

بررسی اثرات سرب و کادمیم بر آب، رسوب و جوامع ماکرو بنتیک خور زنگی (از انشعابات خور موسی در خلیج فارس)

* حامد منوچهری^۱، علیرضا نیکویان^۲، تورج ولی نسب^۳، فرزاد نژادبهداری^۴،
سیدمحمد ماجدی^۴، رضا چنگیزی^۵ و الهه جعفریان مقدم^۶

^۱دانش آموخته واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، ^۲موسسه تحقیقات شیلات ایران، ^۳امور محیط زیست منطقه ویژه

اقتصادی پتروشیمی ماهشهر، ^۴گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل

Email: Hamedaqu2003@yahoo.com

چکیده

خور زنگی در شمال غرب خلیج فارس واقع شده و یکی از انشعابات خور موسی می باشد. خور زنگی علاوه بر اهمیت شیلاتی از جنبه های زیست محیطی نیز دارای ارزش زیادی بوده و از نقطه نظر تولید، غنا و تنوع زیستی دارای آبزیان مختلف شامل انواع ماهیان و انواع کفزیان است که غذای آنها را شامل می شود. با احداث منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر در سال ۱۳۷۶ در کنار خور زنگی، تغییراتی در این اکوسیستم حساس ایجاد و طی این مدت پساب های تصفیه شده و تصفیه نشده کارخانجات اطراف وارد آن شد. نمونه برداری از کفزیان و فلزات کادمیوم و سرب، موجود در آب و بستر خورهای محصور و قسمت آزاد شرقی خور زنگی دو مرتبه در فصل پرباران و کم باران جهت ارزیابی میزان این فلزات در آب و رسوبات سطحی خور زنگی و تاثیر آنها بر تراکم کفزیان انجام شد. فاکتورهای دما، pH، شوری، دانه بندی و درصد کل مواد آلی، به دلیل تاثیرشان بر غلظت فلزات سنگین اندازه گیری و همبستگی بین آنها با میزان فلزات سنگین سنجیده شد. نمونه های کفزی پس از انتقال به آزمایشگاه جداسازی و شمارش می شدند. برای آنالیز فلزات سنگین، نمونه های آب و رسوب در دمای ۴ درجه سانتی گراد به آزمایشگاه منتقل و براساس استانداردهای رایج و بوسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شدند. حداقل و حداکثر میزان اندازه گیری شده فلزات برحسب ppm عبارتند از: کادمیوم در آب ۰/۰۷ تا ۰/۱۲، در رسوب ۱/۶۸ تا ۲/۸۸ و سرب در آب ۰/۱۹ تا ۰/۲۹، در رسوب ۱/۴۳ تا ۷/۳۱ بود. نتایج نشان دادند میزان سرب و کادمیوم موجود در رسوبات نواحی نزدیک به تخلیه پساب نسبت به ایستگاه های دورتر از این نواحی بالاتر بود. با وجود آنکه فراوانی کفزیان در ایستگاه های نزدیک به محل تخلیه پساب بسیار پائین بود ولی ارتباط معنی داری بین غلظت فلزات سنگین و تغییرات فراوانی کفزیان در ایستگاه های مختلف مشاهده نشد ($P > 0/05$). نواحی نزدیک به تخلیه پساب دارای حداکثر pH و حداقل شوری نسبت به نواحی دورتر از محل تخلیه پساب بودند. نتایج آزمون همبستگی نیز بیانگر وجود ارتباط قوی معنی دار بین شوری و pH با غلظت فلزات در آب بودند ($P < 0/01$).

واژه های کلیدی: خور زنگی، خور موسی، سرب، کادمیوم.

مقدمه

و غیر مشخص دریافت می نمایند. امروزه آلودگی خورها و به ویژه رسوبات آن از اهمیت بالایی برای مجامع علمی برخوردار است. از این رو این مناطق به عنوان منبع عمده

بطور کلی آلودگی خورها مقادیر قابل توجهی منابع آلاینده حاصل از فعالیت های انسانی را با منشاء مشخص

سلامت و استرس اکوسیستم شناخته می‌شود (۱۳ و ۱۸) به‌همین دلیل ارزیابی دقیق آلودگی رسوبات و آب‌خورها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. خور زنگی در شمال غرب خلیج فارس واقع شده است و یکی از ۲۶ شاخه خور متصل به خور موسی بین طول جغرافیایی ۱۸° ۴۹° تا ۵۰° ۴۹° شرقی و عرض ۱۵° ۳۰° تا ۳۰° ۳۰° شمالی می‌باشد. با احداث منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر در سال ۱۳۷۶، در مجاورت این خور، اکوسیستم مزبور دچار تغییرات شدیدی گردید. به گونه‌ای که ارتباط بخش‌های شرقی و غربی این خور با احداث خط راه‌آهن و جاده قطع و قسمتی از خور میان تاسیسات محصور شد. تبخیر شدید منجر به پدید آمدن لایه‌های سخت نمک در بستر خورها شد. طی این مدت پساب‌های تصفیه شده و تصفیه نشده کارخانجات اطراف وارد آن شد. کارخانه‌هایی که اطراف خور تاسیس شده‌اند عبارتند از: پتروشیمی تندگویان (تولید PET/PTA)، خوزستان (تولید انواع پلیمر)، فن‌آوران (تولید فرم آلدئید و اسید استیک، محصولات دارویی، MTBE)، غدیر (تولید PVC)، پتروشیمی فجر (تامین هوا، انواع آب بخار و نیتروژن و برق کلیه واحدهای پتروشیمی، تصفیه فاضلاب‌های صنعتی و بهداشتی تولیدی در مجتمع‌های پتروشیمی امیرکبیر، بوعلی‌سینا، خوزستان، فن‌آوران، شیمی بافت، غدیر، شهید رسولی، پتروشیمی اروند، کارون و مارون). مطابق با شکل ۱ ارتباط خور زنگی با بخش شرقی توسط جاده و با بخش غربی توسط راه آهن قطع شده است. عبور جاده‌ای از وسط بخش محصور منجر به پدید آمدن دو منطقه محصور شرقی و غربی در آن شده که از طریق یک پل ارتباطی بین این دو بخش برقرار می‌باشد. تخلیه پساب نواحی محصور به بخش آزاد خور زنگی با متوسط دبی ۱۷۰ تا ۲۵۰ متر مکعب در ساعت در زمان جزر از طریق ۳ دریچه خروجی (در بخش شرقی) انجام می‌شود. همچنین در طول خط ساحلی بخش آزاد متصل به خور موسی نیز تاسیسات مختلفی نظیر اسکله و

کارخانجات تولیدکننده انواع محصولات شیمیایی احداث گردیده است. بنابراین انتظار می‌رود غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات این خور به دلیل ورود پساب به آن بالا باشد. در حقیقت رسوبات همانند یک منبع ذخیره فلزی عمل کرده و عناصر را یا از طریق فرآیندهای طبیعی یا به سبب دخالت بشر به آب آزاد می‌کند و سبب بروز اثرات نامطلوب بر سلامت اکوسیستم می‌شود (۱۶ و ۱۷ و ۲۰ و ۲۵). فلزات توسط کفزیان به‌عنوان اولین سطح تولیدکننده در دریا یا بطور کلی جامعه زیستی جذب شده و از این طریق احتمال ورود برخی از این فلزات به زنجیره غذایی بالا می‌رود (۲۷). بررسی غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در آب و رسوبات سطحی خور زنگی برای ارزیابی اثرات احتمالی فعالیت‌های انسانی در منطقه، ضروری و مهم می‌باشد. در بررسی حاضر علاوه بر اندازه‌گیری غلظت فلزات سرب و کادمیوم در آب و رسوبات سطحی، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات سطحی و آب این خور که بیشترین تاثیر را بر میزان فلزات در آب و رسوبات دارند، شامل شوری، pH، دانه‌بندی و درصد مواد آلی رسوبات (TOM) اندازه‌گیری شدند. همچنین کفزیان موجود در خور زنگی به‌عنوان غذای اصلی ماهیان کفزی و نزدیک کف‌دریایی (۱۰) جهت ارزیابی تاثیر آلودگی فلزات جداسازی و شمارش شدند. رابطه بین میزان غلظت فلزات با کفزیان و همچنین با ویژگی‌های رسوبات و آب تعیین و فاکتورهای احتمالی موثر بر غلظت فلزات در رسوبات و آب خور زنگی مشخص شد. هدف کلی از انجام این بررسی ارزیابی کیفیت آب و رسوبات این خور بوده تا در صورت نیاز راه‌کارهایی برای مدیریت سازمان یافته‌تر جهت دفع پسابها اتخاذ شود و همچنین اطلاعات پایه ضروری برای مقایسه نتایج آن با غلظت این فلزات در سال‌های آینده همراه با توسعه صنایع در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی بدست آید.

مواد و روش‌ها

تعداد ۷ ایستگاه برای نمونه‌برداری تعیین و ۶ ایستگاه هرکدام به فاصله ۱ کیلومتر نسبت به یکدیگر در طول یک ترانسکت مشخص گردیدند. اولین ایستگاه در خور زنگی محصور غربی و دومین ایستگاه در خور زنگی محصور شرقی، ۴ ایستگاه خارج از خورهای محصور در بخش آزاد شرقی خور زنگی به سمت خور موسی و یک ایستگاه شاهد در دهانه ورودی آب خلیج فارس به خور موسی تعیین شدند (شکل ۱). نمونه‌برداری در دو فصل پرباران (زمستان ۱۳۸۵) و کم باران (تابستان ۱۳۸۶) انجام شد. نمونه‌برداری از رسوبات ایستگاه‌ها توسط گراب مدل اکمن^۱ با سطح ۲۲۵ سانتی‌متر مربع و نمونه‌برداری از آب نزدیک بستر در هر ایستگاه توسط نمونه‌بردار روتنر^۲ انجام شد. دما، pH و آب، درون قایق و توسط دستگاه پرتابل اندازه‌گیری شد. برای سنجش شوری ۱ لیتر آب از نمونه‌بردار به ظروف تمیز پلی‌اتیلنی منتقل و در آزمایشگاه امور محیط زیست منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی با روش ذکر شده در MOOPAM (۱۹۹۹) اندازه‌گیری می‌شد. نمونه‌های حاوی ماکروفونا، طبق روش Holme & MachIntyre (۱۹۸۴) در قایق توسط آب دریا و با الک چشمه ۵۰۰ میکرون شستشو داده شد. محتویات الک پس از رنگ‌آمیزی با رزبنگال توسط فرمالین بافر ۵ درصد تثبیت و به درون کیسه ریخته شده سپس هر سه گراب با ظرف نیم لیتری به آزمایشگاه منتقل گردیده و جهت شناسایی و جداسازی نهایی به اتانول ۷۰ درصد منتقل شدند. روش نمونه‌برداری از رسوب و آب برای اندازه‌گیری فلزات سنگین نیز مطابق با دستورالعمل MOOPAM (۱۹۹۹) انجام شد. بدین ترتیب که نمونه‌های آب به درون ظروف پلاستیکی که از قبل توسط اسید نیتریک ۱۰ درصد شسته شده و با آب مقطر آبکشی شده بود، جمع‌آوری گردید و پس از تثبیت با ۲ میلی‌لیتر اسید نیتریک، جهت نگهداری در دمای

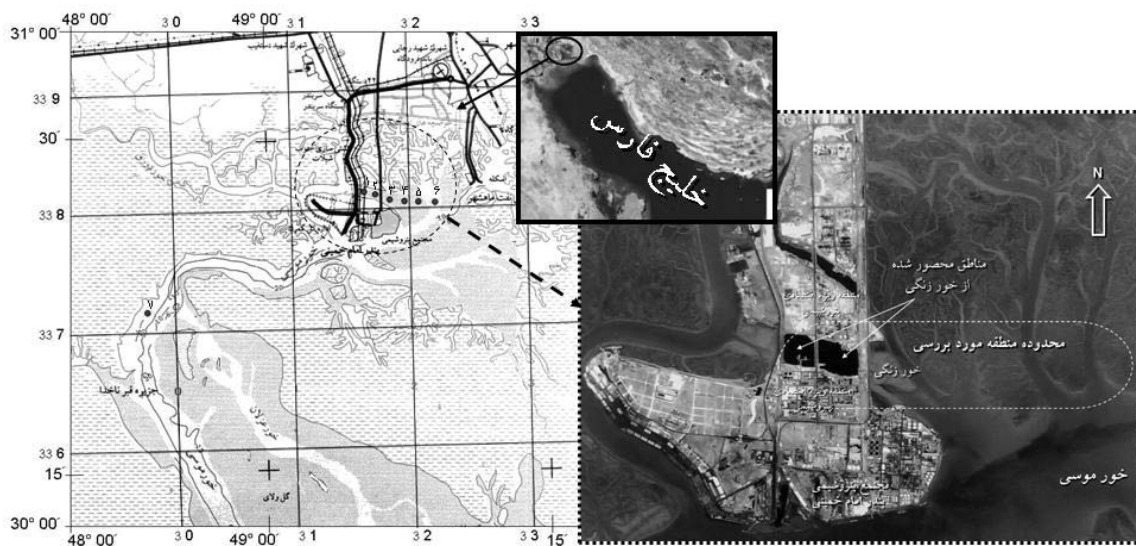
۲ درجه سانتی‌گراد (۱۰) به یخدان منتقل می‌گردید. نمونه‌های رسوب، درون تشتک پلاستیکی که از قبل با اسید نیتریک ده درصد شسته شده بود تخلیه گردید. نمونه مورد نظر از وسط گراب برداشته شد و به داخل کیسه نایلونی منتقل و جهت جلوگیری از فعل و انفعالات شیمیایی و بیولوژیک داخل یخدان کائوچویی قایق در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در آزمایشگاه تا قبل از مراحل آماده‌سازی، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۱). نمونه‌ها برای اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین سرب و کادمیوم به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های رسوب در آزمایشگاه ابتدا در مجاورت هوا، یخ‌زدایی و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون قرار گرفت تا خشک شوند. در مرحله بعد آنها را الک کرده و ذرات کمتر از ۶۳ میکرون برای آنالیز فلزات سنگین جدا شده و پس از پودر کردن در هاون عقیق با روش هضم کامل برای تزریق به دستگاه آماده سازی شد (۱۴، ۲ و ۳). حدود ۱ گرم رسوب خشک را با مخلوط غلیظی از اسیدهای (HCl:HNO₃=۳:۱) هضم نموده و در ادامه از روش Rauret و همکاران (۱۹۹۹) استفاده شد. فلزات سنگین کادمیوم و سرب در رسوبات هضم شده به وسیله دستگاه جذب اتمی شعله‌ای اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. برای آنالیز هر گروه از شاهد نیز استفاده شد. استانداردهای کالیبراسیون نیز به طور منظم انجام می‌شد تا صحت روش آنالیز را ارزیابی کند. برای نمونه‌های آب ابتدا ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر را به ۵۰ میلی‌لیتر نمونه آب در ظروف شیشه‌ای شسته شده با اسید اضافه کرده و بعد به آن محلول‌های پرمنگنات پتاسیم، کلرور قلع، الکل اتیلیک و هیدروکسیل آمین جهت کاهش و تبدیل یون‌ها به عنصر خنثی اضافه می‌شد. برای آنالیز نمونه‌های آب، آنرا با کمی HNO₃ غلیظ جوشانده و حجم آن را دوبرتبه و هر بار با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر شده رقیق و محلول جهت تزریق به دستگاه اتمی آماده می‌شد. برای کاهش خطای آزمایش، کلیه آنالیزهای آب و رسوب ۳ بار تکرار شدند. برای تعیین

1- Ekman-Birge

2- Ruttner

ایستگاه درون بوته چینی منتقل و طی مدت ۲۴ ساعت در آون و درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری تا کاملاً خشک شدند. ۱۰۰ گرم آنرا توزین و پس از انحلال، به روی غربال‌های استاندارد (ASTM) با چشمه‌های متفاوت ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۶۳ میلی‌متر، منتقل و در نهایت رسوبات باقیمانده در هر الک به‌دقت جمع‌آوری و وزن گردیدند. درصد حضور هر یک از دانه بندی‌ها طبق روش ذکر شده در Holme & MachIntyre (۱۹۸۴) محاسبه شد.

درصد کل مواد آلی رسوبات (TOM)، ابتدا نمونه‌های آبدار را حدود ۲۴ ساعت داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا وزن نمونه‌ها تثبیت شود. سپس نمونه‌ها را در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت نگهداری کرده و پس از محاسبه اختلاف وزن ایجاد شده، مقدار کل مواد آلی موجود در رسوبات تعیین گردید (۱۲ و ۲۳). آنالیز دانه‌بندی رسوبات با استفاده از تکنیک استاندارد ذکر شده در MOOPAM (۱۹۹۹) در هر نمونه‌برداری انجام شد. ابتدا ۲۰۰ گرم از رسوبات هر



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در خور زنگی از انشعابات خورموسی در خلیج فارس (مرداد ۱۳۸۵)

آنالیز داده‌ها شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر غلظت‌ها با استفاده از روش‌های آماری انجام گرفت. آنالیز همبستگی نیز بوسیله نرم‌افزار SPSS برای مقایسه ایستگاه‌ها از نظر فاکتورهای محیطی و میزان فلزات سنگین از آزمون آنالیز واریانس ANOVA دو طرفه به همراه تعیین ضریب F (F-ratio) استفاده گردید و ضریب همبستگی (r) آن نیز در ایستگاه‌های مختلف طی دوره نمونه‌برداری تعیین و مقایسه گردید. از آنالیز رگرسیون نیز برای تعیین ارتباط بین فلزات سنگین با تراکم ماکروبتوزها، درصد مواد آلی و میزان سیلت-رس طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری استفاده شد.

نتایج

نتایج نشان دادند $1/69 \pm 89/07$ درصد از رسوبات خور زنگی را رسوبات ریزدانه (زیر ۶۵ میکرون) و مابقی رسوبات را ذرات بین ۶۳-۱۲۵ میکرون تشکیل می‌دهند. میانگین درصد کل مواد آلی رسوبات در این منطقه $12/93 \pm 0/56$ می‌باشد. مقادیر دانه‌بندی رسوبات و درصد مواد آلی در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین سه بار اندازه‌گیری هر کدام از فلزات سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی و آب خور زنگی در دو فصل زمستان و تابستان در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار دانه بندی زیر ۶۳ میکرون و درصد مواد آلی (TOM) طی سال ۱۳۸۵-۱۳۸۶.

به تفکیک ایستگاه در منطقه خور موسی، شاخه خور زنگی

ایستگاه	عمق (متر)	درصد سیلت-رس < ۶۳ میکرون	میانگین درصد مواد آلی (TOM)
۱	۰/۹	۹۳/۷۰ (۳/۹۹)	۱۵/۲۸ (۰/۸۰)
۲	۰/۸	۹۶/۴۹ (۲/۷۱)	۱۷/۸۲ (۰/۴۹)
۳	۱/۲	۸۸/۱۶ (۱/۴۱)	۱۶/۹۵ (۱/۲۶)
۴	۱/۴	۸۶/۷۲ (۰/۶۶)	۱۱/۱۴ (۰/۸۶)
۵	۱/۳	۸۳/۸۲ (۰/۴۳)	۱۱/۸ (۱/۱۶)
۶	۱/۸	۸۸/۸۴ (۱/۷۹)	۱۱/۶۰ (۰/۸۹)
۷	۱/۶	۸۵/۷۷ (۴/۲۰)	۵/۹۱ (۰/۲۶)

جدول ۲- میانگین سه بار اندازه گیری و انحراف معیار کادمیوم و سرب در آب و رسوبات خور زنگی

به تفکیک ایستگاه در دو فصل زمستان و تابستان

		ایستگاه								
		۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	میانگین غلظت فلز (ppm)	
زمستان	آب	۰/۰۹±۰/۰۰۰۱	۰/۱±۰/۰۰۰۱	۰/۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۹±۰/۰۰۰۳	۰/۱±۰/۰۰۰۱	۰/۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۸±۰/۰۰۰۲	Cd	
	Pb	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	Pb	
۱۳۸۵	رسوب	۴/۳۰±۰/۰۰۵	۴/۱۰±۰/۰۰۱	۴/۱۰±۰/۰۱۲	۲/۶۰±۰/۰۰۶	۴/۰۰±۰/۰۱۱	۴/۶۰±۰/۰۰۹	۲/۸۰±۰/۰۰۹	Cd	
	Pb	۳/۳۰±۰/۰۰۸	۳/۹۰±۰/۰۰۶	۰/۹۰±۰/۰۰۲	۲/۸۰±۰/۰۰۳	۴/۱۰±۰/۰۱۱	۶/۸۰±۰/۰۱۳	۹/۶۰±۰/۰۰۹	Pb	
تابستان	آب	۰/۱۳±۰/۰۰۰۷	۰/۱۴±۰/۰۰۰۹	۰/۱۴±۰/۰۰۰۵	۰/۱۴±۰/۰۰۰۷	۰/۱۴±۰/۰۰۰۴	۰/۰۹±۰/۰۰۰۱	۰/۰۶±۰/۰۰۰۳	Cd	
	Pb	۰/۵۶±۰/۰۰۰۹	۰/۴۸±۰/۰۰۰۶	۰/۵۲±۰/۰۰۰۹	۰/۵۴±۰/۰۰۰۳	۰/۵۷±۰/۰۰۰۸	۰/۴۴±۰/۰۰۰۵	۰/۳۸±۰/۰۰۰۲	Pb	
۱۳۸۶	رسوب	۰/۴۳±۰/۰۰۰۶	۰/۶۳±۰/۰۰۰۷	۰/۴۷±۰/۰۰۰۱	۰/۷۷±۰/۰۰۰۸	۰/۶۷±۰/۰۰۰۴	۰/۱۷±۰/۰۰۰۳	۰/۷۳±۰/۰۰۰۸	Cd	
	Pb	۳/۶۴±۰/۰۰۸	۲/۳۳±۰/۰۰۴	۱/۹۶±۰/۰۰۸	۲/۱۴±۰/۰۰۶	۳/۱۷±۰/۰۰۹	۱/۸۱±۰/۰۰۲	۵/۰۲±۰/۰۰۹	Pb	

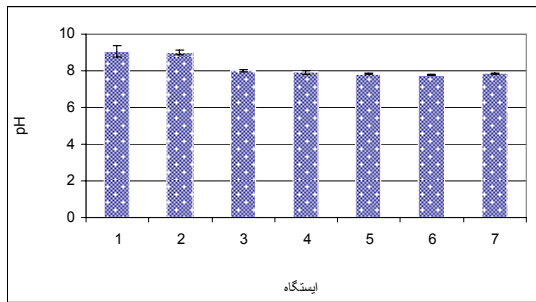
جدول ۳- نتایج آزمون همبستگی (ضریب r) و سطح اختلاف (P)، بین فلزات سنگین، شوری و pH

در منطقه خور موسی، شاخه خور زنگی (۱۳۸۵-۸۶)

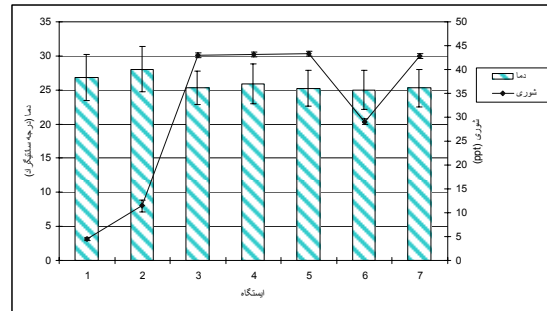
	Cd		Pb		
	آب	رسوب	آب	رسوب	
شوری	۰/۹۴۱**	-۰/۰۶۲	۰/۸۹۱**	-۰/۰۰۳	همبستگی (r)
	۰/۰۰۲	۰/۸۹۴	۰/۰۰۷	۰/۹۹۵	سطح اختلاف (P)
pH	-۰/۹۱۰**	۰/۰۹۵	-۰/۸۳۰*	-۰/۰۳۰	همبستگی (r)
	۰/۰۰۴	۰/۸۴۰	۰/۰۲۱	۰/۹۴۹	سطح اختلاف (P)
دما	-۰/۷۲۴	۰/۲۶۴	-۰/۶۸۰	-۰/۰۹۲	همبستگی (r)
	۰/۰۶۶	۰/۵۶۷	۰/۰۹۳	۰/۸۴۴	سطح اختلاف (P)

** همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱ معنی دار است ($P < 0.01$).

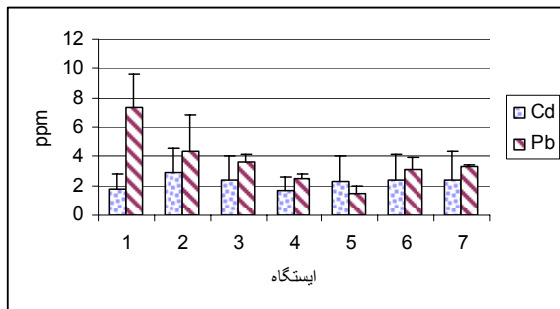
* همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۵ معنی دار است ($P < 0.05$).



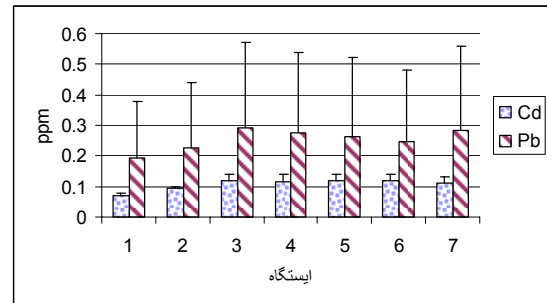
شکل ۳- تغییرات میانگین pH طی دوره نمونه برداری به تفکیک ایستگاه در منطقه خور موسی، شاخه خور زنگی



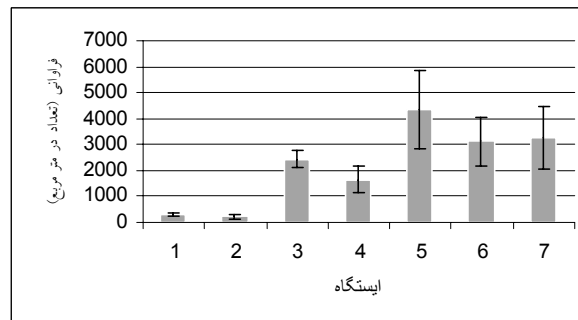
شکل ۲- تغییرات میانگین دما و شوری طی دوره نمونه برداری به تفکیک ایستگاه در منطقه خور موسی، شاخه خور زنگی



شکل ۵- مقایسه میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات کادمیوم و سرب به تفکیک ایستگاه در رسوبات خور زنگی از انشعابات خور موسی



شکل ۴- میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات کادمیوم و سرب به تفکیک ایستگاه در آب خور زنگی از انشعابات خور موسی



شکل ۶- فراوانی کفزیان طی دوره های مختلف به تفکیک ایستگاه در منطقه خور موسی، شاخه خور زنگی

آورده شده است. مطابق با نتایج، میزان مواد آلی و درصد رسوبات ریزدانه ($\mu 63 <$) که شامل رسوبات سیلت-رسی می‌باشند، در ایستگاه‌های واقع در مناطق محصور (ایستگاه‌های ۱ و ۲) نسبت به ایستگاه‌های دیگر بالاتر بود. بیشترین میزان کادمیم در رسوبات ایستگاه ۲ در خور زنگی محصور شرقی با میانگین 0.71 ± 0.88 میلی‌گرم در لیتر، اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان مواد آلی نیز در این دو ایستگاه به ترتیب به میزان $0.80 \pm 28/15$ و $0.49 \pm 82/17$ درصد اندازه‌گیری شد. از طرفی مقادیر

مطابق با این نتایج مقادیر غلظت کادمیوم و سرب در آب و رسوبات خور زنگی در فصل تابستان بالاتر از زمستان بود. میانگین غلظت کادمیوم در آب و رسوبات سطحی خور زنگی به ترتیب 0.08 ± 0.106 و 0.17 ± 0.21 میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شدند. میانگین غلظت سرب در آب و رسوبات سطحی خور زنگی به ترتیب 0.01 ± 0.249 و 0.82 ± 0.713 میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شدند. تغییرات میانگین غلظت فلزات در آب و رسوبات سطحی به تفکیک ایستگاه در شکل‌های ۴ و ۵

غلظت کادمیوم در ایستگاه‌های ۳ و ۴ با فاصله گرفتن از ایستگاه ۲ کاهش یافت. نتایج آزمون همبستگی بین فلزات سنگین، شوری و pH، در جدول ۳ و تغییرات میانگین pH، شوری و دما به تفکیک ایستگاه در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. با وجود دمای بالاتر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های ۱ و ۲ (در خورهای زنگی محصور غربی و شرقی) نسبت به سایر ایستگاه‌های واقع در بخش آزاد خور زنگی، حداقل شوری در این ایستگاه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج شمارش کفزیان نشان داد، کمترین فراوانی به میزان 283 ± 63 عدد در متر مربع در ایستگاه‌های واقع در مناطق محصور و بیشترین فراوانی در ایستگاه ۵ با تعداد 4346 ± 1517 عدد در متر مربع اندازه‌گیری شد (شکل ۶).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمون همبستگی بین درصد مواد آلی و غلظت فلزات سنگین رسوبات خورزنگی نشان داد، با افزایش درصد مواد آلی رسوبات، میزان کادمیم افزایش یافته و میزان سرب در رسوبات کاهش می‌یابد. مطابق با این نتایج همبستگی معنی‌داری بین فلزات و درصد مواد آلی مشاهده نشد. نتایج آزمون همبستگی بین درصد سیلت-رس و فلزات سنگین رسوبات نشان دادند، بین غلظت سرب رسوبات و سیلت-رس همبستگی منفی وجود داشت. بین غلظت کادمیم رسوبات و میزان سیلت-رس همبستگی مثبت وجود داشت. مطابق با نتایج با افزایش مواد آلی رسوبات غلظت کادمیم نیز در رسوبات افزایش پیدا می‌کرد. دو فاکتور دانه‌بندی رسوبات و محتوای مواد آلی (TOM) از موارد مهم و اساسی تاثیرگذار بر پراکنش فلزات در رسوب می‌باشند (۱۱ و ۲۳، ۲۴) مطالعات Mojtahid و همکاران (۲۰۰۸)، بر اثرات آلودگی مواد آلی بر جوامع کفزی در سواحل اسکاتلند نیز نشان داد میزان فلزات سنگین در نواحی تخلیه پساب که دارای درصد بالای مواد آلی بودند بالاتر بود. در نواحی متاثر از آلودگی فلزات Pb، Cu، Cr، Zn بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دادند. میزان این فلزات با فاصله گرفتن از محل تخلیه پساب به تدریج کاهش می‌یافت.

میانگین کادمیوم اندازه‌گیری شده در آب خور زنگی با اختلاف زیادی، کمتر از میزان اندازه‌گیری شده توسط موسسه تحقیقات شیلات ایران در خورهای مهم استان خوزستان (۴) و میانگین غلظت آن در خور موسی بوده و برابر با مقدار اندازه‌گیری شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست (۱۳۷۷) در مطالعات خوریات موسی و همچنین مطابق با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست برای خروجی فاضلاب‌ها می‌باشد. میزان این استاندارد ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. ولی میزان کادمیوم در آب خور زنگی، بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده توسط موسسه تحقیقات شیلات ایران در آبهای شمالی خلیج فارس (۱۰) و ۰/۰۹۸ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر از حداکثر مجاز برای آبیان دریایی و مقادیر مجاز اعلام شده از سوی انجمن حفاظت محیط‌زیست نیوزیلند و استرالیا (ANZECC)، کویت، امارات متحده عربی، اقیانوس هند و آبهای ساحلی استرالیا بوده است (جدول ۳). مقادیر فلز کادمیوم در رسوبات مناطق مختلف خلیج فارس و رسوبات جهان با میزان کادمیوم موجود در خور زنگی در جدول ۴ مقایسه شده است. میانگین مقدار اندازه‌گیری شده کادمیوم در رسوبات خور زنگی، $2/21 \pm 0/17 \text{ mg/kg}$ می‌باشد که کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در مناطق آلوده خوریات موسی (۹ و ۴) و در شمال خلیج فارس (۱۰)، ولی بیشتر از مقادیر میانگین اندازه‌گیری شده در سواحل کویت، سواحل جنوبی خلیج فارس و همچنین بالاتر از استاندارد تعیین شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (۲۰۰۰) برای کادمیوم در رسوبات (۰/۷۳) میلی‌گرم در کیلوگرم به ازای وزن خشک) و EPA می‌باشد. میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده در این بررسی تقریباً ۳/۵ برابر رسوبات غیر آلوده می‌باشد. همچنین از آنجا که کادمیوم آلاینده‌ای است که منشاء انسانی دارد، دامنه تغییر غلظت زیادی از آن انتظار می‌رود و عموماً رسوبات ساحلی و مصبی در مقایسه با اقیانوس‌های باز از میزان کادمیوم بیشتری برخوردار هستند. رسوبات کشورهای صنعتی شده بطورنسبی غلظت کادمیوم بیشتری نسبت به کشورهای در حال توسعه

دارند. همچنین در حوزه‌های ساحلی که تحت تاثیر فعاليت‌های انسانی قرار دارند، غلظتی بالاتر از حد معمول کادمیوم می‌تواند وجود داشته باشد (۲۸) مطالعات کنال محسنی (۱۳۸۱) در میزان آلودگی آبهای ساحلی بندر عباس به فلز کادمیوم، نشان داد سواحل نزدیک محل تخلیه پساب پالایشگاه و اسکله نفت و نیروگاه از آلودگی بیشتری برخوردارند. همچنین مطالعات ایشان بیانگر آلودگی بیشتر در سواحل کم عمق، نسبت به اعماق ۵-۱۰ متر می‌باشد. سبز عزیزاده و خلفه نیلساز (۱۳۷۷) و مظاهری نژاد (۱۳۷۴) مقادیر بالایی از کادمیوم را در خور موسی اندازه‌گیری کردند که علت آن می‌تواند در نتیجه فعاليت‌های انسانی و تاسیسات صنعتی اطراف این خور دانست. مقایسه میانگین خورزنگی و حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده در ایستگاه ۲ ($4/60 \text{ mg/kg}$)، با غلظت کادمیوم در ایستگاه شاهد ($0/43 \text{ mg/kg}$) آلودگی کادمیوم را در خور زنگی محصور شرقی نشان می‌دهد. شکل ۵ روند کاهشی غلظت کادمیوم رسوبات را با افزایش فاصله از ایستگاه ۲ تا ایستگاه ۴ نشان می‌دهد. وجود مقدار بالاتر از استاندارد کادمیوم در رسوبات ایستگاه ۲ و روند کاهشی آن در ایستگاه‌های خارج خور، نشان‌دهنده وجود آلودگی کادمیوم در رسوبات خور زنگی محصور شرقی می‌باشد. McLusky (۱۹۹۹) نشان داد، اثرات مرگ آور کادمیوم در غلظت‌های بالاتر از ppm ۰/۱ در آب دریا ظاهر می‌شود (۴) و از آنجائی که اثرات سمی فلزات سنگین در شوری‌های پائین تر ظاهر می‌شود (۱۹)، می‌توان یکی از دلایل عدم حضور کفزیان در خور زنگی محصور شرقی (شوری $11/4 \pm 1/20 \text{ ppt}$) را به این فلز نسبت داد. کادمیوم در درجه حرارت‌های بالا و شوری‌های کم برای خرچنگ‌ها، کپی پودها، ایزوپوردها و میگوها بسیار سمی است (۴). همچنین سخت پوستان پلانکتونی به‌خصوص در مراحل لاروی با این عنصر بسیار حساس می‌باشند. کادمیوم قادر است جایگزین آهن فريتین خون در ماهیان شود و در بافت‌های عضلانی تجمع یابد (۵). با توجه به حساسیت نسبتاً زیاد اولین و دومین زنجیره غذایی نسبت به کادمیوم، این عنصر

می‌تواند در بافت ماهیچه‌ای ماهیانی که از کفزیان تغذیه می‌کنند تجمع یافته و موجب ضایعاتی در انسان‌ها گردد و سلامتی افرادی را که از این آبزیان تغذیه می‌کنند مورد تهدید قرار دهد. مطابق با شکل ۲، میزان شوری در ایستگاه‌های واقع در مناطق محصور پائین‌تر از مناطق آزاد اندازه‌گیری شد. آب شیرین حاصل از فرآیند تصفیه اسمز معکوس پتروشیمی فجر که وارد خور محصور غربی می‌شود، منجر به پائین آمدن شوری در این نواحی شده است. بالا بودن شوری در سایر ایستگاه‌های خارج از مناطق محصور احتمال تاثیرات سوء کادمیوم را کاهش می‌دهد. مطالعات نشان داده است که با افزایش شوری آب دریا از 20 ppt به 80 ppt ، کادمیوم غیر آلی محلول (کمپلکس‌های کادمیوم) در حدود ۲۴ درصد افزایش می‌یابد و این امر به دلیل تشکیل کمپلکس‌های قوی کادمیوم با یون کلراید می‌باشد. افزایش شوری سبب افزایش غلظت کمپلکس‌های Cd-Cl شده و بنابراین کادمیوم غیرآلی حل شده افزایش یافته و میزان یون Cd کم شده و در نتیجه اثرات سمی آن کاهش می‌یابد.

نتایج نشان‌دهنده روند معکوس تغییرات غلظت سرب با درصد مواد آلی موجود در رسوبات می‌باشد. میانگین سرب اندازه‌گیری شده در آب خور زنگی، زیر مقادیر اندازه‌گیری شده در مناطق آلوده خور موسی (۴ و ۹) و زیر استاندارد تعیین شده برای خروجی فاضلاب‌ها توسط سازمان حفاظت محیط زیست (۲ میلی‌گرم در لیتر) بوده ولی بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در عسلویه (۳)، سواحل شمالی خلیج فارس (۱۰)، آبهای کویت (۲۰۰۱) و مقدار تعیین شده توسط انجمن حفاظت محیط‌زیست نیوزیلند و استرالیا (ANZECC) بوده است. میانگین غلظت سرب اندازه‌گیری شده در رسوبات خور زنگی ($3/71 \pm 0/82 \text{ mg/kg}$)، پائین‌تر از میانگین اندازه‌گیری شده در مناطق آلوده خور موسی (۴، ۷، ۸ و ۹) و سواحل شمالی خلیج فارس (۱۰)، میانگین غلظت سرب در پوسته زمین، میانگین غلظت سرب در رسوبات اقیانوس‌ها، رسوبات جهانی، بوده و برابر با میانگین اندازه‌گیری شده در سواحل جنوبی خلیج فارس می‌باشد. میانگین غلظت

سرب اندازه‌گیری شده در رسوبات ایستگاه‌های ۱ و ۲ ($5/80 \pm 1/50 \text{ mg/kg}$) بیشتر از میانگین سایر ایستگاه‌ها بود. روند کاهشی میزان سرب رسوبات از ایستگاه ۱ تا ایستگاه ۶ در هر دو فصل وجود داشت. از آنجائی که بالاترین میزان سرب در ایستگاه ۱ ($9/60 \text{ mg/kg}$) اندازه‌گیری شد و با توجه به روند کاهشی که در غلظت سرب رسوبات از ایستگاه ۱ به سمت سایر ایستگاه‌ها مشاهده شد، می‌توان نتیجه گرفت میزان آلودگی سرب در رسوبات خور زنگی محصور غربی بالا بوده است. وجود جریان آب از این منطقه به طرف سایر ایستگاه‌ها نیز توانسته به این روند کاهشی کمک کند. دامنه تغییرات سرب در رسوبات خیلی وسیع می‌باشد، ولی غالباً کمتر از 5 mg/kg بوده و همچنین در مکان‌هایی از قبیل سواحل که تحت تاثیر عوامل انسانی می‌باشند غلظت‌های بیشتری از سرب یافت می‌شود (۲۸). در بررسی که توسط کرباسی (۱۳۷۸) در رسوبات سطحی خلیج فارس انجام شد، مشخص شد بیشترین سهم عناصر در بخش انسان‌ساخت مربوط به سرب و کمترین آن مربوط به آهن است همچنین مقایسه غلظت فلزات سنگین در رسوبات بندر بوشهر با کشورهای همسایه، نشان‌دهنده آلودگی شدید در این منطقه است که فاکتورهای محیطی و انسان‌ساخت در افزایش این آلودگی سهم هستند (۱). در بررسی حاضر، نتایج اندازه‌گیری فلزات طی سال نشان دادند غلظت سرب در آب و رسوبات خور زنگی، بیشتر از غلظت کادمیوم می‌باشد. همانطوری که ذکر شد، تغییرات pH، شوری و دما می‌تواند در میزان فلزات سنگین رسوبات تاثیرگذار باشد (۱ و ۴). همبستگی منفی و معنی‌داری بین pH و غلظت سرب در آب ($P < 0/05$) و همبستگی قوی منفی معنی‌داری بین کادمیوم و pH آب ($P < 0/01$) و همبستگی مثبت قوی و معنی دار این دو فلز با شوری ($P < 0/05$) این روند را تائید می‌کند. بطوری که با افزایش pH و کاهش شوری در ایستگاه‌های مختلف، غلظت این فلزات در رسوبات افزایش یافته است. جذب کادمیوم در رسوبات با افزایش pH، افزایش یافته بطوریکه کادمیوم در pH ۸ بصورت Cd(OH)_2 رسوب

می‌کند (۱). بالاترین میزان pH به‌ترتیب در خور زنگی محصور غربی (ایستگاه ۱) به مقدار $9/06 \pm 0/3$ و خور زنگی محصور شرقی (ایستگاه ۲) به مقدار $8/98 \pm 0/12$ اندازه‌گیری شد که نسبت به سایر ایستگاه‌های خارج از مناطق محصور دارای اختلاف معنی داری بود ($P < 0/05$). در مطالعه حاضر، بالاترین غلظت کادمیوم در رسوبات ایستگاه ۲ اندازه‌گیری شد. بالا بودن pH در این ایستگاه نسبت به ایستگاه‌های خارج از خورهای محصور نشان‌دهنده ورود پساب به این ناحیه بوده که منجر به تشدید آلودگی کادمیوم در این ناحیه شده است. بالاترین میزان سرب در رسوبات ایستگاه‌های واقع در مناطق محصور غربی و شرقی به‌ترتیب $7/31$ و $4/30$ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده تشدید آلودگی سرب در رسوبات خور زنگی محصور غربی و شرقی به‌دلیل آلودگی pH در این ناحیه می‌باشد. در بررسی آثاری (۱۳۸۱) سرب همبستگی مثبت ضعیف با شوری و همبستگی منفی ضعیف با pH داشته است. هنگامی که pH در ستون آب بیش از ۶ باشد، سرب جذب رسوبات می‌شود. دمای آب با غلظت فلزات سرب و کادمیوم در آب دارای همبستگی ضعیف و منفی بود. همچنین نتایج آزمون همبستگی نشان داد، بیشترین همبستگی فلزات سرب و کادمیوم به‌ترتیب با شوری، pH و دما می‌باشد. در بررسی سبزه‌علیزاده و خلفه نیلساز (۱۳۷۷)، کادمیوم و سرب در نمونه‌های آب با هیچکدام از فاکتورهای pH، شوری و درجه حرارت همبستگی نداشت.

میزان عناصر سنگین در رسوبات مناطق مختلف خلیج فارس دارای اختلافات زیادی است (جدول ۴). یکی از دلایل عمده این نوسانات در میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات این منطقه جنس رسوبات و اندازه ذرات تشکیل‌دهنده آن می‌باشد. رسوبات دانه ریزتر که عمدتاً شامل رسوبات گلی و رسی می‌باشند بیشتر، بخش‌های شمالی، غربی و جنوب غربی خلیج فارس را پوشش داده‌اند (۱۰ و ۱). همچنین اثرات ناشی از ورود رودخانه‌ها به خلیج فارس نیز در این ناحیه مشهود است (۱۰). بنابراین همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، تجمع و

رسوب نشان می‌دهد ($P < 0.05$). مظاهری نژاد نیز در سال ۱۳۸۰ در خوریات موسی بیشترین میزان سرب رسوبات را در فصل زمستان اندازه‌گیری کرد. بررسی سبز علیزاده و همکاران بر خوریات موسی (۱۳۷۷)، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار فلزات کادمیوم، سرب بین فصول گرم و سرد بود.

سپاسگزاری

بدینوسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از مدیرعامل محترم منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی آقای مهندس تسلطی و هیات مدیره محترم که با هدف توسعه پایدار صنعت پتروشیمی گام‌هایی بلند در این جهت برداشته و هزینه‌های این پروژه را تامین نمودند و آقای مهندس نژاد بهادری مدیریت محترم و پرسنل محیط‌زیست منطقه ویژه آقایان مهندسین ماجدی، خاکپور که همکاری صمیمانه در انجام این تحقیق داشته‌اند تشکر و قدردانی نموده و همچنین گرامی می‌دارم نام زنده یاد پروفیسور امین کیوان را که پیشنهاددهنده این تحقیق بوده‌اند.

تراکم فلزات سنگین در رسوبات گلی و رسی به مراتب بیشتر از رسوبات شنی یا به عبارتی دانه درشت‌تر می‌باشد. در نتیجه بسترهای گلی برای بررسی اثرات سوء زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی و توسعه در سواحل و بنادر به دلیل زمان ماندگاری بیشتر و جابجایی کمتر از سوی محققین مختلف توصیه شده است (۱۰، ۳۰ و ۲۹). مطابق با نتایج بدست آمده از خور زنگی، غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در رسوبات بالاتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در آب کلیه ایستگاه‌ها بود (جدول ۲). فلزات سنگین قدرت تجمع یافتن در رسوبات را دارند. همچنین رسوب‌گذاری شدید می‌تواند میزان زیادی از فلزاتی که جذب رسوبات سطحی شده‌اند را حبس نموده و با خود ته نشین کنند (۱۵). اختلاف معنی‌داری بین فلزات سنگین در دو فصل گرم و سرد وجود دارد ($P < 0.05$). غلظت فلزات کادمیوم و سرب رسوبات خور زنگی، در فصل زمستان از تابستان بالاتر بود. کادمیوم و سرب اندازه‌گیری شده در آب خور زنگی در فصل تابستان غلظت بیشتری از فصل زمستان داشتند. تفاوت‌های معنی‌دار بین دو فصل تابستان و زمستان، تاثیر تغییرات دما و فصل را بر غلظت این فلزات در آب و

جدول ۴- مقادیر مختلف فلزات کادمیوم و سرب رسوبات خور زنگی در مقایسه با مناطق مختلف (mg/kg)

منبع	Pb	Cd	منطقه جغرافیایی
مطالعه حاضر	۳/۷۱	۲/۲۱	خور زنگی
ROPME, 1999	۱۵-۳۰	۱/۲-۲	مقادیر نهایی رسوبات سیلت رسی غیر آلوده
Maret and Skinner, 2000	۳۰/۲	۰/۶۸	USEPA SV
Bowen, 1979	۱۹	۰/۳	مقادیر فلزات در رسوبات جهانی
نیکویان و همکاران، ۱۳۷۷	۹۰/۴۷	۲/۸۹	سواحل شمالی خلیج فارس
ROPME, 1999	۲۵	۱/۲۵	سواحل شمالی خلیج فارس
Maret and Skinner, 2000	۹۱/۳	۳/۵۳	ISQG PEL
Refrence sheet, 2000	۷۴/۸	۰/۷۳	آزانس بین المللی انرژی اتمی
مظاهری نژاد، ۱۳۸۰	۲/۳	۱/۵	خلیج فارس، کویت (۱۹۷۶)
مظاهری نژاد، ۱۳۸۰	۲۳	۱/۴۶	خلیج فارس، کویت (۱۹۸۲)
مظاهری نژاد، ۱۳۸۰	-	-	خلیج فارس، کویت (۱۹۹۲)
Metwally et al., 1997	۲۰۹/۰۹	-	خلیج فارس، کویت اطراف شهر
ربانی و همکاران، ۱۳۸۶	۲۴/۸۵	-	منطقه عملیاتی عسلویه
ROPME, 1999	۱۲/۳	۰/۴	خلیج فارس، بحرین*

ادامه جدول ۴-

منبع	Pb	Cd	منطقه جغرافیایی
Price et al., 1994	۱/۷۰	۰/۱۴۰	خلیج فارس، راس الخفیج*
Price et al., 1994	۲/۵۸	۰/۱۷۰	خلیج فارس، راس المیشاب*
Price et al., 1994	۴/۴۴	۰/۲۵۰	خلیج فارس، خلیج مانیفا*
Price et al., 1994	۳/۴۹	۰/۱۰۰	خلیج فارس، راس القریه*
Price et al., 1994	۰/۶۴	۰/۲۱۰	خلیج فارس، الملکیه*
Price et al., 1994	۰/۷۴	۰/۱۰۰	خلیج فارس، جبل علی*
Price et al., 1994	۰/۵۴	۰/۲۱۰	خلیج فارس، ام الکوین*
Metwally et al., 1997	۲۰۶/۹۵	-	خلیج فارس، اطراف دوحه
مظاهری نژاد، ۱۳۷۴	۵۸/۶۳	-	حداکثر خور موسی
مظاهری نژاد، ۱۳۷۴	۴۴/۷۴	-	حداقل خور موسی
مروتی، ۱۳۷۵	۲۱/۶۹	۱/۶۹	میانگین خور موسی
سبزه‌علیزاده و خلفه نیلساز، ۱۳۷۷	۱۳/۱۵	۱/۹	خوریات موسی
محیط زیست خوزستان، ۱۳۷۷	۲۵/۸۹	۲/۶۷	خوریات موسی
دهقان و همکاران، ۱۳۸۷	۱۴/۶۶	۰/۲۷	خوریات موسی،
Tariq et al., 1994	۱۰/۴۱	۰/۳۰۷	دریای عربی، شیب قاره ای پاکستان
Chen et al., 2007	۹/۵-۴۷۰	۰/۱-۶/۸	بندر Kaohsiung (تایوان)
Muniz et al., 2004	۴۴-۱۲۸	<۱/۰-۱/۶	بندر مونتویدو (اروگوئه)
McCready et al., 2006	۷۸-۱۰۵۰	-	بندر سیدنی (استرالیا)
Poulton et al., 1996	۱۸-۱۲۵۰	-	بندر همیلتون (کانادا)

*در رسوبات با دانه‌بندی زیر ۶۳ میکرون. ROPMI نواحی دریایی شامل سواحل و آبهای ایران، عراق، کویت، بحرین، قطر، امارات، عربستان سعودی و عمان، ISQG: مقادیر نهایی در رسوبات دریایی کانادا، PEL: مقدار موثر احتمالی.

منابع

- ۱- آثاری، ن. ۱۳۸۱. بررسی بار آلودگی فلزات سنگین، کادمیم، نیکل، سرب و وانادیم در رسوبات خورهای سلطانی، شیف و لشگری بوشهر. پایان‌نامه ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- ۲- باغداریان، ی. ۱۳۸۴. اندازه‌گیری فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی در آب و رسوبات منطقه سواحل قشم. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۲، ۳۰.
- ۳- ربانی، م.، جعفرآبادی آشتیانی، ا.، و مهرداد شریف، ا.ع. ۱۳۸۶. اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب، نیکل و جیوه در آب و رسوب خلیج فارس منطقه عملیاتی عسلویه. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۳(۹)، ۲۳-۳۰.
- ۴- سبزه‌علیزاده، س.، و نیلساز، م.خ. ۱۳۷۷. بررسی آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوب‌خورهای مهم استان خوزستان. موسسه تحقیقات و آموزش شبلات ایران، مرکز تحقیقات شبلاتی استان خوزستان. ۴۹ ص.
- ۵- داعی، ص. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر فلزات سنگین سرب و کادمیم بر میزان آهن فریتین خون ماهی شاه کولی (*Chalcalburnus chalcoides*). دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست: اثر انرژی در تغییرات اقلیم و محیط زیست. دانشگاه تهران.
- ۶- کرباسی، ع.، معطر، ف.، نوری، ج.، و خرازیان، پ. ۱۳۸۷. تاثیر pH و مواد آلی خاک در گیاه پالایشی عناصر سنگین. دومین کنفرانس ملی روز جهانی محیط زیست: اثر انرژی در تغییرات اقلیم و محیط زیست. دانشگاه تهران.
- ۷- مظاهری نژاد، م.ف. ۱۳۷۴. بررسی آماری و اندازه‌گیری فلزات سنگین در آب و رسوب منطقه خوریات استان خوزستان (ماهشهر- خور موسی) کارخانجات پتروشیمی بندر امام خمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیمی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

- ۸-مظاهری نژاد، م.ف. ۱۳۸۰. شناخت کانونی و همبستگی فلزات سنگین با TOM در رسوبات خوریات موسی و عوامل موثر بر جذب و دفع آنها. رساله دکتری علوم محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات. ۱۰۷ ص.
- ۹-مروتی، ک.، موبد، پ.، دوست شناس، ب.، مولا، ع.، و سنخانی، ن. ۱۳۷۵. مطالعه لیمنولوژیک و حفظ تعادل اکولوژی آبهای داخلی (خور موسی). انتشارات اداره کل حفاظت محیط زیست خوزستان. ۵۲ ص.
- ۱۰-نیکویان، ع.، ابراهیمی، م.، ایزدپناهی، غ.، و نیلساز، م. ۱۳۸۴. بررسی هیدروبیولوژی و هیدرولوژی خلیج فارس محدوده آبهای خوزستان، بوشهر و هرمزگان. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۰۵ ص.
11. Aloupi, M. and Angelidis, M.O. 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the Island of Lesvos, Aegean Sea. *Environmental pollution* 113: 211-219.
12. APHA, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. American public Health Association, Washington, D.C.
13. Chapman, P.M., and Wang, F. 2001. Assessing sediment contamination in estuaries. *Environ. Toxicol. Chem.* 20: 3-22.
14. Chester, R. 1990. Marine Geochemistry. Unwin Hyman, London, 441-467.
15. Clark, R.B. 1992. Marine Pollution. Third edition, Clarendon Press, Oxford.
16. Dickinson, W.W., Dunbar, G.B. and McLeod, H. 1996. Heavy metal history From cores in Wallington Harbor, New Zealand. *Environmental Geology* 27: 59-69.
17. Fatoki, O.S., and Mathabatha, S. 2001. An assessment of heavy metal pollution in the East London and port Elizabeth harbours. *Water SA.* 27: 233-240.
18. Riba, I., DelValls, T.A., Forja, and Gomez-Parra, J.M.A. 2002. Influence of the Aznalcollar mining spill on the vertical distribution of heavy metals in sediments from the Guadalquivir festuary (SW Spain). *Mar. Pollut. Bull.* 44: 39-47.
19. Manual of Oceanographic Observations and pollutant Analyses Methods (MOOPAM), 1999. Regional organization for the protection of the Marine Environment. Third edition. Ropme. Kuwait.
20. Poulton, D.J., Morris, W.A., and Coakleg, J.P. 1996. Zonation of contaminated Bottom sediments in Hamilton Harbor as defined by statistical classification techniques. *Water quality Research Journal Canada* 31: 505-528.
21. Rauret, G., Lopez-Sanchez, J.F., Ahuquillo, A., Rubio, R., Davidson, C., Ure, A., and Quevauviller, P. 1999. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. *Journal of Environmental Monitoring* 1: 57-61.
22. Holm N.A. and MchIntyre, A. 1984. Methods for the study of marine benthos. IBP Hand book, No. 16. Second edition. Oxford. 387 pp.
23. Huang, K.M., and Lin, S. 2003. Consequences and implication of heavy metal Spatial variations in sediments of the Keelung River drainage basin, Taiwan. *Chemosphere*. 53: 1113-1121.
24. Liaghati, T., Preda, M., and Cox, M. 2003. Heavy metal distribution and controlling factors within coastal plain sediments, Bells Greek Catchments, Southeast Queensland, Australia. *Environmental* 29: 935-948.
25. McCready, S., Birch, G.F., and Long, E.R. 2006. Metallic and organic contaminants in sediments of Sydney Harbour, Australia and vicinity-A Chemical dataset for evaluating sediment quality guidelines. *Environment International* 32: 455-465.
26. McLusky, D. 1999. The Estuarine ecosystem, Chapman and hall. New York, 215pp.
27. Mojtahid, M., Jorissen, F., and Pearson, T.H. 2008. Comparison of benthic foraminiferal and macrofaunal responses to organic pollution in the Firth of Clyde (Scotland). *Marine pollution Bulletin* 56: 42-76.
28. Sadige, M. 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker, Inc.
29. Salomons, W., and Forstner, U. 1984. metals in hydrocycle. Springer-Verlay, new York, Berlin, Heidelberg, 349 pp.
30. Tessier, A., Campbell, P.G.C., and Bisson, M. 1982. Particulate trace metal speciation in stream sediments and relationships with grain size: Implications for geochemical exploration, *J. Geochem. Explor.* 16: 77-104.

The impact of petrochemical activity (PETZONE) on metal concentration (Cd & Pb) in water, sediments and macrobenthic fauna of Zangi Creek (Branch of Moosa Creek in Persian Gulf)

*H. Manucehri¹, A.R. Nekouyan², T. Valinassab³, S.M. Majedi⁴,
R. Changizi⁵ and E. Jafarian Moghadam⁶

^{1&6}Ph.D. Student, Science & Research Branch, Islamic Azad University, ^{2&3}Iranian Fisheries Research Organization, Tehran, Iran, ⁴Petrochemical Special economic zone org, HSEQ, Mahshahr, Iran, ⁵Fisheries Dept. Islamic Azad University, Babul branch, Mazandaran, Iran
Email: Hamedaqu2003@yahoo.com

Abstract

Zangi Creek is located in the Northwest of Persian Gulf, a branch of Moosa Creek. Zangi creek is important for aquatic animal's diversity and richness. After establishing the Petrochemical special Economic Zone (PETZONE) in 1997 near the Zangi Creek, sludge and effluent was released in this sensitive ecosystem. A survey of the creek was performed, assessing macrobenthic density lead, cadmium heavy metals, total organic matter, and Grain size of sediments, pH, temperature and salinity in winter and summer 2006. Benthos abundance was assessed per square meter in laboratory after washing sediments with 500 micron standard sieve. Samples were transferred to laboratory in 4°C and analyzed by atomic absorption according to the related standards. It was found that minimum and maximum levels of Cadmium in water ranged from 0.07~0.12 ppm and in sediments ranged from 1.68~2.88 ppm, Lead levels in water ranged from 0.19~0.29 ppm and in sediments ranged from 1.43~7.31 ppm. Results showed that the distinct creek was more polluted than eastern part with high levels of Cd, Pb, pH and low levels of salinity. The physico-chemical changes such as pH and salinity were significantly correlated to metals in sediments ($P<0.01$). Although Macrobenthos density was very low at discharge area but density didn't have a significant correlation with metals ($P<0.05$).

Keywords: Zangi Creek; Moosa Creek; Lead; Cadmium