# ارزیابی ریسک ناشی از مواجهه شغلی کارکنان محوطه واحد پالایش با ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلین (BTEX) در یک شرکت وابسته به نفت

مقصود قاسمی پور[۱]، نسترن ملازاده[۲*]

## چکیده

**مقدمه:** در بیشتر واحدهای فرایندی صنایع پالایشی، کارکنان با عوامل شیمیایی مختلفی در تماس هستند. هدف از این مطالعه تعیین بالاترین سطح مواجهه با ترکیبات BTEX و ارزیابی ریسک ناشی از مواجهه کارکنان محوطه واحد پالایش در یک شرکت وابسته به نفت است.

**روش بررسی:** در این مطالعه ابتدا وظایف، فرآیندهای کاری و عوامل زیان آور محیط کار براساس گروه های شغلی مشخص گردید، سپس تعداد ده نفر از کارمندان محوطه که در یک شیفت کاری قرار داشتند انتخاب گردید و مطابق روش شماره ۱۵۰۱ سازمان NIOSH، نمونه برداری هوا و آنالیز ترکیبات BTEX انجام شده و برای تحلیل آماری نتایج از نرم افزار IHSTAT انجمن بهداشت صنعتی آمریکا استفاده گردید. در نهایت ارزیابی ریسک مطابق با روش شماره ۸۴۱۰۱۰۴۲ وزارت نفت انجام شد.

**یافته ها:** نتایج حاصل از تحلیل آماری اندازه گیری‌ها توسط نرم افزار نشان داد که میزان مواجهه با تولوئن، اتیل بنزن و زایلین در این شرکت در حد مجاز بود ولی بالا بودن میزان مواجهه با بنزن مشخص نگردید. در ادامه با استفاده از ارزیابی ریسک مشخص شد بنزن دارای رتبه ریسک متوسط، همچنین تولوئن، اتیل بنزن و زایلین دارای رتبه ریسک کم می باشد.

**نتیجه گیری:** با توجه به بالا بودن پیامد مواجهه با بنزن انجام اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه در راستای حذف یا کاهش میزان مواجهه با آن توصیه گردید.

**کلید واژه ها:** ارزیابی ریسک، مواجهه شغلی، BTEX

**مقاله پژوهشی**

CC BY

**تاریخ دریافت:** ۹۷/۰۸/۰۸

**تاریخ پذیرش:** ۹۷/۱۰/۱۵

**ارجاع:**

قاسمی پور مقصود، ملازاده نسترن. ارزیابی ریسک ناشی از مواجهه شغلی کارکنان محوطه واحد پالایش با ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلین (BTEX) در یک شرکت وابسته به نفت. بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۷; ۲(۴): ۳۰۳-۲۹۳.

[۱]گروه مدیریت محیط زیست – ایمنی، بهداشت و محیط زیست واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
[۲*]گروه مدیریت محیط زیست – ایمنی، بهداشت و محیط زیست واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
(نویسنده مسئول: nastaran.mollazadeh@yahoo.com)

[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

**مقدمه**

امروزه صنایع نفت و گاز به علت داشتن فعالیتهای صنعتی فراوان و تعداد زیادی از افراد شاغل، از بزرگترین صنایع دنیا به شمار می‌روند. بر همین اساس، مسائل بهداشتی در صنایع نفت و گاز به دلیل ماهیت و شرایط کاری از اهمیت ویژه ای برخوردار است (۱). فعالیت های صنعت نفت از اکتشاف، حفاری و تولید نفت و گاز تا تولید فرآورده های پالایشگاهی و محصولات پتروشیمی، آثار و پیامدهای نامطلوب و اجتناب ناپذیری برای انسان و محیط زیست دربر دارد، شرکت های نفتی دارای فعالیت‌ها، فرآیند، عملیات و مواد مختلفی است که در برخی موارد همراه با خطراتی برای سلامت، ایمنی و محیط زیست می باشد (۲). در صنایع شیمیایی وابسته به نفت به دنبال تجزیه ی نفت، محصولات شیمیایی متفاوتی از جمله ترکیبات آلی فرار تولید می شود. ترکیبات آلی فرار در برگیرنده ی دسته ی بزرگی از هیدروکربن ها می باشد که به دلیل دارا بودن فشار بخار بالا، می تواند تحت دما و فشار اتمسفر، تبخیر شوند. در نتیجه به دلیل فرار بودن این ترکیبات، بسیاری از افراد در محیط های صنعتی و غیر صنعتی در مواجهه با این ترکیبات می باشند و در همین راستا مواجهه تنفسی، مهمترین راه تماس انسان با این گروه از ترکیبات شیمیایی محسوب می گردد (۳). ترکیبات آلی فرار از دو نقطه نظر حائز اهمیت می باشند، اولا پیش نیاز تشکیل اکسیدان های فوتو شیمیایی هستند و ثانیا گونه هایی از این ترکیبات سرطان زاهای شناخته شده‌ای می باشند. در این گروه چند صد ترکیب وجود دارد که سمی ترین آنها بنزن است. به طوریکه بیشترین اثر بهداشتی ناشی از مواجهه با بنزن می باشد. در انگلیس ۷۸ درصد بنزن هوا از اگزوز اتومبیل های بنزینی، ۹ درصد از اتومبیل های دیزلی، ۷ درصد از طریق تبخیر و بقیه از منابعی مثل پالایشگاه های نفت و غیره منتشر می شود (۴). در صنایع شیمیایی کارکنان با مواد مختلفی در تماس هستند، مواجهه مزمن انسان با بنزن در محیط کار منجر به آسیب مغز استخوان می شود که ابتدا بصورت آنمی لوکوپنی بروز می کند و تماس مزمن با تولوئن باعث ایجاد صدمات دائمی در سیستم اعصاب مرکزی می گردد (۵). اتیل بنزن با تحریک قسمت فوقانی سیستم تنفسی، آسیب کلیوی و اختلال بخش حلزونی گوش میانی می شود، زایلین باعث تحریک قسمت فوقانی تنفسی، چشم، پوست و اختلال سیستم اعصاب مرکزی می گردد (۶). شناسایی و اندازه گیری دقیق و به موقع عوامل زیان آور کاری در تشخیص زود هنگام بیماریهای شغلی و پیشگیری از پیشرفت این بیماریها به مراحل ناتوان کننده بسیار حائز اهمیت بوده و در نهایت باعث حفظ و ارتقای بیشتر سلامت کارکنان و کمک به افزایش بهره وری برای شاغل جامعه و صنعت خواهد شد (۷). روش‌های مختلفی برای تعیین مواجهه با مواد شیمیایی در محیط های شغلی وجود دارد و اندازه گیری مستقیم غلظت آلاینده در منطقه تنفسی فرد به عنوان معتبرترین روش برای اندازه گیری مواجهه می باشد. با ترکیب داده های مربوط به میزان مواجهه و غلظت مواد شیمیایی می توان ریسک مربوط به مواد شیمیایی را محاسبه کرد (۸). با توجه به اثرات سمی BTEX ها بر روی سلامتی افراد در محیط های شغلی، پایش این ترکیبات و ارزیابی ریسک بهداشتی آن ها به عنوان اولین راه جهت اتخاذ اقدامات کنترلی مواجهه شغلی با این ترکیبات می باشد. هم چنین پیدایش اطلاعات جدید در مورد اثرات نامطلوب بهداشتی مواجهه با ترکیبات شیمیایی سبب گردیده که ارزیابی ریسک به عنوان یک ابزار توانمند و قوی برای کمی کردن ریسک به منظور اهداف نظارتی مورد استفاده قرار گیرد (۹). نتایج مطالعه انجام شده توسط جلالی و همکاران در مورد ارزیابی ریسک ترکیبات BTEX در جایگاههای سوخت مشهد نشان داد که اتیل بنزن و بنزن بالاترین مقادیر ریسک را داشتند (۱۰). یافته های ناشی از مطالعه هراتی و همکاران در ارزیابی ریسک مواجهه با



[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

آلاینده‌های شیمیایی در یک صنعت خودروسازی نشان داد که 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 (۱۱). مطالعه انجام شده توسط نصری و همکاران در ارزیابی ریسک سلامت انسان در مواجهه با بنزن و تولوئن در کارگران پمپ بنزین شهر کرمان نشان داد که میانگین غلظت بنزن هوا بالاتر از حد مجاز پیشنهاد شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور ( ۰/۵ پی پی ام) می باشد در حالیکه غلظت تولوئن کمتر از حد مجاز می باشد (۱۲). در پتروشیمی و سکوهای نفتی ایران پژوهش هایی در زمینه ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی صورت گرفته است ولی تاکنون مطالعه ای برای ارزیابی ریسک مواجهه با BTEX بر اساس نتایج اندازه گیری و نمونه برداری هوا انجام نشده است. لذا این مطالعه با هدف تعیین بالاترین سطح مواجهه با ترکیبات BTEX و ارزیابی ریسک ناشی از مواجهه کارکنان محوطه واحد پالایش در یک شرکت وابسته به نفت انجام گرفت.

**روش بررسی**

مطالعه توصیفی- تحلیلی حاضر به صورت مقطعی در زمستان سال ۱۳۹۶ بر روی یک شرکت وابسته به نفت در چهار مرحله انجام گردید. مرحله اول شامل انجام تحلیل مخاطرات شغلی و جمع آوری اطلاعات به روش مشاهده فرآیند انجام کار، مصاحبه با سرپرستان و شاغلین بود که براساس استاندارد OSHA' S HAZWOPER اقدام به تعیین گروه های مواجهه ی مشابه (SEG) Similar Exposure Groups گردید و بر اساس راهبرد بهداشت صنعتی آمریکا (AIHA) (۱۳)، تعداد ده نفر از کارگران محوطه که در یک گروه مواجهه مشابه قرار داشتند به عنوان گروه هدف جهت اندازه گیری و تعمیم نتایج انتخاب شد. مرحله دوم شامل نمونه برداری و پایش هوا در خصوص مواجهه کارکنان محوطه پالایش با ترکیبات BTEX بود که به دلیل مشکل بودن شناسایی مواجهه‌ی بیش از حد مجاز، نمونه برداری ها صرفاً تصادفی ساده با یک رویکرد سیستماتیک برای پایش مواجهه انجام شد که حداقل نمونه برداری های لازم از هر SEG بر اساس رویکرد راپاپورت (۱۹۹۵)، تعداد ۲۰ بار ( هر نفر دو بار) در ساعت های مختلف روز از منطقه تنفسی کارگران نمونه برداری صورت پذیرفت (۱۳). جمع آوری نمونه‌ها مطابق روش شماره ۱۵۰۱ سازمان NIOSH (۱۴)، با استفاده از پمپ کالیبره شده و لوله های جاذب زغال فعال که هر دو مدل SKC و ساخت کشور آمریکا بود، استفاده شد و بر اساس روش NIOSH هر بار نمونه برداری به مدت ۳۰ دقیقه به طول انجامید. آماده سازی نمونه های جمع آوری شده با استفاده از محلول $CS_2$ به روش بازیافت شیمیایی توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-MS) مدل 7890B ساخت شرکت Agilent از بستر جدا و تجزیه شد. دستگاه کروماتوگرافی گازی دارای ستون مویین HP-5MS با طول ۳۰ متر، قطر ۰/۲۵۰ میلی متر و فیلم ۰/۲۵ میکرومتر و مجهز به آشکار ساز جرمی مدل 5977A MSD بود. غلظت استاندارد مادر mg/L ۲۰۰۰ و غلظت استاندارد ثانویه ppm ۲۰ و غلظت استانداردهای کاربردی در نمودار کالیبراسیون BTEX برابر ۵، ۳، ۱، ۰/۵ ، ۰/۰۱ و ۰/۵۰ پی پی ام تهیه گردید. دمای اولیه ستون ۴۰ درجه سانتی گراد بود که پس از ۱۰ دقیقه تا ۲۳۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت. دمای محل تزریق نمونه در ۲۵۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید. مرحله سوم شامل تحلیل آماری نتایج اندازه گیری ها با نرم افزار و تعیین میزان دقیق مواجهه کارکنان با سطح اطمینان ۹۵ درصد بود که از نرم افزار EASC-IHSTAT-V235-1 انجمن بهداشت صنعتی آمریکا استفاده شد (۱۵). با توجه به اینکه هدف از این مطالعه تعیین بالاترین سطح مواجهه بود در بعضی از نمونه



[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

ها، آلاینده ای توسط آزمایشگاه مشاهده نشده بود که در محاسبات آماری لحاظ نگردید و داده های مورد استفاده در تحلیل آماری شامل ۱۶ نمونه بنزن، ۱۲ نمونه اتیل بنزن،۲۰ نمونه تولوئن و ۱۸ نمونه زایلین بود (۱۵). مرحله چهارم شامل ارزیابی ریسک بود که بر اساس راهنمای ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی شماره ۸۴۱۰۱۰۴۲ اداره کل بهداشت، ایمنی و محیط زیست وزارت نفت در چهار مرحله به شرح زیر انجام شد (۱۶).

الف: تعیین درجه خطر

درجه خطر(Hazard Rate) HR هر کدام از مواد شیمیایی با توجه به اثرات سرطانزایی آن مشخص شد (جدول ۱).

جدول(۱) درجه خطر را بر اساس اثرات مواد شیمیایی نشان می دهد که در این مطالعه برای تعیین درجه خطر از اثرات سرطانزایی مواد استفاده شد. نماد A1 دارای کمترین خطر و نماد A5 بیشترین خطر سرطانزایی را دارد (۶). حرف A در این جدول نمادهای ارائه شده توسط مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) به همراه اعداد ۱ تا ۵ می باشد که نشانگر درجه سرطان زایی مواد است. نماد A1 نشانه تأیید سرطانزایی ماده شیمیایی برای انسان، نماد A2 سرطانزایی مشکوک برای انسان، نماد A3 به معنی سرطانزایی تأیید شده برای حیوان ولی ارتباط ناشناخته برای انسان می باشد و نماد A4 عواملی که نگرانی هایی را در مورد سرطان زایی برای انسان پدید آورده است اما به دلیل کمبود داده ها امکان ارزیابی جامع در مورد آنها وجود ندارد و A5 عواملی هستند که بر اساس مطالعه های جامع و صحیح اپیدمیولوژیکی، مشکوک به سرطان زایی در انسان نمی باشند (۶).

ب: تعیین سطح مواجهه

سطح مواجهه واقعی E (Exposure) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد. که در این رابطه به دلیل شرایط کاری، مدت زمان مواجهه کارکنان با مواد شیمیایی در هر بار یک ساعت، تعداد دفعات مواجهه در هفته ۴۲ بار و میانگین ساعت کاری شرکت ۸۴ ساعت در هفته لحاظ گردید. در این رابطه برای میزان مواجهه کارکنان، صدک ۹۵ ام کل مواجهات در نظر گرفته شد.

رابطه (۱) سطح مواجهه هفتگی را نشان می دهد (۱۶).

رابطه (۱):

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

E: سطح مواجهه هفتگی برحسب

F: تعداد دفعات مواجهه در هفته

D: مدت زمان هر مواجهه در روز .ر .

M: میزان مواجهه در روز برحسب $mg/m^3$ یا PPM

W: میانگین ساعت کاری در هفته

ج: تعیین درجه مواجهه

درجه مواجهه ER (Exposure Rate) مطابق راهنمای ارزیابی ریسک بهداشتی ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی وزارت نفت تعیین شد جدول۲.

د: تعیین سطح و رتبه ریسک

پس از تعیین درجه مخاطره (HR) و درجه مواجهه (ER)، سطح ریسک RL(Risk level) با استفاده از رابطه (۲) و رتبه ریسک با استفاده از جدول (۳) مشخص گردید. شاخص های مواجهه در مقیاس رتبه ای از ۱ تا ۵ طبقه بندی شدند، بدین صورت که رتبه ۱ شدت مواجهه ی ناچیز، رتبه ۲ مواجهه کم، رتبه ۳ متوسط و رتبه ۴ نشان دهنده مواجهه زیاد و رتبه ۵ نشان دهنده مواجهه خیلی زیاد است (۱۶).

رابطه (۲):

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

کد اخلاق پژوهش حاضر ۱۵۰۲۱۲۱۴۹۶۱۰۱۳ می‌باشد.



[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

جدول ۱: تعیین درجه خطر (۱۶)

| درجه خطر (HR) | اثرات مواد شیمیایی | مثال |
|---|---|---|
| ۱ | – موادی که هیچگونه اثر بهداشتی شناخته شده ای ندارند و بعنوان مواد سمی یا زیان آور شناخته نشده اند.<br>– موادی که سازمان ACGIH در طبقه A5 سرطانزایی 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 بر انسان ایجاد کنند.<br>– موادی که ACGIH آنها را در طبقه A4 سرطانزاها قرار داده است.<br>– موادی که سبب ایجاد حساسیت و تحریک در پوست می شوند. | تولوئن، زایلین، استون، بوتان، اسید استیک ۱۰درصد |
| ۳ | – موادی که برای انسان یا حیوان احتمالاً سرطانزا یا موتاژن (ایجاد جهش زایی) هستند ولی اطلاعات کافی در این مورد وجود ندارد.<br>– موادی که ACGIH آنها را در طبقه A3 سرطانزایی قرار داده است.<br>– مواد خورنده ( موادی که pH بیشتر از ۳ و کمتر از ۵ داشته باشند یا pH بیشتر از ۹ و کمتر از ۱۲ داشته باشند) و موادی که باعث تحریک دستگاه تنفسی می شوند. | اتیل بنزن، آمونیاک، بوتان، بوتانول، استالدئید، آنیلین، آنتیموان |
| ۴ | – موادی که امکان سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراتوژنی (ناقص الخلقه زایی) آنها بر طبق مطالعات انجام شده روی حیوانات بیشتر از دسته قبلی است.<br>– موادی که ACGIH آنها را در طبقه A2 سرطانزایی قرار داده است.<br>– مواد خیلی خورنده ( pH بیشتر از صفر و کمتر از ۲ باشد یا pH بیشتر از ۱۱/۵ و کمتر از ۱۴ باشد) | فرمالدید، کادمیوم متیل کلراید، اتیلن اکساید |
| ۵ | – موادی که امکان سرطانزایی، موتاژنی ( ایجاد جهش ژنی) و تراتوژنی ( ناقص الخلقه زایی) آنها بر طبق مطالعات انجام شده روی حیوانات بیشتر از دسته قبلی است.<br>– موادی که ACGIH آنها را در طبقه A1 سرطانزایی قرار داده است.<br>– مواد شیمیایی خیلی سمی | بنزن، بنزیدین، وینیل کلراید، سرب سیلیس، آرسنیک، بریلیوم، برومین، ونیل کلراید، جیوه |

جدول۲: تعیین درجه مواجهه (۱۶)

| ER | E/OEL |
|---|---|
| ۱ | کمتر از ۰/۱ |
| ۲ | بین ۰/۱ تا ۰/۵ |
| ۳ | ۰/۵ تا ۱ |
| ۴ | ۱ تا ۲ |
| ۵ | بیشتر از ۲ |

جدول۳: ماتریس تعیین رتبه ریسک (۱۶)

| راهنمای تعیین رتبه ریسک با استفاده از رنگ | ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | HR / ER |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ناچیز | ۲/۲ | ۲ | ۱/۷ | ۱/۴ | ۱ | ۱ |
| کم | ۳/۲ | ۲/۸ | ۲/۴ | ۲ | ۱/۴ | ۲ |
| متوسط | ۳/۹ | ۳/۵ | ۳ | ۲/۴ | ۱/۷ | ۳ |
| زیاد | ۴/۵ | ۴ | ۳/۵ | ۲/۸ | ۲ | ۴ |
| خیلی زیاد | ۵ | ۴/۵ | ۳/۹ | ۳/۲ | ۲/۲ | ۵ |

[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

## یافته ها

الف: ارزیابی نتایج اندازه گیری آلاینده ها

نتایج حاصل از اندازه گیری آلاینده ها در این مطالعه نشان می دهد که از ۲۰ نمونه‌ی آنالیز شده، در ۱۶ نمونه بنـزن، ۱۲ نمونـه اتیل بنزن، ۲۰ نمونه تولوئن و ۱۸ نمونه زایلین شناسـایی شـده و میانگین غلظت آلاینده های مذکور در حد مجاز بود و غلظت ۶/۳ درصد از نمونه های بنزن بالاتر از استاندارد بـوده و صـدک ۹۵ ام کل مواجهات بنزن (بـا سـطح اطمینـان ۹۵ درصـد) بـه مقـدار ۰/۵۶۵PPM محاسبه گردید که نسبت به استاندارد ( ۰/۵ PPM) بالاتر بود جدول (۴).

جدول۴ تحلیل آماری نتایج اندازه گیری ها توسـط نـرم افـزار IHSTAT را نشان می دهد که میانگین غلظت آلاینده ها کمتر از استاندارد و صدک ۹۵ ام مواجهات بنـزن بـالاتر از اسـتاندارد مـی باشد.

جدول ۴: تحلیل آماری و تعیین صدک نود و پنجم ام مواجهه شیمیایی (۱۴)

| آمار توصیفی | بنزن | تولوئن | اتیل بنزن | زایلین |
|---|---|---|---|---|
| استاندارد (OEL) برحسب ppm | ۰/۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۰۰ |
| * نتایج تعداد نمونه های تحلیل شده با نرم افزار (n) | ۱۶ | ۲۰ | ۱۲ | ۱۸ |
| حداکثر (max) برحسب ppm | ۰/۵۱ | ۰/۲۷ | ۰/۲۲ | ۰/۲۵۸ |
| حداقل(min) برحسب ppm | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۲۴ | ۰/۰۰۲۲ |
| دامنه (range) | ۰/۵۰۹ | ۰/۲۶۱ | ۰/۲۱۷۶ | ۰/۲۵۵ |
| میانگین (mean) برحسب ppm | ۰/۱ | ۰/۰۶۳۵ | ۰/۰۵۶۹ | ۰/۰۵۰۳ |
| میانه (median) | ۰/۰۵۷ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲۸ |
| انحراف معیار (S) | ۰/۱۳۷ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۶۶ |
| میانگین هندسی (GM) | ۰/۰۴۰۳ | ۰/۰۴۵۵ | ۰/۰۲۸۷ | /۰۲۵۴ |
| انحراف معیار هندسی (GSD) | ۴/۹۸ | ۲/۳۹ | ۵/۰۴ | ۳/۵۷ |
| درصد مواجهات بالاتر از استاندارد (OEL) | ۶/۳۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| آمار تحلیلی | | | | |
| میانگین حسابی تخمینی تمام مواجهات (AM est) | ۰/۱۲۵ | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۸۷ | ۰/۰۵۳ |
| حدپایین اطمینان ۹۵درصد برای میانگین حسابی (LCL ۹۵ درصد) | ۰/۰۶۵ | ۰/۰۴۷ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۳۲ |
| حد بالا اطمینان ۹۵درصد برای میانگین حسابی (UCL ۹۵ درصد) | ۰/۶۷۳ | ۰/۱۰۷ | ۰/۷۸۵ | ۰/۱۴۵ |
| صدک نود و پنج ام کل مواجهات برحسب ppm | ۰/۵۶۵ | ۰/۱۹۱ | ۰/۴۱ | ۰/۲۰۶ |

*نتایج آنالیز آزمایشگاهی که بصورت Not Detected (ND) گزارش شده بود به عنوان خطا تلقی شد و در این محاسبات لحاظ نگردید.

ب: ارزیابی ریسک

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک انجام شده در این مطالعه نشـان می دهد رتبه ریسک بنزن متوسط و دیگر ترکیبات با رتبه ریسک کم می باشد جدول (۵).

جدول ۵ نتایج ارزیابی و تعیین رتبه ریسک مواد مورد بررسـی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در تعیین میـزان مواجهه، صدک ۹۵ ام کل مواجهات در نظر گرفتـه شـد و درجـه خطر بر مبنای خاصیت سرطانزایی مواد شیمیایی تعیین شد.

[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

جدول ۵: تعیین سطح و رتبه ریسک

| عناوین | بنزن | تولوئن | اتیل بنزن | زایلین |
|---|---|---|---|---|
| میانگین زمان هر مواجهه در روز برحسب ساعت (D) | ۱ ساعت | ۱ ساعت | ۱ ساعت | ۱ ساعت |
| تکرار مواجهه در هفته (F) | ۴۲ بار | ۴۲ بار | ۴۲ بار | ۴۲ بار |
| میزان مواجهه (M) برحسب PPM ( صدک۹۵ ام کل مواجهات) | ۰/۵۶۵ | ۰/۱۹۱ | ۰/۴۱ | ۰/۲۰۶ |
| میانگین ساعت کاری در هفته (W) بر حسب ساعت | ۸۴ | ۸۴ | ۸۴ | ۸۴ |
| سطح مواجهه هفتگی (E) برحسب PPM | ۰/۲۸۲۵ | ۰/۰۹۵۵ | ۰/۳۵۱۴ | ۰/۱۰۳ |
| استاندارد (OEL) برحسب PPM | ۰/۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۰۰ |
| E/OEL | ۰/۵۶۵ | ۰/۰۰۴۷۷۵ | ۰/۰۰۳۵۱۴ | ۰/۰۰۱۰۳ |
| درجه مواجهه (ER) | ۳ | ۱ | ۱ | ۱ |
| نماد سرطانزایی مواد شیمیایی | A1 | A4 | A3 | A4 |
| درجه خطر (HR) | ۵ | ۲ | ۳ | ۲ |
| سطح ریسک | ۳ | ۲ | ۲ | ۲ |
| رتبه ریسک | متوسط | کم | کم | کم |

## بحث

این مطالعه با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک ناشی از بالاترین سطح مواجهه شغلی با عوامل زیان آور بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلین در یک شرکت وابسته به نفت در یک شرایط عادی، در چهار مرحله انجام شد که نتایج حاصل از نمونه برداری و پایش آلاینده های هوا نشان داد، افراد مورد مطالعه در طول فعالیت کاری خود با ترکیبات BTEX در غلظت های پایین مواجهه دارند اگر چه ترکیبات مذکور جزء مواد اولیه شرکت مورد مطالعه نمی باشد ولی وجود آلاینده های مذکور را می توان نشت مواد از تجهیزات فرآیندی و بعضاً تخلیه مواد به محیط دانست. از کل نمونه برداری های انجام شده از ترکیبات مذکور نتایج ۶/۳ درصد بنزن بالاتر از استاندارد بود که این امر باعث شد در تحلیل نتایج حاصل از محاسبات آماری با نرم افزار، صدک ۹۵ ام مواجهه با بنزن بالاتر از استاندارد به دست آید که احتمال بالا بودن میزان مواجهه با بنزن وجود داشت ولی بطور قطعی مشخص نشد (۱۳). سپس با ارزیابی ریسک انجام شده نشان داده شد که بنزن با رتبه ریسک متوسط، بالاترین ریسک را نسبت به دیگر ترکیبات دارد. یکی از دلایل آن، درجه‌ی خطر بالای این هیدروکربن می باشد. مواجهه ناچیز با این هیدروکربن می تواند پیامد جبران ناپذیری بر سلامت انسان داشته باشد و به همین دلیل حد مجاز مواجهه با این آلاینده، PPM ۰/۵ می باشد. نتایج حاصل از مطالعه حاضر با نتایج مطالعه کلته و همکاران با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با مواد شیمیایی در یک سکوی نفتی انجام گرفت (۱۷)، همخوانی داشت به طوریکه در هر دو مطالعه بیشترین ریسک ناشی از مواجهه با بنزن مشترک است. اما با نتایج مطالعه فولادی و همکاران با هدف ارزیاتی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با ترکیبات BTEX در واحد ET یکی از صنایع پتروشیمی انجام گرفت (۱۸)، همخوانی نداشت. در یافته های حاصل از مطالعه فولادی و همکاران، رتبه ریسک مواجهه با بنزن مقادیر بالایی داشته است ولی در مطالعه حاضر بنزن دارای ریسک متوسط بود که اختلاف آن می تواند ناشی از پایین بودن اقدامات کنترلی در صنعت پتروشیمی مورد مطالعه توسط فولادی و همکاران باشد.

نتایج مطالعه حاضر با یافته های حاصل از مطالعه انجام شده توسط جهانگیری و پارساراد که در یک صنعت پتروشیمی با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه شغلی با عوامل زیان آور شیمیایی انجام گرفت منطبق بود و یافته های هر دو مطالعه نشان می-دهد که تولوئن دارای ریسک کم بوده است

[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]
[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

(۱۹). نتایج مطالعه حاضر که در شرایط عادی انجام شده است با یافته های حاصل از پایش های فردی هوای تنفسی که در سال ۱۳۷۷ مواجهه کارگران صنایع تولید نفت و گاز با سطوح مختلفی از مواد شیمیایی انجام شده منطبق بود (۲۰)، بنابراین می توان نتیجه گرفت که مواجهات عموماً در فعالیتهای معمول در غلظت های پایین رخ می دهد. نتایج مطالعه حاضر با یافته های حاصل از مطالعه ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با آلاینده های شیمیایی انجام شده توسط گلبابایی و همکاران که در یک صنعت پتروشیمی انجام شده منطبق بود و بیشترین میزان ریسک مواجهه با بنزن بود و بنزن بعنوان مخاطره آمیز ترین ماده ی شیمیایی معرفی گردید (۲۱). نتایج مطالعه حاضر با یافته های حاصل از مطالعه ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با ترکیبات آلی فرار (BTEX) که توسط دهقانی و همکاران در واحد رنگ یک صنعت خودرو سازی انجام شده منطبق نبود (۲۲). علت عدم همخوانی مطالعه حاضر با مطالعه دهقانی و همکاران، بالا بودن میزان مواجهه با بنزن در مطالعه انجام شده توسط دهقانی و همکاران بود که در واحد رنگ صنعت خودرو سازی، استفاده بی رویه از حلال ها در تمیز کردن سطوح داشتند و بنزن بعنوان ناخالصی در حلال ها بوده است. نتایج مطالعه حاضر با یافته های حاصل از مطالعه ارزیابی کمی ریسک مواجهه شغلی با ترکیبات آلی فرار در صنایع شیمیایی وابسته به نفت که توسط رحیم نژاد و همکارانش انجام شده (۲۳) منطبق نبود و اختلاف آن ناشی از روش ارزیابی ریسک متفاوت بود. در مطالعه حاضر ارزیابی ریسک با تعیین درجه خطر و درجه مواجهه بر اساس دستورالعمل اداره کل بهداشت، ایمنی و محیط زیست وزارت نفت انجام شده است (۱۶) و مطالعه انجام شده توسط رحیم نژاد و همکاران بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا بوده است (۲۳).

## نتیجه گیری

در شرکت های نفتی کارکنان عموماً با ترکیبات BTEX مواجهه دارند که این مواجهات معمولاً در بسیاری از فعالیت ها با غلظت های پایین رخ می دهند. با توجه به پیامد بالای مواجهه با بنزن و میزان قابل توجه آن در نتایج اندازه گیری های انجام شده، اقدامات کنترلی جهت کاهش میزان مواجهه با این ماده شیمیایی نسبت به سه ترکیب دیگر در اولویت بالاتری قرار دارد. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در مطالعه حاضر، اولویت بندی اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه به ترتیب در سه سطح فنی مهندسی، مدیریتی و استفاده از وسایل حفاظت فردی انجام گردید.از محدودیت های این مطالعه می توان به عدم دسترسی به نتایج مطالعات مشابه در سایر شرکت های نفتی اشاره نمود. پیشنهاد می گردد به منظور مقایسه و تعیین اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه تکمیلی در مطالعات آتی علاوه بر ترکیبات BTEX، ارزیابی ریسک مواجهه با سایر ترکیبات آلی فرار نیز انجام گیرد.

## تقدیر و تشکر

از کلیه همکاران و افرادی که ما را در این امر یاری نمودند تشکر و قدردانی می گردد.

## مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: م.ق، ن.م

جمع آوری داده: م.ق

تحلیل داده: م.ق، ن.م

نگارش و اصلاح مقاله: م.ق، ن.م

## تضاد منافع

نویسندگان اعلام می نمایندکه هیچ گونه تضاد منافعی در این تحقیق وجود ندارد.

[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

## منابع


1. Gardner R. Overview and characteristics of some occupational exposures and health risks on offshore oil and gas installations. Annals of Occupational Hygiene. 2003;47(3):101-2.
2. Mortezavi S B. Department of health safety and environment. 2014. Petroleum Ministry. Available at: URL: http:// www.mop.ir/. Accessed Apr 20, 2018.
3. Environmental Protection Agency. Volatile Organic Compounds (VOICs). USA: Environmental Protection Agency. 2012. Available at: https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq.
4. Hatami H, Razavi M, ardabili H, Majlesi F. The Textbook of Public Health. 3rd ed. Tehran: School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences; 2013, 335. [Persian]
5. Farris GM, Robinson SN, Gaido KW, Wong BA, Wong VA, Hahn WP, et al. Benzene-induced hepatotoxicity and bone marrow compensation in B6C3F1 mice. Fundamental and Applied Toxicology: official journal of the Society of Toxicology. 1997;36(2):119–29.
6. Educational and scientific center of occupational health. Occupational exposure limit. 4th ed. Hamadan: Daneshjoo; 2016: 7, 29, 47,79, 82, 85. [Persian]
7. Afrashteh Fard M. Investigation of compression of air pollutants and noise pollution level in occupational exposure in a textile industry and providing HSE Managing recommendation. 8th national
8. Nieuwenhuijsen M, Paustenbach D, Duarte-Davidson R. New developments in exposure assessment: the impact on the practice of health risk assessment and epidemiological studies. Environment International. 2006;32(8):996-1009.
9. Guo H, Lee S, Chan L, Li W. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. Environmental Research. 2004;94(1):57-66.
10. Jalali M, Jalali S, Shafii Motlagh M, Mardi H, Neg-Ahban S, Faraji Tomarkandi V, et al. Health risk assessment of occupational exposure to BTEX compounds in petrol refueling stations in Mashhad. Neyshabur University of Medical Sciences. 2014;1(1):19-27. [Persian]
11. Harati B, Shahtaheri SJ, Karimi A, Azam K, Ahmadi A, Afzali Rad M, et al . Risk assessment of chemical pollutants in an automobile manufacturing. JHSW. 2017;7(2):121-30.
12. Nasri A, Jebelli B, Nasrabadi T, Hadizadeh H, Ghazanchaei E. Determining the Risk of occupational exposure to benzene, toluene among gasoline stations workers, case study in selected gasoline stations in Kerman, Iran. TKJ. 2015;7(2):57-63.
13. Soleymani E. Fundamental of sampling and occupational exposure assessment methods to gases and vapors.1st ed. Tehran: Fanavaran;


[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

2015, 243, 248, 269, 274. [Persian]

14. NIOSH. Hydrocarbons, Aromatic; NIOSH Manual of Analytical Method 1501. 2003;3(4):2-7.
15. Hygiene AA. EASC-IHSTAT-V235-1. 2014. Available At: Https://Www.Aiha.Org/Get-Involved/Volunteergroups/Strategybook4/Appendix IV/EASC-IHSTAT-V235.Xls, 2014.
16. HSE administration of oil Ministry. Guidelines for assessing health risks Posed by exposure to Chemicals. Tehran: ED, Oil Ministry; 2007, 3-7. [Persian]
17. Kalteh HO, Faghih A, Faghih MA, Kargaz A. Health risk assessment of exposure to chemical, case study on an oil platform. Bimonthly Hozan. 2016;1(4):12-20. [Persian]
18. Fouladi M, Goudarzi Gh, Mohammadi Rouzbahani M. Health risk assessment of occupational exposure to BTEX in ETT unit of Petrochemical industry . 2nd national conference of protection and planning for environment; 2013 Sep 24; Hamandishan Mohitzist Farda Company. Hamadan, Iran; 2013:1-8. [Persian]
19. Jahangiri M, Parsarad M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry. Iran Occupational Health. 2010;7(4):18-24. [Persian]
20. HSE. Occupational exposure to benzene, toluene and xylene and ethyl benzene during routine offshore oil and gas production; 1999.
21. Golbabaie F, Eskandari D, Rezazade Azari M, Jahangiri M, Rahimi M, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. IOH. 2012;9(3):11-21. [Persian]
22. Dehghani F, Golbabaei F, Abolfazl Zakerian S, Omidi F, Mansournia MA. Health risk assessment of exposure to volatile organic compounds (BTEX) in a painting unit of an automotive industry. JHSW. 2018;8(1):55-64. [Persian]
23. Rahimnejad S, Bahrami A, Asari M, Soltaniyeh A, Rahimpoor R, Negahban S, Ghorbani shahna F. Quantitative risk assessment of occupational exposure to Volatile Organic Compounds in the oil-dependent chemical industry. Sabzevar University of Medical Sciences. 1970; 21(5):829-41. [Persian]

[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]

# Risk Assessment of Occupational Exposure of Refinery Unit Site Staffs to Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylene Compounds (BTEX) in an Oil Company

Maghsoud GHASEMI POUR[1], Nastaran MOLLAZADEH *[2]

**Abstract**

**Introduction:** In most process units of refinery industries, staffs are exposed to various chemical agents. The purpose of this study was to identify the highest level of occupational exposure to Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylene compounds (BTEX)and to assess the risk caused by them in staffs of an Oil Company.

**Methods:** Initially, the staffs' tasks, work processes, and harmful factors in the working environment were determined based on the occupational groups. Then, 10 site staffs, who were in the same shift work were selected. According to NIOSH method number 1501, air sampling and BTEX analysis were performed. To analyze the results, IHSTAT software of American industrial hygiene association was applied. Finally, the risk assessment was done in accordance with the method number 84101042 of Oil Ministry.

**Results:** The statistical analysis of the measures indicated that exposure to toluene, ethylene benzene, and xylene was at the permitted level, but high exposure to benzene was not determined. The risk assessment showed that Benzene had a medium risk rating. Moreover, Toluene, Ethyl Benzene, and xylene had low risk rating

**Conclusion:** According to the severe consequences of benzene exposure, corrective and preventive measures should be taken to remove or decrease the exposure rate.

**Keywords**: Risk Assessment, Occupational Exposure, BTEX

## Original Article

**Received:** 2018/10/30

**Accepted:** 2019/01/05

**Citation:**
GHASEMI POUR Maghsoud, MOLLAZADEH Nastaran. Risk Assessment of Occupational Exposure of Refinery Unit Site Staffs to Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylene Compounds (BTEX) in an Oil Company. Occupational Hygiene and Health Promotion 2018; 2(4): 293-303.

[1]Department of Environmental Management, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

[2]Department of Environmental Management, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

*(Corresponding Author: nastaran.mollazadeh@yahoo.com)

[ Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2025-03-14 ]

[ DOI: 10.18502/ohhp.v2i4.441 ]