ارزیابی ریسک نیمه کمی مواجهه بهداشتی با ترکیبات آلی فرار در جایگاههای توزیع سوخت بنزین شهر سبزوار

فروغ عمرانی[۱] ، قاسم ذوالفقاری[۲،*]، امین علیزاده [۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشگاه غیرانتفاعی بینالود، مشهد

۲*- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی محیط زیست دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

۳ - عضو هیات علمی گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

g.zolfaghari@hsu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴

چکیده

افزایش توزیع بنزین در جایگاه های سوخت‌گیری طی سال‌های اخیر، باعث مواجهه بالای کارکنان این ایستگاه ها با ترکیبات بنزین گردیده است. با توجه به مواجهه بالای افراد شاغل در جایگاه های سوخت‌گیری با مواد آلی خطرناک، این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با ترکیبات آلی فرار موجود در بنزین، در کارکنان جایگاه های توزیع سوخت بنزین شهرستان سبزوار و به منظور ارائه راهکار های کنترلی انجام گردید. این مطالعه مقطعی در ۹ جایگاه توزیع سوخت بنزین شهر سبزوار در زمستان ۱۳۹٤ و بهار سال ۱۳۹۵ انجام پذیرفت. به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی از روش ارائه شده در واحد ایمنی، بهداشت و محیط زیست وزارت نفت ایران استفاده گردید. برای این منظور ارزیابی ریسک در ۳ مرحله: ۱) تعیین درجه خطر، ۲) تعیین درجه مواجهه، ۳) تعیین سطح ریسک انجام شد و در نهایت تعیین رتبه ریسک به منظور ارائه راهکار کنترلی صورت گرفت. نتایج ارزیابی ریسک نشان داد بیشترین نمره ریسک مربوط به شغل پمپ چی در جایگاه های بیهق، پارسا و مهریزی و در مواجهه با بنزن است. نتایج نشان داد که پرسنل شاغل در جایگاه های توزیع سوخت بنزین در سطوح بالایی از مواجهه با ترکیبات آلی فرار موجود در بنزین می‌باشند. استفاده از اقدامات کنترلی مانند نصب سیستم بازیافت بخارات، کنترل ریسک‌ها در منبع و جایگزینی مواد خطرناک با مواد بی خطر یا کم خطر، به میزان قابل توجهی باعث کاهش ریسک مواجهه با این ترکیبات می‌گردد.

کلمات کلیدی

"مواد آلی فرار"، "مواجهه شغلی"، "ارزیابی ریسک"، "جایگاه های سوخت بنزین"

۱- مقدمه

طبق دهمین گزارش کمیته عالی آلودگی محیط زیست، دخالت انسان در محیط زیست به وسیله مواد یا انرژی‌هایی که باعث ایجاد خطر در سلامت بشر، آسیب به منابع زنده و سیستم‌های اکولوژی می‌شود، آلودگی است (Tiwary & Colls, ۲۰۰۹). ترکیبات آلی فرار از عوامل آلوده کننده هوا می‌باشند که به صورت مایعات یا جامدات فرار می‌باشند. این ترکیبات که دارای کربن آلی بوده، از طریق فرآیندهای مختلف تولید می‌شوند و با سرعت زیادی تبخیر می‌شوند (Mosaddegh Mehrjerdi et al., ۲۰۱٤). ترکیبات آلی فرار در جو می‌توانند به دو دسته تقسیم بندی شوند، نوع اول که آسیب مستقیم به انسان و اکوسیستم وارد می‌کند و دیگری با شرکت در واکنش‌های فتوشیمیایی پیچیده منجر به شکل گیری مقادیر بالایی از ازن تروپسفری می‌شود که می توان پروکسی استیل نیترات (Peroxyacetyl nitrate (PAN)) را نام برد. پالایشگاه های نفت، صنایع پتروشیمی، احتراق سوخت‌های فسیلی و زیست توده (بیوماس)، استفاده از حلال‌ها و بازیابی فرآورده های نفتی منابع اصلی مواد آلی فرار در محیط های شهری می‌باشند (Mohan & Ethirajan, ۲۰۱۲). بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene (BTEX)) ازجمله ترکیبات آلی فرار می‌باشند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابه دارند و در بین ترکیبات آلی فرار از اهمیت بیشتری برخوردارند. این مواد از اجزاء اصلی تشکیل دهنده بنزین (Tang et al., ۲۰۰۰) و از اصلی ترین حلال های مورد استفاده در صنایع می‌باشند. BTEX موجود در بنزین مصرفی از طریق اگزوز، موتور کاربراتور وسایل نقلیه و همچنین در اثر تبخیر بنزین از جایگاه های توزیع فرآورده های نفتی وارد هوای شهر ها می‌شود و بدین ترتیب کارکنان پمپ بنزین در مواجهه با این ترکیبات قرار می‌گیرند (Raymond, ۲۰۱۵). مواجهه افراد با تولوئن می‌تواند منجر به عوارض متعدد از جمله تغییراتی در سیستم اعصاب مرکزی مانند خستگی، گیجی، فقدان هماهنگی و تاخیر در زمان واکنش و سرعت ادراکی فرد شود. اتیل بنزن در برخی موارد باعث تحریک چشم ها و سیستم گوارشی شده است. تماس مستقیم زایلن با پوست موجب تحریک آن شده و

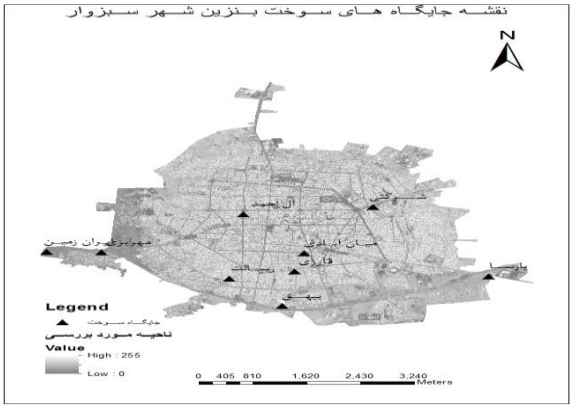
باعث خشکی، ترک خوردگی، تاول زدن و درماتیت پوستی می‌گردد (Wexler, ۲۰۱٤). لوسمی حاد میلوژنز و بیماری‌های خونی، آسیب سیستم ایمنی، اختلالات قاعدگی و تغییرات اندازه تخمدان از جمله عوارض ناشی از مواجهه با بنزن می باشد (Boogaard & van Sittert, ۱۹۹٥; Lynge et al., ۱۹۹۷). حدود مجاز این ترکیبات ۰/٥، ٥۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ ppm به ترتیب برای بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن می‌باشد (Mosaddegh Mehrjerdi et al. ۲۰۱٤). افزایش توزیع بنزین در جایگاه های سوخت‌گیری طی سال‌های اخیر، باعث مواجهه بالای کارکنان این ایستگاه ها با ترکیبات بنزین گردیده است. با توجه به مطالعات اپیدمیولوژیک صورت گرفته میزان بالایی از مرگ و میر ناشی از سرطان در شاغلین جایگاه های سوخت‌گیری گزارش گردیده است. این افراد در هنگام سوخت‌گیری وسایل نقلیه، تخلیه بنزین از تانکر به داخل مخازن جایگاه های توزیع سوخت، تمیز کردن حوضچه مخازن و همچنین بازید دستگاه ها و تجهیزات، از طریق استنشاقی، پوستی و خوراکی با سطح بالایی از ترکیبات BTEX در تماس می‌باشند که در این بین مواجهه استنشاقی، مهمترین راه مواجهه افراد با این ترکیبات می‌باشد (Esteve-Turrillas et al., ۲۰۰۷). در رابطه با بررسی و پایش ترکیبات آلی فرار و همچنین مواجهه شغلی و ارزیابی ریسک آن مطالعاتی در سطح داخلی و بین الملل انجام پذیرفته است. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه ای که توسط نقاب و همکاران (۲۰۱٥) به منظور ارزیابی سمیت خونی مواد خطرناک در کارگران صنایع پتروشیمی انجام گرفت، اشاره کرد. تعداد گلبول قرمز، هموگلوبین و درصد هماتوکریت در گروه مواجهه یافته بیش از گروه مرجع بود. سرخوش و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی مشخص کردند بیشترین مقدار آروماتیک‌ها را بنزن (٦/۳±۹٥/٥٥ppb) تشکیل می‌دهد که پتانسیل سرطان زایی بالایی دارد. رحیمیان و همکاران (Tayfeh Rahimian et al., ۲۰۱٤) در ارزشیابی مواجهه شغلی کارگزان پلاستیک سازی دریافتند مواجهه فردی ۳۱ درصد کارگران بیشتر از حد آستانه بوده است. طبق گزارش ارزیابی ریسک بنزن ارائه شده توسط اتحادیه اروپا (Assessment EUR, ۲۰۰۸)، مواجهه با بنزن در جایگاه های توزیع سوخت طی مطالعات مختلف در مقادیر بین ۰/۰۰۱ تا ۱۲ mg/m^3 گزارش گردیده بود که با توجه به استاندارد آن (mg/m^3 ۳/٥)، این مقادیر نگران کننده می‌باشد. همچنین Wang و Zhao در سال ۲۰۰۸ در بررسی میزان ترکیبات آلی فرار در نزدیکی جاده های اصلی در شهر تانجینگ چین، دریافتند میزان نسبت تولوئن به بنزن در نمونه های اول و دوم به ترتیب ٤/٤ و ۳/٤ است. مطالعاتی دیگر که توسط Ivan و همکاران در سال ۱۹۹۸ برای مقایسه سطوح VOCs ها در شهرستان های آمریکای لاتین و دو شهر از آسیا انجام پذیرفت مشخص شد سطح VOCs های شهر های آمریکای لاتین به مراتب بالاتر از شهر های آسیایی است. همچنین در مقاله ای که McKenzie و همکارانش در سال ۲۰۱۲ ارائه نمودند به کاربرد ارزیابی ریسک های شیمیایی اشاره شده است. برای دستیابی به اهداف بهداشتی، فهم ارتباط بین مواجهه با ترکیبات سمی و ریسک‌های بهداشتی مرتبط با آن ضروری است. برای تصمیم گیری در مورد اقدامات کنترلی و حفاظت کارکنان در برابر عوارض سوء ناشی از مواد شیمیایی، لازم است ریسک‌های بهداشتی ناشی از مواجهه با این مواد به طور اختصاصی مورد ارزیابی قرار گیرد (Jalali et al., ۲۰۱٤). ارزیابی ریسک می‌تواند به عنوان یکی از ابزار های موثر در ارزیابی محیط زیست و سلامت مورد استفاده واقع شود و در مورد مشاغل مختلف مورد نیاز است. این ارزیابی می تواند یک ارزیابی با عوامل شیمیایی باشد و یا بر جنبه های رفتاری کارکنان یک مجموعه متمرکز شود، قابل ذکر است که ارزیابی کمی احتمال خطر بر پایه داده های اپیدمیولوژیک نیست (Suresh et al., ۱۹۹۹). ارزیابی ریسک می‌تواند به عنوان یک روش تئوریک برای پیش بینی آثار دراز مدت پیشنهاد خوبی باشد، همچنین این روش مبنایی برای تصمیمات مدیریت ریسک را فراهم می‌کند (Céline et al., ۱۹۹۹). با استفاده از ابزار ریسک بهداشتی می‌توان میزان تماس و خطرات مرتبط با تماس را در افراد مورد ارزیابی قرار داد (Demidova & Cher, ۲۰۰٥). با توجه به مواجهه بالای افراد شاغل در جایگاه های سوخت‌گیری با ترکیبات آلی فرار کل و به طور جزئی BTEX ها و عدم انجام مطالعه کافی در رابطه با ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با این ترکیبات در جایگاه‌های سوخت‌گیری کشور، این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با ترکیبات آلی فرار موجود در بنزین، در کارکنان جایگاه های توزیع سوخت بنزین شهرستان سبزوار و به منظور ارائه راهکار های کنترلی انجام گردید. در این مطالعه از روش واحد ایمنی و بهداشت وزارت نیروی انسانی سنگاپور بهره گیری شده است که در وزارت نفت ایران نیز مورد استفاده قرار گرفته است (Tang et al., ۲۰۰٦).

۲- روش انجام تحقیق

- جمع آوری داده ها

این مطالعه مقطعی در جایگاه های توزیع سوخت بنزین شهر سبزوار در زمستان ۱۳۹٤ و بهار سال ۱۳۹٥ انجام پذیرفت.

پس از استعلام از شرکت پخش فرآورده های نفتی سبزوار مشخص شد ۱۹ جایگاه زیر نظر این مرکز مشغول به فعالیت می‌باشند که از این تعداد ۹ جایگاه در منطقه شهر سبزوار ناحیه مرکزی توزیع سوخت دارند (شکل شماره ۱). 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 واحد ایمنی و بهداشت شغلی وزارت نیروی انسانی سنگاپور استفاده شده است. در ابتدا اقدام به تشکیل یک گروه کاری متشکل از سرپرست جایگاه های مورد بررسی، نماینده کارکنان و کارشناس آلودگی محیط زیست



شکل۱- نقشه جایگاه های سوخت بنزین شهرستان سبزوار

گردید. در مرحله بعد به منظور تجزیه فرآیند کاری کارکنان بر حسب وظایف شغلی گروه بندی شدند. 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. در این بخش اطلاعات مربوط به مواد شیمیایی مورد استفاده از جدول شاخص مواجهه (Exposure Index (EI)) (جدول شماره ۲) تعیین نمود. در این مطالعه به دلیل عدم وجود نتایج پایش هوا، درجه مواجهه با استفاده از جدول بررسی از طریق شناسنامه ایمنی مواد شیمیایی (Safety Data Sheet (SDS)) به دست آمد.

- **تعیین درجه خطر (Hazard Rate)**

پس از شناسایی مواد شیمیایی مورد نظر در این مرحله به تعیین میزان سمیت یا مخاطرات ناشی از این مواد پرداخته شد. طبق روش مورد استفاده، درجه خطر مواد شیمیایی را می‌توان به دو شیوه مشخص کرد: روش اول از طریق اثرات سمی یا عوارض زیان آور ماده شیمیایی می‌باشد. در این روش موادی که هیچ گونه اثر بهداشتی شناخته شده ای ندارند و به عنوان مواد سمی یا زیان آور طبقه بندی نشده اند دارای درجه خطر ۱، موادی که اثرات برگشت پذیر روی پوست، چشم و غشا مخاطی دارند ولی اثرشان آنقدر نیست که بتواند اختلال جدی بر انسان ایجاد کند درجه خطر ۲، موادی که احتمالا برای انسان یا حیوان سرطانزا یا موتاژن هستند ولی اطلاعات کافی در این مورد وجود ندارد دارای درجه خطر ۳، موادی که سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراتوژنی (ناقص الخلقه زایی) آنها برطبق مطالعات انجام شده روی حیوانات بیشتر از دسته قبلی است درجه خطر ٤ و موادی که اثر سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراتوژنی (ناقص الخلقه زایی) آنها شناخته شده است دارای درجه خطر ۵ می‌باشند. روش دوم که در دستورالعمل ذکر شده است از طریق سمیت حاد مواد شیمیایی می‌باشد که در جدول شماره ۱ آورده شده است.

- **تعیین درجه مواجهه (Exposure Rate)**

طبق راهنمای ارائه شده درجه مواجهه را می‌توان با استفاده از سطح مواجهه واقعی (نتایج اندازه گیری آلاینده ها) و یا با شاخص مواجهه برای هریک از موارد مربوط بدست آمده و در نهایت با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$ER = [EI_1 * EI_2 * EI_3 * \ldots\ldots EI_n]^{1/n}$

که در آن n تعداد فاکتور های مواجهه مورد استفاده می‌باشد.

جدول ۱- تعیین درجه خطر از طریق سمیت حاد مواد شیمیایی

LD۵۰ جذب شده از راه دهان(mg/kgوزن بدن موش رات)	LD۵۰جذب پوستی(mg/kgوزن بدن موش رات)	LC۵۰جذب شده از طریق استنشاق در موش رات (mg/litگازها و بخارات در ٤ ساعت)	LC۵۰جذب شده از طریق استنشاق در موش رات (mg/litائروسل ها و ذرات معلق در ٤ ساعت)
LD۵۰>۲۰۰۰	LD۵۰>۲۰۰۰	LC۵۰> ۵۰	LC۵۰>۵
۲۰۰<LD۵۰ ≤۲۰۰۰	٤۰۰>LD۵۰≤۲۰۰۰	۲<LC۵۰ ≤۲۰	۱<LC۵۰ < ۵
۲۰<LD۵۰ ≤ ۲۰۰	۵۰<LD۵۰ ≤٤۰۰	۰/۵<LC۵۰ ≤۲	۰/۲۵<LC۵۰ ≤۱
LD۵۰ ≤۲۵	LD۵۰≤۵۰	LC۵۰ ≤۰/۵	LC۵۰ ≤۰/۲۵

جدول ۲- تعیین شاخص مواجهه

شاخص مواجهه / فاکتور مواجهه	۱	۲	۳	٤	۵

فشار بخار اندازه ذرات بر اساس قطر آئرودینامیک	کمتر از ۱mmHg/. 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 ۱۰۰mμ	۱۰ تا ۱۰۰ mmHgمواد ریز و خشک ۱۰۰ تا ۱۰mμ	بیشتر از ۱۰۰ mmHgذرات پودری، خشک و ریز کمتر از ۱۰mμ
نسبتOT/EL	کمتر از ۰/۱	۰/۱ تا ۰/۵	۱ تا ۰/۵	۱ تا ۲	بیشتر از ۲
اقدامات کنترلی	کنترل کافی با تعمیر و نگهداری منظم	کنترل کافی با تعمیر و نگهداری نا منظم	کنترل کافی بدون تعمیر و نگه داری (گرد وغبارمتوسط)	کنترل ناکافی (گرد و غبار زیاد)	بدون هیچ کنترل (گرد و غبار خیلی زیاد)
میزان مورد استفاده در هفته	میزان مورد استفاده قابل صرف نظر است کمتر از یک 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 حمل و نقل مواد شیمیایی آموزش دیده اند، ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم یا لیتر	میزان مصرف زیاد است- کارگران در مورد حمل و نقل مواد شیمیایی آموزش ندیده اند، بیشتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم یا لیتر
مدت زمان مواجهه در هفته	کمتر از ۸ ساعت	۸ تا ۱۶ ساعت	۱۶ تا ۲۴ ساعت	۲۴ تا ۳۲ ساعت	۳۲ تا ۴۰ ساعت

- **تعیین سطح ریسک (Risk Level)**

در این مرحله سطح ریسک با توجه به درجه خطر ماده شیمیایی (HR) که درمراحل قبل بدست آمد و درجه مواجهه (ER) با آن از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{Risk Level} = \sqrt{(HR * ER)}$$

در نهایت رتبه بندی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی در هر وظیفه شغلی با استفاده از رابطه و ماتریس رتبه بندی ریسک بدست آمده است (جدول ۳).

جدول ۳- ماتریس رتبه بندی ریسک

HR ER	۱	۲	۳	٤	٥
۱	۱	۱/٤	۱/۷	۲	۲/۲
۲	۱/٤	۲	۲/٤	۲/۸	۳/۲
۳	۱/۷	۲/٤	۳	۳/٥	۳/۹
٤	۲	۲/۸	۳/٥	٤	٤/٥
٥	۲/۲	۳/۲	۳/۹	٤/٥	٥

۳- نتایج

بررسی های اولیه نشان داد ٦۰ پمپ در این جایگاه ها فعال بوده و کارکنان در ۳ شغل پمپ چی، تخلیه چی و بخش اداری مشغول به کار می‌باشند. ساعات کاری هر یک در جایگاه های مختلف با توجه به ترافیک موجود در جایگاه متفاوت می‌باشد. با توجه به مشخص بودن مواد شیمیایی مورد بررسی، BTEX موجود در بنزین اقدام به تعیین درجه خطر هر کدام از این ترکیبات گردید. در این مرحله اطلاعات مربوط به مواد شیمیایی مورد بررسی از طریق شناسنامه ایمنی مواد شیمیایی به دست آمد. پس از تعیین درجه خطر (HR)با استفاده از هر دو جدول بزرگترین عدد به عنوان مبنای درجه مواجهه در نظر گرفته شده و برای تک تک ترکیبات مورد بررسی و ثبت گردید در نتیجه برای ترکیبات بنزن مقدار ٥ (بیشترین درجه خطر) و تولوئن، اتیل بنزن و زایلن درجه خطر ۳، در محاسبات در نظر گرفته شد. در مرحله بعد برای تعیین درجه مواجهه هر یک از مواد، از جدول شاخص مواجهه برای مواد شیمیایی مورد بررسی استفاده گردید.« فاکتور های فشار بخار و نسبت Oder Threshold / Permissible Expoure Limit (OT / PEL) هر ترکیب» با توجه به مقادیر ارائه شده در SDS هر ترکیب تعیین گردید. با توجه به جدول شاخص مواجهه (جدول شماره ۲)، میزان مورد استفاده ترکیبات BTEX در هفته با توجه به درصد وزنی این ترکیبات در هر لیتر بنزین و میزان بنزین فروخته شده درهریک از جایگاه ها به لیتر برآورد

گردید. با توجه به عدم وجود مطالعه ای در رابطه با تعیین درصد BTEX موجود در بنزین تولیدی داخل کشور، محاصبه درصد وزنی این ترکیبات با توجه به مقادیر ارائه شده در منابع لاتین در نظر گرفته شده است. به طور کلی BTEX ها ۱۸٪ ترکیبات بنزین را تشکیل می‌دهند که از این مقدار ۱۱٪ مربوط به بنزن، ۲۶٪ تولوئن، ۵۲٪ مجموع ایزومرهای زایلن و ۱۱٪ اتیل بنزن می‌باشد (Greenland, ۲۰۰۹). میزان فروش بنزین در هر جایگاه و مقادیر ترکیبات BTEX با توجه به درصد آنها در بنزین برای یک هفته در تمام جایگاه ها در جدول ٤ ارائه شده است.

جدول ٤) میزان فروش بنزین در جایگاه ها و مقادیر ترکیبات BTEX (به لیتر) در هفته با توجه به درصد وزنی آنها در بنزین

	شرکتی	ایران زمین	پارسا	قارزی	رسالت	میان آبادی	آل احمد	بیهق	مهریزی
بنزین	۸۲۱۰٤/۱۷	۲۳٦۰٤/۱۷	۸۳۲۵۰	۱٦۹۰۰۰	۱۵۳۲۲۹/۲	۲۰۳۱٦٦/۷	۳۵٦۸۷۵	۲۲۳۵۸۳/۳	۲۱۳۹۱٦/۷
BTEX	۱٤۷۷۸/۷۵	٤۲٤۸/۷۵	۱٤۹۸۵	۳۰٤۲۰	۲۷۵۸۱/۲۵	۳٦۵۷۰	٦٤۲۳۷/۵	٤۰۲٤۵	۳۸۵۰۵
بنزن	۱٦۲۵/٦٦۳	٤٦۷/۳٦۲۵	۱٦٤۸/۳۵	۳۳٤٦/۲	۳۰۳۳/۹۳۸	٤۰۲۲/۷	۷۰٦٦/۱۲۵	٤٤۲٦/۹۵	٤۲۳۵/۵۵
اتیل بنزن	۱٦۲۵/٦٦۳	٤٦۷/۳٦۲۵	۱٦٤۸/۳۵	۳۳٤٦/۲	۳۰۳۳/۹۳۸	٤۰۲۲/۷	۷۰٦٦/۱۲۵	٤٤۲٦/۹۵	٤۲۳۵/۵۵
تولوئن	۳۸٤۲/٤۷۵	۱۱۰٤/٦۷۵	۳۸۹٦/۱	۷۹۰۹/۲	۷۱۷۱/۱۲۵	۹۵۰۸/۲	۱٦۷۰۱/۷۵	۱۰٤٦۳/۷	۱۰۰۱۱/۳
زایلن	۷٦۸٤/۹۵	۲۲۰۹/۳۵	۷۷۹۲/۲	۱۵۸۱۸/٤	۱٤۳٤۲/۲۵	۱۹۰۱٦/٤	۳۳٤۰۳/۵	۲۰۹۲۷/٤	۲۰۰۲۲/٦

همان طور که در جدول مشخص است در تمامی جایگاه ها میزان فروش بنزین در طی یک هفته، از ۱۰۰۰ لیتر بیشتر است. بنابراین برای فاکتور "میزان مواجهه در هفته" شاخص مواجهه ۵ در نظر گرفته شد. پس از بررسی های میدانی توسط متخصص آلودگی محیط زیست فاکتور مواجهه" اقدامات کنترلی" برای تمامی جایگاه ها امتیاز دهی شد. در نهایت درجه مواجهه (ER) با توجه به رابطه

$ER = [EI_۱ * EI_۲ * EI_۳ * \ldots\ldots EI_n]^{۱/n}$

برای تمام جایگا ها محاسبه گردید که برای نمونه میزان درجه مواجهه به تفکیک مشاغل در جایگاه های بیهق و آل احمد که بالاترین نمره ریسک را در بین جایگاه های دیگر داشته اند، در جدول ۵ و ٦ ارائه گردیده است. در مرحله بعد نمره ریسک یا سطح ریسک با توجه به درجه خطر ماده شیمیایی (HR) و درجه مواجهه (ER) و با استفاده از رابطه سطح ریسک، محاسبه گردید. برای مثال در جایگاه سوخت بیهق در شغل پمپ چی برای ماده شیمیایی بنزن با در نظر گرفتن درجه خطر (HR) برابر ۵ و درجه مواجهه (ER) برابر ۳/۹۸۱، سطح ریسک به صورت زیر محاسبه شد:

$\text{Risk Level} = \sqrt{۵ * ۳/۹۸۱}$

جدول ۵- تعیین درجه مواجهه به تفکیک مشاغل در جایگاه بیهق (تعیین شده بر اساس جدول ۳)

جایگاه بیهق	نوع شغل	فشار بخار	(OT / PEL)	اقدامات کنترلی	میزان مصرف در هفته	مدت زمان مواجهه	نمره کل
اتیل بنزن	پمپ چی	۳	٤	۵	۵	۵	٤/۳۱۷۳۵۹۹
	تخلیه چی	۳	٤	۵	۵	٤	٤/۱۲۸۹۱۷۹
	اداری	۳	٤	٤	۵	۲	۳/٤۳۷۵٤۳۹
بنزن	پمپ چی	٤	۲	۵	۵	۵	۳/۹۸۱۰۷۱۷
	تخلیه چی	٤	۲	۵	۵	٤	۳/۸۰۷۳۰۷۹
	اداری	٤	۲	٤	۵	۲	۳/۱٦۹۷۸٦٤
تولوئن	پمپ چی	٤	۱	۵	۵	۵	۳/٤٦۵۷۲٤۲
	تخلیه چی	٤	۱	۵	۵	٤	۳/۳۱٤٤۵٤
	اداری	٤	۱	٤	۵	۲	۲/۷۵۹٤۵۹۳
زایلن	پمپ چی	۳	۱	۵	۵	۵	۳/۲۷۱۹٤٦۹
	تخلیه چی	۳	۱	۵	۵	٤	۳/۱۲۹۱۳٤٦
	اداری	۳	۱	٤	۵	۲	۲/٦۰۵۱۷۱۷

جدول ٦- تعیین درجه مواجهه به تفکیک مشاغل در جایگاه آل احمد (تعیین شده بر اساس جدول ۳)

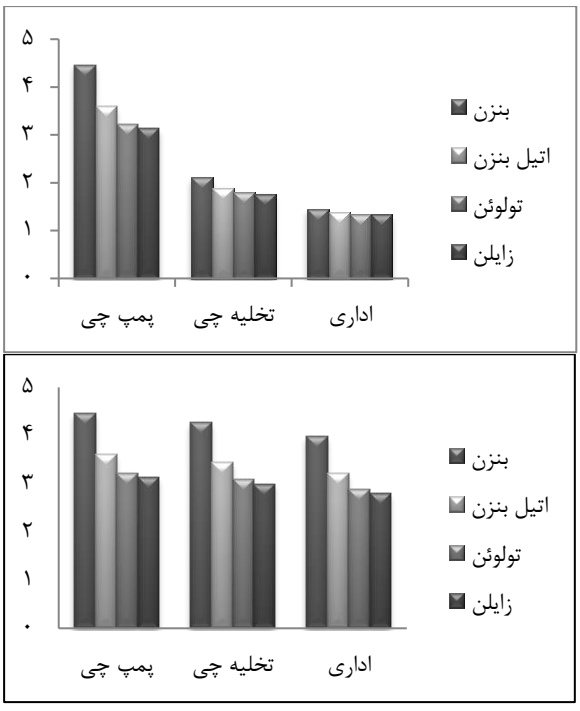
جایگاه آل احمد	نوع شغل	فشار بخار	(OT / PEL)	اقدامات کنترلی	میزان مصرف در هفته	مدت زمان مواجهه	نمره کل
اتیل بنزن	پمپ چی	۳	٤	٤	۵	۵	٤/۱۲۸۹۱۷۹
	تخلیه چی	۳	٤	٤	۵	٤	۳/۹٤۸۷۰۱
	اداری	۳	٤	٤	۵	۲	۳/٤۳۷۵٤۳۹

بنزن	پمپ چی	٤	۲	٤	٥	٥	۳/۸۰۷۳۰۷۹
	تخلیه چی	٤	۲	٤	٥	٤	۳/٦٤۱۱۲۸٤
	اداری	٤	۲	٤	٥	۲	۳/۱٦۹۷۸٦٤
تولوئن	پمپ چی	٤	۱	٤	٥	٥	۳/۳۱٤٤٥٤
	تخلیه چی	٤	۱	٤	٥	٤	۳/۱٦۹۷۸٦٤
	اداری	٤	۱	٤	٥	۲	۲/۷٥۹٤٥۹۳
زایلن	پمپ چی	۳	۱	٤	٥	٥	۳/۱۲۹۱۳٤٦
	تخلیه چی	۳	۱	٤	٥	٤	۲/۹۹۲٥٥٥۷
	اداری	۳	۱	٤	٥	۲	۲/٦۰٥۱۷۱۱

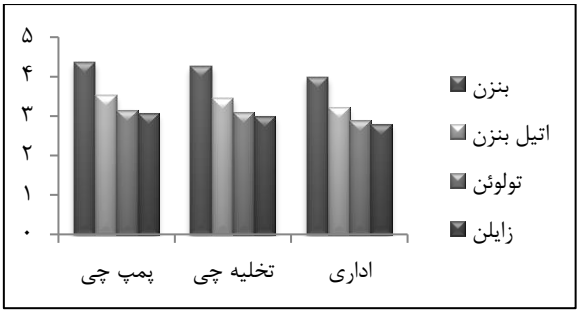
در نهایت پس از مشخص شدن نمره ریسک، به منظور کاهش سطوح ریسک و انجام اقدامات کنترلی، با استفاده از ماتریس رتبه بندی ریسک (جدول ۳)، برای تمامی مواد شیمیایی به تفکیک شغل رتبه بندی انجام گرفت. نتایج در جدول شماره ۷ ارائه گردیده است. نتایج تجزیه تحلیل و ارزیابی ریسک طبق جدول شماره ۷ در تمام جایگاه های مورد بررسی نشان داد که بیشترین میزان نمره ریسک را بنزن با رتبه خیلی بالا به خود اختصاص داده است، اتیل بنزن در رتبه بعدی یعنی بالا قرار گرفت و دو ترکیب دیگر تولوئن و زایلن رتبه متوسط را به خود اختصاص دادند.

٤- بحث

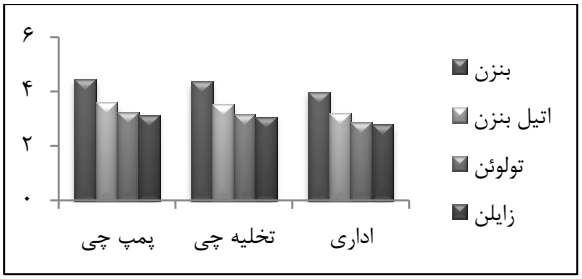
کنترل خطرات بهداشتی از مرحله تولید، استفاده تا دفع مواد شیمیایی اهمیت بسیار زیادی دارد. در سال های اخیر با افزایش روز افزون جمعیت شهری و به تبع آن افزایش تولید خودرو و جایگاه های سوخت‌گیری باعث افزایش مصرف بنزین گردیده و ریسک مواجهه با بخارات ناشی از این ماده شیمیایی را افزایش داده است. ارزیابی ریسک بهداشتی مواد شیمیایی اثرات سوء آنها را تعیین می‌کند. طی بررسی های انجام شده مشخص گردید جایگاه های بیهق، پارسا و مهریزی به علت اقدامات کنترلی کمتر در شغل پمپ چی و همچنین به دلیل عبور و مرور وسایل نقلیه سنگین در این جایگاه ها نمره ریسک بالاتری را نسبت به جایگاه های دیگر دارا می‌باشند. در شغل تخلیه چی در دو جایگاه بیهق و آل احمد به علت بالا بودن میزان فروش بنزین و به تبع آن افزایش میزان بارگیری و تخلیه بار در روز (۳ تا ٤ بار در روز) بیشترین نمره ریسک را بنزن با نمره ٤/۳٦ و رتبه خیلی بالا به خود اختصاص داد. در دو جایگاه فوق در شغل تخلیه چی اتیل بنزن دارای رتبه ریسک بالا و دو ترکیب زایلن و تولوئن رتبه ریسک متوسط را دارا هستند. در جایگاه های دیگر از قبیل رسالت، پارسا، قارزی، ایران زمین، میان آبادی و مهریزی، بنزن با رتبه ریسک بالا بیشترین میزان ریسک و اتیل بنزن، تولوئن و زایلن با رتبه ریسک متوسط در رتبه های بعدی قرار گرفتند. همچنین جایگاه سوخت شرکتی به علت مجاورت با شرکت ملی نفت سبزوار و بارگیری از خط لوله و عدم وجود شغل تخلیه چی میزان نمره و رتبه ریسک صفر در نظر گرفته شده است. در نهایت در تمام جایگاه ها در شغل اداری، بنزن با نمره ریسک ۳/۹۸، بیشترین میزان رتبه ریسک یعنی رتبه بالا را به خود اختصاص داده است و سه ترکیب دیگر همگی دارای رتبه ریسک متوسط هستند. مقایسه بین مشاغل مختلف از نظر نمره ریسک آلاینده های مورد بررسی در نمودارهای فراوانی برای جایگاه هایی که بیشترین نمره ریسک را داشته اند آورده شده است (نمودار ۱ تا ٤).



نمودار ۲- فراوانی نمره ریسک برای BTEX ها بر حسب مشاغل در جایگاه مهریزی



نمودار۳- فراوانی نمره ریسک برای BTEX ها بر حسب مشاغل در جایگاه آل احمد



نمودار٤- فراوانی نمره ریسک برای BTEX ها بر حسب مشاغل در جایگاه پارسا

جدول۷- نمره و رتبه ریسک ترکیبات مورد بررسی به تفکیک مشاغل

نام جایگاه	نام ماده	پمپ چی		تخلیه چی		اداری	
		نمره ریسک	رتبه ریسک	نمره ریسک	رتبه ریسک	نمره ریسک	رتبه ریسک
بیهق	بنزن	٤/٤٦	خیلی بالا	٤/٣٦	خیلی بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥٩	بالا	٣/٥١	بالا	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/٢٢	متوسط	٣/١٥	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/١٣	متوسط	٣/٠٦	متوسط	٢/٧٩	متوسط
رسالت	بنزن	٤/٣٦	خیلی بالا	٤/١٤	بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥١	بالا	٣/٣٤	متوسط	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/١٥	متوسط	٢/٩٩	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/٠٦	متوسط	٢/٩١	متوسط	٢/٧٩	متوسط
پارسا	بنزن	٤/٤٦	خیلی بالا	٤/١٤	بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥٩	بالا	٣/٣٤	متوسط	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/٢٢	متوسط	٢/٩٩	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/١٣	متوسط	٢/٩١	متوسط	٢/٧٩	متوسط
قارزی	بنزن	٤/٣٦	خیلی بالا	٤/١٤	بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥١	بالا	٣/٣٤	متوسط	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/١٥	متوسط	٢/٩٩	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/٠٦	متوسط	٢/٩١	متوسط	٢/٧٩	متوسط
ایران زمین	بنزن	٤/٣٦	خیلی بالا	٤/١٤	بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥١	بالا	٣/٣٤	متوسط	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/١٥	متوسط	٢/٩٩	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/٠٦	متوسط	٢/٩١	متوسط	٢/٧٩	متوسط
میان آبادی	بنزن	٤/٣٦	خیلی بالا	٤/٢٦	بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥١	بالا	٣/٤٤	متوسط	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/١٥	متوسط	٣/٠٨	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/٠٦	متوسط	٢/٩٩	متوسط	٢/٧٩	متوسط
مهریزی	بنزن	٤/٤٦	خیلی بالا	٤/٢٦	بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥٩	بالا	٣/٤٤	متوسط	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/٢٢	متوسط	٣/٠٨	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/١٣	متوسط	٢/٩٩	متوسط	٢/٧٩	متوسط
آل احمد	بنزن	٤/٣٦	خیلی بالا	٤/٣٦	خیلی بالا	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥١	بالا	٣/٥١	بالا	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/١٥	متوسط	٣/١٥	متوسط	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/٠٦	متوسط	٣/٠٦	متوسط	٢/٧٩	متوسط
شرکتی	بنزن	٤/٣٦	خیلی بالا	۰	۰	٣/٩٨	بالا
	اتیل بنزن	٣/٥١	بالا	۰	۰	٣/٢١	متوسط
	تولوئن	٣/١٥	متوسط	۰	۰	٢/٨٧	متوسط
	زایلن	٣/٠٦	متوسط	۰	۰	٢/٧٩	متوسط

بررسی ها نشانگر این بود که پرسنل شاغل در جایگاه های توزیع سوخت بنزین در سطوح بالایی از مواجهه با ترکیبات آلی فرار موجود در بنزین می‌باشند. این مسئله می‌تواند ناشی از چندین عامل مختلف از جمله تهویه نامناسب جایگاه، عدم نصب سیستم بازیافت بخارات بنزین در هنگام سوخت‌گیری و یا غیر فعال بودن آنها، عدم رعایت اصول بهداشتی ایمنی شغلی و نیز کیفیت نامناسب بنزین به دلیل بالا بودن غلظت بنزن در سوخت می‌باشد که تمامی این عوامل می‌تواند در افزایش میزان مواجهه با ترکیبات آلی فرار موجود در بنزین نقش مهمی داشته باشد (Zare et al., ۲۰۱۵). برای کاهش ریسک بهداشتی این مواد می‌توان از طریق کاهش درجه مواجهه اقدام نمود. با توجه به سمیت بالای بنزن برای کاهش ریسک بهداشتی این ماده می‌توان از طریق حذف یا جایگزینی آن با یک ماده کم خطر تر و همچنین کاهش میزان آن در بنزین تا زیر ۱٪ (با توجه به استاندارد EPA) درجه خطر و در نتیجه نمره ریسک آن را کاهش داد (Sarkhosh et al., ۲۰۱۳). نمره ریسک سایر ترکیبات را نیز می‌توان با افزایش اقدامات کنترلی مانند استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب از جمله استفاده از ماسک با فیلتر مخصوص برای بخارات آلی که می‌تواند تا حد زیادی باعث کاهش مواجهه شاغلین گردد، کاهش داد. همچنین کاهش مدت زمان مواجهه پرسنل به کمتر از ۲۴ ساعت، می‌تواند به میزان زیادی شاخص مواجهه را کاهش دهد.

نتایج مطالعات Mohen و Ethirajan در سال ۲۰۱۱ تایید کرد که غلظت برخی VOCs ها در پالایشگاه ها و صنایع شیمیایی از حد مجاز عبور کرده است. Lagorio و همکاران نیز میانگین غلظت بنزن و تولوئن را در پمپ بنزین ها ۱۶۹ و ۴۲۴ mg/m^3 گزارش کردند. همان طور که گفته شد مواجهه کوتاه مدت با این ترکیبات باعث اثراتی مثل حساس و تحریک شدن پوست، سردرد، سرگیجه و در مواجهه طولانی مدت، علاوه بر مشکلات ذکر شده می‌تواند باعث اثر بر کلیه، کبد و خون گردد (Ebrahimzadehet al., ۲۰۱۱). بنابراین با توجه به مواجهه بالای افراد شاغل در جایگاه های توزیع سوخت با ترکیبات BTEX کمبود مطالعات انجام شده در رابطه با ترکیبات آلی فرار، همچنین بحران آلودگی هوا که امروزه دغدغه اصلی مردم جهان است، و از آنجاییکه شهرستان سبزوار با جمعیت ۲۳۱۵۵۷ نفر طبق آخرین سرشماری منتشر شده مرکز آمار ایران (۱۳۹۰) یکی از بزرگترین شهرستان های خراسان رضوی می‌باشد، اگر سازمان‌ها نسبت به شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها اقدامی نکنند عملکرد محورهای توسعه ای کشور تاثیر تضعیف خواهد شد. به دلیل اهمیت بالای این موضوع و همچنین گزارشات مختلف اثرات خونی مواجهه کارگران صنایع پتروشیمی در مواجهه با حلال های آلی (Jafari et al., ۲۰۱۵)، پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش ریسک و خطرات ناشی از مواد شیمیایی بر انسان و محیط علاوه بر پایش محیطی، پایش بیولوژیکی و یا ارزیابی بیومارکر نیز به طور پیوسته در جایگاه های سوخت‌گیری انجام گیرد. لذا انجام مطالعات ایمنی در تمام ابعاد یک امر ضروری شناخته می شود.

۵- نتیجه گیری

افزایش توزیع بنزین در جایگاه های سوخت‌گیری طی سال‌های اخیر، باعث مواجهه بالای کارکنان این ایستگاه ها با ترکیبات بنزین گردیده است. با توجه به مطالعات اپیدمیولوژیک صورت گرفته میزان بالایی از مرگ و میر ناشی از سرطان در شاغلین جایگاه های سوخت‌گیری گزارش گردیده است. این افراد در هنگام سوخت‌گیری وسایل نقلیه، تخلیه بنزین از تانکر به داخل مخازن جایگاه های توزیع سوخت، تمیز کردن حوضچه مخازن و همچنین بازید دستگاه ها و تجهیزات، از طریق استنشاقی، پوستی و خوراکی با سطح بالایی از ترکیبات BTEX در تماس می‌باشند. نتایج نشان داد که پرسنل شاغل در جایگاه های توزیع سوخت بنزین در سطوح بالایی از مواجهه با ترکیبات آلی فرار موجود در بنزین می‌باشند. بنابراین با وجود ریسک قابل توجه برای کارکنان جایگاه های سوخت، می‌بایست اقدامات لازم برای کنترل و کاهش آن به سطح قابل توجه صورت گیرد.

۶- پیشنهادات

در انتها پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش ریسک اقداماتی انجام گیرد از قبیل: کنترل ریسک‌ها در منبع، جایگزینی مواد خطرناک با مواد بی خطر یا کم خطر، الزام اندازه گیری و پایش محیطی و بیولوژیکی به صورت سالیانه و مداوم در جایگاه ها، آموزش به تمامی کارکنان در خصوص خطرات و ریسک های بهداشتی مواجهه با مواد شیمیایی موجود در بنزین و بخارات ناشی از آن برای استفاده از وسایل حفاظت فردی، معاینه و تست پزشکی کارکنان حساس مانند بیماران تنفسی و قلبی جهت مشغول به کار شدن در جایگاه، بازدید و کنترل پیوسته خرابی نازل ها و تجهیزات جایگاه.

منابع

- Assessment EUR. ۲۰۰۸. Benzen: Risk assessment for Benzene. Dortmund Germany: Federal Institute for Occupational Safety and Health Notification Unit **۲۰۰۸.**

- Boogaard, P., van Sittert, N. ۱۹۹۵. Biological monitoring of exposure to benzene: a comparison between S-henylmercapturic acid, trans , trans-muconic acid, and phenol, Journal of Occupational and Environmental Medicine, Vol. ۵۲, P. ٦۱۱-۲۰.
- Céline, B., et al. ۱۹۹۹. Health Risk Assessment of a Modern Municipal Waste Incinerator, Risk Analysis, Vol. ۱۹, P. ۱۲۱۵-۱۲.

- Demidova, O., Cher, A. ۲۰۰۵. Risk assessment for improved treatment of health considerations in EIA, Environmental Impact Assessment Review, Vol. ۲۵, P. ٤۱۱-۲۹.
- Ebrahimzadeh, M., et al. ۲۰۱۱. Assessment of potential hazards by Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) method in Shiraz Oil Refinery, Occupational Medicine Quarterly Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Vol. ۲, P. ۱٦-۲۳.
- Esteve-Turrillas, F., et al. ۲۰۰۷. Assessing air quality inside vehicles and at filling stations by monitoring benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes with the use of semi permeable devices, Analytica Chimica Acta, Vol. ۱, P. ۱۰۸-۱٦.
- Greenland, J. ۲۰۰۹. Simulated Gasoline Release [dissertation], Pennsylvania Shippensburg University.
- Ivan, L., et al. ۱۹۹۸. Ambient Air Levels of Volatile or Ganic Compounds in Latin American and Asian Cities Chemosphere, Journal of Atmospheric Chemistry, Vol. ۱۱, P. ۲٤۹۷-۵۰٦.
- Jafari, M., et al. ۲۰۱۵. The Influence of Safety Training on Improvement in Safety Climate in Construction Sites of a Firm, Journal of Safety Promotion and Injury Prevention, Vol. ۲, P. ۲۵۷-٦٤.
- Jalali, M., et al. ۲۰۱٤. Health risk assessment of occupational exposure to BTEX compounds in petrol refueling stations in Mashhad, Journal of Neyshabur University of Medical Sciences, Vol. ۱, P. ۱۹-۲۷.
- Lagorio, S., et al. ۱۹۹۸. Methodological issues in biomonitoring of low level exposure to benzene, Occup Med (Lond), Vol. ۸, P. ٤٤۹-۵۸.
- Lynge, E., et al. ۱۹۹۷. Risk of cancer and exposure to gasoline vapors, Am J Epidemiol, Vol. ۱٤۵, P. **٤٤۹-۵٤۸.**

- Mckenzie, L., et al. ۲۰۱۲. Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources, Science Environmental international, Vol. ۲, P. ۳۹۳-٤۰۳.
- Mohan, S., Ethirajan, R. ۲۰۱۲. Assessment of Hazardous Volatile Organic Compounds (VOC) in Residential Area abutting a Large Petrochemical Complex, Journal of Tropical Forestry and Environment, Vol. ۱, P. ٤۸-۵۹.

- Mosaddegh Mehrjerdi, M., et al. ۲۰۱٤. The investigation of exposure to benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) with Solid Phase Microextr action Method in gas station in Yazd Province, Iranian South Medical Journal, Vol. ٦, P. ٤۱۹-۲۷.
- Neghab, M., et al. ۲۰۱۵. Evaluation of hematotoxic potential of benzene, toluene, xylene, ethyl benzene and n-hexane in petrochemical industries, Journal of Safety Promotion and Injury Prevention, Vol. ۲, P. ۲۹۳-۳۰۲.

- Raymond, D. ۲۰۱۵. Hamilton and Hardy's Industrial Toxicology.
- Sarkhosh, M., et al. ۲۰۱۳. Assessment of Volatile Organic Compound (VOC) in Tehran Air Pollution in ۲۰۱۰-۲۰۱۱, Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, Vol. ۳, P. ۵۷۸.

- Suresh, H., et al. ۱۹۹۹. Quantitative Assessment of the Risk of Lung Cancer Associated with Occupational Exposure to Refractory Ceramic Fibers, Risk Analysis, Vol. ۱۹.
- Tang, T., et al. ۲۰۰٦. The development and regulation of occupational exposure limits in Singapore, Regulatory Toxicology and Pharmacology, Vol. ۲, P. ۱۳٦-٤۱.
- Tang, W. ۲۰۰۰. Estimation of human exposure to styrene and ethylbenzene, Toxicology, Vol. ۱٤٤, P. ۳۹-۵۰.
- Tayfeh Rahimian, R., et al. ۲۰۱٤. Evaluation of Occupational Exposure with Vinyl Chloride Monomer in the Plastic Production Industry in Tehran, Journal of Safety Promotion and Injury Prevention, Vol. ۲, P. ۱۵-۲۲.

- Tiwary, A., Colls, J. ۲۰۰۹. Air pollution.
- Wang, P., Zhao, W. ۲۰۰۸. Assessment of ambient volatile organic compounds (VOCs) near major roads in urban Nanjing, China, Atmospheric Research, Vol. ۳, P. ۲۸۹-۹۷.
- Wexler, P. ۲۰۱٤. Encyclopedia of Toxicology: assachusetts, Academic Press.

- Zare Jeddi, M. et al. ۲۰۱٥. Semi-Quantitative and Quantitative Health Risk Assessment of Gas Station Workers Exposure to Benzene, Iranian Journal of Health and Environment, Vol. ۳, P. ۳۱۹-٤۰۰.

Semi-quantitative risk assessment of health exposure to volatile organic carbons (VOCs) in Sabzevar petrol stations

Forough Omrani[۱], Ghasem Zolfaghari[۲,*], Amin Alizadeh[۳]

[۲] Graduate of Environmental Sciences and Engineering, Binaloud Institute of Higher Education, Mashhad, Iran
[۲] Associate Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
[۳] Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

g.zolfaghari@hsu.ac.ir

Abstract

Introduction

Volatile organic compounds are air polluting agents that are in the form of volatile liquids or solids. These compounds containing organic carbon are produced through various processes and evaporate at a high speed. Benzene, toluene, ethylbenzene, xylene (BTEX) are volatile organic compounds that have similar physical and chemical properties and are more important among volatile organic compounds. These materials are one of the main components of gasoline and one of the main solvents used in industries. BTEX present in used gasoline enters the air of cities through the exhaust, engine of vehicles and also as a result of gasoline evaporation from oil product distribution points, and in this way, gas station employees are exposed to these compounds. The increase in the distribution of gasoline in gas stations in recent years has caused the employees of these stations to be exposed to gasoline compounds. In order to decide on the control measures and protection of employees against adverse effects caused by chemical substances, it is necessary to specifically evaluate the health risks caused by exposure to these substances. Risk assessment can be used as one of the effective tools in environmental and health assessment, and it is needed for different jobs. Due to the high exposure of people working in refueling stations to dangerous organic substances, this study aims to evaluate the health risk of occupational exposure to volatile organic compounds in gasoline, in the employees of gasoline fuel distribution stations in Sabzevar city, and in order to provide solutions was done.

Material and method

This cross-sectional study was conducted in ۹ gasoline fuel distribution stations in Sabzevar city in the winter of ۲۰۱٤ and the spring of ۲۰۱٥. After determining the positions, the health risk assessment of the investigated compounds was carried out in the positions. For this purpose, the method presented in the Health, Safety, and Environment unit of the Ministry of Oil of Iran has been used. At first, a working group was formed consisting of supervisors of the sites under investigation, staff representatives and environmental pollution experts. In the next step, in order to analyze the work process, the employees were grouped according to their job duties. Then, according to the specificity of the investigated chemicals, BTEX in gasoline, the Hazard Rate (HR) of each of these compounds was determined. For this purpose, risk assessment was carried out in ۳ steps: ۱) determination of the Hazard Rate, ۲) determination of the Exposure Rate (ER), and ۳) determination of the Risk Level (RL). After identifying the chemicals in question, in this stage, the level of toxicity or risks caused by these substances was determined. Substances are classified into ٥ levels of risk based on the toxic effects or harmful side effects of the chemical substance. According to the provided guide, the ER can be determined using the actual exposure level (pollutant measurement results) or using the exposure index (Exposure Index (EI)). Then the level of risk is obtained according to the degree of danger of the chemical substance (HR) and the degree of exposure (ER). Finally, the risk rating was determined in order to provide a control solution.

Results and duscussion

The results of the risk analysis and evaluation in all the studied sites showed that the highest risk score was assigned to benzene with a very high rank, ethyl benzene was ranked next, i.e. high, and two other compounds, toluene and xylene, had an average rank assigned to themselves. It is very important to control health risks from the stage of production, use and disposal of chemicals. In recent years, with the increasing urban population and the consequent increase in car production and refueling stations, gasoline consumption has increased and the risk of exposure to vapors caused by this chemical substance has increased. Health risk assessment of chemicals determines their adverse effects. During the investigations, it was determined that Beyhaq, Parsa, and Mehrizi locations have a higher risk score for benzene than other locations due to more traffic of heavy vehicles (Gasoline sales operator).In the discharge operator's job, in Beyhaq and Al-Ahmed stations, due to the high amount of gasoline sales and the consequent increase in the amount of loading and unloading cargo per day (۳ to ٤ times a day),

benzene has the highest risk score with a score of ٤,٣٦ and got a very high rating. In the above two positions in the discharge operator's job, ethylbenzene has a high risk rating and the two compounds xylene and toluene have a medium risk rating. In other locations such as Resalat, Parsa, Qarzi, Iran Zemin, Mianabadi and Mehrizi, benzene with a high risk rating had the highest amount of risk and ethylbenzene, toluene and xylene with a medium risk rating were ranked next. In all positions in administrative jobs, benzene with a risk score of ٣,٩٨ has the highest risk rating, i.e. a high rating, and the other three compounds all have a medium risk rating.

Conclusion

The increase in the distribution of gasoline in gas stations in recent years has caused the employees of these stations to be exposed to gasoline compounds. These people are in contact with a high level of BTEX compounds through inhalation and skin while refueling vehicles, emptying gasoline from the tanker into the tanks of the fuel distribution stations, cleaning the reservoirs and also opening the devices and equipments. The results showed that the personnel working in gasoline fuel distribution stations are exposed to volatile organic compounds in gasoline at high levels. In order to reduce the risk, it is necessary to take measures such as: controlling the risks at the source, replacing dangerous substances with safe or less dangerous substances, requiring annual and continuous environmental and biological measurement and monitoring in the locations, training to all employees regarding the dangers and health risks of exposure to chemicals in gasoline and its vapors for the use of personal protective equipment, medical examination and testing of sensitive employees such as respiratory and cardiac patients in order to work at the station, visit and control failure of nozzles and station equipments.

Keywords

Volatile organic compounds, Occupational exposure, Health risk assessment, Gasoline stations