

تعیین منشاء هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) در منطقه خور موسی با استفاده از نسبت‌های مولکولی

مریم حسناتی*^۱، احمد سواری^۲، یدا... نیک‌پور^۳، کمال غانمی^۴

۱- کارشناس ارشد آلودگی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

savari53@yahoo.com

۲- دانشیار اکوفیزیولوژی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

nikpour1342@yahoo.com

۳- استادیار شیمی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

kamalghanemi@gmail.com

۴- استادیار شیمی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ دریافت: ۸۹/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۴

چکیده

هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) ممکن است منشأ طبیعی داشته باشند، اما منبع اصلی ورود این آلاینده‌ها به محیط، فعالیت‌های انسانی است. منابع غیرطبیعی ورود این هیدروکربن‌ها شامل منشأ پیرولیتیک و پتروژنیک است. ورود مستقیم نفت خام و تصفیه شده که منابع پتروژنیک را شامل می‌شوند، اغلب دارای ترکیبات PAHs با وزن مولکولی کم بوده و احتراق سوخت‌های فسیلی که منابع پیرولیتیک را شامل می‌شوند، اغلب دارای ترکیبات PAHs با وزن مولکولی زیاد هستند. برای تعیین منابع واردکننده این مواد به محیط، از محاسبه نسبت‌های مولکولی استفاده می‌شود. در این تحقیق، نسبت ترکیبات با وزن مولکولی پایین به ترکیبات با وزن مولکولی بالا (LMW/HMW)، فناترن به آنتراسن (Phe/Ant)، فلورانتن به پایرن (Fla/Pyr) و کرایزن به بنزو (a) آنتراسن (Chr/BaA) بررسی شد. بدین منظور در منطقه خور موسی در خلیج فارس، سه ایستگاه به نامهای خور جعفری، خور غنام و خور احمدی انتخاب شد و در پاییز ۸۸، نمونه‌برداری از آب، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماهی بیاح و ماهی شانک زردباله در هر ایستگاه انجام شد. نمونه‌ها با دستگاه کروماتوگرافی با زارده بالا (HPLC) مجهز به دکتور UV تجزیه و تحلیل شده و غلظت ۱۶ ترکیب از هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در آنها محاسبه شد. نتایج نشان داد که ترکیبات PAHs موجود در منطقه، هر دو منشأ پیرولیتیک و پتروژنیک را دارند که البته چیرگی با منشأ پیرولیتیک بود و علی‌رغم وجود ترکیبات نفتی، احتراق سوخت‌های فسیلی سهم بیشتری در ورود PAHs به خور موسی دارند.

کلید واژه

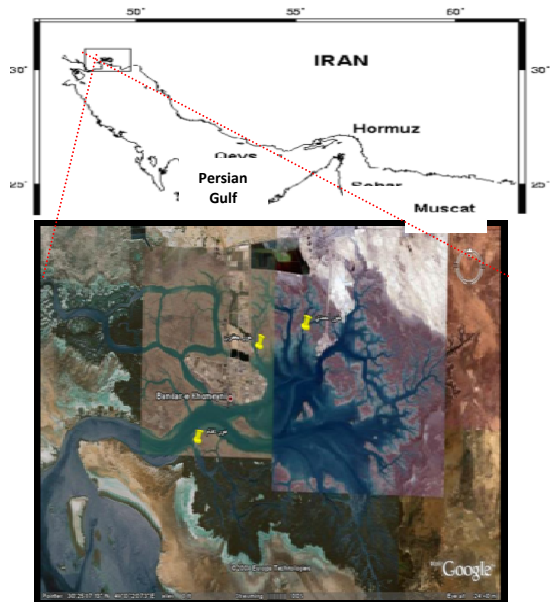
هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، نسبت مولکولی، منشأ، خور موسی

سراغاز

PAHs وجود دارند، اما فقط ۱۶ ترکیب از آنها را آژانس حفاظت محیط زیست امریکا^۳ (USEPA) به عنوان آلاینده‌های اولیه شناخته است (Chen, et al., 2008). PAH‌های با وزن مولکولی کم^۴ (LMW) ترکیباتی هستند که دارای ۲ یا ۳ حلقه بنزنی‌اند و جرم مولکولی آنها از ۲۰۲ gr/mol کمتر است. این ترکیبات به شدت برای موجودات آبی سمی‌اند و باعث صدمه زدن به رشد و بقا و تولید مثل آنها می‌شوند، در مقابل PAH‌های با وزن مولکولی زیاد^۵ (HMW) ترکیباتی هستند که ۴ حلقه بنزنی یا بیشتر دارند و جرم مولکولی آنها مساوی یا بیشتر از ۲۰۲ gr/mol است. این دسته از PAHs در غلظت‌های محیطی سمیت کمتری دارند اما ممکن است در موجودات سطوح بالاتر سرطان‌زا^۶ و جهش‌زا^۷ باشند

یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های آلی که در همه جا حضور دارند و به خاطر آثار سمی، سرطان‌زایی، جهش‌زایی و تجمع زیستی‌شان در موجودات مورد توجهند، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای هستند که به اختصار^۱ PAHs نامیده می‌شوند. کوچک‌ترین این ترکیبات نفتالین با ۲ حلقه و بزرگترین آنها کرونن^۲ با ۷ حلقه است. با افزایش جرم مولکولی، انحلال‌پذیری آنها در آب کاهش پیدا کرده و خصوصیات چربی‌دوستی افزایش می‌یابد، به‌طوری که می‌توان گفت ترکیبات ۷ حلقه‌ای درعمل غیرمحلولند، دسترسی زیستی آنها محدود شده و از اهمیت زیست محیطی کمی برخوردارند (Denton, et al., 1999). بیش از ۱۰۰ نوع مختلف از

ایستگاههای نمونه برداری و صنایع و تأسیسات مجاور آنها ذکر شده است.



شکل شماره (۱): موقعیت منطقه خور موسی و ایستگاههای مورد مطالعه

جدول شماره (۱): مختصات جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری

ایستگاه	مختصات جغرافیایی	فعالیت‌های عمده انسانی
جعفری	۳۰° ۲۶' ۴۸" N ۴۹° ۰۶' ۵۸" E	مجاورت با منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی و بنادر و کشتیرانی، دریافت فاضلاب‌های شهری و صنعتی
غنام	۳۰° ۲۳' ۲۹" N ۴۹° ۰۲' ۴۳" E	تردد کشتی‌های نفتی و باری، نزدیکی به مجتمع پتروشیمی و بنادر و کشتیرانی
احمدی	۳۰° ۲۷' ۵۹" N ۴۹° ۰۹' ۲۴" E	نزدیکی به اسکله نفتی

نمونه برداری

برای نمونه برداری از آب دریا در ایستگاههای تعیین شده از بطری نمونه برداری یک لیتری شیشه‌ای تیره استفاده شد. در ابتدا ظروف دوبار، با آب منطقه شسته شده و سپس از آب زیر سطحی

(Eisler, 1987; Stevenson, 2003). ترکیبات PAHs از منابع متعددی وارد محیط می‌شوند. آنها می‌توانند منشاء طبیعی داشته باشند (مانند آتش‌سوزی جنگل‌ها، فعالیت‌های آتشفشانی و مواد آلی در طبیعت) اما منبع اصلی ورود این آلاینده‌ها به محیط، فعالیت‌های انسانی است. منابع غیرطبیعی ورود PAHs به محیط شامل منشاء پیرولیتیک و منشاء پتروژنیک است. ترکیبات با منشاء پیرولیتیک از احتراق سوخت‌های فسیلی (زغال سنگ، بنزین، نفت و گازوئیل) تولید شده و به شکل ذرات جامد و گاز، یا بخار وارد محیط می‌شوند و ترکیبات PAHs با وزن مولکولی بالا را شامل می‌شوند. ترکیباتی که منشاء پتروژنیک دارند، از ورود نفت خام، نفت تصفیه شده و تولیدات نفتی احتراق نیافته از طریق ریزش مستقیم نفت، تردد نفتکش‌ها و رواناب‌های شهری وارد دریا می‌شوند و ترکیبات با وزن مولکولی کم را شامل می‌شوند (Piccardo, et al., 2001; Tolosa, et al., 2004). خور موسی در استان خوزستان، در سواحل شمالی خلیج فارس و در جنوب غربی ایران واقع شده است و شاخص‌ترین اکوسیستم ساحلی از نوع پهنه‌های کشنیدی، یا میان جزر و مدی است که به دلیل شرایط خاص محیطی در نوع خود در خلیج فارس بسیار با اهمیت است.

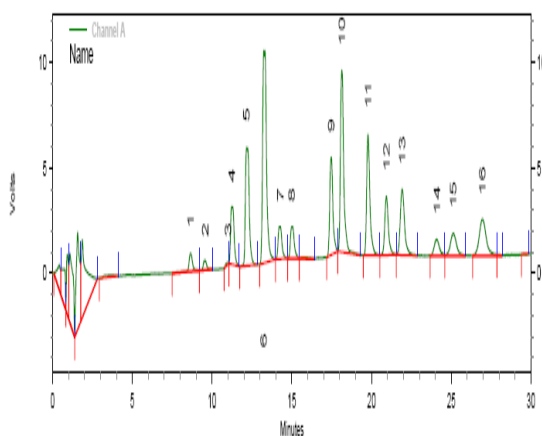
برخورداری این منطقه از موقعیت خاص جغرافیایی، منجر به ایجاد مجموعه‌ای از تأسیسات و صنایع پتروشیمی مانند مجتمع‌های پتروشیمی رازی و امام خمینی و نیز بنادر حساس و راهبردی مانند ماهشهر و اسکله‌های صادرات نفت شرکت نفت ایران شده است. بدون تردید استقرار این مراکز صنعتی در کناره‌های خور موسی باعث ورود حجم عظیمی از آلاینده‌های صنعتی و غیرصنعتی به آن شده است. به علت خطرهای بالایی که ترکیبات PAHs برای سلامت اکوسیستم از جمله جوامع انسانی دارا هستند، به دست آوردن برآوردی از میزان آلودگی منطقه به این نوع آلاینده‌ها بسیار مهم است.

مواد و روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

در خور موسی در خلیج فارس ۳ ایستگاه نمونه برداری تعیین شد که عبارتند از خور جعفری، خور غنام و خور احمدی. ایستگاههای احمدی و جعفری در سمت شمالی خور موسی و ایستگاه غنام در سمت جنوبی خور قرار دارد (شکل شماره ۱). با توجه به این که فعالیت‌های انسانی در هر ایستگاه متفاوت از سایر ایستگاههاست، در جدول شماره (۱) مختصات جغرافیایی

دقیقه ۲۷ به همین صورت ادامه می‌یافت و سپس درصد استونیتریل کاهش یافته و در دقیقه ۳۰ به میزان اولیه خود می‌رسید. شدت جریان هم ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. برای کنترل دستگاه از نرم افزار Chromgate نسخه ۳/۱۷ استفاده شد. برای تنظیم دستگاه و تعیین غلظت ۱۶ ترکیب PAHs، از محلول استاندارد PAH Calibration Mix با شماره کاتالوگ 47940-U محصول شرکت SUPELCO استفاده شد. برای تعیین صحت انجام عملیات آماده‌سازی نمونه‌ها از CRM بیوتا استاندارد شماره ۴۰۶ سازمان انرژی اتمی جهانی^۸ (IAEA) استفاده شد.



شکل شماره (۲): کروماتوگرام حاصل از تجزیه و تحلیل نمونه استاندارد

به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از نرم افزار SPSS16 و تست کالموگروف-اسمیرنوف استفاده شد و نمودارهای مربوط نیز به وسیله نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج

غلظت ۱۶ ترکیب PAHs در نمونه‌های آب، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماهی بیاچ (*Liza abu*) و شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) صید شده در ایستگاههای مورد مطالعه در خور موسی اندازه‌گیری شد.

سپس با تعیین منشاء PAHs در ایستگاههای مورد مطالعه، نسبت‌های LMW/HMW (ترکیبات با وزن مولکولی کم به ترکیبات با وزن مولکولی زیاد)، Phe/Ant (فنانترین به آنتراسن)، Fla/Pyr (فلورانتین به پیرن) و Chr/BaA (کرایزن به بنزو (a) آنتراسن) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول شماره (۲) و شکل‌های شماره (۳، ۴، ۵ و ۶) به نمایش گذاشته شده است.

(۵/۰ متری) پر شد (Zhou and Maskaoui, 2003). نمونه‌های برداشت شده برای اندازه‌گیری PAHs، پس از ثبت زمان و مکان نمونه‌برداری، بدون اضافه کردن ماده دیگری، در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شد و تا زمان تجزیه و تحلیل در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتیگراد قرار گرفت (Law, et al., 1988). نمونه‌برداری از پلانکتون‌ها نیز در همان ایستگاههای مورد نظر انجام شد. برای نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون‌ها از تور پلانکتون گیر ۵۵ میکرون و برای زئوپلانکتون‌ها از تور پلانکتون گیر ۱۰۰ میکرون استفاده شد. نمونه‌های پلانکتونی بدون فیکس کردن، درون شیشه‌های تیره و در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شد (Pazdro, 2004). صید دو گونه ماهی بیاچ (*Liza abu*) و ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) نیز با تور ترال در ایستگاههای تعیین شده صورت گرفت.

در هر ایستگاه از هر نوع ماهی حدود ۱۵ نمونه در نظر گرفته شد. نمونه‌های ماهی درون فویل آلومینیومی پیچیده شده و در یخ قرار داده شدند و پس از رسیدن به آزمایشگاه تا زمان تجزیه و تحلیل و تعیین میزان ترکیبات PAHs درون فریزر ۲۰- درجه سانتیگراد قرار گرفتند (Anyakora, et al., 2005). بدین ترتیب نمونه‌های آب، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماهی بیاچ و ماهی شانک زردباله برای تعیین میزان PAHs در آنها آماده شد.

قبل از هر چیز نمونه‌های آب در آزمایشگاه از کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون عبور داده شد. برای نمونه‌های پلانکتون و ماهی نیز حدود ۲ گرم از نمونه در ۱۰ میلی لیتر محلول KOH ۱ مولار به مدت ۳ ساعت در حلال اتانولیک در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد درون سیستم رفلکس حرارت دید.

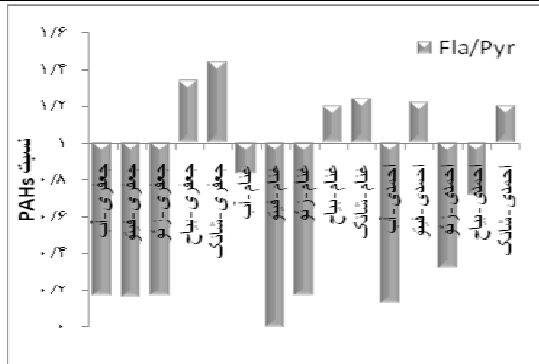
نمونه درون قیف جداکننده همراه با ۲۰ میلی لیتر سیکلوهاگزان به مدت ۲۰ دقیقه به شدت تکان داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه روی پایه ساکن نگه داشته شد تا فاز هگزانیک از فاز قطبی جدا شود. این عمل دو بار دیگر تکرار شد. سپس از انیدرید سولفات سدیم و پودر فلورسیل عبور داده شد و در نهایت در مجاورت هوا خشک شد. در نهایت یک میلی لیتر استونیتریل به آن اضافه شد و به دستگاه HPLC با دتکتور UV تزریق شد (Perugini, et al., 2007).

فاز ساکن استفاده شده در دستگاه، ستون فاز معکوس C₁₈ به طول ۲۵۰ و قطر ۴/۵ میلی‌متر و قطر ذرات داخلی ۵ میکرومتر و فاز متحرک از نوع گرادایانی بود که با ۶۰٪ آب و ۴۰٪ استونیتریل شروع می‌شد و در دقیقه ۲۰ به ۱۰۰٪ استونیتریل می‌رسید و تا

جدول شماره (۲): نسبت‌های PAHs در نمونه‌های

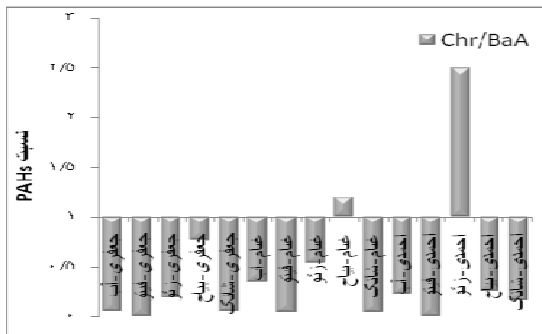
مورد مطالعه

نمونه‌های مورد مطالعه	نسبت‌های محاسبه شده				
	L MW/H MW	Phe / Ant	Fla / Pyr	C hr/BaA	
جعفری	آب	۰/۶۷	۷/۹۵	۰/۱۷	۱/۰۵
	فیتولانکتون	۰/۰۵	۳/۹	۰/۱۶	۰
	زئولانکتون	۰/۳۴	۲/۹۳	۰/۱۷	۰/۱۸
	بیاح	۰/۰۶	۱/۲۷	۱/۳۴	۰/۷۷
غلام	آب	۱/۲۰	۱/۲۶	۰/۸۳	۰/۳۴
	فیتولانکتون	۰/۶۷	۱/۰۲	۰	۰/۰۴
	زئولانکتون	۰/۴۶	۴/۰۷	۰/۱۷	۰/۵۳
	بیاح	۰/۱۹	۱/۱۱	۱/۲۰	۱/۱۹
احمدی	آب	۰/۳۶	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۲۳
	فیتولانکتون	۰/۲۰	۰/۸۱	۱/۲۲	۰
	زئولانکتون	۰/۳۹	۱/۵۲	۰/۳۲	۲/۵۰
	بیاح	۰/۱۷	۱/۲۲	۰/۷۱	۰/۲۵
احمدی - شانگ	آب	۰/۰۷	۱/۵۲	۱/۲۰	۰/۱۵
	فیتولانکتون	۰/۰۶	۱/۳۸	۱/۴۴	۰/۰۵
	زئولانکتون	۰/۰۶	۱/۳۴	۱/۳۴	۰/۱۸
	بیاح	۰/۰۶	۱/۲۷	۱/۳۴	۰/۷۷



شکل شماره (۵): نسبت Fla/Pyr در نمونه‌های

مورد مطالعه

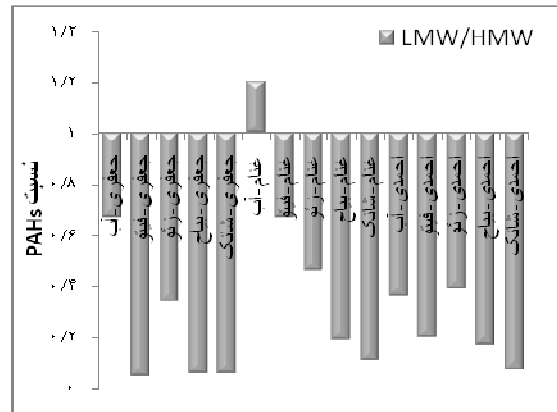


شکل شماره (۶): نسبت Chr/BaA در نمونه‌های

مورد مطالعه

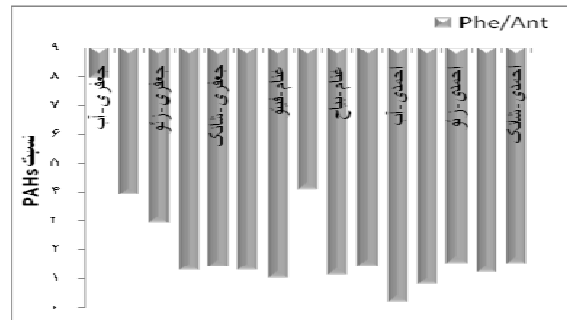
بحث و نتیجه گیری

ورود مستقیم، نفت خام و نفت تصفیه شده که منابع پتروژنیک را شامل می‌شوند، اغلب دارای ترکیبات PAHs با وزن مولکولی کم و احتراق سوخت‌های فسیلی مانند بنزین و گازوئیل منابع پیرولیتیک را شامل می‌شوند، دارای ترکیبات PAHs با وزن مولکولی زیاد هستند (Yim, et al., 2004). با توجه به این مطلب، اگر $LMW/HMW < 1$ باشد، مبین منبع پتروژنیک و $LMW/HMW > 1$ ، نشان‌دهنده منبع پیرولیتیک است (شکل شماره ۳) (Magi, et al., 2002; Soclo, et al., 2008). اگر $Phe/Ant < 1$ باشد، نشان‌دهنده وجود منابع پیرولیتیک است و $Phe/Ant > 1$ ، نشان‌دهنده منشأ پتروژنیک است (شکل شماره ۴) (Tam, et al., 2001; Zhou and Maskaoui, 2003; Zheng, et al., 2004). $Fla/Pyr > 1$ مؤید منابع پیرولیتیک بوده و $Fla/Pyr < 1$ نشان‌دهنده منشأ پتروژنیک است (شکل شماره ۵) (Zhou and Maskaoui, 2003; Zheng, et al., 2004; Beg, et al., 2009). $Chr/BaA < 1$ نشان‌دهنده منشأ پیرولیتیک است، در حالی که $Chr/BaA > 1$ منشأ پتروژنیک را تأیید می‌کند



شکل شماره (۳): نسبت LMW/HMW در نمونه‌های

مورد مطالعه



شکل شماره (۴): نسبت Phe/Ant در نمونه‌های

مورد مطالعه

می‌شوند (Oros, et al., 2007). زباله‌های صنعتی و خانگی نیز از منابع مهم بومی PAHs محسوب می‌شوند (kumar, et al., 2008). همچنین وجود منشاء پتروژنیک، احتمالاً به خاطر ریزش‌های تصادفی نفت خام که منبعی از آلاینده‌های پتروژنیک است، با توجه به مجاورت با بندر امام خمینی و مجتمع پتروشیمی رازی انواع پساب حاوی مواد پلیمری و روغنی وارد این محیط آبی می‌شود. ریزش پساب حاصل از سوخت کشتی‌ها و قایق‌ها در این ایستگاهها نیز از جمله این عوامل است. همچنین مواد اولیه مصرفی مجتمع پتروشیمی رازی شامل گاز طبیعی، نفتان و نمک‌های مختلف است که ممکن است در جریان حمل و نقل وارد خور شود. به طور کلی PAHs با منشاء پتروژنیک بیشتر در آب و پلانکتون مشاهده شد، شاید به این دلیل باشد که هیدروکربن‌های سبک‌تر، در آب بیشتر حل می‌شوند (Beg, et al., 2009) و پلانکتون‌ها نیز این ترکیبات را به طور مستقیم از آب دریافت می‌کنند. به طور کلی، ترکیبات PAHs موجود در خور موسی هم منشاء پیرولیتیک و همچنین پتروژنیک دارند که چیرگی با منشاء پیرولیتیک است.

یادداشت‌ها

- 1- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
- 2- Coronene
- 3-United States Environmental Protection Agency
- 4- Low Molecular Weight
- 5- High Molecular Weight
- 6- Carcinogenic
- 7- Mutagenic
- 8- International Atomic Energy Agency

(شکل ۶) (Piccardo, et al., 2001). با توجه به محاسبه نسبت‌های فوق، ترکیبات PAHs موجود در خور جعفری، در نمونه‌های آب، فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون خور هم منشاء پتروژنیک و هم منشاء پیرولیتیک دارند که البته با توجه به نسبت‌های بررسی شده، منابع پیرولیتیک غالبیت دارد. PAHs در نمونه ماهی بیاچ و ماهی شانک این ایستگاه منشاء پیرولیتیک دارند. در خور غنام، محاسبه نسبت‌های PAHs نشان دهنده منشاء پتروژنیک و پیرولیتیک در نمونه‌های آب، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و بیاچ و منشاء پیرولیتیک در نمونه شانک است و در خور احمدی، PAHs در نمونه‌های آب، زئوپلانکتون و بیاچ از هر دو منبع پتروژنیک و پیرولیتیک تأمین می‌شوند که غالبیت با منابع پیرولیتیک است و در نمونه‌های فیتوپلانکتون و شانک منشاء PAHs پیرولیتیک است. این اطلاعات با منابع واردکننده PAHs به این مناطق مطابقت دارد. این ایستگاهها از مراکز دارای فعالیت صنعتی هستند و فاضلاب ناشی از آنها به آب منطقه وارد می‌شود. نزدیکی به بندر امام خمینی، تردد، تخلیه و بارگیری تعداد بسیار زیاد کشتی در این بندر از عوامل ایجاد آلودگی این مناطق است. پساب اداره بنادر و کشتی‌رانی که از غلظت و حجم زیادی برخوردار بوده و رنگ بسیار تیره‌ای دارد نیز از عوامل آلودگی منطقه است. احتراق سوخت موتور شناورهای مختلف نفتی و باری و قایق‌های صیادی از جمله عوامل ایجاد PAHs با منشاء پیرولیتیک است، زیرا حرارت و سوختن مواد فسیلی مجموعه‌ای از PAHs را رها کرده که این مواد به طور مستقیم یا از طریق رواناب رودخانه‌ها و مناطق ساحلی، یا از طریق ته نشست خشک و مرطوب اتمسفری به محیط دریایی وارد

منابع مورد استفاده

- Anyakora, C., et al. 2005. Determination of polynuclear aromatic hydrocarbon in marine samples of Siokolo Fishing Settlement, Journal of Chromatography, 1073, 323-330.
- Beg, M.U., et al. 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons in three varieties of fish from Kuwait Bay, Polycyclic Aromatic Compounds, 29, 75-89.
- Chen, J., M.H., Wong, Y.S., Wong. 2008. Multi-factors on biodegradation kinetics of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by Sphingomonas sp. A bacterial isolated from mangrove sediment, Marine Pollution Bulletin, 57, 695-702.
- Denton, G.R.W., L.P., Concepcii, H.R. Wood. 1999. Heavy metals, PCBs and PAHs in marine organisms from four harbor locations on Guam, WERI Technical Report, 81, 120 pp.

Eisler, R. 1987. Polycyclic aromatic hydrocarbon hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. Contaminant Hazard Review, Fish and Wildlife Service Biological Report, Washington, D.C. 85, 1-11.

Kumar, K.S., et al. 2008. Contamination profiles of heavy metals, organochlorine pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons and alkylphenols in sediment and oyster collected from marsh/estuarine Savannah GA, USA. Marine Pollution Bulletin, 56, 136–162.

Law, R.J., T.W., Fileman, J.E., Portmann .1988. Methods of analysis of hydrocarbons in marine and other samples, Aquatic Environment Protection: Analytical Methods, 2, 25 pp.

Magi, E., et al. 2002. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of Adriatic Sea, Environmental Pollution, 119, 91-98.

Oros, D.R., et al. 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination in San Francisco Bay: A 10-year retrospective of monitoring in an urbanized estuary, Environmental Research, 105, 101-118.

Pazdro, K. 2004. Persistent organic pollutants in the Gulf of Gdansk, The Environmental Protection, 6, 63-76.

Perugini, M., et al. 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbons in marine organisms from the Adriatic Sea, Italy, Chemosphere, 66, 1904-1910.

Piccardo, M.T., R., Coradeghini, F., Valerio .2001. Polycyclic Aromatic hydrocarbon pollution in Native and Caged Mussels, Marine pollution Bulletin, 42, 951-956.

Soclo, H.H., et al. 2008. Biota Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in Benin Coastal Waters, Marine Pollution Bulletin, 28, 112-127.

Stevenson, R.W. 2003. Development and application of a model describing the bioaccumulation and metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in a marine benthic food web, Report No. 334.

Tam, N.F.Y., et al. 2001. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of mangrove swamp, Environmental pollution, 114, 255-263.

Tolosa, I., et al. 2004. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediment, Marine Pollution Bulletin, 48, 44-60.

Yim, U.H., et al . 2004. Distribution and Characteristics of PAHs in Bivalves from Gwangyang Bay, Korea, Environmental Biology, 22, 78-85.

Zheng, J.S., et al. 2004. Distribution and sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) in marine environment of China, Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 22, 136-145.

Zhou, J.L., K., Maskaoui .2003. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and surface sediments from Daya Bay, China, Environmental Pollution, 121, 269–281.