ORIGINAL ARTICLE

TVOCs and BTEX Concentrations in the Air of South Pars Special Economic Energy Zone

Azam Keramati[1],
Ramin Nabizadeh Nodehi[2],
Roshanak Rezaei Kalantary[3],
Shahrokh Nazmara[4],
mir Zahedi[5]
Ali Azari[6],
Hossein Bahramifar[7],
Amir Hossein Mahvi[8]

[1] MSc Student in Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[4] MSc in Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[5] PhD Student in Environmental Health Engineering, School of Health, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
[6] PhD Student in Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[7] BSc in petroleum engineering, Mehr Petrochemical Co., Pars Special Economic Energy Zone, Assaluyeh, Iran
[8] Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received July 27, 2015 Accepted November 3, 2015)

Abstract

Background and purpose: Petrochemical industries and refineries are regarded as important emission sources of inorganic and organic pollutants. The aim of this study was to survey TVOCs and BTEX in the air of South Pars Special Economic Energy Zone in 2014.

Materials and methods: In a cross-sectional study sampling and analysis was done by NIOSH 1501 method. The study was carried out in 336 activated carbon tubes and personal sampling pump in 6 sampling stations during one year. The compounds were extracted by solvent carbon disulfide and analyzed using Gas Chromatography- Flame Ionization Detector (GC-FID). Data analysis was performed in SPSS Ver.18 applying Kruskal-Wallis, Fligner test and ANOVA.

Results: The mean concentrations of TVOCs and TBTEX were 229.34 and 31.23 µg/m^3 in cold season and 212.19 and 29.89 µg/m^3 in warm season, respectively. The mean concentrations of Benzene in all stations were 11.72 µg/m^3 which were higher than the threshold levels recommended by Iranian Clean Air Act and US Environmental Protection Agency (USEPA). The ANOVA results showed a significant difference between the concentration of pollutants and hour, month and sampling stations ($P<0.05$), but no significant difference was found between the concentration of pollutants and seasons ($P>0.05$).

Conclusion: The concentrations of measured pollutants in cold season were higher than those in warm season. High concentrations of Benzene in cold and warm seasons were used to identify areas of high exposure risk.

Keywords: TVOCs, BTEX, volatile organic compounds, activated carbon tubes, gas chromatography

J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(133): 236-244 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و پنجم شماره ۱۳۳ بهمن سال ۱۳۹۴ (۲۴۴-۲۳۶)

بررسی غلظت BTEX و VOCs در هوای منطقه ویژه پارس جنوبی

اعظم کرامتی[۱]
رامین نبی زاده نودهی[۲]
روشنک رضایی کلانتری[۳]
شاهرخ نظم آرا[۴]
امیر زاهدی[۵]
علی آذری[۶]
حسین بهرامی فر[۷]
امیرحسین محوی[۸]

چکیده

سابقه و هدف: صنایع پتروشیمی و پالایشگاه‌های گازی به عنوان یکی از منابع مهم انتشار آلاینده‌های غیر آلی و آلی به محیط زیست شناخته شده‌اند. هدف از این مطالعه بررسی غلظت کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs) و آلاینده‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن (BTEX) در هوای منطقه ویژه پارس جنوبی در سال ۱۳۹۳ بوده است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش یک مطالعه توصیفی- مقطعی می‌باشد. جهت نمونه‌برداری و آنالیز از روش ۱۵۰۱ مرکز تحقیقات ملی بهداشت و ایمنی شغلی ایالات متحده آمریکا استفاده شد. این مطالعه در طول یکسال (سال ۱۳۹۳) و با استفاده از ۳۳۶ لوله کربن فعال و پمپ نمونه‌برداری فردی در ۶ ایستگاه انجام گرفت. استخراج آلاینده‌ها از جاذب با استفاده از حلال دی‌سولفیدکربن و تجزیه آن‌ها توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی با دتکتور یونیزاسیون شعله (GC-FID) انجام شد. تحلیل داده‌های به دست آمده با استفاده از نسخه ۱۸ نرم افزار SPSS و آزمون‌های آماری فلیگنر-کیلن، کروسکال-والیس و آنالیز واریانس انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مجموع غلظت ترکیبات آلی فرار (TVOCs) و میانگین غلظت کل BTEX در منطقه مورد مطالعه ۲۲۹/۳۴ و ۳۱/۲۳ میلی‌گرم بر متر مکعب در فصل سرد و ۲۱۲/۱۹ و ۲۹/۸۹ میلی‌گرم بر متر مکعب در فصل گرم بود. میانگین غلظت بنزن در تمامی ایستگاه‌ها ۱۱/۷۲ میلی‌گرم بر متر مکعب اندازه‌گیری شد که نسبت به استاندارد هوای پاک ایران و سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) بالاتر بود. نتایج آزمون‌های آماری و آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که بین غلظت آلاینده‌ها و ساعات، ماه‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری رابطه معنی‌داری وجود دارد ($p <$ ۰/۰۵)، اما بین غلظت آلاینده‌ها و فصل سال رابطه معنی‌داری وجود نداشت ($p >$ ۰/۰۵).

استنتاج: ارزیابی این ترکیبات نشان‌دهنده بالاتر بودن غلظت آن‌ها در فصل سرد نسبت به فصل گرم می‌باشد. از غلظت‌های بالای بنزن اندازه‌گیری شده در فصل سرد و گرم جهت شناسایی مناطق با ریسک بالای مواجهه استفاده شد.

واژه های کلیدی: ترکیبات آلی فرار، BTEX، جاذب کربن فعال، کروماتوگرافی گازی

مقدمه

گسترش فناوری و رشد روزافزون صنایع مختلف، هزاران نوع ماده شیمیایی با ویژگی‌ها و خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متفاوت کشف و مورد استفاده قرار می‌گیرند. آلاینده‌های تولیدی از فرآیندها و مراحل

مولف مسئول: امیرحسین محوی- تهران: دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط E-mail: ahmahvi@yahoo.com
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۴. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۵. دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران
۶. دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۷. کارشناس مهندسی نفت، شرکت پتروشیمی مهر، منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، عسلویه، ایران
۸. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۴/۵/۵ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۴/۶/۱ تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۸/۱۲

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

مختلف صنایع به اشکال مختلف وارد محیط زیست می‌شوند(۱). در میان انواع آلاینده‌های تولیدی آلاینده‌های آلی به خصوص ترکیبات آلی فرار به دلیل اثرات سرطان‌زایی برخی از آن‌ها اهمیت به‌سزایی دارند. از میان صنایع شیمیایی، پالایشگاه‌های نفتی و مجتمع های پتروشیمی به عنوان منابع بزرگ انتشار ترکیبات آلی فرار شناخته شده‌اند(۲). م

طالعات اخیر اثبات کرده است که غلظت ترکیبات آلی فرار در نزدیکی مجتمع‌های پتروشیمی بسیار بیش‌تر از نواحی مسکونی و حومه شهرها می‌باشد(۳،۲) مواجهه با ترکیبات آلی فرار می‌تواند به صورت استنشاق، بلع، تماس با چشم و جذب توسط پوست رخ دهد(۴). اطلاعات بسیاری حاکی بر این هستند که مواجهه کوتاه مدت با غلظت‌های خاص بعضی از ترکیبات آلی فرار موجود در هوا نمی‌تواند اثرات به شدت مضری بر روی سلامتی داشته باشد اما مواجهه طولانی مدت با این ترکیبات ممکن است اثرات موتاژنیک و سرطان‌زایی (لوسمی، تومورهای مغزی و سرطان مغز استخوان) را به دنبال داشته باشد(۵). در میان ترکیبات آلی فرار مربوط به صنایع پتروشیمی، ترکیبات آروماتیک شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن (BTEX) دارای اهمیت زیادی در سلامت عمومی می‌باشند و می‌توانند تاثیر قابل توجهی بر روی سلامت و رفاه انسان‌ها و کیفیت هوا بگذارند(۷،۶). این ترکیبات در طبقه‌بندی آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) به عنوان آلاینده‌های اولویت دار دسته‌بندی شده‌اند(۴).

مطالعاتی که بر روی اثرات مزمن مواجهه از طریق استشمام با ترکیبات BTEX انجام شده نشان داده است که این ترکیبات دارای اثرات بالقوه نامطلوب بر سلامت انسان‌ها می‌باشند. در میان ترکیبات BTEX، بنزن از طرف USEPA، انجمن متخصصین بهداشت صنعتی ایالات متحده آمریکا (ACGIH) و آژانس بین‌المللی تحقیق بر روی سرطان (IARC) به عنوان سرطان‌زای قطعی انسانی معرفی گردیده است(۱۰-۸). مواجهه طولانی مدت با تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن اثرات نامطلوبی را بر روی سیستم‌های عصبی، تنفسی، کبد و کلیه‌ها می‌گذارد(۱۲،۱۱،۸).

Thepanondh و همکاران در سال ۲۰۱۱ مطالعه‌ای تحت عنوان ترکیبات آلی فرار منتقله از طریق هوا و اثرات بالقوه بهداشتی آن ها در مجاورت مجتمع‌های پتروشیمی انجام دادند. غلظت متوسط سالیانه ۹ ترکیب آلی فرار که به عنوان ترکیبات سرطان زا شناخته می‌شوند با استانداردهای ایالتی کیفیت هوا مورد مقایسه قرار گرفته و چنین نتیجه گیری شد که غلظت این ترکیبات در مقایسه با استانداردها بسیار بالاتر است. این مطالعه همچنین ثابت کرد که هر دو منابع ثابت و متحرک نقش مهمی در توزیع این آلاینده‌ها دارند(۱۲). Cetin و همکاران در سال ۲۰۰۳ در پژوهشی با عنوان غلظت VOCs در اطراف مجتمع پتروشیمی و پالایشگاه نفتی نمونه‌های هوا را در سپتامبر ۲۰۰۰ تا سپتامبر ۲۰۰۱ و در سه ناحیه مشخص شده در ازمیر ترکیه جمع‌آوری کردند. غلظت VOCs ۲۰-۴ برابر بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده آن در نواحی خارج از شهر ازمیر بود(۳).

هدف از انجام این پژوهش بررسی غلظت BTEX و VOCs در هوای منطقه ویژه پارس جنوبی می‌باشد. اولین اقدام جهت ارائه راه کارهای مدیریتی و کنترلی آلاینده‌ها آگاهی از میزان غلظت آن‌ها در محیط، شناسایی منابع انتشار و مناطق با ریسک بالا می‌باشد.

مواد و روش ها

این یک مطالعه مقطعی- توصیفی است که در سال ۱۳۹۳ در منطقه ویژه پارس جنوبی انجام گرفت. در این مطالعه کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs) و چهار آلاینده مهم از این گروه یعنی بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن(BTEX) اندازه‌گیری شد. برای تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری، بر اساس نقشه شهرستان عسلویه، منطقه مورد مطالعه به چهار قسمت با مشخصات ذیل تقسیم‌بندی شد: ۱) منطقه صنعتی متاثر از مجتمع پتروشیمی (دو

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

ایستگاه در این قسمت انتخاب گردید)؛ ۲) منطقه صنعتی متاثر از پالایشگاه‌های گازی (یک ایستگاه در این قسمت انتخاب گردید)؛ ۳) منطقه مسکونی متاثر از منطقه صنعتی (دو ایستگاه در این قسمت انتخاب گردید)؛ و ۴) منطقه بالا دست (یک ایستگاه به عنوان شاهد در این قسمت انتخاب گردید). بنابراین، در کل منطقه مورد مطالعه ۶ ایستگاه نمونه‌برداری انتخاب گردید.

نمونه‌برداری بر اساس روش ۱۵۰۱ مرکز تحقیقات ملی بهداشت و ایمنی شغلی ایالات متحده آمریکا (NIOSH 1501) انجام گرفت(۱۳). تمامی این عملیات در محدوده تنفسی کارکنان یعنی ۱/۵ متری از سطح زمین انجام گرفت و تعداد کل نمونه‌های گرفته شده از منطقه در طول یکسال ۳۳۶ نمونه بود. نمونه‌برداری‌ها از ساعت ۸ صبح و با فاصله زمانی دو ساعت تا ۶ بعدازظهر انجام شد. پمپ نمونه برداری با دبی ۰/۲ لیتر در دقیقه و به مدت ۱۲۰ دقیقه به کار گرفته شد. از پمپ نمونه‌برداری فردی مدل check 5000 Air به همراه لوله‌های حاوی کربن فعال ۱۵۰ میلی‌گرمی هر دو ساخت شرکت SKC (جلو ۱۰۰ میلی‌گرم و عقب ۵۰ میلی‌گرم) و جهت اندازه‌گیری تخمینی کل ترکیبات آلی (TVOCs) نیز از دستگاه سنجش آنلاین TVOCs (PHOCHECK 5000_{EX^+}) استفاده شد.

تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده (CS_2، بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن) با درجه خلوص مناسب جهت انجام آزمایشات و رسم منحنی استاندارد از شرکت مرک آلمان تهیه گردید. جهت انجام آنالیز نمونه‌ها از ویال‌های ۵ و ۱۰ میلی‌لیتری، سرنگ تزریق به GC و دستگاه گاز کروماتوگرافی با دتکتور شعله یونیزان (GC-FID) مدل Varian CP-۳۸۰۰ استفاده شد. این مطالعه در دو فصل سرد و گرم انجام گرفت که از کل تعداد نمونه‌ها، ۱۶۹ نمونه برای فصل سرد و ۱۶۷ نمونه برای فصل گرم بود. داده‌های به دست آمده با استفاده از نسخه ۱۸ نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های آماری فلیگنر-کیلن، کروسکال- والیس و آنالیز واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج با استانداردهای موجود مقایسه و گزارش گردید (جدول شماره ۱) (۱۴).

یافته ها

جدول شماره ۲ نشان‌دهنده غلظت آلاینده‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن (BTEX) و کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs) در فصل سرد و گرم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همان‌طور که از جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود میانگین غلظت بنزن در فصل سرد ۱۱/۹۷ و در فصل گرم ۱۱/۴۷ میکروگرم بر متر مکعب است که در مقایسه با دیگر آلاینده‌های اندازه گیری شده بیش‌ترین مقدار را داراست. بر اساس این جدول میانگین غلظت تمامی آلاینده‌های اندازه‌گیری شده در فصل سرد بیش‌تر از فصل گرم می‌باشد.

جدول شماره ۳ غلظت آلاینده‌های اندازه گیری شده در منطقه مورد مطالعه را در هر یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری ارایه می‌دهد. همان‌گونه که از داده‌های جدول مشهود می‌باشد، بیش‌ترین غلظت بنزن در ایستگاه شماره ۴ با میانگین ۱۳/۷۹ و سپس در ایستگاه شماره ۱ با میانگین ۱۳/۱ میکروگرم بر متر مکعب بوده است که در مقایسه با سایر آلاینده‌های اندازه‌گیری شده بیش‌ترین غلظت را در منطقه مورد مطالعه داشته است.

نتایج حاصل از آزمون‌های آماری بین آلاینده‌های مورد بررسی و فاکتورهای فصل، ماه و زمان در جدول شماره ۴ گزارش شده است.

جدول شماره ۱: مقادیر استاندارد سازمان های جهانی و قانون هوای پاک ایران برای ترکیبات آلی فرار(۱۵)

سازمان	بنزن		تولوئن		اتیل بنزن		زایلن		TVOCs	
استاندارد سالیانه ایران و WHO	۵ $\mu g/m^3$	۱/۵ ppm	–	–	–	–	–	–	۱۶۰ $\mu g/m^3$	–
استاندارد USEPA برای هوای تنفسی	۹/۵۸ $\mu g/m^3$	۰/۰۰۳ ppm	۸۷۰ $\mu g/m^3$	۰/۲۳ ppm	۵۰۰ $\mu g/m^3$	۰/۱۱۶ ppm	۳۹۹۰ $\mu g/m^3$	۰/۹۲ ppm	۱۶۰ $\mu g/m^3$	–

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

جدول شماره ۲: میانگین، میانه و انحراف معیار آلاینده های اندازه گیری شده (BTEX و TVOCs) در منطقه پارس جنوبی در فصل سرد و گرم بر حسب میکروگرم بر متر مکعب

ترکیبات	فصل سرد			فصل گرم		
	میانگین	میانه	انحراف معیار	میانگین	میانه	انحراف معیار
تولوئن	۹/۹۹	۹/۵۱	۴/۳۹	۹/۶۳	۹/۵۴	۴/۴۹
بنزن	۱۱/۹۷	۱۳/۰۵	۴/۵۲	۱۱/۴۷	۱۲/۵۴	۴/۳۶
اتیل بنزن	۱/۶۰	۱/۵۱	۰/۸۵۱	۱/۲۸	۱/۰۸	۰/۸۹
O-M,P-گزیلن	۱/۶۷	۷/۶۷	۴/۴۳	۷/۵۱	۷/۳۴	۴/۸۲
TBTEX	۳۱/۲۳	۳۲ /۵۴	۱۱/۴۸	۲۹/۸۹	۳۰/۳۰	۱۲/۲۲
کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs)	۲۲۹/۳۴	۲۴۵/۰۰	۴۹/۷۲	۲۱۲/۱۹	۲۳۳/۵۳	۵۳/۹۱

جدول شماره ۳: آمار توصیفی آلاینده های اندازه گیری شده (BTEX و TVOCs) در منطقه پارس جنوبی در ایستگاه های مورد مطالعه بر حسب میکروگرم بر متر مکعب

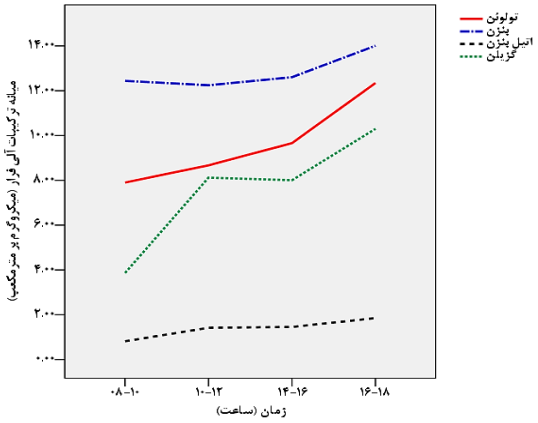
ترکیبات	ایستگاه	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
بنزن	شماره ۱	۱۳/۱	۱۳/۶۵	۳/۵	۳/۷۲	۱۸/۲۵
	شماره ۲	۱۲/۷۳	۱۲/۵۹	۲/۷۵	۵/۰۶	۱۹/۸۴
	شماره ۳	۱۲/۴۴	۱۲/۷۶	۲/۹۲	۵/۶۸	۱۸/۷۴
	شماره ۴	۱۳/۷۹	۱۳/۱۸	۳/۳۰	۷/۱	۲۰/۵۳
	شماره ۵	۱۲/۹۵	۱۲/۸۲	۳/۵۵	۶/۵	۲۲/۵۸
	شماره ۶ (شاهد)	۳/۹۶	۳/۵۸	۱/۹۲	۱/۵۹	۱۳/۶۷
تولوئن	شماره ۱	۱۲/۵۲	۱۲/۴۰	۴/۲	۳/۱۷	۲۸/۴۱
	شماره ۲	۱۰/۲۳	۹/۶۷	۳/۲۳	۳/۷۰	۱۷/۶۸
	شماره ۳	۱۰/۶۹	۹/۹۸	۳/۲۶	۳/۳۲	۲۱/۴۲
	شماره ۴	۹/۶۸	۹/۰۶	۳/۶۶	۳/۰۷	۱۶/۶۸
	شماره ۵	۹/۶۸	۹/۱۴	۳/۱۹	۳/۸۵	۱۶/۶۴
	شماره ۶ (شاهد)	۳/۳۴	۳/۲۷	۱/۱۹	۱/۱۴	۶/۵۲
اتیل بنزن	شماره ۱	۲/۰۶	۱/۹۹	۰/۹۶	۰/۰۳	۴/۱۳
	شماره ۲	۱/۲۸	۱/۲۷	۰/۶۹	۰/۰۱	۲/۵
	شماره ۳	۱/۵۶	۱/۵۳	۰/۷۶	۰/۱۱	۴/۲۴
	شماره ۴	۱/۰۵	۰/۹۳	۰/۷۲	۰/۰۴	۲/۹۴
	شماره ۵	۱/۱۸	۱/۱	۰/۷۱	۰/۰۶	۳/۲۶
	شماره ۶ (شاهد)	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۴۸	۰/۰۳	۲/۱۱
O-M,P-گزیلن	شماره ۱	۱۱/۰۵	۱۰/۵۳	۴/۴	۱/۹۱	۲۷/۹۴
	شماره ۲	۷/۱۹	۶/۶۱	۳/۳۱	۱/۶۱	۱۶/۱۵
	شماره ۳	۸/۹۵	۸/۶۶	۳/۵۳	۲/۸۸	۲۰/۸۷
	شماره ۴	۶/۰۵	۵/۷	۳/۳۶	۱/۵۷	۱۶/۱۷
	شماره ۵	۷/۱۸	۶/۵۲	۳/۵۷	۱/۶۷	۱۶/۰۷
	شماره ۶ (شاهد)	۱/۶۲	۱/۴۷	۰/۷۲	۰/۱۶	۳/۱۹
TBTEX	شماره ۱	۳۸/۷۳	۳۸/۵۴	۹/۶۲	۱۹/۰۴	۷۵/۱۶
	شماره ۲	۳۱/۴۳	۳۰/۱۵	۶/۵۶	۱۷/۹۵	۵۰/۹۵
	شماره ۳	۳۳/۶۶	۳۲/۹۷	۷/۴۱	۱۸/۸۵	۵۸/۸۰
	شماره ۴	۳۰/۵۹	۳۰/۶	۷/۵۴	۱۹/۹۱	۴۹/۹۷
	شماره ۵	۳۱/۰۱	۲۹/۵۴	۷/۸۴	۱۶/۸۳	۵۰/۵۷
	شماره ۶ (شاهد)	۹/۸۲	۹/۴۴	۳/۴۹	۳/۹۴	۲۱/۳
کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs)	شماره ۱	۲۵۴/۶۷	۲۵۳/۳۲	۳۲/۲۷	۱۴۵	۳۴۷
	شماره ۲	۲۳۱/۴۹	۲۳۸	۳۰/۳۲	۱۴۰/۹	۲۹۸
	شماره ۳	۲۳۹/۷۹	۲۴۰/۷۵	۲۵/۶۷	۱۸۴	۳۱۵
	شماره ۴	۲۲۰/۴۸	۲۲۸/۶۷	۳۷/۶۱	۱۳۸/۴	۲۸۸/۶
	شماره ۵	۲۲۱/۹۸	۲۳۷/۳۵	۳۹/۶۱	۱۳۷	۲۷۵/۱
	شماره ۶ (شاهد)	۱۲۲/۶	۱۲۱/۵	۱۶/۸۱	۹۶/۴۵	۱۷۵

جدول شماره ۴: ارتباط معنی دار ترکیبات آلی فرار با فصل، ماه، ساعات و ایستگاه های نمونه برداری با استفاده از آزمون های فلیگنر –کیلن و کروسکال –والیس

	p–آزمون فلیگنر - کیلن			
	بنزن	تولوئن	اتیل بنزن	گزیلن
فصل	۰/۳۰۰۵۱	۰/۳۴۳۴	۱/۷e–۰۵	۰/۷۰۹
ماه	۰/۰۰۵۲۳	۰/۰۱۹۹	۰/۰۱۲	۴/۳۲e–۰۵
زمان (ساعت)	۰/۰۰۹۸۵	۱/۷۷e–۰۹	<۲e–۱۶	<۲e–۱۶
	p–آزمون کروسکال -والیس			
	بنزن	تولوئن	اتیل بنزن	گزیلن
ایستگاه نمونه برداری	<۲/۲e–۱۶	<۲/۲e–۱۶	۸/۱۰۸e–۱۶	<۲/۲e–۱۶

همان‌طور که در جدول مربوطه مشاهده می‌شود بر اساس آزمون فلیگنر–کیلن بین غلظت بنزن، تولوئن و گزیلن و فصل سال ارتباط معنی‌داری وجود ندارد ($p > ۰/۰۵$) ولی بین غلظت آلاینده اتیل بنزن و فصل سال ارتباط معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) وجود دارد. آزمون فلیگنر–کیلن هم‌چنین نشان داد که بین ترکیبات آلی اندازه‌گیری شده در این مطالعه و ماه‌ها و ساعات مختلف نمونه‌برداری ارتباط معنی‌داری وجود دارد.

بر اساس آزمون کروسکال– والیس بین ترکیبات آلی فرار اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری ارتباط معنی‌داری وجود دارد. نمودار شماره ۱ روند تغییرات زمانی آلاینده‌های اندازه‌گیری شده را در طول ساعات نمونه‌برداری ارائه می‌دهد. بر اساس این نمودار تمامی آلاینده‌ها در ابتدای روز در پایین‌ترین سطح خود بوده و سپس در پایان روز به بیش‌ترین مقدار خود رسیده‌اند.



نمودار شماره ۱: غلظت ترکیبات آلی در طی ساعات مختلف نمونه‌برداری بر حسب میکروگرم بر متر مکعب

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

بحث

امروزه ترافیک و صنایع شیمیایی مخصوصاً پالایشگاه‌های نفتی و مجتمع‌های پتروشیمی از جمله مهم‌ترین منابع انتشار ترکیبات آلی فرار به اتمسفر می‌باشند(۱۶). این ترکیبات به دلیل پتانسیل سرطان‌زایی از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند. از مهم‌ترین نگرانی‌های استفاده از ترکیبات آلی فرار می‌توان به اثرات سوء بهداشتی و زیست محیطی آن‌ها بر مناطق شهری و مسکونی، مدارس، مراکز خرید و اماکن عمومی اشاره کرد که در مجاورت صنایع پتروشیمی و پالایشگاه‌های نفتی قرار گرفته‌اند(۱۷).

مطالعه حاضر نشان داد که میانگین غلظت کل ترکیبات آلی فرار (TVOCs) در منطقه پارس جنوبی در دو فصل سرد و گرم به ترتیب ۲۲۹/۳۴ و ۲۱۲/۱۹ میکروگرم بر متر مکعب بوده است که نسبت به استاندارد USEPA (۱۶۰ میکروگرم بر متر مکعب) بیش‌تر و تقریباً دو برابر آن است. همان‌گونه که در جداول شماره ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، غلظت بنزن و کل ترکیبات آلی فرار از حدود استاندارد اعلام شده از سوی سازمان‌های مربوطه بیش‌تر بوده، در حالی که دیگر آلاینده‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر از محدوده استاندارد های تعیین شده کم‌تر می‌باشند. Civan و همکاران در سال ۲۰۱۵ به مطالعه تغییرات فضایی و دمایی غلظت ترکیبات آلی فرار، NO_2، SO_2 و ازون در اتمسفر و نیز ارزیابی ریسک سرطان‌زایی بنزن در نواحی صنعتی در غرب کشور ترکیه پرداختند. این مطالعه در دو فصل زمستان و تابستان در طی سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷ انجام گرفت. آن‌ها گزارش نمودند که فعالیت‌های صنعتی و وسایل حمل و نقل مهم‌ترین منابع تولید غلظت بالای ترکیبات آلی فرار، دی اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد در اطراف پالایشگاه‌ها، مجتمع‌های پتروشیمی و جاده‌ها می‌باشند. Civan و همکاران پس از ارزیابی ریسک سرطان‌زایی بنزن، مجتمع‌های پتروشیمی، پالایشگاه‌های نفتی و ترافیک را منابع اصلی خطر ابتلا به سرطان ناشی از بنزن معرفی کردند(۱۸). بر اساس جدول شماره ۲ غلظت آلاینده‌های آلی اندازه‌گیری شده در فصل سرد بیش‌تر از فصل گرم می‌باشد که از دلایل مهم آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: افزایش واکنش‌های فتوشیمیایی تروپسفریک و متعاقبا تبدیل آلاینده‌های آلی به آلاینده‌های ثانویه در فصل گرم نسبت به فصل سرد و کاهش غلظت آلاینده‌های آلی در فصل گرم، صعود بیش‌تر و بهتر آلاینده‌ها به سطوح بالاتر جوی در فصل گرم و انتقال آن‌ها توسط جریان‌های جوی بالا دستی، وقوع بیش‌تر پایداری هوا و پدیده وارونگی در فصل سرد و باقی ماندن آلاینده‌ها در جو پایین.

Roukos و همکاران در سال ۲۰۰۷ به تعیین غلظت ترکیبات آلی فرار در یک شهر صنعتی در جنوب فرانسه پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند که غلظت ترکیبات آلی فرار در فصل زمستان بیش‌تر از فصل تابستان می‌باشد(۱۹) که با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر همخوانی دارد. همان‌طورکه در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود بیش‌ترین آلاینده اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه بنزن و کم‌ترین آلاینده اتیل بنزن می‌باشد. میانگین غلظت بنزن اندازه‌گیری شده در فصل سرد و گرم به ترتیب ۱۱/۹۷ و ۱۱/۴۷ میکروگرم بر متر مکعب می‌باشد که از حدود استاندارد هوای پاک ایران معادل ۵ میکروگرم بر متر مکعب و استاندارد هوای تنفسی USEPA معادل ppm ۰/۰۰۳ بیش‌تر است. Thepanondh و همکاران در سال ۲۰۱۱ مطالعه‌ای برای تعیین غلظت ترکیبات آلی فرار منتقله از طریق هوا و اثرات بالقوه بهداشتی آن‌ها در مجاورت مجتمع‌های پتروشیمی انجام دادند. در این بررسی غلظت متوسط سالیانه ۹ ترکیب آلی فرار که به عنوان ترکیبات سرطان‌زا شناخته می‌شوند با استانداردهای ایالتی کیفیت هوا مقایسه و گزارش شد که غلظت بنزن در محدوده‌ای بسیار بالاتر از استانداردها قرار دارد(۱۲). نتایج مطالعه Thepanondh و همکاران نیز با مطالعه حاضر همخوانی دارد. جدول شماره ۳ داده‌های مربوط به هر یک از ایستگاه‌های

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

نمونه‌برداری را ارایه می‌دهد. بر اساس این جدول مشاهده می‌شود که ایستگاه شماره ۱ بیش‌ترین آلودگی و ایستگاه شماره ۶ (ایستگاه شاهد) کم‌ترین آلودگی را از نظر حضور ترکیبات آلی فرار دارند. ایستگاه شماره ۱ به دلیل استقرار چندین مجتمع پتروشیمی بزرگ در مجاورت همدیگر و تعدد فرآیندهای تولیدی و همچنین بالا بودن حجم خوراک مصرفی و محصولات تولیدی بیش‌ترین آلودگی را از نظر ترکیبات آلی فرار دارد. نمودار شماره ۱ روند تغییرات زمانی آلاینده‌های اندازه‌گیری شده را در طول ساعات نمونه برداری نشان می‌دهد. تمامی آلاینده‌ها در ابتدای روز در پایین‌ترین سطح خود بوده و در پایان روز به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسند. ترکیبات آلی فرار وابستگی شدیدی به درجه حرارت محیط دارند، از این‌رو هرچه درجه حرارت بالاتر باشد میزان انتشار ترکیبات آلی فرار به محیط نیز بیش‌تر می‌شود. بنابراین، این آلاینده‌ها در ابتدای روز در پایین‌ترین سطح و در پایان روز در بالاترین سطح خود می‌باشند.

نتایج مطالعه Odabasi و همکاران در سال ۲۰۰۲ و Lin و همکاران در سال ۲۰۰۴ نشان داد که غلظت ترکیبات آلی فرار در بعدازظهر بیش‌تر از اوایل روز می‌باشد(۲۱،۲۰). برای مقایسه میانگین غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن در دو فصل سرد و گرم، ماه‌ها، ساعات و ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری از روش آنالیز واریانس استفاده گردید.

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که غلظت ترکیبات آلی فرار اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه در فصل سرد بیش‌تر از فصل گرم بوده و در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری از حد مجاز توصیه شده بالاتر بوده است. همچنین مشخص گردید که از بین آلاینده‌های مورد مطالعه بنزن بیشترین غلظت را در تمامی ایستگاه‌ها داشته و از مقادیر استاندارد موجود فراتر رفته است. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش راه‌کارهای مدیریتی و کنترلی جهت حذف و کاهش آلاینده‌ها و اثرات آن‌ها الزامی می‌باشد که در ذیل پیشنهاداتی در این خصوص ارایه می‌گردد: افزایش سطح آگاهی افراد ساکن در منطقه مورد مطالعه در خصوص خطرات و اثرات آلاینده‌های مورد نظر، کاهش مدت زمان مواجهه شاغلین با کم کردن ساعت کاری از ۱۲ ساعت به ۸ ساعت (ساعت کاری استاندارد تعیین شده از سوی سازمان‌های ذیربط)، جابه‌جایی و انتقال اماکن مسکونی به خارج از منطقه صنعتی، پایش مدوام آلاینده‌ها در منطقه، و استفاده شاغلین از وسایل حفاظت فردی مناسب جهت جذب ترکیبات آلی فرار

سپاسگزاری

این مطالعه بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط خانم اعظم کرامتی می‌باشد که با حمایت و پشتیبانی واحد پژوهش و فن آوری سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس اجرا شده است. لذا بدین‌وسیله از حمایت های مادی و معنوی این واحد تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Maghsoodi Moghadam R, Bahrami A, Mahjoob H, Ghorbani F. Evaluation of Benzene, Toluene and P, M&O-Xylene contaminants at Mahshahr petrochemical complex during 2008-9. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences 2011; 19(2): 49-59 (Persian).
2. Tiwari V, Hanai Y, Masunaga S. Ambient levels of volatile organic compounds in the vicinity of petrochemical industrial area of Yokohama, Japan. Air Qual Atmos Health 2010; 3(2): 65-75.
3. Cetin E, Odabasi M, Seyfioglu R. Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. Sci Total Environ 2003; 312(1-3): 103-112.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

4. USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Integrated Risk Information System (IRIS). 2014b [cited 2014 January]; Available from: http://www.epa.gov/iris/index.html.
5. Atari DO, Luginaah IN, Gorey K, Xu X, Fung K. Associations between self-reported odour annoyance and volatile organic compounds in 'Chemical Valley', Sarnia, Ontario. Environ Monit Assess 2013; 185(6): 4537-4549.
6. Hinwood AL, Rodriguez C, Runnion T, Farrar D, Murray F, Horton A, et al. Risk factors for increased BTEX exposure in four Australian cities. Chemosphere 2007; 66(3): 533-541.
7. Yeom SH, Daugulis AJ. Development of a novel bioreactor system for treatment of gaseous benzene. Biotechnol Bioeng 2001; 72(2): 156-165.
8. ASTDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicology information sheets. 1995 [cited 2010 20 June]; Available from: http://www.atsdr.cdc.gov/N. Accessed May 2, 2015.
9. Wang T, Bo P, Bing T, Zhaoyun Z, Liyu D, Yonglong L. Benzene homologues in environmental matrixes from a pesticide chemical region in China: Occurrence, health risk and management. Ecotoxicol Environ Saf 2014; 104: 357-364.
10. Gonzalez-Flesca N, Nerriere E, Leclerc N, Le Meur S, Marfaing H, Hautemaniere A, et al. Personal exposure of children and adults to airborne benzene in four French cities. Atmospheric Environment 2007; 41(12): 2549-2558.
11. Durmusoglu E, Taspinar F, Karademir A. Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment. J Hazard Mater 2010; 176(1-3): 870-877.
12. 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 Pollution 2011; 214(1): 83-92.
13. Hydrocarbons, A., Method 1501, in NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Foure. Available from: http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf. Accessed May 2, 2015.
14. Williams PR, Panko JM, Unice K, Brown JL, Paustenbach DJ. Occupational Exposures Associated with Petroleum-Derived Products Containing Trace Levels of Benzene. J Occup Environ Hyg 2008; 5(9): 565-574.
15. Rashidi R, Almasian M. The measurement of volatile organic compounds in the ambient air of Khorramabad city and its comparison with current standards. YJMS 2015; 16(4): 54-61 (Persian).
16. Pekey B, Yılmaz H. The use of passive sampling to monitor spatial trends of volatile organic compounds (VOCs) at an industrial city of Turkey. Microchemical Journal 2011; 97(2): 213-219.
17. De Santis F, Fino A, Menichelli S, Vazzana C, Allegrini I. Monitoring the air quality around an oil refinery through the use of diffusive sampling. Anal Bioanal Chem 2004; 378(3): 782-788.
18. Yılmaz Civan M, Elbir T, Seyfioglu R, Oğuz Kuntasal O, Bayram A, Doğan G, et al. Spatial and temporal variations in atmospheric VOCs, NO 2, SO 2, and O3 concentrations at a heavily industrialized region in Western Turkey, and assessment of the carcinogenic risk levels of benzene. Atmospheric Environment 2015; 103: 102-113.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]

19. Roukos J, Riffault V, Locoge N, Plaisance H. VOC in an urban and industrial harbor on the French North Sea coast during two contrasted meteorological situations. Environ Pollut 2009; 157(11): 3001-3009.
20. Odabasi M, Muezzinoglu A, Bozlaker A. Ambient concentrations and dry deposition fluxes of trace elements in Izmir, Turkey. Atmospheric Environment 2002; 36(38): 5841-5851.
21. Lin TY, Sree U, Tseng SH, Chiu KH, Wu CH, Lo JG. Volatile organic compound concentrations in ambient air of Kaohsiung petroleum refinery in Taiwan. Atmospheric Environment 2004; 38(25): 4111-4122.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-01]