



## بررسی مواجهه شغلی با ترکیبات آلی فرار سرطان‌زا در یک صنعت شیمیایی وابسته به نفت: مطالعه موردی بر روی بنزن و اپی کلروهیدرین

سید امیررضا نگهبان<sup>۱</sup>، فرشید قربانی شهنآ، رزاق رحیم‌پور<sup>۱</sup>، مهدی جلالی<sup>۱</sup>، سمیرا رحیم‌نژاد<sup>۱</sup>، علیرضا سلطانیان<sup>۲</sup>

عبدالرحمن بهرامی<sup>\*۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۵

### چکیده

**زمینه و هدف:** مواجهه شاغلین در صنایع شیمیایی با برخی از ترکیبات سرطان‌زا طی مدت‌زمان طولانی ممکن است باعث اثرات جبران‌ناپذیری بر سلامتی آنان گردد. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی مواجهه شاغلین با بنزن و اپی کلروهیدرین منتشره در هوای تنفسی شاغلین مجتمع‌های یکی از صنایع شیمیایی وابسته به نفت کشور است.

**روش بررسی:** این مطالعه توصیفی-تحلیلی در زمستان ۹۱ در مجتمع‌های یکی از صنایع شیمیایی وابسته به نفت جنوب کشور انجام پذیرفت. در مجموع ۱۷۳ نفر در این مطالعه موردبررسی قرار گرفتند. اندازه‌گیری بنزن با توجه به روش شماره 1501 NIOSH و اندازه‌گیری اپی-کلروهیدرین با استفاده از روش شماره 1010 NIOSH انجام پذیرفت. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده پس از آماده‌سازی، به روش گاز کروماتوگرافی - طیف‌بین جرمی تجزیه شد.

**یافته‌ها:** از بین ۳۴۶ جمع‌آوری‌شده بنزن در کلیه نمونه‌ها (۱۰۰٪) و اپی کلروهیدرین در ۱۵۶ عدد از نمونه‌ها (۴۵٪) شناسایی شد. نتایج حاصل از آزمون آماری تفاوت معناداری را در میانگین مواجهه افراد با بنزن و اپی کلروهیدرین در کارگاه‌های مختلف نشان داد ( $Pvalue < 0.05$ ). مواجهه با بنزن در شغل ماشین‌با ۱/۶۸ ppm بیشترین و در شغل مأمور گشت با ۰/۰۱۸ ppm کمترین مقدار را نشان داد. نتایج آزمون آماری تفاوت معناداری در میانگین مواجهه افراد با بنزن در مشاغل مختلف نشان نداد ( $Pvalue > 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد که ماهیت کاری شاغلین در صنایع شیمیایی بر مواجهه آنان با ترکیبات آلی فرار در محل کار تأثیر داشته و با توجه به نزدیک بودن غلظت ترکیبات موردبررسی به‌ویژه بنزن به سطح اقدام و مواجهه افراد با غلظت‌های کمتر از حد مجاز در مدت طولانی، کاهش مواجهه افراد از طریق اقدامات کنترلی مناسب امری ضروری است.

**کلیدواژه‌ها:** بنزن، اپی کلروهیدرین، صنایع شیمیایی، ترکیبات سرطان‌زا، مواجهه شغلی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، همدان، ایران.

۲. دانشیار گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، همدان، ایران.

۳. استادیار گروه آمار و اپیدمیولوژی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، همدان، ایران.

\*۴. (نویسنده مسئول) استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، عضو مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، همدان،



## مقدمه

ترکیبات آلی فرار دسته بزرگی از هیدروکربن‌های گازی شکل می‌باشند که در دمای ۲۹۳/۱۵ درجه کلوین و فشار بخار ۰/۰۱ کیلو پاسکال به سرعت تبخیر می‌شوند. ۶۰ درصد از سهم ترکیبات آلی فرار در اتمسفر مربوط به منابع ثابت می‌باشد که در این میان فرآیندهایی که از حلال‌های صنعتی استفاده می‌نمایند بیشترین سهم را دارا می‌باشند. از جمله مشاغلی که بیشترین مواجهه را با این دسته از ترکیبات دارند می‌توان به شاغلین صنایع پتروشیمی، رنگ‌سازی، نیروگاه‌ها، صنایع تولید حشره‌کش، خشک‌شویی‌ها، جایگاه سوخت، صنایع چاپ و تولید چسب صنعتی اشاره نمود (۱-۴). تعداد و مقدار مواد شیمیایی بی‌شمار بوده و بنا بر گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، تولید سالانه مواد شیمیایی در حدود ۱/۵ تریلیون دلار برآورد شده است. همچنین گزارش WHO بیانگر آن است که هم‌اکنون ۱۰۰۰۰۰ ماده شیمیایی موجود بوده و سالیانه نیز بیش از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ ماده شیمیایی دیگر به این لیست افزوده می‌شود (۵).

بنزن و اپی‌کلروهیدرین جزء ترکیباتی هستند که توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) به ترتیب به‌عنوان سرطان‌زای قطعی و احتمالی برای انسان طبقه‌بندی شده‌اند. بنزن یکی از پرمصرف‌ترین و خطرناک‌ترین مواد شیمیایی است که از سوی بسیاری از سازمان‌های معتبر همچون EPA، ACGIH و IARC جزء سرطان‌زاهای قطعی انسانی طبقه‌بندی گردیده است که می‌تواند منجر به تأثیر بر سلول‌های خون‌ساز مغز استخوان و ایجاد آنمی آپلاستیک، لوسمی، لنفومی و نهایتاً سرطان خون شود (۶-۱۲). اپی‌کلروهیدرین (ECH) نیز یک ترکیب اپوکسی ارگانوکلره است که حلالیت متوسطی در آب و حلالیت خوبی در حلال‌های ارگانیک قطبی دارد و اخیراً کاربرد آن به‌عنوان یک ماده شیمیایی واسطه در بسیاری از مجموعه‌های صنعتی گسترش یافته است. مواجهه با این ماده می‌تواند به سرعت باعث تحریک چشم‌ها، پوست و سیستم تنفسی گردد. از دیگر عوارض مواجهه با آن نیز می‌توان به التهاب چشم‌ها و پوست به همراه درد فراوان، اثر بر سیستم تنفسی، درد شکمی، استفراغ، ضعف و بی‌حالی، سرفه، اثرات تولیدمثلی، کبدی و کلیوی اشاره نمود. همچنین مطالعات حیوانی روی این ماده ایجاد تومورهای شکمی، سرطان حفره دهان و بینی و اثرات ضد باروری را در حیوانات ثابت نموده-

است. در همین رابطه آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) اپی‌کلروهیدرین را به‌عنوان یک سرطان‌زای احتمالی برای انسان (گروه ۲A) طبقه‌بندی نموده است (۵، ۱۶-۱۳). مطالعات زیادی در سراسر جهان در رابطه با بررسی سرطان‌های شغلی در صنایع شیمیایی وابسته به نفت انجام پذیرفته است. مواجهه با هیدروکربن‌های موجود در این صنایع ممکن است از طریق مواجهه تنفسی و پوستی اتفاق افتد که در بین این ترکیبات، بنزن به‌عنوان مهم‌ترین ماده مورد توجه بوده است (۱۷). در مطالعات دیگر نیز مواجهه شاغلین این صنایع با ترکیبات فرار متنوع مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهشی که توسط ایلیم ستین و همکاران در شهر از میر ترکیه و باهدف تعیین غلظت ترکیبات آلی فرار (VOCs) در هوای یک مجتمع پتروشیمی انجام شد، مشخص گردید، غلظت VOCs در این مجتمع ۴ تا ۲۰ برابر بیشتر از غلظت‌های اندازه‌گیری شده در حومه شهر از میر می‌باشد. از بیشترین ترکیبات آلی فرار شناسایی شده در این مطالعه می‌توان به بنزن، افزودنی‌های استفاده شده در تصفیه بنزن، اتیلن دی کلراید، ترکیبات واسط وینیل کلراید، اتیل الکل و استن اشاره نمود (۲). همچنین در پژوهشی دیگر که توسط مقصودی و همکاران در تعدادی از صنایع شیمیایی وابسته به نفت در خصوص ارزیابی مواجهه پرسنل با ترکیبات آلی فرار انجام شد، مشخص گردید که غلظت این ترکیبات در برخی از نمونه‌ها بالاتر از حدود مجاز توصیه شده است و از بین مواد شناسایی شده قرارگیری افراد در سطح غیرمجاز مواجهه با بنزن در بالاترین سطح قرار دارد (۱۸).

با توجه به اینکه در ایران صنایع شیمیایی وابسته به نفت و محصولات آن روزبه‌روز در حال رشد و توسعه می‌باشد، کاربرد فراوان ترکیبات آلی فرار در این صنایع می‌تواند باعث مواجهه شاغلین با این ترکیبات شود و در نهایت ممکن است منجر به بروز عوارض متعددی گردد. در همین راستا به‌منظور صیانت از نیروی کار و منابع مادی کشور و با توجه به قوانین و دستورالعمل‌های ارائه شده از سوی سازمان‌های معتبر کشوری و بین‌المللی همچون OEL، NIOSH، OSHA، ACGIH و EPA، بررسی مواجهه شاغلین این صنایع با مواد شیمیایی (به‌ویژه ترکیبات آلی فرار) در راستای تعیین میزان مواجهه و باهدف ارائه تدابیر کنترلی امری ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش حاضر باهدف ارزیابی مواجهه شاغلین با بنزن و اپی‌کلروهیدرین منتشره در هوای تنفسی



شاغلین مجتمع‌های یکی از صنایع شیمیایی وابسته به نفت کشور و به‌منظور تعیین مواجهه شاغلین بر اساس استانداردهای موجود انجام پذیرفت.

### روش بررسی

این مطالعه توصیفی-تحلیلی به‌صورت مقطعی و در سال ۱۳۹۱ در ۲۱ مجتمع یکی از صنایع شیمیایی وابسته به نفت ایران انجام پذیرفت. در ابتدا با توجه به مطالعات قبلی انجام پذیرفته (۱۸)، هماهنگی اولیه با صنایع هدف و بررسی مشاغل با پتانسیل مواجهه با آلاینده‌ها در مجموع تعداد ۳۴۶ نمونه به‌صورت فردی از ۱۷۳ نفر در ۲۱ مجتمع شیمیایی وابسته به نفت به‌عنوان حجم نمونه برآورد گردید. قبل از انجام مطالعه، مجوزهای مربوطه از سوی مقامات مسئول دریافت گردید و هماهنگی‌های لازم با مسئولین بهداشت و ایمنی شرکت‌ها به عمل آمد. همچنین فرم رضایت‌نامه در خصوص شرکت در مطالعه تهیه و بین پرسنل هدف توزیع گردید. کلیه افراد شرکت‌کننده در این مطالعه فرم رضایت شرکت در مطالعه را تکمیل نمودند.

اندازه‌گیری بنزن با توجه به روش شماره ۱۵۰۱ NIOSH و اندازه‌گیری اپی‌کلروهیدرین با استفاده از روش شماره NIOSH ۱۰۱۰ انجام پذیرفت (۱۹ و ۲۰). مطابق با روش مذکور جهت نمونه‌برداری از هوای استنشاقی از لوله جاذب زغال فعال دو قسمتی (۵۰/۱۰۰ mg) ساخت شرکت SKC استفاده شد. پمپ نمونه‌برداری مدل ۲۲۲ ساخت شرکت SKC و برای کالیبراسیون آن‌ها از رواتر (مدل LZB-3W) استفاده شد. دبی نمونه‌برداری نیز مطابق با روش، ۲۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه لحاظ گردید. برای جلوگیری از اشباع جاذب‌ها و در نتیجه نامعتبر شدن نمونه‌ها، پس از انجام پیش‌آزمون و تعیین زمان ترک آلاینده، برای هر نفر از ۲ نمونه جاذب استفاده شد. مدت‌زمان نمونه‌برداری نیز با توجه به

شیفت کاری هر فرد، ۸-۶ ساعت در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که برای نیمی از مدت‌زمان نمونه‌برداری از یک جاذب و برای نیمی دیگر از جاذب دیگر استفاده گردید. برای نمونه‌های جمع‌آوری در هر یک از مجتمع‌ها یک نمونه شاهد نیز لحاظ گردید. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها در عرصه، لوله‌های جاذب زغال فعال در جعبه حاوی کیسه یخ خشک جهت تجزیه و تعیین مقدار به آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان انتقال داده شد.

آماده‌سازی ترکیبات موردبررسی با توجه به روش استاندارد NIOSH ۱۵۰۱ صورت گرفت. روش کار بدین ترتیب بود که قسمت جلویی جاذب را شکسته و محتوای آن را داخل ویال‌های ۲ میلی‌لیتری (شستشو داده شده با CS<sub>2</sub>) ریخته و سپس توسط پیپت ۱ میلی‌لیتری پاکیزه ۱ میلی‌لیتر CS<sub>2</sub> با خلوص ۹۹٪ ساخت کمپانی مرک آلمان به ویال‌ها اضافه گردید و پس از بستن درب ویال‌ها با درپوش سیتومدار، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک (مدل Soltec ۲۲۰۰MH) با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس‌از آن یک میکرو لیتر از محلول داخل ویال را توسط سرنگ ۱۰ میکرو لیتری (ساخت شرکت Hamilton) برداشته و جهت انجام عمل تجزیه در محل پورت تزریق دستگاه گاز کروماتوگراف طیف‌سنج جرمی (مدل CP۳۸۰۰) ساخت شرکت Variance, Inc تزریق گردید. تنظیمات دستگاه در جدول ۱ ارائه گردیده است. همچنین به‌منظور تعیین غلظت نمونه‌ها، منحنی‌های کالیبراسیون ترسیم گردید. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نسخه ۱۶ نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت. به‌منظور تعیین ارتباط بین غلظت ترکیبات موردبررسی با نوع شغل و واحد موردبررسی به ترتیب از آزمون‌های One-Way ANOVA و کروسکال والیس استفاده گردید. کلیه آزمون‌ها در سطح معناداری  $\alpha=0.05$  انجام شد.

### جدول ۱- شرایط سازی دستگاه و مشخصات ستون

مشخصات ستون	شرایط سازی دستگاه
SGE Code: 25mm x0.22mm	زمان خاموشی MS: ۱/۹-۳/۵min
Capillary serial number: 4792B09	دمای محل تزریق: ۱۸۰ °C
P/N:054253	دمای اولیه ستون: ۳۰ °C
CO.N:SGG	زمان نگهداری در دمای اولیه: ۱۲min
	زمان افزایش دما: به ازای هر دقیقه ۲۰ درجه افزایش دما تا ۱۸۰ درجه
	و سپس ۰/۵min توقف در ۱۸۰ °C
	کل زمان آنالیز: ۲۰ min



## یافته‌ها

مقایسه غلظت هر یک از ترکیبات با مقادیر توصیه‌شده نشان داد که غلظت بنزن در ۹٪ افراد (۱۵ نفر از ۱۷۳ نفر) و اپی-کلروهیدرین نیز در ۶٪ افراد (۵ نفر از ۷۸ نفر) از حد مواجهه شغلی کشوری (OEL) و حدود توصیه‌شده توسط ACGIH تجاوز نموده است.

میانگین غلظت ترکیبات موردبررسی با تفکیک شغلی در جدول ۳ ارائه گردیده است. در بین مشاغل، مواجهه با بنزن در شغل ماشینر با ppm ۱/۶۸ بیشترین و در شغل مأمور گشت با ppm ۰/۰۱۸ کمترین مقدار را نشان داد؛ اما در کل با توجه به نتایج حاصل از آزمون آماری کروسکال والیس تفاوت معناداری در میانگین مواجهه افراد با بنزن در مشاغل مختلف وجود نداشت (Pvalue=۰.۵۸۵). در رابطه با اپی کلروهیدرین نیز شغل مکانیک با ppm ۰/۲۳۸ بالاترین مقدار و در شغل سرپرست با ppm ۰/۰۳۵ پایین‌ترین مقدار مواجهه را نشان داد؛ اما با توجه به نتایج حاصل از آزمون آماری One-wayAnova میانگین مواجهه با این ماده در مشاغل مختلف یکسان بوده و تفاوت معناداری با یکدیگر نداشت (Pvalue=۰.۹۹۶).

نتایج کیفی تجزیه نمونه‌ها در کلیه واحدها و مشاغل تحت بررسی نشان داد که از بین ۳۴۶ نمونه جمع‌آوری‌شده بنزن در کلیه نمونه‌ها (۱۰۰٪) و اپی کلروهیدرین در ۱۵۶ عدد از نمونه‌ها (۴۵٪) شناسایی شد. میانگین غلظت مواجهه شاغلین با ترکیبات موردبررسی در هر یک از واحدهای شیمیایی وابسته به نفت در جدول ۲ ارائه گردیده است. نتایج حاصل از آزمون آماری کروسکال والیس تفاوت معناداری را در میانگین مواجهه افراد با بنزن در کارگاه‌های مختلف نشان داد (Pvalue=۰.۰۰۴). به این صورت که بیشترین میانگین مواجهه افراد با بنزن در مجتمع شیمیایی وابسته به نفت شماره ۱۳ با ppm ۱/۱۶ و کمترین مقدار در شماره ۵ با ppm ۰/۰۷۴ تعیین شد. همچنین نتایج این آزمون تفاوت معناداری را در میانگین مواجهه افراد با اپی کلروهیدرین در کارگاه‌های مختلف نشان داد (Pvalue=۰.۰۰۳). به این صورت که بیشترین میانگین مواجهه افراد با اپی کلروهیدرین در مجتمع شیمیایی وابسته به نفت شماره ۹ با ppm ۰/۴ و کمترین مقدار در مجتمع شیمیایی وابسته به نفت شماره ۴ با ppm ۰/۰۲۳ به دست آمد.

جدول ۲- نتایج کمی غلظت بنزن و اپی کلروهیدرین به تفکیک مجتمع‌های موردبررسی

محل مطالعه	نوع آلاینده	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	تعداد کل نمونه‌ها	تعداد شناسایی‌شده (درصد)
۱	بنزن	۰/۲۵۷	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۳۴	۸	۸ (۱۰۰٪)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۷۹	۰/۱۵۹	۰/۰۶۵	۰/۳۶۱	۸	۶ (۷۵٪)
۲	بنزن	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۸۹	۰/۸۰۷	۳۴	۳۴ (۱۰۰٪)
	اپی کلروهیدرین	۰/۲۱۶	۰/۲	۰/۰۲۹	۰/۶۸	۳۴	۲۶ (۷۷٪)
۳	بنزن	۰/۱۵	۰/۱	۰/۰۸۵	۰/۲۸۱	۶	۶ (۱۰۰٪)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۲	۰/۰۹۵	۰/۰۳۷	۰/۲۲	۶	۶ (۱۰۰٪)
۴	بنزن	۰/۱۶	۰/۰۹۲	۰/۰۶۵	۰/۳۱۸	۲۰	۲۰ (۱۰۰٪)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۲۳	۰/۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۲۰	۶ (۳۰٪)
۵	بنزن	۰/۰۷۴	۰/۰۰۸	۰/۰۶۴	۰/۰۸۱	۶	۶ (۱۰۰٪)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۲۷	۰/۰۰۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۹	۶	۴ (۶۶٪)
۶	بنزن	۰/۱۱۷	۰/۰۴۶	۰/۰۶۷	۰/۲۱	۱۴	۱۴ (۱۰۰٪)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۳۵	۰/۰۵۳	۰/۰۲۵	۰/۱۲۲	۱۴	۶ (۴۳٪)
۷	بنزن	۰/۱۸۵	۰/۰۱۲	۰/۰۳۸	۰/۴۴۲	۲۴	۲۴ (۱۰۰٪)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۸۷	۰/۱۱	۰/۰۲۴	۰/۲۵	۲۴	۱۶ (۳۴٪)

ادامه جدول ۲- نتایج کمی غلظت بنزن و اپی کلروهیدرین به تفکیک مجتمع‌های موردبررسی

محل مطالعه	نوع آلاینده	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	تعداد کل نمونه‌ها	تعداد شناسایی شده (درصد)
۸	بنزن	۰/۵۴	۰/۳۷	۰/۲۸	۱/۱۷	۱۰	۱۰ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۹۳	۰/۰۲۵	۰/۰۰۹	۰/۰۶۹		۱۰ (%۱۰۰)
۹	بنزن	۰/۱۷۶	۰/۱۰۳	۰/۰۶۷	۰/۳۰۹	۱۰	۱۰ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۴	۰/۳۸۳	۰/۱۳۵	۰/۶۷۷		۴ (%۴۰)
۱۰	بنزن	۰/۲۳۴	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۵۶	۳۰	۳۰ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۶۶	۰/۰۵۸	۰/۰۲۸	۰/۱۹۳		۱۴ (%۴۷)
۱۱	بنزن	۰/۲	۰/۱۶۴	۰/۰۸۴	۰/۳۱۷	۴	۴ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	-	-	-	-		۰
۱۲	بنزن	۰/۲۱۸	۰/۱۰۶	۰/۰۳۵	۰/۴۳۴	۳۴	۳۴ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۵۲	۰/۰۳۹	۰/۰۲۸	۰/۱۱		۸ (%۲۴)
۱۳	بنزن	۱/۱۶	۲/۳۷	۰/۰۹	۷/۸	۲۰	۲۰ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۴۷	۰/۰۷۲	۰/۰۳۵	۰/۲۲		۱۰ (%۵۰)
۱۴	بنزن	۰/۳۲۹	۰/۱۸	۰/۰۸۲	۰/۴۹	۸	۸ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۹۱	۰/۰۴۵	۰/۰۴۳	۰/۱۳۲		۶ (%۷۵)
۱۵	بنزن	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۰۶۴	۰/۳۹	۱۰	۱۰ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۲۶	۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶		۲ (%۲۰)
۱۶	بنزن	۰/۲۶۳	۰/۱۱۱	۰/۱۴۵	۰/۴۵۹	۱۴	۱۴ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۳۷۵	۰/۴۴	۰/۱۰۸	۱/۳۲		۱۴ (%۱۰۰)
۱۷	بنزن	۰/۲۴۵	۰/۲۰۶	۰/۰۵۹	۰/۶۹	۲۴	۲۴ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۸۹	۰/۰۹	۰/۰۳۱	۰/۱۹۳		۶ (%۲۵)
۱۸	بنزن	۰/۲۳۳	۰/۱۹	۰/۰۳۵	۰/۶۷۸	۲۸	۲۸ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۲۰۸	۰/۰۸۱	۰/۱۵۱	۰/۲۶۶		۴ (%۱۵)
۱۹	بنزن	۰/۲۸۵	۰/۰۳۷	۰/۰۷۷	۰/۸۰۱	۶	۶ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۳۲	۰/۰۴۶	۰/۰۱۸	۰/۱۱		۶ (%۱۰۰)
۲۰	بنزن	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۲۶۱	۲۸	۲۸ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۶۹	۰/۰۲۲	۰/۰۴۹	۰/۱		۸ (%۲۹)
۲۱	بنزن	۰/۱۵۹	۰/۲۱۶	۰/۴	۰/۴۸	۸	۸ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۲۶۱	۰	۰/۲۶۱	۰/۲۶۱		۲ (%۲۵)
کلیه مجتمع‌ها	بنزن	۰/۲۷۵	۰/۶۰۹	۰/۰۳۵	۷/۸	۳۴۶	۳۴۶ (%۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۴۶	۰/۱۹۳	۰/۰۱۶	۱/۳۲		۱۵۶ (%۴۵)



جدول ۳- نتایج کمی آلاینده‌های موردبررسی به تفکیک مشاغل

شغل	نوع آلاینده	میانگین	انحراف معیار	تعداد کل نمونه‌ها	تعداد شناسایی شده (درصد)
ابزار دقیق	بنزن	۰/۱۶	۰/۱۶۱	۶	۶ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۹۳	-		۲۱ (٪۳۳)
آنالیزور آزمایشگاه	بنزن	۰/۲۳۶	۰/۲۰۸	۸	۸ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۳۲	-		۲ (٪۲۵)
بهره بردار	بنزن	۰/۲۲۷	۰/۰۸۲	۱۸	۱۸ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۹۵	۰/۰۵۸		۱۴ (٪۷۸)
تعمیرات	بنزن	۰/۱۹۳	۰/۱۵۶	۳۲	۳۲ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۹۱	۰/۰۹۹		۱۴ (٪۴۴)
تکنسین	بنزن	۰/۲۵۲	۰/۲۴۶	۱۰	۱۰ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۴۲	۰/۰۴۵		۴ (٪۴۰)
سایت من	بنزن	۰/۲۱۶	۰/۱۵۳	۱۷۲	۱۷۲ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۵۳	۰/۲۳		۸۰ (٪۴۷)
سرپرست	بنزن	۰/۳۱	۰/۲۱۲	۱۲	۱۲ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۳۵	-		۴ (٪۳۴)
ماشینر	بنزن	۱/۶۸	۳/۴۲	۱۰	۱۰ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۸۱	-		۲ (٪۲۰)
مأمور گشت	بنزن	۰/۰۱۸	۰/۲۰۵	۸	۸ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۹۳	۰/۰۹۵		۲ (٪۲۵)
مکانیک	بنزن	۰/۲۰۱	۰/۱۶۵	۲۶	۲۶ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۲۳۸	۰/۲۰۸		۱۲ (٪۴۶)
نمونه گیر	بنزن	۰/۳۱۷	۰/۳۹۷	۳۰	۳۰ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۰۷۵	۰/۰۷۴		۱۴ (٪۴۷)
خدمات	بنزن	۰/۳۶۹	۰/۳۴۸	۱۴	۱۴ (٪۱۰۰)
	اپی کلروهیدرین	۰/۱۶۹	۰/۲۳۳		۶ (٪۴۳)

### بحث

مقدار در مجتمع شماره ۵ می‌باشد. مجتمع شماره ۱۳ مجری طرح آروماتیک سوم با خوراک نفتا است و وظیفه اصلی آن تولید انواع ایزومرهای زایلن، آروماتیک‌های سنگین، بنزین و بنزن می‌باشد؛ بنابراین مواجهه بالاتر شاغلین این مجتمع صنعتی با بنزن نسبت به سایر مجتمع‌ها ممکن است به این دلیل باشد. همچنین یا توجه به اینکه موقعیت قرارگیری این شرکت در جنوب سایت ۴ می‌باشد. انتشار آلاینده‌ها از سایر مجتمع‌های شیمیایی وابسته به نفت توسط جریان بادها غالب منطقه به سمت این مجتمع ممکن است باعث تراکم غلظت بنزن در این مکان شده باشد؛ زیرا با توجه

هدف از انجام این مطالعه بررسی کمی و کیفی بنزن و اپی-کلروهیدرین در چند مجموعه یکی از صنایع شیمیایی وابسته به نفت کشور بود. این ترکیبات جزء خطرناک‌ترین آلاینده‌های موجود در محیط کاری صنایع شیمیایی بوده و با توجه به ویژگی سرطان‌زایی آن‌ها دارای اهمیت فراوانی برای پیش و کنترل مواجهه شاغلین است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین میانگین مواجهه افراد با بنزن در مجتمع شماره ۱۳ و کمترین



به مطالعات انجام شده مشخص گردید که جهت بادهای غالب محل مورد مطالعه در دی ماه از غرب و شمال غرب به سمت جنوب و جنوب شرق می باشد (۲۱). در مطالعه ای که توسط ساروت تپانوند و همکاران در سال ۲۰۱۰ در صنایع پتروشیمی انجام شد، مشخص گردید که از میان نمونه های گرفته شده در محیط خارجی صنایع پتروشیمی، بیشترین غلظت ترکیبات شناسایی شده به ترتیب مربوط به ترکیبات سرطانزا و خطرناکی همچون بنزن، ۱ و ۳ بوتادین و ۱ و ۲ دی کلرواتان می باشد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش به لحاظ غلظت بالای آلاینده بنزن در صنایع پتروشیمی، با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (۲۲). در مطالعه ایلم ستین و همکاران و همچنین مطالعه مقصودی و همکاران نیز که در صنایع شیمیایی وابسته به نفت انجام پذیرفته بود، نقش جهت وزش و سرعت باد در نحوه انتشار آلاینده های ساطع شده از تجهیزات و فرآیندها مورد بحث قرار گرفته و همسو با مطالعه حاضر است (۲ و ۱۸). میانگین مواجهه پایین شاغلین با بنزن در مجتمع شماره ۵ را نیز می توان با توجه به اینکه محصول اصلی این شرکت متیل ترشیو بوتیل اتر (MTBE) بوده و بنزن در فرآیند تولید این ماده مصرف نمی شود توجیه نمود. همچنین موقعیت قرارگیری این واحد صنعتی در قسمت شمالی سایت ۳ و تعداد کم صنایع بالادستی (مجتمع های شماره ۳ و ۴) در شمال ممکن است موجب انتشار کمتر آلاینده از صنایع مذکور (توسط جریان بادهای غالب) به این مکان شده باشد.

در مطالعه حاضر بیشترین میانگین مواجهه شاغلین با اپی-کلروهیدرین در مجتمع شماره ۹ (۰/۴ ppm) و کمترین مقدار در مجتمع شماره ۴ (۰/۰۲۳ ppm) به دست آمد. با توجه به اینکه یکی از محصولات این شرکت رزین های اپوکسی می باشد و اپی کلروهیدرین به عنوان حلال در پروسه تولید این ماده استفاده می شود و نیز فقدان سیستم های کنترلی مناسب برای این دسته از ترکیبات، ممکن است منجر به وضعیت غیرمجاز مواجهه شاغلین شده باشد. علاوه بر این، مجتمع شماره ۹ جزء واحدهایی است که در جنوب شرقی سایت ۳ واقع گردیده و در غرب بالادست آن مجتمع شماره ۸ و در شمال بالادست آن مجتمع های شماره ۵، ۶ و ۷ قرار دارند و این امر می تواند سبب انتشار آلاینده ها توسط جریان بادهای غالب به این مکان گردند. مقدار کم مواجهه شاغلین با این ماده در مجتمع شماره ۴ نیز با توجه به موقعیت قرارگیری این مجتمع در شرق سایت ۲ و تعداد کم صنایع بالادستی و در نتیجه عدم انتشار آلاینده ها توسط جریان بادهای

غالب به این مکان قابل توجیه است (۲۱).

از دیگر اهداف این مطالعه بررسی مواجهه افراد در مشاغل مختلف با بنزن و اپی کلروهیدرین بود. نتایج نشان داد که در بین مشاغل، مواجهه با بنزن و اپی کلروهیدرین به ترتیب در شغل ماشینر و شغل مکانیک بیشترین و در شغل مأمور گشت موتوری و شغل سرپرست پایین ترین مقدار است. علت بالا بودن مواجهه ۲ شغل ماشینر و مکانیک با بنزن و اپی کلروهیدرین را می توان به ماهیت این مشاغل مربوط دانست؛ زیرا کار اصلی این افراد انجام بازرسی، تعمیر و نگهداری ماشین آلات، تأسیسات و تجهیزات می باشد. این افراد به دلیل ماهیت شغلی که دارند در تمام واحدها (در محیط های داخل و خارج) به امر بازرسی و تعمیر ماشین آلات، تجهیزات، تأسیسات، مخازن و خطوط و اتصالات انتقال مواد شیمیایی مشغول می باشند؛ بنابراین حضور این افراد در این محل ها و در برخی اوقات زمان طولانی تعمیرات در مجاورت منابع تولید آلودگی ممکن است باعث بالا رفتن مواجهه این شاغلین با ترکیبات مورد بررسی شده باشد. مأمور گشت نیز با توجه به اینکه کار خود را در بیشتر مواقع روی وسیله نقلیه (موتور) انجام می دهد به دلیل عبور سریع از منابع تولید آلودگی و نیز به علت بالا بودن سرعت جریان باد هنگام حرکت وسیله نقلیه و توربولانس ایجاد شده در ناحیه تنفسی فرد منجر به کاهش مواجهه در این شغل شده باشد. همچنین با توجه به اینکه شغل سرپرستی بیشتر به صورت نظارت موردی بوده و فرد در بیشتر زمان کاری خود در داخل اتاق و در حال انجام کارهای اداری می باشد، میانگین مواجهه پایین این شاغلین با اپی کلروهیدرین قابل توجیه است.

بررسی مواجهه افراد با ترکیبات مورد بررسی بر اساس سطوح مجاز و غیرمجاز کشوری و بین المللی نشان از قرارگیری ۱۵ نفر (۸/۷٪) در سطح غیرمجاز مواجهه با بنزن و ۵ نفر (۲/۹٪) در سطح غیرمجاز مواجهه با اپی کلروهیدرین بود. این نتایج همسو با مطالعه مقصودی و همکاران می باشد. در آن مطالعه نیز مشخص شده بود که بیشتر افراد شاغل در سطوح غیرقابل قبول مواجهه با بنزن قرار دارند. البته در مطالعه ما تعداد افراد حاضر در سطح غیرقابل قبول نسبت به کلیه افراد کم است، اما با توجه به اثرات سرطانزایی ترکیبات مورد بررسی و توجه اصلی به مواجهه افراد در زمان طولانی با غلظت های پایین در مطالعات متعدد، توجه به مواجهه شاغلین مورد بررسی با سطوح تعیین شده در این مطالعه و ارائه تدابیری در جهت کاهش مواجهه امری ضروری به نظر می رسد (۲۳-۲۵).



سیستم؛ ۱۱) استفاده از سیستم جذب خنک‌کننده به همراه سیستم جذب حلال در خروجی دودکش برای جلوگیری از خروج گازها و بخارات واکنش نداده؛ ۱۲) استفاده از سطح سنج دیجیتالی (LG/TG) در مخازن به‌جای بازدید بصری و سطح سنجی دستی (دپ زنی)؛ ۱۳) استفاده از درزگیرهای ثابت یا شناور در مخازن؛ ۱۴) استفاده از شیرهای تخلیه خودکار به‌جای شیرهای تخلیه‌کننده دستی؛ ۱۵) مجهز نمودن خطوط تخلیه و بارگیری به سیستم بازیافت بخار؛ ۱۵) نصب سیستم‌های تهویه عمومی و موضعی (در نزدیک منبع تولید آلودگی)؛ ۱۶) استفاده از پالایشگرهای مناسب در خروجی سیستم‌های تهویه؛ ۱۷) استفاده از تکنیک‌های کنترل ترکیبات آلی فرار شامل اکسیداسیون حرارتی، اکسیداسیون کاتالیستی، جذب سطحی (فیزیکی)، جذب عمقی (شیمیایی)، کندانسسیون، فیلترها، بیوفیلترها و جداسازی غشایی؛ ۱۸) استفاده از رنگ‌های روشن در بدنه مخازن (جهت به حداقل رساندن جذب انرژی تابشی خورشید)؛ و ۱۹) استفاده از سیستم‌های بازیافت بخارات آروماتیک (۳۰-۲۶).

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که میزان مواجهه پرسنل شاغل در صنایع موردبررسی (صنایع شیمیایی وابسته به نفت) با بنزن و اپی-کلروهیدرین قابل توجه بوده و در برخی موارد از حدود مجاز توصیه‌شده فراتر رفته است. همچنین مشخص شد ماهیت کاری پرسنل شاغل در صنایع شیمیایی ممکن است تأثیر بسزایی بر میزان مواجهه آنان با بنزن و اپی‌کلروهیدرین داشته باشد. در نتیجه با توجه به نزدیک بودن غلظت ترکیبات موردبررسی به‌ویژه بنزن در اکثر نمونه‌ها به سطح اقدام و مواجهه افراد با غلظت‌های کمتر از حد مجاز در مدت طولانی، کاهش مواجهه افراد از طریق اقدامات کنترلی مناسب امری ضروری به نظر می‌رسد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله قسمتی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای بوده و محققین از مدیریت محترم صنایع و همچنین پرسنل زحمتکش آن جهت شرکت و همراهی در انجام این مطالعه کمال تشکر را دارند.

از جمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به عدم بررسی نقش فصول، دمای هوا و سرعت وزش باد در پراکندگی آلاینده‌های موردبررسی اشاره نمود؛ زیرا این فاکتورها ممکن است نقش بسزایی را در مواجهه شاغلین با ترکیبات آلی فرار ایفا نمایند. از نکات قوت مطالعه حاضر نیز می‌توان به تعداد بالای نمونه‌ها، گستردگی مکان نمونه‌برداری، مطالعه بر روی صنایع مختلف شیمیایی وابسته به نفت با رویکرد شناسایی میزان مواجهه شاغلین با ترکیبات سرطان‌زا و بررسی مشاغل مختلف اشاره نمود؛ زیرا بررسی انجام پذیرفته با این تعداد نمونه در این وسعت نیازمند منابع مالی و زمانی بالایی است که این امر در این مطالعه تحقق پیدا نمود. در نهایت با توجه به بالا بودن مواجهه مشاغلی مانند ماشینر و مکانیک در این بررسی و نزدیکی میانگین بیشتر واحدها به سطح اقدام (Action Level) به‌ویژه برای بنزن و همچنین با توجه به اهمیت ترکیبات سرطان‌زا در سطوح پایین مواجهه در مدت‌زمانی طولانی راهکارهای کنترلی زیر به‌منظور کاهش مواجهه پرسنل با ترکیبات فرار موجود در صنایع شیمیایی وابسته به نفت پیشنهاد می‌گردد:

۱) اجرای برنامه تعمیر و نگهداری دوره‌ای سیستم‌های فرآیندی (بازدید به‌موقع فلنج‌های ارتعاشی جهت جلوگیری از نشتی از واشرها و اتصالات، آچارکشی اتصالات، تست خطوط انتقال مواد و استفاده از اتصالات استاندارد)؛ ۲) استفاده از صفحات فلزی فیت-شده بر روی مناطق باز نهرهای پساب؛ ۳) استفاده از تجهیزات حفاظتی هنگام نمونه‌گیری از مخازن؛ ۴) توسعه فضای سبز جهت جذب آلاینده‌های مختلف هوا و پالایش هوا؛ ۵) اعمال تدابیر حفاظتی هنگام پر کردن یا تخلیه مواد شیمیایی (اطمینان از صحیح بسته شدن اتصالات و رفع سریع ریخت‌وپاش مواد شیمیایی)؛ ۶) کنترل فرآیند احتراق با استفاده از تجهیزات مانیتورینگ؛ ۷) رنگ‌آمیزی سطوح، لوله‌ها و انشعابات بارنگ‌های دی‌اکسید تیتانیوم ( $TiO_2$ ) جهت جذب انواع ترکیبات آلی؛ ۸) حذف ترکیبات آلی از پساب‌های صنعتی با استفاده از بسترهای دی‌اکسید تیتانیوم ( $TiO_2$ )؛ ۹) طراحی ارتفاع مناسب دودکش با توجه به طبقه‌بندی دمایی اتمسفر، نامطلوب‌ترین شرایط جوی، ارتفاع اینورژن منطقه و مجاورت یا عدم مجاورت با سایر صنایع؛ ۱۰) استفاده از خنک‌کننده‌های (Cooling Tower) مداربسته به‌جای مدارباز و استفاده از آب خام (RO)، در صورت باز بودن



1. Bahrami A, Zare Sakhvidi MJ. Engineering, particle control methods. Tehran: Fanavaran; 2011.[Persian]
2. Cetin E, Odabasi M, Seyfioglu R. Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. *Science of the Total Environment*. 2003;312(1):103-12.
3. Heinrich-Ramm R, Jakubowski M, Heinzow B, Christensen JM, Olsen E, Hertel O. Biological monitoring for exposure to volatile organic compounds (VOCs)(IUPAC Recommendations 2000). *Pure and Applied Chemistry*. 2004; 72(3):385-436.
4. Su F-C, Mukherjee B, Batterman S. Trends of VOC exposures among a nationally representative sample: Analysis of the NHANES 1988 through 2004 data sets. *Atmospheric Environment*. 2011;45(28):4858-67.
5. Health Center of Environment and Occupation. Chemical hazards guideline, Tehran ; 2012. [Persian]
6. Guo H, Lee SC, Chan L, Li W. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. *Environmental Research*. 2004;94(1):57-66.
7. Kim J-A, Kim S, Kim H-J, Kim Y-S. Evaluation of formaldehyde and VOCs emission factors from paints in a small chamber: The effects of preconditioning time and coating weight. *Journal of hazardous materials*. 2011;187(1): 7-52.
8. Lovreglio P, D'Errico MN, Fustinoni S, Drago I, Barbieri A, Sabatini L, et al. Assessment of Environmental Exposure to Benzene: Traditional and New Biomarkers of Internal Dose. In: Popovic D, editor. *Air Quality - Models and Applications Croatia*: InTech; 2011. p. 321-40.
9. Mendoza-Cantú A, Castorena-Torres F, de León MB, Cisneros B, López-Carrillo L, Rojas-García AE, et al. Occupational toluene exposure induces cytochrome P450 2E1 mRNA expression in peripheral lymphocytes. *Environmental health perspectives*. 2006;114(4):494-9.
10. Pyta H. BTX Air Pollution in Zabrze, Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2006;15(5):785-91.
11. Qu Q, Melikian AA, Li G, Shore R, Chen L, Cohen B, et al. Validation of biomarkers in humans exposed to benzene: urine metabolites. *American journal of industrial medicine*. 2000;37(5):522-31.
12. Sarma SN, Kim Y-J, Ryu J-C. Gene expression profiles of human promyelocytic leukemia cell lines exposed to volatile organic compounds. *Toxicology*. 2010;271(3):122-30.
13. Bruzzoniti MC, Andrensek S, Novic M, Perrachon D, Sarzanini C. Determination of epichlorohydrin by sulfite derivatization and ion chromatography: characterization of the sulfite derivatives by ion chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 2004;1034(1):243-7.
14. Kolman A, Chovanec M, Osterman-Golkar S. Genotoxic effects of ethylene oxide, propylene oxide and epichlorohydrin in humans: update review (1990-2001). *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. 2002;512(2):173-94.
15. Zare Sakhvidi MJ, Bahrami A, Afkhami A, Rafiei A. Development of diffusive solid phase microextraction method for sampling of epichlorohydrin in air. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2012;92(12):1365-77.
16. McParland M, Bates N. *Toxicology of Solvents*. Shawbury: Rapra Technology Limited; 2002.
17. Wong O, Raabe GK. A critical review of cancer epidemiology in the petroleum industry, with a meta-analysis of a combined database of more than 350,000 workers. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2000;32(1):78-98.
18. Maghsoodi Moghadam R, Bahrami A, Ghorbani F, Mahjub H, Malaki D. Investigation of Qualitative and Quantitative of Volatile Organic Compounds of Ambient Air in the Mahshahr Petrochemical Complex In 2009. *Journal of research in health sciences*. 2013;13(1):69-74.
19. NIOSH 1010. *NIOSH Manual of Analytical Methods: Epichlorohydrin*. 4 ed: National Institute for Occupational Safety and Health; 1994. p. 1-4.
20. NIOSH 1501. *NIOSH Manual of Analytical Methods: Hydrocarbons and Aromatic*. 4 ed. USA: National Institute for Occupational Safety and Health; 2003. p. 1-7.
21. Mohammadi H, Robati M. The role of climatic parameters in Distribution of contamination at the special economic zone of mahshahr. *Journal of Geography*. 2009;99(8-9):99-121. [Persian]
22. Thepanondh S, Varoonphan J, Sarutichart P, Makkasap T. Airborne volatile organic compounds and their potential health impact on the vicinity of petrochemical industrial complex. *Water Air Soil Pollut*. 2011;214(1-4):83-92.
23. Giri A. Genetic toxicology of epichlorohydrin: a review. *Mutation Research/Reviews in Mutation*



Research. 1997;386(1):25-38.

24. Roma Torres J, Teixeira JP, Silva S, Laffon B, Cunha LM, Mendez J, et al. Evaluation of genotoxicity in a group of workers from a petroleum refinery aromatics plant. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2006;604(1):19-27.

25. Tompa A, Jakab MG, Major J. Risk management among benzene-exposed oil refinery workers. *International journal of hygiene and environmental health*. 2005;208(6):509-16.

26. Theodore L. *Air Pollution Control Equipment Calculations*. New Jersey: Willy Inc; 2008.

27. Muzenda E, editor *Pre-treatment methods in the abatement of volatile organic compounds: a discussion*. International Conference Nanotechnology and Chemical Engineering; 2012 December 21- 22 Bangkok (Thailand).

28. Stamate M, Lazar G. Application of titanium dioxide photocatalysis to create self-cleaning materials. *Journal of Romanian Technical Sciences Academy*. 2007;280: 3-6.

29. Fujishima A, Rao TN, Tryk DA. Titanium dioxide photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. 2000;1(1):1-21.

30. Chen X, Mao SS. Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications. *Chemical reviews*. 2007;107(7):2891-959.



Research Article

## Evaluating Occupational Exposure to Carcinogenic Volatile Organic Compounds in an Oil-Dependent Chemical Industry: a Case Study on Benzen and Epichlorohydrin

Amir Reza Negahban<sup>1</sup>, Farshid Ghorbani Shahna<sup>2</sup>, Razagh Rahimpour<sup>1</sup>, Mahdi Jalali<sup>1</sup>, Samira Rahiminejad<sup>1</sup>, Alireza Soltanian<sup>3</sup>, Abdolrahman Bahrami<sup>4\*</sup>

Received: 1 December 2013

Accepted: 24 February 2014

### Abstract

**Background & Objectives:** Exposure of workers to carcinogenic compounds in chemical industries during a long period might cause irreversible health effects. This study evaluated workers exposure to benzene and epichlorohydrin in breathing air in one of the oil-dependent chemical industries of Iran.

**Methods:** This descriptive-analytic study was performed in one of the oil-dependent chemical industries of south of Iran, winter, 2012. A total of 173 workers were examined in this study. NIOSH 1501 and 1010 methods were used to assess personal exposure to benzene and epichlorohydrin, correspondingly. Collected samples were analyzed with gas chromatography-mass spectrophotometry method.

**Results:** Among 346 collected samples, benzene was identified in all cases (100%) and epichlorohydrin in 156 samples (45%). A significant difference was found in the mean of exposure to benzene and epichlorohydrin in various workshops (Pvalue <0.05). Occupational exposure to benzene in machiner with 1.68 ppm and patrol officers with 0.018 ppm were the highest and lowest values, respectively. There was no significant difference in the mean exposure to benzene in various occupations (Pvalue > 0.05).

**Conclusion:** It seems that work nature of employees in chemical industry affects their exposure to volatile organic compounds in workplace. According to the results, due to the proximity of compounds concentration to the action level, especially benzene and also the workers exposure to less than the maximum limit in the long-term, reducing exposure through appropriate control measures are necessary.

**Keywords:** Benzene, Epichlorohydrin, Chemical Compounds, Carcinogens, Exposure.

**Please cite this article as:** Negahban AR, Ghorbani Shahna F, Bahrami A, Rahimpour R, Jalali M, Rahiminejad S, Soltanian A. Evaluating Occupational Exposure to Carcinogenic Volatile Organic Compounds in an Oil-Dependent Chemical Industry: a Case Study on Benzen and Epichlorohydrin. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2014; 1(1):36-46.

1. MSc Student of Occupational Health Engineering, Member of Student Research Committee, Faculty of Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
2. Department of Occupational Health Engineering, Research in Health Sciences Center, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
3. Department of Epidemiology and Biostatistics, Research in Health Sciences Center, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
4. \* (Correspondence Author) Department of Occupational Health Engineering, Research in Health Sciences Center, Faculty of Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: bahrami@umsha.ac.ir.