

ارزیابی ریسک مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی در یک صنعت خودروسازی

بهرام هراتی^۱ - سید جمال الدین شاه طاهری^{۲*} - علی کریمی^۲ - کمال اعظم^۴

علیرضا احمدی^۵ - مریم افضلی راد^۶ - علی هراتی^۷

shahtaheri@tums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷

مکیده

مقدمه: در طول ده سال گذشته، بسیاری از گروه‌های متخصص ملی و بین‌المللی جهت بهبود وضعیت محیط کار از روش ارزیابی ریسک استفاده می‌کنند. این مطالعه با هدف بررسی ریسک مواجهه کارکنان با آلاینده‌های هوا در یکی از صنایع خودروسازی به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی در منطقه تنفسی کارکنان انجام گرفت.

روش کار: مطالعه حاضر به صورت مقطعی در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. روش‌های شماره 7602 و NIOSH 1501 جهت نمونه برداری و آنالیز ترکیبات BTEX و سیلیس از منطقه تنفسی کارکنان استفاده گردید. تعداد ۴۰ نمونه از ترکیبات BTEX اندازه‌گیری و آنالیز آنها توسط گاز کروماتوگرافی مجهز به آشکارساز شعله ای یونی انجام گرفت. تعداد ۶ نمونه هوا برای برآورد تراکم سیلیس در منطقه تنفسی کارکنان اندازه‌گیری شد. آنالیز نمونه‌های سیلیس با استفاده از روش اسپکتروفتومتری انجام گرفت. درجه خطر (HR) و درجه مواجهه کارکنان با مواد شیمیایی (ER) محاسبه شده و سپس سطح ریسک بهداشتی مواجهه با مواد شیمیایی تعیین گردید. در نهایت، برآورد ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون ناشی از مواجهه با بنزن تعیین گردید.

یافته‌ها: کارکنان واحد مورد بررسی در طول فعالیت کاری خود با ۵ ماده شیمیایی سیلیس، بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن مواجهه داشتند. در میان آلاینده‌های موجود در منطقه تنفسی کارکنان، سیلیس و بنزن به عنوان خطرناک ترین آلاینده و دارای سطح ریسک بالا شناسایی شدند. با توجه به نتایج برآورد ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون ناشی از مواجهه با بنزن، مواجهه تجمعی کارکنان برابر ۲۳/۱ پی پی ام در سال برآورد گردید که ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون کارکنان مواجهه یافته با بنزن برابر ۱/۱ محاسبه شد. نتایج آزمون‌های آماری اختلاف معنی داری بین مواجهه کارکنان با آلاینده‌ها، با سن و سابقه کار را نشان داد به طوری که با افزایش سن و سابقه کار میزان مواجهه کاهش می‌یابد ($P < 0.001$).

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که در صنعت خودروسازی بنزن و سیلیس دارای بالاترین ریسک می‌باشند. همچنین کارکنان سالن رنگ صنایع خودروسازی که به طور مستقیم در مواجهه با بنزن هستند، در معرض خطر ابتلا به سرطان خون می‌باشند.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک بهداشتی، سیلیس، ترکیبات BTEX، صنعت خودروسازی

- ۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۴- دانشیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۵- کارشناس، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
- ۶- کارشناس، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، بروجرد، ایران
- ۷- کارشناس، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد، بروجرد، ایران

مقدمه

امروزه میلیون‌ها تن مواد شیمیایی در سراسر دنیا تولید می‌شوند (۱). بنا بر گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO) هم اکنون هزاران ماده شیمیایی در دسترس است و سالیانه نیز بیش از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ ماده شیمیایی دیگر نیز به این لیست اضافه می‌شود (۲). در محیط‌های کاری مواد شیمیایی مختلفی وجود دارد که به دلیل عدم رعایت اصول احتیاطی کارکنان در هنگام کار، مواجهه با این مواد می‌تواند سبب مسمومیت و بیماری‌های مختلفی گردد (۳). از بین این مواد، ترکیبات آلی فرار و سیلیس از عوامل اصلی آلوده کننده هوا بوده و می‌توانند منجر به عوارض متعددی گردند (۴-۷). گردوغبار سیلیس با آسیب بر روی بافت‌های ریوی، توانایی بافت‌های ریه را برای جذب اکسیژن هوا کاهش می‌دهد (۸). ترکیبات آلی فرار کاربرد فراوانی در صنایع وابسته به نفت داشته و شامل چندین هزار ترکیب گوناگون می‌باشد. از میان ترکیبات آلی فرار دسته ای از ترکیبات شاخص که همواره به همراه هم حضور داشته، ترکیبات BTEX بوده که دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابهی بوده و شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن می‌باشد (۷). در مطالعه ای که توسط مقصودی و همکارانش در تعدادی از صنایع پتروشیمی ماهشهر انجام شد، نشان داده شده که غلظت ترکیبات آلی فرار در محیط کار در فصل تابستان بیش‌تر از زمستان بوده و از بین ترکیبات شناسایی شده مواجهه کارکنان با بنزن در بالاترین سطح قرار دارد (۱۰). مطالعات گسترده‌ای نشان داده‌اند که از میان ترکیبات آلی فرار اندازه‌گیری شده در صنایع مختلف، غلظت بنزن بیش‌تر از حد مجاز توصیه شده از سوی مجمع متخصصین بهداشت صنعتی دولت آمریکا

(ACGIH) می‌باشد (۲، ۱۳-۱۱). قرار گرفتن در معرض غلظت‌های متفاوت بنزن در صنایع شیمیایی می‌تواند اثرات نامطلوب و زیان آوری بر روی بدن داشته باشد، به طوری که مواجهه با غلظت‌های بالای بنزن می‌تواند سبب ایجاد لوسمی شود (۱۷-۱۴). در مطالعه ای که توسط Yimrungruang و همکارانش در سال ۲۰۰۸ با هدف بررسی ارزیابی ریسک بهداشتی در جایگاه‌های عرضه سوخت انجام گردید، نشان داده شد که از بین ترکیبات آلی فرار، بنزن ممکن است دارای ریسک سرطان زایی باشد (۱۸). Majumdar و همکارانش در هند نشان دادند که از بین ترکیبات آلی فرار اندازه‌گیری شده تولوئن و فرمالدئید دارای بیش‌ترین فراوانی بوده است (۱۹). مطالعات اپیدمیولوژیکی میزان بالایی از مرگ و میر ناشی از سرطان در صنایع شیمیایی را گزارش کرده است (۲۰، ۲۱). مدیریت جهت تصمیم‌گیری و نیز برنامه ریزی جهت اقدامات کنترلی موثر، لازم است به ابزار ارزیابی ریسک مجهز شوند (۲۲). ارزیابی ریسک بهداشتی یکی از ارکان اصلی سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (Health Safety Environment) است که یکی از راه‌کارهای اصلی جهت اولویت بندی آلاینده‌های مخاطره آمیز و نیز وظایف شغلی پر مخاطره می‌باشد که سلامت و ایمنی کارکنان را در مشاغل مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد (۳، ۲۳، ۲۴). جهت دستیابی به اهداف بهداشتی، باید ارتباط میان مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی و ریسک‌های بهداشتی مرتبط با آنها شناسایی و برآورد شود (۷). در روش‌های کیفی، سطح ریسک بهداشتی مواجهه با مواد شیمیایی با تعیین درجه خطر و درجه مواجهه و با استفاده از ماتریس ارزیابی ریسک برآورد می‌گردد. صنایع خودروسازی از جمله

با استفاده از لوله‌های حاوی جاذب‌های جامد زغال فعال و پمپ نمونه برداری فردی که قبلاً در آزمایشگاه توسط فلومتر حباب صابون کالیبره شده، از هوای منطقه تنفسی افراد مورد مطالعه نمونه برداری شد. سپس نمونه‌ها کدگذاری شده و با رعایت اصول استاندارد به آزمایشگاه منتقل شد و براساس روش شماره NIOSH 1501، به وسیله ۱ میلی لیتر دی سولفید کربن از بستر جاذب استخراج گردید و نمونه‌ها با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل VARIAN CP-3800 مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله ای (FID) آنالیز شدند.

ب) نمونه برداری و آنالیز سیلیس آزاد

جهت تعیین تراکم سیلیس در منطقه تنفسی افراد تعداد ۶ نمونه در منطقه تنفسی افراد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نمونه برداری با استفاده از فیلتر ممبران (MCE) با دبی ۱/۷ L/min و مدت زمان نمونه برداری ۴ ساعت تنظیم شد. مدار نمونه برداری شامل سیکلون و هولدر، پمپ نمونه برداری فردی و لوله‌های قابل انعطاف بود. آنالیز نمونه‌ها با استفاده از روش اسپکتروفتومتری انجام گرفت.

ج) ارزیابی ریسک بهداشتی

نتیجه اصلی این پژوهش تعیین میزان ریسک مربوط به آلاینده‌های موجود در منطقه تنفسی کارکنان شاغل در صنعت خودروسازی بود. آلاینده‌ها براساس میزان ریسک رتبه بندی شده و این رتبه‌ها جهت اتخاذ تدابیر کنترلی بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. پس از شناسایی مواد شیمیایی موجود یا مورد

صنایعی است که کارکنان شاغل در این صنایع در معرض مواد شیمیایی مختلفی قرار دارند. در صنایع خودروسازی در معرض آئروسول‌ها نیز قرار دارند. ارزیابی ریسک بهداشتی روشی است که می‌توان در تعیین استراتژی کنترل ریسک‌های شیمیایی استفاده نمود (۲۵). با توجه به مواجهه افراد شاغل در صنایع خودروسازی با ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن و نیز سیلیس و با توجه به عدم انجام مطالعه ای در رابطه با ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با این ترکیبات در صنایع خودروسازی، این مطالعه با هدف بررسی ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با این مواد در صنایع خودروسازی و ارائه راه‌کار کنترلی انجام شد.

روش کار

در این مطالعه یکی از واحدهای (سالن رنگ و سنگ زنی) یک صنعت خودروسازی که متنوع ترین واحد از نظر مواجهه کارکنان با عوامل زیان آور شیمیایی بوده، در زمستان ۱۳۹۴ مورد بررسی قرر گرفت.

الف) نمونه برداری و آنالیز BTEX

جهت تعیین تراکم آلاینده‌های BTEX در منطقه تنفسی افراد، تعداد ۴۰ نمونه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تعداد کل کارگران موجود در سالن رنگ صنعت خودروسازی ۴۰ نفر بود. با توجه به نوسان مواجهه و ساعات کاری مختلف مواجهه کارکنان، نمونه برداری از تعداد ۲۰ کارگر و برای هر کارگر در ۲ نوبت انجام گردید. جهت انجام نحوه اندازه‌گیری از بخارات BTEX در منطقه تنفسی، از روش NIOSH 1501 استفاده شد. براساس این روش نمونه‌های فردی

جدول ۱. تعیین درجه خطر از طریق اثرات سمی یا عوارض زیان آور شیمیایی (۲۶)

درجه خطر	توصیف اثرات مواد شیمیایی در تقسیم بندی مخاطرات مواد شیمیایی	مثال
۱	-موادی که هیچ گونه اثر بهداشتی شناخته شده ای ندارند و به عنوان مواد سمی یا زیان آور طبقه بندی نشده اند. -موادی که ACGIH آنها را در طبقه A5 سرطان‌زها قرار داده است.	کلرید کلسیم، بوتان، استات بوتیل، کربنات کلسیم
۲	-موادی که اثرات برگشت پذیر بر روی پوست، چشم و غشاء مخاطی دارند ولی اثراشان آن قدر شدید نیست که بتواند اختلال جدی بر انسان ایجاد کنند. -موادی که ACGIH آنها را در طبقه A4 سرطان‌زها قرار داده است. -موادی که سبب ایجاد حساسیت و تحریک پوست می‌شوند.	استون، بوتان، اسید استیک ۱۰ درصد، املاح باریوم و .
۳	-موادی که احتمالاً بر انسان یا حیوان سرطان زا یا موتاژن هستند ولی اطلاعات کافی در این مورد وجود ندارد. -موادی که ACGIH آنها را در طبقه A3 سرطان‌زها قرار داده است. -موادی که IRAC آنها را در گروه B2 سرطان‌زها قرار داده است. -مواد خورنده ($PH < ۳$ یا $PH > ۱۲$) و مواد حساس کننده دستگاه تنفسی و ...	تولون، گزین، اتیل بنزن، آمونیاک، بوتانول، استالید، آنیلین، آنتیموان
۴	-موادی که امکان سرطان‌زایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراژون (ناقصه الخلقه زایی) آنها بر طبق مطالعات انجام شده روی حیوانات بیش‌تر از دسته قبلی است. -موادی که ACGIH آنها را در طبقه A2 سرطان‌زها قرار داده است. -گروه A2 در طبقه IRAC -مواد خیلی خورنده ($PH < ۲$ یا $PH > ۱۴$ یا $PH < ۱۱/۵$)	فرمالدئید، کادمیوم، متیلن کلراید، اتیلن اکساید، آکریلونیتریل
۵	-موادی که اثر سرطان‌زایی، موتاژنی تراژونی آنها شناخته شده است. -موادی که ACGIH آنها را در طبقه A1 سرطان‌زها قرار داده است. -گروه ۱ در طبقه IRAC -مواد شیمیایی خیلی سمی	بنزن، بنزیدین، سرب، سیلیس، آرسنیک، برلیوم، برومین، ونیل کلراید، جیوه

استفاده در واحد، درجه خطر (HR) (Hazard Rate) هر کدام از آنها با توجه به میزان سمیت یا مخاطرات ناشی از این مواد از طریق اثرات سمی یا عوارض زیان آور ماده شیمیایی (جدول ۱) تعیین گردید (۲۶).

پس از تعیین درجه خطر، درجه مواجهه ER (Exposure Rate) هر کدام از آلاینده‌ها با استفاده از سطح مواجهه واقعی (نتایج اندازه‌گیری آلاینده) و نیز حدود تماس قابل قبول به دست می‌آید (۲۶). میانگین مواجهه هفتگی با مواد شیمیایی با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید:

$$E = \frac{F \times D \times M}{W}$$

E: میزان مواجهه هفتگی (پی پی ام یا میلی گرم بر متر مکعب)

F: تعداد دفعات مواجهه در هفته
M: میزان مواجهه (پی پی ام یا میلی گرم بر متر مکعب)
W: میانگین ساعت کاری در هفته (۴۰ ساعت)
D: میانگین زمان هر مواجهه (ساعت)
از تقسیم میزان مواجهه هفتگی E بر حد تماس قابل قبول PEL میزان درجه مواجهه ER از طریق جدول ۲ به دست می‌آید.

جدول ۲. تعیین درجه مواجهه براساس تراکم اندازه‌گیری شده (۲۶)

< ۰/۱	۱
۰/۱ تا < ۰/۵	۲
۰/۵ تا < ۱	۳
۱ تا < ۲	۴
≥ ۲	۵

سالن رنگ، لزوم ارزیابی ریسک نسبی سرطان خون ناشی از مواجهه با بنزن اهمیت می‌یابد. ریسک نسبی (Relative Risk) ابتلا به سرطان خون به صورت نسبت احتمال وقوع سرطان گروه مواجهه با بنزن (مورد) نسبت به گروه مواجهه نیافته با این ماده شیمیایی تعریف می‌گردد (۲۷).

$$RR = \frac{P \text{-expose}}{P \text{ non-expose}}$$

در این مطالعه، جهت تعیین مواجهه تجمعی (P-expose)، حداکثر زمانی را که یک کارگر در کل دوره کاری خود ممکن است با بنزن مواجهه داشته باشد (۳۰ سال) را در میزان مواجهه با بنزن (PPM) ضرب شده (۲۷، ۲۸). سپس ریسک نسبی با استفاده از جدول ۴ به دست آمد.

در انتها داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها با مقادیر استاندارد (TLV) از آزمون تی تست استفاده شد. سطح معنی داری آزمون ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

الف) مواجهه با BTEX

تعداد کل نمونه‌های اندازه‌گیری شده از ترکیبات آلی فرار ۴۰ نمونه بود. میانگین تراکم وزنی- زمانی (TWA) بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در

PEL: حد تماس قابل قبول یا میانگین وزنی- زمانی (TLV-TWA)

پس از تعیین درجه خطر مواد شیمیایی (HR) و درجه مواجهه با مواد شیمیایی (ER)، سطح ریسک (Risk Level) محاسبه گردید.

$$Risk \ Level = \sqrt{HR \times ER}$$

پس از تعیین سطح ریسک برای هر یک از آلاینده‌های مورد بررسی، برای رتبه بندی هر یک از مواد به منظور طراحی اقدامات کنترلی، رتبه بندی ریسک با استفاده از جدول رتبه ریسک به دست آمد.

د) برآورد ریسک ابتلا به سرطان خون

با توجه به این که بنزن از جمله آلاینده‌هایی است که مواجهه مزمن با این آلاینده سبب ایجاد آنمی، تغییرات هماتولوژیکی و سرطان خون می‌شود (۱۴، ۱۵، ۱۷)، هم‌چنین به دلیل فرار بودن این ماده و وجود آن در هوای منطقه تنفسی کارکنان

جدول ۳. رتبه بندی ریسک

رتبه ریسک	نمره ریسک
ناچیز	۰-۱/۷
پایین	۱/۷-۲/۸
متوسط	۲/۸-۳/۵
بالا	۳/۵-۴/۵
خیلی بالا	۴/۵-۵

جدول ۴. ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون (لوسمی) (۲۷)

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

منطقه تنفسی کارکنان در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مواجهه با اتیل بنزن $45/8 \pm 8/5$ پی پی ام می‌باشد. نتایج آزمون‌های آماری اختلاف معنی داری بین تراکم بنزن در منطقه تنفسی کارکنان با مقادیر مجاز $0/5$ پی پی ام را نشان داد ($P = 0/004$).

ب) مواجهه با سیلیس آزاد

حد آستانه مجاز (TLV) برای سیلیس آزاد توسط مجمع متخصصین بهداشت صنعتی دولت آمریکا (ACGIH) برابر $0/025$ میلی گرم بر متر مکعب (۲۹) اعلام شده است. تعداد کل نمونه‌های اندازه‌گیری از سیلیس آزاد در منطقه تنفسی کارکنان ۶ نمونه می‌باشد. میانگین تراکم سیلیس آزاد در منطقه تنفسی کارکنان $0/017 \pm 0/02$ میلی گرم بر متر مکعب است که حداقل و حداکثر تراکم به ترتیب برابر $0/007$ و $0/06$ میلی گرم بر متر مکعب می‌باشد.

ج) ارزیابی ریسک بهداشتی

با توجه به روش ارزیابی ریسک مذکور تعداد ۵ آلاینده در منطقه تنفسی کارکنان شاغل در صنعت خودروسازی مورد ارزیابی ریسک قرار گرفت. با توجه به جدول ۶ ماده سیلیس و بنزن با کسب ضریب ریسک $3/87$ دارای رتبه ریسک بالا، اتیل بنزن و زایلن با کسب ضریب ریسک ۳ دارای رتبه ریسک متوسط و تولوئن با ضریب ریسک $1/73$ دارای رتبه ریسک پایین می‌باشد. بنزن و سیلیس با ضریب مخاطره ۵ و به علت گروه بندی در گروه A1 مجمع متخصصین بهداشت صنعتی دولت آمریکا (ACGIH) به عنوان مخاطره‌آمیزترین مواد در صنعت خودروسازی شناسایی گردید. همچنین کم خطرترین ماده شیمیایی در صنعت مورد نظر مربوط به تولوئن با سطح ریسک $1/73$ می‌باشد.

د) ارزیابی نسبی ریسک ابتلا به سرطان خون

با توجه به این‌که بنزن از سوی بسیاری از سازمان‌های معتبر همچون EPA، ACGIH و IARC

جدول ۵. میانگین تراکم وزنی-زمانی اندازه‌گیری بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در منطقه تنفسی کارکنان

آلاینده	میانگین تراکم وزنی-زمانی (انحراف معیار)	حداکثر - حداقل
بنزن (پی پی ام)	$0/77 \pm 0/12$	$0/54 - 0/96$
تولوئن (پی پی ام)	$1/2 \pm 2/08$	$0 - 6/08$
اتیل بنزن (پی پی ام)	$45/8 \pm 8/5$	$39 - 60$
زایلن (پی پی ام)	$42/5 \pm 23/9$	$4/05 - 67$

جدول ۶. سطح ریسک و رتبه ریسک آلاینده‌های موجود در صنعت خودروسازی مورد مطالعه

آلاینده	درجه خطر (HR)	درجه مواجهه (ER)	سطح ریسک	رتبه ریسک
سیلیس	۵	۳	$3/87$	بالا
بنزن	۵	۳	$3/87$	بالا
تولوئن	۳	۱	$1/73$	پایین
اتیل بنزن	۳	۳	۳	متوسط
زایلن	۳	۳	۳	متوسط

به عنوان سرطان زای قطعی خون طبقه بندی شده است (۵، ۳۲-۳۰) و نیز با توجه به مشخص شدن بنزن به عنوان یکی از مخاطره آمیز ترین مواد در صنعت مورد نظر، تصمیم گرفته شد تا ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون برای کارکنان در مواجهه با بنزن محاسبه گردد. با توجه به این موضوع که میانگین تراکم بنزن در منطقه تنفسی کارکنان برابر ۰/۷۷ پی پی ام می‌باشد، مواجهه تجمعی کارکنان برابر ۲۳/۱ پی پی ام در سال بوده و ریسک نسبی ابتلا به سرطان خون کارکنان مواجهه یافته با بنزن برابر ۱/۱ می‌باشد.

نتایج آزمون‌های آماری اختلاف معنی داری بین مواجهه با آلاینده‌ها و سن افراد را نشان داد ($P=0/0001$). همچنین نتایج آزمون‌های آماری اختلاف معنی داری بین مواجهه با آلاینده‌ها و سابقه کار افراد را مشخص کرد ($P=0/0001$).

بحث و نتیجه گیری

ارزیابی ریسک می‌تواند جهت تصمیم‌گیری برای حفاظت از محیط زیست و همچنین ارزیابی اثرات محیط زیستی (EIA) ابزاری موثر واقع شود (۲۲، ۳۳). همان‌طور که مشاهده می‌شود کارکنان واحد مورد بررسی در معرض ۵ آلاینده بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن و سیلیس قرار دارند. Lemer و همکارانش در کشور آرژانتین نشان داده اند که از میان ۲۳ ترکیب شناسایی شده غلظت بنزن در قسمت نقاشی خودرو بیش‌تر از دیگر مکان‌ها می‌باشد (۳۴). نکته حایز اهمیت در مطالعه حاضر بالا بودن غلظت بنزن در منطقه تنفسی کارکنان رنگ کار با ۰/۷۷ پی پی ام در فصل زمستان می‌باشد که در مقایسه با حد آستانه مجاز تقریباً ۱/۵۴ برابر است، بدین معنی که غلظت آلاینده بنزن در این واحد ۱/۵۴ برابر حد مجاز توصیه شده از سوی ACGIH می‌باشد. ساعت کاری کارکنان رنگ کار این مطالعه در هر روز با احتساب یک ساعت

استراحت خارج از محیط کار، حدود ۱۰ ساعت کاری در محیط کار می‌باشد. Wagstaff و همکارانش در سال ۲۰۱۱ در نروژ نشان دادند که ساعات طولانی کار اثرات مضر و قابل توجهی بر روی سلامت کارکنان دارد (۳۵). از بین مواد، ریسک مربوط به سیلیس و بنزن نسبت به بقیه آلاینده‌ها بالاتر بوده و با توجه به این‌که بنزن قادر به ایجاد لوسمی حتی در مقادیر اندک می‌باشد (۳۶)، سیلیس نیز از سوی بسیاری از سازمان‌های معتبر هم‌چون ACGIH و IARC به عنوان سرطان زای قطعی ریه طبقه بندی شده است (۳۷). در این خصوص می‌توان انجام اقدامات اصلاحی و نیز آموزش کافی جهت کاهش زمان مواجهه با آلاینده‌های خطرناک را پیشنهاد نمود. با توجه به بالا بودن میزان تراکم آلاینده بنزن از حد مجاز (۰/۷ پی پی ام) درجه خطر بالای این ماده، می‌توان با جایگزینی این ماده با ماده ای کم خطر تر، اقدامات مهندسی و نیز اقدامات مدیریتی ریسک آلاینده مورد نظر را به طور چشم‌گیری کاهش داد. در مطالعه حاضر بنزن و سیلیس دارای ریسک بالا، اتیل بنزن و زایلن دارای ریسک متوسط و تولوئن دارای کم‌ترین رتبه ریسک می‌باشد. در مطالعه ای که توسط جواد ملکوتی در سال ۱۳۸۹ با هدف بررسی ارزیابی ریسک مواجهه شغلی کارکنان با عوامل شیمیایی در ایران انجام شد، مشخص گردید که پر ریسک ترین مواجهه‌ها مربوط به آزمایش‌گاه‌های دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم اعصاب و دانشکده پزشکی و کم ریسک ترین مواجهه مربوط به گروه ایمونولوژی در دانشکده پزشکی بود (۳۸). در مطالعه ای که توسط جهانگیری و همکارانش با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی در یک صنعت پتروشیمی انجام گرفت، نشان داده شد که کارکنان واحد مخازن صنعت پتروشیمی در طول فعالیت کاری خود با ۱۰ ماده شیمیایی مواجهه دارند که از بین مواد فوق رتبه ریسک مواجهه با ماده اپی

کلروهیدرین در دو شغل بهره بردار مخازن و یوتولیتی و تعمیرات بالاترین رتبه ریسک مواجهه و ماده استن کمترین رتبه ریسک را به خود اختصاص می‌دهد (۳). Lan و همکارانش در دانشگاه کالیفرنیا نشان دادند که بنزن حتی در غلظت‌های کم‌تر از استاندارد شغلی ایالت متحده آمریکا نیز می‌تواند سبب سمیت خونی و ایجاد تغییرات هماتولوژیک شود (۳۹). براساس نتایج ارائه شده از سوی محققین نمی‌توان هیچ غلظتی از بنزن را به عنوان غلظت ایمن و بی خطر در نظر گرفت (۴۰). با توجه به احتمال برآورد ریسک نسبی به دست آمده برای بخارات بنزن، ریسک نسبی سرطان خون برای کارکنان این واحد برابر ۱/۱ است، به عبارت دیگر ریسک ابتلا به سرطان خون و لوسمی در کارکنان مواجهه با بنزن ۱/۱ برابر بیش‌تر از گروه فاقد مواجهه با بنزن می‌باشد. مطالعات نشان داده اند که با افزایش مواجهه تجمعی کارکنان با بخارات بنزن، ریسک ابتلا به سرطان خون افزایش می‌یابد (۲۷، ۴۱). در مطالعه ای که توسط Tunsaringkam و همکارانش با هدف بررسی ریسک سرطان زایی بنزن، فرمالدئید و استالدهید در جایگاه‌های عرضه سوخت در سال ۲۰۱۲ در کشور تایلند انجام شد، مشخص گردید کارکنانی که در مواجهه با تراکم بنزن هستند نسبت به فرمالدئید، مانس بیش‌تری برای ابتلا به سرطان دارند (۴۲). Da-naei و همکارانش نشان دادند که بالاترین درصد (۳۹٪) از مرگ‌های ناشی از سرطان در جهان را کشورهای اروپایی و آسیایی به خود اختصاص داده اند، به طوری که ۱/۶ میلیون از مرگ‌های ناشی از سرطان را مردان و ۰/۸۳ میلیون از مرگ‌ها مربوط به زنان می‌باشند (۴۳). یافته‌های این مطالعه اختلاف معنی داری بین مواجهه کارکنان با آلاینده‌ها با سن و سابقه کار نشان داد، به طوری که با افزایش سن و سابقه کار میزان مواجهه کاهش می‌یابد و این نشان دهنده جوان بودن و تجربه کم افراد با مواجهه بالا می‌باشد. Chue و همکارانش در

فرانسه نشان داده اند که افراد جوان و دارای سابقه پایین در معرض آسیب‌های شغلی مختلفی قرار می‌گیرند (۴۴). بنابراین می‌توان بیان کرد که یکی از علل عمده بالا بودن میزان مواجهه با آلاینده‌های مورد نظر در افراد با سن و سابقه کاری پایین، نداشتن مهارت کافی، هم‌چنین طی نکردن دوره‌های آموزشی لازم در شغل مورد نظر می‌باشد. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که سن و سابقه کار می‌تواند در کاهش مواجهه با مواد شیمیایی تاثیرگذار باشد. در مطالعه ای که توسط ملکوتی و همکارانش با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی در شهر قم انجام گرفت، مشخص گردید که افراد با میانگین سن بالاتر و سابقه کار پایین‌تر، از مواجهه بیش‌تری در مقایسه با میانگین سن پایین‌تر و سابقه کار بیش‌تر، برخوردار هستند (۴۵). از جمله مزایای مطالعه حاضر می‌توان به رتبه بندی و اولویت بندی خطرات آلاینده‌های موجود در منطقه تنفسی کارکنان صنعت خودروسازی اشاره نمود. برنامه‌های آموزشی موثر می‌تواند نقش مهمی در کاهش ریسک‌های بهداشتی و پیاده سازی اقدامات کنترلی داشته باشد (۲۲، ۴۶). اقدامات کنترلی از قبیل حذف، جایگزینی، کنترل‌های مهندسی و کنترل‌های مدیریتی به منظور کنترل آلاینده‌هایی که دارای ریسک بالایی هستند پیشنهاد می‌گردد. از آن‌جا که امکان حذف بنزن از منبع تولید میسر نیست، بنابراین اقدامات کنترل مدیریتی می‌تواند در کاهش تجمع بنزن در بدن افراد و نیز به تبع آن کاهش اثرات مزمن این ماده روشی موثر باشد.

تشکر و قدردانی

محققین از مدیریت و مسوولین محترم واحد ایمنی و بهداشت صنعت خودروسازی مورد مطالعه به خاطر مساعدت و همکاری در این تحقیق مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

REFERENCES

- Man, A.B.C. and D. Gold, Safety and health in the use of chemicals at work: A training manual. 1993: International Labour Organization.
- Negahban, A.R., et al., Evaluating Occupational Exposure to Carcinogenic Volatile Organic Compounds in an Oil-Dependent Chemical Industry: a Case Study on Benzen and Epichlorohydrin. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*, 2014. 1(1): p. 36-46.
- Jahangiri, M. and M. Parsarad, Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry. *Iran Occupational Health*, 2010. 7(4): p. 18-24.
- Fabrizi, G., M. Fioretti, and L.M. Rocca, Occupational exposure to complex mixtures of volatile organic compounds in ambient air: desorption from activated charcoal using accelerated solvent extraction can replace carbon disulfide? *Analytical and bioanalytical chemistry*, 2013. 405(2-3): p. 961-976.
- Guo, H., et al., Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. *Environmental Research*, 2004. 94(1): p. 57-66.
- Ismaeilimoghadam, s., et al., evaluation of effect of nano sio₂ on the physical, mechanical and morphological properties of hybrid nano composite from polypropylene-wood flour. 2015.
- Mehdi Jalali, e.a., Health risk assessment of exposure to BTEX compounds Jayga gasoline fuel distribution chicks in Mashhad. *Journal of Neyshabur University of Medical Sciences*, 2014.(Persian)
- Naghizadeh, A., et al., Determination the Level of Dust and Free Silica in Air of Khaf Iron Stone Quarries. *Iranian Journal of Health and Environment*, 2008. 1(1): p. 37-44.
- (OSHA), O.S.a.H.A., Regulated Hazardous Substances US Department of Labor., 2012.
- Maghsoodi Moghadam, R., et al., Investigation of qualitative and quantitative of volatile organic compounds of ambient air in the Mahshahr petrochemical complex in 2009. *Journal of research in health sciences*, 2013. 13(1): p. 69-74.
- Chan, D.W., C.S. Tam, and A. Jones, An inter-comparison of VOC types and distribution in different indoor environments in a university campus. *Indoor and Built Environment*, 2007. 16(4): p. 376-382.
- Fromme, H., et al., Indoor air contamination during a waterpipe (narghile) smoking session. *Food and Chemical Toxicology*, 2009. 47(7): p. 1636-1641.
- Thepanondh, S., et al., Airborne volatile organic compounds and their potential health impact on the vicinity of petrochemical industrial complex. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2011. 214(1-4): p. 83-92.
- Aksoy, M., Ş. Erdem, and G. DinÇol, Leukemia in shoe-workers exposed chronically to benzene. *Blood*, 1974. 44(6): p. 837-841.
- Hayes, R.B., et al., Benzene and the dose-related incidence of hematologic neoplasms in China. *Journal of the National Cancer Institute*, 1997. 89(14): p. 1065-1071.
- Li, K., et al., Increased leukemia-associated gene expression in benzene-exposed workers. *Scientific reports*, 2014. 4.
- Schnatter, A.R., K. Rosamilia, and N.C. Wojcik, Review of the literature on benzene exposure and leukemia subtypes. *Chemico-Biological Interactions*, 2005. 153: p. 9-21.
- Yimrungruang, D., et al., Characterization and health risk assessment of volatile organic compounds in gas service station workers. *Environment Asia*, 2008. 2: p. 21-29.
- Majumdar, D., et al., Source apportionment of VOCs at the petrol pumps in Kolkata, India; exposure of workers and assessment of associated health risk. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2008. 13(8): p. 524-530.
- Carere, A., et al., Genetic effects of petroleum fuels: II. Analysis of chromosome loss and hyperploidy in peripheral lymphocytes of gasoline station attendants. *Environmental and molecular mutagenesis*, 1998. 32(2): p. 130-138.
- Guénel, P., et al., Leukemia in relation to occupational exposures to benzene and other agents: A case-control study nested in a cohort of gas and electric utility workers. *American journal of industrial medicine*, 2002. 42(2): p. 87-97.
- Heydari, M., M. Omidvari, and I. Fam, Presenting of a material exposure health risk assessment model in Oil and Gas Industries (case study: Pars Economic and Energy Region). *Journal of Health and Safety at Work*,

2014. 3(4): p. 11-22.
23. A., N., Determining the Risk of Occupational Exposure to Benzene and Toluene among Gasoline Station Workers, a Case Study in Kerman. *Occupational Medicine Quarterly Journal*, 2015; 7(2): 57-63.
 24. S., P., *Occupational Health*. 1th ed. London: Chapman & Hall 1995: p. 157.
 25. McKenzie, L.M., et al., Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources. *Science of the Total Environment*, 2012. 424: p. 79-87.
 26. A Semi-Quantitative Method to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemicals MINISTRY OF MANPOWER Occupational Safety and Health Division.
 27. Golbabaie, F., et al., Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. *Iran Occupational Health*, 2012. 9(3).
 28. Crump, K.S., Risk of benzene-induced leukemia predicted from the Pliofilm cohort. *Environmental health perspectives*, 1996. 104(Suppl 6): p. 1437.
 29. Lee, T., et al., Performance of high flow rate samplers for respirable particle collection. *Annals of Occupational Hygiene*, 2010: p. meq050.
 30. Kim, J.-A., et al., Evaluation of formaldehyde and VOCs emission factors from paints in a small chamber: The effects of preconditioning time and coating weight. *Journal of hazardous materials*, 2011. 187(1): p. 52-57.
 31. Lovreglio, P., et al., Assessment of Environmental Exposure to Benzene: Traditional and New Biomarkers of Internal Dose. 2011: INTECH Open Access Publisher.
 32. Ryzkowski, J., *Polish journal of environmental studies. Applied Catalysis A: General*, 1993. 106(1): p. N3-N4.
 33. Demidova, O. and A. Cherp, Risk assessment for improved treatment of health considerations in EIA. *Environmental Impact Assessment Review*, 2005. 25(4): p. 411-429.
 34. Lerner, J.C., et al., Characterization and health risk assessment of VOCs in occupational environments in Buenos Aires, Argentina. *Atmospheric environment*, 2012. 55: p. 440-447.
 35. Wagstaff, A.S. and J.-A.S. Lie, Shift and night work and long working hours-a systematic review of safety implications. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 2011: p. 173-185.
 36. Rinsky, R.A., Benzene and leukemia: an epidemiologic risk assessment. *Environmental health perspectives*, 1989. 82: p. 189.
 37. VAN-WENDEL-DE-JOODE, B., et al., DREAM: a method for semi-quantitative dermal exposure assessment. *Annals of Occupational Hygiene*, 2003. 47(1): p. 71-87.
 38. Malakouti, J., M. Rezazade Azari, and A. Goneh Farahani, Occupational exposure risk assessment of researchers to harmful chemical agents. *The Medical Journal of Military Medicine*, 2010. 13(3-4): p. 31-5.
 39. Lan, Q., et al., Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. *Science*, 2004. 306(5702): p. 1774-1776.
 40. Neghab, M., K. Hoseinzadeh, and J. Hasanzadeh, Assessment of Hematotoxic effects of occupational exposure to unleaded petrol. *Iran Occupational Health*, 2013. 9(4): p. 1-12.
 41. Rolle-Kampczyk, U.E., et al., Passive smoking, excretion of metabolites, and health effects: results of the Leipzig's Allergy Risk Study (LARS). *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 2002. 57(4): p. 326-331.
 42. Tunsaringkarn, T., et al., Cancer risk analysis of benzene, formaldehyde and acetaldehyde on gasoline station workers. *Journal of Environmental Engineering and Ecological Science*, 2012. 1(1): p. 1.
 43. Danaei, G., et al., Causes of cancer in the world: comparative risk assessment of nine behavioural and environmental risk factors. *The Lancet*, 2005. 366(9499): p. 1.1793-784.
 44. Chau, N., et al., Roles of age, length of service and job in work-related injury: a prospective study of 446 120 person-years in railway workers. *Occupational and environmental medicine*, 2010. 67(3): p. 147-153.
 45. Malakouti, J., et al., Health risk assessment of occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories of Qom University of Medical Sciences. *Iran Occupational Health*, 2014, 11.2.
 46. Hong, Y.-J., et al., Developing a safety and health training model for petrochemical workers. *The Kaohsiung journal of medical sciences*, 2004. 20(2): p. 56-61.

Risk assessment of chemical pollutants in an automobile manufacturing

*Bahram Harati*¹, *Seyed Jamaledin Shahtaheri*^{2,*}, *Ali Karimi*³, *Kamal Azam*⁴,
*Alireza Ahmadi*⁵, *Maryam Afzali Rad*⁶, *Ali Harati*⁷

¹ M.Sc., Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁵ B.Sc. of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁶ B.Sc. of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁷ B.Sc. of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Islamic Azad University, Boroujerd Branch, Boroujerd, Iran

Abstract

Introduction: In recent years, many national and international expert groups have considered specific improvements in risk assessment of chemical pollutants. This study considered to assess the risk of workers exposure to air pollutants in an automobile manufacturing in order to evaluate the health risk assessment due to the inhalation exposure.

Material and Method: To perform this study, a cross-sectional research was done in 2016. Methods number 1501 and 7602 of the National Institute of occupational safety and Health (NIOSH) were used for sampling and analysis of compounds BTEX and silica in the air. A total of 40 samples of compound BTEX were taken and analyzed by Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID). A total of 6 samples of silica were collected during the campaign. Silica analyses were performed by using visible spectrophotometry. Risk ranking was calculated using the hazard and exposure rate. Finally, the relative risk of blood cancer caused by exposure to benzene was estimated.

Result: The result demonstrated that, workers were exposed to 5 chemicals including silica, benzene, toluene, ethyl-benzene, and xylene during their work in manufactory. Among the pollutants in the breathing zone of workers, Silica and benzene were hazardous chemicals at high risk level. Following the estimation of relative risk of blood cancer caused by exposure to benzene, workers cumulative exposure to benzene was obtained to be 23.1 ppm per year and the capture relative risk was 1.1. The consequence demonstrated that, significant relationships were seen between workers exposure to benzene and both age and work experience, so that degree of exposure decreased steadily with increasing age and experience ($P < 0.001$).

Conclusion: This research demonstrated that, benzene and silica in the automobile manufacturing were the highest risk. Also, painting hall workers, at automobile manufacturing, were directly exposed to the blood cancer risk of benzene.

Key words: *Health Risk Assessment, Silica, Compound BTEX, Automobile Manufacturing*

* Corresponding Author Email: shahtaheri@tums.ac.ir