بررسی، ارزیابی و تعیین منشاء احتمالی هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) در گرد و غبار خیابان، شهر اهواز: با نگرشی بر زمین شیمی پزشکی

علیرضا زراسوندی[1*]، فاطمه راست منش[1]، فرشته بنی تمیم[1]، بابک مختاری[2]، مدینه ساعد[1]

۱)گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

۲)گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۲ تاریخ پذیرش:۹۵/۸/۲۹

چکیده

مقدمه: به طور عمده گرد و غبارهای خیابانی تحت تأثیر آلودگی هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) قرار دارد. PAHs ترکیبات آلی هستند که فقط از کربن و هیدروژن ساخته شده‌اند و دارای دو یا بیش از دو حلقه‌ی بنزنی می‌باشند. حضور این ترکیبات در گرد و غبار خیابان، از منابع مختلف موجود در شهر، مانند وسایل نقلیه و صنایع منشاء می‌گیرد و ممکن است که سلامت انسان و محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهد. هدف از انجام این مطالعه، بررسی میزان تأثیر این ترکیبات بر سلامت انسان ها و محیط زیست می‌باشد.

مواد و روش ها: به منظور ارزیابی تعیین منشاء احتمالی هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در گرد و غبار خیابان شهر اهواز، تعداد ۱۰ نمونه گرد و غبار از سطح شهر اهواز در فروردین ماه ۱۳۹۲جمع آوری شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی توسط دستگاه GC/MS آنالیز شدند. جهت تعیین منشاء احتمالی هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه‌ای از نسبت های زمین شیمیایی آروماتیکی و آنالیزهای آماری تحلیل خوشه‌ای (CA) و تحلیل اجزای اصلی (PCA) استفاده گردید.

یافته های پژوهش: از ۱۶ ترکیب PAH مهم تعیین شده توسط EPA، ۱۳ نوع ترکیب PAH در نمونه های گرد و غبار شناسایی شد. دامنه مجموع غلظت ترکیبات PAH شناسایی شده بین ۲۷۱/۵۶ تا ۳۲۱۱/۵۸ Ppb بود. مقدار ΣCOMB/ΣPAH بین ۰/۵۳ تا ۰/۷۱Ppb با میانگین ۰/۶۶ Ppb بود. نسبت Ant/(Ant+Phe) بین ۰/۱۰ تا ۰/۳۷ Ppb و BaA/(BaA+Chr) بین ۰/۱۷ و ۰/۵۷ Ppb و IND/(IND+BGP) نیز بین ۰/۲۸ تا ۰/۳۷ Ppb مشخص شد در همه ایستگاه های نمونه برداری، احتمال سرطان‌زایی به وسیله فاکتور معادل سمیت(TEF) برای همه ترکیبات PAH محاسبه شد که مقدار بدست آمده ، کمتر از مقدار استانداردی بود که توسط کشور کانادا برای حفاظت سلامت انسان معین شده است (۶۰۰BaPeq Ppb).

بحث و نتیجه گیری: در این مطالعه، نسبت های مولکولی و نتایج آنالیز آماری نشان دهنده منبع پیروژنیک برای PAH های ورودی به گرد و غبار خیابان و احتراق سوخت فسیلی بودند. بنزو پیرن به عنوان سرطان‌زا ترین ترکیب PAH ، در همه‌ی ایستگاه های نمونه-برداری با غلظت های مختلفی تشخیص داده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که شهر اهواز به دلیل قرارگیری صنایع بالادستی و پایین دستی نفت، گاز و پتروشیمی شدیداً تحت تأثیر این فرایندها به لحاظ نوع و ترکیب PAH ها می‌باشد.

واژه های کلیدی: گرد و غبار ، شهر اهواز، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای(PAHs)، سرطان

* **نویسنده مسئول:** گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

E-mail: Zarasvandi_a@scu.ac.ir

Copyright © 2017 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

مقدمه

تعداد و تنوع آلاینده ها در محیط زیست شهری به طور چشم‌گیری در سال های اخیر افزایش یافته است (۱). رشد جمعیت، فعالیت های صنعتی و وسایل نقلیه در شهرهای بزرگ مهم‌ترین عامل آلودگی در محیط زیست شهری است. خاک های سطحی، پیاده روها و گرد و غبار خیابان‌ها، شاخص های زیست محیطی آلودگی شهری هستند (۲). مطالعات مختلف نشان داده اند که افزایش بار گرد و غبار شهری به تنهایی یا به صورت ترکیب با دیگر آلاینده ها می تواند برای سلامت انسان زیان آور باشد (۱، ۳). ترکیب اصلی گرد و غبار خیابان‌های شهری در نتیجه چند عامل سطحی پس زمینه محلی، خاک منطقه، مواد ساختمان سازی شهری، موادی که به صورت محلی و منطقه‌ای منتشر می شوند و ترکیباتی که به وسیله اتمسفر در دراز مدت انتقال پیدا می کنند، تشکیل می شوند (۴). آنالیز ترکیبات آلی جذب شده بر روی گرد و غبار ته-نشین شده، ابزار قابل اطمینانی برای تعیین آلودگی است (۵). بررسی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs)، می تواند کارگشا باشد. هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، ترکیبات آلی هستند که فقط از کربن و هیدروژن ساخته شده اند و دارای دو یا بیش از دو حلقه‌ی بنزنی می باشند. این ترکیبات مجموعه‌ای از گسترده‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی، دارای منبع طبیعی و انسان زاد هستند(۶). از منابع طبیعی این هیدروکربن‌ها، می توان به آتش سوزی جنگل و آتشفشان و از منابع انسان‌زاد نیز می‌توان به دو گروه پیروژنیک و پتروژنیک اشاره نمود(۷). PAHs تولید شده از طریق احتراق سوخت های فسیلی (زغال سنگ و نفت) و زیست توده پیروژنیک می‌باشند. این منابع شامل وسایل نقلیه، نیروگاه برق، صنایع احتراق زغال سنگ و نفت (مانند ذوب فولاد) و زباله سوزها هستند. تبخیر و انتشار سوخت‌های فسیلی احتراق نیافته (نفت سفید، بنزین، سوخت دیزل، روغن موتور و آسفالت) منبع پتروژنیک PAHها هستند(۸). از بین آلاینده‌های جوی، PAHsها مهم‌ترین آلاینده‌های جوی سمی در محیط شهری شناسایی هستند. چندین ترکیب PAHs و بعضی از محصولات‌شان سرطان زا، جهش زا، آلرژی زا و تهدیدی برای سلامت بشر شناخته شده‌اند و به همین دلیل این ترکیبات در آژانس حفاظت محیط زیست ایالت متحده در اولویت لیست نظارت آلاینده ها قرار گرفته اند (۱،۶). بعضی از ترکیبات PAHs همانند بنزوآلفا پیرن و ایندنو ۱، ۲، ۳ سی دی پیرن، سرطان زا و جهش زا هستند (۸). به دلیل ترافیک بالا و وجود صنایع نفت و گاز، شهر اهواز مستعد این آلودگی‌ها است. تاکنون مطالعات چندانی که انواع PAHs را در گرد و غبار خیابانی شهر اهواز مشخص کند، انجام نشده است. مطالعات مشابهی در مناطق دیگری مانند تهران(۲)، کوماسی(۱۲)، شانگهای (۲۰) و پکن (۱۸) انجام شده است. برای مدیریت بهتر شهری، ارزیابی نوع و غلظت ترکیبات موجود در گرد و غبار و شناسایی منابع احتمالی آن‌ها، کنترل آلودگی و هم‌چنین برای جلوگیری از افزایش بیماری های ناشی از انتشار PAHs از منابع مختلف، انجام چنین مطالعه‌ای لازم است. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی سطح آلودگی گرد و غبار خیابانی در سطح شهر اهواز و تأثیر آن بر سلامت مردم و محیط زیست می‌باشد.

شهرستان اهواز، مرکز استان خوزستان از نظر جغرافیایی در ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و در بخش جلگه‌ای به ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده است. مساحت این شهرستان، ۲۰۴۷۷ هکتار است که ۶۹۲۳ هکتار از آن در بافت شهری قرار دارد. جمعیت اهواز بالغ بر ۱۱۱۲۰۲۱ نفر می‌باشد. میانگین دمای اهواز در سال ۱۳۹۲، ۲۵/۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ۴۸ درصد برآورد شده است. مجموع بارندگی در سال ۱۳۹۲، ۲۳۴ میلی‌متر گزارش گردید (۹). آلودگی هوا در شهر اهواز، ناشی از فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل، خانگی و کشاورزی می‌باشد. در بخش صنعت، واحدهای بزرگی هم‌چون صنایع فولاد، گروه ملی فولاد، پالایشگاه، تاسیسات شرکت نفت، فعالیت‌های حفاری و استخراج نفت و برخی کارخانجات آسفالت و سیمان از منابع مهم آلودگی محسوب می‌شوند. به طور کلی مهم‌ترین عامل آلودگی هوا در شهر اهواز به ترتیب مربوط به خروجی آلاینده‌های صنایع مستقر در محدوده‌ی شهری و منابع متحرکی چون خودروها و

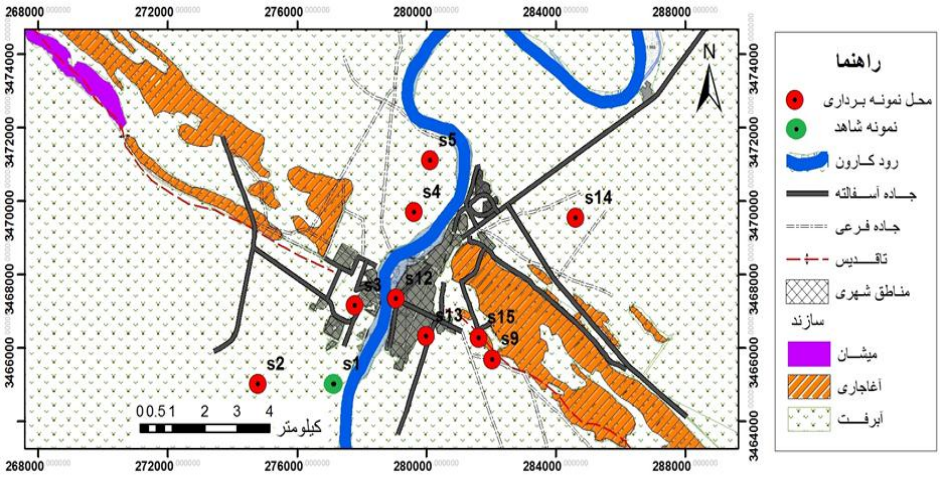
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

وسایل نقلیه می‌باشد (۱۰). علاوه بر موارد ذکر شده، پدیده‌ی گرد و غبار و ریز گردها از دیگر آلاینده‌های هوا در شهر اهواز به شمار می‌روند که علت اصلی آن، هم‌جواری شهر با بیابان‌های غرب ، وجود منابع و کانون‌های گرد و غبار در کشورهای همسایه مانند عراق و عربستان، دخالت بشر در طبیعت و مدیریت نامناسب دانست (۱۱).

مواد و روش ها

در فروردین سال ۱۳۹۲ به منظور بررسی PAHs موجود در گرد و غبار خیابان، با استفاده از برس و کاردک استیل ضد زنگ، از ۱۰ ایستگاه از پیاده‌روها وکناره‌های جاده‌های سطح شهر اهواز، نمونه‌برداری انجام شد. نمونه برداری از مناطق مختلف شهر مانند مناطق با ترافیک بالا (کیانپارس، نادری)، مناطق صنعتی (فولاد، کربن بلاک، لوله سازی)، مسکونی، بیمارستانی، ایستگاه قطار و پارک بازی کودکان انجام شد (شکل و جدول شماره ۱). حدود ۵۰۰ گرم از نمونه مرکب گرد و غبار جمع آوری و پس از پوشاندن با فویل‌های آلومنیومی و تعبیه در ظروف شیشه‌ای، شماره گذاری و تا زمان انجام آزمایش، در دمای یخچال نگه-داری شدند.



شکل شماره ۱. نقشه زمین شناسی، شهری و موقعیت نقاط نمونه برداری در شهر اهواز

جدول شماره ۱. نوع منطقه، مختصات و مکان نمونه های برداشت شده در شهر اهواز

ایستگاه	مکان نمونه برداری	نوع منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
S_1	دانشگاه شهید چمران اهواز	نمونه شاهد	۲۷۷۱۴۳	۳۴۶۵۰۲۱
S_2	گلستان	منطقه مسکونی	۲۷۴۷۹۱	۳۴۶۵۰۲۱
S_3	امانیه	ایستگاه قطار	۲۷۷۷۹۵	۳۴۶۷۱۵۹
S_4	کیانپارس	منطقه پرترافیک	۲۷۹۶۲۰	۳۴۶۹۷۰۵
S_5	کیانپارس(بیمارستان آریا)	منطقه بیمارستانی	۲۸۰۱۱۴	۳۴۷۱۱۱۴
S_9	کارخانه کربن بلاک	منطقه صنعتی	۲۸۲۰۳۲	۳۴۶۵۶۹۴
S_{12}	نادری	منطقه پر ترافیک	۲۷۹۰۶۱	۳۴۶۷۳۴۷
S_{13}	پارک پاداد شهر	پارک	۲۷۹۹۹۵	۳۴۶۶۳۳۱
S_{14}	کارخانه صنایع فولاد اهواز	منطقه صنعتی	۲۸۴۶۱۶	۳۴۶۹۵۵۲
S_{15}	شرکت لوله سازی اهواز	منطقه شیمیایی	۲۸۱۶۱۴	۳۴۶۶۲۸۰

آماده سازی نمونه ها

نمونه ها در آزمایشگاه توسط دمای اتاق کاملا" خشک و سپس به وسیله مش ، ۲۰۰ الک شدند. معادل ۱۰ گرم وزن خشک از هر نمونه جدا و در دستگاه سوکسله که برای استخراج مواد آلی از آن استفاده می شود، قرار داده شد(۱۲). در دستگاه سوکسله ۲۰۰ میلی لیتر دی کلرومتان، ۲ گرم مس فعال شده به ارلن اضافه شد. مس فعال شده برای گوگرد زدایی از نمونه ها استفاده می شود. نمونه ها حدود ۶ تا ۹ ساعت در دستگاه سوکسله با درجه حرارت ۵۳ درجه سانتیگراد

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

قرار داده شد. بعد از گذشت مدت زمان تعیین شده(۶ تا ۹ ساعت)، عصاره های ایجاد شده توسط تبخیر کننده دوار (دستگاه روتاری) تغلیظ شدند. نمونه های تغلیظ شده به ستون سیلیکاژل که برای جداسازی انواع مواد آلی استفاده می شود، اضافه شدند. در مرحله اول، ۱۵میلی لیتر n هگزان به ستون اضافه شد. در این مرحله بعد از اضافه کردن n هگزان، هیدروکربن‌های آلیفاتیک جدا می شوند. بخش دوم حاوی PAHs است که توسط ۷۰ میلی لیتر مخلوطی از دی کلرومتان و n هگزان (40:60, v/v) از ترکیب جدا شدند. در ادامه از دستگاه تبخیر کننده دوار و گاز بی اثر نیتروژن برای کاهش حجم نمونه ها تا ۱میلی لیتر استفاده شد(۱). تمامی نمونه های استخراج شده به کمک دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف سنج جرمی (GC-MS) در آزمایشگاه جامع تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز آنالیز شدند.

برای شناسایی منابع PAHs در نمونه های گرد و غبار خیابان از نسبت های مولکولی (Ant/(Ant+Phe ، (BaA/(BaA+Chr ، (IND/(IND+BGP استفاده شد. در این مطالعه نیز برای تشخیص منابع پیروژنیک و پتروژنیک PAH های گرد و غبار خیابانی شهر اهواز استفاده شد. نسبت (Ant/(Ant + Phe اگر کمتر از ۰/۱ باشد نشان دهنده ی منابع نفتی است در حالی که این نسبت بیش از ۰/۱ بر منابع احتراق سوخت های فسیلی دلالت می کند. (BaA/(BaA + Chr کمتر از ۰/۲ منابع نفتی و پتروژنیک را نشان می دهد. وقتی که (BaA/(BaA + Chr بین ۰/۲ تا ۰/۳۵ باشد و(IND/(IND+BGP بین ۰/۲ تا ۰/۵ باشد، منابع احتراق نفت که شامل سوخت های فسیلی مایع، وسایل نقلیه و احتراق نفت خام است، را نشان می‌دهد (۱۳). از سوی دیگر وقتی که این دو نسبت بیش از ۰/۵ باشد مشخص کننده‌ی احتراق زغال سنگ و زیست توده است (۲). همچنین، اگر نسبت LMW/HMW بیش از یک باشد مبین منبع پتروژنیک و در صورتی که مقدار LMW/HMW کمتر از یک باشد نشان دهنده ی منبع پیروژنیک است (۱۴، ۱۵). PAH های تولید شده از منابع احتراق را می توان بوسیله مجموع ترکیبات ویژه احتراق (ΣCOMB) که شامل FL, Pyr BaA, CHR, BkF, BaP, BGP و IND هستند، نشان داد. نسبت ΣCOMB/ΣPAHs برای شناسایی PAH با منشاء احتراق استفاده شد.

آنالیز آماری

در این مطالعه از آنالیز مولفه اصلی(PCA) استفاده گردید. همچنین از آنالیز خوشه ای (CA) برای صحت سنجی منابع شناسایی شده استفاده شد که در نهایت با نتایج PCA مقایسه گردید. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 19 انجام گرفت. برای بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (K-S) استفاده شد. معمولا چنان‌چه سطح معنی داری در این آزمون بیش ۰/۰۵ باشد، می توان داده ها را با اطمینان بالایی نرمال فرض کرد. در این مطالعه با انجام آزمون نرمال بودن، توزیع همه ی ترکیبات PAH نرمال بوده است.

یافته های پژوهش

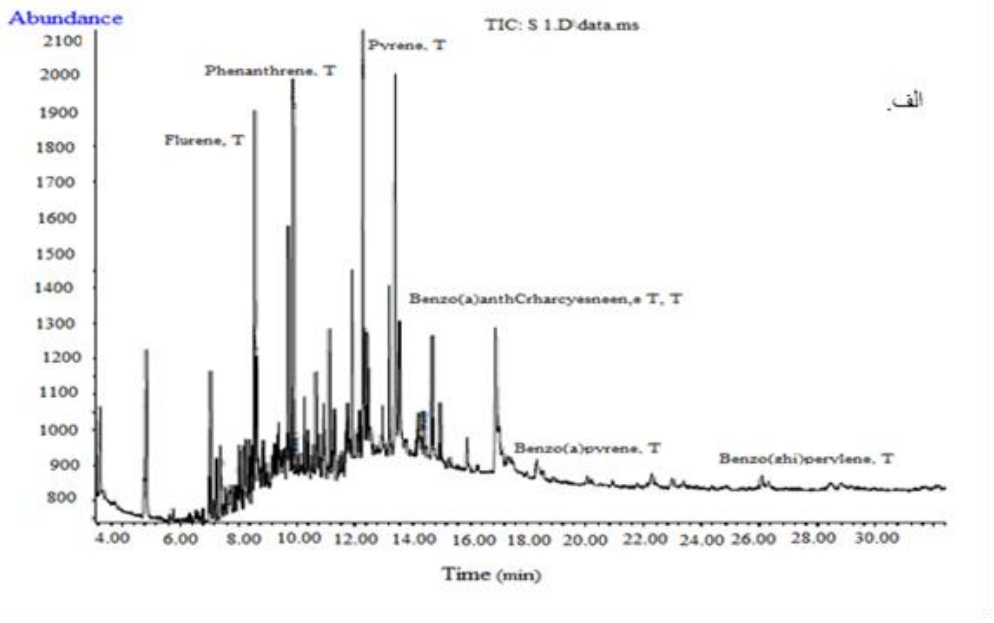
از ۱۶ ترکیب PAH که از سوی آژانس بین اللملی حفاظت محیط زیست (EPA) جز ترکیبات خطرناک سرطان زا معرفی شده‌اند (۱۶)، ۱۳ ترکیب در نمونه های گرد و غبار خیابان اهواز تشخیص داده شد. در جدول شماره ۲ این ۱۶ ترکیب مهم PAH و ترکیبات شناسایی شده در نمونه های گرد و غبار و برخی از خواص آنها آورده شده است. ترکیبات شناسایی شده در گرد و غبار خیابان شهر اهواز با علامت ستاره (*) مشخص شده‌اند. شکل شماره ۲ نیز نمونه ای از کروماتوگرام های بدست آمده را برای بعضی از نمونه های گرد و غبار خیابان در شهر اهواز، نشان می دهد.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

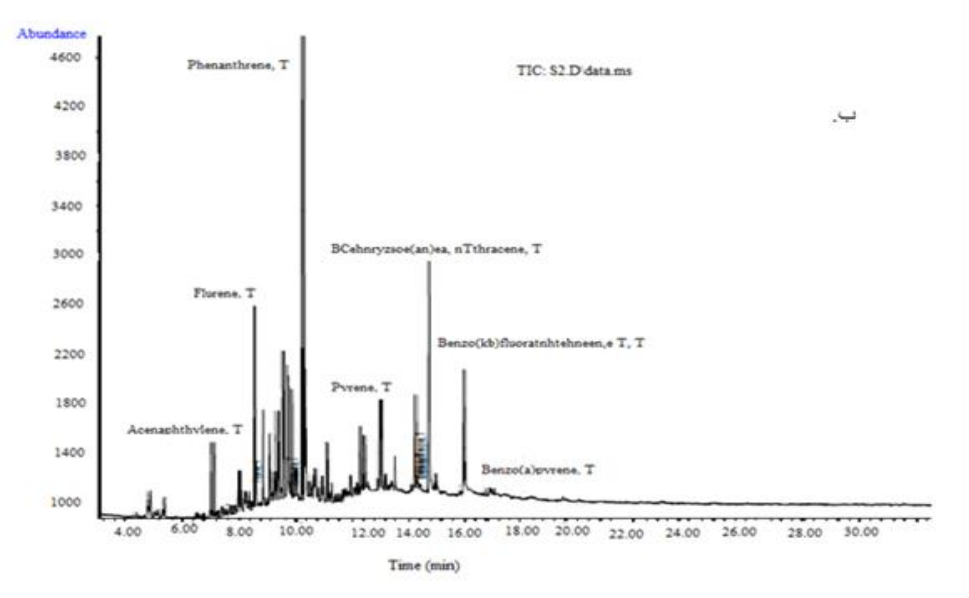
جدول شماره ۲. برخی از خواص ترکیبات PAH شناسایی شده در گرد و غبار خیابان (۶)

نام ترکیب	علامت اختصاری	فرمول شیمیایی	وزن مولکولی(gr/mol)	تعداد حلقه های بنزنی
نفتالن	NA	$C_{10}H_8$	۱۲۸	۲
اسنفتیلن*	ACY	$C_{12}H_8$	۱۵۲	۳
اسنفتن	ACE	$C_{12}H_{10}$	۱۵۴	۳
فلورن*	FLU	$C_{13}H_{10}$	۱۶۶	۳
فنانترن*	PHE	$C_{14}H_{10}$	۱۷۸	۳
آنتراسن*	ANT	$C_{14}H_{10}$	۱۷۸	۳
فلورانتن	FLT	$C_{16}H_{10}$	۲۰۲	۴
پیرن*	PYR	$C_{16}H_{10}$	۲۰۲	۴
بنزو آلفا آنتراسن*	BaA	$C_{18}H_{12}$	۲۲۸	۴
کرایزن*	CRY	$C_{18}H_{12}$	۲۲۸	۴
بنزو بتا فلورانتن*	BbF	$C_{20}H_{12}$	۲۵۲	۵
بنزو آلفا پیرن*	BaP	$C_{20}H_{12}$	۲۵۲	۵
دی بنزو آ اچ آنتراسن*	DBA	$C_{22}H_{14}$	۲۷۸	۵
بنزو جی اچ آی پریلن*	BGP	$C_{22}H_{12}$	۲۷۶	۶
ایندنو ۱، ۲، ۳ سی دی پیرن*	IND	$C_{22}H_{12}$	۲۷۶	۶
بنزو کا فلورانتن*	BkF	$C_{20}H_{12}$	۲۵۲	۵



[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]



شکل شماره ۲. نمونه ای از کروماتوگرام های ترکیبات PAH مربوط به ۲ نمونه مختلف گرد و غبار خیابان شهر اهواز

غلظت ترکیبات PAH شناسایی شده در گرد و غبار خیابان شهر اهواز در جدول شماره ۳ آمده است. مجموع غلظت ترکیبات PAH (ΣPAH)، مقدار غلظت ماکزیمم (max)، مینیمم (min) در هر ایستگاه نمونه برداری نیز بدست آمد. غلظت ترکیبات PAH بدست آمده محدوده ای از ۱۳/۴۱ تا ۱۱۱۲/۸۹ Ppb را نشان می‌دهند. مهم‌ترین نوع PAH، فنانترن ، فلورن ، بنزو بتا فلورانتن ، پیرن و کرایزن می باشد، که بیشترین مقدارشان در ایستگاه S15 با مقدار ۲۵۰۰/۹۳ Ppb و کمترین مقدار آنها در ایستگاه S2 با ۱۴۴/۶۸ Ppb می باشد. غلظت مجموع ترکیبات PAH (ΣPAH) از ۲۷۱/۵۶ تا ۳۲۱۱/۵۸ Ppb می باشد. بالاترین غلظت مجموع نیز مربوط به ایستگاه S_{15} بود. علاوه بر این، مجموع ترکیبات PAH با وزن مولکولی پایین (LMW) و PAHهای با وزن مولکولی بالا (HMW) نیز در این جدول نمایش داده شده است. PAH های با وزن مولکولی پایین، محدوده ای از ۷۸/۷۷ تا ۱۴۰۳/۸۳ Ppb با میانگین ۲۸۳/۳۰ Ppb و PAHهای با وزن مولکولی بالا، محدوده ای از ۱۶۲/۰۲ تا ۱۸۰۷/۷۵ Ppb با میانگین ۶۵۸/۰۱ Ppb داشتند (جدول شماره۳). همان‌طور که در شکل و جدول شماره ۳ دیده می شود، ترکیبات غالب PAH در همه نمونه های گردو غبار، PAH های با وزن مولکولی بالا هستند. با توجه به جدول شماره ۳ در همه‌ی ایستگاه ها مقدار LMW/HMW کمتر از یک است.

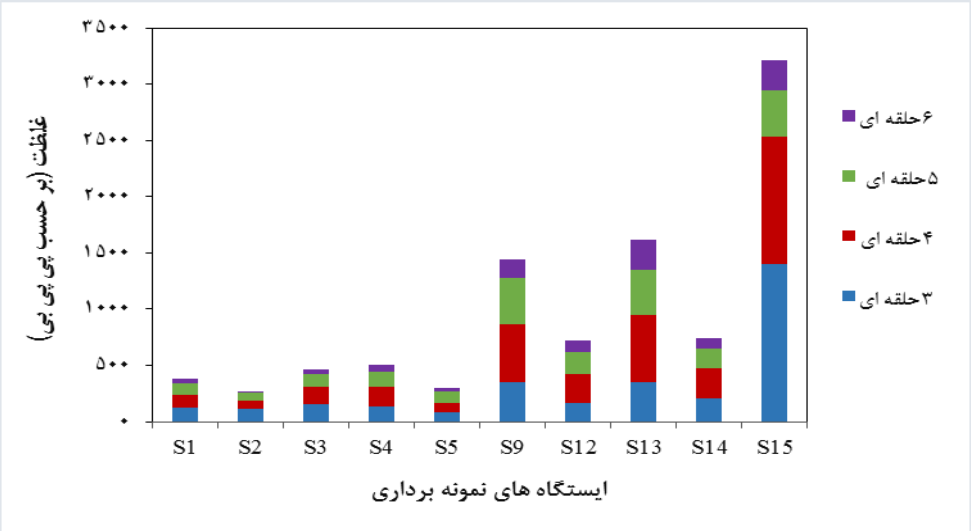
[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

جدول شماره ۳. غلظت بدست آمده برای انواع PAH در گرد و غبار خیابانی شهر اهواز (بر حسب Ppb)

نام ترکیب	ایستگاه	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_9	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
ACY		۱۵/۷۲	۱۵/۸۵	۱۵/۸۱	۱۷/۵۹	۱۳/۴۱	۲۳/۳۷	۱۶/۸۵	۲۳/۸۹	۱۵/۴۱	۲۸/۰۶
FLU		۳۵/۰۲	۲۸/۴۳	۲۸/۷۷	۲۸/۹۹	۲۱/۹۴	۴۴/۵۵	۲۹/۵۴	۴۸/۲۹	۲۸/۱۳	۱۳۶/۲۹
PHE		۵۳/۱۱	۴۴/۹۲	۹۰/۵۳	۶۲/۶۸	۲۷/۱۳	۲۴۴/۷۴	۹۲/۴۴	۲۴۲/۵۸	۱۳۶/۴۷	۱۱۱۲/۸۹
ANT		۱۸/۵۷	۲۰/۴۱	۲۳/۴۲	۲۴/۴۹	۱۶/۲۹	۳۴/۰۷	۲۵/۸۷	۳۷/۲۹	۲۲/۴۳	۱۲۶/۵۹
PYR		۶۸/۸۷	۳۷/۸۷	۷۶/۲۶	۸۸/۲۱	۳۵/۷۱	۲۶۲/۸۰	۱۲۳/۲۹	۳۰۸/۱۰	۱۲۴/۳۵	۸۰۸/۵۴
BaA		۲۰/۹۳	۲۲/۳۶	۲۲	۲۴/۵۷	۱۹/۲۱	۷۷/۸۸	۳۰/۰۷	۵۱/۱۵	۳۴/۶۵	۸۴/۶۷
CRY		۲۶/۹۲	۱۶/۷۳	۵۳/۸۳	۶۱/۶۸	۳۴/۹۹	۱۷۹/۹۹	۱۰۶/۶۳	۲۳۵/۳۴	۱۰۸/۷۰	۲۳۷/۱۵
BbF		۳۰/۰۸	۱۶/۷۳	۳۶/۰۱	۴۲/۴۴	۲۸/۸۹	۱۷۸/۱۸	۶۷/۵۵	۱۵۱/۴۸	۶۲/۴۱	۲۰۶/۰۶
BkF		۳۱/۹۸	۲۹/۹۵	۳۵/۰۵	۳۳/۷۹	۳۱/۸۷	۸۰/۷۵	۴۱/۰۸	۶۰/۹۷	۴۶/۰۱	۶۹/۶۸
BaP		۲۶/۲۴	۲۱/۲۸	۲۴/۵۵	۲۶/۹۲	۲۱/۱۷	۶۹/۴۴	۴۱/۱۳	۷۶/۷۷	۳۳/۳۵	۵۵/۵۷
IND		۱۶/۲۳	N.D	۱۷/۷۶	۲۸/۴۱	۱۵/۰۲	۸۱/۷۰	۴۱/۰۵	۱۰۹/۸۶	۳۵/۴۲	۷۹/۷۲
DBA		N.D*	N.D	N.D	N.D	N.D	۳۲/۸۳	۲۳/۹۹	۳۴/۵۷	۲۴/۳۹	۳۲/۴۲
BGP		۴۰/۲۷	۱۷/۱۰	۴۳/۲۲	۶۱/۱۶	۳۲/۸۶	۱۳۵/۶۳	۷۹/۱۹	۲۳۶/۹۷	۶۵/۶۳	۲۳۳/۹۴
ΣPAH		۳۸۳/۸۹	۲۷۱/۵۶	۴۶۷/۲۱	۵۰۰/۹۳	۲۹۸/۴۹	۱۴۴۵/۹۳	۷۱۸/۶۸	۱۶۱۷/۳	۷۳۷/۳۵	۳۲۱۱/۵۸
max		۶۸/۸۷	۴۴/۹۲	۹۰/۵۳	۸۸/۲۱	۳۵/۷۱	۲۶۲/۸	۱۲۳/۹	۳۰۸/۱	۱۳۶/۴۷	۱۱۱۲/۸۹
Min		۱۵/۷۲	۱۵/۸۵	۱۵/۸۱	۱۷/۵۹	۱۳/۴۱	۲۳/۳۷	۱۶/۸۵	۲۳/۸۹	۱۵/۴۱	۲۸/۰۶
Mean		۳۱/۹۹	۲۴/۶۹	۳۸/۹۳	۴۱/۷۴	۲۴/۸۷	۱۱۱/۲۲	۵۵/۲۸	۱۲۴/۴۰	۵۶/۷۱	۲۴۷/۰۴
ΣLMW**		۱۲۲/۴۲	۱۰۹/۶۱	۱۵۸/۵۳	۱۳۳/۷۵	۷۸/۷۷	۳۴۶/۷۳	۱۶۴/۷	۳۵۲/۰۵	۲۰۲/۴۴	۱۴۰۳/۸۳
ΣHMW***		۲۶۱/۴۷	۱۶۲	۳۰۸/۶۸	۳۶۷/۲	۲۱۹/۷	۱۰۹۹/۲	۵۵۳/۹۸	۱۲۶۵/۲۱	۵۳۴/۹۱	۱۸۰۷/۷۵
LMW/HMW		۰/۴۶	۰/۶۷	۰/۵۱	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۷۷

* N. D: Not detected, ** LMW: Low Mulecular Weight, *** HMW: High Mulecular Weight



شکل شماره ۳. غلظت ترکیبات PAH با تعداد حلقه های مختلف در ایستگاه های نمونه برداری

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

غلظت مجموع ترکیبات PAH (ΣPAH) بر اساس سطح آلودگی می توان به چهار دسته اصلی شامل: غیرآلوده (Ppb ۲۰۰>)، سطح آلودگی پایین (۶۰۰-Ppb۲۰۰)، آلوده (۱۰۰۰-۶۰۰ Ppb) و به شدت آلوده (Ppb۱۰۰۰>) تقسیم بندی کرد(۱۷). طبق این تقسیم بندی تمام ایستگاه‌های نمونه برداری شهر اهواز از نظر مجموع ترکیبات PAH سطوح مختلف آلودگی را دارند. ایستگاه های S_{15} و S_{13} به شدت آلوده، ایستگاه‌های S_{14} و S_{12} جز مناطق آلوده و بقیه‌ی ایستگاه‌ها سطح آلودگی پایین را نشان می‌دهند. (جدول شماره ۴) غلظت میانگین ترکیبات PAH گرد و غبار خیابان شهر اهواز را با گرد و غبار شهر تهران و دیگر شهرهای مهم دنیا نشان می‌دهد. میانگین غلظت ترکیبات PAH در گرد و غبار اهواز خیلی بالاتر از شهر های دیگر نیست، ولی غلظت ترکیباتی مانند اسنفتیلن، فلورن، فنانترن، آنتراسن و پیرن در گرد و غبار خیابانی اهواز بالاتر از شهر های پکن (۱۸)، ژانجیانگ و هیژو (۱۹) در چین است. غلظت همه‌ی ترکیبات PAH آنالیز شده در گرد و غبار اهواز بالاتر از غلظت همان ترکیبات در گرد و غبار تهران است. غلظت ترکیبات بنزو آلفا آنتراسن، کرایزن، بنزو بتا فلورانتن، بنزو آلفا پیرن و دی بنزو آ اچ آنتراسن در شهرهای پکن (۱۸) و ژانجیانگ (۱۹) بالاتر از شهر اهواز می‌باشد.

جدول شماره ۴. میانگین غلظت ترکیبات PAH در گرد و غبار اهواز و دیگر شهرهای انتخاب شده (بر حسب Ppb)

منطقه / نام ترکیب	اهواز[۱]	تهران[۲]	کوماسی[۳]	پکن[۴]	ژانجیانگ[۵]	هیژو[۶]	شانگهای[۷]	غلظت پس زمینه در خاک شهری ایالت متحده امریکا[۸]
Nap	N.D	۰/۰۰۲	۴۱/۷	۰/۰۹۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۲۸	
AcY	۰/۰۱۸	۰/۰۴۸	۹۹/۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۵	ND	
Ace	N.D	۰/۰۴۱	۱۱۱/۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۰	
Flu	۰/۰۴۲	۰/۰۰۸	۸/۹	۰/۰۳۹	۰/۰۱۹	۰/۰۰۲	۰/۰۱۹	
Phe	۰/۲۱	۰/۰۷۰	۱۲/۹	۰/۱۰۹	۰/۰۵۰	۰/۰۱۸	۰/۱۳	
Ant	۰/۰۳۴	۰/۰۰۶	۵/۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۲۸	
Flut	N.D	۰/۰۱۳	۱۶/۲	۰/۱۵۵	۰/۰۶۴	۰/۰۱۸	۰/۲۵۹	۰/۲-۱۶۶
Pyr	۰/۰۱۹۳	۰/۰۲۰	۱۵	۰/۰۹۸	۰/۰۴۴	۰/۰۱۱	۰/۲۲	۰/۱۴۵-۱۴۷
B(a)A	۰/۰۳۸	۰/۰۱۰	۱۳/۸	۰/۰۴۲	۰/۰۶۵	۰/۰۱۱	۰/۱۲۴	۰/۱۶۹-۵۹
Chr	۰/۱۰۶	۰/۰۲۰	۳۳/۶	۰/۱۰۵	۰/۰۲۹	۰/۰۰۶	۰/۱۲۷	۰/۲۵۱-۰/۶۴
B(b)F	۰/۰۸۱	۰/۰۰۴	N.D	۰/۰۸۵	۰/۱۱۵	۰/۰۲۱	۰/۱۷۷	۱۵-۶۲
B(k)F	۰/۰۴۶	۰/۰۰۵	۴۵/۷	۰/۰۳۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۷۲	۰/۳-۲۶
B(a)P	۰/۰۳۹	۰/۰۰۶	۲۷/۹	۰/۰۹۴	۰/۰۵۵	۰/۰۰۵	۰/۱۸۱	۰/۱۶۵-۰/۲۲
DBA	۰/۰۲۹	۰/۰۱۵	N.D	۰/۰۰۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۱	۰/۰۵۹	
BGP	۰/۰۹۴	۰/۰۳۰	۴۷	۰/۰۳۱	۰/۰۶۹	۰/۰۰۷	۰/۱۴۴	۰/۹-۴۷
IND	۰/۰۴۷	۰/۰۲۷	N.D	۰/۰۰۲	۰/۰۵۰	۰/۰۰۷	۰/۱۱۸	۸-۶۱

[۱]این مطالعه ; [۲](۲) ; [۳](۱۲) ; [۴](۱۸) ; [۵،۶](۱۹) ; [۷](۲۰) ; [۸](۲۱)

آنالیز نسبت های PAH

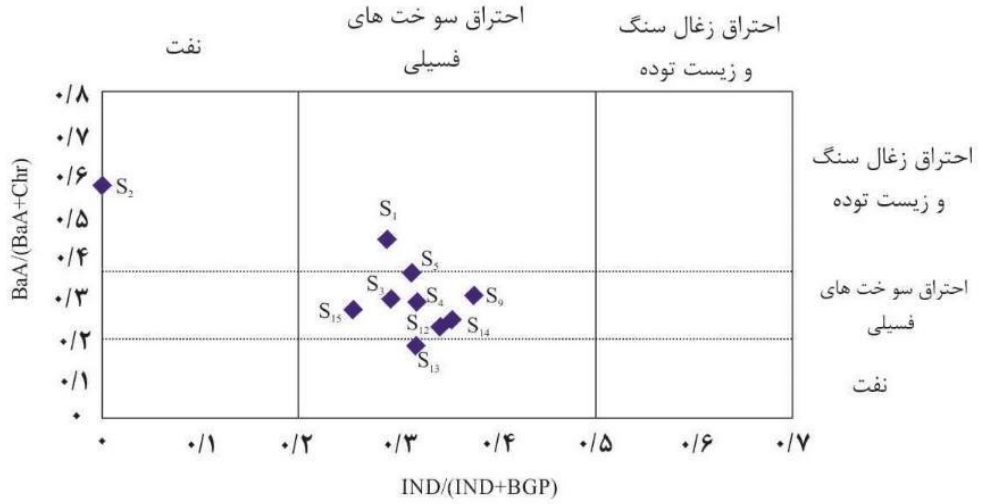
نسبت های PAH به طور گسترده برای پیش بینی منابع PAH استفاده شده اند(۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷). این مطالعات از نسبت هایی مانند BaA/(BaA + Chr)، IND/(IND + BGP)، Flu/(Flu + Pyr)، Phe/Ant، Ant/(Ant + Phe) و BaP/BGP برای تعیین منابع PAH در گرد و غبار استفاده شده است (۲). در این مطالعه از نسبت های IND/(IND + BGP)، BaA/(BaA + Chr)، Ant/(Ant + Phe) در جدول شماره ۵ این نسبت ها برای نمونه های گرد و غبار خیابان شهر اهواز محاسبه شده است. در شکل شماره ۴ نسبت های BaA/(BaA+Chr) به IND/(IND+BGP) برای نمونه های مورد مطالعه آورده شده است. همان‌طور که در شکل شماره ۴ نشان داده شده است، اکثر نمونه های گرد و غبار خیابان اهواز در محدوده‌ی احتراق سوخت های نفتی قرار گرفته‌اند. نسبت ΣCOMB/ΣPAH در نمونه های گرد و غبار خیابانی اهواز محدوده‌ای از ۰/۵۳ تا ۰/۷۱ Ppb داشتند در حالی که ۹۰ درصد نمونه این نسبت بیش از ۰/۶۴ بود.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

جدول شماره ۵. نسبت های PAH نمونه های گرد و غبار خیابانی شهر اهواز (بر حسب Ppb)

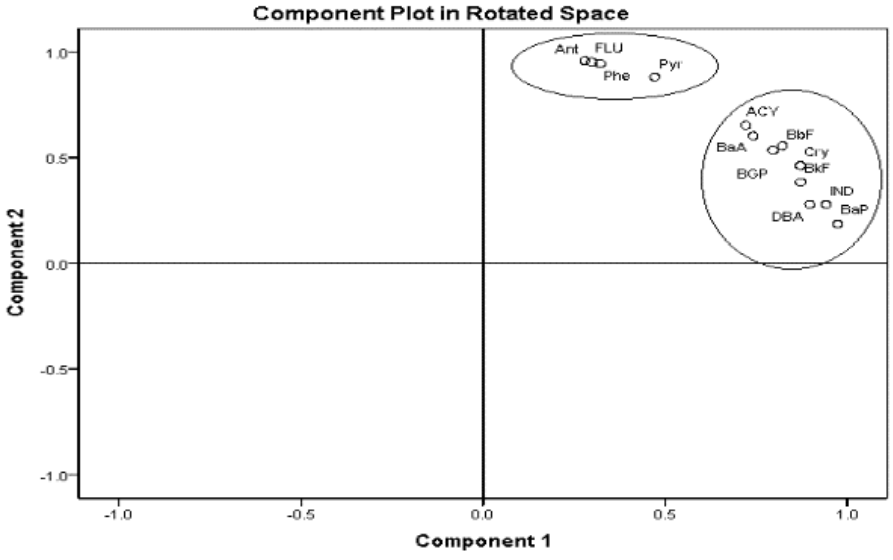
نسبت / ایستگاه	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_9	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
BaA/(BaA+Chr)	۰/۴۳	۰/۵۷	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۶
IND/(IND+BGP)	۰/۲۸	_	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۲۵
Ant/(Ant+ Phe)	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۰
ΣCOMB/ΣPAH	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۷۰	۰/۷۱	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۵۳



شکل شماره ۴. نمودار نسبت های BaA/(BaA + Chr) به IND/(IND+BGP)

آنالیز مولفه اصلی (PCA)

برای ارزیابی یا پی بردن به گروه منابع ترکیبات PAH از میان منابع گوناگون می‌توان از آنالیز مولفه اصلی (PCA) استفاده کرد (۲۸). با انجام PCA مشخص شد که دو عامل ۹۵/۷۷ از واریانس کل را شامل می شود. (شکل شماره ۵) نتایج آنالیز مولفه اصلی(PCA) را نشان می دهد. فاکتور اول ۵۴/۰۶ از کل واریانس را در بر گرفته و شامل B(a)A, ACY DBA, B(a)P, B(k)F, IND, Cry, B(b)F, و BGPمی باشد. فاکتور دوم ۴۱/۷۰ از کل واریانس است که شامل Ant, Phe, FLU و Pyr است.



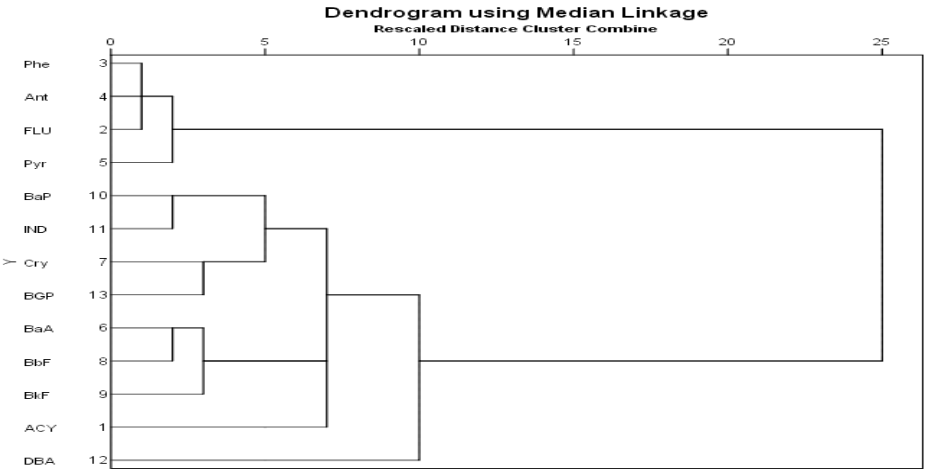
شکل شماره ۵. آنالیز مولفه اصلی(PCA) PAHهای موجود در نمونه های گرد و غبار خیابان شهر اهواز

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

آنالیز خوشه ای(CA)

در این مطالعه همچنین از آنالیز خوشه‌ای (CA) برای شناسایی منابع انتشاری PAH های یافت شده در نمونه ها استفاده شده است. نتایج CA با نتایج PCA برای بدست آوردن اطمینان بیشتری از منابع شناسایی شده نهایی مقایسه شده است. آنالیز خوشه‌ای با استفاده از داده های نرمال و نرم افزار SPSS 19 انجام شد. شکل شماره ۶ نتایج آنالیز PAH شناسایی شده در نمونه های گرد و غبار شهر اهواز را نشان می‌دهد. این شکل نتایج آنالیز تحلیل مولفه اصلی را تایید می‌کند. ۲ شاخه اصلی در فاصله ۲۵ دیده می شود. شاخه‌ی (۱) شامل Phe, Ant, FLU, Pyr می باشد. که از میان آن‌ها Phe با FLU و Ant با Pyr رابطه نزدیک تری دارند. شاخه شماره (۲) شامل ACY ،B(a)A، Cry، B(b)F، B(k)F، IND، B(a)P، DBA و BGP است.



شکل شماره ۶. آنالیز خوشه ای (CA) PAHهای موجود در نمونه های گرد و غبار خیابان اهواز

زمین شیمی پزشکی

در این مطالعه غلظت بنزو آلفا پیرن از محدوده‌ی ۲۱/۱۷ تا ۷۶/۷۷ Ppb می‌باشد. که کمترین میزان آن در منطقه بیمارستانی و بیشترین میزان آن در پارک است. خطر وابسته به ترکیبات PAH سرطان زا در این مطالعه به وسیله فاکتور معادل سمیت (TEF) برای تک تک ترکیبات PAH محاسبه شد. این فاکتور سرطان زایی هر یک از ترکیبات PAH را نسبت به سرطان زایی بنزو آلفا پیرن مقایسه می‌کند. در جدول شماره ۶ هر یک از ترکیبات PAH و قدرت سرطان زایی آنها بر اساس غلظت معادل بنزو آلفا پیرن (BaPeq) ارزیابی شد. با توجه به جدول سرطان زایی ترکیب اسنفتیلن از همه کمتر و بنزو آلفا پیرن بیشتر از بقیه ترکیبات است. فعالیت سرطان زایی کل (TCA) نیز محاسبه شد که برابر ۹۳/۴۸ Ppb می باشد. فعالیت سرطان زایی کل برای همه ایستگاه های نمونه برداری محاسبه شدند. همان‌طور که در شکل شماره ۷ دیده می‌شود، S_2 کمترین میزان TCA را دارد. S_9 و S_{13} و S_{15} بیشترین میزان TCA را داشتند. در این ایستگاه ها میزان غلظت بنزو کا فلورانتن*، بنزو آلفا پیرن و دی بنزو آ اچ آنتراسن که به عنوان سرطان زا، جهش زا یا هر دو شناخته شده‌اند بیشتر از ایستگاه های دیگر است. همان‌طور که در شکل شماره ۷ دیده می‌شود همه ایستگاه ها کمتر از این مقدار مشخص شده را نشان می‌دهند. با توجه به جدول شماره ۶ و مقادیر TEF دیده می‌شود که ترکیبات PAH با تعداد حلقه های ۴، ۵ و ۶ که در حقیقت ترکیبات با وزن مولکولی بالا هستند، بیشترین میزان TEF را دارند. شکل شماره ۸ نیم‌رخ عرضی از مجموع PAH های سرطان زا و غیر سرطان زا را در ایستگاه های نمونه برداری نشان می‌دهد. در تمامی ایستگاه ها PAH های سرطان زا برابر یا کمتر از PAH های غیر سرطان زا هستند.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

ایستگاه S_{15} نسبت به بقیه ایستگاه ها دارای بالاترین میزان PAH های سرطان زا با غلظت Ppb۷۶۵/۲۷ و همچنین بالاترین غلظت مجموع PAHهای سرطان زا و غیر سرطان زا را دارا می‌باشد.



شکل شماره ۷. مقادیر TCA در نمونه های گرد و غبار ایستگاه های نمونه برداری

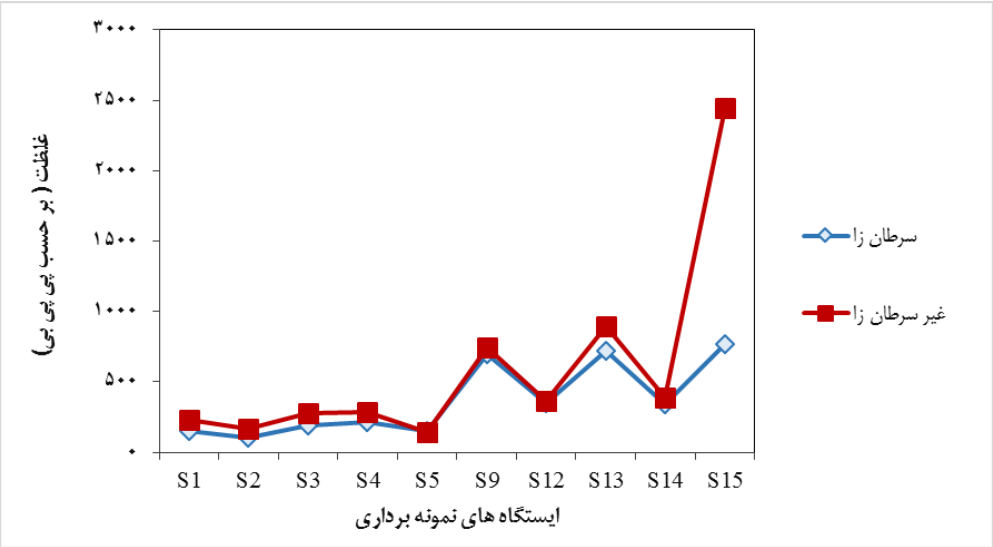
جدول شماره ۶. مقادیر TEF و BaPeq برای ترکیبات PAH در گرد و غبار خیابان شهر اهواز (بر حسب Ppb)

نام ترکیب / شاخص	TEF^a	BaP_{eq}
AcY	۰/۰۰۱	۰/۰۱
Flu	۰/۰۰۱	۰/۰۴
Phe	۰/۰۰۱	۰/۲۱
Ant	۰/۰۱	۰/۳۴
Pyr	۰/۰۰۱	۰/۱۹
B(a)A	۰/۱	۳/۸۷
CRY	۰/۰۱	۱/۰۶
B (b)F	۰/۱	۸/۱۹
B (k)F	۰/۱	۴/۶۱
B (a)P	۱	۳۹/۶۴
IND	۰/۱	۴/۷۲
DBA	۱	۲۹/۶۴
BGP	۰/۰۱	۰/۹۴

[a]TEF values from (۲۹)

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]



شکل ۸. نیمرخ عرضی از مجموع های PAH سرطان زا و غیرسرطان زا

بحث و نتیجه گیری

بررسی آلودگی گرد و غبار خیابان شهر اهواز از نظر ترکیبات PAH نشان داد که از ۱۶ ترکیب مهم تعیین شده توسط EPA، ۱۳ نوع ترکیب PAH در نمونه های مورد مطالعه وجود دارند. میانگین غلظت این ترکیبات به ویژگی های نقاط نمونه برداری مانند ترافیک و نوع صنایع بستگی داشت. ایستگاه S_{15}، در منطقه ای واقع است که شرکت لوله سازی در نزدیکی آن فعالیت دارد و پمپ بنزین یک منطقه صنعتی می باشد و همچنین تردد وسایل نقلیه زیاد می‌باشد. مقدار زیاد این نوع ترکیبات در این ایستگاه به دلیل گسیل و نشت در این مکان و توقف وسایل نقلیه است. ایستگاه S_2 نیز که یک منطقه مسکونی است میزان کمتری از این ترکیبات را نشان می‌دهد. بالاترین غلظت مجموع نیز مربوط به ایستگاه S_{15} بود. غلظت کل وقتی بالا باشد به ویژگی های مکان نمونه برداری مانند نوع صنعت و حجم ترافیک بستگی دارد. نبود نفتالن و اسنفتن که به ترتیب ترکیباتی با ۲ و ۳ حلقه بنزن هستند در همه ی نمونه های گرد و غبار به دلیل فشار بخار مربوط به این ترکیبات و در نتیجه تبخیرشان است. اگر درجه دمای محیط در طی نمونه برداری بالا باشد (بین ۳۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد)، ممکن است این نوع ترکیبات در مرحله‌ی نمونه برداری تبخیر شوند (۳۰). ترکیبات غالب PAH در همه نمونه های گرد و غبار، PAH های با وزن مولکولی بالا هستند. غالب بودن این نوع PAH ها در محیط شهری ممکن است به دلیل پایداری بیشتر این ترکیبات، غالب بودن منابع سوختنی بیش از منابع پتروژنیک، تمایل تجمع PAHهای با وزن مولکولی بالا در مناطق نزدیک منابع انتشار آنها باشد(۲۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳). از منظر شدت آلودگی، میزان بالای آلودگی در ایستگاه های S_{15} و S_{13}به ترتیب بدلیل فعالیت شرکت لوله سازی و کارخانه کربن بلاک می باشد. همچنین S_{14} منطقه ایست که در نزدیکی آن کارخانه صنایع فولاد اهواز قرار دارد و S_{12} در مرکز شهر (خیابان نادری) واقع است که جز مناطق پرترافیک شهر اهواز محسوب می شود. اگر چه فرایندهای نمونه برداری و آنالیز پذیرفته شده‌ی جهانی برای گرد و غبار خیابانی وجود ندارد اما غلظت میانگین آلاینده ها در گرد و غبار خیابان را معمولا با محیط های شهری مختلف مقایسه می کنند (۲). غلظت ترکیبات PAH موجود در گرد و غبار اهواز کمتر از میزان غلظت مشخص شده به عنوان غلظت پس زمینه در خاک شهری ایالت متحده امریکا می باشد. PAHs در اتمسفر در دو فاز ذره‌ای و بخار وجود دارند. ترکیبات سه حلقه‌ای به صورت فاز گازی، پنج و شش حلقه‌ای به طور عمده در فاز ذره‌ای، و ترکیبات با چهار حلقه در دو فاز یافت می‌شوند. بنابراین لازم است در محیط شهری ترکیبات هم در فاز ذره ای و هم فاز گازی محاسبه شوند. نبود ترکیبات بالا در خاک شهری نشان می‌دهد که به دلیل فشار بخار بالا این ترکیبات به

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

آسانی بخار می‌شوند (۱۲). نسبت های مولکولی محاسبه شده برای تعیین منشاء احتمالی PAH در نمونه های گرد و غبار نشان دادند، PAH ها دارای منشاء پیروژنیک و از احتراق ترکیبات نفتی حاصل شده اند. نتایج آنالیزی آماری نیز منشاء احتراق ترکیبات نفتی و ترافیک شهری را تأیید می‌کند. با انجام آنالیز PCA مشخص شد که دو عامل نقش اصلی را در نمونه های گرد و غبار نشان می‌دهند. در فاکتور اول ترکیبات BbF، BGP و IND معرف منابع بنزین به عنوان یک ردیاب برای منابع ترافیک وسایل نقلیه است (۳۵،۳۴). BbF و IND هم‌چنین به مقدار زیادی توسط موتورهای بنزینی آزاد می‌شوند (۳۶، ۳۷، ۳۸). BaA, Chry, BaP, DBA, Ant, BGP نشان دهنده‌ی منبع وسایل نقلیه با سوخت دیزلی هستند (۳۹). بنابراین می‌توان گفت فاکتور اول بیانگر انتشار PAH حاصل از ترافیک وسایل نقلیه است. در فاکتور دوم ترکیبات. ACY، FLU، Phe، Ant عمدتاً منبع زغال سنگی و انتشار محصولات نفتی از وسایل نقلیه را نشان می‌دهند (۱). بنابراین احتراق سوخت های فسیلی و محصولات نفتی و انتشار از وسایل نقلیه و ترافیک مهمترین منبع PAH در اهواز است. به بیان دیگر PAH ها در اکثر ایستگاه های ناحیه شهری اهواز منبع یکسانی دارند. از سوی دیگر می‌توان نتیجه گرفت که انتشار از وسایل نقلیه و صنایع منبع غالب PAH های موجود در گرد و غبار خیابان در شهر اهواز هستند که برای مدیریت بهتر شهری و کاهش ورود آنها به محیط شهری می توان به آن توجه کرد. نتایج آنالیز خوشه‌ای (CA) نیز بیان می‌کند که ترکیبات، شاخه‌ی (۱) که از میان آن‌ها Phe با FLU و Ant با Pyr رابطه نزدیک تری دارند و احتمالاً منابع ورودی این نوع ترکیبات PAH به گرد و غبار خیابان و یا عوامل کنترل کننده آن‌ها یکسان است. این نتایج با نتایج بدست آمده از آنالیز مولفه اصلی(PCA) مطابقت دارد و آن‌ها را تأیید می‌کند. نتایج آنالیز PCA و CA نشان می‌دهند که PAH های با وزن مولکولی پایین در گروه اول و PAH های با وزن مولکولی بالا در گروه دوم قرار گرفته‌اند. این نتایج ممکن است به دلیل اختلاف در تعداد حلقه ها و وزن مولکولی و در نتیجه اختلاف در فشار بخار متفاوت PAH های با وزن مولکولی پایین و بالا باشد، که باعث الگوی جذب و دفع متفاوت هر یک از ترکیبات و قرارگیری آن‌ها در در گروه اصلی شده است.

از دیدگاه زمین پزشکی نیز، از بین ترکیبات PAHs ، بنزو آلفا پیرن (BaP) سرطان زا ترین ترکیب شناخته شده است (۴۰). این ترکیب توسط سازمان جهانی بهداشت به عنوان شاخص خوبی برای سرطان زایی کل PAHs در نظر گرفته شده است(۴۱). علاوه بر این بنزو آلفا پیرن اغلب به عنوان شاخص در معرض قرار گرفتن کل PAHs در محیط زیست استفاده می شود (۴۲). در یک مطالعه‌ای که بر روی حیوانات آزمایشگاهی انجام شده، دیده شده است که حیواناتی که در معرض بنزو آلفا پیرن قرار گرفتند مشکلات تولید مثلی برای آن‌ها بوجود آمده و زایمان سختی داشته‌اند و هم‌چنین مشکلاتی از جمله نارسایی برای جنین اتفاق افتاده است. هم‌چنین باعث سرطان ریه و پوست بر روی حیوانات آزمایشگاهی نیز شده است (۱۲). در این مطالعه غلظت بنزو آلفا پیرن به عنوان عامل اصلی سرطان بررسی شد، بیشترین میزان این ترکیب مربوط به ایستگاه S_{13}، که در اطراف آن جاده اصلی قرار داشت و تردد ماشین های سنگین و خودروها نیز زیاد است. هم‌چنین در بین ایستگاه ها فعالیت سرطان زایی کل در S_2 کمترین میزان را داشت. S_2 ناحیه مسکونی می‌باشد که فعالیت صنعتی در آن ناحیه دیده نمی شود و هم‌چنین میزان ترافیک آن هم نسبت به دیگر مناطق کمتر می‌باشد. S_9 و S_{13} و S_{15} بیشترین میزان TCA را داشتند. در این ایستگاه ها میزان غلظت BkF، BaP و DBA که به عنوان سرطان زا، جهش زا یا هر دو شناخته شده‌اند بیشتر از ایستگاه های دیگر است. S_9 در منطقه صنعتی واقع است که در نزدیکی آن کارخانه کربن بلاک فعالیت دارد. در S_{13} تردد ماشین های سنگین و سبک بالا است. و در نهایت S_{15} همان‌طور که قبلا گفته شد منطقه ای است که شرکت لوله سازی و صنایع نفتی در آن واقع است و تردد وسایل نقلیه نیزدر این ایستگاه بالاست. سطح خاصی برای سرطان زایی گرد و غبار خیابان شهری در نظر گرفته نشده است، ولی کشور کانادا برای حفظ سلامت انسان

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

و بر اساس PAH های سرطان زا سطح ایمنی را برای خاک شهری ۶۰۰BaPeq Ppb در نظر گرفته است(۳۱). اگر چه ترکیبات با وزن مولکولی پایین فعالیت سرطان زایی کمتری برای بشر دارند، ولی ممکن است این ترکیبات در فاز گازی در جو بیشتر باشند و با دیگر آلاینده ها واکنش نشان دهند و ترکیبات با سمیت بیشتر را تشکیل دهند (۶، ۴۳). هم-چنین از PAHs با وزن مولکولی پایین تنها نفتالن به عنوان ماده‌ی شیمیایی سرطان زا شناخته شده است(۲۸). اسنفتن نیز یکی دیگر از ترکیبات PAHs با وزن مولکولی پایین است که می تواند بر روی سلامت انسان تاثیر بگذارد. اگر چه اثر آن از طریق استنشاق بر روی سلامت شناخته نشده است، اما تماس آن با پوست می‌تواند باعث بیماری هایی همانند سرخی یا تاول بر روی پوست شود که حتی ممکن است منجر به لایه برداری پوست شود(۱۲). این ترکیب در نمونه های گرد و غبار خیابان اهواز تشخیص داده نشد. آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) نیز در سال ۲۰۱۱، ۱۶ PAHs را به دو گروه تقسیم کرده است. گروه اول دارای شواهد کافی یا محدودی برای ایجاد سرطان دارند که این ترکیبات عبارتند از: نفتالن، بنزو آلفا آنتراسن، کرایزن، بنزو بتا فلورانتن، بنزو کا فلورانتن، بنزو آلفا پیرن، ایندنو ۱، ۲، ۳ سی دی پیرن و دی بنزو آ اچ آنتراسن. گروه دوم شواهدی برای ایجاد سرطان ندارند و این ترکیبات عبارتند از: اسنفتیلن، اسنفتن، فلورن، فنانترن، آنتراسن، فلورانتن، پیرن و بنزو جی اچ آی پریلن (۴۴). در این مطالعه غلظت مجموع PAH های سرطان زا و غیرسرطان زا نیز با هم مقاسه شدند، که در تمامی ایستگاه ها PAH های سرطان زا برابر یا کمتر از PAH های غیر سرطان زا هستند. ایستگاه S_{15} نسبت به بقیه ایستگاه ها دارای بالاترین میزان PAH های سرطان زا می باشد. براساس نتایج مطالعه‌ی کنونی ، شناسایی دقیق صنایع ایجاد ترکیبات PAH در سطح شهر و انجام اقداماتی همانند قرار گذاشتن فیلترهای مناسب در دودکش ها یا انتقال کارخانه به خارج از محدوده‌ی شهری به منظور کاهش غلظت ترکیبات ،PAH ، برداشت نمونه های بیشتر به منظور پوشش دادن کل سطح شهر و تعیین پراکندگی دقیق ترکیبات PAH در سطح شهر، بررسی نوع و غلظت ترکیبات PAH در فصل زمستان و تعیین رابطه‌ی بین فراوانی این ترکیبات و دمای محیط شهری، اندازه گیری و بررسی ترکیبات PAH در هوا و تعیین رابطه ی بین میزان ترکیبات جوی و ذرات ته نشین شده در گرد و غبار خیابان، پیشنهاد می شود. هم‌چنین به منظور بررسی میزان تاثیر ترکیبات PAH بر روی انسان، در مناطق با آلودگی زیاد این نوع ترکیبات در بافت های انسانی یا خون آن‌ها اندازه‌گیری شود. به خصوص در افرادی که مشکل قلبی عروقی یا سرطانی دارند تا بتوان فهمید که ترکیبات PAH تا چه حد در بروز یا پیشرفت این نوع بیماری ها سهم داشته اند.

References

1.Long Y, Dai T, Wu Q. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in street dust from the chang-Zhu-Tan region hunan and China. Environ Monit Assess 2013; 185:1377-90.

2.Saeedi M, Li L, Salmanzadeh M. Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons pollution and ecological risk assessment in street dust of Tehran. J Hazard Mater 2012; 227:9-17.

3.Krein A, Udelhoven T, Audinot JN, Hissler C, Guignard C, Pfister L, et al. Imaging chemical patches on near surface atmospheric dust particles with NanoSIMS 50 to identify material sources. Water Air Soil Pollut 2008; 8:495-503.

4.Irvine KN, Loganathan BG. Localized enrichment of PCB levels in street dust due to redistribution by wind. Water Air Soil Pollut 1997; 105:603-15.

5.Cao ZG, Yu G, Chen YSh, Cao Q, Fiedler H, Deng Sh, et al. Particle size a missing factor in risk assessment of human exposure to toxic chemicals in settled indoor dust. Environ Int2012;49:24-30.

6.Kamalhassan S, Khoder MI. Gasparticle concentration distribution and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons at a traffic area of Giza Egypt. Environ Monit Assess 2012;184:3593-612.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

7.Kim HS, Weber WJ. Optimizing contaminant desorption and bioavailability in dense slurry systems. 2. PAH bioavailability and rates of degradation. Environ Sci Technol2005;39:2274-9.
8.Boonyatumanond R, Murakami M, Wattayakorn G, Togo A, Takada H. Sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in street dust in a tropical Asian mega city Bangkok Thailand. Sci Total Environ2007; 384:420-32.
9. Jia J, Bi C, Guo X, Wang X, Zhou X, Chen Z. Characteristics, identification, and potential risk of polycyclic aromatic hydrocarbons in road dusts and agricultural soils from industrial sites in Shanghai China. Environ Sci Pollut Res Int2017;24:605-15.
10.Mousavi S, Ebadi M. Review air pollution Ahvaz city in 1989-2008. 1th National Con Environ protec Plan Islam Azad Uni Hamedan Branch 2013.
11.Zarasvandi AR, Rastmanesh F, Pourkaseb H, Azarmi Z. [Impacts of flying dust phenomenon on hevy metal concentration in soils and absorption by selected plant in Ahvaz city]. JAAG2012;2:105-16. (Persian).
12.Essumang DK, Dodoo DK, Obiri S, Oduro AK. Analysis of polycilic aromatic hydrocarbons in street soil dust in Kumasi metropolis of Ghana. Environ Monit Assess 2006;121:401-8.
13.Yu B, Xie XQ, Ma L, Kan H, Zhou Q. Source, distribution, and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban street dust from Tianjin China. Environ Sci Pollut Res2014;21:2817-25.
14.Soclo HH. Biota accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in benin coastal waters. Mar Pollut Bull2008;28:112-27.
15.Magi E. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of Adriatic Sea. Environ Pollut 2002; 119:91-98.
16.Rahmanpoor SH, Ghafourian H, Hashtroudi SM, Rabani M, Mehdinia A, Darvish Bastami K, et al. [the study of polycyclic aromatic hydrocarbons contamination in sediments of Hormoz 21straight Persian Gulf]. JOC 2012;10:37-44. (Persian)
17.Maliszewska-Kordybach B. Polycyclic aromatic hydrocarbons in agricultural soils in Poland: preliminary proposals for criteria to evaluate the level of soil contamination. Appl Geochem1996;11:121-7.
18.Wang C, Li Y, Liu J, Xiang L, Shi J, Yang Z. Characteristics of PAHs adsorbed on street dust and the correlation with specific surface area and TOC. Environ Monit Ass2009; 169:661-70.
19.Ma J, Zhou YZ. Soil pollution by polycyclic aromatic hydrocarbons a comparison of two Chinese cities. J Environ Sci 2011; 23:1-18.
20.Liu Y, Chen L, Zhao JF, Wei YP, Pan ZY, Meng XZ, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the surface soil of Shanghai China concentrations distribution and sources. Org Geochem2010;41:355-62.
21. Mumtaz MM, George JD, Gold KW, Cibulas W, Derosa CT. ATSDR evaluation of health effects of chemicals. IV Polycyclic aromatic hydrocarbons understanding a complex problem. Toxicol Ind Health1996;12:742-971.
22.Yunker MB, Macdonald RW, Vingarzan R, Mitchell RH, Goyette D, Sylvestre S. PAHs in the Fraser river basin a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. Org Geochem 2002; 33:489-515.
23.Ren Y, Zhang Q, Chen J. Distribution and source of polycyclic aromatic hydrocarbons on dust collected in Shanghai, Peoples Republic of China. Bull Environ Cont Toxicol 2006; 76:442-.
24.Luo XJ, Chen SJ, Mai BX, Sheng GY, Fu JM, Zeng EY. Distribution source apportionment and transport of PAHs in sediments from the Pearl River Delta and the northern South China Sea. Arch Environ Cont Toxicol 2008; 55:11-20.
25.Xiang L, Li YX, Yang ZF, Shi NH. Influence of traffic conditions on polycyclic aromatic hydrocarbon abundance in street dust. J Environ Sci Health 2010; 45:339-47.
26.Kose T, YamamotoT, Anegawa A, Mohri S, Ono Y. Source analysis for polycyclic aromatic hydrocarbon in road dust and urban runoff using marker compounds. Desalination2008;226:151-9.
27.Li JH, Dong YH, Cao ZH. Emission factors of PAHs from rice straw bin nine. China Environ Sci 2008; 28:23-6.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

28.Lee BK, Dongtrang TT. Toxicity and source assignment of polycyclic aromatic hydrocarbons in road dust from urban residential and industrial areas in a typical industrial cityin Korea. J Mater Cyc Waste Manag2011;13:34-42.

29.Nisbet C, Lagoy P. Toxic equivalency factors for polycyclic aromatic hydrocarbons. Regul Toxicol Pharmacol 1992; 16:290-300.

30.Nettopereira AD, Muniz FC. Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in street dust of niteroi city RJ Brazil. Bull Environ Cont Toxicol2002;68:831-8.

31.Cachada A, Pato P, Rochasantos T, Ferreira E, Duarte AC. Levels sources and potential human health risks of organic pollutants in urban soils. Sci Total Environ2012;430:184-92.

32.Morillo E, Romero AS, Maqueda C, Madrid L, Ajmonemarsan F, Grcman H, et al. Soil pollution by PAHs in urban soils a comparison of three European cities. J Environ Monit 2007;9:1001-8.

33.Chung MK, Hu R, Cheung KC, Wong MH. Pollutants in hongkong soils polycyclic aromatic hydrocarbons. Chemosphere2007;67:464-73.

34.Guo H, Lee SC, Ho KF, Wang XM, Zou SC. Particle associated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air of Hong Kong. Atmos Environ 2003; 37:5307–5317.

35.Yuan GL, Wu HZ, Fu Sh, Han P, Li J, Lang XX. Persistent organic pollutants in the topsoil of typical urban renewal area in Beijing China Status sources and potential risk. J Geochem Exp2014;138:94-103.

36.Harrison RM, Smith DJT, Luhana L. Source apportionment of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons collected from an urban location in Birmingham UK. Environ Sci Technol1996;30:825-32.

37.Duval MM, Friedlander SK. Source resolution of polycyclic aromatic hydrocarbons in Los Angeles atmosphere application of a chemical species balance method with first order decay. USEPA Rep 1981; 2:161-81.

38.Li CK, Kamens RM. The use of polycyclic aromatic hydrocarbons as source signatures in receptormodeling. Atmos Environ 1993; 27A:523-32.

39.Maselet P, Mouvier G, Nikolaou K. Relative decay index and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons. Atmos Environ 1986; 20:439-46.

40.Wang XL, Tao S, Dawson RW, Xu FL. Characterizing and comparing risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in a Tianjin wastewater irrigated area. Environ Res 2002; 90:201-6.

41. World Health Organization. Polynuclear aromatic hydrocarbons air quality guidelines for Europe. WHO Reg Pub European Ser1987;23:105-17.

42.Lin TC, Chang FH, Hsieh JH, Chao HR, Chao MR. Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons and total suspended particulate in indoor and outdoor atmosphere of a Taiwanese temple. J Hazard Mater 2002;95:1-12.

43.Park JS, Wade TL, Sweet S. Atmospheric distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and deposition to Galveston Bay Texas USA. Atmos Environ 2001;35:3241-9.

44. Pearce N, Blair A, Vineis P, Ahrens W, Andersen A, Anto JM, et al. IARC monographs 40 years of evaluating carcinogenic hazards to humans. Environ Health Perspect2015;123:507-14.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]

Investigation Evaluation and Determination of Possible Source of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Street Dust of Ahvaz City Medical Chemistry Concerning

Zarasvandi A[1], Rastmanesh F[1], Banitamim F[1], Mokhtari B[2], Saed M[1]*

(Received: May 12, 2015 Accepted: November 19, 2016)

Abstract

Introduction: Street dust mainly is influenceed by pollution Polycylic aromatic hydrocarbons (PAH). PAHs are organic compounds which are formed from carbon and hydrogen and two or more benzene rings. Presence of these compounds in the dust of the street, from various sources in the city, like traffic and industry and may also affect human health and the environment. The aim of this study was to evaluate the effect of compounds on human health and the environment.

Materials & methods: In order to assess and determine the possible origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the street dust of Ahvaz city, 10 samples of dust were collected from the city in March 2014. After preparation, the samples were analyzed by GC / MS. To determine the possible source of polycyclic aromatic hydrocarbons, geochemical aromatic ratios, statistical analysis, cluster analysis (CA), and principal components analysis (PCA) were used.

Findings: From 16 PAHs determined by the EPA, 13 PAHs were detected in dust samples. The total concentrations of PAHs were detected between 271.56 to 3211.58 Ppb. The ΣCOMB / ΣPAH was between 0.53 to 0.71 Ppb with 0.66 Ppb average. Ant / (Ant + Phe) was between 0.10 to 0.37 Ppb and BaA / (BaA + Chr) between 0.17 and 0.57 Ppb and IND / (IND + BGP) between 0.28and 0.37Ppb respectively. Probable carcinogenic were calculated by the toxicity equivalent factor (TEF) for PAHs in all sampling stations, it was lower than value of which is determined by Canada to protect human health (600BaPeq Ppb).

Discussion & Conclusions: The results indicate pyrogenic source for PAH of street dust and combustion of fossil fuels. B (a) P is most cancer PAH compound, were detected in all sampling stations with different concentrations. Also, the result indicate that Ahvaz city is intensively affected by the oil and gas upstream and down industries and PAHs can correlate with this industries.

Keywords: Street dust, Ahvaz city, Polycyclic aromatic hydrocarbons, Carcinogenic

1. Dept of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
2. Dept of Chemistry, Faculty of Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
** Correspondin author Email: Zarasvandi_ a@scu.ac.ir*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.29252/sjimu.25.1.121]