ORIGINAL ARTICLE

Source Identification and Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments (Case Study: Pars Special Economic Energy Zone)

Parisa Hoseyn Khezri[1],
Masoud Hatami Manesh[2],
Arash Haghshenas[1],
Mohsen Mirzaei[3],
Mohsen Arbabi[4],
Behzad Mohammadi Bardkashki[5]

[1] MSc in Environment, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Bushehr, Iran
[2] PhD Student in Environment, Department of Environment, Malayer University, Malayer, Iran
[3] PhD Student in Environment, Institute of Grapes and Raisins, Malayer University, Malayer, Iran
[4] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
[5] MSc in Urban Planning, Shiraz Municipality, Shiraz, Iran

(Received July 11, 2017 ; Accepted October 24, 2017)

Abstract

Background and purpose: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) compounds are amongst the most hazardous environmental pollutants due to some features such as chemical stability, low degradation, bioaccumulation, and high toxicity for living organisms. Their resources are found in Persian Gulf beaches, so, this study aimed at investigating the concentration, source identification, and ecological risk of PAH compounds in coastal sediments in Pars Special Economic Energy Zone (PSEEZ), Iran.

Materials and methods: In order to assess the concentration of PAHs, 16 stations along the coast were selected and in each station two samples were collected. After preparation and extraction of samples using Soxhlet, the concentrations of these compounds were determined by HPLC. The toxicity evaluation indicators and diagnostic ratios were used to assess the ecological risk and determining their origin.

Results: Mean concentration of PAHs in sediment was 292.72±54.44 ng/g dry weight. The mean effects range-median quotient of the PAHs (M-ERM-Q, M-PEL-Q), toxic equivalence quotient (TEQ), and mutagenic equivalence quotient (MEQ) showed that current values were less than the permissible limit. Comparison of PAHs concentration with sediment quality standards (NOAA, SQGs, and EPA) showed that the values for all compounds were lower than the standard limits (PEC, TEC, PEL, TEL, ERM). However, among these compounds, the average concentration of Acl was higher than the ERL standard and the concentrations of Acl, Ace, and Phe were higher than the EPA toxicity threshold.

Conclusion: In this study, moderate PHAs pollution was seen in the region. Both petrogenic and fuel sources were found to be involved in introduction of these compounds into coastal sediments depending on the location of the station and its sources of contamination. Also, in terms of ecological risk, these compounds have low risks for living organisms.

Keywords: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Compounds, ecological risk assessment, surface sediment, toxicity, Pars Special Economic Energy Zone

J Mazandaran Univ Med Sci 2018; 28 (160): 56-75 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و هشتم شماره ۱۶۰ اردیبهشت سال ۱۳۹۷ (۷۵-۵۶)

تعیین منشأ و ارزیابی مخاطره اکولوژیکی ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای (PAHs) در رسوبات سطحی: (مطالعه موردی: منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی)

پریسا حسین خضری[۱]
مسعود حاتمی منش[۲]
آرش حق‌شناس[۱]
محسن میرزائی[۳]
محسن اربابی[۴]
بهزاد محمدی برد کشکی[۵]

چکیده

سابقه و هدف: ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای (PAHs) به دلیل خصوصیاتی نظیر ثبات شیمیایی، تجزیه‌پذیری کم، داشتن قدرت تجمع زیستی و سمیت بالا برای موجودات زنده به‌عنوان یکی از آلاینده‌های خطرناک و اولویت‌دار محیط-زیست محسوب می‌شوند. بنابراین با توجه به وجود منابع آن‌ها در سواحل خلیج‌فارس هدف مطالعه حاضر، تعیین منشأ و ارزیابی ریسک اکولوژیکی غلظت ترکیبات PAHs در رسوبات ساحلی منطقه ویژه‌ی اقتصادی- پارس جنوبی است.

مواد و روش‌ها: جهت بررسی غلظت ترکیبات PAHs، ۱۶ ایستگاه در طول سواحل مطالعاتی انتخاب و در هر ایستگاه ۲ نمونه برداشت شد. پس از آماده‌سازی و استخراج نمونه‌ها با روش سوکسله غلظت آن‌ها با استفاده از دستگاه HPLC تعیین، و جهت ارزیابی مخاطره اکولوژیکی و تعیین منشأ آنها از شاخص‌های ارزیابی سمیت و نسبت‌های تشخیصی استفاده شد.

یافته‌ها: متوسط غلظت ترکیبات PAHs در رسوبات سطحی ۵۴/۴۴ ±۲۹۲/۷۲ نانوگرم بر گرم وزن خشک به دست آمد. بررسی شاخص‌های محیط زیستی؛ میانگین دامنه آثار متوسط ترکیبات PAHs (M-ERM-Q و M-PEL-Q)، اکی‌والان سمیت (TEQ) و اکی والان جهش‌زایی (MEQ) نشان داد که مقادیر به‌دست‌آمده، کم‌تر از حد مجاز این شاخص‌هاست. مقایسه غلظت ترکیبات PAHs با استانداردهای کیفیت رسوبNOAA، SQGs، EPA نشان داد، مقادیر به‌دست آمده برای همه ترکیبات از استانداردهای (PEC،TEC، PEL، TEL، ERM) کم‌تر می‌باشد، اما در بین این ترکیبات میانگین غلظت (Acl) نسبت به میزان استاندارد ERL وغلظت Acl ، Ace و Phe نسبت به آستانه سمیت EPA بیش‌تر می‌باشد.

استنتاج: براساس نتایج، وضعیت آلودگی در منطقه برای ترکیبات PAHs، در حد متوسط بوده و هر دو منشا پتروژنیک و سوختی در ورود این ترکیبات به رسوبات ساحلی بسته به موقعیت ایستگاه و منابع آلایندگی آن نقش دارند. همچنین از نظر ریسک اکولوژیکی این ترکیبات خطر کمی برای موجودات زنده دارند.

واژه های کلیدی: ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای (PAHs)، ارزیابی خطر اکولوژیکی، رسوبات سطحی، سمیت، منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی

مقدمه

اصولاً اکوسیستم‌های آبی به‌ویژه نواحی ساحلی به علت تمرکز فعالیت‌های انسانی اعم از گردشگری، حمل‌و نقل، صنعتی، توسعه شهرنشینی، ورود فاضلاب انسانی وفرآیندهای فیزیکی،شیمیایی وبیولوژیکی خاص

مولف مسئول: محسن میرزائی- ملایر: دانشگاه ملایر، پژوهشکده انگور و کشمش E-mail: mohsenmirzayi27@yahoo.com
۱. کارشناس ارشد محیط زیست، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی، پژوهشکده میگوی کشور، ایران
۲. دانشجوی دکتری محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ایران
۳. دانشجوی دکتری محیط زیست، پژوهشکده انگور و کشمش، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۴. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
۵. کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری، شهرداری شیراز، شیراز، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۶/۴/۲۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۶/۵/۲۵ تاریخ تصویب : ۱۳۹۶/۸/۲

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

این نواحی، به‌عنوان یکی از محیط‌های با ریسک اکولوژیکی بالا به‌شمار می‌آیند(۱)، از سویی دیگر در دهه‌های اخیر با افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و رشد صنعت و اقتصاد، میزان تولید ورود آلاینده‌ها به‌ویژه آلاینده‌های آلی پایدار همچون ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای (PAHs[1]) در این محیط‌ها به‌شدت افزایش یافته است(۲). هیدروکربن‌های حلقوی چند هسته‌ای گروهی از ترکیبات هیدروکربن هستند که شامل حلقه‌های آروماتیکی چندهسته‌ای[2] (PACs) آرن‌ها و پلی‌آرن‌ها هستند؛ که حاوی ۲ تا ۸ حلقه آروماتیکی و غیر آروماتیکی می‌باشند(۳). درواقع ترکیبات PAHs، گروهی از آلاینده‌های محیط زیستی هستند که به دلایل مختلف نظیر منشأ طبیعی و انسانی و همچنین کاربرد و استفاده‌های گوناگون، در تمام عرصه‌های محیط‌زیست پراکنده شده‌اند(۵،۴) و به دلیل خواصی همچون سمیت، پایداری بالا، قابلیت تجمع زیستی، سرطان‌زایی، جهش‌زایی(۴-۷). به‌شدت سلامت موجودات زنده بخصوص ایمنی و بهداشت جامعه‌ی انسانی را مورد تهدید قرار داده‌اند(۸). هیدروکربن‌ها ترکیباتی واکنش‌پذیر با مواد آلی هستند که به دلیل خاصیت آب‌گریزی بالا و حلالیت کم در آب به‌محض ورود به محیط آبی، جذب مواد آلی در رسوب می‌شوند(۹). و موجب ایجاد سمیت برای موجودات آبزی بخصوص کف زیان می‌گردند(۷). از جهت دیگر این ترکیبات به دلیل خاصیت چربی‌دوست بودن تمایل زیادی به تجمع پذیری زیستی در موجودات زنده و درنتیجه ایجاد سمیت دارند(۱۰).

ترکیبات PAHs، پس از ورود به اکوسیستم‌های آبی با توجه به میزان ضریب اکتانول به آب خود (ترکیبات PAH با ضریب اکتانول به آب کم مانند نفتالین، دارای حلالیت زیاد و ترکیبات با ضریب اکتانول به آب بالا مانند بنزو آ پایرن خاصیت آب-گریزی دارند) می‌توانند در آب حل شوند و به‌طور مستقیم برای موجودات سمیت ایجاد کنند، یا جذب ذرات معلق آب گردیده و درنهایت در کف دریا رسوب کنند(۱۱). سپس توسط فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی موجود در کف دریا دوباره به ستون آب رهاسازی شوند یا طی فرآیند تغذیه موجودات زنده به‌ویژه کف زیان وارد بدن موجودات زنده و در نتیجه زنجیره غذایی گردند؛ بنابراین رسوبات دریایی به‌عنوان یک مخزن برای آلاینده‌های مختلف به‌ویژه ترکیبات PAHs در نظر گرفته می‌شوند(۱۳،۱۲). به همین جهت انجام تحقیقات گسترده در خصوص توزیع آلاینده‌های محیط زیست نظیر فلزات سنگین و ترکیبات PAHs در اکوسیستم های حساس، تعیین منشأ و ارزیابی ریسک اکولوژیکی آن‌ها به‌منظور شناسایی تهدیدات و خطرات ناشی از آن‌ها برای جوامع زیستی و زندگی انسان‌ها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است(۱۴). ریسک اکولوژیکی به معنی بررسی میزان ترکیبات پلی آروماتیک در رسوبات و اثرات احتمالی منفی بر موجودات درآن اکوسیستم براساس مقایسه با استانداردهای مختلف می‌باشد. به منظور ارزیابی اولیه ریسک اکولوژیکی ترکیبات PAHs بر موجودات دریایی می‌توان از شاخص‌ها و استانداردهای مختلفی نظیر میانگین دامنه آثار متوسط (M-ERM-Q[3]، M-PEL-Q[4]) اکی والان سمیت (TEQ) واکی والان جهش‌زایی (MEQ)، و همچنین از استانداردهای راهنمای کیفیت رسوب آمریکا (NOAA) و راهنمایی کیفیت رسوب (SQGs) استفاده نمود(۱۵). از طرفی اگرچه ترکیبات PAHs دارای دو منشأ طبیعی و انسانی می‌باشند، اما عمده‌ترین راه ورود آن‌ها به محیط زیست از منابع انسانی است. منابع انسانی ورود PAHs به محیط شامل منشأ پتروژنیک (نفتی) و پایروژنیک (سوختی) است(۱۱) که می‌توانند از مسیرهای مختلفی اعم از رسوبات اتمسفری، نشت و

1. Polycyclic aromatic hydrocarbons
2. Polynuclear Aromatic Compounds
3. mean effect range median quotient
4. mean effect range low quotient

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

ریـزش‌هـای نفتـی، حمـل و نقـل دریـایی و ... وارد محیط‌زیست دریایی شوند. در این میان مناطق و سواحل بین جز و مدی به عنوان یک محیطی ترکیبی از خشکی و دریایی میزان زیادی از ترکیبات PAHs را دریافت می‌کنند که این مساله خود موجب افزایش آلـودگی و در نتیجه افزایش ریسک اکولوژیکی این ترکیبات مـی‌گـردد(۱۶) و در نتیجه موجب ایجاد صدمات به موجودات مختلـف و زنجیره غذایی انسان‌ها می‌گردد(۱۷).

در این میان یکی از اکوسیستم‌های مهم جهـان کـه به دلیل شرایط و موقعیت خاص اکولوژیکی، جغرافیایی و اقتصادی به‌شدت تحت تأثیر آلاینده‌های محیط‌زیستی مختلف نظیر ترکیبات PAHs و آلکان‌هـای نرمـال قـرار دارد، سواحل خلیج‌فارس به خصوص منطقه ویژه اقتصـادی پارس جنوبی در سواحل استان بوشهر است، چراکـه مطـابق شواهد موجود در منابع مختلف، اعم از طبیعی و انسانی؛ نظیـر اسـتخراج و استحصـال نفـت خـام و مشـتقات آن، فعالیت‌های کشتیرانی، حمل‌ونقل ترکیبات نفتی، پالایش مواد نفتی و دیگر فعالیت‌هـای بنـدری نقـش بسـزایی در افزایش آلودگی نفتی و ریزش ترکیبات آن بـه ایـن نـواحی دارا می‌باشند(۱۸،۱۹). به علاوه عوامل دیگری نظیر تفریح و تفرج، ورود فاضـلاب شـهری و صـنعتی، وقـایع نـاگوار انسانی مانند جنگ، تصادف کشتی‌ها و ... موجـب گردیـده که در طی چند دهه‌ی اخیـر ایـن منطقـه اسـتراتژیک در معرض خطرات و تهدیدات محیط‌زیستی مختلـف نظیـر آلودگی‌های آلی و معدنی به‌ویژه ترکیبـات PAH قـرار گیـرد(۲۲-۲۰)، به‌طوری‌کـه ایـن مسـائل بررسـی ایـن اکوسیستم با ارزش را در ارتباط با آلاینـده‌های محیطـی از جمله آلودگی‌های نفتی و ترکیبـات خطرنـاک PAHs بیش از پیش نمایان می‌کند(۲۳،۲۴). براین اسـاس باتوجـه به اهمیت محیط‌زیستی ایـن منطقـه محققـان مختلفـی بـه بررسی وضعیت آلایندگی ترکیبات PAHs در بخش‌هـای مختلف این اکوسیستم به ویـژه در رسـوبات سـاحلی آن باتوجه به دریافت منابع آلایندگی از دو محیط خشکی و آبی پرداخته‌اند.

به عنوان نمونه Li و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به ارزیابی غلظت ترکیبات PAHs در رسـوبات سـطحی دریـای Bohai و محـدوده غلظـت ایـن ترکیبـات را ۱۴۹/۴۰ تا ۱۲۱۱/۹۷ نانوگرم برگرم وزن خشک رسوب انـدازه‌گیـری نمودنـد(۲۵). (۲۰۱۶) در مطالعـه‌ای کـه Akhbarizadeh بر روی منشـاء یـابی و ارزیـابی سـمیت ترکیبات PAHs در رسوبات جزیره خـارک انجـام داد، ایـن ترکیبـات را دارای هـر دو منشـاء سـوختی و نفتـی دانست و سمیت این ترکیبات را پایین ارزیابی نمود(۲۱).

Abdollahi و همکاران (۲۰۱۳) که به بررسـی غلظـت و توزیع فضـایی ترکیبـات PAHs در رسـوبات سـطحی بندر امام خمینی در خلیج فارس پرداختند، به این نتیجـه دسـت یافتندکـه دامنـه میـانگین غلظـت آن‌هـا برابـر (۵۱۴۸/۹- ۲۶۳۱/۹) نـانوگرم بـر گـرم وزن خشـک می‌باشد و غلظت مجموع ترکیبـات tPAHs و ترکیبـات با وزن مولکولی بالا(HMW) از استاندارد کیفت رسوب EPL بالاتر می‌باشد، اما غلظت ترکیبـات بـا وزن مولکـولی پایین از این استاندارد کم‌تر بوده اسـت(۲۲). ابراهیمـی و همکاران (۱۳۹۲) که به ارزیابی خطر آلـودگی نفتـی در رسوبات منطقه حرا پرداختند و غلظت ترکیبات PAH را برابر ۱۴۸۰ نانوگرم بر گرم و زن خشک رسوب بدسـت آوردنـد ، بیـان داشـتند کـه غلظـت ایـن ترکیبـات از استاندارد EPA کمتر می‌باشـد(۱۱)، غفـاری و همکـاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای که بر روی کاربرد تـوام ترکیبـات PAHs و آلکان‌هـای نرمـال در تعیـین منشـاء مـواد آلـی رسوبات مانگرویی جزیره قشم پرداختند، بـه ایـن نتیجـه رسیدند استفاده توام از این ترکیبات مـی‌توانـد مـا را در دستیابی به نتایج موفق‌تر و قابل اطمینان‌تری در مطالعات تعیین منشاء ترکیبات آلی یاری کنـد(۲۶). بنـابراین بـا توجـه به مطالب بیان شده بررسی وضعیت آلودگی، منشـأیابی، ارزیابی سمیت و ریسک اکولـوژیکی ایـن ترکیبـات در رسـوبات سـواحل مختلـف خلیج‌فـارس، نظیـر سـواحل منطقـه ویـژه اقتصـادی پـارس جنـوبی و مقایسـه مقـادیر بدست آمده با استانداردهای داخلی و خـارجی همچـون

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

کیفیت رسوب آمریکا (NOAA)، راهنمایی کیفیت رسوب (SQGs)، استانداردهای رسوب EPA و استاندارد رسوب یا خاک‌های ایران از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به همین جهت در مطالعه حاضر غلظت، تعیین منشأ و ارزیابی ریسک اکولوژیکی ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای(PAHs) در رسوبات سطحی سواحل بین جزر و مدی منطقه‌ی ویژه اقتصادی پارس جنوبی در استان بوشهر بررسی شد.

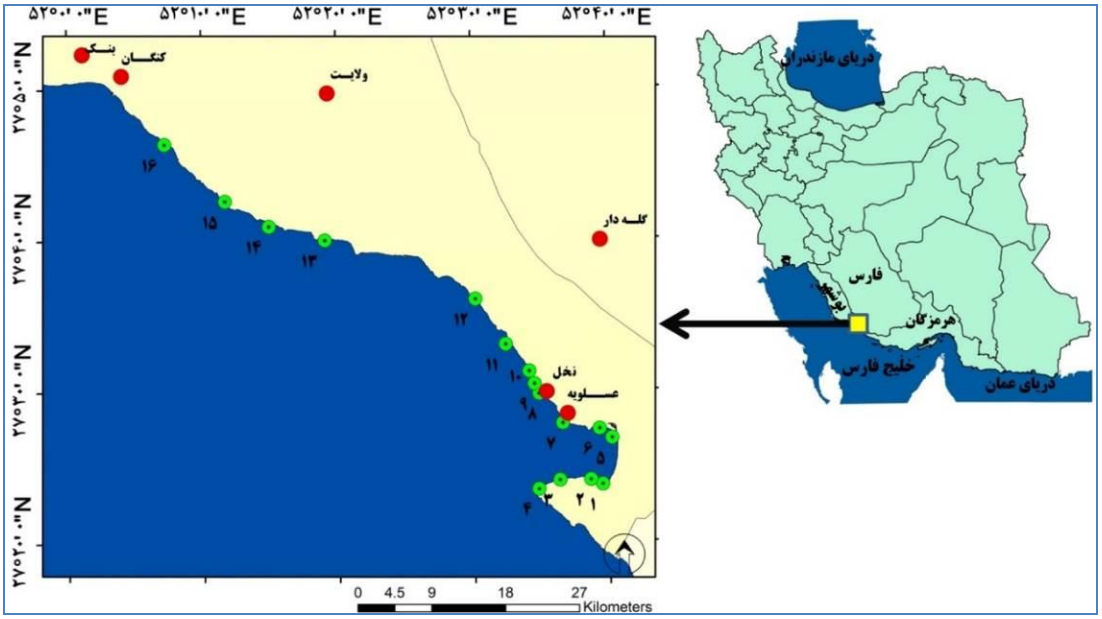
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش منطقه ویژه اقتصادی- انرژی پارس در جنوبِ شرق استان بوشهر می‌باشد. که در مجاورت سواحل خلیج‌فارس واقع‌شده است. این منطقه در محدوده‌ی جغرافیایی طول شرقی ۰۶ °۵۲ تا ۳۴ °۵۲ و عرض شمالی ۲۳ °۲۷ تا ۴۶ °۲۷، از جنوب شرقی استان بوشهر (دماغه نایبند) تا جنوب غرب بندر کنگان (برکه چوپان)، واقع در خلیج‌فارس قرار دارد. این منطقه دارای مجتمع پتروشیمی فراوانی است که محصولاتی نظیر آمونیاک، بنزن، پارازایلین، ارتوزایلین، اتان، بوتان، پنتان و ... را از مواد اولیه‌ای نظیر گاز طبیعی، اتیلن بنزن میعانات گازی و بنزین پیرولیز از مجتمع‌های مختلف پتروشیمی موجود در منطقه تولید می‌کند. این منطقه دارای فازهای پالایشگاهی فراوانی است، این منطقه با ۱۴ هزار هکتار وسعت شامل ۱۶ فاز فرآوری گاز و ۱۵ مجتمع پتروشیمی و نیز صنایع پایین دستی پتروشیمی و صنایع مختلف مرتبط و صنایع نیمه سنگین است که فازهای ۱ تا ۱۰ به بهره‌برداری رسیده است. گاز و میعانات گازی موجود در مخزن پارس جنوبی را به همراه آب شور دریا از طریق خطوط لوله وارد منطقه ویژه‌ی اقتصادی پارس جنوبی (در عسلویه) می‌کنند. تصویر شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

نمونه برداری

جهت اندازه‌گیری و منشأیابی ترکیبات PAHs در سراسر طول سواحل محدوده مورد مطالعه ۱۶ ایستگاه انتخاب و در هر ایستگاه ۲ نمونه در نقاط مختلف به‌طور هم‌زمان از رسوبات سطحی (عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متری) محل نمونه‌برداری برداشت گردید (جدول شماره۱).



تصویر شماره ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

ایستگاه و نمونه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شد که تا حد امکان بتواند وضعیت ورود آلودگی‌های ناشی از ترکیبات PAHs و منابع آن‌ها را به دریا نشان دهد (تصویر شماره ۱)؛ و در نهایت سطوح ترکیبات PAHs در نمونه‌های جمع‌آوری شده از رسوبات کف دریا اندازه‌گیری شد. در کل تعداد ۳۲ نمونه از رسوبات کف دریا در ۱۶ ایستگاه نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار وان‌وین‌گرب ۲۰× ۲۰ سانتی‌متر برداشت شد. این نمونه‌ها در پوش‌برگ، جمع‌آوری و پس از کدگذاری در ظرف یخ قرار داده شدند، بعد از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا انجام آزمایش‌ها نگهداری شدند.

جدول شماره ۱: نام و مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه شده

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	عمق برداشت (متر)
۱	هاله	۵۲ ۳۸/۵۵	۲۷ ۲۴/۳۹۰	۴
۲	دهانه خور بساتین	۳۹/۲۹۰ ۵۲	۲۷ ۲۴/۱۱۰	۳
۳	نای بند	۵۲ ۳۶/۱۶۰	۲۷ ۲۴/۳۴۰	۱/۳
۴	شاهد (فانوس دریایی)	۵۲ ۳۴/۵۸۱	۲۷ ۲۴/۲۸۷	۲
۵	خوربیدخون ۱	۳۹/۴۷۰ ۵۲	۲۷ ۲۷/۱۵۰	۴
۶	خوربیدخون ۲	۵۲ ۴۰/۴۷۰	۲۷ ۲۷/۵۳۰	۳
۷	نخل‌تقی	۵۲ ۳۴/۲۸۵	۲۷ ۲۹/۵۷۱	۲/۵
۸	روبروی آب‌شیرین‌کن هیوندایی	۵۲ ۳۴/۴۷۰	۲۷ ۳۰/۴۸۰	۸
۹	روبروی خروجی فازهای ۱ تا ۳	۳۴/۱۴۰ ۵۲	۲۷ ۳۰/۵۷۴	۱۲
۱۰	روبروی خروجی فازهای ۴ و ۵	۵۲ ۳۹/۹۲۴	۲۷ ۳۱/۸۷۲	۱۸
۱۱	روبروی خروجی آب‌شیرین‌کن پتروشیمی	۵۲ ۳۲/۲۱۳	۲۷ ۳۳/۴۲۶	۱۱
۱۲	شیرینو	۵۲ ۲۹/۵۱۳	۲۷ ۳۶/۵۳۴	۴
۱۳	سیراف	۵۲ ۱۹/۷۹۷	۲۷ ۳۹/۹۰۹	۲
۱۴	فاز ۱۳ (اختر)	۵۲ ۱۵/۱۳۷	۲۷ ۴۰/۹۰۶	۱۰
۱۵	فاز ۱۴	۵۲ ۱۰/۳۵۳	۲۷ ۴۰/۰۶۹	۱۲
۱۶	برکه چوپان	۵۲ ۰۶/۷۴۰	۲۷ ۴۶/۳۶۴	۳/۵

آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها

جهت آماده‌سازی نمونه‌ها، ۲۰ گرم وزن خشک رسوب برداشته و به روش سوکسله توسط حلال‌های دی کلرومتان و هگزان نرمال (به نسبت ۵۰:۵۰) به مدت ۸ ساعت استخراج شدند. پس از استخراج مواد آلی به‌منظور کنترل کیفیت روش، ۵۰ میکرولیتر ساروگیت که شامل ترکیبات دوتریت شده PAHs بودند به هر یک از نمونه‌ها اضافه شد. در مرحله بعد به‌منظور حذف گوگرد از نمونه‌ها، قطعات مس فعال‌شده با اسید هیدروکلریک به بالن ژوژه‌های حاوی نمونه‌های استخراج شده اضافه گردید و به مدت ۱۲ ساعت نگه‌داری شدند. پس از عملیات گوگردزدایی، حجم نمونه‌های استخراجی توسط دستگاه تبخیرکننده دوار[1] تا ۱۵ میلی‌لیتر کاهش و سپس این محلول دوباره توسط جریان نیتروژن تا حجم ۱ تا ۲ میلی‌لیتر کاهش داده شد . سپس نمونه‌ها وارد ستون کروماتوگرافی مرحله اول شدند که در این مرحله از سیلیکا ژل ۵ درصد غیر فعال‌شده به‌عنوان فاز ساکن و ۲۰ میلی‌لیتر مخلوط هگزان بی دی کلرومتان به نسبت حجمی سه‌به‌یک به‌عنوان فاز متحرک استفاده گردید. پس از خارج نمودن نمونه‌ها از ستون اول، دوباره توسط دستگاه تبخیرکننده دوار و جریان نیتروژن حلال پرانی شدند و حجم آن‌ها به حدود یک میلی‌لیتر کاهش داده شد، سپس نمونه‌ها وارد کروماتوگرافی ستونی مرحله دوم شدند. در این مرحله از سیلیکا ژل فعال‌شده به‌عنوان فاز ساکن و ۳۰ میلی‌لیتر مخلوط هگزان و دی کلرومتان به نسبت حجمی (۱۰:۹۰) به‌عنوان فاز متحرک استفاده گردید. پس از استخراج نمونه‌ها از ستون مرحله دوم دوباره کاهش حجم داده شدند و به ویال منتقل شدند(۲۷،۹). درنهایت پس از استخراج، ۵۰ میکرو لیتر استاندارد داخلی به هرکدام از نمونه‌ها اضافه گردید، سپس نمونه‌های استخراج‌شده، پس از رسم منحنی کالیبراسیون توسط استانداردهای ۱۶ گانه EPA به‌وسیله دستگاه HPLC آنالیز گردیدند.

ارزیابی ریسک اکولوژیکی و میزان سمیت آلاینده‌ها

اصولاً جهت تعیین رابطه بین میزان غلظت ترکیبات PAHs در رسوبات و اثرات سمی یا ناسازگار آن‌ها بر روی موجودات زنده می‌توان از استانداردهای مختلفی نظیر راهنمای کیفیت رسوب آمریکا(NOAA[2]) و راهنمای کیفیت رسوب (SQGs[3]) استفاده نمود (جدول شماره ۲).

1. Rotary evaporator
2. National Oceanic and Atmospheric Administration
3. Sediment Quality Guidelines

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

در استاندارد NOAA دو خطر برای ارزیابی آلاینده‌های آلی و معدنی نظیر ترکیبات PAHs در رسوبات بیان‌شده است که به‌صورت ERL (Effect Range Low)، حدی که کم‌تر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیکی درخطرند و ERM(Effect Range Medium)، حدی که کم‌تر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیکی درخطرند ارائه‌شده است. استاندارد کیفیت رسوب (SQGs) با دو شاخص TEC (Threshold effect concentration) و PEC (Probable Effect Concentration) که به ترتیب نشان‌دهنده آستانه تأثیر غلظت، غلظت تأثیر می‌باشند، نشان داده می‌شوند. در استاندارد کیفیت رسوب کانادا دو سطح LEL (Lowest Effect Level) مشخص‌کننده سطحی از آلودگی است که برای عمده جانوران کف‌زی قابل تحمل بوده و اثر خاصی در جوامع بیولوژیک مشاهده نمی‌شود و SEL (Sever Effect Level) نشان‌دهنده آلودگی شدید است که سلامت موجودات بنتیک را به خطر می‌اندازد و اگر آلودگی از این حد بالاتر باشد باید آزمایش‌های دقیق سمیت رسوب انجام گردد(۲۸). هنگامی که میزان غلظت ترکیبات پایین‌تر از ERL، TEL و TEC باشد تأثیرات ناسازگار بر روی موجودات زنده مشاهده نمی‌شود. در مقابل مقادیر PEL، ERM و PEC نشان‌هنده غلظت بالای ترکیبات بوده و احتمال تأثیرات ناسازگار بر روی موجودات زنده متحمل است. همچنین در این مطالعه به‌منظور ارزیابی ریسک اکولوژیکی و میزان سمیت ترکیبات PAHs از شاخص‌هایی نظیر؛ M-ERM-Q ، M-PEL-Q اکی والان سمیت[1] (TEQ) واکی والان جهش‌زایی (MEQ)، استفاده گردید (رابطه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴).

رابطه (۱): $$M-ERM-Q=\frac{\sum(C_i/ERM_i)}{n}$$

رابطه (۲): $$M-PEL-Q=\frac{\sum(C_i/PEL_i)}{n}$$

رابطه (۳): $$TEQ=\sum_{i=1}^{n} Ci\times TEFi$$

رابطه (۴): $$MEQ=\sum_{i=1}^{n} Ci\times MEFi$$

[1] Toxic Equivalence Quotient

در این معادلات Ci غلظت ترکیب i در نمونه‌ی رسوب؛ ERMi و PELi به ترتیب برابر میزان ERM و PEL به ترکیب i و n برابر تعداد آلاینده‌هاست (تعداد ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده)، درصورتی‌که میزان M-ERM-Q ≤۱ و M-PEL-Q ≤۱ باشند نشان‌دهنده عدم تأثیرات بیولوژیکی ناسازگار، ۰/۵≤ M-ERM-Q ≤ ۰/۱۱ و M-PEL-Q ≤ ۱/۵ ۰/۱۱ نشان‌دهنده پتانسیل ایجاد تأثیر نامناسب؛ ۱۰/۵≤ M-ERM-Q ≤ ۰/۵۱ و ۲/۳ ≤ M-PEL-Q ۰/۵۱ تأثیرات متوسط و درصورتی‌که M-ERM-Q ≥۰/۵ و M-PEL-Q ≥ ۱/۵ نشان‌دهنده تأثیرات فراوان و بااهمیت است(۲۴،۲). TEFi و MEFi به ترتیب فاکتورهای اکی والان سمیت و موتاژنیک (جهش‌زایی) برای هرکدام از ترکیبات است. میزان TEFi برای Nap، Ace، Flo، Phe، Chr، Flu ، Acl و Pyr برابر ۰/۰۰۱؛ برای Ant، BghiP، BkF ۰/۰۱؛ برای BaA، BbF، InP برابر ۰/۱ و درنهایت برای BaP و DahA برابر ۱/۰۰ استفاده شد. به علاوه میزان MEF به ترتیب برای BaA، Chr، BbF، BkF، BaP، InP، DbahA و BghiP برابر ۰/۰۸۲، ۰/۰۲، ۰/۲۵، ۰/۱۱، ۱، ۰/۳۱، ۲۹ و ۰/۱۹ محاسبه‌شده است(۲۹،۲۴).

یافته ها

در جدول شماره ۲، میانگین غلظت ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده (برحسب نانوگرم بر گرم وزن خشک رسوب) در ایستگاه‌های مورد مطالعه به طور مفصل نمایش داده شد. شایان ذکر است متوسط غلظت PAHs در رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی ۵۴/۴۴± ۲۹۲/۷۲ نانوگرم بر گرم به دست آمد. همچنین یافته‌های بررسی تغییرات ترکیبات PAHs در ایستگاه‌های مختلف سواحل بین جزو مدی موردمطالعه نشان داد که بیش‌ترین غلظت نفتالین(NaP)، اَسِ-نفتالین (Acl)، اَسِنفتن (Ace)، فلورن (Flo)، پایرن (PY)، بنزو (آ) انتراسن (BaA) و بنزو (k) فلورانتن (BkFA) در ایستگاه شماره نه (روبروی خروجی فازهای ۱ تا ۳)؛ فنانترین

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

(Phe)، کرایـــزن (CHR) و دی‌بنـــزو (a,h) آنتراســـن (DBahA) در ایســتگاه شـماره ده (روبـروی خروجـی فازهای ۴ و ۵)؛ بنزو آ پایرن (BaP) و آنتراسـن (ANT) ایستگاه شماره هشت (روبـروی آب‌شـیرین‌کن هیونـدایی)؛ بنـــزو (g,h,i) پـــریلن (BghiP) و بنـــزو (β) فلـــورانتن (BbFA) ایستگاه شماره ۱۳ (سیراف)؛ و درنهایـت IP و فلئورانتن (Flu) در ایستگاه ۱۲ (شیرینو) بـه‌دسـت آمـد. به‌علاوه یافته‌ها نشان داد که در بین ۱۶ ترکیب اندازه‌گیـری شده بیش‌ترین غلظت مربوط به فنانترین (Phe)، کرایزن (CHR) و بنـزو آ پـایرن(BaP) بـه ترتیـب بـه میـزان ۱۰۵/۶۶، ۳۶/۰۸ و ۳۳/۲۳ نـانوگرم بـر گـرم بـوده اسـت (جدول شماره ۲). همچنین یافته‌های بررسی نسبت بـین ترکیبات هیدروکربن‌های با وزن مولکولی پـایین نسـبت بـه ترکیبـات بـا وزن مولکـولی بـالا نشـان داد کـه در ایستگاه‌های مختلف بـه ترتیـب ایسـتگاه‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۸ میزان این نسبت (LMW/HMW) به‌مراتب بیش‌تـر از یـک بوده و برای سایر ایستگاه‌ها کم‌تر از یک بوده است.

مطابق با نتایج ارائه شده در جدول شماره ۳، مقایسه میـانگین کـل غلظـت ترکیبـات PAH در رسـوبات بـا استانداردهای مختلف کیفیت رسوب نظیر کیفیـت رسـوب آمریکا (NOAA)، راهنمایی کیفیـت رسـوب (SQGs)، استانداردهای رسوبEPA(SEL، ERL، آسـتانه سـمیت ترکیبات PAHs در رسوبات دریـایی) بـه‌منظور ارزیـابی اثرات سمی یا ناسازگار آن‌ها بر روی موجـودات زنـده، نشان داد مقادیر اندازه‌گیری شده برای تمام ترکیبـات از اســـــتانداردهای (TEC،PEC، PEL، TEL، ERM) به‌مراتب کمتر می‌باشند، اما در بین ترکیبات اندازه‌گیری شـده میـانگین کـل اَس-نفتـالین (Acl) (۱/۲۳ ±۸/۴۰)، نسبت به میزان استاندارد ERL (۵/۸۷) بیش‌تر، و غلظـت ترکیبـات Acl، Ace و Phe نسـبت بـه آسـتانه سـمیت ترکیبات PAHs در رسوبات دریایی بیش‌تر بوده اسـت. (جدول شماره ۳). درصورتی‌که مقایسه این اسـتانداردها بـا میـزان ترکیبـات انـدازه‌گیـری شـده در ایسـتگاه‌هـای مختلف نشان می‌دهد که برای برخی از ترکیبـات میـزان به‌دست‌آمده در یک ایسـتگاه بـه‌مراتب بیشـتر از مقـادیر این استانداردها بوده اسـت (جـدول شـماره ۳). بـه‌عنوان مثال میانگین کل غلظت فنـانترن (Phe) برابـر ۶۳/۰۱ بـه دست آمد کـه بـه‌مراتب از تمـام اسـتانداردهای موجـود کم‌تر است، اما مقادیر به‌دسـت‌آمده در ایسـتگاه‌هـای ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ بیشتر از استاندارد ERL (حدی که کم‌تـر از ۱۰ درصـد جوامـع بیولـوژیکی درخطرنـد) بـوده اسـت. همچنین نتایج حاصـل بررسـی غلظـت ایـن ترکیبـات بـا اسـتانداردهای آلاینـدگی خـاک‌هـای ایران(اسـتاندارد سازمان محیط زیست)، استاندارد رسوب هلند، نشان داد که مقادیر به دست آمـده بـه مراتـب بـیش‌تـر از ایـن دو استاندارد می‌باشد(جدول شماره ۳).

نتایج حاصل از بررسی میزان سمیت ترکیبات PAH و ارزیـابی ریسـک اکوبیـوژیکی آن‌هـا بـا اسـتفاده از شاخص‌هایی نظیـر؛ M-ERM-Q، M-PEL-Q. اکـی والان سـمیت (TEQ) و اکـی والان جهـش‌زایـی (MEQ)، در جدول شماره ۴ آورده شده است. همانطور کـه مشـاهده می‌شود میزان مقـادیر بـه دسـت آمـده از ایـن پارامترهـا (M-PEL-Q و M-ERM-Q) کم‌تر از یک است که این مطلـب نشـان از ریسـک اکوبیـوژیکی کـم یـا نـاچیز آلاینده‌های موجود می‌باشد. هچنـین بررسـی رونـد ایـن شاخص‌ها در ایستگاه‌هـای مختلـف نشـان مـی‌دهـد کـه ایسـتگاه‌هـای ۹ و ۱۰ دارای بـیش‌تـرین ریسـک در بـین سایر ایستگاه‌ها هستند.

تعیین منشأ غالب ترکیبات

جهـــت تعیـــین منشـــأ غالـــب ترکیبـــات PAHs در رسـوبات سـاحلی منطقـه از شـاخص‌های ترکیبـی مختلفـــی نظیـــر LMW/HMW (ترکیبـــات بـــا وزن مولکـولی کـم بـه ترکیبـات بـا وزن مولکـولی زیـاد)، (Phenanthrene/Anthracene)، فنـانترین بـه آنتراســن، (Fluoranthene)/FL+Pyrene فلئـورانتن بـه فلئـورانتن به‌اضـــافه پـــایرن)؛ Benzo(a)anthracene/Chrysene (بنزو (آ) انتراسـن بـه کرایـزن)؛ Flu /Pyr (فلـورانتن بـه

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

پایرن) و An /An+Phe استفاده شد که نتایج حاصل از نسبت‌های تشخیصی مورداستفاده به‌منظور تعیین منشأ ترکیبات PAHs در نمونه‌های رسوب مورد بررسی در مطالعه حاضر، در جدول شماره ۵ نشان داده‌شده است.

جدول شماره ۲: میانگین غلظت ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف (نانوگرم بر گرم وزن خشک)

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	میانگین
NaP	۸/۴۱	۷/۹۵	۷/۸۵	۷/۳۵	۸/۷۹	۹/۱۴	۱۰/۳۰	۱۱/۴۱	۱۲/۴۴	۱۲/۰۰	۱۲/۰۲	۱۱/۰۶	۱۰/۰۰	۹/۱۳	۹/۳۴	۸/۴۱	۹/۷۲
Acl	۶/۳۶	۶/۶۴	۷/۱	۶/۶۹	۸/۰۳	۷/۹۴	۹/۲۶	۹/۶۰	۱۰/۱۳	۱۰/۰۰	۱۰/۰۱	۹/۴۶	۸/۸۶	۸/۰۳	۸/۲۸	۸/۰۰	۸/۴
Ace	۳/۹۴	۴/۰۸	۴/۲۲	۳/۲۰	۴/۲۲	۴/۵۴	۵/۰۱	۶/۰۱	۷/۴۳	۶/۹۶	۶/۴۸	۶/۰۶	۵/۵۸	۵/۰۲	۴/۱۸	۳/۹۱	۵/۰۵
Flo	۱۱/۱۳	۱۱/۱۷	۱۲/۱۵	۱۰/۴۳	۱۱/۶۷	۱۲/۰۸	۱۲/۵۴	۱۳/۷۰	۱۳/۸۰	۱۳/۶۳	۱۴/۰۰	۱۳/۵۱	۱۲/۷۱	۱۳/۷۱	۱۲/۲۳	۱۲/۱۳	۱۲/۵۱
Phe	۴۸/۵۲	۴۶/۳۲	۴۴/۶۰	۲۷/۵۷	۴۵/۷۶	۴۱/۱۶	۴۶/۰۸	۹۴/۳۱	۱۰۴/۱۱	۱۰۵/۶۶	۹۸/۸۱	۶۹/۶۵	۶۳/۸۷	۶۰/۸۲	۵۴/۳۷	۵۶/۵۹	۶۳/۰۱
ANT	۷/۰۲	۷/۴۷	۶/۸۴	۵/۲۷	۶/۳۰	۶/۶۵	۷/۳۰	۸/۳۴	۷/۴۶	۷/۸۴	۷/۱۵	۷/۴۶	۸/۲۹	۸/۱۴	۸/۳۲	۹/۰۲	۷/۳۷
Flu	۲۱/۱۷	۲۳/۵۵	۲۲/۱۷	۱۹/۰۷	۱۹/۹۵	۲۳/۵۹	۲۴/۲۳	۲۱/۳	۲۱/۳۴	۲۲/۹۲	۲۲/۳۹	۲۳/۱۶	۲۴/۷۳	۲۵/۵۶	۲۵/۱۴	۲۳/۷۶	۲۲/۷۵
PY	۱۸/۶۳	۲۰/۲۱	۱۷/۷۵	۱۸/۲۴	۱۷/۳۲	۲۰/۶۰	۲۲/۰۰	۲۴/۹۶	۲۶/۱۹	۲۵/۵۹	۲۴/۷۰	۲۱/۳۲	۲۱/۲۴	۱۹/۸۷	۱۷/۷۳	۱۷/۹۱	۲۰/۶۴
BaA	۲۰/۹۷	۲۰/۳۶	۲۰/۹	۱۸/۸۶	۲۰/۱۱	۲۱/۳۳	۲۲/۴۳	۲۵/۱۱	۲۶/۴۸	۲۶/۲۰	۲۵/۱۴	۲۵/۳۶	۲۴/۴۷	۲۴/۰۷	۲۲/۸۵	۲۳/۴۴	۲۲/۹۴
CHR	۲۱/۱۸	۲۱/۱۲	۱۹/۷۶	۱۴/۴۵	۱۹/۹۷	۱۸/۴۰	۲۰/۲۳	۳۲/۱۰	۳۴/۸۹	۳۶/۰۸	۳۳/۹۴	۲۶/۵۱	۲۴/۰۶	۲۴/۰۱	۲۱/۶۳	۲۱/۹۷	۲۴/۴
BbFA	۱۲/۷۹	۱۳/۳۵	۱۳/۶۷	۹/۰۹	۱۰/۶۴	۱۱/۱۶	۱۲/۲۵	۱۲/۸۷	۱۴/۲۰	۱۴/۰۲	۱۴/۳۶	۱۴/۹۹	۱۵/۶۹	۱۴/۷۷	۱۴/۰۴	۱۳/۸۵	۱۳/۲۳
BkFA	۱۶/۲۰	۱۶/۷۵	۱۵/۹۵	۱۳/۳۴	۱۴/۳۹	۱۴/۶۰	۱۷/۳۹	۱۸/۱۶	۱۹/۷۵	۱۸/۸۳	۱۹/۳۹	۱۸/۸۹	۱۶/۷۶	۱۸/۸۸	۱۷/۷۳	۱۶/۹۸	۱۷/۲۲
BaP	۲۶/۴۵	۲۷/۲۵	۲۷/۸۰	۲۱/۹	۲۵/۴۹	۳۱/۹۵	۳۲/۰۵	۳۳/۲۳	۳۰/۲۳	۳۰/۱۰	۳۰/۹۵	۳۰/۷۰	۲۹/۲۹	۲۷/۶۵	۲۷/۰۰	۲۶/۵۷	۲۸/۶۴
DBahA	۸/۱۶	۸/۴۳	۹/۰۸	۷/۸۳	۹/۳۱	۹/۷۶	۱۰/۵۸	۱۱/۷۶	۱۲/۴۳	۱۲/۸۲	۱۲/۳۱	۱۲/۳۷	۱۱/۹۲	۱۱/۵۲	۱۰/۷۰	۱۰/۷۴	۱۰/۶۱
IP	۷/۱۶	۸/۰۱	۷/۲۶	۶/۶۸	۷/۴۴	۷/۲۲	۸/۵۰	۸/۸۴	۹/۰۶	۹/۴۵	۹/۷۳	۱۰/۵۸	۱۰/۱۱	۸/۷۹	۸/۸۸	۹/۱	۸/۵۵
BghiP	۱۶/۷۳	۱۷/۴۴	۱۸/۲۵	۱۲/۷۶	۱۴/۵۹	۱۴/۶	۱۶/۲۸	۱۷/۴	۱۹/۰۵	۱۸/۶۳	۱۹/۹۴	۲۰/۵۲	۲۱/۳۱	۱۹/۷	۱۹/۳۷	۱۷/۷۰	۱۶/۷۰
∑PAH	۲۵۴/۸۱	۲۶۰/۱	۲۵۵/۳۳	۲۰۰/۰۵	۲۴۳/۹۷	۲۵۶/۲۸	۲۷۵/۰۴	۳۴۸/۳۶	۳۶۷/۸۵	۳۷۰/۸۸	۳۶۰/۶۱	۳۲۲/۰۳	۳۰۹/۶۸	۲۹۸/۶۷	۲۷۹/۷۷	۲۸۰/۱	–
LMW/HMW	۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۷۹۹	۰/۷۲۳	۰/۸۸۷	۰/۷۷۷	۰/۸۲	۱/۱۵۵	۱/۲۱۷	۱/۲۱۳	۱/۱۶	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۸۸۸	۰/۸۸	۰/۹۰	–

جدول شماره ۳: مقایسه غلظت ترکیبات PAHs در رسوبات سطحی با استانداردهای کیفیت رسوب (NOAA و SQGs، EPA) حداکثر غلظت مجاز در رسوبات هلند، استاندارد آلایندگی خاک حفاظت محیط زیست ایران(۳۰-۳۲)

ترکیبات	ERL	ERM	TEL	PEL	TEC	PEC	استاندارد خاک ایران	*MPCs (هلند) رسوب	EPA			میانگین کل	انحراف معیار
									**ESL	ERL	Toxicity threshold		
NaP	۱۶۰	۲۱۰۰	۳۴/۵۷	۳۹۱	۱۷۶	۵۶۱	۱/۳	۰/۱۴	۱۷۶	۱۶۰	۱۳	۹/۷۲	۱/۵۹
Acl	۴۴	۶۴۰	۵/۸۷	۱۲۸	-	–	–		۵/۸۷	۴۴	۳	۸/۴	۱/۲۳
Ace	۱۶	۵۰۰	۶/۷۱	۸۸/۹	۶/۷۱	۸۸/۹	۳/۶	–	۶/۷۱	۱۶	۴	۵/۰۵	۱/۱۹
Flo	۱۹	۵۴۰	۲۱/۲	۱۴۴	۷۷/۴	۵۳۶	۲/۲	–	۷۷/۴	۱۹	۱۷	۱۲/۵۱	۱/۰۵
Phe	۲۴۰	۱۵۰۰	۸۶/۷	۵۴۴	۲۰۴	۱۱۷۰	۷/۸	۰/۵۱	۲۰۴	۲۴۰	۲۹	۶۳/۰۱	۲۳/۸۳
ANT	۸۵/۳	۱۱۰۰	۴۶۹	۲۵۴	۵۷/۲	۸۴۵	۲/۲	۰/۱۲	۵۷/۲	۸۵/۳	۲۱	۷/۳۷	۰/۸۶
Flu	۶۰۰	۵۱۰۰	۱۱۲/۸۲	۱۴۹۴	۴۲۳	۲۲۳۰	۲/۲	۰/۵۱	۴۲۳	۶۰۰	۶۹	۲۲/۷۵	۱/۷۸
PY	۶۶۵	۲۵۰۰	۱۵۳	۱۳۹۸	۱۹۵	۱۵۲۰	۱/۲	–	۱۹۵	۶۶۵	۹۰	۲۰/۶۴	۳/۱۴
BaA	۲۶۱	۱۶۰۰	۷۴/۸	۶۹۳	۱۰۸	۱۰۵۰	۱	۰/۳۶	۱۰۸	۲۶۱	۲۱	۲۲/۹۴	۲/۲۱
CHR	۳۸۴	۲۸۰۰	۱۰۸	۸۴۶	۱۶۶	۱۲۹۰	۱	۱۰/۷	۱۶۶	۳۸۴	۳۱	۲۴/۴	۶/۲۷
BbFA	۳۲۰	۱۸۸۰	-	-	–	–	۱	–	–	۳۲۰	۳۳	۱۳/۲۳	۱/۶۸
BkFA	۲۸۰	۱۶۲۰	-	-	۲۴۰	۱۳۲۰۰	۱	۲/۴	۲۴۰	۲۸۰	۲۹	۱۷/۲۲	۱/۶۵
BaP	۴۳۰	۱۶۰۰	۸۸/۸	۷۶۳	۱۵۰	۱۴۵۰	۰/۲	۲/۷	۱۵۰	۴۳۰	۳۳	۲۸/۶۴	۲/۹۵
DBahA	۶۳/۴	۲۶۰	۶/۲۲	۱۳۷	۳۳	۱۳۵	۲/۲	–	۳۳	۶۳/۴	-	۱۰/۶۱	۱/۶۱
IP	-	-	-	-	۲۰۰	۳۲۰۰	۱/۵	–	۲۰۰	-	-	۸/۵۵	۱/۱۲
BghiP	۴۳۰	۱۶۰۰	-	-	۱۷۰	۳۲۰۰	۱	۷/۵	۱۷۰	۴۳۰	-	۱۶/۷۰	۲/۲۲
∑PAH	۳۹۱۲/۲	۲۵۴۳۰	-	–	۱۶۱۰	۲۲۸۰۰	–	–	-	۴۰۲۲	۴۹۳	۲۹۲/۷۲	۵۴/۴۴

جدول شماره ۴: محاسبه ریسک اکولوژیکی ترکیبات PAHs رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی

شماره ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
M-PEL-Q	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۲	۰/۰۳۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۵۸	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۶	۰/۰۵۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶
M-ERM-Q	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴
TEQ	۴۱/۳۴	۴۲/۷۶	۴۳/۴۳	۳۴/۲۵	۳۹/۵۶	۴۶/۴۷	۴۸/۰۷	۵۱/۲۶	۴۸/۶۶	۴۸/۷۳	۴۹/۷۲	۴۹/۸۵	۴۸/۱۸	۴۵/۶۸	۴۳/۱۱	۴۱/۶۴
EMQ	۳۹/۲۴	۴۰/۴	۴۱/۶۱	۳۳/۶۲	۳۹/۱۰	۴۱/۱۸	۴۳/۵۱	۴۶/۹۷	۴۸/۲۱	۴۹/۵۷	۴۷/۸۷	۴۸/۷۶	۴۶/۸۷	۴۴/۵۲	۴۱/۸۷	۴۲/۵۴

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

جدول شماره ۵: نسبت‌های تشخیصی در رسوبات سطحی منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی

ایستگاه	Phe /An	Chr/BaA	Flu/Pyr	Flu/(Flu+Pyr)	BaA /BaA+Chr	An /(An+Ph)	HMW LMW/
منشأ سوختی	۱۰<	۱<	۱>	۰/۵>	۰/۳۵>	۰/۱>	کم
منشأ پتروژنیک	۱۰>	۱>	۱<	۰/۴<	۰/۲<	۰/۱<	زیاد
۱	۶/۹۱	۱/۰۱	۱/۱۴	۰/۵۳	۰/۴۹۸	۰/۱۲۶	۰/۸۴
۲	۶/۲۰	۱/۰۴	۱/۱۷	۰/۵۳۸	۰/۴۹۱	۰/۱۳۹	۰/۷۹
۳	۶/۵۲	۰/۹۵	۱/۲۵	۰/۵۵۵	۰/۵۱۴	۰/۱۳۳	۰/۷۹۹
۴	۵/۲۳	۰/۷۷	۱/۲۳	۰/۵۵۱	۰/۵۶۶	۰/۱۶	۰/۷۲۳
۵	۷/۲۶	۰/۹۹	۱/۱۵	۰/۵۳۵	۰/۵۰۲	۰/۱۲۱	۰/۸۸۷
۶	۶/۱۹	۰/۸۶	۱/۱۵	۰/۵۳۴	۰/۵۳۷	۰/۱۴	۰/۷۷۷
۷	۶/۳۱	۰/۹۰	۱/۱۷	۰/۵۴	۰/۵۲۶	۰/۱۳۷	۰/۸۲
۸	۱۲/۸۵	۱/۲۸	۰/۸۵	۰/۴۶	۰/۴۳۹	۰/۰۷۲	۱/۱۵۵
۹	۱۳/۹۶	۱/۳۷	۰/۸۱	۰/۴۵	۰/۴۲۲	۰/۰۶۷	۱/۲۱۷
۱۰	۱۳/۴۹	۱/۳۸	۰/۹۰	۰/۴۷۳	۰/۴۲۱	۰/۰۶۹	۱/۲۱۳
۱۱	۱۳/۸۳	۱/۳۵	۰/۹۱	۰/۴۷۵	۰/۴۲۶	۰/۰۶۷	۱/۱۶۱
۱۲	۹/۳۴	۱/۰۵	۱/۰۹	۰/۵۲۱	۰/۴۸۹	۰/۰۹۷	۰/۹۶
۱۳	۷/۷۰	۰/۹۸	۱/۱۶	۰/۵۳۸	۰/۵۰۴	۰/۱۱۵	۰/۹۲
۱۴	۷/۴۷	۱/۰۰	۱/۲۹	۰/۵۶۳	۰/۵۰۱	۰/۱۱۸	۰/۸۸۸
۱۵	۶/۵۳	۰/۹۵	۱/۴۲	۰/۵۸۶	۰/۵۱۴	۰/۱۳۳	۰/۸۸
۱۶	۶/۲۷	۰/۹۴	۱/۱۱	۰/۵۷۰	۰/۵۱۶	۰/۱۳۷	۰/۹۰

بحث

ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای (PAHs) از آلاینده‌های سمی و خطرناک هستند که از طریق فرآیندهای طبیعی و منابع انسانی وارد محیط می‌شوند، اما منابع اصلی آن‌ها در محیط‌زیست، منابع انسانی پتروژنیک (نفتی) و یا پایروژنیک (سوختی) است(۱۱) و جذب این آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی و درنتیجه ورود آن‌ها به زنجیره غذایی موجودات زنده به دلیل پتانسیل سرطان‌زایی و جهش‌زایی آن‌ها سبب ایجاد آسیب‌های فراوانی به حیات موجودات زنده می‌گردد. به‌طور کلی یافته‌های بررسی تغییرات ترکیبات PAHs در سواحل بین جزر و مدی منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی نشان داد، میزان و روند تغییرات غلظت ترکیبات PAHs در طول خط ساحلی در ایستگاه‌های مختلف متفاوت است. به‌طوری‌که حداکثر غلظت NaP، Acl، Ace، BaA، Flo، PY، BaA و BkFA در ایستگاه نه؛ Phe، CHR و DBahA در ایستگاه ده؛ BaP و ANT ایستگاه شماره ۸ (روبروی آب‌شیرین‌کن هیوندایی)؛ BghiP و BbFA ایستگاه شماره ۱۳ و درنهایت IP و Flu در ایستگاه ۱۲ به دست آمد. این مطلب احتمالاً می‌تواند ناشی از تغییرات میزان ورود آلاینده‌ها و منشأ متفاوت این ترکیبات در طول نواحی ساحلی مختلف باشد. علاوه بر این می‌توان به جریان‌های آبی خلیج‌فارس که موجب جابجایی آب و حمل ترکیبات آلاینده به نقاط دیگر می‌گردد، نسبت داد(۳۳).

همچنین متوسط غلظت کل ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای (PAHs) در رسوبات سواحل منطقه ویژه پارس جنوبی برابر ۲۹۲/۷۲ نانوگرم بر گرم وزن خشک رسوب بوده است؛ که در مقایسه با غلظت این ترکیبات در مطالعات مشابه صورت گرفته در سواحل مختلف؛ از جمله مطالعه‌ی Cortazar و همکاران ۲۰۰۸؛ به میزان (۱۴۰- ۰/۷ نانوگرم بر گرم)؛ Hong و همکاران (۲۰۱۶) به میزان ۵۰/۵ در فصل خشک؛ Akhbarizadeh و همکاران (۲۰۱۶) ۷۱/۸۷ بیش‌تر بوده است(۳۵،۳۴،۲۱)، در حالی که این میزان از مقادیر کل هیدروکربن‌های حلقوی چند هسته‌ای (PAHs) اندازه‌گیری شده در رسوبات سواحل استان بوشهر توسط Safahieh و همکاران (۲۰۱۱)، ۲۷۶۱/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ Hong و همکاران (۲۰۱۶) در فصل تر به میزان ۹۱۸ کمتر بوده است (جدول شماره ۶)(۳۶،۳۵). همچنین مقادیر غلظت

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

مجموع ترکیبات PAHs به‌دست‌آمده نسبت به مطالعه‌ی عابدی و همکاران (۱۳۹۳) که به سنجش ترکیبات PAHs در رسوبات ساحلی منطقه ویژه اقتصادی پارس شمالی (بوشهر) پرداختند، به‌مراتب بیش‌تر است (جدول شماره ۶) (۳۷). که این موضوع می‌تواند ناشی از تمرکز بیش‌تر فعالیت‌های صنعتی یعنی صنایع پتروشیمی مرتبط با فازهای پارس جنوبی، تردد بیش‌تر قایق‌ها، لنج و شناورهای موجود در محل و همچنین ورود بیش‌تر فاضلاب‌های شهری و صنعتی نواحی ساحلی مورد مطالعه باشد. همچنین روند دامنه تغییرات غلظت مجموع ترکیبات PAHs بین ۲۰۰/۰۵ تا ۳۷۰/۸۸ نانوگرم بر گرم وزن خشک به ترتیب در ایستگاه ۴ و ۱۰ به دست آمد. بالاترین غلظت مجموع ترکیبات PAHs به ترتیب در ایستگاه ۱۰، ۹ و ۱۱ به میزان ۳۷۰/۸۸، ۳۶۷/۸۵ و ۳۶۰/۶۱ نانوگرم بر گرم اندازه‌گیری شد؛ که در نزدیکی محدوده اصلی فعالیت صنعتی مرتبط با فازی فعال پارس جنوبی و تخلیه پساب‌های صنعتی می‌باشند. این نتایج با یافته‌های Akhbarizadeh و همکاران (۲۰۱۶) نیز مطابقت دارد، چراکه نتایج آن‌ها نشان داد، غلظت ترکیبات نفتی در زون‌های صنعتی و محل تخلیه پساب‌های آن‌ها به‌مراتب بیش‌تر از سایر نواحی (ایستگاه‌ها) است(۲۱).

از طرف دیگر نتایج طبقه‌بندی سطح آلودگی ترکیبات PAHs نشان می‌دهد، درصورتی‌که غلظت این ترکیبات کم‌تر از ۱۰۰ میکروگرم برکیلوگرم باشد یعنی آلودگی پایین، اگر بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باشند متوسط، ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ آلودگی بالا و اگر بیش‌تر از ۵۰۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم باشند خیلی بالا می‌باشند(۳۸). بر اساس این طبقه‌بندی رسوبات سواحل محدوده مطالعاتی ازنظر آلایندگی ترکیبات PAHs دارای سطح آلودگی متوسط است. این موضوع می‌تواند در رابطه با حلالیت کم، ویژگی آب‌گریز بودن، تجزیه‌پذیری کم‌ترکیبات PAH باشد که سبب می‌شوند این ترکیبات به‌سرعت جذب رسوبات و ذرات معلق‌گردند(۳۹). Akhbarizadeh و همکاران (۲۰۱۶) میزان آلودگی ترکیبات PAH در جزیره خارک را متوسط برآورد کردند، حداقل و حداکثر به ترتیب برابر ۲/۹۵- ۲۵۳/۳۰ میکروگرم بر کیلوگرم محاسبه گردید(۲۱). از طرف دیگر میزان آلایندگی رسوبات نسبت به مطالعات صورت گرفته در نواحی مختلف در حد متوسط است (جدول شماره ۶).

بررسی نسبت بین ترکیبات هیدروکربن‌های با وزن مولکولی پایین و ترکیبات با وزن مولکولی بالا نشان داد که در ایستگاه‌های مختلف به ترتیب ایستگاه‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۸ میزان این نسبت (LMW/HMW) به‌مراتب بیش‌تر از یک بوده و برای سایر ایستگاه‌ها کمتر از یک بوده است. این مطلب نشان‌دهنده پتروژنیک بودن منشأ ترکیبات نفتی در این ایستگاه‌ها است، اصولاً ایستگاه‌ها

جدول شماره ۶: مقایسه میانگین و محدوده تغییرات غلظت ترکیبات در منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی با مطالعات در سایر نقاط جهان

نام سواحل	محدوده	میانگین	وضعیت آلودگی	منبع
مطالعه حاضر	۲۰۰/۰۵ -۳۷۰/۸۸	۲۹۲/۷۲±۵۴/۴۴	متوسط	مطالعه حاضر
Yangtze –چین	۸۴/۶–۶۲۰	۲۵۹	متوسط	(۴۰)
Bay of Biscay فرانسه	۰/۷ -۱۴۰		متوسط	(۳۴)
خارک	۲/۹۵ -۲۵۳/۳۰	۷۱/۸۷±۷۷/۲۷	کم- متوسط	(۲۰)
چین	۵۰/۵ در فصل خشک ۹۱۸ فصل تر		کم- متوسط	(۳۵)
منطقه ویژه اقتصادی-پارس شمالی (بوشهر)	۳۰/۲-۸۶/۵		کم	(۳۷)
سواحل بوشهر	۳۱/۷-۲۲۷	-	کم تا متوسط	(۲۳)
سواحل بحرین	۱۷۹۳	-	خیلی زیاد	(۴۱)
خلیج Liaodong چین	۱۴۴/۵-۲۹۱/۷		متوسط	(۴۲)
تنگه هرمز- خلیج‌فارس	۷۲-۱۷-۲۷۷/۷۷		کم تا متوسط	(۳۳)
Ovia-Nigeria	۵/۲۵ -۵۷۳/۳۳	۳۴۷/۵۴	کم تا متوسط	(۴۳)
Bering	۳۶/۹۵ -۱۵۰/۲۱			(۱۳)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

۹، ۱۰، ۱۱ و ۸ به دلیل واقع‌شدن در نزدیکی فازهای پالایشگاهی پارس جنوبی و استفاده از نفت و مشتقات آن در محل تحت تأثیر ریزش‌های نفتی قرار دارد. بعلاوه این ایستگاه‌ها حاوی میزان بالاتری از ترکیبات PAHs نسبت به سایر ایستگاه‌ها بوده است (جدول شماره ۲) که نشان می‌دهد ریزش‌های نفتی، رواناب شهری و احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی به‌عنوان منبع اصلی آلودگی در این نواحی است(۴۴). امروزه وسایل نقلیه موتوری به‌عنوان یک منابع بالقوه ترکیبات سرطان‌زایی PAHs ترکیبات با وزن مولکولی بالا مانند BaP، BaA و BbkF به‌ویژه در مناطق شهری هستند که از طریق رواناب‌ها، رسوب ذرات معلق هوا، خروج از اگزوزهای وسایل نقلیه موتوری و ریزش‌های نفتی وارد محیط‌های ساحلی و دریایی می‌شوند(۴۵). به‌طورکلی امروزه تخمین‌زده می‌شود که حدود ۳۶ درصد ترکیبات PAHs اکوسیستم‌های دریایی ناشی از رواناب شهری ورود فاضلاب‌های شهری است؛ که ۷۱ درصد آن‌ها شامل ترکیبات PAH با وزن مولکولی بالا هستند(۴۶،۴۷).

تعیین منشأ

اگرچه ترکیبات PAHs دارای دو منشأ طبیعی و انسانی می‌باشند، اما عمده‌ترین راه ورود آن‌ها به محیط زیست از منابع انسانی است. منابع انسانی ورود PAHs به محیط شامل منشأ پتروژنیک (نفتی) و پایروژنیک (سوختی) است(۱۱). منابع پتروژنیک شامل نفت خام و فرآورده‌های نفتی نظیر، بنزین، سوخت دیزلی، روغن موتور و آسفالت می‌باشد که از طریق ریزش‌های نفتی و عملیات معمولی تانکرها مثل تخلیه آب توازن به‌صورت مستقیم وارد محیط‌های دریایی می‌شوند؛ اما منابع پایروژنیک از سوختن ناقص مواد آلی مثل زغال، نفت و چوب به وجود می‌آیند و از طریق فرآیندهایی مثل بهره‌برداری‌های صنعتی، نیروگاه‌های برق، زباله سوزها، وسایل نقلیه و آتش‌سوزی جنگل‌ها ابتدا به‌صورت گاز یا دوده به اتمسفر وارد می‌شوند و سرانجام از طریق ریزش‌های مستقیم اتمسفری و رواناب‌های سطحی به محیط‌های دریایی راه می‌یابند(۱۱،۱۷). اصولاً به‌منظور شناسایی و تعیین منشأ احتمالی ترکیبات PAHs از نسبت‌های ترکیبی استفاده می‌شود. به‌طوری‌که ترکیبات با وزن مولکولی کم با منشأ پتروژنیک و ترکیبات با وزن مولکولی بالا با منشأ سوختی مرتبط هستند. منابع پتروژنیک همچون نفت خام و محصولات نفتی تصفیه‌شده سبک مملو از ترکیبات PAHs با وزن مولکولی کم هستند و نسبت HMW/LMW بالاتر از ۱ دارند(۴۸)، بنابراین اگر نسبت ترکیبات با وزن مولکولی کم به ترکیبات با وزن مولکولی بالا بیشتر از یک باشد، نشان‌دهنده منشأ، پتروژنیک ترکیبات خواهد بود. لذا یافته‌های بررسی نسبت بین ترکیبات هیدروکربن‌های با وزن مولکولی پایین (۲-۳ حلقه بنزنی) نسبت به ترکیبات با وزن مولکولی بالا (۴-۶ حلقه‌ی بنزنی) نشان داد که در ایستگاه‌های مختلف به ترتیب ایستگاه‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۸ میزان این نسبت (LMW/HMW) به‌مراتب بیش‌تر از یک بوده و برای سایر ایستگاه‌ها کم‌تر از یک بوده است. بر همین اساس می‌توان بیان کرد که منشأ، غالب ترکیبات نفتی در ایستگاه‌ها ۹، ۱۰، ۱۱ و ۸ پتروژنیک بوده است؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که در منطقه مطالعاتی هر دو منشأ پتروژنیک و پایروژنیک بسته به نوع ایستگاه و فعالیت‌های بالا دستی وجود دارد. مهم‌ترین منابع پتروژنیک در این ایستگاه‌ها شامل تمرکز فعالیت‌های صنعتی مرتبط با صنایع پتروشیمی در محدوده اطراف آن‌ها، قایق‌ها و شناورهایی است که از مشتقات نفتی همچون بنزین، گازوئیل به‌عنوان سوخت استفاده می‌نمایند؛ که درنهایت ترکیبات حاصل از احتراق این مشتقات نفتی، منابع پتروژنیک را فراهم می‌سازند. به علاوه از دیگر منابع پتروژنیک ترکیبات PAHs در سواحل این مناطق ته‌نشینی ترکیبات PAHs موجود در اتمسفر که به ذرات معلق متصل هستند و در اثر جریانات جوی می‌توانند در اتمسفر جابه‌جا شوند و در اثر فرآیندهایی مثل بارش، رسوب ذرات معلق هوا و

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

تـه‌نشـینی آن‌هـا وارد آب دریـا و درنهایـت رسـوبات شوند(۳۷)؛ که با توجه به تردد قایق‌ها و لـنج‌هـای متعـدد صیادی و غیر صیادی، شناورهای فـراوان در منطقـه کـه پساب‌های نفتی و روغنـی خـود را وارد دریـا مـی‌کننـد، ریزش‌های نفتی و نشت ترکیبات نفتی از هـر دو منبع قابـل توجه و بااهمیت است. علاوه بر این ازنظر ترمودینامیکی ترکیبـات پایـداری نظیـر، نفتـالین، فلـوران، فنـانترین و کریسین در ترکیبـات PAHs ناشـی از منـابع پتروژنیـک فـراوان بـوده، درحالی‌کـه فلـورانیتن و پـایرن در منشـأ پایروژنیک (سوختی) نسبتاً فراوان می‌باشند.

مطابق شواهد موجود برخی از PAHs در محیط‌هـای طبیعی از نظر ترمودینامیکی و سیر تکـاملی دارای ثبـات قابل قبـولی هسـتند. بـه همـین جهـت اسـتفاده از نسـبت غلظت ایزومرها، روش مناسبی بـرای تعیـین منشـأ غالـب PAHs موجود در رسوبات است(۴۹). بررسی نسبت‌های ترکیبی نشان داد، Phe /An و Plu /Pyr برای ایسـتگاه‌هـای ۸ تا ۱۱ به ترتیب بالاتر از ۱۰ و کـم‌تـر از یـک گـزارش گردید که نشان‌دهنده این واقعیـت اسـت کـه ترکیبـات PAHs در این ایستگاه‌ها دارای منشأ پتروژنیـک و بـرای سایر ایستگاه‌ها منشأ غالب پایروژنیک (سـوختی) اسـت. در واقع این موضوع احتمالاً می‌تواند نشان‌دهنـده‌ی ریـزش ترکیبات نفتـی ناشـی از ورود پسـاب صـنایع پتروشـیمی نزدیـک ایسـتگاه‌هـای ۸ تـا ۱۱ و همچنـین تـردد شـدید قایق‌ها، لنج‌ها، شناورها و درنتیجه تخلیه پساب آن‌هـا بـه این محل باشد. Benc و همکاران (۱۹۹۶) نسبت ترکیبی Flu/Py را در دود موتورهای گازوئیلی برابـر ۱/۲۶(۵۰)، Neff و همکـاران ۲۰۰۰ ایـن نسـبت را در نفـت خـام استرالیا برابر ۰/۷۸، به دست آوردند(۵۱).

نسـبت دیگـری کـه جهـت تعیـین منشـأ ترکیبـات PAHs کاربرد دارد، شاخص Chr/BaA اسـت، چنانچـه ایـن نسـبت کـم‌تـر از یـک باشـد، نشـان‌دهنـده‌ی منشـأ پایروژنیک (سوختی) و درصورتی‌که این نسبت بیش‌تـر از یک باشد، منشـأ غالـب ترکیبـات پتروژنیـک (نفتـی) خواهد بود. بر این اسـاس مـی‌تـوان نتیجـه گرفـت منشـأ غالب ترکیبات PAHs در ایستگاه‌های(۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲) بیش‌تر از یک است که ایـن مطلـب نشـان‌دهنده‌ی منشـأ نفتی ترکیبات PAHs در این ایستگاه‌ها است. بـه عـلاوه برای سایر ایستگاه‌ها این نسبت کمتر از یک بوده اسـت. همچنین An /(An+Ph) برای ایستگاه‌های ۷ تا ۱۲ کمتر از ۰/۱ بود که نشان از منشأ پتروژنیک ترکیبـات در ایـن ایسـتگاه‌هـا اسـت. بـه‌طورکلی در مطالعـات بسـیاری مشخص‌شده که منشأ پتروژنیک ترکیبات PAH درنتیجه ورود نفت خام، نفـت تصفیه‌شـده و فرآورده‌هـای نفتـی احتـراق نیافتـه از طریـق ریـزش مسـتقیم نفـت، تـردد نفت‌کش‌ها و رواناب‌هـای شـهری اسـت(۴۷،۳۳). کـه بـا توجه به وجود صـنایع پتروشـیمی اطـراف ایسـتگاه‌هـای موردنظر و همچنـین تـردد وسـایل نقلیـه فـراوان اعـم از قـایق‌هـا، لـنج‌هـا و... در ایـن محـدوده مـی‌تـوان منشـأ پتروژنیک ترکیبات PAH را به آن‌هـا نسـبت داد. ترکیبـات پتروژنیک از طریق نشت طبیعی نفت، فرسـایش مـوادی مانند زغال‌سنگ، رسوب نفت شیل، نشت نفت و زغـال به آب، تخلیه آب موازنه کشتی‌ها، پساب‌های حاصل از پالایش نفت، جداسازی نفت از آب در سکوهای تولیـد نفـت، موتورهـای بـا سـوخت زغال‌سـنگ، پسـاب‌های حاصـل از طوفـان و بسـیاری از منـابع غیـر کـانونی وارد آب‌های شیرین و آب دریا می‌شوند(۵۱).

Yunker و همکـــاران (۲۰۰۲)، بیـــان داشـــتند در صورتی‌که نسبت Flu/(Flu+Pyr) کـم‌تـر از ۰/۴ باشـد، نشـــان‌دهنده منشـــأ نفتـــی؛ ۰/۴<(Flu/(Flu+Pyr < ۰/۵ نشان‌دهنده منشأ ناشی احتراق سوخت‌های فسـیلی مـایع، نفت خام و فـرآوری نشـده اسـت: Flu/Flu+Pyr > ۰/۵ نشـان از منشـأ سـوزاندن، زغال‌سـنگ گیاهـان علفـی و چـوبی اسـت. مطـابق شـواهد موجـود چنانچـه نسـبت BaA/ (BaA+Chr) کم‌تـر از ۰/۲ باشـد منشـأ ترکیبـات نفتـی، ۰/۳۵ > BaA/ (BaA+Chr) > ۰/۲ نشـان‌دهنـده ترکیب مخلـوط پتروژنیـک و سـوختی؛ چنانچـه نسـبت BaA/ (BaA+Chr) کمتر از ۰/۳۵ باشد، منشأ ترکیبـات سوختن ناقص مواد است(۵۲). در پـژوهش حاضـر دامنـه

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

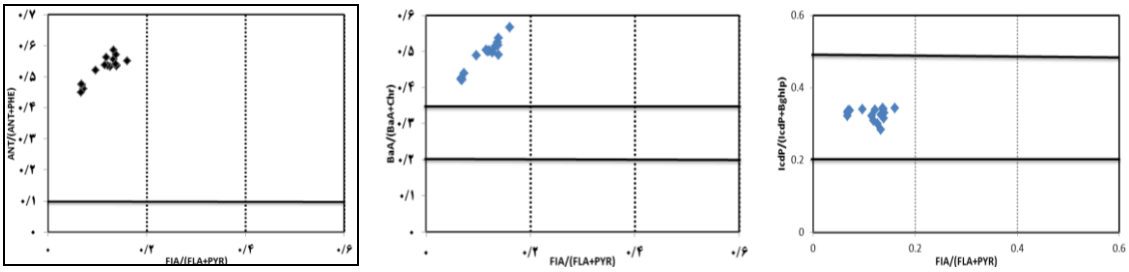
BaA/ (BaA+Chr) بین ۰/۵۶۶– ۰/۴۲۱ بوده که نشان از منبع سوختی ترکیبات است (جدول شماره ۷ و تصویر شماره ۲). تخلیه انواع فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، استقرار صنایع در اطراف سواحل، فعالیت‌های بندری و کشتیرانی، فعالیت‌های استخراج، اکتشاف و پالایش نفت خام در مناطق فراساحلی و تردد قایق‌های صیادی و گردشگری را می‌توان به‌عنوان منابع عمده ورود این گروه از آلاینده‌ها به رسوبات منطقه نسبت داد. بسیاری از فعالیت‌های صنعتی و منطقه‌ای، مانند سوختن جنگل‌ها، از طریق تجزیه شیمیایی بر اثر حرارت به‌عنوان تولیدات ضمنی و سنتز شیمیایی به‌صورت ذرات هوایی تولید PAH وارد محیط می‌شوند سوختن سوخت‌های فسیلی یکی از منابع مهم PAH های پیروژنیک (سوختی) در محیط است. ذرات ریز حاصل از سوختن بنزین و ماشین‌های دیزلی شامل ۱۱ تا ۲۳۲۲ میکروگرم بر گرم ترکیبات ۴ تا ۱ حلقه‌ای می‌باشند(۵۳). تقریباً تمام PAH های حاصل از وسایط نقلیه می‌توانند در یک مسیر ۵۰ متری رسوب نمایند؛ که بیش‌تر PAH رسوب یافته راهی آب دریا می‌شوند و درنهایت جذب رسوبات می‌گردند(۵۴).

ارزیابی ریسک اکولوژیکی

استانداردهای SQGs و NOAA، برای ارزیابی درجه آلودگی و بررسی میزان تأثیر آلاینده‌ها بر روی موجودات زنده مورداستفاده قرار می‌گیرند(۵۴)؛ بنابراین در این مطالعه جهت تعیین رابطه بین میزان ترکیبات PAHs در رسوبات و اثرات سمی یا ناسازگار آن‌ها بر روی موجودات زنده از استاندارد راهنمایی کیفیت رسوب (SQGs[1]) نظیر (TEL، PEL، ERL، ERMs، TEC و PEC) استفاده گردید (جدول شماره ۳). هدف از تعیین استانداردهای کیفیت رسوب، حفاظت از محیط‌های آبی و تعیین سطح سلامت اکوسیستم ازنظر میزان غلظت آلاینده‌ها ازجمله ترکیبات PAHs است(۳۳). هنگامی‌که میزان غلظت ترکیبات پایین‌تر از TEL،ERL و TEC باشد تأثیرات ناسازگار بر روی موجودات زنده مشاهده نمی‌شود. در مقابل مقادیر PEL، ERM و PEC نشان‌دهنده غلظت بالای ترکیبات بوده و احتمال تأثیرات ناسازگار بر روی موجودات زنده متحمل است. به‌طوری کلی نتایج نشان داد، اگرچه میانگین غلظت ترکیبات PAHs

جدول شماره ۷: مقادیر به‌دست‌آمده برای نسبت‌های بکار رفته در تعیین منشأ احتمالی PAHs در رسوبات سطحی

منشأ	نسبت تشخیصی ترکیات PAHs
نفتی	AN/(AN + PHE) < 0.1
سوختن مواد نفتی	AN/(AN + PHE) ≥ 0.1
نفتی	FA/(FA + PY) < 0.4
سوختن نفت	0.4 ≤ FA/(FA + PY) < 0.5
سوختن زغال‌سنگ و گیاهان چوبی و علفی	FA/(FA + PY) ≥ 0.5
نفتی	BaA/(BaA + CHR) < 0.2
شامل دو منبع نفتی و سوختی	0.2 ≤ BaA/(BaA + CHR) < 0.35
سوختی	BaA/(BaA + CHR) ≥ 0.35
نفت	IP/(IP + BghiP) < 0.2
سوختن نفت	0.2 ≤ IP/(IP + BghiP) < 0.5
سوختن زغال‌سنگ گیاهان چوبی و علفی	IP/(IP + BghiP) ≥ 0.5



تصویر شماره ۲: نمودار نسبت‌های تشخیصی ترکیبات PAHs به‌منظور تعیین منشأ آن‌ها در رسوبات سطحی منطقه مورد مطالعه (۴۷).

1. Sediment Quality Guidelines

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

پایین‌تر از مقادیر پیشنهادی SQGs است؛ اما غلظت آن‌ها در برخی از ایستگاه نزدیک یا حتی بیش‌تر از این مقدار است که باتوجه به افزایش فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل دریایی پتانسیل بالقوه آسیب به موجودات دریایی را دارند. این نتایج با یافته‌های Hong و همکاران (۲۰۱۶)، عابدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز مطابقت دارد(۳۷،۳۵). از جهت دیگر احتمالاً علت پایین‌تر بودن مقادیر ∑PAHs و درنتیجه کاهش اثرات آن‌ها نسبت به سایر نقاط جهان را می‌توان به شرایط محیط حاکم بر خلیج‌فارس ازجمله درجه حرارت بالا، عمق نسبتاً کم و امکان نفوذ نور تا بستر در کل خلیج‌فارس و شرایط خوب فتواکسیداسیون و تجزیه زیستی ترکیبات نفتی عنوان نمود(۵۵،۳۷). همچنین یافته‌های حاصل از مقایسه استاندارد آلایندگی خاک‌های ایران و حداکثر غلظت مجاز در رسوبات کشور هلند با میانگین غلظت ترکیبات PAHs اندازه‌گیری شده در رسوبات نشان می‌دهد که میانگین مقادیر به دست آمده برای ترکیبات به مراتب بیش‌تر از این دو استاندارد می‌باشد. همچنین مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده برای ترکیبات مذکور با مقداراستانداردهای آستانه سمیت، ESL و ERL تعیین شده توسط EPA نشان داد، اگرچه میانگین غلظت ترکیبات PAHs پایین‌تر از مقادیر پیشنهادی توسط EPA هستند، اما غلظت ترکیبات Acl، Ace وPhe از استاندارد آستانه سمیت آن‌ها نیز بیش‌تر بوده است، که این موضوع می‌تواند ناشی از حمل و نقل‌های دریایی و ریزش‌های نفتی تازه در منطقه باشد.

همان‌طور که بیان شد، به‌منظور ارزیابی ریسک اکوبیوژیکی و میزان سمیت ترکیبات PAHs از شاخص‌هایی نظیر؛ M-ERM-Q، M-PEL-Q. اکی‌والان سمیت (TEQ) و اکی والان جهش‌زایی (MEQ)، استفاده گردید(جدول شماره ۴). از مهم‌ترین مزایای این روش نسبت به روش‌های قبل، اینست که در روش حاضر راهبردی جهت ارزیابی ریسک مجموع ترکیبات PAH ارائه می‌گردد. به‌عبارت دیگر این روش‌ها مجموع آثار بیولوژیکی ممکن (آثار سینرژیسم) ناشی از حضور هم‌زمان همه ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای(PAHs) را ارزیابی می‌کنند(۲۹). با توجه به این‌که مقادیر M-ERM-Q و M-PEL-Q کمتر از یک است، نشان‌دهنده عدم تأثیرات بیولوژیکی ناسازگار مجموع ترکیبات PAHs در منطقه است. همچنین این نتایج با یافته‌های Akhbarizadeh و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد(۲۱)، بنابراین در حال حاضر به نظر می‌رسد که غلظت ترکیبات PAH در این منطقه تأثیر سویی بر روی موجودات زنده ندارند.

امروزه آلودگی ناشی از آلاینده‌های آلی به‌ویژه ترکیبات PAHs در اکوسیستم‌های آبی و سواحلی به دلیل خواصی همچون سمیت، پتانسیل سرطان‌زایی و جهش‌زایی زیاد، پایداری نسبتاً طولانی، تجمع پذیری بالا در سطوح مختلف زنجیره غذایی یکی از بزرگ‌ترین مشکلات و نگرانی‌ها در سراسر جهان می‌باشد. به همین جهت پایش، بررسی غلظت آن‌ها به‌منظور شناسایی وضعیت محیط‌زیست منطقه، خطرات و درنتیجه جلوگیری از ورود آن‌ها از اهمیت زیادی برخورداراست. به همین جهت در مطالعه حاضر به بررسی توزیع، تعیین منشأ و ارزیابی پتانسیل سمت ترکیبات PAHs در منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی با توجه به وجود منابع عظیم نفتی و صنایع و فعالیت‌های پتروشیمی مرتبط با آن پرداخته شد. به‌طوری‌که یافته‌ها نشان داد متوسط غلظت کل هیدروکربن‌های حلقوی چند هسته‌ای(PAHs) در رسوبات ساحلی منطقه برابر ۲۹۲/۷۲ نانوگرم بر گرم وزن خشک رسوب بوده است که در محدوده غلظت مطالعات مشابه در منطقه و سایر نقاط جهان است و ازاین‌جهت رسوبات منطقه دارای آلودگی متوسطی بودند. همچنین نتایج بررسی تعیین منشأ غالب ترکیبات PHAs با استفاده از نسبت‌های تشخیصی حاکی از آن بود که بسته به نوع و موقعیت قرارگیری ایستگاه ورود آلاینده‌های مختلف به سواحل هر دو منشأ پتروژنیک و پایروژنیک در منطقه موجود

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

است. علاوه بر این ارزیابی ریسک اکوبیوژیکی و میزان سمیت ترکیبات PAHs با استفاده از شاخص‌های؛ M-ERM-Q، M-PEL-Q. اکی والان سمیت (TEQ) و اکی‌والان جهش‌زایی (MEQ) و مقایسه با استانداردهای کیفیت رسوب(NOAA، SQGs، EPA) نشان داد، با توجه مقادیر به‌دست‌آمده، ترکیبات PAHs دارای تأثیرات بیولوژیکی ناسازگار در منطقه نیستند و در حال حاضر به نظر می‌رسد که غلظت ترکیبات PAH در این منطقه تأثیر سویی بر روی موجودات زنده ندارند؛ اما گسترش روزافزون فعالیت‌های گوناگون شهری، صنعتی، تفریحی، شهرنشینی به ویژه فعالیت‌های مرتبط با صنایع پتروشیمی پارس جنوبی پایش مداوم آلاینده‌های نفتی بخصوص ترکیبات PAH را می‌طلبد.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان این مطالعه بر خود لازم می‌دانند از مسئولین محترم منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و همچنین از دست اندرکاران پژوهشکده میگوی کشور به منظور فرآهم‌سازی مقدمات انجام مطالعه و پشتیبانی در روند اجرای آن، تشکر و قدردانی ویژه نمایند.

References

1. Haghshenas A, Hatami-manesh M, Mirzaei M, Mir Sanjari M, Hossein Khezri P. Measurement and Evaluation of Ecological Risk of Heavy Metals in Surface Sediments of Pars Special Economic Energy Zone. Iran South Med J 2017; 20(5): 448-469 (Persian).
2. Kapsimalis V, Panagiotopoulos IP, Talagani P, Hatzianestis I, Kaberi H, Rousakis G, Kanellopoulos TD, Hatiris GA. Organic contamination of surface sediments in the metropolitan coastal zone of Athens, Greece: Sources, degree, and ecological risk. Mar Pollut Bull 2014; 80(1): 312-324.
3. Zander M. Physical and chemical properties of polycyclic aromatic hydrocarbons. In: Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Bjorseth A, ed. Marcel Dekker, New York: 1983. p. 1-25.
4. Wang XC, Sun S, Ma HQ, Liu Y. Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Jiaozhou Bay, Qingdao, China. Mar Pollut Bull 2006; 52(2): 129-138.
5. Hosseini Panah E, Takdastan A. Feasibility of total petroleum hydrocarbon removal from drill cutting with digested sludge using earth worm. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 26(133): 319-324 (Persian).
6. Chizhova T, Hayakawa K, Tishchenko P, Nakase H, Koudryashova Y. Distribution of PAHs in the northwestern part of the Japan Sea. Deep Sea Res Part 2 Top Stud Oceanogr 2013; 86-87: 19-24.
7. Dauner AL, Lourenço RA, Martins CC. Effect of seasonal population fluctuation in the temporal and spatial distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in a subtropical estuary. Environmental Technology & Innovation 2016; 5: 41-51.
8. Mari M, Harrison RM, Schuhmacher M, Domingo JL, Pongpiachan S. Inferences over the sources and processes affecting polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere derived from measured data. Sci Total Environ 2010; 408(11): 2387-2393.
9. Arbabi M, Nasseri S, Chimezie A. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in petroleum contaminated soils. IJCCE 2009; 28(3): 53-59 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

10. Ebrahimi-Sirizi Z, Riyahi BA, Ghaffari S. Petroleum pollution risk assessment in sediment of Hara protected zone with determination of polycyclic aromatic hydrocarbons. J Mazand Univ Med Sci 2014; 23(Supp 2): 186-94 (Persian).
11. Harris KA, Yunker MB, Dangerfield N, Ross PS. Sediment-associated aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal British Columbia, Canada: Concentrations, composition, and associated risks to protected sea otters. Environ Pollut 2011; 159(10): 2665-2674.
12. Zhao M, Wang W, Liu Y, Dong L, Jiao L, Hu L, et al. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments from the Bering Sea and western Arctic Ocean. Mar Pollut Bull 2016; 104(1): 379-385.
13. Rahmanpoor S, Ghafourian H, Hashtroudi SM, Bastami KD. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of the Hormuz strait, Persian Gulf. Mar Pollut Bull 2014; 78(1): 224-229.
14. Mirzaei M, Marofi S, Solgi E, Abbasi M, Karimi R. Evaluation of Heavy Metal Contamination Ecological Risk in a Food-Producing Ecosystem. Health Research in Community 2017; 3 (2):1-16 (Persian).
15. Moeckel C, Monteith DT, Llewellyn NR, Henrys PA, Pereira MG. Relationship between the concentrations of dissolved organic matter and polycyclic aromatic hydrocarbons in a typical UK upland stream. Environ Sci Technol 2013; 48(1): 130-138.
16. Boonyatumanond R, Wattayakorn G, Togo A, Takada H. Distribution and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in riverine, estuarine, and marine sediments in Thailand. Mar Pollut Bull 2006; 52(8): 942-956.
17. Dehghani M, Nabipour I, Dobaradaran S, Godarzi H. Cd and Pb Concentrations in the Surface Sediments of the Asaluyeh Bay, Iran. JCHR 2014; 3(1): 22-30 (Persian).
18. Davoodi H, Gharibreza M, Negarestan H, Mortazavi MS, Lak R. Ecological risk assessment of the Assaluyeh and Bassatin estuaries (northern Persian Gulf) using sediment quality indices. Estuar Coast Mar Sci 2017; 192: 17-28.
19. Pourang N, Dennis J. Distribution of trace elements in tissues of two shrimp species from the Persian Gulf and roles of metallothionein in their redistribution. Environ Int 2005; 31: 325-341.
20. Akhbarizadeh R, Moore F, Keshavarzi B, Moeinpour A. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons risk assessment in coastal water and sediments of Khark Island, SW Iran. Mar Pollut Bull 2016; 108(1): 33-45.
21. Akhbarizadeh R, Moore F, Keshavarzi B, Moeinpour A. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons risk assessment in coastal water and sediments of Khark Island, SW Iran. Mar Pollut Bull 2016; 108(1): 33-45.
22. Mirza R, Dadollahi A, Safaieh A, Mohammadi M, Savari A, Abedi E. Polycyclic Aromatic Hydricarbon (PAHs) in Sediments and Rockyshore Oysters (Saccostrea cucullata) in Intertidal Area of Boushehr State (Persian Gulf). Oceanography 2011; 2(5): 11-19 (Persian).
23. Kardani M, Takdastan A. Removal of Total Petroleum Hydrocarbons Using Vetiveria Zizanioides and Microbial Population Changes in Soil Contaminated with Oil in Ahvaz. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(131): 87-97 (Persian).
24. Li J, Dong H, Xu X, Han B, Li X, Zhu C, et al. Prediction of the bioaccumulation of PAHs in surface sediments of Bohai Sea,

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

China and quantitative assessment of the related toxicity and health risk to humans. Mar Pollut Bull 2016; 104(1-2): 92-100.

25. Ghaffari S, RiahiBakhtiari A, Ebrahimi Sırizi Z. Use of PAHs and n-Alkanes Biomarkers for Source Identification of Organic Matters of Qeshm Mangrove Forests. JES 2013; 39(2): 101-112 (Persian).
26. Bakhtiari AR, Zakaria MP, Yaziz MI, Lajis MN, Bi X. Variations and origins of aliphatic hydrocarbons in sediment cores from Chini Lake in Peninsular Malaysia. Environmental Forensics 2011; 12(1): 79-91.
27. Hongyi NI, Wenjing DE, Qunhe WU, Xingeng CH. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. J Environ Sci (China) 2009; 21(8):1053-1058.
28. Ramzi A, Rahman KH, Gireeshkumar TR, Balachandran KK, Jacob C, Chandramohanakumar N. Dynamics of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of Cochin estuary, India. Mar Pollut Bull 2017; 114(2): 1081-1087.
29. Kalf DF, Crommentuijn T, van de Plassche EJ. Environmental quality objectives for 10 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Ecotoxicol Environ Saf 1997; 36(1): 89-97.
30. Iranian Departeman of Environment. Water and Soil Office. Quality standards and guidelines of soil resources. 2013: 1-164 (Persian).
31. Swartz RC. Consensus sediment quality guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures. Environ Toxicol Chem 1999; 18(4): 780-787.
32. Rahmanpoor S, Ghafourian H, Hashtroudi S M, Rabani M, Mehdinia A, Darvish Bastami K, et al . The Study of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Contamination in Sediments of Hormoz Straight - Persian Gulf. JOC 2012; 3(10): 37-44 (Persian).
33. Cortazar E, Bartolomé L, Arrasate S, Usobiaga A, Raposo JC, Zuloaga O, Etxebarria N. Distribution and bioaccumulation of PAHs in the UNESCO protected natural reserve of Urdaibai, Bay of Biscay. Chemosphere 2008; 72(10): 1467-1474.
34. Hong WJ, Jia H, Li YF, Sun Y, Liu X, Wang L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and alkylated PAHs in the coastal seawater, surface sediment and oyster from Dalian, Northeast China. Ecotoxicol Environ Saf 2016; 128: 11-20.
35. Safahieh A, Mahmoodi M, Nikpoor Y, Ghanemi K. PAHs Concentration in Ark clam (Barbatia helblingii) From South Persian Gulf, Bushehr, Iran. IJESD 2011; 2(5): 394-398 (Persian).
36. Abedi E, Saleh A, Mehdinia A, Rahmanpoor S, Arebi I, Mirza R, et al. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Intertidal Surface Sediments of North Pars Special Economic Energy Zone, Bushehr. JOC 2014; 5(17): 33-40 (Persian).
37. Neşer G, Kontas A, Ünsalan D, Altay O, Darılmaz E, Uluturhan E, Küçüksezgin F, Tekoğul N, Yercan F. Polycyclic aromatic and aliphatic hydrocarbons pollution at the coast of Aliağa (Turkey) ship recycling zone. Mar Pollut Bull 2012; 64(5): 1055-1059.
38. Tolosa I, de Mora S, Sheikholeslami MR, Villeneuve JP, Bartocci J, Cattini C. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. Mar Pollut Bull 2004; 48(1): 44-60.
39. Yamei H, Zheng M, Zhengtao LI, Lirong GA. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Yellow River Estuary and Yangtze River Estuary,

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

China. J Environ Sci (China) 2009; 21(12): 1625-1631.

40. Tolosa I, De Mora SJ, Fowler SW, Villeneuve JP, Bartocci J, Cattini C. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota and coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. Mar Environ Res 2005; 50(12): 1619-1633.
41. Hu N, Shi X, Huang P, Mao J, Liu J, Liu Y, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of Liaodong Bay, Bohai Sea, China. Environ Sci Pollut Res Int 2011; 18(2): 163-172.
42. Tongo I, Ezemonye L, Akpeh K. Levels, distribution and characterization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Ovia river, Southern Nigeria. J Environ Chem Eng 2017; 5(1): 504-512.
43. Kucuksezgin F, Pazi I, Gonul LT. Marine organic pollutants of the Eastern Aegean: Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in Candarli Gulf surficial sediments. Mar Pollut Bull 2012; 64(11): 2569-2575.
44. Webster L, Tronczynski J, Korytar J, Booij K, Law R. Determination of parent and alkylated polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in biota and sediment. International Council for the Exploration of the Sea. Denmark; 2009.
45. Hoffman EJ, Mills GL, Latimer JS, Quinn JG. Urban runoff as a source of polycyclic aromatic hydrocarbons to coastal waters. Environ Sci Technol 1984; 18(8): 580-587.
46. Neira C, Cossaboon J, Mendoza G, Hoh E, Levin LA. Occurrence and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of San Diego Bay marinas. Mar Pollut Bull 2017;114(1):466-479.
47. Nemati Varnosfaderany M, Riyahi Bbakhtiari A, GU Z, Chu G. Distribution and Source identification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Sediments of the Southwest Caspian Sea Coasts: Gillan Province. IJHE 2014; 7(3): 315-326 (Persian).
48. Giuliani S, Sprovieri M, Frignani M, Cu NH, Mugnai C, Bellucci LG. Presence and origin of polycyclic aromatic hydrocarbon in sediments of nine coastal lagoons in central Vietnam. Mar Pollut Bull 2008; 56(8): 1504-1512.
49. Bence AE, Kvenvolden KA, Kennicutt MC. Organic geochemistry applied to environmental assessments of Prince William Sound, Alaska, after the Exxon Valdez oil spill—a review. Org Geochem 1996; 24(1): 7-42.
50. Neff JM. Bioaccumulation in marine organisms: effect of contaminants from oil well produced water. 16th ed .USA, Elsevier; 2002.
51. Yunker MB, Backus SM, Pannatier EG, Jeffries DS, Macdonald RW. Sources and significance of alkane and PAH hydrocarbons in Canadian arctic rivers. Estuar Coast Mar Sci 2002; 55(1): 1-31.
52. Ejlali K .Ecological Risk Assessment Of Pollution In Sedimen On Bentic Fauna In Coast Of Bandar Abbas, PhD Thesis In Marin Biology. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran ; 2014 (Persian).
53. Sharma M, Marsalek J, McBean E. Migration pathways and remediation of urban runoff for PAH control. J Environ Manage 1994; 41(4): 325-336.
54. Domine D, Devillers J, Garrigues P, Budzinski H, Chastrette M, Karcher W. Chemometrical evaluation of the PAH contamination in the sediments of the Gulf of Lion (France). Sci Pract Perspect 1994; 155(1): 9-24.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]

55. Azimi Yancheshmeh R, Riyahi Bakhtiari AR, Mortazavi S. Ecological Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Componds in the Surface Sediments of Anzali Wetland in 2010. Iran J Health & Environ 2014; 7(2): 157-170 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-04-19]