

غلظت و منشأ هیدروکربن‌های نفتی کل (TPH) در رسوبات سطحی بندر گناوه در خلیج فارس

محمد ابوی طرقيه*^۱، ناصر حاجی‌زاده ذاکر^۲

*نویسنده مسئول

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۳

© نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی ۱۳۹۶، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی است.

چکیده

بندر گناوه یکی از بنادر کوچک در سواحل شمال خلیج فارس است و در استان بوشهر قرار دارد، و از گذشته‌های دور در زمینه صیادی و تجاری فعال بوده است. حوضچه این بندر که در اصطلاح به خور گناوه معروف است به دلیل فراهم آوردن امکانات قابل قبول پهلوگیری، در طول زمان از رشد و توسعه نسبی برخوردار بوده است و اکنون نیز طرح توسعه این بندر و تبدیل آن به منطقه آزاد گردشگری و تجاری در دست بررسی می‌باشد. با توجه به اینکه تا کنون هیچ‌گونه تحقیقی جهت بررسی غلظت و منشأ هیدروکربن‌های نفتی کل در رسوبات سطحی بندر گناوه انجام نگرفته است، در مهر ماه سال ۱۳۹۳ نسبت به نمونه‌گیری از رسوبات ۱۱ ایستگاه در طول خور و یک ایستگاه در خارج خور به عنوان ایستگاه شاهد، اقدام شد. سپس با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل اندازه‌گیری، و با استفاده از استانداردها وضعیت آلودگی نفتی منطقه مشخص شد. دست‌آخر با استفاده از برخی شاخص‌های موجود نسبت به تعیین منشأ آلودگی اقدام شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که به جز سه ایستگاه آخر که نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به کرانه دریا بودند و به دلیل تبادلات بیشتر دریایی دارای غلظت‌های کمتری می‌باشند، رسوبات دیگر ایستگاه‌ها با توجه به همه استانداردها در وضعیت آلودگی شدید نفتی قرار دارند، به نحوی که میانگین ۹ ایستگاه اول ۱۵۴۲ ppm به دست آمد. با استفاده از شاخص‌های وابسته به آلکان‌های نرمال، آلودگی منشأیابی شد. نتایج نشان داد که منشأ آلودگی در این منطقه تماماً نفتی است که در اکثر موارد به علت پهلوگیری، شستشوی موتور، تعمیرات لنج‌ها و کشتی‌ها و تخلیه سوخت در این بندر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی دریایی، خلیج فارس، محیط زیست دریا، بندر گناوه، TPH.

۱- مقدمه

نفتی در محیط‌های آبی و رسوبی مناطق ساحلی کشورهای حاشیه خلیج فارس گزارش شده است (Tolosa, et al., 2010; Gawad, et al., 2008). تولسا و همکارانش در مطالعات جامع خود در منطقه خلیج فارس با توجه به غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل (TPH) در سواحل عمان (در محدوده ۰/۱ تا ۷/۶ میکروگرم بر گرم)، سواحل بحرین (۱۶ تا ۷۷۹ میکروگرم بر گرم)، سواحل قطر (۲,۲ تا ۸۴ میکروگرم بر گرم)، و سواحل امارات متحده عربی (۰/۱ تا ۱۶/۴ میکروگرم بر گرم)، وضعیت کیفی رسوبات سواحل بحرین و قطر را نسبتاً آلوده و رسوبات برخی از نواحی امارات را با آلودگی متوسط گزارش کرده‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه جهت بررسی غلظت و منشأ هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات بندر گناوه، از ۱۲ ایستگاه انتخابی در این بندر نمونه‌برداری شد. این ایستگاه‌ها با توجه به محدودیت‌های موجود و در جهت پوشش سراسری طول خور انتخاب شد. موقعیت دقیق قرارگیری ایستگاه‌ها در شکل (۱) مشخص شده است. نمونه‌برداری در اواسط مهرماه ۱۳۹۳ در رسوبات خور (گذرگاه آبی) گناوه انجام شد.



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌گیری در بندر گناوه

جدول (۱): موقعیت دقیق ایستگاه‌های نمونه‌گیری در بندر گناوه

| ردیف | ایستگاه | X | Y |
|------|---------|------------------|------------------|
| ۱ | ST1 | 50' 31" 50''' | 29' 33" 23''' |
| ۲ | ST2 | 50' 31" 21''' | 29' 33" 24''' |
| ۳ | ST3 | 50' 31" 30.72''' | 29' 33" 29.82''' |
| ۴ | ST4 | 50' 31" 23.34''' | 29' 33" 29.16''' |
| ۵ | ST5 | 50' 31" 10.74''' | 29' 33" 28.74''' |
| ۶ | ST6 | 50' 31" 00''' | 29' 33" 31.38''' |
| ۷ | ST7 | 50' 30" 49.38''' | 29' 33" 32.4''' |
| ۸ | ST8 | 50' 30" 36.12''' | 29' 33" 30.9''' |
| ۹ | ST9 | 50' 30" 22.14''' | 29' 33" 28.2''' |
| ۱۰ | ST10 | 50' 30" 07.68''' | 29' 33" 25.38''' |
| ۱۱ | ST11 | 50' 29" 55.5''' | 29' 33" 22.5''' |
| ۱۲ | GT12 | 50' 29" 42.36''' | 29' 33" 11.34''' |

در این پژوهش، برای نمونه‌برداری از رسوبات به‌منظور به‌دست آوردن مقادیر TPH موجود از روش استاندارد UNEP/IOC/IAEA با شماره

نفت و مشتقات نفتی از مهم‌ترین منابع آلاینده دریاها به‌شمار می‌روند. هیدروکربن‌های نفتی در اثر فعالیت‌های انسانی متعددی از جمله حمل و نقل دریایی وارد آب دریا می‌شود و بر اساس سطح تجزیه متفاوت ترکیبات موجود در آلاینده‌های گوناگون نفتی به محیط زیست آسیب وارد می‌کند. آلودگی نفتی دریایی برحسب شدت و شرایط محیطی ممکن است خطرات زیادی را برای سلامت انسان‌ها و گیاهان و جانوران منطقه ایجاد کند، و نیز سبب کاهش کیفیت آب دریا و آلودگی آب‌های مخصوص شنا و ماهیگیری شود و به زیباشناسی محیط آسیب وارد آورد.

ترکیبات نفتی از طریق فرایندهای مختلفی از جمله آب توازن کشتی‌ها، پساب حاصل از تعمیر کشتی‌ها، تصادفات کشتی‌ها و تانکرها، آلودگی‌های ورودی به دریا از طریق اتمسفر، فاضلاب‌های صنعتی و شهری، عملیات حاصل از لایروبی، نشت منابع طبیعی نفت وارد محیط زیست دریا می‌شوند. هیدروکربن‌های نفتی چه از منشأ فعالیت‌های بیولوژیکی و چه با منشأ فسیلی به محض ورود به دریا تحت تأثیر تغییرات گسترده فیزیکی (انحلال، انتقال، پخش، تبخیر و وهوازگی)، شیمیایی (اکسیداسیون و فتواکسیداسیون) و فعالیت‌های میکروبی سرنوشت متفاوتی در محیط دریا پیدا می‌کنند. این ترکیبات با ورود به محیط دریا به دلیل حالیت پایین و خاصیت آب‌گریزی خود جذب محیط‌های رسوبی می‌شوند و در رسوبات بستر دریا تجمع می‌یابند (Tolosa, et al., 2004; Mille, et al., 2007).

رسوب‌گذاری مواد نفتی معمولاً از طریق چسبیدن به ذرات رسوب معلق در آب پدید می‌آید. آب‌های کم‌عمق ساحلی اغلب پر از مواد معلق جامد می‌باشند و برای رسوب‌گذاری مواد نفتی شرایط مطلوبی دارند. ته‌نشینی مواد نفتی سبب کند شدن تجزیه مواد و بقای طولانی مدت آنها در رسوبات ساحلی می‌شوند. بنابراین اندازه‌گیری غلظت مواد نفتی در رسوبات ساحلی به واسطه نمونه‌برداری و اندازه‌گیری و بررسی منابع آنها اهمیت و کارآمدی می‌یابد، که علاوه بر کنترل وضعیت این آلاینده‌ها در محیط زیست در شناسایی راهکارهای کاهش آلودگی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tolosa, et al., 2004; Mille et al., 2007).

بندر گناوه در شمال غرب خلیج فارس در فاصله ۱۳۰ کیلومتری شهر بوشهر قرار دارد. با توجه به انجام فعالیت‌های اقتصادی بسیار زیاد در بندر گناوه در زمینه صنعت، ماهیگیری، توریسم و ورود فاضلاب‌های مختلف توسط رودهای منتهی به حوزه، و همچنین اهمیت این بندر در اکولوژی و هیدرولوژی منطقه، کاملاً روشن است که این منطقه پتانسیل بالایی برای آلوده شدن به آلاینده‌های نفتی دارد. همان‌طور که گفته شد یکی از منابع جذب آلودگی‌های نفتی، رسوبات دریایی می‌باشد. بنابراین ضروری است وضعیت آلودگی نفتی بندر گناوه و منشأ تمام این آلودگی‌ها مورد بررسی قرار گیرد، تا راهکارهای لازم برای کاهش آلودگی این بندر شناسایی شود و همچنین از اطلاعات به‌دست آمده برای مقایسه میزان آلودگی نفتی مناطق مختلف دنیا در زمان‌های مختلف استفاده گردد.

مطالعات زیادی برای تعیین غلظت و منشأ هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات مناطق ساحلی کشورهای حاشیه خلیج فارس انجام شده، اما در خصوص آلودگی نفتی سواحل ایران به‌ویژه بندر گناوه مطالعات اندکی صورت پذیرفته است. در مطالعات صورت‌گرفته، غلظت انواع آلاینده‌های

۳-۱-۲- نسبت n-C16

این نسبت مجموع غلظت همه آلکان‌های نرمال به غلظت آلکانی با اتم کربن (n-alkanes/n-C16) می‌باشد. این نسبت برای نمونه‌های آلوده با نفت خام فسیلی، عددی کمتر از ۱۵ و برای نمونه‌های آلوده به هیدروکربن‌های بیولوژیکی عددی بزرگ‌تر از ۵۰ است. به این ترتیب مشاهده مقادیر بالای غلظت آلکان‌های نرمال با تعداد اتم کربن فرد (n-C23, n-C25) و $n\text{-alkanes/n-C16} > 50$ به‌طور آشکار مبین توزیع هیدروکربن‌های با منشأ بیولوژیکی در نمونه مورد مطالعه می‌باشد (Clarke and Finely., 1973).

۳-۱-۳- نسبت آلکان‌های طبیعی

تولوسا و همکارانش از رابطه‌ای با عنوان نسبت آلکان‌های طبیعی استفاده کرده‌اند که برای نفت خام حدود صفر و برای هیدروکربن‌های زیستی گیاهی و جانوری نزدیک به یک است (Tolosa, et al., 2009). این پارامتر به واسطه رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

رابطه (۱)

$$NAR = \frac{\sum nalk(c14-c34) - 2 \sum even\ nalk\ (c15-c34)}{\sum nalk(c14-c34)}$$

اما میله و همکارانش این نسبت را با کمی تفاوت و در محدوده کوچک‌تری از آلکان‌های نرمال، از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌کنند (mille et al., 2007).

رابطه (۲)

$$NAR = \frac{\sum nalk(c19-c32) - 2 \sum even\ nalk\ (c20-c32)}{\sum nalk(c19-c32)}$$

۳-۱-۴- شاخص CPI

این شاخص برای بیان منشأ آلکان‌های نرمال مشاهده‌شده در رسوبات استفاده می‌شود. شاخص اولویت کربن در آلکان‌های نرمال رسوبی یا غلبه فرد به زوج مقیاسی است برای ورودی‌های خشکی در برابر ورودی‌های دریایی و به صورت این رابطه (۳) تعریف می‌شود (Boehm and Requejo., 1986).

$$2(C27+C29)/C26+(2C28)+C30 \quad \text{رابطه (۳)}$$

این شاخص برای هیدروکربن‌های ناشی از نفت خام عددی در حدود ۱ است، حال آنکه برای گیاهان آوندی و برای رسوبات غیرآلوده به نفت‌های فسیلی در محدوده ۳ تا ۶ تغییر می‌کند (Colombo, et al., 1989). تریپ و فاتینگتون (۱۹۷۷)، این شاخص را به صورت مجموع غلظت با تعداد کربن فرد نسبت به مجموع آلکان‌های با تعداد کربن زوج تعریف کردند. طبق این تعریف نیز نسبت فوق برای مشخصات نفت خام پارامتری در حدود ۱ است، حال آنکه وقتی هیدروکربن‌های محصول فرآیندهای بیولوژیکی در نمونه مشاهده‌شده افزایش می‌یابند، این نسبت بزرگ‌تر از ۱ (در محدوده ۳ تا ۶) خواهد شد (Hong, et al., 1995; Wang, et al., 1999).

گواد و همکارانش (۲۰۰۸)، به این منظور از سه رابطه (۴)، (۵) و (۶) استفاده کردند.

۲۰ استفاده شد. برای برداشت رسوب از نمونه‌بردار ون وین گراب^۳ با سطح مقطع ۲۵ در ۲۵ استفاده شد.

جهت انجام آزمایش، نمونه رسوب همراه با آب داغ محلول آستین و آب مقطر در شیشه بوروسیلیکات شستشوشده با ماده شوینده و دارای درب پلی اتیلن ریخته شد و با استفاده از روش استاندارد USEPA-SW846، بسته‌بندی، محافظت و به آزمایشگاه منتقل، و هیدروکربن‌های آن قرائت شد. با توجه به اینکه بیشتر آلاینده‌ها به برقراری ارتباط و تجمع در ذرات رسوبی ریزتر ناشی از سطح ویژه و خاصیت جذب بالاتر آن ذرات تمایل دارند، اندازه‌گیری غلظت آلاینده‌های یادشده روی رسوبات ریزدانه انجام شد (tolosa, et al., 2004).

۱-۲- روش آنالیز رسوبات

به‌منظور اندازه‌گیری غلظت اجزای هیدروکربنی در رسوبات از جمله ترکیبات آلیفاتیک، از دستگاه کروماتوگرافی گاز از نوع آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (GC-FID) نوع VARRIAN مدل CP-3800 استفاده شد. گاز حامل در این دستگاه هلیوم است که با نرخ جریان (1/1) ml/min در حرارت آونی معادل ۶۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تنظیم شده است. در واقع در ۲ دقیقه ابتدایی دما ۶۰ درجه سانتی‌گراد نگه داشته می‌شود، سپس با گرادیان 6 °C/min به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته می‌شود.

جهت استخراج و آماده‌سازی هیدروکربن‌های نفتی از فاز رسوب از روش استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA-SW-846#3540C) با نام روش سوکسوله استفاده شد. در این روش مواد رسوبی با سولفات سدیم بی‌آب مخلوط و از طریق حلال مناسب مانند هگزان/متیلن کلراید به وسیله دستگاه سوکسوله استخراج و برای قرائت تغلیظ شدند. در این روش با افزودن ماده جانشین و قرار دادن محلول در برابر حلال استخراج‌کننده به مدت ۱۴ تا ۲۴ ساعت و جمع‌آوری و تغلیظ عصاره با دستگاه K-D مواد در رسوبات استخراج شدند. با استفاده از این دستگاه غلظت هیدروکربن‌های کل و میزان n آلکان‌ها بررسی و اندازه‌گیری شد.

۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳-۱-۳- شاخص‌ها

۳-۱-۱- نسبت هیدروکربن‌های با وزن مولکولی کم به هیدروکربن‌های با وزن مولکولی زیاد (LMW/HMW)

این شاخص در واقع نسبت غلظت مجموع آلکان‌های نرمال یا تعداد اتم کربن کمتر از ۲۰ به غلظت مجموع آلکان‌های نرمال یا تعداد اتم کربن بیشتر از ۲۰ است. مقدار نسبی ۱ برای مشخصه فوق برای هیدروکربن‌های با منشأ نفت خام، پلانکتون‌ها و جلبک‌ها گزارش شده است، حال آنکه این مقدار برای باکتری‌های رسوبی، حیوانات دریایی، گیاهان رده بالا مقدار نسبی کمتری دارند. از منظر وضعیت تازگی نفت در محیط، مقدار بالای این شاخص به عنوان نشانه وجود نفت تازه، شناخته می‌شود (Gearing et al., 1976).

با محیط داخل خور می باشد. در دو ایستگاه ST11 و GT12 که نزدیکترین ایستگاهها به کرانه دریا می باشند مقادیر TPH به کمترین میزان خود یعنی ۱۲۹ و ۱۲۱ رسیده است که به دلیل این است که این دو نقطه تقریباً در داخل دریا قرار گرفته اند.

همان گونه که در جدول (۳) مشاهده می شود در ۳ ایستگاه آخر یعنی ایستگاههای ST10، ST11 و GT12 که به نوعی نزدیکترین ایستگاهها به کرانه دریا می باشد. مقادیر TPH نسبت به سایر ایستگاهها دارای تفاوت زیاد می باشد که نحوی که مقادیر این غلظتها ۱۵۵ ppm و ۱۲۹ و ۱۲۱ بود و میانگین ایستگاههای دیگر ۱۵۴۲ ppm می باشد.

جدول (۳): میزان غلظت هیدروکربن های نفتی کل در رسوبات ایستگاههای بندر گناوه

| ردیف | ایستگاه | TPH (PPM) |
|------|---------|-----------|
| ۱ | ST1 | ۱۵۸۰ |
| ۲ | ST2 | ۱۶۰۷ |
| ۳ | ST3 | ۱۶۶۶ |
| ۴ | ST4 | ۱۶۱۷ |
| ۵ | ST5 | ۱۳۸۰ |
| ۶ | ST6 | ۱۶۶۸ |
| ۷ | ST7 | ۱۵۸۰ |
| ۸ | ST8 | ۱۹۷۰ |
| ۹ | ST9 | ۸۱۸ |
| ۱۰ | ST10 | ۱۵۵ |
| ۱۱ | ST11 | ۱۲۹ |
| ۱۲ | GT12 | ۱۲۱ |

تولوسا و همکارانش بر اساس مطالعات وولکمن (۱۹۹۲)، غلظت های بالاتر از ۵۰۰ ppm را به عنوان آلودگی شدید رسوبات و غلظت های پایین تر از ۱۰ ppm را شاخص غیر آلوده عنوان کرده اند (Tolosa, et al., 2004).

کامیندوز و استیوز با کمک مطالعات خود، مناطق ساحلی را از نظر محتوای هیدروکربن های نفتی به سه دسته با غلظت کم ($10 \mu gr/gr$)، کم تا متوسط ($100-1000 \mu gr/gr$)، و متوسط تا زیاد ($1000-10000 \mu gr/gr$) تقسیم بندی کرده اند (Commendatore and Esteves, 2007).

جدول (۲): خلاصه مشخصات شاخص های آلکانها

| شاخص | منشأ زیستی | منشأ نفتی | مرجع |
|---|-----------------|------------|-------------------------------------|
| Odd(C15-C21) | غالبند (جانوری) | | Znanrdi 1999, Gawad 2008... |
| Odd (C23-C33) | غالبند (گیاهی) | | Broman 1987, colombo 1989 |
| C18 | | غالبند | Finley & Clarke, 1973 |
| Odd/Even | ۱۰-۸ | ۱~ | Volkman et al., 1992 |
| n-alkanes/C16 | ۵۰ < | ۱۵~ | Lee et al., 2005 |
| NAR | ۱~ | ۰~ | Mille 2007; Tolosa 2009 |
| $CPI = \frac{2(C27 + C29)}{C26 + 2C28 + C30}$ | ۶-۳ | ۱~ | Boehm & Requejo, 1986; colombo 1986 |
| $CPI1 = \frac{\sum(C13-C35)}{\sum(C14-C36)}$ | | ۱~ (فسیلی) | Gawad et al., 2008 |
| $CPI2 = \frac{\sum(C13-C23)}{\sum(C14-C24)}$ | ۶-۳ جانوری | ۱~ | Gawad et al., 2008 |
| $CPI3 = \frac{\sum(C25-C35)}{\sum(C26-C36)}$ | ۶-۳ گیاهی | ۱~ | Gawad et al., 2008 |
| LMW/HMW | ۱ ≥ | ۱ ≤ | Gearing et al., 1976 |

رابطه (۴)

$$CPI1 = \frac{\sum(C13 - C35)}{\sum(C14 - C36)}$$

رابطه (۵)

$$CPI2 = \frac{\sum(C13 - C23)}{\sum(C14 - C24)}$$

رابطه (۶)

$$CPI3 = \frac{\sum(C25 - C35)}{\sum(C26 - C36)}$$

این شاخصها برای آلودگی فسیلی نفتی در حدود ۱ می باشد. مقادیر $CPI3$ و $CPI2$ بین ۳ تا ۶ به ترتیب آلودگی ناشی از ارگانیزم های جانوری و روغن گیاهی را نشان می دهند (Hong, et al., 1995, Wang, et al., 1999).

۳-۱-۵- نسبت آلکانهای با تعداد اتم کربن فرد به زوج (Odd/Even)

آلکانهای نرمال نفت دارای تعداد متنوعی از اتمهای کربن می باشند. تعداد اتم کربن فرد نسبت به زوج برای نفت خام غلبه خاصی ندارد و در محدوده ۱ تغییر می کند، حال آنکه برای واکس های گیاهی، آلکانهای با زنجیره کربن فرد، ۸ تا ۱۰ برابر بیشتر از آلکانهای با زنجیره کربن زوج می باشند (Volkman, et al., 1992).

در واقع فراوانی بیشتر آلکانهای نرمال فرد در محدوده وسیعی از n-C21 و n-C33 مشخصه هیدروکربن های ساخته شده از فرآیندهای بیولوژیکی می باشد. در جدول (۲) خلاصه ای از مشخصات شاخص های پر کاربرد آورده شده است که با توجه به این شاخصها می توان به منشأ بای آلودگی نفتی در این ایستگاهها پرداخت.

۳-۲- بحث و تحلیل

۳-۲-۱- تحلیل مقادیر TPH موجود در تمام ایستگاهها

همان گونه که در جدول (۳) مشاهده می شود مقادیر TPH شامل دامنه وسیعی می باشد که از مقدار ۱۲۹-۱۹۷۰ ppm تغییر می کند. مقادیر TPH با حرکت از سمت داخلی ترین نقطه خور (گذرگاه دریایی) به سمت دریا کاهش پیدا می کند که طبیعتاً این کاهش به علت افزایش تبادلات دریا

جدول (۴): نتایج به دست آمده از منشأیابی عناصر با کمک آلکان‌های نرمال

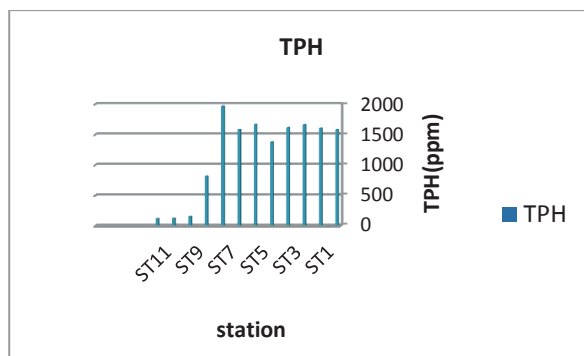
| NAR | ODD/ EVEN | CPI | N-C16 | LMW/ HMW | ایستگاه/ شاخص |
|----------|--------------|----------|----------|-------------|------------------|
| 0.430769 | 2.628571 | 2.140845 | 18.67647 | 1.8995 | ST1 |
| -0.29245 | 1.257246 | 0.375 | 18.87879 | 2.943 | ST2 |
| -0.20202 | 1.367816 | 1.84 | 16.7027 | 4.5179 | ST3 |
| -0.21875 | 1.733788 | 0.8 | 11.125 | 14.706 | ST4 |
| -0.21429 | 1.290909 | 0.307692 | 11.45455 | 5.7742 | ST5 |
| -0.21622 | 1.414063 | 0.111111 | 18.72727 | 4.4211 | ST6 |
| -0.06494 | 1.537084 | 0.307692 | 14.58824 | 11.883 | ST7 |
| 0.376623 | 2.466667 | 1.04 | 11.09333 | 8.3483 | ST8 |
| -0.26549 | 1.446154 | 0.186667 | 18.34615 | 4.9625 | ST9 |
| 0.056452 | 1.695876 | 0.722222 | 16.34375 | 5.7051 | ST10 |
| 0.069231 | 1.661504 | 0.711111 | 16.47945 | 5.9138 | ST11 |
| 0.015873 | 1.57072 | 0.509804 | 18.17544 | 5.3951 | GT12 |

می‌دهد در تمام ایستگاه‌ها منشأ آلاینده‌ها نفتی می‌باشد و عوامل اختراقی هیچ‌گونه تأثیری ندارند. از آنجا که مقادیر به‌دست آمده برای شاخص N-C16 در حدود عدد ۱۵ و بسیار کوچک‌تر از ۵۰ می‌باشد باتخمین بسیار خوب می‌توان گفت که منشأ این آلودگی نفتی است. دامنه تغییرات شاخص CPI در ایستگاه‌های مختلف از ۰/۱۱۱ تا ۲/۱۴ می‌باشد به‌طوری که به جز ایستگاه ST1 که مقدار به‌دست آمده برای آن (۲/۱۴) کمی از عدد یک فاصله دارد در دیگر ایستگاه‌ها این شاخص نزدیک عدد ۱ است که این شاخص نیز به خوبی منشأ نفتی این آلودگی را نشان می‌دهد.

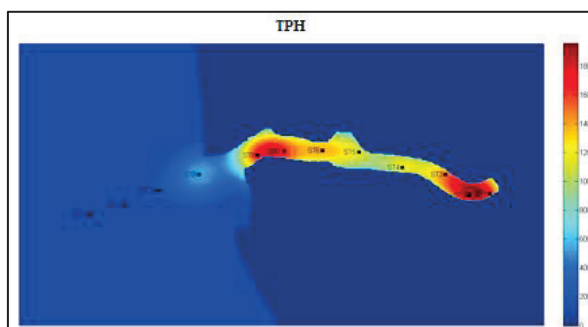
مشخصه دیگری که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت نسبت آلکان‌های فرد کربنه به زوج کربنه می‌باشد. در این بررسی نیز مقادیر برای این شاخص در حدود عدد ۱ به‌دست آمد. کمترین و نزدیک‌ترین مقدار به ۱ در ایستگاه ST2، (۱/۲۵۷) و بیشترین اختلاف نیز در ایستگاه ST1 با مقدار ۲/۶۲۸ مشاهده شد که منشأ نفتی این آلودگی را به خوبی نشان می‌دهد. بنا بر شاخص آلکان‌های طبیعی که به وسیله تولسا و مایل در سال ۲۰۰۷ ارائه شده است اگر مقادیر به‌دست آمده برای این شاخص در حدود صفر باشد منشأ آلودگی نفتی، و در صورتی که این شاخص در حدود یک باشد منشأ آلودگی زیستی می‌باشد، که باز هم نتایج نشان می‌دهد تمام ایستگاه‌ها دارای آلودگی با منشأ نفتی می‌باشند.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با استفاده از آنالیز هیدروکربن‌های نفتی در نمونه‌های سطحی از رسوبات بندر گناوه و از طریق بررسی مقایسه‌ای غلظت‌های آن با رهنمودها و استانداردهای موجود، وضعیت آلودگی رسوبات این منطقه به هیدروکربن‌های نفتی کل (TPH) بررسی شد. بررسی میزان آلودگی منطقه به هیدروکربن‌های نفتی کل در ایستگاه‌های مورد مطالعه، نشان داد که هیدروکربن‌های نفتی کل موجود در رسوبات بندر گناوه به‌طور شدیدی آلوده‌اند. زیرا هم بر اساس معیارهای تولسا و همکاران که غلظت بیشتر از 500 ppm را به عنوان آلودگی شدید می‌شناسد، هم بر اساس معیارهای کامیندوز و استییز که مقادیر آلودگی متوسط تا شدید را ۱۰۰-۱۰۰۰ می‌دانند و هم بر اساس معیار ریدمن که غلظت‌های بالای ۱۰۰ را آلودگی شدید تعریف می‌کنند، ایستگاه‌های ST1 تا ST9 همگی دارای آلودگی شدید می‌باشند. در ۳ ایستگاه ST10، ST11 و GT12 که نزدیک به کرانه دریا می‌باشند مقادیر غلظت TPH به مقدار ۱۲۱، ۱۲۹ و ۱۵۵ رسیده



شکل (۲): غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل در رسوبات ایستگاه‌های بندر گناوه



شکل (۳): وضعیت پراکندگی میزان غلظت هیدروکربن‌های نفتی کل در رسوبات بندر گناوه

ریدمن و همکارانش در مطالعات خود، شاخص آلودگی رسوبات به هیدروکربن‌های نفتی کل را غلظت‌های بالای $100 \mu\text{gr}/\text{gr}$ عنوان کرده‌اند (Readman et al, 2002).

با توجه به تمامی معیارهای فوق و بررسی میزان هیدروکربن‌های نفتی کل در ایستگاه‌های مورد مطالعه در بندر گناوه می‌توان به این نتیجه رسید که ایستگاه‌های مورد بررسی در سطح منطقه، شدیداً آلوده می‌باشند.

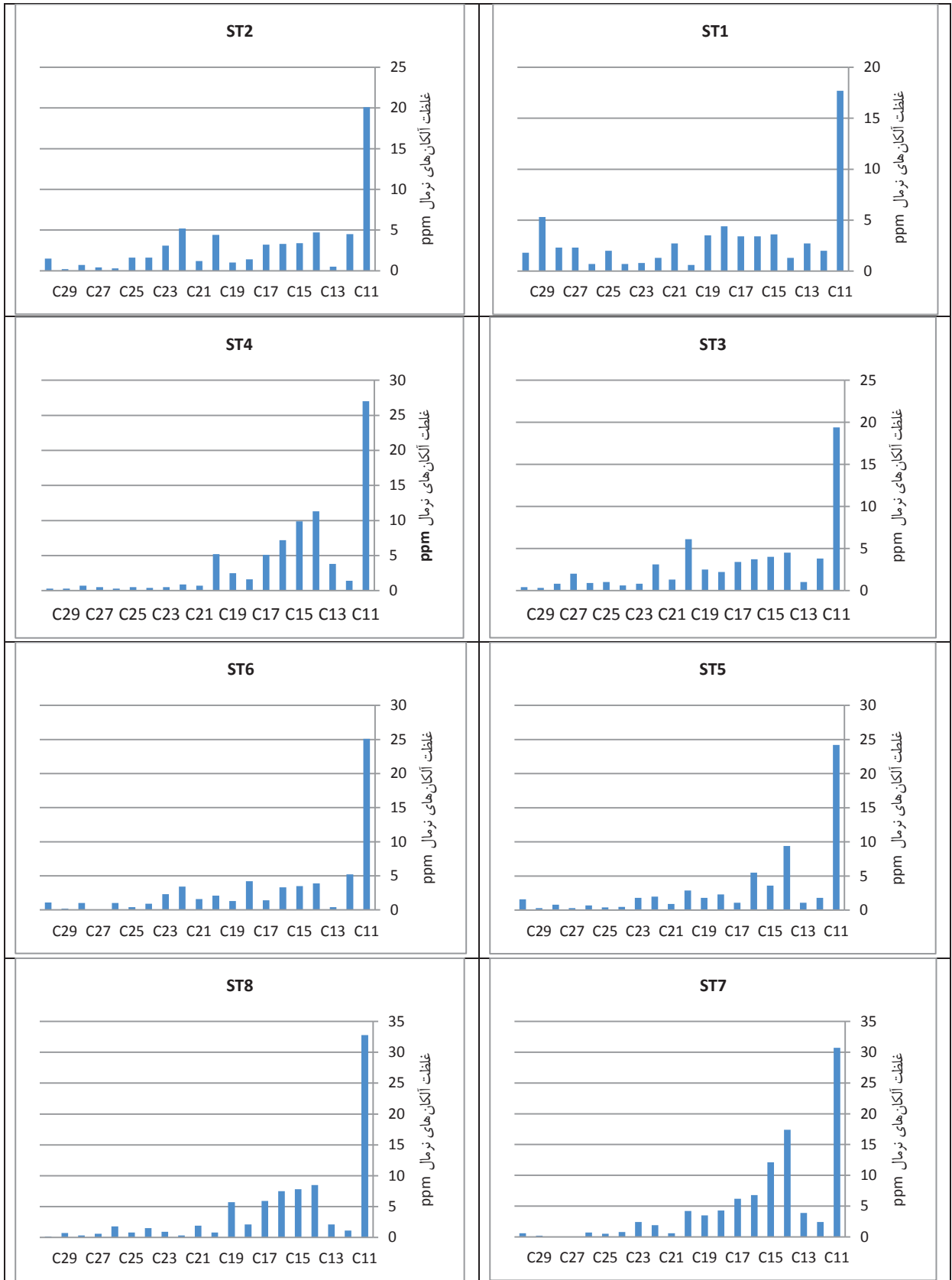
۳-۲-۲- منشأ و ماهیت هیدروکربن‌های مشاهده‌ای در منطقه

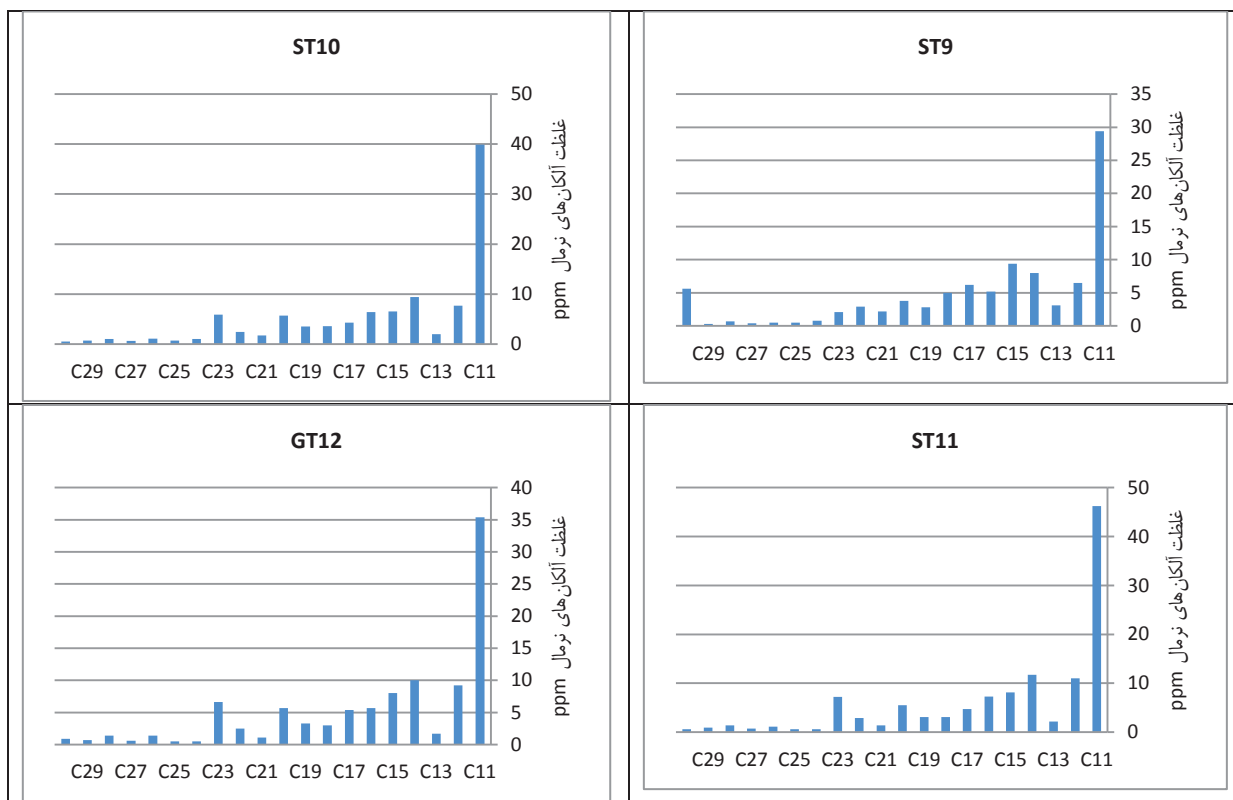
هیدروکربن‌ها در رسوبات ممکن است از منشأ نفت‌های فسیلی ناشی از فعالیت‌های انسانی یا فعالیت‌های بیولوژیکی جلبک‌ها، پلانکتون‌ها، باکتری‌ها، حیوانات دریایی و گیاهان آوندی خشکی باشند. در این مرحله، به‌منظور تعیین منشأ هیدروکربن‌های مشاهده‌ای در رسوبات ناحیه مورد مطالعه از طریق توسعه مجموعه‌ای از شاخص‌ها نسبت به بررسی وضعیت آلاینده‌های مشاهده‌ای در هر ایستگاه اقدام شد.

آلکان‌های نرمال مهم‌ترین بخش از ترکیبات آلیفاتیک در هیدروکربن‌های نفتی و دربردارنده تعدادی از نشانگرهای زیستی و بیومارکرهای مرتبط با منشأ و ماهیت هیدروکربن‌های نفتی‌اند. در شکل (۴) پروفیل غلظت آلکان‌های نرمال با تعداد اتم کربن متفاوت در ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه ارائه شده است.

در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های NAR, ODD/EVEN, LMW/HMW, N-C16, CPI، نتایج به دست آمده در جدول (۴) ارائه شده است.

مطابق جداول (۲)، (۴) و شکل (۴) نتایج به‌دست آمده از شاخص LMW/HMW در تمام ایستگاه‌ها بزرگ‌تر از یک است که نشان





شکل (۴): غلظت آلکان‌های نرمال در ایستگاه‌های مختلف

assess oil spill effects in aquatic organisms. In Proceedings of Joint Conference on Prevention and Control of Oil Spills, pp. 161-172. American Petroleum Institute, Washington, DC.

8. Colombo, J.C., et al. (1989). Determination of hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. case study: roo de la plata stuary, argentina. environmental science and technology 23, pp: 888-894.
9. Commendatore, M.G., Esteves, J.L., Colombo, J.C., (2000). Hydrocarbons in Coastal Sediments of Patagonia, Argentina: Levels and Probable Sources. Marine Pollution Bulletin 40 (11), 989-998.
10. Cripps, G.C., (1994). Hydrocarbons in the Antarctic marine environment: monitoring and background. International Journal of Environmental Analytical Chemistry 55, 3-13.
11. Diaz-Sanchez, D., Penichet-Garcia M., and Saxon A., (2000). Diesel exhaust particles directly induce activated mast cells to degranulate and increase histamine levels and symptom severity. J Allergy Clin Immunol 106: 1140-1146.
12. De Mora, S.J., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S., Cassi, R., (2003a). An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, doi:10.1016/S0025-326X(03)0028-5. ratios. Environmental Science and Technology 30, 2333-2339.
13. Grimmer, Bohnke. (1975). Profile analysis of polycyclic hydrocarbons and metal content in sediment layers of a lake.
14. Hoffmann, D. and Hoffmann, I. (1997). The changing cigarette, 1950-1995. J Toxicol Environ Health 50: 307-364.
15. Mirvakili, Nasser, Zaker, H., (2013), Evaluation of the concentration and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons in Surface Sediments of the Kharg Island in the Persian Gulf.

است که بر اساس معیار ریذمن این ایستگاه‌ها نیز آلودگی شدیدی دارند. در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های مختلف برای منشأیابی آلودگی نفتی کل در رسوبات ایستگاه‌های مختلف بندر گناوه اقدام، و بر اساس تمامی معیارها مشخص شد که آلودگی‌ها دارای منشأ نفتی است که علت عمده آلودگی‌ها ناشی از بارگیری و تخلیه زیاد سوخت، شستشو و تعمیرات موتور توسط لنچ و کشتی‌ها، تخلیه فاضلاب صنایع و تأسیسات موجود در اطراف بندر از جمله صنایع گمرکی و فاضلاب پارک ساحلی مجاور بندر می‌باشد.

مراجع

۱. آر. بی. کلارک، (۱۹۲۳)، آلودگی دریا، ترجمه زاهد، محمدعلی و محمدی دشتکی، زینب، (۱۳۷۹)، انتشارات نسق.
۲. الصاقی، اکبر، برمکی، م، (۱۳۹۲)، سنجش و اندازه‌گیری آلودگی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج فارس، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره پانزدهم، شماره سه.
۳. بنی‌عامریان، سینا، (۱۳۹۲)، بررسی غلظت و منشأ هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات خلیج گرگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۴. حاجی‌زاده، ذاکر و همکاران، (۱۳۹۰)، غلظت و منشأ هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات بندرانزلی، محیط‌شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۶۰-۹۹-۱۰۶.
۵. میروکیلی، حمیده‌سادات، (۱۳۹۲)، بررسی غلظت و منشأ هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات خط ساحلی جزیره خارگ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
6. Abilov, F.A., Orudjev, A.G., Lange, R., (1999). Optimization of Oilcontaining wastewater treatment processes. Desalination 124, 225- 229.
7. Clark, R.C., Finley, J.S. (1973). Techniques for analysis of paraffin hydrocarbons and for interpretation of data to

20. Readman, J.W., Bartocci, J., Tolosa, I., Fowler, S.W., Oregioni, B., Abdulraheem, M.Y., (1996). Recovery of the coastal marine environment in the Gulf following the 1991 war related oil spills. *Marine Pollution Bulletin* 32, 493–498.
21. Readman, J.W., Fillmann, G., Tolosa, I., Bartocci, J., Villeneuve, J.P., Cattini, C., Mee, L.D., (2002). Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin* 44, 48–62.
22. Tolosa, I., Bayona, J.M., Albaiges, J., (1996). Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons and sulfur/oxygen derivatives in NW Mediterranean sediments: spatial and temporal variability, fluxes and budgets. *Environmental Science and Technology* 30, 2495–2503.
23. Tolosa, et al., (2004). Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments.
24. UNEP/IOC/IAEA, (1992). Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference Methods For Marine Pollution Studies No. 20, UNEP, Nairobi, Kenya, 75pp.
16. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1997). Pocket Guide to Chemical Hazards. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention. Cincinnati, OH.
17. Notar, M., Leskovsek, H., Faganel, J., (2001). Composition, Distribution and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments of the Gulf of Trieste, Northern Adriatic Sea, *Marine Pollution Bulletin* Vol. 42, No. 1, pp. 36–44.
18. Readman, J.W., Mantoura, R.F.C., Rhead, M.M., (1984). The physicochemical speciation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in aquatic systems. *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie* 319, 126–131.
19. Readman, J.W., Mantoura, R.F.C., Rhead, M.M., (1987). A record of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) pollution obtained from accreting sediments of the Tamar estuary, UK: Evidence for nonequilibrium behaviour of PAH. *The Science of the Total Environment* 66, 73–94.

The Concentration and Source of Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Surface Sediments in Genaveh Port, Persian Gulf

Mohammad Abavy Torghabeh^{*1}, Naser Hajizadeh Zaker²

Received Date: November 4, 2015

*Corresponding Author

Accepted Date: February 12, 2017

©2017 Marine Transportation Industry. All rights reserved.

Abstract:

Port Genaveh one of the small ports on the north coast of the Persian Gulf and is located in Bushehr province, and of the distant past has been active in the field of fishing and trade. Basin of the port in terms of the estuary Ganaveh is known for providing acceptable mooring, over time the development of the relative and now plan to develop the port into a free zone tourists and businesspersons under investigation. Considering that so far no study to examine the concentration and origin of petroleum hydrocarbons entire surface sediments Port Ganaveh been done, in October 1393 compared to the sampling of 11 stations along the estuary and a station outside the estuary as the control station, was used. Using gas chromatography measurement of the concentration of total petroleum hydrocarbons, and oil pollution area was determined using a standard situation. Finally, using some of the sources of pollution indices were developed. The results showed that except for three last station, the closest station to the shore of the sea and due to greater exchange marine lower concentrations are deposits other stations to suit all standards in a state of severe pollution of oil are such that an average of 9 stations first ppm 1542 respectively. Using indicators of the normal alkanes, the pollution source identification. The results showed that the origin of all oil pollution in this area is that in most cases due to mooring, engine washing, repairing dhow floats, and ships and unloading fuel is in the port.

Keywords: Marine Pollution, the Persian Gulf, Environment, Sea, Port Ganaveh, TPH.