (EI)_n]^{\frac{1}{n}}$$

شاخص‌های مواجهه در مقیاس رتبه‌ای از ۱ تا ۵ و به ترتیب افزایش شدت مواجهه طبقه‌بندی شدند، بدین صورت که رتبه ۱ شدت مواجهه‌ی خیلی پایین، رتبه ۳ متوسط و رتبه ۵ نشان دهنده مواجهه خیلی بالا است.

پس از تعیین ضریب مخاطره(HR) و ضریب مواجهه (ER)، ضریب ریسک (RR: Risk Rate) مواد شیمیایی مورد استفاده در واحدهای مختلف شرکت پتروشیمی مورد مطالعه براساس رابطه‌ی زیر محاسبه گردید(۶):

$$RR = \sqrt{HR \times ER}$$

سپس سطح ریسک مربوط به هر ماده‌ی شیمیایی با توجه به جدول ۱ در محدوده‌ی ۱ تا ۵ تعیین گردید [۶،۸].

ب: ارزیابی مواجهه

در این مرحله، ارزیابی جامعی از مواجهه با ماده‌ای که بیش‌ترین ضریب ریسک را کسب نمود و بعنوان مخاطره‌آمیزترین ماده در شرکت پتروشیمی مورد مطالعه معرفی گردید، انجام گرفت. همان‌طور که در جدول ۳ مشخص می‌باشد این ماده‌ی مخاطره آمیز بنزن می‌باشد.

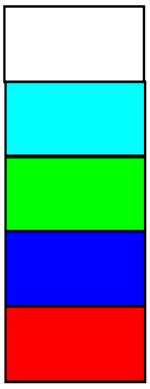
ارزیابی مواجهه و تعیین غلظت این ماده‌ی شیمیایی در روزهای مختلف هفته و در کلیه‌ی شیفت‌ها و گروه‌های کاری در دو واحد آروماتیک و پارازایلن انجام گرفت، لازم به ذکر است که، گروه‌های مواجهه‌ی همگون (SEGs :Similar exposure groups)

جدول ۱- ماتریس تعیین ضریب و سطح ریسک مربوط به مواد شیمیایی

ماتریس رتبه بندی ریسک

HR / ER	۱	۲	۳	۴	۵
۱	۱	۱/۴	۱/۷	۲	۲/۲
۲	۱/۴	۲	۲/۴	۲/۸	۳/۲
۳	۱/۷	۲/۴	۳	۳/۵	۳/۹
۴	۲	۲/۸	۳/۵	۴	۴/۵
۵	۲/۲	۳/۲	۳/۹	۴/۵	۵

راهنما



www.SID.ir

جدول ۲- ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون (لوسمی) در اثر مواجهه با بنزن، مطالعه‌ی کهورت رینسکی و همکاران

ردیف	مواجهه تجمعی (پی پی ام- سال)	ریسک نسبی
۱	۰-۴۰	۱/۱
۲	۴۰-۲۰۰	۳/۲
۳	۲۰۰-۴۰۰	۱۱/۹
۴	بیش از ۴۰۰	۶۶/۴

شامل ۶ گروه کاری با نام‌های سایت من (Siteman)، سمپل من (Sample man)، بورد من (Bord man)، سوپروایزر، کارمندان اداری (Office man) و نظافت‌چی (Dust man) تعین شدند. با توجه به توزیع افراد مذکور در گروه‌های کاری، مجموع نمونه‌های گرفته شده در روزها و ایستگاه‌های مختلف با توجه به محاسبات آماری شامل ۱۰۰ نمونه بنزن در هوای تنفسی برآورد گردید. در این تحقیق نمونه‌برداری و آنالیز بنزن براساس روش NIOSH ۱۵۰۱ انجام گرفت [۹]. لازم به ذکر است با توجه به فرآیند واحدهای آروماتیک و پارازایلن، احتمال وجود تولوئن و مخلوط زایلن‌ها نیز داده می‌شد و با توجه به اثرات تداخلی این مواد با بنزن، غلظت مواد مذکور نیز با توجه به شباهت در روش نمونه‌برداری و آنالیز مورد بررسی قرار گرفت [۱۰].

ج: برآورد ریسک ابتلا به سرطان خون

یکی از اثرات مواجهه مزمن با بنزن سرطان خون(لوسمی) می‌باشد[۱۳،۱۲،۱۱]. با بدست آوردن مواجهه‌ی تجمعی کارگران مواجهه یافته با بنزن که واحد آن براساس پی پی ام – سال (ppm-years) می‌باشد می‌توان ریسک نسبی (Relative Risk) سرطان خون (لوسمی) را در آن‌ها محاسبه نمود. ریسک نسبی ابتلاء به سرطان خون ناشی از مواجهه با بنزن به‌صورت نسبت احتمال وقوع سرطان از طریق مواجهه با بنزن در گروه مورد مواجهه نسبت به گروه مواجهه نیافته با این ماده شیمیایی تعریف می‌شود[۱۵،۱۴].

$$RR = \frac{P\exp osed}{Pnon-\exp osed}$$

نحوه‌ی محاسبه مواجهه‌ی تجمعی به این‌صورت است که حداکثر زمانی را که یک کارگر در کل دوره‌ی کاری خود ممکن است با بنزن یا هر ماده‌ی شیمیایی دیگر مواجهه داشته باشد که معمولاً در ایران آن را ۳۰ سال تخمین می‌زنند در میزان مواجهه با بنزن ضرب می‌شود [۱۴،۱۶]. پس از محاسبه میزان مواجهه تجمعی کارگران مواجهه یافته با بنزن می‌توان توسط تعمیم (Exploring) میزان ریسک نسبی ابتلا به لوسمی را در مواجهه با بنزن مشخص نمود. در این مطالعه‌ی پژوهشی برای تعیین ریسک نسبی از نتایج مطالعه کهورت انجام شده توسط رینسکی و همکاران که از سال ۱۹۶۵ تا ۱۹۸۱ در یک کارخانه لاستیک-سازی و بر روی ۱۱۶۵ کارگر سفیدپوست انجام گرفت، استفاده گردید[۱۶،۱۵]. نتایج این مطالعه در جدول۲ نشان داده شده است.

یافته‌ها

با توجه به روش ارزیابی ریسک مذکور در کل شرکت پتروشیمی مورد نظر ۴۰ ماده‌ی شیمیایی شناسایی شد. لازم به توضیح است که در این مرحله همان‌طور که در جدول ۳ مشخص شده است ماده‌ی مخاطره‌آمیز بنزن با کسب ضریب ریسک ۴/۵ در سطح پنجم، ۱و۳ بوتادین، هیدرازین ، تتراکلریدکربن با دریافت ضریب ریسک ۴/۴ –۳/۵ در سطح چهارم، موادی مانند متانول و بنزین با ضریب ریسک ۳/۴– ۲/۵ در سطح سوم و همچنین تولوئن، زایلن، پرلیت با ضریب ریسک ۲/۴– ۱/۵ در سطح دوم و نیز موادی مانند اتان، متان، پنتان و هپتان با ضریب ریسک ۱/۴–۱ در سطح اول ریسک قرار گرفتند. با توجه به

Archive of SID
www.SID.ir

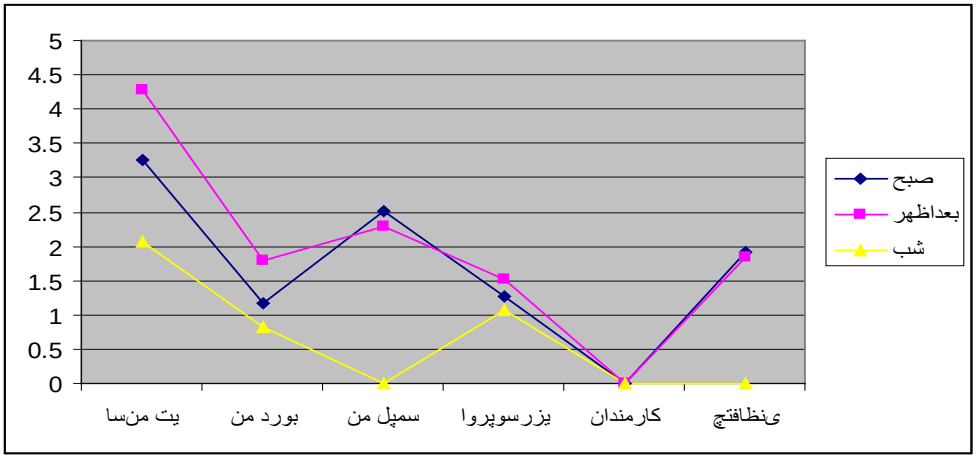
جدول ۳- ضریب ریسک، سطح ریسک کمی و کیفی مربوط به مواد شیمیایی در شرکت پتروشیمی مورد مطالعه

ردیف	نام ماده شیمیایی	ضریب مخاطره	ضریب مواجهه	ضریب ریسک کمی	سطح ریسک	ضریب ریسک کیفی
۱	بنزن	۵	۴	۴/۵	۵	خیلی زیاد
۲	تترا کلرید کربن	۴	۴	۴	۴	زیاد
۳	۱و۳ بوتادین	۴	۴	۴		
۴	هیدرازین	۳	۴	۳/۴	۳	متوسط
۵	دمه جوشکاری	۳	۴	۳/۴		
۶	متانول	۳	۳	۳		
۷	بنزین	۳	۳	۳		
۸	هیدروژن سولفوره	۳	۲	۲/۷		
۹	فسفات سدیم	۲	۴	۲/۸		
۱۰	آب ژاول	۳	۳	۳		
۱۱	اتیل بنزن	۳	۱	۱/۷	۲	کم
۱۲	تولوئن	۳	۲	۲/۴		
۱۳	فنل	۳	۱	۱/۷		
۱۴	کاستیک	۳	۲	۲/۴		
۱۵	پرلیت	۲	۲	۲		
۱۶	دی متیل دی سولفاید	۲	۲	۲		
۱۷	اتیلن	۲	۲	۲		
۱۸	بوتان	۳	۱	۱/۷		
۱۹	استون	۲	۲	۲		
۲۰	اسید نیتریک	۳	۱	۱/۷		
۲۱	دود گازوئیل(NO_2)	۲	۳	۲/۴		
۲۲	دود گازوئیل(SO_2)	۲	۳	۲/۴		
۲۳	دود گازوئیل(CO_2)	۲	۳	۲/۴		
۲۴	دود گازوئیل(CO)	۳	۳	۳		
۲۵	دی کلرو متان	۲	۲	۲		
۲۶	پروپیلن	۲	۲	۲		
۲۷	کربن بلاک	۲	۳	۲/۴		
۲۸	زایلین	۳	۱	۱/۷		
۲۹	کلر	۲	۳	۲/۴		
۳۰	استایرن	۲	۳	۲/۴		
۳۱	اسید فسفریک	۲	۲	۲		
۳۲	دی متیل دی سولفاید	۲	۲	۲		
۳۳	پارازایلین	۲	۲	۱/۴	۱	ناچیز
۳۴	□□□	۱	۲	۱/۴		
۳۵	متان	۱	۲	۱/۴		
۳۶	پروپان	۱	۲	۱/۴		
۳۷	بوتان	۱	۲	۱/۴		
۳۸	پنتان	۱	۲	۱/۴		
۳۹	هگزان	۱	۲	۱/۴		
۴۰	هپتان	۱	۱	۱		

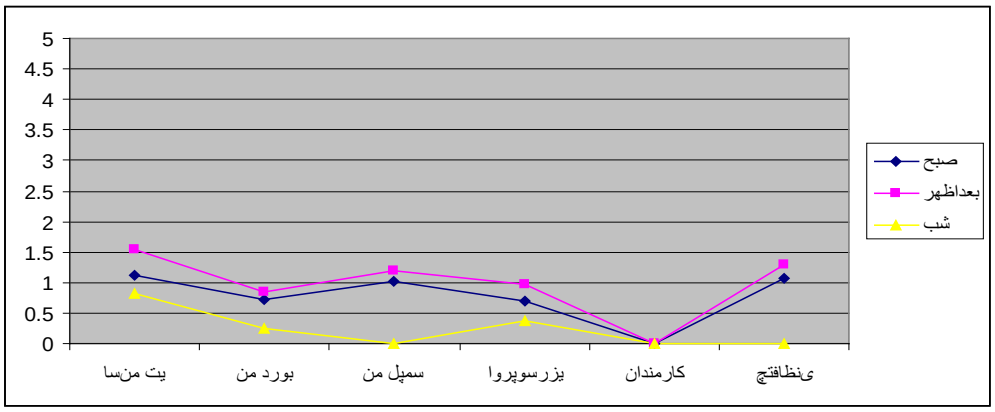
جدول ۲ و دیاگرام ۱، درصد هر سطح ریسک مربوط به مواد شیمیایی شناسایی شده و ضریب مخاطره، ضریب مواجهه و همچنین ضریب ریسک مواد لیست شده در مرحله اول نشان داده شده و گویای این مطلب است که ۳ درصد از مواد شیمیایی در سطح پنجم، ۵ درصد در سطح چهارم، ۱۸ درصد در سطح سوم، ۵۴ درصد در سطح دوم و ۲۰ درصد در سطح پنجم قرار گرفته‌اند.

همچنین باید اشاره شود که در مرحله‌ی ارزیابی ریسک نیمه‌کمی مواد شیمیایی در شرکت مورد مطالعه بنزن با کسب ضریب مخاطره ۵ و بعلت گروه‌بندی در گروه A1 انجمن متخصصین بهداشت صنعتی امریکا

www.SID.ir



نمودار ۱- میانگین مواجهه با بنزن در گروه‌ها و شیفت‌های مختلف کاری در واحد آروماتیک



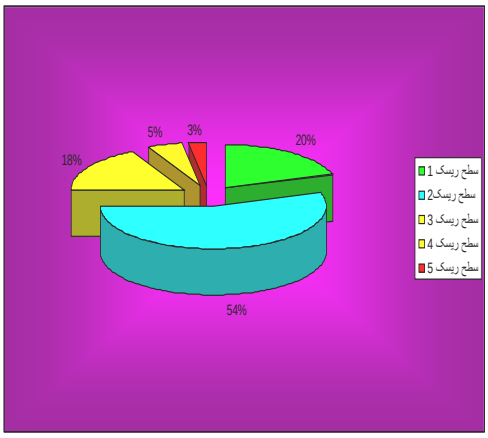
نمودار ۲- میانگین مواجهه با بنزن در گروه‌ها و شیفت‌های مختلف کاری در واحد پارازایلن

American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH) [۱۴] و همچنین دوز کشنده برابر با ۹۴۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب به‌عنوان مخاطره‌آمیزترین ماده‌ی شیمیایی شناسایی گردید. از نظر ضریب مواجهه بنزن به همراه موادی مانند هیدرازین، ۱و۳ بوتادین عدد ۴ را کسب نمودند، قابل ذکر است که در این مطالعه تنها ماده‌ی شمیایی که در سطح پنجم ریسک قرار گرفت ماده‌ی مخاطره‌آمیز بنزن بود.

همان‌طور که در روش کار اشاره شد در مرحله‌ی دوم یعنی ارزیابی میزان مواجهه، با توجه به نتایج بدست آمده از مرحله قبل (ارزیابی نیمه کمی ریسک مواد شیمیایی) با مشخص شدن بنزن به‌عنوان مخاطره آمیزترین ماده شیمیایی در شرکت پتروشیمی مورد مطالعه، تصمیم گرفته شد تا غلظت این ماده‌ی شیمیایی از طریق انجام ارزیابی مواجهه مشخص شود. با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص گردید ماده‌ی مخاطره‌آمیز بنزن در واحدهای آروماتیک و پارازایلن وجود دارد و به همین دلیل واحدهای مذکور به عنوان محل نمونه‌برداری انتخاب شدند.

موادی مانند تولوئن و زایلن به‌علت داشتن اثر تداخلی با بنزن همان‌طور که در مطالعه singh mp et al اشاره شده است [۱۰] و هم‌چنین یکسان بودن روش نمونه‌برداری (NIOSH ۱۵۰۱) [۹] در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند و مشخص شد که غلظت این مواد در واحدهای آروماتیک و پارازایلن

www.SID.ir



دیاگرام ۱- میزان سطح ریسک مربوط به مواد شیمیایی لیست شده

پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه (۰/۵ پی پی ام) تجزیه گاز کروماتوگرافی است، لذا احتمال وجود غلظت‌های بالاتر از حد مجاز تولوئن و زایلن منتفی گردید.

نتایج ارزیابی مواجهه‌ی انجام گرفته در بین واحدها، شیفت‌ها و گروه‌های کاری مختلف برای تعیین میانگین زمانی غلظت بنزن در هوای محیط کار به صورت فردی نشان داد که غلظت بنزن در شیفت بعدازظهر نسبت به دو شیفت دیگر یعنی صبح و شب در واحد آروماتیک میانگین بالاتری را در گروه‌های کاری مختلف دارد که نتایج مربوط به مواجهه گروه‌های مختلف مورد مواجهه با بنزن در نمودار شماره ۱ ارائه شده است. قابل ذکر است که این موضوع نیز با توجه به نمودار ۲ که مربوط به میانگین مواجهه با بنزن در گروه‌ها و شیفت‌های مختلف کاری در واحد پارازایلن است نیز صادق می‌باشد.

در بین گروه‌های مختلف کاری در دو واحد آروماتیک و پارازایلن، گروه کاری سایت‌من در شیفت ظهر و گروه کاری کارمندان با میانگین وزنی- زمانی مساوی با ۴/۹۲ پی پی ام که ۹/۸۴ برابر حد آستانه مجاز است و ۱/۵۳ پی پی ام به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مواجهه با بنزن را داشتند. به‌طور کلی در کلیه شیفت‌ها، بیش‌ترین میزان مواجهه با بنزن در گروه کاری سایت‌من‌ها بدست آمد.

به‌منظور بررسی تأثیر نوع وظیفه‌ی کاری بر میزان مواجهه با بنزن در محیط کار از آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید. نتیجه‌ی این آزمون از لحاظ آماری اختلاف معناداری را بین میزان مواجهه با بنزن و وظایف کاری مختلف نشان داد ($p<۰/۰۰۱$). همچنین تراکم بنزن در دو سایت آروماتیک و پارازایلن با استفاده از آزمون تی تست مستقل با یکدیگر مقایسه شدند و نتایج آزمون نشان داد که تراکم بنزن در دو سایت فوق با یکدیگر از لحاظ آماری اختلاف معناداری دارد ($p<۰/۰۰۱$).

از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه جهت بررسی مقایسه میانگین غلظت بنزن در شیفت‌های صبح، بعدازظهر و شب استفاده شد و با توجه به نتیجه‌ی آزمون می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف این سه میانگین معنی‌دار نیست یا به معنای دیگر نوع شیفت تأثیری بر غلظت بنزن ندارد ($p>۰/۰۵$).

از آن‌جایی که انتظار می‌رفت افراد سیگاری به‌دلیل استعمال سیگار و قرار گرفتن در محدوده سایت در معرض مواجهه بیشتری با بنزن قرار گیرند از آزمون آماری تی تست مستقل جهت مقایسه بین متغییر مواجهه با بنزن و متغیر استعمال سیگار استفاده شد و نتیجه آزمون نشان داد بین استعمال و عدم استعمال سیگار و میزان مواجهه با بنزن در هوای محیط کار ارتباط معنی‌داری از نظر آماری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$).

همچنین جهت مقایسه‌ی میزان مواجهه با بنزن، با مقدار حد مجاز ۰/۵ پی پی ام از آزمون آماری تی تست یک نمونه‌ای استفاده گردید و با توجه به میانگین ۱/۵۲ پی پی ام مواجهه با بنزن در هوای محیط کار، نشان داده شد با حد مجاز بنزن اختلاف آماری معنی‌داری دارد ($p<۰/۰۰۱$) و نسبت به این آستانه مجاز ۳/۰۴ برابر است (پی پی ام ۰/۵= میانگین وزنی- زمانی (Time-Weighted Average (TWA)) بنزن).

Archive of SID
www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج جمعاً ۷۴ درصد از مواد شیمیایی شناسایی شده در شرکت مورد مطالعه در سطح اول و دوم ریسک قرار گرفتند. در این میان بنزن تنها ماده‌ای است که در کل دو واحد مورد مطالعه با کسب ضریب ریسک ۴/۵ سطح ریسک ۵ را به‌دست آورد و این در حالی است که در مطالعات متعددی از جمله Rinsky et al و KS Crump نیز به ارتباط این ماده شیمیایی با لوسمی در غلظت‌های حتی پایین اشاره شده است [۱۵،۱۴].

با توجه به اهمیت بیان شده و براساس نتایج اقدامات اصلاحی در مورد این ماده‌ی شیمیایی بسیار مخاطره آمیز و سرطان‌زا باید هر چه زودتر آغاز گردد.

میانگین غلظت بنزن در واحد آروماتیک در مقایسه با واحد پارازایلن در وظایف کاری مختلف نیز بالاتر بود که این مطلب را می‌توان با توجه به وجود بیش‌تر پمپ‌های بنزنی که نشان‌دهنده‌ی ظرفیت بالای واحد آروماتیک نسبت به واحد پارازایلن در تولید بنزن است را توجیه نمود. نکته حائز اهمیت در این مطالعه بالا بودن غلظت بنزن در هوای تنفسی گروه نظافت‌چی‌های سایت آروماتیک در شیفت ظهر با میانگین مواجهه ۱/۹۲ پی پی ام می‌باشد، که در مقایسه با حد آستانه مجاز تقریباً ۴ برابر است و ممکن است این وظایف کاری به علت ارتباط غیر مستقیم با وظایف کاری فرآیند نادیده گرفته شوند، این در حالی است که مطالعات مشابهی نیز به مواجه‌های غیر مستقیم تأکید زیادی دارند [۱۷] . در این مورد آموزش صحیح این افراد برای کاهش زمان مواجهه با مخاطرات مواد شیمیایی از طریق کاربرد ماسک‌های ویژه و همچنین عدم ورود به سایت در مواقع غیر اضطراری پیشنهاد می‌گردد.

نتایج ارزیابی مواجهه‌ی فردی انجام گرفته شده در بین واحدها، شیفت‌ها و گروه‌های کاری مختلف برای تعیین غلظت بنزن در هوای محیط کار نشان داد که غلظت بنزن در شیفت بعدازظهر نسبت به دو شیفت دیگر یعنی صبح و شب میانگین غلظت بالاتری را در گروه‌های کاری مختلف دارد که این موضوع را می‌توان با توجه به گرمای هوا و شرایط محیطی در شیفت صبح که کارگران و کارمندان زمان کم‌تری در سایت حضور پیدا می‌کنند و همچنین در شیفت شب با توجه به این‌که توان عملیاتی واحد پایین‌تر از حد نرمال خود می‌باشد و بالطبع میانگین غلظت مواجهه افراد در این شیفت نسبت به دو شیفت دیگر پایین‌تر خواهد بود را توجیه نمود. در بین گروه‌های مختلف کاری در دو واحد مذکور ، گروه کاری سایت‌من در شیفت‌های ظهر با میانگین مواجهه ۹۱/ ۴ پی پی ام بیش‌ترین و گروه کاری کارمندان با میانگین مواجهه صفر پی پی ام، کم‌ترین مواجهه را با بنزن در طول زمان کاری داشتند که این میزان حداقل مواجهه با بنزن را می‌توان ناشی از حضور نیافتن گروه کاری کارمندان در سایت و در نتیجه عدم مواجهه با بنزن ارجاء داد، شایان ذکر است که افراد سایت‌من با توجه به نوع وظیفه شغلی زمان بیش‌تری را در سایت حضور پیدا می‌کردند و در نتیجه همان‌طور که در نتایج نیز نشان داده شد میانگین غلظت مواجهه این گروه نسبت به گروه‌های دیگری اختلاف قابل توجهی دارد، که این یافته با نتایج بدست آمده در مطالعه تحقیقاتی Murray Finkelstein نیز مطابقت دارد [۱۷].

با توجه به نتایج مرحله‌ی برآورد ریسک نسبی ابتلا به لوسمی در مواجهه با بنزن، بیش‌ترین میزان ریسک نسبی در کارگران سایت من مربوط به کارگران واحد آروماتیک بدست آمد که با مواجهه‌ی تجمعی ۱۴۹/۴ پی پی ام- سال داری ریسک نسبی ۳/۲ بودند، به عبارت دیگر احتمال ابتلا به لوسمی در نتیجه مواجهه با بنزن در این گروه کاری ۳/۲ برابر بیشتر از گروهی است که با بنزن مواجهه ندارند. نکته قابل توجه از مطالعات انجام شده نشان دهنده این موضوع می‌باشند که حتی در غلظت‌های پایین مواجهه با بنزن نیز ریسک ابتلا به لوسمی وجود دارد و همچنین با افزایش مواجهه تجمعی، میزان ابتلا به لوسمی افزایش می‌یابد که این موضوع نیز در مطالعه کهورترینسکی وهمکاران نشان داده شده است [۱۸،۱۵].

Archive of SID
www.SID.ir

در راستای تعریف مربوط به مقدار حد آستانه– حد مواجهه‌ی کوتاه مدت (Threshold limit value Short-term exposure limit (T.L.V – STEL)، که بصورت تراکمی که کارکنان می‌توانند در مدت کوتاه (تا ۱۵ دقیقه) پیوسته بدون اینکه کوچک‌ترین اثر زیان‌آورکه موجب بروز حادثه یاکاهش بهره‌وری شود در مواجهه با مواد شیمیایی قرارگیرند [۵،۱۲] ، که در مورد بنزن این غلظت برابر با ۲/۵ پی پی ام است و با توجه به نتایج مربوط به اندازه‌گیری غلظت بنزن در گروه کاری سایت‌من میانگین مواجهه با این ماده شمیایی تقریباً دو برابر این حد می‌باشد،که این موضوع شروع سریع‌تر اقدامات کنترلی را بیش از پیش مشخص می‌کند.

از آن‌جا که بنزن تولید نهایی این دو واحد می‌باشد و حذف آن در منبع تولید میسر نیست بنابراین اقدامات کنترلی مدیریتی مانند کاهش ساعات مواجهه با این ماده از طریق افزایش تعداد کارگران را می‌توان به عنوان یک راه‌کار کنترلی مدیریتی مؤثر پیشنهاد داد. از اقدامات کنترلی دیگر در مورد این ماده بسیار مخاطره‌آمیز بازدید واشرهای پمپ‌های بنزنی در فواصل زمانی مشخص شده و تعویض آن‌ها در صورت وجود هرگونه نقص می‌باشد؛ همچنین استفاده از دستگاه‌های قرائت مستقیم برای پایش احتمال نشتی نیز توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از حمایت مدیریت HSE شرکت ملی صنایع پتروشیمی و همچنین کلیه پرسنل محترم ایمنی و بهداشت مجتمع پتروشیمی مورد مطالعه و نیز تمامی کارگران زحمت‌کش که همکاری مؤثری در انجام این تحقیق نمودند سپاسگزاری و قدردانی می‌نماید.

منابع

1. Henry J. M, H. J. McDermott. Air monitoringfor toxic exposure. 2th Ed. John Wiley & Sons, Inc; 2004. p.37.
2. Phillip LW, Robert CJ, Stephen MR. Principles Of Toxicology: Environmental and Industrial Applications. 2th Ed .Wiley-Interscience Publication, 2000. p.26.
3. Allahyari, T. "Risk analysis and risk assessment in chemical processes. Fanavaran. 2006 [Persian].
4. Falaki F, Farshad A. textbook of public health: safety chemicals. Third Printing, Arjomand.2007 [Persian].
5. Chris W, Neill S. Occupational Toxicology. 2th Ed .CRC Press LLC. 2004. p.196.
6. Azari R. Textbook of public health: chemicals health risk assessment in individual exposure, Third Printing, Arjomand. 2007 [Persian].
7. Department of Occupational Health and Safety, 2000. Assessing health risks arising from the use of hazardous chemicals in the workplace. Ministry of Human Resources, Malaysia.
8. Health and Safety Executive, 1999. COSHH Essentials: Easy Steps to Control Hazardous-Substances, the Stationery Office, Norwich.
9. NIOSH. Manual of analytical methods, 1984. U.S. Department of Health & Human services, Cincinnati, Ohio.
10. Singh MP, Ravi K, Mishra M. Effects of co-exposure of benzene, toluene and xylene. 2010 Vol 79, Issue 5, P 577-587.
11. International Agency for Research on Cancer IARC. Monographs on the evaluation of Carcinogenicrisks to humans, World Health Organization, 2000 Vols 1-pp76.
12. ACGIH Worldwide, 2008, TLVs ®and BEIs ®-Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices.
13. Murray M. Leukemia after Exposure to Benzene: Temporal Trends and Implications for Standards. American journal of industrial, 2000 vol38, pp11-17.
14. K S Crump. Risk of benzene-induced leukemia predicted from the Pliofilm cohort. Environ Health Perspect, 1996 Vol 104, Supplement 6.
15. Rinsky R. Benzene and Leukemia: An Epidemiologic Risk Assessment, Environmental Health Perspective, 1989 Vol. 82, pp. 189-191.
16. Jafari MJ, karimi A, rezazadeh azari M. The

Archive of SID
www.SID.ir

Challenges of Controlling Organic Solvents in a Paint Factory due to Solvent Impurity. Industrial Health, 2009 pp 326–332.

17. Finkelstein M. Leukemia after Exposure to Benzene: Temporal Trends and Implications for Standards. American journal of industrial medicine 2000 Vol 38, pp1-7.

18. Kampczyk R, Rehwagen M, Diez U, RichterM. Passive smoking, excretion of metabolites, and health effects: results of the Leipzig's Allergy Risk Study (LARS). Arch Environ Health, 2002 Vol 34, pp 326-331.

Archive of SID

www.SID.ir

Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex

F. Golbabaie [1], D. Eskandari[2], M.Azari[3], , M.Jahangiri [4], A.Rahimi[5], J. Shahtaheri [6]

Received: 2011/10/17 Revised: 2011/11/20 Accepted: 2012/03/14

Abstract

Background and aims: workers in petrochemical industries are exposed to various contaminants and are facing to serious hazards, therefore need for a comprehensive risk assessment program for identification of hazardous chemicals that affect human health and also determine hazardous tasks and processes is necessary.

Methods: This descriptive cross-sectional study was conducted in three stages. First stage consisted of identifying hazardous chemicals and determination of chemicals risk ratio, the second stage includes evaluation of worker's exposure to hazardous chemicals, and the third stage was estimating the relative risk of blood cancer caused by exposure to benzene through epidemiological studies

Results: With regard to risk assessment method, 40 chemicals were identified in this Petrochemical Company. Among them, Benzene introduced as the most hazardous chemical. The results of the second stage showed that site man workers in noon shift work and in aromatic site with mean exposure 4.29 ppm had the highest exposure to benzene. The results of estimated leukemia relative risk stage in benzene exposure, the highest relative risk in workers related to site man workers in aromatic units with cumulative exposure benzene to 4.149 ppm. Years obtained relative risk of 2.3. The test results showed that relationship between worker's exposure to benzene and their job was significant (p<0/001).

Conclusion: This study showed that benzene with a risk ratio of 4.5 -5 have 5th rank in risk levels and this indicates that preventative actions regarding to this hazardous carcinogenic chemical must be started as soon as possible.

Keywords: Risk assessment, Benzene, Leukemia.

1. Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran.(Corresponding Author) fgolbabaei@yahoo.com
Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Kashan University of Medical Science, Kashan, Iran.
Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Department of Occupational Health, School of Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
Department of Statistics and Epidemiology, School of Public Health and Institute of Health Research Center, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran.
Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran.

Archive of SID
www.SID.ir