فصلنامه علمی دانشجویی (انکو/ دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ بهار ۱۳۹۲ /۱۹-۱۱

بررسی میزان بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن در واحد چاپ کارخانه کشت و صنعت شمال در سال ۱۳۸۸

محمود محمدیان[۱]، الهام رحمان زاده حسن آبادی[۲]، مهدی قربانیان اله آباد[۳]، اسمعیل قهرمانی[۴]

۱.عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران

۲.دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی تهران نویسنده مسئول

۳.دانشجوی phd مهندسی بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس

۴.عضو هیات علمی و مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کردستان

چکیده

زمینه و هدف: بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزیلن که به BTEX مشهورند؛ جزء ترکیبات آلی فرار هستند و در دسته ترکیبات سمی برای انسان طبقه بندی می‌شوند. تداوم تماس طولانی مدت کارگران با این ترکیبات سمی، سرطانزا و پایدار، عوارض جبران ناپذیر بهداشتی و اقتصادی را برای اجتماع در بر خواهد داشت. لذا لازم است با انجام یک برنامه پایش منظم مناطق آلوده را شناسایی نموده و نسبت به مدیریت، کاهش، کنترل و حذف این آلاینده‌ها اقدام نمود. این مطالعه با هدف بررسی و اندازه گیری غلظت BTEX در هوای منطقه تنفسی کارگران در معرض، با استفاده از یک روش ارزان و دقیق بوسیله دستگاه فوچک به صورت آنی[۱] و بدون نیاز به هیچ معرف و آزمایشگاهی انجام گرفت.

مواد و روشها: این مطالعه میدانی که از نوع مقطعی – توصیفی می‌باشد در کاخانه کشت و صنعت شمال در واحد چاپ قوطی انجام شد. غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن توسط دستگاه قرائت مستقیم phochek 5000 EX در منطقه تنفسی کارگران دستگاه چاپ به صورت مستقیم و آنی در طول یک شیفت کاری اندازه‌گیری گردید. مدت نمونه‌برداری برای هر آلاینده ۵۷ دقیقه و تعداد نمونه‌ها برای آنالیز هر آلاینده حدود ۴۵۰ مورد بود. پس از تعیین غلظت آلاینده‌های فوق بر حسب ppm، میزان میانگین زمانی- وزنی هر یک از آلاینده‌ها را محاسبه نمودیم. برای تجزیه و تحلیل و رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده شد.

یافته ها: میانگین وزنی زمانی بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن بترتیب ۱۰/۶۴، ۱۰/۹۸۳، ۱۲/۱۶۸ و۱۹/۵۶ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد.

بحث و نتیجه گیری: بعد از انجام عملیات محاسباتی روی داده ها و مقایسه با استانداردهای بین المللی متوجه شدیم که از بین آلاینده های BTEX میزان بنزن نسبت به استاندارد ها خیلی بالاست و در حدود ۲۰ برابر بیشتر از حد مجاز است. لذا توصیه می گردد ضمن آموزش کارگران در خصوص استفاده صحیح از لوازم حفاظت فردی، اقدامات لازم در زمینه طراحی و نصب هودهای مناسب انجام گیرد.

کلمات کلیدی: بنزن، اتیل بنزن، زایلن، تولوئن، فوچک، کارخانه کشت و صنعت شمال

1. real time

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

مقدمه

بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای گزیلن که به BTEX مشهورند؛ جزء ترکیبات آلی فرار هستند که به صورت گسترده در دود سیگار، چسب، رنگ نقاشی و سیالات مخصوص روانکاری، حلال‌های صنعتی، نفت، بنزین و سایر تولیدات نفتی وجود دارند و به وفور در صنایع کک سازی، رنگ سازی، چرم سازی، لعاب کاری، چسب سازی، داروسازی و پتروشیمی بکار می‌روند(۱-۳). بنزن و همولوگ‌های آن یعنی تولوئن و زایلن بر حسب مدت و سطح تماس، تاثیرات سمی زیادی بر بدن انسان دارند و جزء ترکیبات سمی برای انسان طبقه بندی می‌شوند(۴-۶). این ترکیبات می‌توانند ابتدا موجب شادی، نشاط و هیجان و سپس خستگی، ضعف، سردرد، تهوع، خواب آلودگی، کاهش حافظه، لرزش چشم، کاهش شنوایی، گشاد شدن مردمک چشم، عصبانیت، بزرگ شدن کبد و طحال، اسهال، زرد شدن رنگ پوست، خونریزی، کم خونی‌های شدید، سرطان خون و سرطان حاد مغز استخوان شوند و در غلظت-های بالا منجر به اثرات نارکوتیک بر روی سیستم عصبی مرکزی، جنون، اختلالات تنفسی، بیهوشی و مرگ گردند (۱، ۷-۱۵).

راه اصلی جذب بنزن، تولوئن و زایلن از طریق استنشاق است ولی از راه پوست نیز به صورت جزئی جذب می‌شوند و موجب تحریک پوست، از بین رفتن چربی پوست همراه با التهاب و قرمز شدن آن، خشک شدن پوست، ورم، سوختگی، تاول و عوارض ثانوی عفونی می‌شوند(۱، ۳، ۷). تماس چشمی با تولوئن نیز می‌تواند منجر به ورم ملتحمه و التهاب قرنیه شود. بخارات تولوئن می‌تواند سبب تحریک و سوزش چشم و دستگاه تنفس گردد(۷).

در نشریات پزشکی و صنعتی موارد بسیار زیادی مرگ در اثر بنزن و همولوگ‌های آن قید گردیده و بدون شک تعداد زیادی نیز بدون ثبت به وقوع پیوسته است(۱). با توجه به اینکه انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (NIOSH) و انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) بنزن و تولوئن را جزء مواد سمی و سرطانزای انسانی طبقه بندی نموده اند(۱۶، ۱۷) و بنزن و همولوگ‌های آن تحت شرایط هوازی تا ۲۰ روز در خاک و آب زیرزمینی باقی می‌مانند و تحت شرایط بی‌هوازی ممکن است تا سالهای طولانی پایدار باقی بمانند (۷).

لذا تماس طولانی مدت کارگران با این ترکیبات سمی، سرطانزا و پایدار، عوارض جبران ناپذیر بهداشتی و اقتصادی را برای اجتماع در بر خواهد داشت. بنابراین لازم است با انجام یک برنامه پایش منظم مناطق آلوده را شناسایی نموده و نسبت به مدیریت، کاهش، کنترل و حذف این آلاینده‌ها اقدام نمود. ACGIH پیشنهاد کرده است به منظور پایش روتین ترکیبات بنزنی، در پایان شیفت فنول موجود در ادرار کارگران و یا بنزن موجود در هوای بازدم اندازه‌گیری شود(۱۸).

البته اخیرا انجام یک آزمایش کنترل شده نشان داد که شاخص تماس بیولوژیکی[1] (BEI) نمی‌تواند دقیقا مواجهه با TLV را پیش‌بینی کند(۱۹). اگرچه بیومانیتورینگ بنزن و همولوگ‌های آن از طریق ادرار و هوای بازدم رایج‌ترین روش پایش است ولی دقیق‌ترین روش نیست (مخصوصا برای غلظت‌های پایین تماس). پایش فنول در ادرار ممکن است توسط برخی از داروهای مداخله گر مانند پیتوبیسمول و کلراسپتیک مغشوش شود. این داروها شامل فنیل سولفات روی و سدیم فنولات هستند که هر دو سطح فنول ادرار را افزایش می‌دهند و در پایش زیستی اختلال ایجاد می-نمایند(۲۰).

فاکتورهای مربوط به رژیم غذایی نیز ممکن است اثر شدیدی روی فنول ادراری داشته باشند[۷]. از دیگر فاکتورهای اتلاف گر در بیومانیتورینگ ترکیبات بنزنی، تماس با ترکیبات پیچیده شیمیایی بویژه حلال‌ها است.

1. Biological Exposure Index

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

مطالعات نشان می‌دهد که تماس با تولوئن و زایلن نیز تخمین تماس بنزن را شدیدا دشوار می‌ساز (۲۱).

با توجه به مشکلاتی که در بیومانیتورینگ بنزن، تولوئن و گزیلن وجود دارد توصیه می‌شود بجای سنجش آنها در بدن میزان آنها را در هوای منطقه تنفسی کارگران مورد سنجش قرار دهیم چرا که این روش هم ارزانتر و هم آسانتر و دقیق‌تر است (۷, ۲۲).

از آنجا که سنجش BTEX موجود در هوای آزاد توسط روش‌های معمول مانند گاز کروماتوگرافی، کروماتوگرافی مایع، طیف بینی جرمی و ... زمان بر و نیازمند کار آزمایشگاهی می‌باشد و انجام آن برای صاحبان صنایع دشوار است اخیرا تلاش‌های زیادی به منظور یافتن راهی برای اندازه‌گیری آنی و مستقیم این ترکیبات بوسیله دستگاه‌های قابل حمل انجام گرفته است که یکی از جدید ترین این دستگاه‌ها، فوچک است که قادر می‌باشد بصورت آنی و پیوسته غلظت BTEX را محاسبه نماید.

البته روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آنی چنین ترکیباتی در هوای آزاد وجود دارد و اخیرا تجدید نظر جامعی در مورد روش‌های پایش آنی و پیوسته ترکیبات آلی فرار موجود در هوای آزاد صورت گرفته است ولی هر کدام دارای نواقصی هستند که در زیر به برخی از این روش‌ها و نواقص آنها اشاره می‌شود(۲۳).

اسپکتروسکوپی جذب نوری افتراقی[1] (DOAS) به طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری آنی BTEX در هوای آزاد بکار رفته است(۲۴, ۲۵) اما حضور اکسیژن، ازن و چند هیدروکربن که دارای طیف های مشابه BTEX هستند مداخله‌های شدیدی در اندازه‌گیری BTEX ایجاد می‌کنند(۲۶).

روش PTR-MS (ترکیب روش طیف سنجی جرمی و واکنش‌های انتقال پروتون[2]) در چندین مطالعه میدانی برای پایش آنی BTEX موجود در اتمسفر مورد استفاده قرار گرفته است اما موادی که با این هیدروکربنها ایزوبار هستند (مانند بنزآلدئید) می‌توانند مداخله ایزوبار ایجاد نمایند(۲۹).

یکی دیگر از روشهای اندازه‌گیری مستقیم (آنی) BTEX در هوای آزاد روش LPCI-MS/ MS (روش طیف سنجی جرمی به همراه یونیزاسیون شیمیایی با فشار کم[3] و روش APCI-MS/MS (روش اسپکترومتری جرمی به همراه یونیزاسیون شیمیایی در فشار یک اتمسفر[4]) هستند اما دقت این روش‌ها برای اندازه‌گیری غلظت‌های زیر $\mu g/m^3$ ۱ پائین است(۲۷,۲۸).

متاسفانه تا کنون غلظت BTEX در هوای کارگاه چاپ کارخانه کشت و صنعت شمال اندازه‌گیری نشده است. از طرفی به دلیل عدم آگاهی کارگران، از وسایل کنترل آلودگی مناسبی در این کارگاه استفاده نمی شود. اطلاعات و پرونده های موجود نشان می‌دهد که موارد متعددی از بیماری‌های تنفسی، عصبی، پوستی و چشمی نیز در کارگران این واحد وجود دارد. بررسی های مقدماتی بعمل آمده نشان داد که غلظت BTEX در هوای واحد چاپ کارخانه کشت و صنعت شمال بیش از حدود مجاز است و تماس طولانی مدت کارگران با این ترکیبات پایدار عوارض جبران ناپذیر بهداشتی و اقتصادی را باعث خواهد شد. لذا این مطالعه با هدف بررسی و اندازه گیری غلظت BTEX در هوای منطقه تنفسی کارگران در معرض با استفاده از یک روش ارزان و دقیق بوسیله دستگاه فوچک به صورت آنی و بدون نیاز به هیچ معرف و آزمایشگاهی و ارایه راه های کنترل آلودگی هوا در محیط کار انجام گرفت.

مواد و روشها

این مطالعه میدانی که از نوع مقطعی – توصیفی می‌باشد در کاخانه کشت و صنعت شمال انجام شد. جامعه آماری این

1 . Differential Optical Absorption Spectroscopy
2 . Proton-transfer reaction / mass spectro metry

3 . low-pressure chemical ionization/tandem mass spectrometry (LPCI-MS/MS)
4 . atmospheric pressure chemical ionization/tandem mass spectrometry (APCI-MS/MS)

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

تحقیق آلاینده‌های موجود در هوای منطقه تنفسی اپراتوران برداری و آنالیز هوای بخش چاپ، غلظت ۴ هیدروکربن آروماتیک (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن) توسط دستگاه قرائت مستقیم phochek 5000 EX[1]، ساخت کشور انگلستان، در منطقه تنفسی کارگران دستگاه چاپ به صورت مستقیم و آنی[1] در طول یک شیفت کاری اندازه-گیری گردید. در طول ۶ ساعت کار دستگاه، مدت نمونه‌برداری برای هر آلاینده ۵۷ دقیقه و تعداد نمونه‌ها برای آنالیز هر آلاینده حدودا ۴۵۰ مورد بود.(حساسیت دستگاه فوچک EX 5000 در حدود ۵٪ است و می‌تواند با استفاده از دتکتور PID غلظت‌های بین ۱ ppb تا ppm ۱۰۰۰۰ را اندازه گیری نماید.) پس از تعیین غلظت آلاینده-های فوق بر حسب ppm، میزان میانگین زمانی- وزنی هر یک از آلاینده‌ها را محاسبه نموده و آنها را با استانداردهای OSHA و NIOSH مطابقت داده و در صورت تجاوز از استانداردها پیشنهادات لازم را به مسئولین صنعت مورد نظر اعلام داشتیم. برای تجزیه و تحلیل و رسم نمودارها از نرم افزار MS- Excel استفاده شد.

دستگاه چاپ کارخانه کشت و صنعت شمال بود. برای نمونه

یافته ها

همانطور که در جداول ۱ تا ۴ مشاهده می کنید؛ ۴۰ دقیقه پس از شروع شیفت کاری صبح، نمونه برداری شروع شد و در هر یک دقیقه میزان یکی از آلاینده های BTEX سنجش شد(تقریبا در هر یک دقیقه ۱۰ نمونه گرفته شد).این کار تا ساعت ۹ صبح که وقت صبحانه بود ادامه پیدا کرد. از آنجا که غلظت آلاینده ها تغییر چندانی نداشت، بعد از وقت صبحانه در هر ۵ دقیقه غلظت یکی از آلاینده ها سنجش می‌شد (تقریبا در هر ۵ دقیقه ۵۰ نمونه گرفته شد) و در ۵ دقیقه بعدی غلظت آلاینده بعدی اندازه گیری می شد تا نوبت به آلاینده اول برسد و این سیکل نمونه برداری تا آخر شیفت ادامه داشت. بدین ترتیب کل زمان نمونه برداری برای هر یک از هیدروکربن های مورد بررسی ۵۷ دقیقه بود.

جدول شماره ۱: میانگین غلظت بنزن در ساعات مختلف یک شیفت کاری

ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت بنزن	غلظت در زمان	ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت بنزن	غلظت در زمان
۱	۷/۴۰	۱	۱۳/۹۳	۱۳/۹۳	۱۴	۸/۴۵	۱	۸/۷۲	۸/۷۲
۲	۷/۴۵	۱	۶/۱۳	۶/۱۳	۱۵	۸/۵۰	۱	۱۴/۷۵	۱۴/۷۵
۳	۷/۵۰	۱	۱۱/۰۵	۱۱/۰۵	۱۶	۸/۵۵	۱	۹/۰۸	۹/۰۸
۴	۷/۵۵	۱	۱۲/۰۸	۱۲/۰۸	۱۷	۹/۰۰	۱	۴/۰۹۸	۴/۰۹۸
۵	۸/۰۰	۱	۱۲/۰۸	۱۲/۰۸	۱۸	۹/۴۵	۵	۸/۹۶۵	۴۴/۸۲۶
۶	۸/۰۵	۱	۲۰/۳۸	۲۰/۳۸	۱۹	۱۰/۰۵	۵	۹/۵۲۵	۴۷/۶۲۵
۷	۸/۱۰	۱	۱۴/۷۹	۱۴/۷۹	۲۰	۱۰/۲۵	۵	۶/۶۳۸	۳۳/۱۹۱
۸	۸/۱۵	۱	۹/۴۲	۹/۴۲	۲۱	۱۱/۰۵	۵	۱۳/۳۵۶	۶۶/۷۸۳
۹	۸/۲۰	۱	۶/۱۷	۶/۱۷	۲۲	۱۱/۲۵	۵	۹/۶۷۷	۴۸/۳۸۹
۱۰	۸/۲۵	۱	۱۲/۴۹	۱۲/۴۹	۲۳	۱۱/۴۵	۵	۱۴/۳۹۱	۷۱/۹۵۶
۱۱	۸/۳۰	۱	۸/۳۰	۸/۳۰	۲۴	۱۲/۰۰	۵	۱۴/۵۲۷	۷۲/۶۳۵
۱۲	۸/۳۵	۱	۱۵/۵۱	۱۵/۵۱	۲۵	۱۲/۲۰	۵	۶/۲۱۳	۳۱/۰۶۹
۱۳	۸/۴۰	۱	۱۱/۰۵	۱۱/۰۵	جمع کل		۵۷	۳۲۳/۳۳	۶۰۶/۵۲۳

$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{606.523}{57} = 10.64\ ppm$$

1 real time

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

جدول شماره ۲: میانگین غلظت تولوئن در ساعات مختلف یک شیفت کاری

ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان	ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان
۱	۷/۴۱	۱	۵/۸۹۳	۵/۸۹۳	۱۴	۸/۴۶	۱	۹/۴۱	۹/۴۱
۲	۷/۴۶	۱	۱۰/۳۵۶	۱۰/۳۵۶	۱۵	۸/۵۱	۱	۲۲/۷۱۴	۲۲/۷۱۴
۳	۷/۵۱	۱	۹/۲۴۴	۹/۲۴۴	۱۶	۸/۵۶	۱	۶/۱۰۴	۶/۱۰۴
۴	۷/۵۶	۱	۱۳/۲۶	۱۳/۲۶	۱۷	۹/۰۱	۱	۴/۸۶۳	۴/۸۶۳
۵	۸/۰۱	۱	۱۱/۴۲۸	۱۱/۴۲۸	۱۸	۹/۵۰	۵	۱۰/۲۲۴	۵۱/۱۶۹
۶	۸/۰۶	۱	۲۴/۴۰۵	۲۴/۴۰۵	۱۹	۱۰/۱۰	۵	۸/۶۵	۴۳/۲۵۲
۷	۸/۱۱	۱	۴/۹۳۷	۴/۹۳۷	۲۰	۱۰/۳۰	۵	۹/۲۵۵	۴۶/۲۷۵
۸	۸/۱۶	۱	۱۶/۰۸۷	۱۶/۰۸۷	۲۱	۱۱/۱۰	۵	۱۱/۸۹۹	۵۹/۴۹۷
۹	۸/۲۱	۱	۴/۹۳۶	۴/۹۳۶	۲۲	۱۱/۳۰	۵	۱۵/۲۲۶	۷۶/۱۲۹
۱۰	۸/۲۶	۱	۹/۷۱۳	۹/۷۱۳	۲۳	۱۱/۵۰	۵	۱۲/۸۴	۶۴/۲۰۱
۱۱	۸/۳۱	۱	۱۲/۸۷۷	۱۲/۸۷۷	۲۴	۱۲/۱۰	۵	۱۳/۵۸	۶۷/۹۰۷
۱۲	۸/۳۶	۱	۸/۲۰۷	۸/۲۰۷	۲۵	۱۲/۴۵	۵	۴/۸۹	۲۴/۴۶۷
۱۳	۸/۴۱	۱	۱۸/۷۲۹	۱۸/۷۲۹	جمع کل		۵۷	۲۷۹/۷۴	۶۲۶/۰۶

$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{626.06}{57} = 10.98\,ppm$$

جدول شماره ۳: میانگین غلظت گزیلن در ساعات مختلف یک شیفت کاری

ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان	ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان
۱	۷/۴۱	۱	۱۲/۰۸۱	۱۲/۰۸۱	۱۴	۸/۴۷	۱	۲۱/۳۴۸	۲۱/۳۴۸
۲	۷/۴۷	۱	۱۰/۸۲۴	۱۰/۸۲۴	۱۵	۸/۵۲	۱	۳۱/۲۷۶	۳۱/۲۷۶
۳	۷/۵۲	۱	۹/۵۱۴	۹/۵۱۴	۱۶	۸/۵۷	۱	۱۹/۸۳۶	۱۹/۸۳۶
۴	۷/۵۷	۱	۲۲/۸۴۳	۲۲/۸۴۳	۱۷	۹/۰۲	۱	۸/۴۵۹	۸/۴۵۹
۵	۸/۰۲	۱	۱۶/۷۲۱	۱۶/۷۲۱	۱۸	۹/۵۵	۵	۱۸/۰۹۸	۹۰/۴۸۹
۶	۸/۰۷	۱	۱۴/۵۸	۱۴/۵۸	۱۹	۱۰/۱۵	۵	۱۲/۱۴۶	۶۰/۷۳
۷	۸/۱۲	۱	۱۷/۰۳۹	۱۷/۰۳۹	۲۰	۱۰/۴۵	۵	۱۲/۹۰۸	۶۴/۵۴
۸	۸/۱۷	۱	۱۵/۹۷	۱۵/۹۷	۲۱	۱۱/۱۵	۵	۷/۱۲۸	۳۵/۶۴
۹	۸/۲۲	۱	۹/۶۰۹	۹/۶۰۹	۲۲	۱۱/۳۵	۵	۶۶/۸۸۱	۳۳۴/۴
۱۰	۸/۲۷	۱	۱۹/۷۵۷	۱۹/۷۵۷	۲۳	۱۱/۵۵	۵	۱۴/۵۳۱	۷۲/۶۵۴
۱۱	۸/۳۲	۱	۱۹/۴۵۶	۱۹/۴۵۶	۲۴	۱۲/۱۵	۵	۲۰/۵	۱۰۲/۵
۱۲	۸/۳۷	۱	۲۰/۳۵۴	۲۰/۳۵۴	۲۵	۱۲/۵۰	۵	۱۳/۰۷۲	۶۵/۳۵۹
۱۳	۸/۴۲	۱	۱۹/۱۲۳	۱۹/۱۲۳	جمع کل		۵۷	۴۵۳/۹۶	۱۱۱۵/۰۲

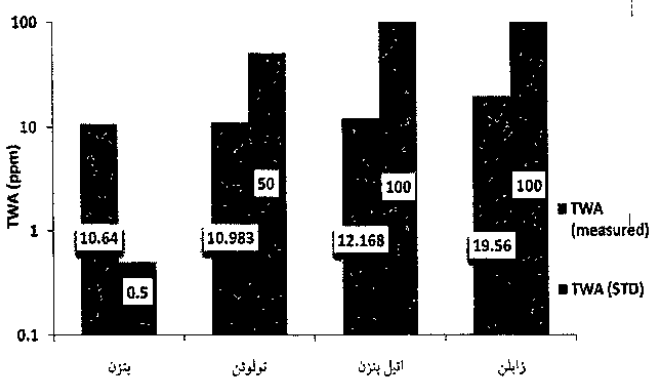
$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{1115.02}{57} = 19.56\,ppm$$

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

جدول شماره ۴: میانگین غلظت اتیل بنزن در ساعات مختلف یک شیفت کاری

ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان	ردیف	ساعت سنجش	مدت سنجش (دقیقه)	میانگین غلظت	غلظت در زمان
۱	۷/۴۳	۱	۱۵/۴۳	۱۵/۴۳	۱۴	۸/۴۸	۱	۱۴/۸۳	۱۴/۸۳
۲	۷/۴۸	۱	۹/۷۴۶	۹/۷۴۶	۱۵	۸/۵۳	۱	۱۴/۰۷	۱۴/۰۷
۳	۷/۵۳	۱	۱۳/۵۴۴	۱۳/۵۴۴	۱۶	۸/۵۸	۱	۸/۴۶۷	۸/۴۶۷
۴	۷/۵۸	۱	۱۹/۸۶۷	۱۹/۸۶۷	۱۷	۹/۰۳	۱	۶/۰۴۵	۶/۰۴۵
۵	۸/۰۳	۱	۷/۹۵۷	۷/۹۵۷	۱۸	۱۰	۵	۷/۳۹	۳۶/۹۵
۶	۸/۰۸	۱	۱۵/۷۲۹	۱۵/۷۲۹	۱۹	۱۰/۲۰	۵	۹/۷۸	۴۸/۸۸
۷	۸/۱۳	۱	۸/۱۵۵	۸/۱۵۵	۲۰	۱۰/۳۰	۵	۸/۰۱	۴۰/۰۳
۸	۸/۱۸	۱	۹/۵۱۸	۹/۵۱۸	۲۱	۱۱/۲۰	۵	۸/۳۳۷	۴۱/۶۸۷
۹	۸/۲۳	۱	۱۰/۲۵	۱۰/۲۵	۲۲	۱۱/۴۰	۵	۱۳/۱۸۶	۶۵/۹۳
۱۰	۸/۲۸	۱	۱۰/۳۵	۱۰/۳۵	۲۳	۱۱/۲۰	۵	۱۶/۱۲۶	۸۰/۶۳
۱۱	۸/۳۳	۱	۱۴/۵۸۱	۱۴/۵۸۱	۲۴	۱۲/۴۰	۵	۱۶/۰۸۵	۸۰/۴۲۵
۱۲	۸/۳۸	۱	۲۱/۱۳۵	۲۱/۱۳۵	۲۵	۱۲/۵۵	۵	۱۵/۴۴۷	۷۷/۲۳۹
۱۳	۸/۴۳	۱	۲۲/۲۸۶	۲۲/۲۸۶	جمع کل		۵۷	۳۱۶/۱۷	۶۹۳/۵۹۳

$$TWA = \frac{\text{مجموع غلظت در زمان}}{\text{مجموع زمان اندازه گیری}} = \frac{693.5936}{57} = 12.168\ ppm$$



شکل شماره ۱ : مقایسه میانگین زمانی – وزنی BTEX با مقادیر استاندارد آنها

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

بحث و نتیجه گیری

همانطور که در شکل شماره ۱ و جداول ۱ تا ۴ نشان داده شده است حاصلضرب مجموع میانگین غلظت بنزن در مجموع زمان اندازه گیری آن ۶۰۶/۵۲۳ و میانگین زمانی - وزنی بنزن ۱۰/۶۴ بود که این مقدار بیش از ۲۰ برابر مقدار استاندارد ارائه شده از سوی انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا[1] (TWA $_{STD}$=0.5 ppm) بود و مطابق جدول شماره ۲ حاصلضرب مجموع میانگین غلظت تولوئن در مجموع زمان اندازه گیری آن ۶۲۶/۰۶ و میانگین زمانی - وزنی تولوئن ۱۰/۹۸ بود که این مقدار در حدود ۵ برابر کمتر از مقدار استاندارد انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (TWA $_{STD}$=50 ppm) بود و لذا مواجهه با آن خطرناک نیست. همچنین در مورد گزیلن نیز میانگین زمانی - وزنی ۱۹/۵۶ بود که این مقدار نیز در حدود ۵ برابر کمتر از مقدار استاندارد انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (TWA $_{STD}$=100 ppm) بود.

میانگین وزنی زمانی اتیل بنزن نیز ۱۲/۱۶۸ محاسبه شد که ۸/۲ برابر کمتر از استاندارد انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (TWA $_{STD}$=100 ppm) بود.

همانطور که در بالا توضیح داده شد از بین آلاینده های BTEX میزان بنزن نسبت به استاندارد ها خیلی بالاست و در حدود ۲۰ برابر حد مجاز است. این در حالی است که بنزن نسبت به همه هموگلوگ‌هایش خطرناک تر است (در مورد خطراتش قبلاً توضیح داده شد). با توجه به اینکه کارگران هر روز ۷ ساعت و هر هفته ۴۲ ساعت بدون وسیله حفاظت فردی مناسب در معرض این آلاینده های خطرناک قرار دارند توصیه می شود با ارائه آموزش های لازم توجه آنها را به استفاده صحیح از این لوازم و اجتناب از در معرض قرار گیری بی مورد جلب نمائیم و از آنجا که در این واحد، کوره حرارتی نیز وجود دارد بنابراین حتی اگر ماسک تنفسی مناسبی تهیه شود، استفاده از آن با وجود گرمای بیش از حد محیط بسیار مشکل است. لذا بهترین راه کنترل این آلاینده ها طراحی و نصب یک هود موضعی مناسب، با قدرت مکش مطلوب بین کارگر و آلاینده است تا قبل از رسیدن آلاینده به منطقه تنفسی کارگر، آنرا مکش و به بیرون هدایت کند. (البته مکان تخلیه آلودگی باید طوری باشد که سبب مشکلات ثانویه ای برای انسان یا محیط زیست نگردد).

1 . ACGIH

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

Reference

1.sanaee, G.H., sam shenasi sanati. Vol. 1. 1371, Tehran: Tehran university.
2.Yassaa, N., et al., Isomeric analysis of BTEXs in the atmosphere using B-cyclodextrin capillary chromatography coupled with thermal desorption and mass spectrometry. Chemosphere 2006. 63: p. 502–508.
3.Patty, F.A., Industrial Hygiene and Toxicology. 1967: Interscience Publishers N. Y.
4.Ueno, Y., et al., Microfluidic Device for Airborne BTEX Detection. Anal. Chem., 2001. 73: p. 4688–4693.
5.Shojania, S., et al., The active and passive sampling of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes compounds using the inside needle capillary adsorption trap
device. Talanta 1999. 50: p. 193–205.
6.Han, X. and L.P. Naeher, A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. Environ. Int., 2006. 32: p. 106–120.
7.Harbison, R.D., Aromatic hydrocarbon, in Hamilton & Hardy's industrial toxicology. . 1998, Mosby-Year Book, inc.
8.Aksoy, M., S. Erdem, and G. Dincol, Types of Leukemia in chronic benzene poisoning: a study in thirty-four patients. Acta Haematol, 1976. 55: p. 65-72.
9.Infante, p., et al., Leukemia in benzene workers. Lancet ii, 1977: p. 76-79.
10.Rinsky, R., R. Young, and A. Smith, Leukemia in benzene workwers. Am J Ind Med, 1981 ;۲ .p. 217-245.
11.Crump, K., Risk of benzene-induced Leukemia: a sensitivity analysis of the pilofilm cohort with additional follow-up and new exposure estimates. J Toxicol Environ Health, 1994. 42: p. 219-242.
12.Van Oettingen, W., et al., The toxicity and potential dangers of toluene-preliminary report. JAMA, 1942. 118: p. 579.
13.Van Oettingen, W., et al., The toxicity and special dangers of toluene with special reference to its maximal permissible concentration. Public Health Service Bull, 1942 :۲۷۹ .p. 1-53.
14.Hollo, G. and M. Varga, Toluene and visual loss (letter). Neurology, 1992. 42: p. 266.
15.Hormes, J., C. Filley, and N. Rosenberg, Neurologic sequelae of chronic solvent vapor abuse. Neurology, 1986. 36: p. 698-702.
16.NIOSH, Pocket guide to chemical hazards,. 1994, US Department of Health and Human Services: Washington, DC.
17.ACGIH. Threshold limit values (TLVs) for chemical substances and physical agents and Biological Exposure Indices. in American Conference of Govermental Industrial Hygienists. 1996. Cincinnati.
18.ACGIH. TLVs for chemical substances and physical agents and Biological Exposure indices (BeIs). in American Conference of Governmental Industrial Hygienist. 1995. Cincinnati.
19.Thomas RS, et al, Variability in biological exposure indices using physiologically based pharmacokinetic modeling and Monte carlo simulation. Am Ind Hyg Assoc J, 1996. 57: p. 23-32.
20.Fishbeck WA, Langner RR, and Kosiba RJ, Elevated urinary phenol levels not related to benzene exposure. Am Ind Hyg Assoc J, 1975. 36: p. 820-824.
21.Ikeda, M., Exposure to complex mixtures: implications for biological monitoring. Toxicol Lett, 1995. 77: p. 85-91.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]

22.Mulligan, C.C., et al., Direct monitoring of toxic compounds in air using a portable mass spectrometer. Analyst 2006. 131: p. 556–567..
23.Badjagbo, K., S. Moore, and S. Sauvé, Real-time continuous monitoring methods for airborne VOCs. Trends Anal. Chem. , 2007. 26: p. 931-940.
24.Lee ,C., et al., Measurement of atmospheric monoaromatic hydrocarbons using differential optical absorption spectroscopy: Comparison with on-line gas chromatography measurements in urban air. Atmos. Environ., 2005. 39: p. 2225–2234.
25Axelsson, H., et al ,.Measurement of Aromatic Hydrocarbons with the DOAS Technique. Appl. Spectrosc., 1995. 49: p. 1254–1260.
26.Badjagbo, K., et al., Direct Atmospheric Pressure Chemical Ionization-Tandem Mass Spectrometry for the Continuous Real-Time Trace Analysis of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes in Ambient Air. J Am Soc Mass Spectrom, 2009. 20: p. 829–836.
27.Chen, Q.F., et al., Air monitoring of a coal tar cleanup using a mobile TAGA LPCI-MS/MS. J. Hazard. Mater., 2002. B91: p. 271–284.
28.Mickunas, D.B ,.et al., Ambient air monitoring of a SARA Title III facility using the TAGA 6000E MS/MS. J. Hazard. Mater, 1995. 43: p. 45–54.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-12]