

آلودگی نفتی و منشأ آن در رسوب و گاماروس در سواحل جنوبی دریای مازندران

افتخار شیروانی مهدوی^۱ پریسا نجات خواه معنوی^{۲*} و آیدا جان پرور آیدانی^۳

۱. گروه محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲ و ۳. گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۳

چکیده

در مطالعه حاضر به بررسی میزان و نوع آلودگی نفتی در گاماروس *Pantogammarus maeoticus* و رسوب در سواحل جنوبی خزر در ۴ ایستگاه (ساری، چالوس، انزلی، آستارا) در خرداد ۱۳۹۴ پرداخته شده است. نمونه‌های رسوبات سطحی و گاماروس از هر منطقه جمع آوری شد و به صورت منجمد به آزمایشگاه منتقل شدند. برای ارزیابی میزان و نوع ترکیبات نفتی نمونه‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی-جرمی استفاده شد. بیشترین میزان ترکیبات نفتی در گاماروس منطقه چالوس ($10 \pm 0/1$ ppm) بدست آمد. بر اساس نتایج تفاوت معنادار در میزان هیدروکربن‌ها در گاماروس در ایستگاه چالوس در مقایسه با سایر مناطق وجود داشت ($P < 0/05$). در میزان ترکیبات نفتی در رسوبات مناطق اختلاف معنی داری مشاهده نشد. نتایج بررسی ماهیت و منشأ آلودگی‌های هیدروکربن‌ها نشان داد که در مناطق آستارا و انزلی هیدروکربن‌های با جرم مولی کمتر از ۲۰ دارای منشأ پتروژنیک بود، درحالی‌که در مناطق چالوس و ساری هیدروکربن‌هایی با جرم مولی بیشتر از ۲۰ بدست آمد که نشان دهنده منشأ بومی و انسانی آلودگی می‌باشد.

واژگان کلیدی: گاماروس *Pantogammarus maeoticus*، آلودگی نفتی، هیدروکربن‌ها، سواحل جنوبی دریای خزر، رسوب

مقدمه

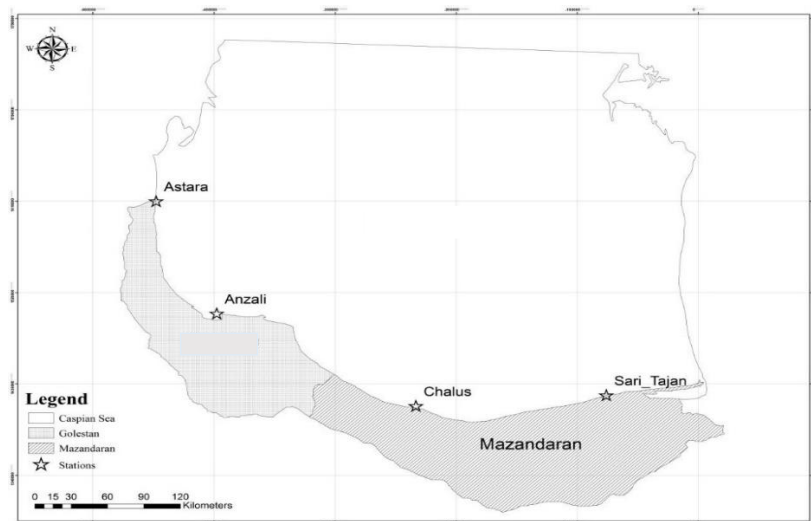
ای) تقسیم نمود. گروه ثابت منابع آلاینده دائمی بوده در محیط زیست پایدار هستند و استقرار مکانی دارند مانند صنایع، کارخانجات ساحلی، شهرها، سکوها نفتی و ترمینال ها. در گروه متحرک مانند نفتکش ها و سایر شناورها که موقعیت مکانی ثابتی ندارند و در حال جابجایی هستند (دانه کار و پوروششوری، ۱۳۷۷؛ حبیبی، ۱۳۹۳). از این رو پایش و کنترل میزان ورود هیدروکربن های نفتی به دریا ضروری به نظر می رسد. تحقیقات متعددی برای پایش آلودگی نفتی در دریای خزر صورت گرفته است مانند سعیدی و عاسبی در سال ۱۳۸۹ آلودگی نفتی در استان های مازندران و گلستان را مورد بررسی قرار دادند و میرزایی و همکاران (۱۳۹۳) روند تغییرات آلودگی نفتی در رسوب و آب خزر را مطالعه نمودند.

Gammarus سخت پوستی از خانواده گاماریده و راسته Amphipoda می باشد. این راسته به همراه راسته Isopoda و چند راسته دیگر زیر رده سخت پوستان عالی (Malacostraca) را تشکیل می دهد (حبیبی، ۱۳۷۶). گاماروس در دریای مازندران در خط ساحلی از جانوران کفزی اصلی محسوب شده و به مصرف بچه ماهیان سفید و کفال می رسند (Mirzajani et al., 2011). آمفی پودا در آب های لبشور، شیرین و همچنین در آب های دریای نقش گسترده ای در ساختار و جوامع آبی ایفا می کنند و مطالعات متعددی سخت پوستان و دوکفه ای های ساکن در نواحی ساحلی را به عنوان شاخص و تجمع دهنده زیستی مناسب معرفی می کند (Vázquez Alonso, 2016; Ashauer et al., 2012)؛ عطاران و همکاران، ۱۳۹۵). لذا در تحقیق حاضر ترکیبات نفتی در رسوب و گاماروس چهار منطقه در سواحل جنوبی دریای مازندران مورد بررسی و سنجش قرار گرفته است.

مواد و روش ها

منطقه ی مورد بررسی در این تحقیق سواحل جنوبی دریای خزر می باشد. در این بررسی ۴ ایستگاه در حاشیه ی دریای مازندران به ترتیب از جنوب غربی آستارا، انزلی، تا به سمت جنوب شرقی چالوس و ساری انتخاب شد تا آلودگی ناشی از نفت در رسوبات و گاماروس این منطقه مورد بررسی قرار گیرد (شکل ۱). نمونه برداری در خرداد ماه سال ۱۳۹۴ صورت گرفت.

دریای مازندران به عنوان بزرگترین دریاچه جهان دارای انواع مختلفی از آلودگی می باشد. برخی از انواع آلودگی منشا طبیعی دارد در حالیکه بخش عمده ای از آلودگی از مناطق ساحلی و مستقر در خشکی نشأت می گیرند. دریای مازندران حاوی ذخایر غنی انرژی (نفت و گاز) می باشد و اقتصاد کشورهای جدا شده از شوروی سابق بر روی همین ذخایر بنا نهاده شده است، لذا به نظر می رسد آلودگی نفتی در دریای مازندران روز به روز بیشتر می گردد (ذبیحی و علوی مقدم، ۱۳۸۵). هیدروکربن های موجود در محیط آب و رسوب معمولا دارای منشاء طبیعی بوده و یا ناشی از فعالیت های انسانی هستند. هیدروکربن ها با منشاء طبیعی در محیط دریا بر اثر سنتز این ترکیبات توسط پلانکتون، گیاهان عالی و آوندی خشکی، باکتری، جلبک و سوخت و تجزیه زیست توده های جانوری و گیاهی تولید می شوند. هیدروکربن های نفتی با منشاء فعالیت های انسانی بر اثر نشت و ورود نفت خام و ترکیبات فراوری شده آن و یا ورود باقیمانده های ناشی احتراق ناقص نفت وارد محیط می شوند (حاجی زاده اکر و همکاران، ۱۳۹۰). قسمتی از هیدروکربن های نفتی بعد از ورود به دریا در همان ساعات اولیه تبخیر می شوند قسمتی نیز توسط میکروارگانیزم ها مصرف می شوند اما قسمتی دیگر به ذرات دیگر می چسبند و با افزایش وزن به تدریج از ستون آب پایین رفته و در رسوبات تا مدت های طولانی به دلیل شرایط کم اکسیژنی باقی می ماند (Nemirovskaya, 2006). افزایش هیدروکربن های نفتی در محیط زیست نه تنها بر زندگی آبزیان اثر منفی دارد، بلکه بر سلامتی انسان با دخالت در زنجیره غذایی که از دریا تأمین می شود نیز تاثیر می گذارند (Al Darwish et al., 2005). آلودگی خط ساحلی سبب صدمات بلند مدت در محیط آبزیان برای ماهیگیری و حیات وحش می شود (Chao et al., 2003). گزارشاتی از وجود تومور و خوردگی باله ماهیانی که در مناطق با آلودگی کم نفتی زندگی می کنند وجود دارد. همچنین تومور و شرایط ایجاد پیش سرطانی در دو کفه ای های جمع آوری شده از مناطق آلوده به نفت و ترکیبات نفتی مشاهده شده است. این موارد در اثر ایجاد جهش در DNA و تغییر وضعیت بازهای نوکلئوتیدها ایجاد می شود (اسماعیلی، ۱۳۸۱؛ حاتمی و همکاران، ۱۳۸۸). منابع آلوده کننده محیط زیست را می توان به دو گروه ثابت (نقطه ای) و متحرک (غیرنقطه



شکل ۱- محل ایستگاه‌های مورد مطالعه در تحقیق حاضر

شد و توسط جریان ملایمی از نیتروژن تمیز و خشک، با تبخیر شدن حلال اضافی، حجم ماده استخراج شده به ۱ میلی لیتر رسانده شد.

به منظور جداسازی مزاحمت‌ها (سولفور زدایی)، مس فعال شده به ظرف حاوی نمونه‌های استخراج شده با هگزان اضافه شد تا واکنش در طول شب صورت پذیرد. سپس به نمونه‌های استخراج شده، سدیم سولفات اضافه شد و پس از انتقال به استوانه مدرج، توسط جریانی از نیتروژن تمیز تا حجم ۱ تا ۲ میلی لیتر تغلیظ گردید.

پاکسازی (Clean-up)

تکه ای پشم شیشه در نزدیکی شیر یک بورت ۵۰ میلی لیتری قرارداده شد، ۱۰ میلی لیتر سیلیکا و ۱۰ میلی لیتر آلومینای آماده سازی شده به ترتیب به ستون اضافه گردید و در انتها ۱ گرم سدیم سولفات اضافه شد تا از مزاحمت‌های لایه اول در زمان ریختن حلال جلوگیری نماید. نمونه به قسمت بالای ستون اضافه گردید. با استفاده از ۲۰ میلی لیتر هگزان ستون شستشو داده شد تا فراکسیون اول که حاوی هیدروکربن‌های آلیفاتیک بود، خارج شود. سپس ۳۰ میلی لیتر مخلوط هگزان و دی کلرومتان ۹ به ۱ اضافه شد تا فراکسیون دوم حاوی هیدروکربن‌های آروماتیک نیز با این حلال از ستون خارج شوند. در نهایت نمونه تغلیظ و آماده تزریق به دستگاه گردید. غلظت آلودگی‌های نفتی در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه

در هر ایستگاه به کمک بیلچه حدود ۱۰۰ گرم از رسوبات سطحی ساحل از عمق حداکثر ۵ سانتی متر برداشت شد و داخل ورقه‌های آلومینیومی بسته بندی و منجمد گردید و در داخل زیپ کیف‌های جداگانه قرار داده شد. همزمان با استفاده از الک بنتوزگیری تعدادی گاماروس جنس و گونه *Pantogammarus maeoticus* از رسوب جدا شده و به روش اشاره شده بسته‌بندی و منجمد شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در برخی مناطق (چالوس) به دلیل درشت بودن سایز ماسه‌ها و ریز بودن گاماروس‌ها از توری برای جدا سازی استفاده شد.

استخراج نمونه

۵ تا ۱۰ گرم از نمونه freeze-dry و پودر شده‌ای که با غربال ۲۵۰ میکرومتری الک شده، را وزن کرده سپس ۱۰۰ میکرولیتر از استاندارد داخلی $n-C_{19}D_{40}$ با غلظت ppm ۲۰ و ۱۰۰ میکرولیتر استانداردهای داخلی $Naphthalene$ D_{12} و $Benzo(K)Fluoranthene$ با غلظت ۲۰ ppm به آن اضافه گردید. نمونه توزین و آماده شده با استفاده از مخلوط حلال هگزان/دی کلرومتان (۱:۱) به مدت ۸ ساعت در دستگاه سوکسله قرار گرفت. در پایان نمونه استخراج شده با روتاری تا حجم ۱۵ میلی لیتر تغلیظ گردید (دمای حمام آب زیر ۳۰ درجه نگه داشته شد). سپس نمونه تغلیظ شده با سدیم سولفات بدون آب خشک و داخل استوانه مدرج ریخته

تجزیه و تحلیل داده ها

برای ترسیم نمودار از نرم افزار Excel 2007 و به منظور مقایسه داده ها از نرم افزار SPSS V.17 استفاده شده است. روش های آماری T-TEST، آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون پیرسون استفاده شد.

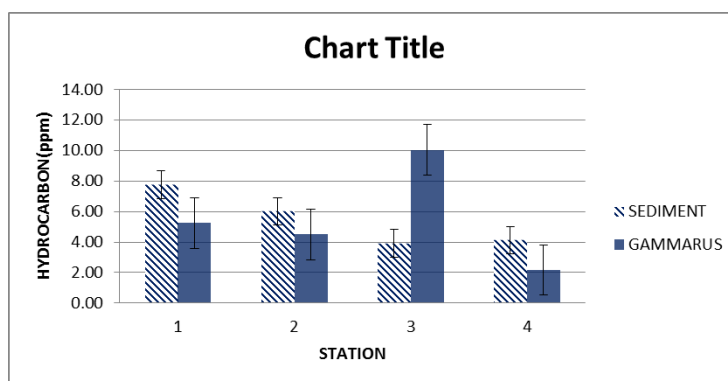
نتایج

تحقیق حاضر در خرداد ماه ۱۳۹۴ در ۴ ایستگاه در سواحل جنوبی دریای خزر (ساری، چالوس، انزلی، آستارا) به منظور بررسی آلودگی نفتی در رسوب و گاماروس انجام شده است. نتایج میزان هیدروکربن ها در رسوب و گاماروس در سواحل جنوبی خزر در شکل (۲) ارائه شده است.

کروماتوگرافی گازی دتکتورهای جرمی (GC-Mass 2008) به روش (MOOPAM, 1999) اندازه گیری شد.

آماده سازی محلول های استاندارد و نحوه کالیبراسیون

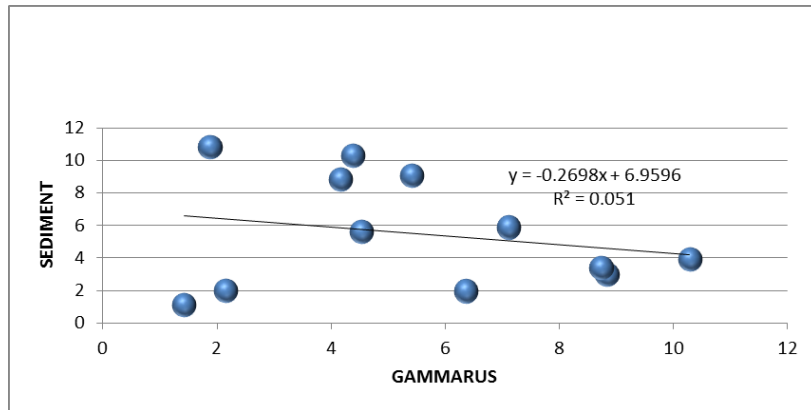
برای تهیه محلول های استاندارد از استانداردهای اولیه PAH استانداردهای MIX 25(Dr.Ehrenstorfer) 2000 ppm و Alkanes-Mix 10 آلیفاتیک (Dr.Ehrenstorfer) 500 ppm استفاده شد. استانداردهای بعدی در هگزان آماده و در یخچال و به دور از نور نگهداری شد. از استانداردهای مرجع IAEA-408، 417، 383، Naphthalene D8 داخلی و Benzo(K)Fluoranthene D12 و n-C19 d40 و قرار دادن نمونه کنترلی (مرجع یا اسپایک)، نمونه تکرار و شاهد به ازای هر ست (Bach) کاری برای رسم منحنی کالیبراسیون دستگاه و تعیین غلظت ترکیبات نفتی استفاده شد.



شکل ۲- نمودار میزان هیدروکربن ها در رسوب و گاماروس در ۱- آستارا ۲- انزلی ۳- چالوس و ۴- ساری در سواحل جنوبی خزر (آنتنکها نشان دهنده ی انحراف استاندارد می باشد)

هیدروکربن های ایستگاه چالوس در گاماروس به طور معنی داری از سایر ایستگاه ها بالاتر بود ($P < 0.05$). نتایج بررسی آزمون همبستگی بین میزان هیدروکربن در رسوب و بافت گاماروس همبستگی کم حدود ۵ درصد را نشان داد (شکل ۳).

بر اساس نتایج بدست آمده تفاوت معنادار در میزان هیدروکربن های بین رسوب و گاماروس در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود نداشت ($P \geq 0.05$). همچنین اختلاف معنی دار بین میزان هیدروکربن های رسوبات در ایستگاه های بررسی شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نشد، لیکن میزان



شکل ۳- همبستگی بین میزان هیدروکربن‌ها در رسوب و گاماروس در سواحل جنوبی دریای مازندران

هیدروکربن‌ها، بر اساس نوع هیدروکربن‌های مشخص شده در گراف‌ها بود و شامل ۲ گروه هیدروکربن‌های سبک (C₁₀ - C₁₅ و C₁₆ - C₂₀) و ۳ گروه هیدروکربن‌های سنگین (C₂₁ - C₂₅، C₂₆ - C₃₀ و C₃₁ - C₃₅) می‌باشد (جدول ۱).

در بررسی هیدروکربن‌ها بر اساس (جرم مولی) در رسوب و گاماروس در ایستگاه‌های مورد مطالعه از روش آماری non-parametric استفاده شده است. آلکان‌های مورد بررسی در این تحقیق راست زنجیر می‌باشند. مبنای رتبه‌بندی

جدول ۱- رتبه‌بندی و درصد هیدروکربن‌های ارزیابی شده در رسوب و گاماروس در سواحل جنوبی دریای مازندران

ترکیب	رتبه	نمونه	آستارا	انزلی	چالوس	ساری
هیدروکربن سبک	C ₁₀ - C ₁₅	رسوب	۶۶/۷	۸۰	۴۶/۷	۲۶/۷
		گاماروس	۴۰	۳۳/۳	۲۰	۰
	C ₁₆ - C ₂₀	رسوب	۲۰	۲۰	۱۳/۳	۶/۷
		گاماروس	۲۶/۷	۲۶/۷	۳۳/۳	۱۳/۳
هیدروکربن سنگین	C ₂₁ - C ₂₅	رسوب	۱۳/۳	۰	۰	۱۳/۳
		گاماروس	۶/۷	۱۳/۳	۱۳/۳	۶/۷
	C ₂₆ - C ₃₀	رسوب	۰	۰	۴۰	۵۳/۳
		گاماروس	۲۶/۷	۲۶/۷	۳۳/۳	۸۰
C ₃₁ - C ₃₅	رسوب					
	گاماروس					

رتبه‌ی ۳ و ۴ آلودگی‌های مربوط به این مناطق آلودگی‌هایی با منشاء غیر نفتی و در واقع با منشاء انسانی و حاصل از سوختن نفت خام می‌باشند (جدول ۱).

مقایسه‌ی بین هیدروکربن‌های موجود در رسوب در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان دهنده‌ی تفاوت معنادار ایستگاه انزلی با سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. در رسوبات ایستگاه انزلی هیدروکربن‌های سبک با تعداد کربن‌های C₁₀-C₁₅ و C₁₆-C₂₀ موجود می‌باشد که نشان دهنده‌ی هیدروکربن‌های سبک با منشاء نفت خام است. در حالیکه در ایستگاه ۳ و ۴ (چالوس و ساری) با دارا بودن درصد بیشتری از آلکان‌ها با

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که میزان ترکیبات نفتی در رسوب مناطق مختلف اختلاف معنی داری ندارد و میزان هیدروکربن‌ها در منطقه چالوس در بافت گاماروس با ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم به طور معنی داری بیشتر از سایر مناطق بوده است (شکل ۲) که با نتایج Javanmard و Mohammadzadeh (2011) مطابقت نشان می‌دهد. براساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر بین میزان هیدروکربن‌های موجود در رسوب و گاماروس *P. maoticus* در مناطق مختلف دریای مازندران همبستگی وجود ندارد (شکل ۳) این یافته نشان می‌دهد که گاماروس تغذیه‌ی وابسته به رسوبات ندارد. همان طور که اشاره شد آنالیز واریانس یکطرفه میزان ترکیبات نفتی موجود بین رسوب و گاماروس اختلاف معنی داری در سطح ۹۵ درصد نشان نداد، که این نتیجه نیز می‌تواند نشان دهنده ی عدم وابستگی کامل تغذیه گاماروس از بستر باشد زیرا که بین میزان هیدروکربن‌ها در رسوبات ایستگاه‌های بررسی شده اختلاف معنی داری بدست نیامد در حالیکه میزان هیدروکربن در منطقه چالوس در گاماروس به طور معنی داری بیشتر از مناطق دیگر بود. بنابر این به نظر می‌رسد که گاماروس علاوه بر تغذیه از رسوبات از مواد غذایی آب، گیاهان و بقایای جانوران نیز استفاده می‌کند و می‌توانند شاخص‌های زیستی مناسبی برای ارزیابی تغییرات محیطی باشند، این نتایج با یافته‌های Coulaud و همکاران (۲۰۱۵)، Ashauer و همکاران (۲۰۱۰) و حسینی (۱۳۷۷) همخوانی نشان می‌دهد. به منظور مشخص کردن ماهیت و منشأ آلودگی‌های سواحل جنوبی دریای مازندران جرم مولی هیدروکربن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه‌ی بین رتبه‌های هیدروکربن‌های موجود در رسوب در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که در منطقه انزلی و آستارا تفاوت معنادار بین رسوب و گاماروس وجود دارد. هیدروکربن‌های موجود در رسوبات از نظر تعداد کربن‌ها بین C10-C15 و یا C16-C20 قرار دارند که نشان دهنده‌ی آلودگی با منشأ پتروژنیک است (نعمتی ورنوسفادرائی و ریاحی بختیاری، ۱۳۹۲). در سواحل

ایران فعالیت‌های استخراج نفت وجود ندارد ولی فعالیت‌های واردات مواد نفتی در ۲ دهه‌ی اخیر در این مناطق در دست انجام است (سایت PMO) و این سواحل بویژه در مناطق بندری در معرض آلودگی نفتی ناشی از نشت نفت در پایانه‌های نفتی و نیز تخلیه‌ی غیر مجاز مواد زائد نفتی شناورهای مختلف قرار دارد (حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۹۰). بنابر این به نظر می‌رسد وجود آلودگی نفتی با منشأ پتروژنیک در سواحل ایران به استخراج نفت خام مربوط باشد که از کشور همسایه آذربایجان وارد بستر آبی دریای خزر شده و در سواحل جنوبی ته نشین می‌شوند (Tolosa et al., 2004; حاجی‌زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۹۰). یکی از منابع ورود منابع نفت به دریای مازندران از طریق رودخانه ولگا می‌باشد، به این ترتیب لکه‌های نفتی و همینطور آلودگی نفتی از رودخانه‌ی ولگا به داخل حوضه جنوبی دریای خزر وارد می‌شود زیرا چرخش آب دریای خزر از شمال غربی به سمت جنوب شرقی است (Samedova et al., 2009). آلودگی به حوضه‌ی جنوبی خزر وارد شده و با چرخش به داخل حوضه پراکنده می‌شود و میزان آن در نواحی جنوب شرقی کاهش می‌یابد و ماهیت آلودگی در این نواحی تغییر می‌یابد آلودگی نفتی طی ماه‌ها و سال‌ها در ستون آب باقی می‌ماند و همینطور در رسوبات بستر ته نشین شده و تجمع می‌یابد و آثار مخرب فراوانی بر زندگی آبزیان و به مراتب در سلامتی انسان‌ها نیز می‌گذارد (نعمتی ورنوسفادرائی و ریاحی بختیاری، ۱۳۹۲). همانطور که در جدول شماره (۱) قابل مشاهده است، در رسوبات ایستگاه‌های ساری و چالوس درصد هیدروکربن‌هایی با رتبه‌ی ۳ و ۴ یعنی نفت سنگین بیشتر دیده می‌شود. از نظر رتبه‌بندی در ایستگاه‌های چالوس و ساری تعداد کربن‌های هیدروکربن‌ها بیشتر از ۲۰ می‌باشند (C21-C25 و C26-C30) در نتیجه می‌توان اظهار نمود که منشأ آلودگی‌های این مناطق حاصل از نفت خام نبوده و ماهیت آن کاملاً با آلودگی سواحل جنوب شرقی (آستارا و انزلی) متفاوت است و به دلیل عوامل انسانی و سوخت نفت خام و عوامل کاملاً بومی و محلی می‌باشد و منشأ آن فعالیت‌های انسانی و شهرهای ساحلی می‌باشد.

منابع

- عطاران، ا.، صلاحی نژاد، ا.، جوانشیر خوبی، ا.، ایگدری، س. و لک، ر. ۱۳۹۵. مقایسه جذب زیستی (توسط) *Gammarus sp.* و غیر زیستی (رسوب ماسه‌ای) کادمیوم در ساحل دریای خزر. نشریه محیط زیست طبیعی، ۶۹(۳): ۸۰۲-۷۹۱.
- مژگان میرزایی، م.، معتضدی، م. ر. و نیکبختی، آ. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات آلودگی‌های هیدروکربورهای نفتی در آب و رسوبات حوزه جنوبی دریای خزر. نشریه محیط زیست طبیعی، ۶۷(۲): ۲۳۲-۲۲۳.
- نعمتی ورنوسفادرائی، م. و ریاحی بختیاری، ع. ۱۳۹۲. لگوی پراکنش و تعیین منشأ هیدروکربن های چند حلقه‌ای معطر در رسوبات سطحی رودخانه های استان گیلان. فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست، ۱۱(۱): ۱-۱۲.
- Al-Darwish, H. A. Abd El-Gawad, E. A., Mohammed, F. H. & Lotfy, M. M. 2005. Assessment of contaminants in Dubai coastal region, United Arab Emirates. *Environmental Geology*, 49(2): 240-250.
- Ashauer, R., Caravatti, I., Hintermeister, A. & Escher, B. 2010. Bioaccumulation kinetics of organic xenobiotic pollutants in the freshwater invertebrate *Gammarus pulex* modeled with prediction intervals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(7): 1625-1636. DOI: 10.1002/etc.175.
- Ashauer, R., Hintermeister, A., O'Connor, I., Elumelu, M., Hollender, J. & Escher, B. I. 2012. Significance of Xenobiotic Metabolism for Bioaccumulation Kinetics of Organic Chemicals in *Gammarus pulex*. *Environmental Science & Technology*, 46: 3498-3508.
- Chao, X., Shankar, J. & Wang, S. S. Y. 2003. Development and application of oil spill model for Singapore coastal waters. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129 (7):495-503.
- اسماعیلی، ع. ۱۸۸۱. آلاینده ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر. ایران.
- حاتمی، ا.، ساداتی پور، م. ت. و شهابی، ب. ۱۳۸۸. بررسی و اندازه گیری کل هیدروکربهای نفتی (TPH) در آب و رسوب خلیج فارس در محدوده بهرگان. مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی، ۴(۳): ۸۴-۹۳.
- حاجی زاده ذاکر، ن.، رحمانی، ن.، مقدم، ا.، شادی، م. و عباسی، ر. ۱۳۹۰. غلظت و منشأ هیدروکربن های نفتی در رسوبات بندر انزلی. محیط شناسی، ۶۰(۸): ۹۹-۱۰۶.
- حبیبی واحد زنجانی. ۱۳۹۳. فرآیندهای مؤثر بر لکه نفت پس از حادثه اتفاقی ریزش در دریا - مهم در مدل‌های عددی ریزش نفت. پژوهش های علوم و فنون دریایی، ۱۹(۱): ۲۱-۳۴.
- حبیبی، ط. ۱۳۷۶. جانورشناسی عمومی؛ ج. ۳؛ بندپایان. انتشارات دانشگاه تهران. ایران.
- حسینی، ع. ۱۳۷۷. بررسی روند تغییرات و میزان فلزات سنگین (Pb, Zn, Cu, Cd) در گاماروس های مصب رودخانه‌های سواحل دریای خزر (نور تا فریدونکنار). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- دانه کار، ا. و پوروخشوری، ز. ۱۳۷۷. فرآیند آلودگی نفتی دریا. فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۰(۲): ۵۶-۷۲.
- ذبیحی، م. و علوی مقدم، م. ر. ۱۳۸۵. مروری بر آلودگی نفتی در دریای خزر. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران. تهران.
- سعیدی، م. و عاسبی، ع. ۱۳۸۹. بررسی آلودگی نفتی، تخریب زیستی و سطح هوازگی هیدروکربنها در رسوبات ساحلی دریای خزر در محدوده استانهای گلستان و مازندران. علوم محیطی، ۸(۱): ۱۵۱-۱۷۲.

- Nemirovskaya, I. A. 2006. Hydrocarbons in the water and bottom sediments of a region with continuous petroleum contamination. *Geochemistry International*, 10:101-115.
- Samedova, F. I., Guseinova, B. A., Kuliev, A. D. & Alieva, F. Z. 2009. Trace elements in crude oil from some new South Caspian oil fields. *Petroleum Chemistry*, 49(4): 288–291.
- 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.
- Vázquez Alonso, M. 2016. Bioaccumulation and effects of parent and alkylated PAHs in an Arctic marine amphipod (*Gammarus setosus*) originating from pristine and historically contaminated sites in Svalbard: implications for sensitivity and adaptation. Master thesis in International Fisheries Management. Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics – Norwegian College of Fishery Science. Norway.
- Coulaud, R., Geffard, O., Vigneron, A., Quéau, H., François, A. & Chaumot, A. 2015. Linking feeding inhibition with reproductive impairment in *Gammarus* confirms the ecological relevance of feeding assays in environmental monitoring. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(5):1031–1038. DOI: 10.1002/etc.2886.
- Mirzajani, A. R., Sayadrahim, M. & Sari, A. R. 2011. Reproductive traits of some amphipods (Crustacea: Peracarida) in different habitats of Iran and southern Caspian Sea. *International Journal of Zoology*, Doi. Org/10. 1155/ 2011/ 598504.
- Mohammadizadeh, C. & Javanmard, A. 2011. Some Organophosphorous Pesticide (OPPs) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) along the Eastern Caspian Sea Coast, Mazandaran State, Iran. *e -Journal of Science & Technology*, 5(6): 85-92.
- MOOPAM, 1999. Standard methods for chemical analysis of petroleum hydrocarbons. Regional Organization for the Protection of Marine Environment. Third addition. Kuwait.

Oil Pollution and its Source in Sediments and *Gammarus* in Southern Shores of the Caspian Sea

Shirvani Mahdavi, E.¹, Nejatkhah Manavi, P.^{2*}, Janparvar Aydani, A.³

1. Dept. of Marine Environment, Faculty of Marine science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch

2, 3. Dept. of Marine Biology, Faculty of Marine science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch

Abstract

In this study, the amount and type of oil pollution in *Pantogammarus maeoticus* and sediment of the southern shores of the Caspian Sea in four stations (Sari, Chalus, Anzali, Astara) in June 2015 were investigated. Samples were taken from sediment and *Gammarus*. and were frozen and delivered to the laboratory. Oil pollution analysis of samples was performed using gas chromatography-mass spectrometry. The amount of hydrocarbons in *Gammarus* of the Chalus station was significantly different ($P < 0/05$) in comparison with the other three stations. The highest pollution level (10 ± 0.1 ppm) was in *Gammarus* of Chalus station. There was no significant difference in the hydrocarbon levels of sediments in four stations. To determine the nature and source of contamination, the molar mass of hydrocarbons was investigated. In Astara and Anzali stations the molar mass of hydrocarbons were less than 20 and hence had petrogenic origin. In Sari and Chalus stations the molar mass of hydrocarbons were more than 20 and therefore had indigenous and human origin.

Key words: *Pantogammarus maeoticus*, oil pollution, hydrocarbons, off the southern coast of the Caspian Sea, sediment

*Corresponding author: p_nejatkhah@iau-tnb.ac.ir