

تعیین منشأ هیدروکربن‌ها در رسوبات سطحی جنگل‌های مانگروی بندر خمیر

زهرة ابراهیمی سیریزی^۱، علیرضا ریاحی بختیاری^{۲*}

۱- کارشناس ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران، پست الکترونیکی: zohrebrahimi12@yahoo.com

۲- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران، پست الکترونیکی: ariyahi@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۵

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۲۲

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس شناسی است.

چکیده

خلیج فارس یکی از بدنه‌های مهم آبی دنیاست که از نظر تولید و صادرات نفت و فرآورده‌های نفتی به شدت توسعه پیدا کرده است. با توجه به اینکه هیدروکربن‌ها ممکن است سبب اثرات متنوعی بر روی زندگی آبی و کنارآبی شوند؛ مدت طولانی است که پایش هیدروکربن‌ها در رسوبات مطرح شده است. در مطالعه حاضر میزان و منشأ هیدروکربن‌های آلیفاتیک و آروماتیک در هفت نمونه رسوب سطحی جمع‌آوری شده از جنگل‌های مانگروی بندر خمیر مورد بررسی قرار گرفت. استخراج نمونه‌ها با دستگاه سوکسله و حلال دی‌کلرومتان انجام و نمونه‌ها با دستگاه GC-MS آنالیز شدند. ۲۳ ترکیب PAHs و آلکان‌های نرمال محدوده کربنی (n-C₁₄-n-C₃₃) مورد بررسی قرار گرفتند. میانگین غلظت کلی برای آلکان‌های نرمال برابر با ۱۶۴۴ ± ۳۵۴ μg/g و برای PAHs برابر با ۱۳۹۴ ± ۵۰۳ ng/g (وزن خشک) به دست آمد. جنگل‌های مانگروی درصد بالایی از هیدروکربن‌های سبک‌وزن داشتند. نسبت‌های تشخیصی برای تعیین منشأ هیدروکربن‌ها استفاده شد که همه آنها یک منشأ نفتی را مورد تأیید قرار دادند.

کلمات کلیدی: جنگل‌های مانگرو، هیدروکربن، بندر خمیر، آلودگی نفتی، آلکان‌های نرمال، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای.

۱. مقدمه

و نقل نفت در این منطقه شدیدترین فعالیت‌ها از نوع خود در دنیا محسوب می‌شوند. آلودگی نفتی در این منطقه ۳ درصد کل جهان و نزدیک ۵۰ برابر متوسط برای یک محیط دریایی تخمین زده شده است (Golob and Bruss, 1984).

خلیج فارس دارای زیست‌بوم‌های ارزشمند فراوانی است که یکی از این زیست‌بوم‌های منحصر به فرد، جنگل‌های مانگرو

خلیج فارس یکی از قطب‌های مهم تولید نفت جهان است. این منطقه ذخیره دو سوم نفت جهان را داراست و در حال حاضر مسوولیت تولید نفت تقریباً یک چهارم جهان را عهده دار است (Khan et al., 2002). فعالیت‌های اکتشاف، بهره‌برداری و حمل

می‌سازد. از بین نشانگرهای زیستی موجود، آلکان‌های نرمال و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) به‌طور گسترده-ای در تعیین منشأ مواد آلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

از شاخص‌های پرکاربرد جهت تعیین منشأ هیدروکربن‌ها با استفاده از آلکان‌های نرمال می‌توان به شاخص پرستان به فیتان (Pr/Ph)، پرستان به آلکان نرمال ۱۷ کربنه (Pr/n-C17)، فیتان به آلکان نرمال ۱۸ کربنه (Ph/n-C18)، شاخص ارجحیت کربن (CPI^۱)، مقدار مخلوط ترکیبات حل نشده (UCM^۲)، نسبت ترکیبات حل نشده به ترکیبات حل شده (U/R^۳)، نسبت آلکان-های نرمال با منشأ گیاهان خشکی به آلکان‌های نرمال با منشأ گیاهان آبی (TAR^۴) اشاره کرد. در واقع هر یک از این نسبت‌ها با هدف خاصی برای تعیین منشأ به‌کار می‌روند (Tolosa et al., 2004).

PAHs گروه دیگری از ترکیبات موجود در نفت هستند که کاربرد ویژه آنها در تعیین منشأ ریزش‌های نفتی است. از آنجا که این ترکیبات در برابر تجزیه زیستی مقاوم هستند، می‌توانند همچون اثر انگشت برای تعیین ویژگی‌های یک نفت مشخص مورد استفاده قرار گیرند (Colombo et al., 1989). اگرچه PAHs از طریق فرآیندهای طبیعی و انسانی وارد محیط می‌شوند؛ اما فرایند اصلی آنها برای ورود به محیط زیست، فرایند انسانی است که خود به دو گروه منابع Petrogenic و منابع Pyrogenic تقسیم می‌گردد (Boonyatumanond et al., 2006).

برای تعیین منشأ مواد آلی با استفاده از PAHs نیز از یک سری نسبت‌های بین ترکیبات PAHs استفاده می‌شود. از جمله نسبت-های پرکاربرد در این زمینه می‌توان به نسبت فنانترون به آنتراسن (Phe/Ant)، فلئورانتن به پیرن (Flu/Pyr)، بنزو(آ)آنتراسن به کرایزن (B(a)A/Chr)، آنتراسن به آنتراسن به اضافه فنانترون (An/(An+Ph))، فلئورانتن به فلئورانتن به اضافه پیرن (Flu/(Flu+Pyr))، بنزو(آ)آنتراسن به بنزو(آ)آنتراسن به اضافه کرایزن (BaA/(BaA+Chr))، ایندنو (۳،۲،۱-سی دی) پیرن به مجموع ایندنو (۳،۲،۱-سی دی) پیرن به اضافه بنزو (جی‌اچ‌آی) پیریلن (IP/(IP+Bghi))، متیل فنانترون به فنانترون (MP/P) و

است. سطح این جنگل‌ها در سال‌های اخیر به‌شدت کاهش پیدا کرده است. مطالعات به‌عمل آمده نشان می‌دهد استفاده بی‌رویه از برگ درختان این جنگل‌ها برای استفاده دام و همچنین آلودگی نفتی مهمترین تهدیدات موجود برای این جنگل‌ها محسوب می‌شوند (Zahed et al., 2010). این جنگل‌ها از زیست‌بوم‌های بسیار حساس به آلودگی نفتی هستند و شرایط بی‌هوازی بستر این جنگل‌ها باعث می‌شود که نفت وارد شده به آنها مدت طولانی بدون تغییر باقی بماند و موجودات این زیست‌بوم، به‌خصوص درختان آن را متأثر سازد.

منطقه‌ی حفاظت شده حرا واقع در حد فاصل قشم و بندر خمیر، بزرگترین پهنه مانگرویی خلیج فارس و همچنین بزرگترین منطقه‌ی حفاظت شده آبی ایران محسوب می‌شود (Zahed et al., 2010). بندر خمیر که در شمال غربی این منطقه قرار گرفته است، مهم‌ترین شهر اطراف منطقه حفاظت شده محسوب می‌شود. جنگل‌های این بخش مشابه با سایر بنادر دنیا آلودگی را از منابع متعدد نظیر تخلیه فاضلاب‌ها، کشتیرانی، تخلیه سوخت و روغن موتورهای مستعمل قایق‌ها و غیره دریافت می‌نماید (Harji et al., 2008). همچنین لازم به ذکر است که آبراه‌ها و کانال‌های اصلی این بخش، مسیر رفت و آمد گسترده‌ی دریایی و حمل غیرقانونی کالا و سوخت از بندرعباس به قشم محسوب می‌شوند که همه این موارد باعث ورود آلاینده‌ها به این محیط می‌گردند.

هیدروکربن‌ها یکی از اجزای موجود در محیط‌های آبی به‌خصوص رسوبات هستند. هیدروکربن‌های موجود در محیط-های آبی از دو منشأ کلی ناشی می‌شوند؛ یکی از این منشأها زیست‌شناختی است که از گیاهان و پلانکتون‌ها ناشی می‌گردد و دیگری از نفت و فرآورده‌های آن منشأ می‌گیرد. هیدروکربن‌ها صرف نظر از منشأشان، پس از ورود به محیط‌های آبی تحت تأثیر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی قرار می‌گیرند. و سرانجام به‌دلیل خصوصیت آبگریزی که این ترکیبات دارند جذب رسوبات شده و در آنجا ذخیره می‌شوند (Tolosa et al., 2004). به‌دلیل ساختار پایداری که هیدروکربن‌ها دارند از آنها می‌توان برای شناسایی منشأ ورودشان به محیط استفاده کرد. شناسایی منشأ ورود هیدروکربن‌ها به محیط می‌تواند ما را در اتخاذ رویکرد مدیریتی صحیح برای حفاظت از زیست‌بوم‌های حساس یاری رساند. در میان روش‌های مطالعاتی موجود، بررسی نشانگرهای زیستی و عوامل ژئوشیمیایی متداول در تعیین منشأ مواد آلی، دیدی همه‌جانبه از شرایط حاکم بر زیست‌بوم‌ها فراهم

¹ Carbon Preference Index

² Unresolved Complex Mixture

³ Ratio of Unresolved compounds Resolved compounds in Gas Chromatography

⁴ Terrestrial /Aquatic Ratio

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

موقعیت جغرافیایی	ایستگاه‌ها
۵۵° ۳۵' ۶۴.۰"	KH ₁
۵۵° ۳۳' ۹۲.۳"	KH ₂
۵۵° ۳۳' ۹۲.۳"	KH ₃
۵۵° ۳۵' ۶۳.۷"	KH ₄
۵۵° ۳۵' ۱۵.۸"	KH ₅
۵۵° ۳۵' ۴۱.۰"	KH ₆
۵۵° ۳۵' ۴۸.۳"	KH ₇

نمونه‌ها پس از بیرون آوردن از سردخانه به مدت ۷۲ ساعت در دستگاه فریز درایر^۲ گذاشته شدند تا کاملاً خشک گردیدند و پس از آن کاملاً نرم و یک‌دست شدند. به منظور استخراج مواد آلی از نمونه‌ها از دستگاه سوکسله به مدت ۸ ساعت و حلال دی‌کلرومتان به میزان ۳۲۰ میلی‌لیتر و ۱۰ گرم وزن خشک نمونه استفاده گردید (Zakaria et al., 2002; Riyahi-Bakhtiari et al., 2009). به منظور حصول درصد بازیابی ترکیبات PAHs، ۱۰۰ μL استاندارد داخلی که شامل چهار ترکیب دوتریت شده PAHs به نام‌های (naphthalene-d₈, anthracene-d₁₀, chrysene-d₁₂ and perylene-d₁₂) به نمونه‌ها اضافه گردید. همچنین برای از بین بردن گوگرد از نمونه‌ها که باعث ایجاد مزاحمت در پیک کروماتوگرام دستگاه می‌شود مقداری پودر مس فعال شده (حدود دو گرم) مس فعال شده به نمونه‌ها اضافه شد و پس از حلال‌پرانی نمونه‌ها وارد ستون کروماتوگرافی مرحله اول شدند که در این مرحله از سیلیکاژل ۵٪ غیرفعال شده به‌عنوان فاز ساکن و ۲۰ mL مخلوط هگزان به دی‌کلرو متان به نسبت حجمی سه به یک به عنوان فاز متحرک استفاده گردید. قطر داخلی ستون در این مرحله ۰/۹ cm بود و سیلیکاژل نیز تا ارتفاع ۹ سانتی‌متری داخل ستون ریخته شد. نمونه‌ها مجدداً حلال پرانی شده و وارد کروماتوگرافی ستونی مرحله دوم گردیدند. در این مرحله از سیلیکاژل کاملاً فعال شده به‌عنوان فاز ساکن استفاده شد و برای جدا نمودن آلکان‌ها از نمونه‌ها از ۴ mL حلال هگزان و برای جدا کردن ترکیبات PAH از ۱۴ mL مخلوط هگزان به دی‌کلرومتان به نسبت حجمی سه به یک به‌عنوان فاز متحرک استفاده شد. قطر داخلی ستون در این مرحله ۰/۴۷ cm بود و سیلیکاژل نیز تا ارتفاع ۱۸ سانتی‌متری داخل ستون ریخته شد. پس از خارج شدن نمونه‌ها از این ستون نمونه‌ها مجدداً کاهش حجم داده شده و به ویال منتقل گردیدند. سپس نمونه‌ها با استفاده از جریان آرام

همچنین نسبت PAHs سبک وزن به PAHs سنگین وزن (LMW/HMW^۱) اشاره نمود.

علیرغم وجود منابع عظیم نفتی در کشور، متأسفانه مطالعات کمی در زمینه اندازه‌گیری و منشأیابی آلاینده‌های نفتی در محیط‌های آبی کشور و مخصوصاً زیست‌بوم‌های حساس و باارزش آن صورت گرفته است. با توجه به موارد ذکر شده و خلأ عمیق اطلاعاتی در این رابطه، مطالعه حاضر با برگزیدن رویکرد استفاده از نشانگرهای زیستی (PAHs و آلکان‌های نرمال) و با هدف تعیین منشأ مواد آلی در رسوبات سطحی جنگل‌های حرای بندرخمیر، طرح‌ریزی و انجام شده است، تا دید بهتری از شرایط حاکم بر این زیست‌بوم با ارزش از نظر آلودگی نفتی فراهم شود.

۲. مواد و روش‌ها

جنگل‌های حرای بندرخمیر با مساحت ۱۵۰۲/۸ هکتار در سواحل شمالی خلیج فارس و در جنوب استان هرمزگان واقع شده‌اند و از لحاظ تقسیمات کشوری جزء این استان هستند (Ghasemi et al., 2010). به‌منظور تعیین منشأ هیدروکربن‌ها در این منطقه در فروردین‌ماه ۱۳۸۹ (آوریل ۲۰۱۰)، نمونه‌برداری از منطقه صورت گرفت و تعداد ۷ نمونه رسوب سطحی (۵-۰ سانتی‌متری) به‌صورت کاملاً تصادفی توسط بیلچه جمع‌آوری شد و پس از گذاشتن در فویل آلومینیمی، با استفاده از کلمن‌های حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و تا انجام آنالیزهای بعدی در سردخانه و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و جدول ۱ نیز مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

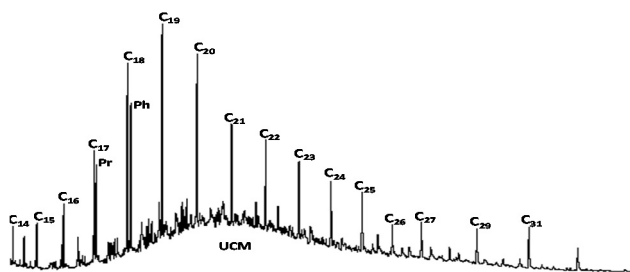


شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه واقع در جنگل‌های مانگرو بندرخمیر

² freeze dryer

¹ Lower Molecular Weight/ Higher Molecular Weight

شاخص فیتوپلانکتون‌ها و جلبک‌ها هستند، در تمامی نمونه‌های رسوب قابل تشخیص بود.



شکل ۲: یک نمونه از کروماتوگرام شاخص دستگاه GC-MS در آنالیز آلکان‌های نرمال

شاخص ارجحیت کربن (CPI)، یک شاخص کلیدی و بسیار ارزشمند در تعیین منشأ مواد آلی است. این شاخص از تقسیم آلکان‌های نرمال فرد زنجیر به زوج زنجیرها به دست می‌آید. مقدار این شاخص نزدیک به ۱ و در محدوده ۱/۳۶ - ۰/۹۶ به دست آمد. مقادیر نزدیک به ۱ این شاخص، حاکی از وجود ورودی‌های غالب مواد آلی از نفت و میکروارگانیسم‌های دریایی در رسوبات است (Simoneit, 1986; Jeng, 2006).

وجود مخلوط ترکیبات حل نشده UCM در نمونه‌ها می‌تواند یکی از متقاعدکننده‌ترین دلایل وجود آلودگی نفتی در محیط باشد. UCM در کروماتوگرام دستگاه به صورت یک خیز از خط مبنا خود را نشان می‌دهد، که به خوبی در شکل ۲ قابل مشاهده است. حضور UCM را می‌توان شاخص مطمئنی از وجود بقایای نفتی تجزیه شده یا هوازده در رسوبات سطحی محیط‌های دریایی دانست.

مقدار عددی نسبت مخلوط ترکیبات حل نشده به ترکیبات حل شده (U/R) می‌تواند معیاری نسبی از میزان UCM در نمونه‌ها باشد. مقدار این نسبت در محدوده ۲/۲۵ تا ۶/۴۶ به دست آمد. بر اساس منابع موجود، مشاهده U/R بزرگتر از ۲ در رسوبات را می‌توان دلیل محکمی بر آلودگی قابل توجه منطقه به نفت یا محصولات نفتی عنوان نمود (Simoneit, 1986).

نسبت آلکان‌های نرمال با منشأ گیاهان خشکی به آلکان‌های نرمال با منشأ گیاهان آبی (TAR) شاخص پرکاربرد دیگری در تعیین منشأ مواد آلی است. در رسوبات این منطقه مقدار عددی این شاخص در محدوده ۰/۷۹ تا ۲/۲۴ به دست آمد. مقادیر پایین به دست آمده برای این نسبت، نشان‌دهنده عدم غالبیت آلکان‌های نرمال منشأ یافته از گیاهان عالی خشکی، نسبت به آلکان‌های

گاز نیتروژن با درجه خلوص ۹۹/۹۹۹ درصد کاملاً خشک شدند سپس ۱۰۰ μL ایزواکتان به ویال محتوی آلکان‌های نرمال و ۱۰۰ μL استاندارد داخلی به نام (p-terphenyl-d₁₄) به ویال محتوی PAHs اضافه شد و نمونه‌ها به دستگاه GC-MS تزریق شدند (Zakaria et al., 2002; Riyahi-Bakhtiari et al., 2009). آنالیز نمونه‌ها با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جرمی Agilent Technologies مدل ۵۹۷۵C به همراه یک کروماتوگراف گازی Agilent مدل ۷۸۹۰A ساخت کشور آمریکا انجام شد.

جهت بررسی اختلاف معنی‌دار بین غلظت کلی PAHs در رسوبات سطحی ایستگاه‌های مختلف، پس از نرمال‌سازی داده‌ها، از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA)، استفاده گردید. تمامی آزمون‌های آماری در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS مدل ۱۷ انجام شد.

۳. نتایج

در این تحقیق آلکان‌ها نرمال از n-C₁₄ تا n-C₃₃ و همچنین ۲۳ ترکیب از ترکیبات PAHs که ۱۶ ترکیب لیست آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا را نیز شامل است مورد آنالیز قرار گرفت. متوسط غلظت آلکان‌های نرمال و PAHs، (Mean \pm SE) به ترتیب برابر با ۱۶۴۴ \pm ۳۵۴ $\mu\text{g/g}$ و ۱۳۹۴ \pm ۵۰۳ ng/g به دست آمد.

۳-۱. تعیین منشأ هیدروکربن‌ها با استفاده از آلکان‌های نرمال

توزیع آلکان‌های نرمال در کروماتوگرام همه ایستگاه‌ها از الگوی تقریباً مشابهی تبعیت نمودند. شکل ۲، نشان‌دهنده کروماتوگرامی شاخص از نمونه‌های رسوب این منطقه است. همان‌طور که از کروماتوگرام دستگاه پیدا است، نمونه‌های رسوب جنگل‌های مانگرویی این منطقه، غلظت بالایی از آلکان‌های نرمال کوتاه زنجیر (SHC) را نشان می‌دهند. چیرگی آلکان‌های نرمال در محدوده کربنی (n-C₁₈ - n-C₂₄) هنگامی که غالبیت چندانی از آلکان‌های نرمال فرد نسبت به آلکان‌های نرمال زوج وجود نداشته باشد، نشانه‌ی بارزی از وجود نفت و محصولات نفتی در رسوبات است (Ekpo et al., 2005)، که این وضعیت به خوبی در رسوبات این منطقه مشاهده گردید. همچنین آلکان‌های نرمال فرد کوتاه زنجیر (n-C₁₉, n-C₁₅, n-C₁₇) که

۲-۳. تعیین منشأ هیدروکربن‌ها با استفاده از ترکیبات PAH

به‌طور کلی یکی از روش‌های تعیین منشأ PAHs استفاده از نسبت‌های موجود بین ترکیبات PAH است. به‌علت اختلاف در واکنش‌پذیری، حلالیت و خصوصیات ترمودینامیکی بین برخی از جفت ایزومرهای PAH، از آنها برای تعیین منشأ استفاده می‌گردد (Colombo et al., 1989). یکی از نسبت‌هایی که به‌طور وسیع برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسبت فنانترن به آنتراسن (Ph/An) است. فنانترن و آنتراسن هر دو ایزومرهای یکدیگر هستند. نفت اغلب فنانترن بیشتری نسبت به آنتراسن دارد. بنابراین اگرچه این نسبت در آلودگی پتروژنیک خیلی زیاد است اما دماهای بالا که در فرآیندهای سوختن روی می‌دهد به تشکیل آنتراسن کمک می‌کند و این نسبت کاهش می‌یابد. بنابراین منشأ پاپروژنیک PAHs با مقادیر کم این نسبت مشخص می‌گردد (Baumard et al., 1998). به‌طور کلی نسبت Ph/An بیشتر و کمتر از ۱۰، به ترتیب اشاره به منشأ پتروژنیک و پاپروژنیک ترکیبات PAH دارد (Budzinski et al., 1997). در مطالعه حاضر متوسط مقدار این نسبت حدود ۱۹ به‌دست آمد که به منشأ پتروژنیک برای ورود این ترکیبات اشاره دارد.

نسبت فلئورانتن به پیرن (Flu/Py) یکی دیگر از نسبت‌هایی است که به‌طور گسترده برای این منظور استفاده می‌گردد. مقادیر بالای این نسبت (بالتر از ۱) اشاره به منشأ پاپروژنیک دارد، در حالی که مقادیر پایین آن (کمتر از ۱) به منشأ پتروژنیک اشاره می‌نماید (Baumard et al., 1998). در این تحقیق متوسط مقدار این نسبت در حدود ۰/۴۹ به‌دست آمد که به ورود PAHs از یک منبع پتروژنیک اشاره می‌کند.

به‌منظور فراهم ساختن یک تخمینی درست از منشأ ترکیبات PAH، Budzinski و همکاران (۱۹۹۷)، دو نسبت ذکر شده در بالا، یعنی Ph/An و Flu/Py را با هم پلات کردند و در این پلات دو ناحیه را تعریف نمودند: ناحیه‌ای که در آن نسبت‌های $Ph/An < 10$ و $Flu/Py > 1$ باشد که به‌طور قوی منشأ پتروژنیک را مورد تأیید قرار می‌دهد و از طرف دیگر ناحیه دارای نسبت $Ph/An > 10$ و $Flu/Py < 1$ به‌طور حتم منشأ پاپروژنیک را مشخص می‌نماید. در مطالعه حاضر نیز دو نسبت فوق با هم پلات شدند و به‌طوری که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، همه ایستگاه‌ها منشأ پتروژنیک را مورد تأیید قرار دادند.

منشأ یافته از گیاهان آبی در این منطقه است (Jeng and Huh, 2008). به‌علاوه بر این اساس منابع موجود، غالبیت آلکان‌های با وزن مولکولی پایین که اصولاً از نفت و باکتری‌ها منشأ می‌یابند، می‌تواند عامل ایجاد مقادیر پایین‌تری از شاخص TAR در منطقه-ای شود که دارای پوشش‌هایی از گیاهان خشکی نیز هستند (Oliveira and Madureira, 2011). مقادیر پایین به‌دست آمده از شاخص TAR در رسوبات این منطقه را می‌توان از یک سو به‌دلیل وجود آلودگی نفتی، و از سوی دیگر به تنگ بودن جنگل-ها در این بخش نسبت داد. به‌دلیل قرار گرفتن این جنگل‌ها در مسیر رفت و آمد گسترده قایق‌های حمل کالا و سوخت و همچنین دسترسی آسان مردم محلی و استفاده از سرشاخه‌های درختان حرا به عنوان خوراک دام، مقادیر پایین این شاخص قابل تفسیر است. به‌عبارت دیگر استفاده مردم محلی از سرشاخه‌ها باعث شده که این جنگل‌ها تنگ شوند و در واقع سهم هیدروکربن‌های با منشأ درختان عالی خشکی نسبت به گیاهان آبی در رسوبات این منطقه کاهش یابد.

استفاده از نسبت آلکان‌های نرمال به ترکیبات ایزوپرنوئیدهای غیرحلقوی^۱ اغلب جهت تعیین منشأ هیدروکربن‌های نمونه‌های محیطی بر اساس این واقعیت که مقدار این نسبت‌ها در نفت خام اصولاً کمتر از ۱ و در نمونه‌های غیرآلوده بزرگتر از ۱ است، معمول است (Jeng, 2006). از این بین، دو نسبت C17/Pr و C18/Ph در تشخیص نمونه‌های آلوده به نفت در طبیعت کاربرد گسترده‌ای یافته است. مقادیر این دو نسبت به ترتیب در دامنه ۱/۳۴-۱/۰۱ و ۱/۳۸-۱/۰۵ محاسبه شدند. مقادیر نزدیک به ۱ این نسبت‌ها، نشانه‌ای از آلودگی رسوبات سطحی این منطقه به نفت است. از سویی وجود غلظت‌های قابل توجه هیدروکربن-های ایزوپرنوئید پرستان (Pr) و فایتن (Ph) که از نشانگرهای زیستی معمول آلودگی نفتی هستند، خود مدرکی بر آلودگی رسوبات به نفت در مطالعات تعیین منشأ مواد آلی در نظر گرفته می‌شود اگرچه Pr معمولاً در پیکره زئوپلانکتون‌ها و سایر موجودات دریایی نیز یافت می‌شوند، اما Ph از ترکیبات معمول نفت است (Giger et al., 1974). متوسط غلظت محاسبه شده برای پرستان و فایتن در رسوبات سطحی این بخش، در مقادیر قابل توجه و به ترتیب $67/15 \pm 32/54 \mu\text{g g}^{-1}$ و $52/18 \mu\text{g g}^{-1}$ به‌دست آمد.

^۱ acyclic isoprenoid n-alkanes/

اشاره به منشأ سوختی دارد (Chen et al., 2005). برای مطالعه حاضر متوسط مقدار ۰/۱۷ برای این نسبت به دست آمد. به طور مشابهی می‌توان منشأ PAHs با نسبت ایندینو (۱،۲،۳- سی‌دی) پایرن به مجموع ایندینو (۱،۲،۳- سی‌دی) پایرن به اضافه بنزو (جی‌اچ‌آی) پرین (IP/(IP+Bghi)) را نیز تعیین کرد. مقادیر کمتر از ۰/۲۰ این نسبت حاکی از منشأ نفتی است. اگرچه مقادیر بین ۰/۲۰ تا ۰/۵۰ اشاره به سوختن سوخت‌های فسیلی مایع مثل نفت دارد، اما مقادیر بالاتر از ۰/۵۰ اشاره به سوختن چوب و زغال می‌کند (Chen et al., 2005). شایان ذکر است که در این مطالعه مقدار ۰/۱۸ برای آن به دست آمد.

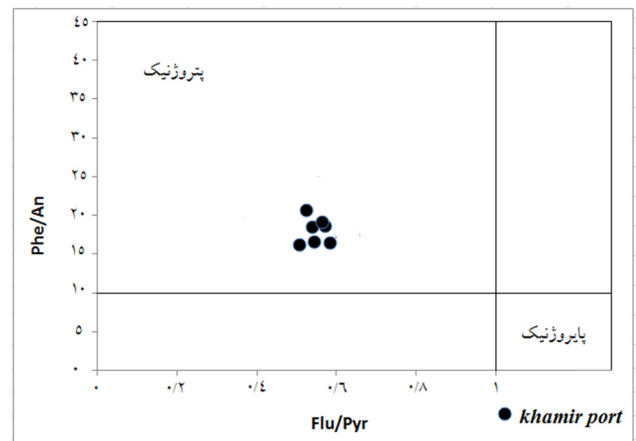
نمونه‌ها هم‌چنین می‌توانند با نسبت متیل فنانترن به فنانترن (MP/P) منشأیابی شوند. مقادیر کمتر از ۱ این نسبت از منشأ سوختی ناشی می‌گردد، در حالی‌که مقادیر بیشتر از ۱ ناشی از منشأ نفتی است (Zakaria and Mahat, 2006). در این مطالعه مقدار ۲ برای این نسبت به دست آمد.

نسبت LMW/HMW نیز برای تعیین منشأ PAHs مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر چه این نسبت بالاتر باشد نفتی بودن منشأ PAHs بطور قوی‌تری مورد تأیید قرار می‌گیرد. متوسط این نسبت در این مطالعه ۱۷/۸۸ به دست آمد که این مقدار نسبتاً بالا است. جدول ۲ نتایج حاصل از منشأیابی ترکیبات آلی با استفاده از ترکیبات PAH را نشان می‌دهد.

نفتالین نیز که ساده‌ترین ترکیب PAH با دو حلقه بنزنی است؛ می‌تواند به عنوان شاخصی از آلودگی محیط به نفت در نظر گرفته شود. این ترکیب همان‌طور که از کروماتوگرام دستگاه (شکل ۴) نیز نمایان است در همه ایستگاه‌ها مقادیر بسیار بالایی از خود نشان می‌دهد.

۳-۳. آنالیز کنترل کیفی

PAHs دوتریت شده، این امکان را فراهم آورد تا میزان از دست رفتن آنالیت‌ها در طی فرایند آماده‌سازی نمونه‌ها تخمین زده شود. متوسط میزان ریکاوری بین ۷۳-۹۵٪ به دست آمد. سپس نتایج، با ریکاوری به دست آمده تصحیح شدند و غلظت واقعی آنالیت‌ها محاسبه گردید. همچنین به منظور کنترل کیفیت روش، نمونه شاهد با هر سری از نمونه‌ها گذاشته شد. علاوه بر این برای جلوگیری از انتقال خطا از یک Run دستگاه به Run دیگر، نمونه‌های شاهد بین سایر نمونه‌ها به دستگاه تزریق شدند.



شکل ۳: پلات نسبت‌های Flu/Pyr و Ph/An به منظور تعیین منشأ ترکیبات PAH در رسوبات سطحی جنگل‌های مانگرویی بندر خمیر

نسبت بنزو(آ)آنتراسن به کرایزن (BaA/Chr)، نسبت دیگری است که برای تعیین منشأ مورد استفاده قرار می‌گیرد، وقتی آلودگی پتروژنیک افزایش می‌یابد مقدار این نسبت در رسوبات، کاهش پیدا می‌کند (Colombo et al., 1989). در تحقیق حاضر متوسط ۰/۲۰ برای این نسبت به دست آمد. PAHs با جرم مولکولی ۱۷۸ و ۲۰۲ از دیگر ترکیبات معمول برای منشأیابی هستند (Budzinski et al., 1997). برای جرم مولکولی ۱۷۸، از نسبت آنتراسن به آنتراسن به اضافه فنانترن (An/(An+Ph)) استفاده می‌گردد. مقادیر کمتر و بیشتر از ۰/۱ برای این نسبت به ترتیب اشاره به منشأ پتروژنیک و پایروژنیک دارد (Budzinski et al., 1997). در مطالعه حاضر متوسط میزان این نسبت حدود ۰/۰۵ به دست آمد که تأییدی دیگر بر پتروژنیک بودن منشأ PAHs در منطقه است.

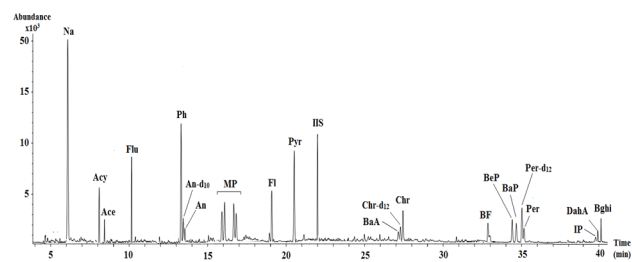
برای جرم مولکولی ۲۰۲، نسبت فلئورانتن به فلئورانتن به اضافه پایرن (Flu/(Flu+Pyr)) برای منشأیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار ۰/۴۰ برای این نسبت، به عنوان مرز بین منشأ پتروژنیک و پایروژنیک در نظر گرفته می‌شود (Yunker et al., 2002)، مقدار این نسبت برای نمونه‌ها با منشأ نفتی زیر ۰/۴۰ است، در صورتی‌که این مقدار در آلودگی با منشأ پایروژنیک بیشتر از ۰/۴۰ است. در این تحقیق متوسط مقدار این نسبت حدود ۰/۳۳ به دست آمد که منشأ نفتی را مورد تأیید قرار می‌دهد. از میان PAHs با جرم مولکولی ۲۲۸، نسبت بنزو(آ)آنتراسن به بنزو(آ)آنتراسن به اضافه کرایزن (BaA/(BaA+Chr)) برای منشأیابی کاربرد دارد. مقادیر زیر ۰/۲۰ این نسبت اشاره به منشأ نفتی، بین ۰/۲۰ تا ۰/۳۵ اشاره به هر دو منشأ و بزرگتر از ۰/۳۵

نمونه‌های محیطی دارا نیستند. از این رو کاربرد توأم این دو نشانگر زیستی کاستی‌های کاربرد مجزای آن‌ها را پوشش می‌دهد. به همین علت کاربرد این دو دسته ترکیبات برای منشأ یابی توصیه می‌گردد.

نفتالین ساده‌ترین ترکیب PAH با دو حلقه بنزنی است. نتایج نشان داد که این ترکیب درصد بالایی از کل ترکیبات PAH را به خود اختصاص می‌دهد و وجود این ترکیب در غلظت بالا می‌تواند ما را به پتروژنیک بودن منشأ ورود PAHs به منطقه رهنمون سازد. نفتالین در سطح خیلی بالا هم‌چنین در رسوبات جمع‌آوری شده از دریای جنوب چین (Yang, 2002) و در دریای Beaufort و رسوبات خلیج Cook (Venkatesan, 1982) مشاهده شده است. مطالعات قبلی به این موضوع اشاره دارد که نفتالین اساساً از فعالیت‌های انسانی مخصوصاً ورود نفت دریافت می‌گردد؛ زیرا نفتالین بخش عمده نفت خام و فرآورده‌های نفتی سبک را تشکیل می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان شاخص بسیار مهمی از منشأ نفتی آلودگی PAHs محسوب شود.

Eghtesadi-Araghi و همکاران (۲۰۰۲) نیز که در زمینه هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای در سواحل شمالی خلیج-فارس مطالعه‌ای انجام دادند، غلظت بالایی را برای این ترکیب به‌دست آوردند که می‌تواند نتایج به‌دست آمده از این تحقیق را مورد تأیید قرار دهد. به‌علت نقطه جوش کم تا متوسط نفتالین، این ترکیب سمی‌ترین و در دسترس‌ترین جزء نفت برای موجودات دریایی است (Anderson, 1974; Moore, 1974) و می‌تواند در غلظت‌های بالا، سبب تحریک رفتار موجودات دریایی شود (Linden, 1977). هم‌چنین نسبت ضریب اکتانول به آب کم نفتالین (۳/۰۱-۳/۴۵) اشاره به این دارد که این ترکیب آب‌گریزی متوسطی دارد؛ بنابراین هم تمایل دارد که جذب ذرات معلق شود و هم در دسترس موجودات دریایی قرار گیرد (Bates, 1997). ترکیبات PAH با ضریب اکتانول به آب کم، مثل نفتالین، به‌دلیل حلالیت زیاد در آب به‌عنوان ترکیباتی که مستقیماً برای موجودات دریایی سمیت دارند، در نظر گرفته می‌شوند (Sverdrup, 2002). ترکیبات PAHs با ضریب اکتانول به آب بالا (Kow>۵) جزء ترکیبات آب‌گریز در نظر گرفته می‌شوند و بیشتر تمایل دارند تا جذب رسوبات گردند.

Eghtesadi-Araghi و همکاران (۲۰۰۲)، توزیع و منشأ PAHs را در خلیج‌فارس مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق رسوبات چهار جزیره به نام‌های کیش (فعال‌ترین جزیره توریستی در خلیج-



شکل ۴: نمونه‌ای از کروماتوگرام دستگاه GC-MS در آنالیز ترکیبات PAHs
 Na (Naphtalene), Acy (Acenaphthylene), Ace (Acenaphthene), Flu (Fluorene), Ph (Phenanthrene), An-d10 (Anthracene-d10), An (Anthracene), MP (3-Methylphenanthrene, 2-Methylphenanthrene, 2-Methylanthracene, 9-Methylphenanthrene, 1-Methylphenanthrene), Fl (Fluoranthene), Pyr (Pyrene), IIS (Internal Injection Standard), BaA (Benzo[a]anthracene), Chr-d12 (Chrysene-d12), Chr (Chrysene), BF (Benzo[b]fluoranthene, Benzo [k]fluoranthene), BeP (Benzo[e]pyrene), BaP (Benzo[a]pyrene), Per-d12 (Perylene-d12), Per (Perylene), IP (Indeno[1,2,3-cd]pyrene), DahA (Dibenzo[a,h]anthracene), Bghi (Benzo[ghi]perylene)

جدول ۲: نسبت‌های مورد استفاده برای منشأیابی با استفاده از ترکیبات PAH

منبع	مطالعه حاضر		منشأ نفتی	منشأ سوختی	نسبت‌ها
	میانگین (ng/g)	محدوده (ng/g)			
Baumard et al., 1998	۱۹/۴۳	۱۷/۱۲-۲۱/۴۷	>۱۵	<۱۰	Phe/An
Soclo et al., 2000	۵/۸۴	۳/۳۳-۱۲/۹۴	>۱	<۱	Chr/BaA
Baumard et al., 1998	-/۴۹	-/۴۵-۰/۵۵	<۱	>۱	Flu/Pyr
Yunker et al., 2002	-/۳۳	-/۳۱-۰/۳۵	<۰/۴	>۰/۵	Flu/(Flu+Pyr)
Gschwend and Hites, 1981	-/۲۰	-/۰/۷-۰/۳۰	<۰/۴	>۰/۴	BaA/Chr
Yunker et al., 2002	-/۱۸	-/۰/۷-۰/۳۰	<۰/۲	>۰/۵	IP/(IP+Bghi)
Zakaria and Mahat, 2006	۲	۱-۳	>۱	<۱	MP/P
Yunker et al., 2002	-/۱۷	-/۰/۷-۰/۲۳	<۰/۲	>۰/۳۵	BaA/(BaA+Chr)
Yunker et al., 2002	-/۰/۵	-/۰/۴-۰/۰/۶	<۰/۱	>۰/۱	An/(An+Ph)
Budzinski et al., 1997	۱۷/۸۸	۴/۴۸-۳۸/۹۲	زیاد	کم	LMW/HMW

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق دو دسته از مهم‌ترین نشانگرهای زیستی، برای تعیین منشأ هیدروکربن‌ها در رسوبات جنگل‌های حرای بندر خمیر مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق ورود هیدروکربن‌ها را از یک منشأ نفتی مورد تأیید قرار داد. در واقع به‌کارگیری هم‌زمان آلکان‌های نرمال و PAHs برای تعیین منشأ مواد آلی می‌تواند موجب به‌دست آوردن نتایج قابل اعتمادتری از تعیین منشأ شود، زیرا PAHs برخلاف آلکان‌های نرمال قابلیت شناسایی منشأ طبیعی (بیوژنیک) را برای مواد آلی

محبی نوذر و همکاران (۱۳۸۶)، غلظت آلکان‌های نرمال n-C₁₀ تا n-C₃₀ رسوبات سواحل خلیج فارس و دریای عمان را در دو نوبت نمونه‌برداری مورد بررسی قرار دادند. آلکان‌های نرمال n-C₁₀ - n-C₂₄ فراوان‌ترین آلکان‌های نرمال مشاهده شده در اکثر نمونه‌های رسوب مورد آزمایش بوده، در حالی که آلکان‌های بزرگ مولکول تا n-C₃₀ در بیشتر نمونه‌ها غیر قابل تشخیص بوده است. اگرچه در این مطالعه تفاوت معنی‌داری در غلظت آلکان‌های نرمال ایستگاه‌های مورد بررسی مشاهده نشده، اما این تفاوت در دو نوبت نمونه‌برداری معنی‌دار بوده است (P < ۰/۰۵). همچنین محاسبه نسبت CPI در نمونه‌های رسوبات برداشت شده از منطقه نشان‌دهنده غالبیت سهم عوامل زیست‌شناختی در فصل تابستان بوده است، در حالی که CPI در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی در فصل زمستان کمتر از ۱ و نشان دهنده وجود منشأ غالب نفتی بوده است.

جنگل‌های حرا از جمله زیست‌بوم‌های بسیار با ارزش هستند که متأسفانه به علل مختلف در سال‌های اخیر سطح این جنگل‌ها به شدت کاهش یافته است. با توجه به اینکه این زیست‌بوم‌ها از زیست‌بوم‌های بسیار حساس نسبت به آلودگی نفتی هستند و مطالعه حاضر نیز آلودگی نفتی را در منطقه مورد تأیید قرار می‌دهد لذا لازم است تا توجه بیشتری نسبت به این موضوع صورت گیرد تا زمینه حفظ این زیست‌بوم کم‌نظیر که هم از دید ملی و هم بین‌المللی دارای اهمیت است به عمل آید.

۵. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از سرکار خانم شیرنشان و سرکار خانم مرتضوی که در انجام نمونه‌برداری از منطقه و همچنین از سرکار خانم حقدوست که در انجام کارهای آزمایشگاهی همکاری نمودند کمال تشکر و سپاس را دارند.

منابع

عابسی، ع؛ سعیدی، م.، ۱۳۸۹. منشأ هیدروکربن‌ها در رسوبات سواحل جنوبی دریای خزر در محدوده استان‌های گلستان و مازندران. محیط‌شناسی. ۳۳: ۴۳-۵۸.

محبی نوذر، ل؛ ابراهیمی، م؛ آقاجری، ن؛ مرتضوی، م.، ۱۳۸۶. سنجش هیدروکربن‌های آلیفاتیک نرمال در رسوبات سواحل خلیج فارس و دریای عمان (آب‌های محدوده استان هرمزگان). چهارمین همایش

فارس)، خارک (فعال‌ترین مکان بارگیری و استخراج نفت)، هرمز (محل عبور روزانه حدود ۱۰۰ نفت‌کش) و قبرناخدا (جزیره‌ای غیرمسکونی و بدون آثار مستقیم انسانی) که از لحاظ توسعه و دخالت انسانی متفاوت بودند مورد آنالیز قرار گرفتند و ۱۶ ترکیب فهرست اولویت EPA در آنها بررسی شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که آلودگی در منطقه از یک منبع نفتی منشأ می‌گیرد.

Eghtesadi-Araghi و همکاران (۲۰۰۴)، آلودگی ترکیبات PAH را در رسوبات جزیره کیش و نوعی صدف به نام *Pinctada margaritifera* مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق ۱۶ ترکیب فهرست اولویت آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت این ترکیبات در رسوبات بین ۸/۹۵-۱۶۱/۶۹ ng/g وزن خشک و برای صدف‌ها بین ۰/۷-۷۷/۶۶ ng/g وزن تر بود. با مقایسه غلظت این ترکیبات در رسوب و صدف مشخص شد که ترکیبات سبک وزن PAHs در صدف تجمع زیستی پیدا کرده‌اند. این اتفاق به این دلیل است که ترکیبات سبک وزن PAHs در آب محلول‌ترند و این باعث می‌شود دسترسی زیستی صدف به آن‌ها بیشتر از ترکیبات سنگین وزنی باشد که بیشتر در رسوب تجمع می‌یابند. همچنین مقایسه داده‌ها با دیگر مناطق دریایی جهان مشخص کرده که آلودگی به ترکیبات PAH در خلیج فارس بین کم تا متوسط است.

عابسی و سعیدی (۱۳۸۶)، در تحقیقی با نمونه‌برداری از رسوبات سطحی، نسبت به تعیین غلظت هیدروکربن‌های آلیفاتیک و آروماتیک رسوبات منطقه وسیعی از آب‌های مرزی جنوب دریای خزر در محدوده استان‌های مازندران و گلستان اقدام نمودند. غلظت هیدروکربن‌های آلیفاتیک نمونه‌های رسوب آزمایش شده، در دامنه ۴/۳-۳۹/۱ μg g⁻¹ گزارش گردید. به منظور تعیین منشأ هیدروکربن‌های آلیفاتیک، شماری از شاخص‌های تعیین منشأ نظیر Ph/n-، Pr/n-C₁₇، Pr/Ph، CPI، UCM₁₈ و نسبت آلکان‌های بلند به کوتاه زنجیر استفاده شده که این شاخص‌ها گویای وجود منشأ غالب طبیعی در هیدروکربن‌ها بوده و واکنش‌های گیاهان عالی خشکی به عنوان منشأ غالب مواد آلی رسوبات در محدوده جنوب شرقی دریای خزر تشخیص داده شده که حاکی از عدم تأثیر پذیری آب‌های ساحلی استان‌های گلستان و مازندران از آلاینده‌های نفتی وارد شده به سواحل غربی این دریا از سوی کشور آذربایجان بوده است.

- Pinctada margaritifera* from Kish Island (Persian Gulf). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(1): 25-34.
- Eghtesadi-Araghi, P.; Riazi, G.; Taghikhani, M.; Siadat, S. O.R., 2002. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the northern Persian Gulf as indicated by kinetic and thermodynamic criteria. Bulletin of Environmental Contaminant and Toxicology, 69: 704–711.
- Ekpo, B.O.; Oyo-Ita, O.E.; Wehner, H., 2005. Even-n-alkane/alkene predominances in surface sediments from the Calabar River, SE Niger Delta, Nigeria. Naturwissenschaften, 92: 341–346.
- Ghasemi, S.; Zakaria, M.; Abdul-Hamid, H.; Yusof, E.; Danekar, A., 2010. A review of mangrove value and conservation strategy by local communities in Hormozgan province, Iran. Journal of American Science, 6(10): 329-338.
- Giger, W.; Reinhard, M.; Schaffner, C.; Stumm, W., 1974. petroleum-derived and indigenous hydrocarbons in recent sediments of Lake Zug, Switzerland. Environmental Science and Technology, 8(5): 454-455.
- Golob, R.; Bruss. E., 1984. Statistical analysis of oil pollution in the Kuwait Action Plan Region and the implications of selected world-wide oil spills to the region. In: Combating oil pollution in the Kuwait Action Plan Region. United Nations Environmental Program Regional Seas Reports and Studies, 44: 7-34.
- Gschwend, P.M.; Hites, R.A., 1981. Fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons to marine and lacustrine sediments in the northeastern United States. Geochimica et Cosmochimica Acta, 45: 2359-2367.
- Harji, R.R.; Yvenat, A.; Bhosle, N.B., 2008. Sources of hydrocarbons in sediments of the Mandovi estuary and ملی علوم و فناوری زیر دریا، بانک جامع مقالات تمام متن کنفرانس و همایش های ایران.
- Anderson, J.W.; Neff J.M.; Cox, B.A.; Tatem, N.E.; Hightower, C. M., 1974. Characteristics of dispersions and water soluble extracts of crude and refined oils and their toxicity to estuarine crustaceans and fish. Marine Biology, 27: 75-88.
- Bates, K.; Young, W.; Sutton, A., 1997. Proposed environmental quality standards for naphthalene in water. Environment Agency R and D Technical Report, 54 P.
- Baumard, P.; Budzinski, H.; Michon, Q.; Garrigues, P.; Burgeot, T.; Bellocq, J., 1998. Origin and bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from Mussel and sediment records. Estuarine Coastal Shelf Science, 47: 77-90.
- Boonyatumanond, R.; Wattayakorn, G.; Togo, A.; Takada, H., 2006. Distribution and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in riverine, estuarine and marine sediments in Thailand. Marine Pollution Bulletin, 52: 942–95.
- Budzinski, H.; Jones, I.; Bellocq, J.; Pierard, C.; Garrigues, P., 1997. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in The Gironde Estuary. Marine Chemistry, 58: 85–97.
- Chen, L.G.; Ran, Y.; Xing, B.S., 2005. Contents and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in vegetable soils of Guangzhou, China. Chemosphere, 60: 879-890.
- Colombo, J.C.; Pelletier, E.; Brochu, C.; Khalil, M., 1989. Determination of hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. Case study: Rio de La Plata Estuary, Argentina. Environmental Science and Technology, 23: 888-894.
- Eghtesadi-Araghi, P.; Haffner, P. D.; Drouillard, K.; Maghsoudlou, W., 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons contaminants in Black-lip (Pearl) Oyster

- Socolo, H.H.; Garrigues, Ewald, M., 2000. Origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coastal Marine sediments: case studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) areas. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 387-396.
- Sverdrup, L.E.; Nielson, T.; Krogh, P.H., 2002. Soil ecotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons in relation to soil sorption, lipophilicity, and water solubility. *Environmental Science and Technology*, 36: 2429-2435.
- Tolosa, I.; de Mora, S.; Sheikholeslami, M.R.; Villeneuve, J.P.; Bartocci, J.; Cattini, C., 2004. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 44-60.
- Venkatesan, M.I.; Kaplan, I.R., 1982. Distribution and transport of hydrocarbons in surface sediments of the Alaskan outer continental shelf. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46: 2135-2149.
- Yang, G.P., 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the South China Sea. *Environmental Pollution*, 108: 163-171.
- Yunker, M.B.; Macdonald, R.W.; Vingarzan, R.; Mitchell, R.H.; Goyette, D.; Sylvestre, S., 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochemistry*, 33: 489-515.
- Zahed, M.A.; Ruhani, F.; Mohajeri, S., 2010. An overview of Iranian Mangrove ecosystem, northern part of the Persian Gulf and Oman Sea. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9(2): 411-417.
- Zakaria, M.P.; Takada, H.; Tsutsumi, S.; Ohno, K.; Yamada, J.; Kouno, E.; Kumata, H., 2002. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in rivers and estuaries in Malaysia: a widespread input of petrogenic PAHs. *Environmental Science and Technology*, 36: 1907-1918.
- the Marmugoa harbour, west coast of India. *Environment International*, 34: 959-965.
- Jeng, W.L., 2006. Higher plant n-alkane average chain length as an indicator of petrogenic hydrocarbon contamination in marine sediments. *Marine Chemistry*, 102: 242-251.
- Jeng, W.L.; Huh, C.A., 2008. A comparison of sedimentary aliphatic hydrocarbon distribution between East China Sea and southern Okinawa Trough. *Continental Shelf Research*, 28: 582-592.
- Khan, N.Y.; Munawar, M.; Price, A.R.G., 2002. Physical and human geography In *The Persian Gulf Ecosystem. Health and Sustainability*, Bakhuis Publishers, Leiden, 3-21 pp.
- Linden, O., 1977. Sublethal effects of oil on mollusk species from the Baltic Sea. *Water, Air and Soil Pollution*, 8: 305-313.
- Moore, S.F.; Dwyer, R.L., 1974. Effects of oil on marine organisms: A critical assessment of the published data. *Water Research*, 8: 819-828.
- Oliveira, C.R.; Madureira, L.A.S., 2011. Assessment and sources of nonaromatic hydrocarbons in surface sediments of three harbors in Santa Catarina State, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173: 91-105.
- Riyahi-Bakhtiari, A.; Zakaria, M.P.; Yaziz, M.I.; Lajis, M.N.H.; Bi, H.; Rahim, M.C.A., 2009. Vertical distribution and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in anoxic sediment cores of Chini Lake, Malaysia: Perylene as indicator of land plant-derived hydrocarbons. *Applied Geochemistry*, 24: 1777-1877.
- Simoneit, B.R.T., 1986. Characterization of organic constituents in aerosols in relation to their origin and transport: a review. *International journal of environmental analytical chemistry*, 23(2): 207-237.

in the Langat Estuary. Coastal Marine Science, 30(1):
387-395.

Zakaria, M.P.; Mahat, A.A., 2006. Distribution of
polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments