



ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با ترکیبات BTEX جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین شهر مشهد

مهدی جلالی^۱، سمیه جلالی^۲، مسعود شفیعی مطلق^۱، حسین مردی^۳، سید امیر رضا نگهبان^۱،
وحدت فرجی طومار کندی^۱، محمد جهانگیری^{۱*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران
۲- کارشناس بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۷

چکیده

مقدمه و هدف:

افراد بی‌شماری در سراسر جهان در مشاغل مختلف با مواد شیمیایی متنوعی در تماس می‌باشند. هدف این مطالعه ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با مواد فرار موجود در بنزین در کارکنان شاغل در جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین شهر مشهد به منظور ارائه راهکارهای کنترلی انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها:

این مطالعه به صورت مقطعی و در ۲۰ جایگاه توزیع سوخت بنزین واقع در شهر مشهد در ۶ ماهه اول ۱۳۹۱ انجام پذیرفت. به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی از روش ارائه شده واحد ایمنی و بهداشت وزارت کار سنگاپور استفاده گردید. برای این منظور ابتدا وظایف شغلی و فرآیندهای شغلی تعیین و درجه خطر (HR) و درجه مواجهه (ER) کارکنان با هریک از مواد شیمیایی مورد بررسی تعیین گردید. در نهایت با قرار دادن این دو پارامتر در فرمول نهایی، سطوح ریسک برای هریک از مواد بدست آمد.

نتایج:

نتایج مطالعه نشان داد بیشترین ریسک بهداشتی در وهله اول مربوط به شغل پمپ‌چی و مواجهه با بنزن می‌باشد ($risk = 4/36$) و در مرحله بعد نیز بیشترین ریسک با بنزن و در شغل تخلیه چی به دست آمد ($risk = 4/26$).

نتیجه‌گیری:

نتایج نشان داد که پرسنل شاغل در جایگاه‌های توزیع سوخت بنزین در سطوح بالایی در مواجهه با ترکیبات فرار موجود در بنزین می‌باشند. استفاده از اقدامات کنترلی مانند نصب سیستم بازیافت بخارات، تعمیر و نگهداری مناسب تجهیزات توزیع سوخت و همچنین طراحی اتاقک مخصوص برای پمپ‌چی ممکن است به میزان قابل توجهی باعث کاهش ریسک مواجهه با این ترکیبات گردد.

کلیدواژه‌ها:

ارزیابی ریسک بهداشتی، مواجهه شغلی، ترکیبات BTEX، جایگاه‌های عرضه سوخت بنزین

مقدمه:

بسیاری از افراد و متعاقب آن اثرات جبران ناپذیر بر سلامت آنان در مشاغل گوناگون می‌گردد^(۱-۴). بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes (BTEX) از جمله ترکیبات آلی فرار می‌باشند که دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابهی بوده و در بین این ترکیبات، از اهمیت بیشتری برخوردارند. این مواد از اجزاء اصلی تشکیل دهنده بنزین و از اصلی‌ترین حلال‌های مورد

افراد بی‌شماری در سراسر جهان در مشاغل مختلف با مواد شیمیایی متنوعی در تماس می‌باشند. مواجهه با این مواد می‌تواند منجر به اثرات بهداشتی متعددی بر افراد گردد^(۵). از میان این مواد، ترکیبات آلی فرار یکی از عوامل اصلی آلوده کننده هوا بوده و به علت سرعت تبخیر بالا و انتشار سریع در محیط پیرامون، باعث مواجهه

* نویسنده مسؤول: محمد جهانگیری، همدان، خیابان شهید حسین فهمیده،
روبروی پارک مردم، دانشگاه علوم پزشکی همدان
Email: m.jalali@umsha.ac.ir

استفاده در صنایع می باشند^(۴).

بنزین ترکیب پیچیده‌ای از مواد با جرم مولکولی پایین می باشد. اجزاء اصلی بنزین عبارتند از: ایزو آلکانها، هیدروکربنهای حلقوی، آلکنها، هیدروکربنهای آروماتیک آلکیل، نسبت کمی از هیدروکربنهای آروماتیک دو حلقه‌ای و ترکیبات اکسیژنه شده مثل اتانول، متانول، MTBE و همچنین مقادیر کمی از افزودنیهای بهبود دهنده کیفیت محصول^(۵). BTEX ها بخشی از ترکیبات آروماتیک و جزء اصلی آن می باشند و به عنوان خطرناک ترین مواد موجود در بنزین شناخته شده اند و طبق نظر سازمان های، (Iarc-International Agency For Research on Cancer (IARC) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) و Environmental Protection Agency (EPA) بنزن موجود در آن می تواند باعث ایجاد سرطان گردند^(۶). به طور کلی ۱۸٪ از ترکیبات موجود در بنزین از نوع BTEX ها بوده و از کل این BTEX، ۱۱٪ بنزن، ۲۶٪ تولوئن، ۱۱٪ اتیل بنزن و ۵۲٪ زایلین (مجموع ایزومرهای آن شامل پارا، متا و اورتو زایلین) می باشد^(۷). مواجهات کوتاه مدت با این ترکیبات باعث اثراتی مثل تحریک و حساس شدن پوست، مشکلات سیستم اعصاب مرکزی (خستگی، سردرد، سرگیجه و از دست دادن تعادل) می گردد. همچنین در مواجهات طولانی مدت، علاوه بر مشکلات ذکر شده می توانند باعث اثر بر کلیه، کبد و خون گردد^(۸-۷).

از جمله مشاغلی که در سطوح بالایی با ترکیبات BTEX در تماس می باشند افراد شاغل در جایگاه های توزیع سوخت می باشند^(۹-۶،۴،۱،۹-۱۴). افزایش توزیع بنزین در جایگاه های سوخت گیری طی سالهای اخیر، باعث مواجهه بالای کارکنان این ایستگاه ها با ترکیبات بنزین گردیده است^(۱۵). با توجه به مطالعات اپیدمیولوژیکی صورت گرفته میزان بالایی از مرگ و میر ناشی از سرطان در شاغلین جایگاه های سوخت گیری گزارش گردیده است^(۱۶-۱۷). این افراد در هنگام سوخت گیری وسایل نقلیه، تخلیه بنزین از تانکر به داخل مخازن جایگاه های توزیع سوخت، تمیز کردن حوضچه مخازن و همچنین بازدید دستگاه ها و تجهیزات، از طریق استنشاقی، پوستی و خوراکی با سطوح بالایی از ترکیبات BTEX در تماس می باشند^(۱۶). که در این بین مواجهه استنشاقی، مهمترین راه مواجهه افراد با این ترکیبات می باشد^(۱۸). در رابطه با بررسی مواجهه شغلی شاغلین جایگاه های توزیع سوخت با ترکیبات فرار بنزین مطالعاتی در سطح داخلی و بین المللی انجام پذیرفته است. از جمله مطالعات داخلی می توان به دو مطالعه ای که توسط بهرامی و همکاران و با هدف تعیین مواجهه شاغلین جایگاه های توزیع سوخت بنزین داخل کشور با بنزن انجام پذیرفت، اشاره نمود. در این مطالعات مشخص شد که مواجهه شغلین با بنزن دارای سطوح بالاتر از حدود مجاز توصیه شده می باشد^(۱۹-۲۰). همچنین طبق گزارش ارزیابی ریسک بنزن ارائه شده توسط اتحادیه اروپا، مواجهه با بنزن در جایگاه های توزیع سوخت طی مطالعات مختلف در مقادیر بین ۳ mg/m^۳ تا ۰/۰۰۱ گزارش گردیده بود که با توجه به استاندارد آن (۳/۵ mg/m^۳)، این مقادیر نگران کننده می باشد. مطابق با این گزارش، مواجهه با بنزن در جایگاه های مجهز به سیستم باز یافت بخارات در مقدار کمتری نسبت به جایگاه

های فاقد این سیستم قرار داشت^(۲۱).

برای دستیابی به اهداف بهداشتی، فهم ارتباط میان مواجهه با ترکیبات سمی و ریسک های بهداشتی مرتبط با آنان ضروری است^(۲۲). برای تصمیم گیری در مورد اقدامات کنترلی و حفاظت کارکنان در برابر عوارض سوء ناشی از مواد شیمیایی، لازم است ریسک های بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد به طور اختصاصی مورد ارزیابی قرار گیرد^(۲۳). کلید و راه حل اصلی برای ارزیابی ریسک های مرتبط با مواجهه های شغلی و محیطی با مواد شیمیایی فرایند ارزیابی ریسک می باشد^(۲۴).

با توجه به مواجهه بالای افراد شاغل در جایگاه های سوخت گیری با ترکیبات BTEX و همچنین عدم انجام مطالعه ای در رابطه با ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با این ترکیبات در جایگاه های سوخت گیری کشور، این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با ترکیبات BTEX موجود در بنزین، در کارکنان جایگاه های توزیع سوخت بنزین شهر مشهد و به منظور ارائه راهکارهای کنترلی انجام گردید.

■ روش کار:

این مطالعه مقطعی در جایگاه های توزیع سوخت بنزین شهر مشهد و در ۶ ماهه اول ۱۳۹۱ انجام پذیرفت. پس از استعلام از پخش فرآورده های نفتی ناحیه مرکزی مشهد مشخص شد ۹۰ جایگاه زیر نظر این مرکز مشغول به فعالیت می باشند که از این تعداد، فقط ۲۰ جایگاه تک منظوره بوده و به صورت اختصاصی توزیع سوخت بنزین را انجام می دهند و بقیه جایگاه ها به صورت دو منظوره و همراه با بنزین، توزیع فرآورده هایی مانند Compressed Natural Gas (CNG) و نفت گاز را نیز انجام می دادند. در نتیجه با توجه به معیار ورود به مطالعه که ارزیابی در جایگاه های تک منظوره توزیع سوخت بنزین بود، مطالعه فقط بر روی ۲۰ جایگاه تک منظوره توزیع سوخت بنزین انجام پذیرفت. پس از تعیین جایگاه ها، اقدام به انجام ارزیابی ریسک بهداشتی ترکیبات مورد بررسی در جایگاه ها گردید. برای این منظور از روش ارائه شده توسط واحد ایمنی و بهداشت وزارت کار سنگاپور استفاده گردید^(۲۷). در ابتدا اقدام به تشکیل یک گروه کاری متشکل از سرپرست جایگاه های مورد بررسی، نماینده کارکنان و متخصص بهداشت حرفه ای و ایمنی گردید. ارزیابی اولیه نشان داد که ۱۷۰ پمپ در این جایگاه ها فعال بوده و در مجموع ۳۳۵ نفر در ۳ شغل پمپ چی (۲۹۵ نفر در ۳ شیفت ۸ ساعته)، تخلیه چی (۲۰ نفر در یک شیفت ۸ تا ۱۰ ساعته) و هوشمند (در یک شیفت ۸ ساعته) در این جایگاه ها مشغول به کار می باشند. در مرحله بعد و به منظور تعیین وظایف شغلی، مشاغل موجود به مراحل تشکیل دهنده کار شکسته شد. برای این منظور از روش آنالیز سلسله مراتبی وظیفه (Hierarchical Task Analysis (HTA) استفاده گردید^(۳۲). نتایج آنالیز سلسله مراتبی وظیفه در شکل ۱ ارائه گردیده است. سپس با توجه به مشخص بودن مواد شیمیایی مورد بررسی (BTEX) موجود در بنزین) اقدام به تعیین درجه خطر هر کدام از این ترکیبات گردید. درجه خطر (Hazard Rate): طبق روش ارائه شده توسط واحد



جدول ۱: تعیین درجه خطر از طریق اثرات سمی یا عوارض زیان آور مواد شیمیایی

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 سرطانها قرار داده است.	کلرید سدیم، بوتان، استات بوتیل، کربنات کلسیم
۲	- موادی که اثرات برگشت پذیر روی پوست، چشم و غشاء مخاطی دارند ولی اثراتشان آنقدر شدید نیست که بتواند اختلال جدی برانسان ایجاد کنند. - موادی که ACGIH آنها را در طبقه A4 سرطانها قرار داده است. - موادی که سبب ایجاد حساسیت و تحریک در پوست می شوند.	استون، بوتان، اسیداستیک (۱۰ درصد)، املاح باریوم و ...
۳	- موادی که احتمالاً برای انسان یا حیوان سرطانزا یا موتاژن هستند ولی اطلاعات کافی در این مورد وجود ندارد. - موادی که ACGIH آنها را در طبقه A3 سرطانها قرار داده است. - موادی که IARC آنها در گروه B2 قرار داده است. - مواد خورنده ($PH < 3$ یا $PH > 12$) و مواد حساس کننده دستگاه تنفسی و ...	تولون، گزین، اتیل بنزن، آمونیاک، بوتانول، استالدئید، آنیلین، آنتیموان
۴	- موادی که امکان سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراژوژنی (ناقص الخلقه زایی) آنها برطبق مطالعات انجام شده روی حیوانات بیشتر از دسته قبلی است. - موادی که سازمان ACGIH آنها را در طبقه A2 سرطانها قرار داده است. - گروه A2 در طبقه بندی IARC - مواد خیلی خورنده ($PH < 2$ یا $PH > 14$ یا $PH < 11/5$)	فرمالدئید، کادمیوم، متیلن کلراید، اتیلن اکساید، آکریلونیتریل
۵	- موادی که اثر سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراژوژنی (ناقص الخلقه زایی) آنها شناخته شده است. - موادی که ACGIH آنها را در طبقه A1 سرطانها قرار داده است. - گروه ۱ در طبقه بندی IARC - مواد شیمیایی خیلی سمی	بنزن، بنزیدین، سرب، آرسنیک، برلیوم، برومین، وینیل کلراید، جیوه

جدول ۲: تعیین درجه خطر از طریق سمیت حاد مواد شیمیایی

LD50 جذب شده از راه دهان mg/kg وزن بدن موش رات	LD50 جذب پوستی mg/kg وزن بدن موش رات	LC50 جذب شده از طریق استنشاق در موش رات mg/lit	LC50 جذب شده از راه استنشاق در موش رات mg/lit
> ۲۰۰۰	> ۲۰۰۰	> ۲۰	> ۵
۲۰۰ < LD ₅₀ < ۲۰۰۰	۴۰۰ < LD ₅₀ < ۲۰۰۰	۲ < LC ₅₀ < ۲۰	۱ < LC ₅₀ < ۵
۲۵ < LD ₅₀ < ۲۰۰	۵۰ < LD ₅₀ < ۴۰۰	۰/۵ < LC ₅₀ < ۲	۰/۲۵ < LC ₅₀ < ۱
LD ₅₀ < ۲۵	LD ₅₀ < ۵۰	LC ₅₀ < ۰/۵	LC ₅₀ < ۰/۲۵

میزان مورد استفاده ترکیبات BTEX در هفته با توجه به درصد وزنی این ترکیبات در هر لیتر بنزین و میزان بنزین فروخته شده (به لیتر) در طول هفته برآورد گردید. با توجه به عدم وجود مطالعه‌ای در رابطه با تعیین درصد BTEX موجود در بنزین تولیدی داخل کشور و همچنین عدم اعلام رسمی از طرف مراجع ذیصلاح، محاسبه درصد وزنی این ترکیبات با توجه به مقادیر ارائه شده در منابع لاتین به صورت زیر انجام پذیرفت:

بطور کلی ۱۸٪ از ترکیبات موجود در بنزین از نوع BTEX ها در نظر گرفته شد که از کل این BTEX، ۱۱٪ بنزن، ۲۶٪ تولوئن، ۱۱٪ اتیل بنزن و ۵۲٪ زایلن (مجموع ایزومرهای آن شامل پارا، متا و اورتو زایلن) می‌باشد (۷). برای مثال در ۱۰۰۰ لیتر بنزین، ۱۸۰ لیتر آن ترکیبات BTEX بوده و با توجه به درصد هریک از این ترکیبات میزان بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن به ترتیب از راست به چپ برابر با ۱۹/۸، ۴۶/۸، ۱۹/۸ و ۹۳/۶ لیتر خواهد بود. "مدت زمان مواجهه در هر هفته" برای هر شغل با توجه به مدت زمان حضور افراد در فاصله ۳ متر و کمتر از منبع سوخت بنزین (پمپ‌ها و مخازن در هنگام سوختگیری، تعمیرات و نظافت) در کلیه وظایف هر شغل تعیین گردید. امتیاز مربوط به اقدامات کنترلی نیز پس از ارزیابی جایگاه‌ها و با توجه به اقدامات کنترلی محدود، در کلیه موارد

ایمنی و بهداشت وزارت کار سنگاپور، درجه خطر را می‌توان با توجه به اثرات سمی مواد شیمیایی (جدول ۱) و یا از طریق دوز کشنده Lethal Dose (LD50) و غلظت کشنده Lethal Concentration (LC50) مواد شیمیایی (جدول ۲) تعیین نمود.

در این مطالعه اطلاعات مورد نیاز از طریق شناسنامه ایمنی مواد شیمیایی (Material Safety Data Sheet (MSDS به دست آمده و پس از تعیین درجه خطر با استفاده از هر دو جدول، بزرگترین عدد به عنوان مبنای درجه مواجهه در نظر گرفته شد و برای تک تک ترکیبات مورد بررسی ثبت گردید.

تعیین درجه مواجهه (Exposure Rate): طبق راهنمای ارائه شده توسط واحد ایمنی و بهداشت وزارت کار سنگاپور، درجه مواجهه را می‌توان با استفاده از اطلاعات موجود در رابطه با اندازه‌گیری غلظت مواد شیمیایی (نتایج پایش هوا) و یا با استفاده از جدول ۳ تعیین نمود. در مطالعه حاضر به دلیل عدم وجود نتایج اندازه‌گیری غلظت ترکیبات BTEX در جایگاه‌های مورد بررسی، درجه مواجهه با استفاده از جدول تعیین شاخص مواجهه (Exposure Inde) (جدول ۳) برای هر یک از مواد مربوطه بدست آمده و ثبت گردید. فاکتورهای فشار بخار و نسبت (Oder Threshold / Permissible Expoure Limit (OT / PEL هر ترکیب با توجه به مقادیر ارائه شده در MSDS هر ترکیب تعیین گردید.



شکل ۱: مشاغل و وظایف هر شغل (تعیین شده توسط آنالیز سلسله مراتبی وظایف)



جدول ۳: تعیین شاخص مواجهه

شاخص مواجهه	۱	۲	۳	۴	۵
فشار بخار اندازه ذرات برحسب قطر آئرودینامیک	کمتر از mmHg ۰/۱ ذرات درشت حجیم یا مواد مرطوب	۰/۱ تا ۱ mmHg مواد درشت و خشک	۱ تا ۱۰ mmHg ذرات کوچک و خشک بیشتر از ۱۰۰ μm	۱۰ تا ۱۰۰ mmHg مواد ریز و خشک ۱۰ تا ۱۰۰ μm	بیشتر از ۱۰۰ mmHg ذرات پودری، خشک و ریز کمتر از ۱۰ μm
نسبت OT/PEL	کمتر از ۰/۱	۰/۱ تا ۰/۵	۰/۵ تا ۱	۱ تا ۲	بیشتر از ۲
اقدامات کنترلی	کنترل کافی با تعمیر و نگهداری منظم	کنترل کافی با تعمیر و نگهداری نامنظم	کنترل کافی بدون تعمیر و نگهداری (گرد و غبار متوسط)	کنترل ناکافی (گرد و غبار زیاد)	بدون هیچ کنترل (گرد و غبار خیلی زیاد)
میزان مورد استفاده در هفته	میزان استفاده قابل صرف نظر است - کمتر از ۱ کیلوگرم یا لیتر	میزان مورد استفاده اندک است - ۱ الی ۱۰ کیلوگرم یا لیتر	میزان مصرف متوسط است - کارگران در مورد حمل و نقل مواد شیمیایی آموزش دیده اند. ۱۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم یا لیتر	میزان مصرف زیاد است - کارگران در مورد کار با مواد شیمیایی آموزش دیده اند - ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم یا لیتر	میزان مصرف زیاد است کارگران درمورد کار با مواد شیمیایی آموزش ندیده اند - بیشتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم یا لیتر
مدت زمان مواجهه در هفته	کمتر از ۸ ساعت	۸-۱۶ ساعت	۱۶-۲۴ ساعت	۲۴-۳۲ ساعت	۳۲-۴۰ ساعت

ریسک با توجه به درجه خطر ماده شیمیایی (HR) و درجه مواجهه (ER) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{Risk Level} = (\text{HR} + \text{ER})^{1/2}$$

رتبه بندی ریسک (Risk Rating): پس از مشخص شدن نمره ریسک برای هر یک از مواد مورد بررسی، برای رتبه بندی هر یک از مواد به

به صورت کنترل ناکافی (با نمره ۴) در نظر گرفته شد. در نهایت درجه مواجهه با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{ER} = [\text{EI}_1 \times \text{EI}_2 \times \text{EI}_3 \times \dots \times \text{EI}_n]^{1/n}$$

که در آن n تعداد فاکتورهای مواجهه مورد استفاده می باشد
تعیین سطح ریسک (Risk Level): در مرحله بعد نمره ریسک یا سطح

جدول ۴: 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

ساعت در هفته تعیین گردید. همچنین مدت مواجهه برای تخلیه چی ۲۰-۲۴ ساعت و برای هوشمند ۱۶-۱۲ ساعت در هفته تعیین شد. میزان فروش بنزین در جایگاه ها و مقادیر ترکیبات BTEX با توجه به درصد آنها در بنزین در جدول ۵ ارائه گردیده است. از بین این اطلاعات، مقادیر هر یک از ترکیبات BTEX موجود در بنزین فروخته شده در هفته برای تعیین "میزان مورد استفاده در هفته" با توجه به

منظور طراحی اقدامات کنترلی، رتبه بندی ریسک با استفاده از جدول رتبه ریسک به دست آمد (جدول ۴).

در نهایت با توجه به رتبه ریسک به دست آمده برای هر ترکیب و اولویت مشخص شده، اقدامات کنترلی لازم برای کاهش سطوح ریسک ارائه گردید.

یافته ها:

نتایج تجزیه و تحلیل وظایف افراد نشان داد که بیشترین مدت مواجهه در این جایگاه ها با توجه به وظایف، مربوط به پمپ چی و بیش از ۴۰

جدول ۵: میزان فروش بنزین (به لیتر) در جایگاهها و مقادیر ترکیبات BTEX (به لیتر) با توجه به درصد وزنی آنها در بنزین

۱ روز**	۱ هفته**	۱ ماه**	۶ ماه**	۶ ماه*	
۵۰۰۰۰	۳۷۵۰۰۰	۱۵۰۰۰۰۰	۹۰۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰۰۰	بنزین
۹۶۴۳	۶۷۵۰۰	۲۷۰۰۰۰	۱۶۲۰۰۰۰	۳۲۴۰۰۰۰	BTEX
۱۰۶۰	۷۴۲۴	۳۱۸۱۷	۱۹۰۹۰۲	۳۸۱۸۰۵۷	بنزن
۲۵۰۷	۱۷۵۵۰	۷۵۲۱۴	۴۵۱۲۸۵	۹۰۲۵۷۱۴	تولون
۱۰۶۰	۷۴۲۴	۳۱۸۱۷	۱۹۰۹۰۲	۳۸۱۸۰۵۷	اتیل بنزن
۵۰۱۴	۳۵۱۰۰	۱۵۰۴۲۸	۹۰۲۵۷۱	۱۸۰۵۱۴۲۸	زایلن

* مصرف ۶ ماهه در کلیه جایگاهها
** مصرف در هر جایگاه در مدت زمانی متفاوت

جدول ۳ مورد استفاده قرار گرفت. همانگونه که مشخص است درصد کلیه ترکیبات در بنزین فروخته شده طی ۱ هفته، از ۱۰۰۰ لیتر بالاتر بوده و در نتیجه به فاکتور مواجهه "میزان مورد استفاده در هفته" شاخص مواجهه ۵ تعلق گرفت.

جدول ۶: درجه خطر ترکیبات مورد بررسی (تعیین شده بر اساس جدول ۱ و ۲)

بر اساس اثرات مزمن (جدول ۱)	بر اساس اثرات حاد (جدول ۲)	مقدار مورد لحاظ در محاسبات (جدول ۱)
۵	۳	۵
۳	۳	۳
۳	۳	۳
۳	۳	۳

درجه خطر ترکیبات مورد بررسی در جدول ۶ ارائه گردیده است. در ترکیبات دارای درجه خطر مشابه (۳) می باشند. بین ترکیبات مورد بررسی بنزن دارای بیشترین درجه خطر (۵) و بقیه

جدول ۷: درجه مواجهه ترکیبات مورد بررسی به تفکیک مشاغل (تعیین شده بر اساس جدول ۳)

نوع ماده	نوع شغل	فشاربخار	OT/PEL	اقدامات کنترلی	میزان مصرف در هفته	مدت زمان مواجهه	نمره کل
اتیل بنزن	پمپ چی	۳	۴	۴	۵	۵	۴/۱۳
	تخلیه چی	۳	۴	۴	۵	۴	۳/۹۵
	هوشمند	۳	۴	۴	۵	۲	۳/۴۳
بنزن	پمپ چی	۴	۲	۴	۵	۵	۳/۸
	تخلیه چی	۴	۲	۴	۵	۴	۳/۶۴
	هوشمند	۴	۲	۴	۵	۲	۳/۱۷
تولون	پمپ چی	۴	۱	۴	۵	۵	۳/۳
	تخلیه چی	۴	۱	۴	۵	۴	۳/۱۷
	هوشمند	۴	۱	۴	۵	۲	۲/۸۷
زایلن	پمپ چی	۳	۱	۴	۵	۵	۳/۱۳
	تخلیه چی	۳	۱	۴	۵	۴	۲/۹۹
	هوشمند	۳	۱	۴	۵	۲	۲/۶



در جدول ۸ نمره و رتبه ریسک ترکیبات مورد بررسی به تفکیک هر شغل ارائه گردیده است. همانگونه که مشخص است بیشترین میزان نمره و رتبه ریسک را بنزن در هر سه شغل به خود اختصاص داد که نمره ریسک در شغل پمپچی بیشتر از دو شغل دیگر بود. رتبه دوم

درجه مواجهه ترکیبات مورد بررسی در جدول ۷ ارائه گردیده است. از بین ترکیبات مورد بررسی اتیل بنزن بالاترین درجه مواجهه (۴/۱۳) را در شغل پمپچی و در شغل هوشمند، زایلین کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (۲/۶).

جدول ۸: نمره و رتبه ریسک ترکیبات مورد بررسی به تفکیک مشاغل

نام ماده	پمپچی		تخلیهچی		هوشمند	
	نمره ریسک	رتبه ریسک	نمره ریسک	رتبه ریسک	نمره ریسک	رتبه ریسک
بنزن	۴/۳۶	بالا	۴/۲۶	بالا	۳/۹۸	بالا
اتیل بنزن	۳/۵۲	متوسط	۳/۳۴	متوسط	۳/۲	متوسط
تولون	۳/۱۵	متوسط	۳/۰۸	متوسط	۲/۸۷	متوسط
زایلین	۳/۰۶	متوسط	۲/۹۹	متوسط	۲/۸	متوسط

زمان کار و طراحی اتاقک، می توان با کاهش نمره برخی از فاکتورهای مواجهه با توجه به راهنمای استفاده شده در این مطالعه، (با توجه به جدول ۳: فاکتور اقدامات کنترلی از ۴ به ۱، میزان مورد استفاده در هفته از ۵ به ۴ و مدت زمان مواجهه در هفته از ۵ به ۴) درجه مواجهه با بنزن را در شغل پمپچی (به عنوان بالاترین نمره ریسک در کلیه مشاغل) از ۳/۸ به ۲/۶۴ کاهش داده و متعاقب آن نمره ریسک بنزن را از ۴/۳۶ به ۳/۶۴ رساند. با توجه به اینکه مواجهه با ترکیبات BTEX بنزین در جایگاه ها به صورت همزمان رخ می دهد، بدیهی است انجام این اقدامات باعث کاهش درجه مواجهه دیگر اجزاء BTEX ها نیز خواهد گردید. از دیگر نتایج مطالعه حاضر بالاتر بودن درجه مواجهه اتیل بنزن نسبت به کلیه ترکیبات مورد بررسی و همچنین بالاتر بودن نمره ریسک آن نسبت به دو ترکیب تولون و زایلین می باشد. علت درجه مواجهه بالای این ترکیب را این گونه می توان بیان نمود: با توجه به اینکه فاکتورهای مواجهه "اقدامات کنترلی"، "میزان مورد استفاده در هفته" و "مدت زمان مواجهه در هفته" برای کلیه ترکیبات در هر شغل یکسان می باشد (جدول ۷)، تفاوت در درجه مواجهه، خود را در تفاوت دو فاکتور "فشار بخار" و نسبت OT/PEL نشان خواهد داد. در نتیجه همانگونه که در جدول ۷ مشخص است مهمترین فاکتوری که باعث افزایش درجه مواجهه اتیل بنزن نسبت به دیگر ترکیبات شده است بالا بودن نسبت OT/PEL آن می باشد. بالا بودن این نسبت نشان می دهد وجود ماده در محیط کار در غلظتهای بالاتر از حد مجاز توسط حس بویایی قابل تشخیص نمی باشد و فرد با وجود مواجهه با غلظت های بالا، نمی تواند بوی آن را حس نموده و واکنشی در برابر خطرات موجود نشان دهد (مانند دوری از منبع خطر) (۲۸-۳۲). بالا بودن نمره ریسک اتیل بنزن نسبت به تولون و زایلین (با وجود درجه خطر یکسان) و همچنین پایین تر بودن نمره ریسک زایلین نسبت به کلیه ترکیبات، با توجه به تفسیر بالا (و همچنین پایین تر بودن فشار بخار زایلین نسبت به دیگر ترکیبات) قابل توجیه می باشد. نمره ریسک اتیل بنزن را نیز با افزایش اقدامات کنترلی و همچنین کاهش مدت زمان مواجهه پرسنل با این ترکیب می توان کاهش داد. این اقدامات به طور کلی منجر به کاهش درجه مواجهه ترکیبات BTEX و در نهایت کاهش نمره ریسک آنان خواهد شد.

با توجه به این نتایج مشخص می شود که استفاده از این روش ارزیابی ریسک به نحو مطلوبی می تواند ریسکهای موجود را رتبه بندی و

نمره ریسک نیز به اتیل بنزن در مشاغل مربوطه تعلق گرفت. همچنین کمترین نمره ریسک در مشاغل مورد بررسی برای زایلین به دست آمد. به جز بنزن که رتبه ریسک آن در ناحیه "بالا" قرار گرفت، رتبه ریسک بقیه ترکیبات در ناحیه "متوسط" تعیین گردید.

بحث:

در این مطالعه رتبه ریسک مواجهه با بنزن در هر سه شغل پمپچی، تخلیهچی و مسئول تجهیزات هوشمند سوخت در رتبه زیاد قرار گرفت. اما نمره ریسک بنزن در شغل پمپچی بالاتر از دو شغل دیگر و در تخلیهچی نیز بالاتر از هوشمند بدست آمد که علت آن را می توان به نحوه و مدت فعالیت این افراد در جایگاه های عرضه سوخت مربوط دانست به نحوی که شاغلین شغل پمپچی با میزان بیشتر از ۴۰ ساعت کار در هفته بیشترین مواجهه را نسبت به شغل تخلیهچی با ۲۰-۲۴ ساعت کار در هفته و اپراتور تجهیزات هوشمند با ۱۶-۱۲ ساعت کار در هفته با بخارات بنزن دارا می باشند. در نتیجه، با توجه به سمیت بالای بنزن (درجه خطر ۵) و از طرفی پایین بودن درجه مواجهه (۳/۸) نسبت به درجه خطر آن، برای کاهش ریسک بهداشتی این ماده می توان از طریق حذف این ماده از بنزین و یا جایگزینی آن با یک ماده کم خطرتر و همچنین کاهش میزان آن در بنزین تا زیر ۱٪ (با توجه به استاندارد EPA) درجه خطرو در نتیجه نمره ریسک آنرا کاهش داد (۲۵). اما از لحاظ فرآیندی و کارکرد خودروها، در حال حاضر حذف این ترکیب از بنزین امکان پذیر نمی باشد. زیرا BTEX ها از ترکیبات اکتان بالای موجود در بنزین بوده و پس از حذف سرب از بنزین، برای افزایش کارایی موتور به بنزین افزوده می گردد (۲۶). با این وجود طی سال های اخیر استفاده از ماده ای بنام فولرن (Folren) در داخل بنزین مطرح شده است که اضافه کردن آن به بنزین باعث افزایش در کارکرد خودروها شده و همچنین باعث کاهش مصرف سوخت شده و به علت افزایش عدد اکتان بنزین دیگر نیاز به افزودن BTEX نمی باشد. در نتیجه افزودن این ماده به بنزین تأثیر بسزایی در کاهش آلاینده های بنزین از جمله بنزن خواهد داشت.

البته تحقیقات در رابطه با این ماده هنوز در مراحل آزمایشگاهی بوده و کاربرد گسترده پیدا نکرده است (۲۶). همچنین در مرحله بعد، با اجرای اقداماتی مانند نصب سیستم بازیافت بخارات بنزین در هنگام سوخت گیری، استفاده از ماسک مخصوص بخارات آلی، کاهش درصد بنزن موجود در بنزین (۲۱) و کاهش مدت زمان مواجهه از طریق کاهش



to the analysis of gasoline. *J Chromatogr A*. 2004;1029(1-2):77-85

6. Periago JF, Prado C. Evolution of occupational exposure to environmental levels of aromatic hydrocarbons in service stations. *Ann Occup Hyg*. 2005;49(3):233-40.

7. Greenland JN, Cornella-Reader SR. *MS Comprehensive Exama-Simulated Gasoline Release*. 1st ed. Pennsylvania: Shippensburg University; 2009: 2-4.

8. Mitra S, Roy P. BTEX: A serious ground-water contaminant. *Res J Environ Sci*. 2011;5(5):394-8.

9. Bindhya S, Balachandar V, Sudha S, et al. Assessment of Occupational Cytogenetic Risk, Among Petrol Station Workers. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2010;85(2):121-4.

10. Karakitsios SP, Papaloukas CL, Kassomenos PA, Pilidis GA. Assessment and prediction of exposure to benzene of filling station employees. *Atmos Environ*. 2007;41(40):9555-69.

11. Sellappa S, Sadhanandhan B, Francis A, Vasudevan SG. Evaluation of genotoxicity in petrol station workers in South India using micronucleus assay. *Ind health*. 2010;48(6):852-6.

12. Tunsaringkarn T, Prueksasit T, Kitwattanavong M, et al. Cancer risk analysis of benzene, formaldehyde and acetaldehyde on gasoline station workers. *J of Environ Engin and Eco Sci*. 2012;1(1):1-5.

13. Uzma N, Kumar BS, Hazari MA. Exposure to benzene induces oxidative stress, alters the immune response and expression of p53 in gasoline filling workers. *Am J Ind Med*. 2010;53(12):1264-70.

14. Yimrungruang D, Cheevaporn V, Boonphakdee T, Watchalayann P, Helander HF. Characterization and health risk assessment of volatile organic compounds in gas service station workers. *Environment Asia*. 2008;2:21-9.

15. Rekha Devi PV, Rahman MF, Mahboob M, Grover P. Genotoxicity in filling station attendants exposed to petroleum hydrocarbons. *Ann Occup Hyg*. 2010;54(8):944-54.

16. Carere A, Antoccia A, Cimini D, et al. Genetic effects of petroleum fuels: II. Analysis of chromosome loss and hyperploidy in peripheral lymphocytes of gasoline station attendants. *Environ Mol Mutagen*. 1998;32(2):130-8.

17. Carrieri M, Bonfiglio E, Scapellato ML, et al. Comparison of exposure assessment methods in occupational exposure to benzene in gasoline filling-station attendants. *Toxicol Lett*. 2006;162(2):146-52.

18. Esteve-Turrillas FA, Pastor A, de la Guardia M. Assessing air quality inside vehicles and at filling stations by monitoring benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes with the use of semi permeable devices. *Anal Chim Acta*. 2007;593(1):108-16.

19. Bahrami A, Assari MJ, Mahjub H. Biological evaluation of hippuric acid and phenol concentration in urine of gas stations' workers. *Toxicology*. 2001; 164 (1-3):159-160

20. Bahrami AR, Joneidi Jafari A, Ahmadi H, Mahjub H. Comparison of benzene exposure in drivers and petrol stations workers by urinary trans, trans-muconic acid in west of Iran. *Ind health*. 2007;45(3):396-401.

21. European Union Risk Assessment. Report-Benzene: Risk assessment for Benzene. Dortmund-Germany: Federal Institute for Occupational Safety and Health Notifica-

بر اساس آن اقدامات کنترلی لازم را ارائه نماید. این نتایج منطبق با مطالعه جهانبگیری و همکاران می باشد که در یک صنعت پتروشیمی انجام پذیرفت. در مطالعه آنها نیز استفاده از این روش ارزیابی ریسک برای اولویت بندی اقدامات کنترلی مناسب بیان گردیده بود و آنها نیز بر اساس نتایج بدست آمده توانستند اقدامات کنترلی مورد نیاز را ارائه نمایند^(۳۳). همچنین در مطالعه ای که توسط گلبابایی و همکاران انجام گردید با استفاده از این روش مخاطره آمیزترین مواد شیمیایی شناسایی شد و پیشنهاد داده شد که برای آنان راهکارهای کنترلی مناسب در اسرع وقت انجام گیرد^(۳۳). از جمله مزایای مطالعه حاضر می توان به رتبه بندی و اولویت بندی خطرات توسط روش استفاده شده در مطالعه به منظور طراحی اقدامات کنترلی اشاره نمود. زیرا با استفاده از این روش می توان اقدامات کنترلی را با توجه به فاکتورهای مواجهه و کاهش شاخص مواجهه ترکیبات مورد بررسی و همچنین کاهش درجه خطر از طریق حذف ماده یا جایگزینی آن با یک ماده با خطر کمتر (در صورت امکان)، ارائه نمود. مهمترین نقص مطالعه حاضر عدم انجام ارزیابی ریسک (تعیین قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن خطرات) توسط روش مورد استفاده می باشد.

نتیجه گیری:

نتایج نشان داد که پرسنل شاغل در جایگاه های توزیع سوخت بنزین در سطوح بالایی در مواجهه با ترکیبات فرار موجود در بنزین می باشند. استفاده از اقدامات کنترلی مانند نصب سیستم بازیافت بخارات، تعمیر و نگهداری مناسب تجهیزات توزیع سوخت و همچنین طراحی اتاقک مخصوص برای پمپچی ممکن است به میزان قابل توجهی باعث کاهش ریسک مواجهه با این ترکیبات گردد.

تشکر و قدردانی:

محققین از مدیریت و پرسنل جایگاههای مورد مطالعه به خاطر همکاری در انجام مطالعه مراتب قدردانی خود را اعلام می دارند.

References:

1. Rekha Devi PV, Mahboob M, Rahman MF, Grover P. Determination of genetic damage and urinary metabolites in fuel filling station attendants. *Environ Mol Mutagen*. 2011;52(4):310-8.
2. Fabrizi G, Fioretti M, Rocca L M. Occupational exposure to complex mixtures of volatile organic compounds in ambient air: desorption from activated charcoal using accelerated solvent extraction can replace carbon disulfide? *Anal Bioanal Chem*. 2013;405(2-3):961-76.
3. Guo H, Lee SC, Chan LY, Li WM. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. *Environ Res*. 2004;94(1):57-66.
4. Mosaddegh Mehrjerdi MH, Tahmasebi N, Barkhordari Firouz Abadi A, Fallahzadeh H, Esmailian S, Soltanizadeh K. The investigation of exposure to benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) with Solid Phase Microextraction Method in gas station in Yazd province. *ISMJ*. 2014;16(6):419-427.
5. Kaminski M, Kartanowicz R, Przyjazny A. Application of high-performance liquid chromatography with ultraviolet diode array detection and refractive index detection to the determination of class composition and

tion Unit. 2008:108-346.

22. Fromme H, Albrecht M, Angerer J, et al. Integrated Exposure Assessment Survey (INES): exposure to persistent and bioaccumulative chemicals in Bavaria, Germany. *Int J Hyg Envir Heal*. 2007;210(3):345-9.
23. Jahangiri M, parsarad M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry .iran occupational health. 2011;7(4):18-24. [In Persian]
24. Seeley MR, Tonner-Navarro LE, Beck BD, et al. Procedures for health risk assessment in Europe. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2001;34(2):153-69.
25. Weaver JW, Exum LR, Prieto LM. Gasoline composition regulations affecting LUST sites. 1st ed: Washington: US Environmental Protective Agency, Office of Research and Development; 2010: 3-31.
26. Gilli G, Scursatone E, Bono R. Geographical distribution of benzene in air in northwestern Italy and personal exposure. *Environ Health Perspect*. 1996;104(6):1137-40.
27. Ghanbari B, khalili A, pirzadeh y, hajaliakbari F, moini Shad M. Effects synthesis of derivatives Dsyl hex amine fullerene from soot containing a mixture of fullerene in the hydrocarbon fuel and its effect on the reduction of environmental pollutants. *Journal of Research Petroleum*. 2012;21(65):34-46. [In Persian]
28. Dalton P. Odor, irritation and perception of health risk. *Int Arch Occup Environ Health*. 2002;75(5):283-90.
29. Dalton P, Wysocki CJ, Brody MJ, Lawley HJ. The influence of cognitive bias on the perceived odor, irritation and health symptoms from chemical exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997;69(6):407-17.
30. Paustenbach DJ, Gaffney SH. The role of odor and irritation, as well as risk perception, in the setting of occupational exposure limits. *Int Arch Occup Environ Health*. 2006;79(4):339-42.
31. Rosenkranz HS, Cunningham AR. Environmental odors and health hazards. *Sci Total Environ*. 2003;313(1):15-24.
32. Smeets MA, Dalton PH. Evaluating the human response to chemicals: odor, irritation and non-sensory factors. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2005;19(3):581-8.
33. Golbabaie F, Eskandari D, Azari M, Jahangiri M, Rahimi A, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. *Iran Occupational Health*. 2012;9(3):11-21. [In Persian]