

غلظت هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در رسوبات ساحلی بوشهر

علیرضا صفاهیه^۱

معصومه محمودی^{۲*}

mahmoodi@iau-doroud.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۶

تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: استان بوشهر تا حدود زیادی تحت تأثیر آلودگی های نفتی و هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs) قرار دارد، از آن جا که بسیاری از ترکیبات PAHs سرطان زا هستند و همچنین اطلاعات کافی پیرامون غلظت آلاینده های مذکور در ساحل بوشهر وجود ندارد، مطالعه حاضر به منظور آگاهی از میزان PAHs در رسوبات مناطق ساحلی بوشهر و بررسی الگوی ساختاری این ترکیبات با تکیه بر تعداد حلقه انجام یافته است.

روش بررسی: نمونه برداری از رسوبات از پنج ایستگاه مختلف در طول ساحل شهرستان بوشهر انجام یافت. پس از هضم و استخراج، محتوای PAHs نمونه ها توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا اندازه گیری شد.

یافته ها: نتایج نشان داد غلظت PAHs کل در ایستگاه های رافائل، شغاب، آب شیرین کن، لیان و هلیله به ترتیب ۸۴۴/۹۵، ۳۰۷۸/۴۲، ۴۷۹۰/۳۲، ۲۹۸۸/۰۶ و ۲۴۳۰/۶۲ نانوگرم بر گرم وزن خشک بوده است. اختلاف معنی دار آماری بین غلظت PAHs کل در ایستگاه های مورد مطالعه مشاهده گردید. بیش ترین آلودگی PAHs در ایستگاه رافائل و کم ترین مقادیر آن در ایستگاه آب شیرین کن بوده است. ترکیب ساختاری PAHs بر اساس تعداد حلقه در ایستگاه های مختلف متفاوت بوده است.

بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان داد آلودگی PAHs در رسوبات سواحل بوشهر در مقایسه با رسوبات سایر نقاط دنیا در حد نیمه آلوده تا آلوده می باشد در رسوبات مورد مطالعه ترکیبات پنج و شش حلقه ای که آب گریزی و وزن مولکولی بیش تری دارند نسبت به ترکیبات دو تا چهار حلقه ای غلظت بیش تری داشتند. از آن جا که این ترکیبات آثار سوء شدید تری نیز در انسان و آب زیان برجا می نهند، لذا با توجه به تداوم فعالیت های صنعتی و نفتی در منطقه نظارت و پایش مداوم سواحل بوشهر از نظر آلودگی PAHs ضروری می باشد.

واژه های کلیدی: هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs)، آلودگی، رسوبات، سواحل بوشهر

۱- استادیار، گروه زیست شناسی دریا دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲- مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دورود، دانش آموخته کارشناسی ارشد آلودگی دریا، * (مسئول مکاتبات)

مقدمه

بنابراین رسوبات می توانند ذخیره گاه عمده PAHs باشند (۳) به همین دلیل با اندازه گیری محتوای PAHs رسوبات می توان اطلاعات مناسبی از میزان آلودگی PAHs محیط به دست آورد. از آن جا که اطلاعات کافی پیرامون وضعیت آلودگی PAHs در سواحل بوشهر موجود نمی باشد، مطالعه حاضر به منظور آگاهی از میزان PAHs در رسوبات مناطق ساحلی بوشهر و بررسی الگوی ساختاری این ترکیبات با تکیه بر تعداد حلقه انجام گرفته است.

مواد و روش ها

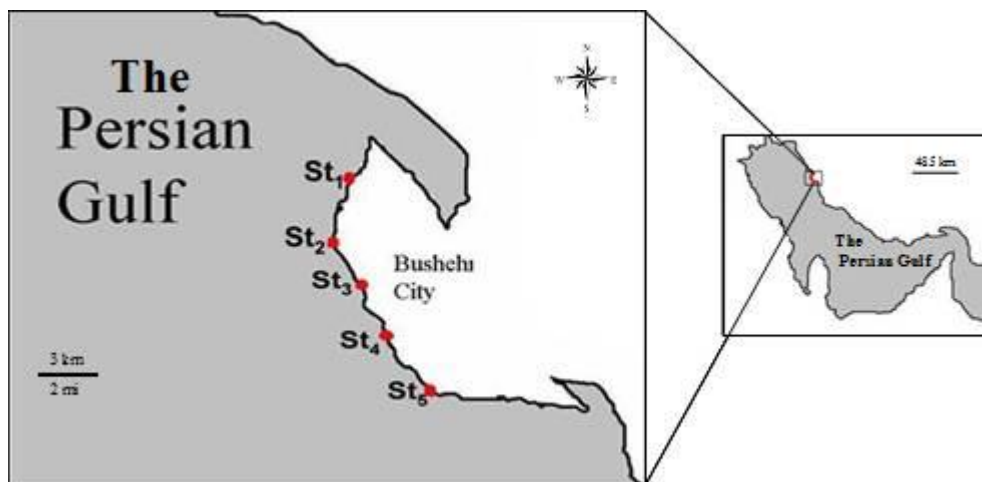
نمونه برداری در مرداد ماه ۱۳۸۷ در پنج ایستگاه در طول ساحل بوشهر انجام یافت. مختصات جغرافیایی و عمده فعالیت های انسانی هر ایستگاه به ترتیب در جدول ۱ مشخص شده است. شکل ۱ موقعیت ایستگاه های نمونه برداری را روی نقشه نشان می دهد.

استان بوشهر دارای مرز آبی معادل یک سوم طول نوار ساحلی کشور با خلیج فارس است و سواحل این استان تا حدود زیادی تحت تاثیر آلودگی های خلیج فارس قرار دارد. علاوه بر این کشتی های نفت کش، سکوها، لوله های انتقال نفت، صنایع گاز و پتروشیمی و فاضلاب های شهری و صنعتی، مهم ترین عوامل آلودگی هیدروکربن های نفتی از جمله هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای (PAHs) در آب های ساحلی استان بوشهر هستند.

هیدروکربن های آروماتیک چندحلقه ای گروه بزرگی از آلاینده های آلی هستند که از دو یا تعداد بیش تری حلقه های بنزنی تشکیل شده اند. بسیاری از ترکیبات PAHs سرطان زا بوده و نتیجه تماس انسان با این ترکیبات موضوع تحقیقات بسیاری را به خود اختصاص داده است (۱). این ترکیبات از نظر خصوصیات شیمیایی حلالیت کمی در آب داشته، نقطه ذوب و جوش بالا و فشار بخار کم دارند (۲). به دلیل انحلال کم ترکیبات PAHs در آب و گرایش زیاد این ترکیبات به کربن آلی موجود در مواد معلق، غلظت های گزارش شده در رسوبات به مراتب بیش تر از آبهای سطحی است.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری رسوبات سواحل بوشهر، مرداد ماه ۱۳۸۷

شماره	ایستگاه	مختصات جغرافیایی	منابع آلاینده
۱	رافائل	۲۸° ۵۷' ۴۵/۹" شمالی ۵۰° ۴۸' ۴۳/۲" شرقی	اسکله باربری و صیادی، فاضلاب شهری و رستوران
۲	اسکله شغاب	۲۸° ۵۵' ۳۷/۷" شمالی ۵۰° ۴۸' ۲۶/۷" شرقی	احداث اسکله، فاضلاب مجتمع های مسکونی و تعمیرات هواپیما
۳	آب شیرین کن	۲۸° ۵۴' ۱۲/۷" شمالی ۵۰° ۴۹' ۹" شرقی	زباله های شهری
۴	لیان	۲۸° ۵۲' ۲۰" شمالی ۵۰° ۵۰' ۳۳/۳" شرقی	اسکله صیادی، فعالیت های صنعتی شخصی
۵	هلیله	۲۸° ۵۰' ۳/۳" شمالی ۵۰° ۵۲' ۳۱/۹" شرقی	اسکله صیادی، زباله های خانگی



شکل ۱- موقعیت منطقه و ایستگاه های مورد مطالعه (ساحل شهرستان بوشهر)

تبخیر کننده چرخان به حجم ۵ میلی لیتر رسانده شده و درون ویال های درجه بندی شده قرار داده شد.

پس از تبخیر شدن کل حلال، مواد باقی مانده در ۱ میلی لیتر استونیتریل حل و برای تزریق به دستگاه HPLC آماده شد (۷ و ۸).

جهت سنجش و تعیین غلظت PAHs از دستگاه High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) با آشکارساز UV استفاده شد. ستون مورد استفاده فاز معکوس C₁₈ به طول ۲۵۰ و قطر ۴/۵ میلی متر و قطر ذرات داخلی ۵ میکرون متر بوده است. به منظور کاربری دستگاه از نرم افزار ChromGate نسخه 3.1.7 استفاده گردید. روش استفاده شده جهت سنجش ۱۶ ترکیب PAHs فاز متحرک اولیه آب و استونیتریل به نسبت ۶۰٪ آب و ۴۰٪ استونیتریل با سرعت جریان ۲ میلی لیتر بر دقیقه بوده که به صورت گرادیانی در مدت ۳۱ دقیقه به ۱۰۰٪ استونیتریل تبدیل می شود.

به منظور تعیین غلظت ترکیبات PAHs، از محلول استاندارد (PAH Calibration Mix) با شماره کاتالوگ 47940-U محصول شرکت SUPELCO، شامل ۱۶ ترکیب نفتالن، آسفتن، آسفتیلن، فلورن، فنانترن، آنتراسن، فلورانتن، پاپرن، بنزو (a) آنتراسن، کرایسن، بنزو (b) فلورانتن، بنزو (k)

نمونه برداری در هنگام جزر از لایه سطحی رسوبات (صفر تا دو سانتی متری) انجام یافت (۴ و ۵). نمونه ها درون پوشش آلومینیوم و یخدان محتوی یخ خرد شده قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید و تا زمان آنالیز در فریزر ۲۰- درجه سانتی گراد نگه داری شد (۶).

پس از انتقال نمونه های رسوب به آزمایشگاه مواد زاید و سنگ ریزه های آن جدا گردید، سپس درون دستگاه خشک کن انجمادی مدل Vaco5II ZIRBUS در دمای ۴۲- تا ۵۴- درجه سانتی گراد، به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا کاملا خشک شود (۶). حدود ۱۰ گرم رسوب خشک همراه با ۱ میلی لیتر محلول دکا کلروبی فنیل (۱۶ میکروگرم بر میلی لیتر) و ۲۵۰ میلی لیتر حلال هگزان-دی کلرومتان (۵۰:۵۰) به مدت ۱۶ ساعت در سیستم سوکسله (Soxhlet Apparatus) قرار داده شد. سپس حلال توسط دستگاه تبخیر کننده چرخان به حجم ۱۵ میلی لیتر رسانده شد. ۲-۳ گرم مس فعال جهت حذف گوگرد و ترکیبات آن به عصاره اضافه نموده و پس از ۲۴ ساعت به وسیله کاغذ صافی فیلتر شد. سپس از ستون شستشو (Clean up Column) حاوی ۱۰ میلی گرم پودر سیلیکا، ۱۰ میلی گرم پودر آلومینای آب زده و ۱۰ میلی گرم سدیم سولفات بدون آب، عبور داده شد. نمونه به وسیله دستگاه

ایستگاه لیان و ۲۴۳۰/۶۲ نانوگرم برگرم در ایستگاه هلیله بوده است.

جدول ۲ غلظت tPAHs و غلظت PAHs را در رسوبات سواحل بوشهر نشان می دهد. مقایسه مقادیر tPAHs در رسوبات اختلاف معنی دار آماری بین ایستگاه های مختلف نشان داد ($P < 0.05$). نمودار ۱ غلظت tPAHs را در ایستگاه های مختلف نشان می دهد.

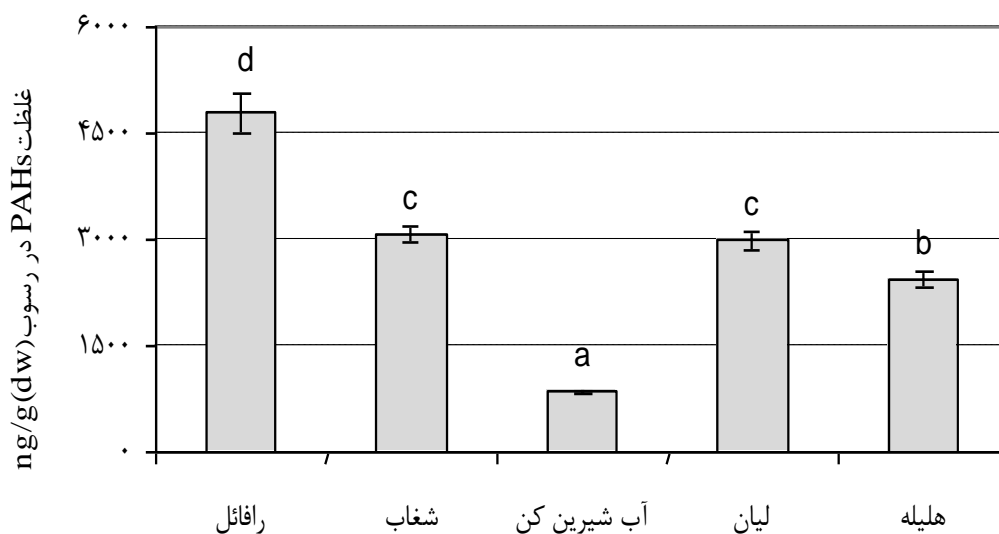
با توجه به نتایج، ترکیب ساختاری PAHs رسوب از نظر تعداد حلقه در ایستگاه های مختلف متفاوت بوده است. در دو ایستگاه رافائل و شغاب PAHs پنج و شش حلقه ای بیش ترین غلظت tPAHs را دارا بوده است. در ایستگاه هلیله بیشترین مقادیر مربوط به PAHs چهار حلقه ای و در ایستگاه لیان PAHs سه حلقه ای بیشترین غلظت را داشته است (نمودار ۲).

فلورانتن بنزو (a) پیرن، دی بنزو (a,h) آنتراسن، بنزو (g,h,i) پرین، ایندنونپیرن استفاده شد.

برای تایید صحت عملیات آماده سازی نمونه ها و نیز بازده دستگاه از محلول استاندارد درونی Decachlorobiphenyl با شماره کاتالوگ 48318 محصول شرکت SUPELCO به عنوان جانشین PAHs استفاده گردید. محلول های استاندارد در ۵ غلظت مختلف آماده و جهت رسم منحنی کالیبراسیون به دستگاه تزریق گردید.

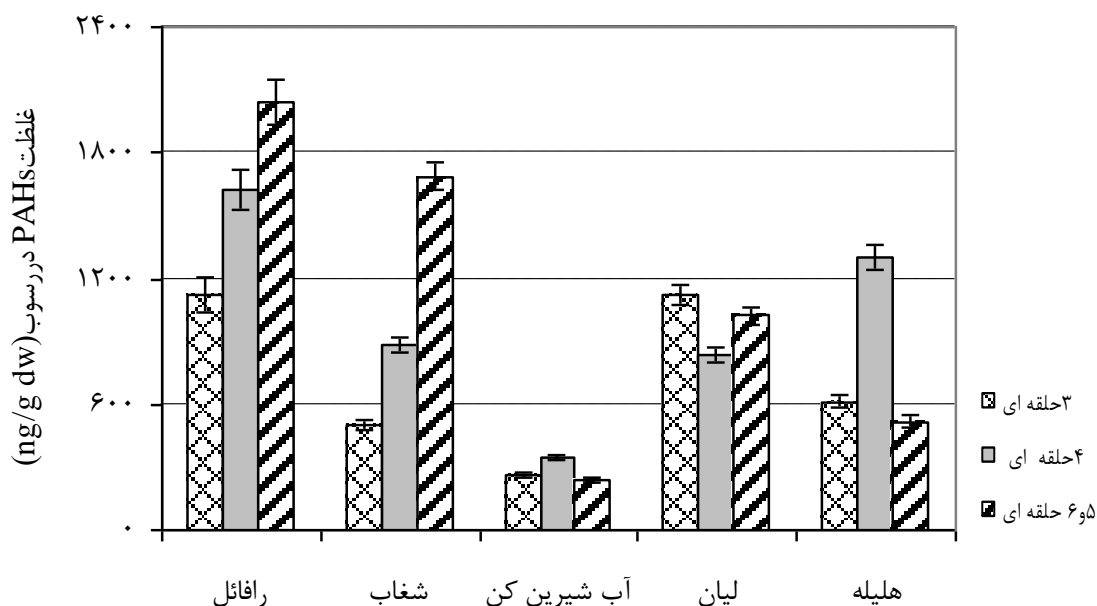
نتایج

نتایج نشان داد که غلظت کل هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای (tPAHs) در رسوبات به ترتیب برابر ۴۷۹۰/۳۲ نانوگرم بر گرم نمونه خشک در ایستگاه رافائل، ۳۰۷۸/۴۲ نانوگرم بر گرم در ایستگاه شغاب، ۸۴۴/۹۵ نانوگرم برگرم در ایستگاه آب شیرین کن، ۲۹۸۸/۰۶ نانوگرم برگرم



نمودار ۱- مقایسه غلظت tPAHs در رسوبات ایستگاه های مورد مطالعه.

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار بین مقادیر در ایستگاه ها می باشد ($P < 0.05$).



نمودار ۲- غلظت هیدروکربن های آروماتیک ۳ حلقه ای، ۴ حلقه ای و ۶ و ۵ حلقه ای در رسوب ایستگاه های مورد مطالعه PAHs سه حلقه ای شامل: آسفیتیلن، آسفتن، فلورن، فنانترن، آنتراسن، PAHs چهار حلقه ای: فلورانتن، پیرن، بنزو (a) آنتراسن، کرایسن و PAHs پنج و شش حلقه ای: بنزو (b) فلورانتن، بنزو (k) فلورانتن، بنزو (a) پیرن، دی بنزو (a,h) آنتراسن، بنزو (g,h,i) پیرن، ایندینوپایرن.

جدول ۲- غلظت PAHs در رسوبات ایستگاه های مختلف در سواحل بوشهر (ng g⁻¹ dw)، مرداد ماه ۱۳۸۷.

نام ترکیب	رافائل	شغاب	آب شیرین کن	لیان	هلیله
نفتالن	-	-	-	-	-
آسفتن	۱۰۴/۴۸ ± ۷/۴۷	-	۱۰۸/۶۳ ± ۴/۱۲	۸/۲۷ ± ۰/۳۷	۱۳/۲۳ ± ۰/۸۹
آسفیتیلن	۳۴۳/۹۶ ± ۲۵/۶	۹۶/۶۸ ± ۴/۱۵	۵۴/۲۷ ± ۲/۳۳	۴۲۸/۱۶ ± ۱۹/۲۳	۸۳/۷۰ ± ۴/۶۵
فلورن	۱۸۴/۰۴ ± ۱۲/۹۴	۷۰/۲۳ ± ۲/۸۷	۲۰/۷۳ ± ۰/۸۹	۲۰۰/۵۵ ± ۹/۰۱	۵/۶۶ ± ۰/۵۷
فنانترن	۳۴۴/۶۷ ± ۲۳/۵۹	۲۷۶/۳۶ ± ۱۱/۰۵	۶۱/۰۸ ± ۲/۴۴	۲۳۳/۸۶ ± ۹/۹۸	۴۹۰/۳۲ ± ۲۴/۵۲
آنتراسن	۱۴۵/۸۷ ± ۹/۸۳	۶۰/۷۵ ± ۲/۴۳	۱۷/۹۲ ± ۰/۷۱	۲۵۵/۰۷ ± ۱۰/۳۵	۲۰/۹۵ ± ۱/۳۷
فلورانتن	۲۷۷/۷۸ ± ۱۵/۳۵	۱۵۱/۲۳ ± ۵/۸۹	۷۸/۱۴ ± ۳/۱۲	۱۹۱/۱۲ ± ۷/۹۴	۱۰۰/۲۶ ± ۶/۹۴
پیرن	۸۶۵/۳۲ ± ۴۱/۶۸	۳۰۹/۱۴ ± ۱۱/۷۴	۱۸۰/۴۵ ± ۷/۰۳	۵۱۴/۹۵ ± ۲۱/۴۵	۲۹۱/۰۵ ± ۱۲/۷۶
بنزو (a) آنتراسن	۳۴۴/۵۷ ± ۲۴/۱۸	۲۳۴/۵۹ ± ۸/۶۷	۵۲/۸۴ ± ۲/۱۶	۹۹/۲۷ ± ۴/۰۲	۷۲۲/۸۸ ± ۳۲/۴۳
کرایسن	۱۳۶/۷۱ ± ۹/۲۷	۱۹۰/۰۸ ± ۶/۲۲	۳۲/۴۱ ± ۱/۲۵	۳۳/۶۲ ± ۱/۳۶	۱۸۴/۳۱ ± ۹/۹۲
بنزو (b) فلورانتن	-	-	۳۷/۶۲ ± ۱/۴۸	-	۵/۱۹ ± ۰/۳۱
بنزو (k) فلورانتن	۱۰۶۱/۸۷ ± ۵۸/۰۸	۴۵/۹۴ ± ۱/۷۹	۴۵/۵۴ ± ۱/۷۷	۶۱۸/۰۶ ± ۲۴/۲۴	۳۰۶/۵۱ ± ۱۴/۲۶
بنزو (a) پیرن	-	۳۰۷/۳۸ ± ۱۱/۶۸	۱۳۸/۳۷ ± ۵/۳۹	۴۰۵/۱۳ ± ۱۴/۶۱	۱۶۱/۸۲ ± ۷/۶۸
دی بنزو (a,h) آنتراسن	۸۹۶/۶۹ ± ۴۸/۴۴	۶۴۶/۸۲ ± ۲۴/۵۷	۱۶/۹۵ ± ۰/۶۶	-	-
بنزو (g,h,i) پیرن	-	۲۶۴/۳۹ ± ۱۰/۱۴	-	-	-
ایندینوپایرن	۸۴/۳۶ ± ۶/۵۵	۴۲۴/۸۳ ± ۱۶/۱۴	-	-	۴۴/۷۴ ± ۳/۳۸
tPAHs	۴۷۹۰/۳۲ ± ۲۷۸/۲۷	۳۰۷۸/۴۲ ± ۱۱۸/۳۴	۸۴۴/۹۵ ± ۳۳/۳۵	۲۹۸۸/۰۶ ± ۱۲۲/۵۴	۲۴۳۰/۶۲ ± ۱۱۹/۶۸

-پایین تر از حد تشخیص دستگاه.

بازیابی استاندارد درونی در نمونه ها ۸۷٪ بوده است.

بحث و نتیجه گیری

مقایسه مقادیر tPAHs در رسوبات اختلاف معنی دار آماری بین ایستگاه های مختلف نشان داد. ایستگاه رافائل و پس از آن شغاب به دلیل قرار گرفتن در ساحل شهر و تحت تاثیر قرار گرفتن با فعالیت های حمل و نقل اسکله ها و مضافا ورود فاضلاب شهری، نسبت به سایر ایستگاه ها آلودگی PAHs بالاتری داشتند. ایستگاه رافائل در معرض حجم زیادی فاضلاب شهری می باشد و به نظر می رسد بار مواد آلی در این ساحل بالا باشد. با توجه به این که مواد آلی واسطه حرکت PAHs از آب به رسوب می باشد (۹۱۰)، احتمال می رود یکی از عوامل غلظت های زیاد PAHs در رسوبات این ساحل حضور مواد آلی باشد. کم ترین مقدار PAHs در رسوبات ایستگاه آب شیرین کن سنجد شده که احتمالا به دلیل دور بودن این منطقه از اسکله ها و عدم ورود فاضلاب بوده است.

جدول ۳ مقایسه غلظت tPAHs در رسوبات سواحل بوشهر با غلظت این ترکیبات در رسوبات کشورهای حاشیه خلیج فارس و سایر مناطق جهان را نشان می دهد. با توجه به جدول غلظت PAHs در رسوبات منطقه مورد مطالعه از غلظت

این ترکیبات در رسوبات خلیج کارتاژنا، دریای عمان، خلیج موبیل و دریای سیاه بیش تر بوده و از غلظت این ترکیبات در خلیج ایزمیت، تورنتو و سانتاندر و رسوبات سواحل بحرین کم تر بوده است. با توجه به جدول به نظر می رسد آلودگی PAHs در رسوبات ساحل بوشهر در حد میانه تا زیاد باشد.

به طور کلی ترکیبات پنج وشش حلقه ای و پس از آن چهارحلقه ای بیش ترین غلظت را از مقادیر tPAHs در رسوبات به خود اختصاص دادند. کم ترین غلظت tPAHs مربوط به ترکیبات سه حلقه ای بوده است. در ایستگاه هلیله و آب شیرین کن بیش ترین مقادیر مربوط به ترکیبات چهار حلقه ای بوده است. در ایستگاه لیان ترکیبات سه حلقه ای بیش ترین غلظت را نسبت به سایر ترکیبات داشته اند. به طور کلی غلظت هیدروکربن های آروماتیک پنج وشش حلقه ای در رسوبات بیش تر از ترکیبات با تعداد حلقه کم تر می باشد. داشتن وزن مولکولی بالا و ساختار خوشه ای در برخی از آن ها باعث ته نشست سریع این ترکیبات در رسوبات می شود (۲۰).

جدول ۳- مقایسه غلظت tPAHs در رسوبات ساحل بوشهر با رسوبات سایر آبهای

جهان (نانوگرم بر گرم وزن خشک)

منبع	غلظت tPAHs	منطقه مورد مطالعه
(۱۱)	۴۹۵-۳۲۱۰	خلیج کارتاژنا، کلمبیا
(۱۲)	۳۴-۱۳۸۷۰	دریای مدیترانه، فرانسه
(۱۳)	۱۱۸-۸۹۳۷	خلیج ایزمیت، ترکیه
(۱۴)	۵۵-۲۲۳۰	خلیج موبیل، آلباما
(۱۵)	۷/۲-۶۳۵	دریای سیاه، روسیه و اکراین
(۱۶)	۲۰-۲۵۸۰۰	خلیج سانتاندر، اسپانیا
(۱۷)	۳۳۵-۵۱۹۳	خلیج تورنتو، ایتالیا
(۱۸)	۱۲۷۱-۳۵۳۹	دریای عمان
(۱۹)	۱۳-۶۶۰۰	خلیج فارس و عمان، بحرین
(۱۹)	۱۱۰-۴۰۰۰	خلیج فارس، عربستان سعودی
مطالعه حاضر	۸۴۵-۴۷۹۰	خلیج فارس، ساحل بوشهر

صنعتی و نفتی در منطقه نظارت و پایش مداوم سواحل بوشهر از نظر آلودگی PAHs ضروری به نظر می رسد.

منابع

1. Manoli, E., samara, C., konstantinou, I., Albanis, T, 2000. Pollution survey o polycyclic aromatic hydrocarbons in the bulk precipitation and surface waters of northern Greece. *Chemosphere*, Vol.41, pp.1845- 1855.
2. Albers P. H., 2003. Petroleum and Individual Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In *Handbook Of Ecotoxicology*, edited by Hoffman, D.J., Rattner, B.A. Burton, G.A., Cairns, J., pp.342-360.
3. ATSDR- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1995. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Department of Health and Human Services. Atlanta..
4. Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Sorbe, J.C., Burgeot, T., Bellocq, J., 1998. Concentration of PAH in Various Marine Organisms in Relation to those in Sediments to Trophic Level. *Marin Pollution Bulletin*, Vol.36, pp.951-960.
5. Guitart, Carlos., Garcí'a-Flor, N., Bayona, J. M., Albaige's, J., 2007. Occurrence and fate of polycyclic aromatic hydrocarbons in the coastal surface microlayer. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.54 , pp.186-194.
6. Cortazar, E., Bartolomé, L., Arrasate, S., Usobiaga, A., Raposo, J.C., Zuloaga, O., Etxebarria, N., 2008. Distribution and bioaccumulation of PAHs in the UNESCO protected natural reserve of Urdaibai, Bay of

نتایج نشان داد الگوی تراکم هیدروکربن های آروماتیک از نظر تعداد حلقه در ایستگاه های مختلف متفاوت بوده است. با توجه به این که بخش زیادی از هیدروکربن های سنگین در اثر احتراق سوخت تولید می شوند (۳)، احتمال می رود نزدیک بودن دو ایستگاه شغاب و رافائل به اسکله و تردد قایق ها از یک طرف و همجواری با مسیر عبور و مرور وسایل نقلیه جاده ای از سوی دیگر، باعث بالا رفتن غلظت هیدروکربن های آروماتیک سنگین در محتوای tPAHs رسوبات در این دو ایستگاه شده باشد. حال آن که ایستگاه هلیله که خارج از شهر بوده و از ورود بقایای سوخت و غیره مبرا است الگوی تراکم متفاوتی در رسوبات داشته و ترکیبات چهار حلقه ای PAHs در رسوبات این ایستگاه نسبت به سایر ترکیبات تراکم بیشتری داشته و ترکیبات پنج و شش حلقه ای کم ترین غلظت را دارند.

در تحقیق مشابهی که Restrepo و همکاران در رسوبات ساحلی کلمبیا انجام دادند، تغییر ترکیب ساختاری رسوب از نظر محتوای PAHs با تکیه بر تعداد حلقه را در ایستگاه های مختلف به منابع آلاینده متفاوت مربوط دانستند. مسئله دیگری که به نظر می رسد تفاوت در عوامل موثر بر ته نشست PAHs می باشد. مطالعات حاکی از آن است که حتی ترکیبات PAHs دارای وزن مولکولی یکسان، در شرایط محیطی مختلف دارای دینامیک انتقال متفاوتی هستند (۲۱). مقایسه نسبت تراکم PAHs بر اساس تعداد حلقه در رسوبات ایستگاه لیان نشان داد که ترکیبات سه حلقه ای بیش ترین غلظت را نسبت به سایر ترکیبات وسایر ایستگاه ها دارند. با توجه به اینکه این ایستگاه یک ساحل در معرض فرسایش است (۲۲)، به نظر می رسد ذرات معلق حاصل از فرسایش ساحل در تسریع ته نشست ترکیبات سه حلقه ای موثر بوده و بخش زیادی از این ترکیبات را به رسوبات منتقل نماید. بر اساس نتایج به دست آمده غلظت PAHs در سواحل بوشهر در حد میانه تا زیاد بوده و نگران کننده می باشد. با توجه به اثرات سوء PAHs بر انسان و آب زیان و همچنین تداوم فعالیت های

- aromatic hydrocarbon contamination in coastal sediments of the Izmit Bay (Marmara Sea): Case studies before and after the Izmit Earthquake. *Environment International*, Vol.32, pp.758–765.
14. Peachey, R.B.G., 2003. Tributyltin and polycyclic aromatic hydrocarbon levels in Mobile Bay, Alabama: A review. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.46, pp.1365–1371.
15. Readman, J.W., Fillmann, G., Tolosa, I., Bartocci, J., Villeneuve, J.P., Catinni, C., Mee, L.D., 2002. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.44, pp.48–62.
16. Viguri, J., Verde, J., Irabien, A., 2002. Environmental assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Santander Bay, Northern Spain. *Chemosphere*, Vol.48, pp.157–165.
17. Storelli, M.M., Marcotrigiano, G.O., 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbon distributions in sediments from the Mar Piccol, Ionian Sea, Italy. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol.65, pp.537–544.
18. Awad, H., Al eissa, S.A., Al moharamy, M.A., 1990. Oil pollution in waters, fish and sediments in gulf of Oman environment. *Marine Science*, Vol.1, pp. 9-16.
19. Tolosa, I., Mora, S.I., Fowler, S.W., Villeneuve, J.P., Bartocci, J., Cattini, C., 2005. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota and coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.50, pp.1619-1633.
- Biscay. *Chemosphere*, Vol.72, pp.1467–1474.
7. MOOPAM. 1999. Standard Methods for Chemical Analysis of Petroleum Hydrocarbons, Regional Organization for the Protection of Marine Environment, third addition, Kuwait.
8. US Environmental Protection Agency. 1996. Method 3540C, Soxhlet Extraction. 8pp.
9. Gustafson, K.E., Dickhut, R.M., 1997. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in Southern Chesapeake Bay surface water: evaluation of three methods for determining freely dissolved water concentrations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol.16, pp.452–461.
10. Nelson, E.D., McConell, L.L., Baker, J.E., 1998. Diffusive exchange of gaseous polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls across the air – water interface of the Chesapeake Bay. *Environmental Science and Technology*, Vol.32, pp.912– 919.
11. Restrepo, B.J., Verbel, J.V., Lu, Sh., Fernáandez, J.G., Avila, R.B., Hoyos, I.O., Aldous, K.M., Addink, R., Kannan, K., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons and their hydroxylated metabolites in fish bile and sediments from coastal waters of Colombia. *Environmental Pollution*, Vol.151, pp.452-459.
12. Mille, G., Asia, L., Guiliano, M., Malleret, L., Doumenq, P., 2007. Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean Sea (Gulf of Fos area, France). *Marine Pollution Bulletin*, Vol.54, pp.566–575.
13. Tolun, L., Martens, D., Okay, O.S., Schramm, K.W., 2006. Polycyclic

associated with particulate matter in the Chesapeake Bay Region. Environmental Science and Technology, Vol.34, pp.4635-4640.

۲۲. واقفی، م.، مقدسی، ن.، «کنترل فرسایش و

جلوگیری از تخریب سواحل خلیج فارس (مطالعه

موردی ساحل لیان بوشهر)»-همایش بین المللی

خلیج فارس، آذر ماه ۱۳۸۸ - بوشهر- ایران.

20. IPCS- International Programme on Chemical Safety. 1998. Selected Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. World Health Organization, Geneva, Environmental Health Criteria 202.

21. Dickhut, R.M., Canuel, E.A., Gustafson, K.E., Liu, K., Arzayus, K.M., Walker, S.E., Edgecombe, G., Gaylor, M.O., MacDonald, E.H., 2000. Automotive sources of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons