فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط‌زیست،
سال پانزدهم، شماره ۵۵، تابستان ۱۴۰۰

بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات ساحلی بندرعباس

مهسا استانی[۱]، علی ماشین چیان مرادی[۲*]، پرگل قوام مصطفوی[۳]

۱- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی دریا، گروه علوم دریایی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۲- استادیار گروه علوم دریایی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۳- استادیار گروه علوم دریایی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
* نویسنده مسئول مکاتبات: ali2m@yahoo.com

چکیده

به علت افزایش شهرنشینی و توسعه جوامع صنعتی، آلودگی در محیط‌زیست افزایش یافته که فلزات سنگین یکی از آلودگی‌ها می‌باشد. رسوبات در یک محیط ساحلی به عنوان یک شاخص و یک مخزن اصلی فلزات سنگین محسوب می‌شوند. با هدف بررسی میزان آلودگی محیط و موجودات منطقه نمونه‌های رسوبات سطحی از پنج ترانسکت (گلشهر جنوبی، خواجه عطا، اسکله پشت شهر ، سه‌راه جهانبار و سورو) در سواحل بندر عباس (شمال‌شرقی خلیج‌فارس) در دو فصل گرم و سرد جمع‌آوری شدند و غلظت فلزات سنگین در آنها اندازه‌گیری شد. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها توسط ICP-MS ارزیابی گردید. آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 18.0 انجام گردید. بالاترین میزان فلز در رسوبات در فصل سرد و فصل گرم در تمامی ترانسکت‌ها متعلق به آهن (9375.2±1055.53 - ۵۵۳۳,۰۰ ± ۷۸۶۲,۳)، آلومینیوم (1012.99 ± 6277.2 -۴۷۹,۹۴ ± 5041) و منگنز (85.26 ± 738.52 - ۰,۹۴ ± ۴۸۹,۱۲) گزارش شد. کیفیت رسوبات توسط شاخص آلودگی (CF) تعیین شد. در این مطالعه مقایسه این غلظ ها با استانداردهای جهانی (USEPA ,1996; ROPME, 2003) انجام گرفت، که میانگین غلظت کادمیوم (Cd)، آرسنیک (As)، جیوه (Hg)، روی (Zn)، مس (Cu) و سرب (Pb) از استانداردهای جهانی بیش‌تر بود.

واژگان کلیدی: فلزات سنگین، آلودگی، خلیج‌فارس، رسوبات، Cf

۱- مقدمه

آلودگی‌های تولیدشده توسط مردم (anthropogenic) مهم‌ترین منبع تولید فلزات در اکوسیستم‌های دریایی هستند. مخصوصاً نزدیک خط ساحلی و در بدنه‌ی آب مناطقی که از لحاظ چرخش آب محدود هستند Guevara and Sanchez , 2005). فلزات سنگین دارای تأثیرات مخربی بر روی محیط زیست می‌باشند و با مقادیر مختلف به محیط‌های آبی (آب، رسوب و موجودات زنده) وارد می‌شود. رسوبات مخزنی جهت فلزات سنگین به شمار می‌روند چرا که در لایه‌های مختلف رسوب جای گرفته، ذخیره شده و در نهایت به چرخه غذایی وارد می‌شوند. مقدار فلزات سنگین در لایه‌ها و طبقات مختلف رسوبات نمایانگر میزان این فلزات و مقدار آلودگی اکوسیستم در زمان رسوب‌گذاری آن لایه‌هاست و یکی از شاخص‌های ارزیابی میزان آثار انسانی را در این اکوسیستم‌ها فراهم می آورند (خراسانی و همکاران، ۱۳۸۴) (Hamed & Emara 2006 ; Franca et al., 2005 ., خلیج‌فارس یکی از آبراهه‌های مهم جهان است، اما گنجایش محدودی برای پذیرش آلاینده‌ها دارد و استان هرمزگان دارای بیشترین مرز ساحلی در سواحل جنوب ایران می‌باشد. فصل خنک استان هرمزگان همراه با خشکی نسبی هوا در حدود سه ماه طول می‌کشد. این فصل از اوایل آذرماه شروع می‌شود و تحت‌تأثیر توده‌های هوای خنک غربی قرار می‌گیرد (مریدی و همکاران، ۱۳۸۶).

فلزات از تشکیل‌دهنده‌های طبیعی آب دریا می‌باشند. مقادیر زیادی به صورت طبیعی از طرق: فرسایش سنگ‌های معدن، باد، ذرات غبار، فعالیت‌های آتشفشانی، آتش‌سوزی جنگل‌ها، رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی وارد دریاها می‌شوند. مقادیر گسترده‌ای نیز از طریق فعالیت‌های متفاوت انسان‌ها وارد دریاها می‌شوند که عامل مهم بر هم خوردن توازن عناصر می‌باشد. فلزات سنگین تجمع‌یافته در آتمسفر از طریق باران‌ها وارد محیط‌زیست دریایی می‌گردند که منشأ حجم قابل توجهی از فلزات دریاها می‌باشند. همچنین رودخانه‌های عبوری از از کنار شهرهای مسکونی و صنعتی مقادیر بزرگی از فلزات را به دریاها

وارد می‌نمایند. پساب‌ها و ضایعات صنعتی، آلودگی‌های نفتی، سموم دفع آفات سبب افزایش فلزات سنگین در محیط زیست دریایی می‌باشند (Clark ,1992; deAstudillo et al., 2005) .

تحقیقات زیادی به بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات ساحلی پرداخته است. Hamed و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی میزان غلظت فلزات سنگین Cu , Zn , Pb , Cd Cr , Ni , Mn و Fe در رسوبات در خلیج‌سوئز، دریای سرخ پرداختند. در این گزارش، بالاترین غلظت مربوط به فلزات سنگین آهن و روی گزارش شد. مریدی و همکاران در سال ۱۳۸۶ به بررسی آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنایع عمده غرب بندرعباس (پالایشگاه ـ توانیر اسکله فولاد) با تأکید بر اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین آهن، سرب، کادمیوم، مس، روی و نیکل در رسوبات ساحلی پرداختند، به این نتیجه رسیدند که فلزات سرب، مس، آهن، روی از دیگر نقاط خلیج فارس بالاتر بودند. Liu و همکاران در سال ۲۰۰۵ فاکتور آلودگی را در پنج فلز Pb و Cd، Cr، Cu، Zn محاسبه کردند. شاخص فاکتور آلودگی نشان از آلودگی در ۲۰ سال گذشته را داشت. باتوجه به عدم وجود پساب صنعتی و کشاورزی ورود به این تالاب نتایج بررسی نشان داد که عامل اصلی مؤثر بر افزایش غلظت عناصر کروم، مس، نیکل و روی در منطقه مورد بررسی، ساختار زمین‌شناسی است. Vietek و همکاران (2007) نسبت به اندازگیری فلزات سنگین Ni, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Hg در رودخانه لوکا اقدام کردند نتایج بدست آمده نشان‌دهنده آلودگی به کروم و نیکل بود. Alharbi و همکاران (۲۰۱۷)، به ارزیابی آلودگی فلزات در رسوبات ساحلی منطقه Al-khobar خلیج‌فارس در عربستان با استفاده از فاکتور آلودگی پرداختند.

در این مطالعه به بررسی غلظت فلزات سنگین، وجود اختلاف معنی‌دار بین ترانسکت‌های مختلف و بررسی کیفیت رسوب در سواحل بندرعباس پرداخته شده است.

۲- نمونه‌برداری و آنالیز شیمیایی

نمونه‌برداری رسوبات بستر از ۵ ترانسکت تعیین شده که بر روی هر ترانسکت ۳ ایستگاه نمونه‌برداری (ابتدا، وسط و انتهای) هر ترانسکت در فصول مختلف (گلشهر جنوبی، خواجه عطا، اسکله پشت شهر، سه راه جهان بار و سورو) از شرق به غرب بندرعباس (جدول ۱ و شکل ۱) در زمان جزر کامل آب در فصل سرما، آذر ماه ۱۳۹۹ و فصل گرما، تیرماه ۱۴۰۰ طبق مراحل زیر انجام گرفت. تمام ظروف پلاستیکی و کیسه‌های پلاستیکی پلی‌اتیلنی را قبل از نمونه‌برداری (با اسید نیتریک) اسید واش کرده و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند.

نمونه رسوب از هر ترانسکت حدود ۰/۵ تا ۱ کیلوگرم، به وسیله لوله پلی‌اتیلنی، با ۳ تکرار، در درون ظروف پلاستیکی پلی‌اتیلنی ریخته شد و بر روی ظرف نگه‌داری تاریخ، محل و شماره تکرار درج گردید. سپس نمونه‌ها در شرایط خنک به آزمایشگاه در تهران منتقل شدند. جهت اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب، ابتدا نمونه‌های رسوب رادر آون در دمای ۱۰۵درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا خشک شوند و تا زمان هضم شیمیایی نمونه‌ها به وسیله اسیدنیتریک و اسیدکلریدریک در ظرف پلی‌اتیلنی در بسته نگهداری شدند. در ابتدا نمونه‌ها رسوب توسط الک ۶۲ میکرون الک شد سپس برای عضم اسیدی مقدار ۱ گرم از رسوب الک شده هر نمونه را توزین و داخل لوله پلی‌اتیلنی قرار داده شد و به نسبت ۱:۳ اسیدنیتریک ۶۵٪ و اسیدکلریدریک به آن اضافه گردید. سپس لوله‌های پلی‌اتیلنی را به مدت ۱ ساعت بر دستگاه هضم‌کننده با درجه ۸۰ درجه سانتیگراد و ۳ ساعت دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد قرارداده شدند تا عمل هضم انجام پذیرد (Bahiru & Teju, 2019; Florian et al., 1998; Navarrete-López et al., 2012; Robbat jr & Simpson Iii, 1999). پس از اتمام مراحل هضم، محلول با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ و قیف پلی‌اتیلنی در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردیده و نهایتاً با استفاده از آب دیونیز حجم محلول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه برای اندازه‌گیری مقدار عناصر مورد مطالعه از دستگاه ICP-MS با مشخصات مدل HP-4500 (ساخت آمریکا)، مجهز به اتوسمپلر Asx-520 استفاده گردید و در نهایت غلظت عناصر و فلزات سنگین با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$M((\mu g)/g)=((C\times V))/w\times A$$

M غلظت نهایی عناصر و فلزات سنگین نمونه براساس µg/g، C غلظت بدست آمده از دستگاه برحسب µg/l، V حجم نهایی نمونه برحسب (l025/0) l، w وزن نمونه اولیه برای هضم اسیدی (g) و A ضریب رقت است.

فاکتور آلودگی (Cf)

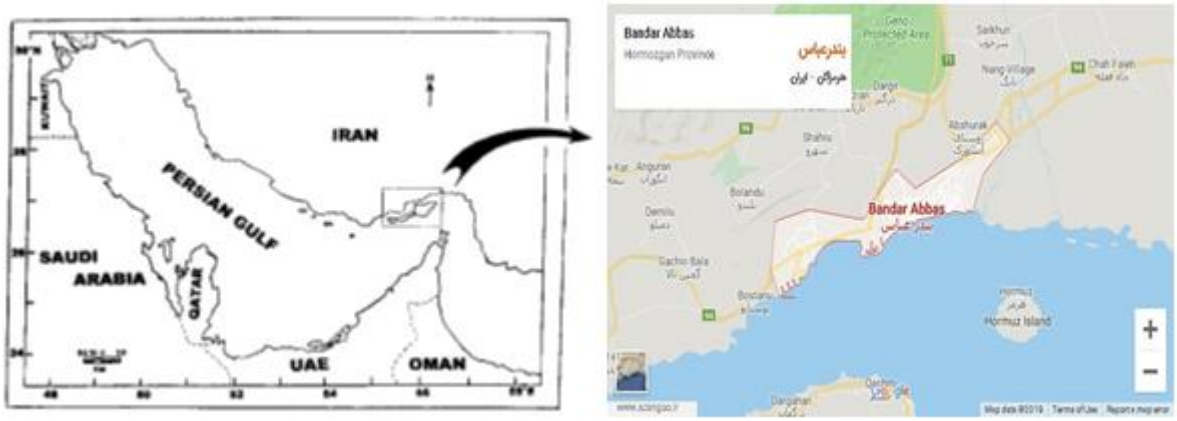
جهت تعیین شدت آلودگی رسوب به فلزات سنگین از شاخص، فاکتور آلودگی (Contamination Factor) استفاده شد. جهت سنجش شدت آلودگی در بسیاری مطالعات از این فاکتور استفاده شده است.

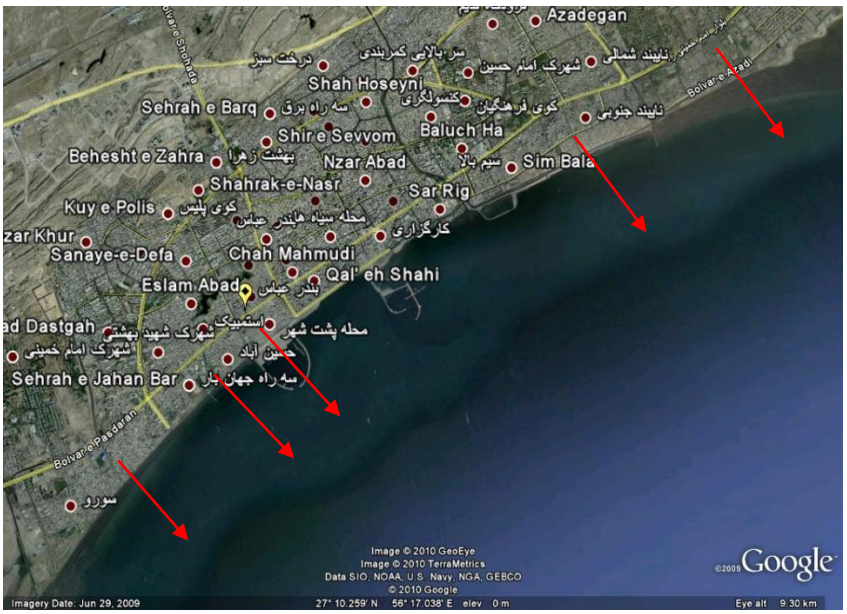
CF= [C] sample/[C] Background

در این رابطه (CF) فاکتور آلودگی، C[sample]: غلظت عنصر مورد بررسی و C[background]: غلظت عنصر مبنا در نمونه مرجع (میانگین شیل) است (Hakanson, 1980) (جدول ۲).

جدول ۱ – مختصات جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری شده در ساحل بندرعباس

محل نمونه‌برداری	شماره	عرض شمالی			طول شرقی		
	ترانسکت	ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه
گلشهر جنوبی	۱	۳۵/۱	۱۸	۲۷	۷۹/۴	۳۳	۵۶
خواجه عطا	۲	۴۴/۵	۱۸	۲۷	۴۰/۹	۳۲	۵۶
اسکله پشت شهر	۳	۱۱/۷	۱۷	۲۷	۱۳/۶	۲۶	۵۶
سه راه جهان بار	۴	۸۶/۶	۱۶	۲۷	۴۸/۲	۲۵	۵۶
سورو	۵	۱۶/۳	۱۰	۲۷	۳۸/۸	۱۵	۵۶





شکل ۱- موقعیت مکانی ترانسکت‌های انتخاب شده جهت نمونه‌برداری در ساحل بندرعباس، سال ۱۳۹۹

۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

با کمک نرم‌افزار SPSS 18.0 بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از روش Shapiro-Wilk، از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و آزمون Tukey HSD و یا آنالیز Kroskal wallis و آزمون Dunnett T3، برای بررسی معنی‌دار بودن اختلافات بین غلظت فلزات در ترانسکت‌های مختلف و نیز اختلاف بین دو فصل گرم و سرد استفاده شد. بررسی همبستگی بین داده‌ها و پارامترها از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

۴- نتایج

غلظت فلزات سنگین در رسوبات در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ برحسب µgg-1 وزن خشک محاسبه شدند (شکل ۲). در فصل سرد حداکثر میانگین غلظت فلزات آلمینیوم، آرسنیک، آهن، کادمیوم، باریوم، نیکل، تیتانیوم، منگنز، وانادیوم، جیوه، روی، مس، کروم و سرب در رسوبات برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک به ترتیب:۴۷۹,۹۴ ±5041 (ترانسکت ۱)، ۰,۸۴ ± ۹,۱۳ (ترانسکت ۵)، ۷۸۶۲,۳ ±۵۵۳۳,۰۰ (ترانسکت ۳)، ۰,۳۶±۱,۳۹ (ترانسکت ۳), ۱۴۴,۶۴ ±۱۹۸,۵۴۲ (ترانسکت ۳)، ۳۲,۱۷۱±۲۰,۴۱ (ترانسکت ۳)، ۱۴,۷۳۲۰±۴۴۵,۵ (ترانسکت ۱) ،۰,۹۴ ± ۴۸۹,۱۲ (ترانسکت ۱)، ۱۳,۷۰ ±۲۰,۱۵ (ترانسکت ۳)، ۰,۹۲±۰,۲۰ (ترانسکت۵)، ۲۳۳,۶۰۶۸±۱۵۲,۵۳ (ترانسکت ۳)، ۱۲۸,۴۰۷±۸۳,۶۶ (ترانسکت۳)، ۱۶,۳۱±۳۶,۹۷ (ترانسکت۲)، ۰,۵۲۶۰ ± ۵,۲۹ (ترانسکت۵) محاسبه شدند.

در فصل گرم به ترتیب: 6277.2±1012.99، (ترانسکت ۱)، 8.1715±0.48، (ترانسکت۱)، 9375.2±1055.53 ، (ترانسکت۱)، 0.86±0.84 (ترانسکت۱)، 59.86 ± 88.22 (ترانسکت ۱)، 26.04 ±3.17 (ترانسکت ۱)، 652.54±103.85 (ترانسکت ۱)، 738.52 ± 85.26 (ترانسکت ۱)، 20.07±2.04، (ترانسکت ۱)، 5.08 ±0.83 (ترانسکت۱) ، 29.31±12.05 (ترانسکت۱)، 2.60 ±9.31 (ترانسکت۲)، 44.63 ±1.24 (ترانسکت۱)، 3.52±0.53 (ترانسکت ۱) محاسبه شدند.

درفصل سرد حداکثر میانگین غلظت فلزات، در ترانسکت‌های مختلف محاسبه شد، ولی در فصل گرم حداکثر میانگین غلظت فلزات، در ترانسکت ۱ محاسبه شد، به استثنای مس که در ترانسکت ۲ محاسبه شد.

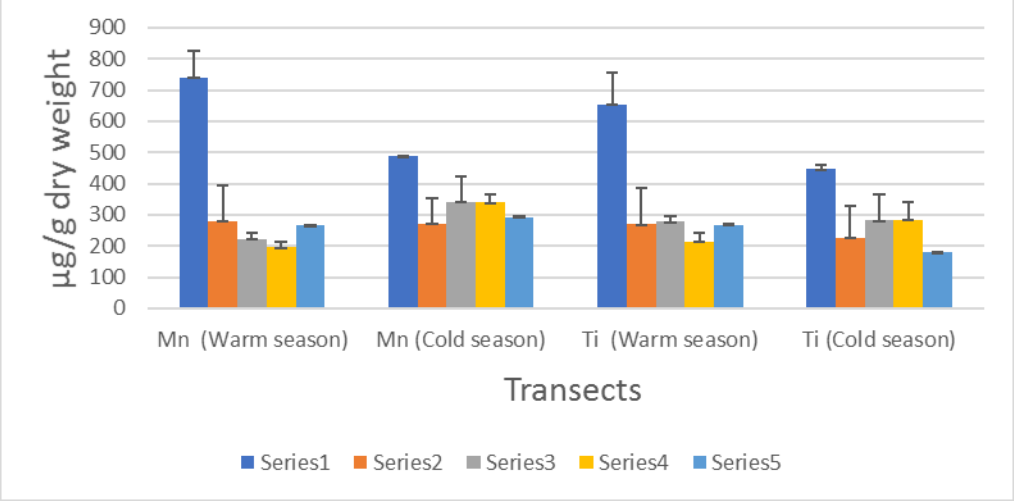
در فصل سرد نتایج حاصل از بررسی تفاوت غلظت فلزات، در نمونه‌های رسوب بین ایستگاه‌های مختلف نشان دادند که در مورد آلمینیوم، آرسنیک، منگنز، نیکل، سرب، روی، وانادیوم و کادمیوم تفاوت معناداری بین ترانسکت‌های مختلف وجود دارد ($P<0.05$). در فصل گرم نتایج حاصل نشان دادند که در مورد تمام فلزات

تفاوت معناداری بین ترانسکت‌های مختلف وجود دارد (P<0.05)، به استثنای باریوم که فاقد تفاوت معناداری می باشد (P>0.05).

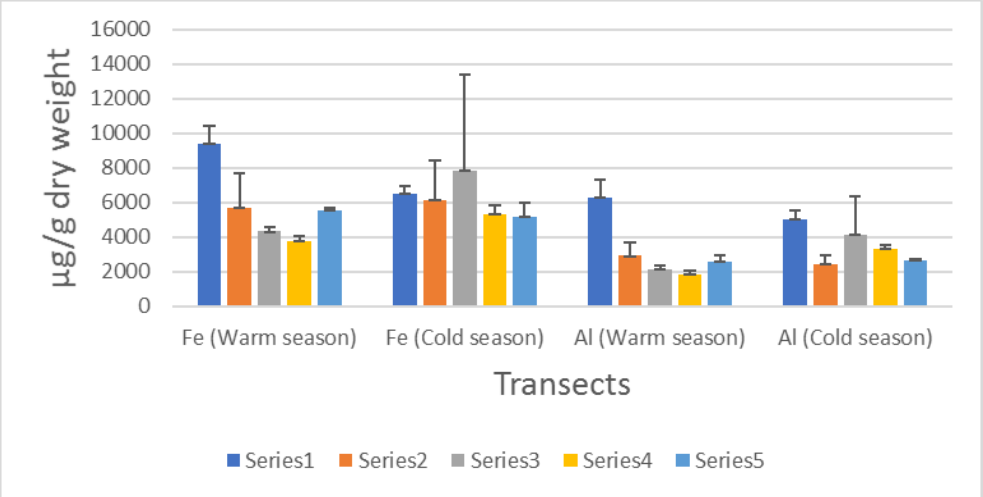
بین فصل گرم و سرد در مورد As، Hg| بین ترانسکت‌های ۱ و ۲ اختلاف معنی‌دار دیده شد (P<0.05). در مورد Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb بین ترانسکت‌های ۳ اختلاف معنی‌دار دیده شد (P<0.05). در مورد Cd, Pb بین ترانسکت‌های ۴ و ۵، البته Ti , Pb بین ایستگاه‌های ۱و ۳ هم اختلاف معنی‌دار دیده شد (P<0.05.

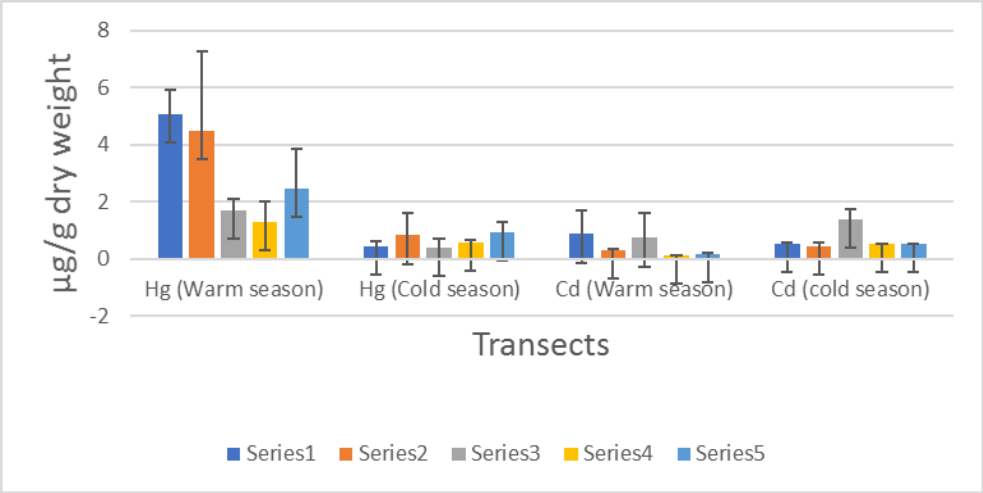
نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که در مورد آلمینیوم بین نمونه‌های رسوب ترانسکت‌های ۲ با ۳ و ترانسکت‌ها ۳ و ۵، در مورد آرسنیک ترانسکت‌های ۱و۲و۳و۴ با ترانسکت ۵، در مورد منگنز ترانسکت‌های ۱ با ۳ و ۳ با ۵ ، در مورد نیکل ترانسکت ۱ با ۵، در مورد سرب ترانسکت‌های ۱و۳و۴و۵ با ترانسکت ۲، در مورد وانادیوم بین ترانسکت ۳ با ۵ و در مورد کادمیوم ترانسکت‌های ۱و۲و۳و۵ با ترانسکت ۴، تفاوت معنی‌دار وجود دارد (p<0.05)، اما نمونه‌های رسوب فلزات دیگر فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشد (p>0.05).

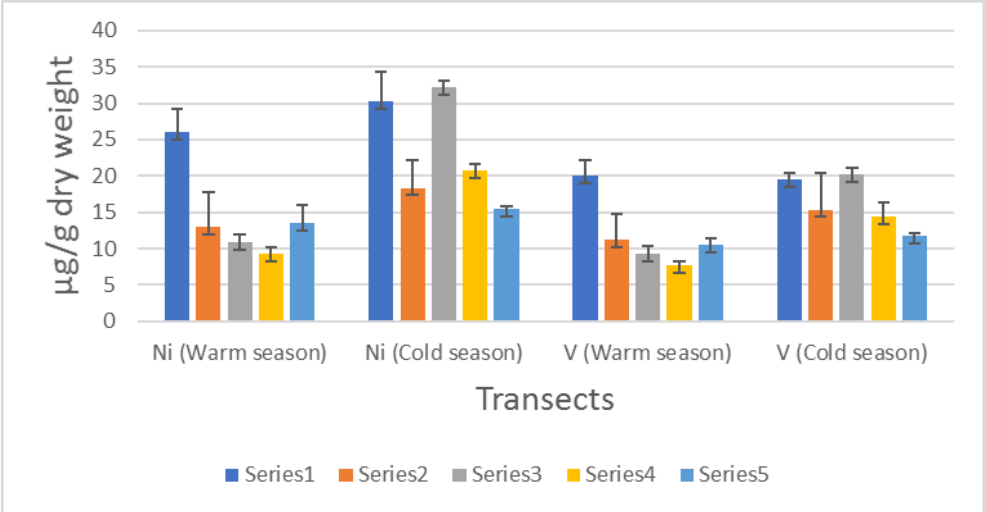
در بررسی ضریب آلودگی براساس مقایسه با جدول رده‌بندی هانکسون، در دو فصل گرم و سرد تمامی عناصر از ضریب آلودگی پایینی (Cf≤1) در منطقه برخوردار بودند (شکل ۳ و ۴). در فصل سرد عناصر کادمیوم و جیوه در تمامی ایستگاه‌ها از ضریب آلودگی متوسطی (1 ≤P≤3) برخوردار بودند، به استثنای عنصر کادمیوم که در ترانسکت ۳ از ضریب آلودگی قابل توجه (۳≤P≤ ۶) و عنصر جیوه از ضریب آلودگی پائین (Cf≤1) برخوردار بود. در فصل گرم عنصر جیوه در تمامی ایستگاه‌ها از ضریب آلودگی بسیار بالا (Cf≥6) برخوردار بود به استثنای ترانسکت ۳ و ۴ که از ضریب آلودگی قابل توجه (۳≤P≤ ۶) برخوردار بود. عنصر کادمیوم در تمامی ایستگاه‌ها از ضریب آلودگی متوسطی (1 ≤P≤3) برخوردار بودند، به استثنای عنصر کادمیوم که در ترانسکت ۴ و ۵ از ضریب آلودگی پائین (Cf≤1) برخوردار بود.



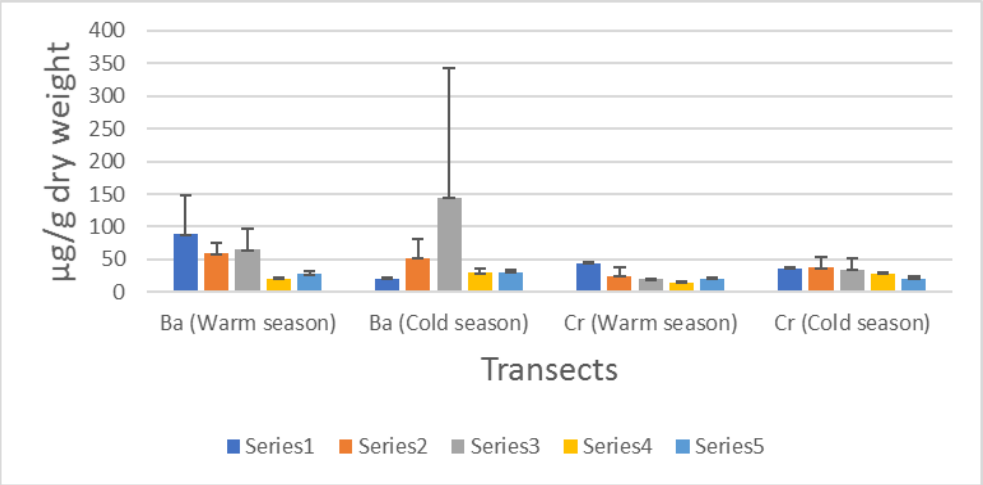
در نمودارها گزینه Series به معنای ترانسکت‌های مختلف است

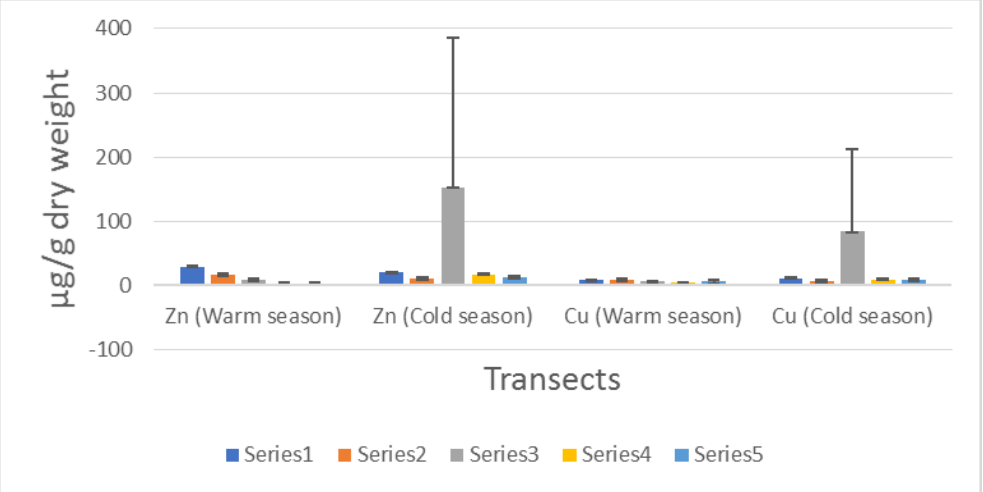


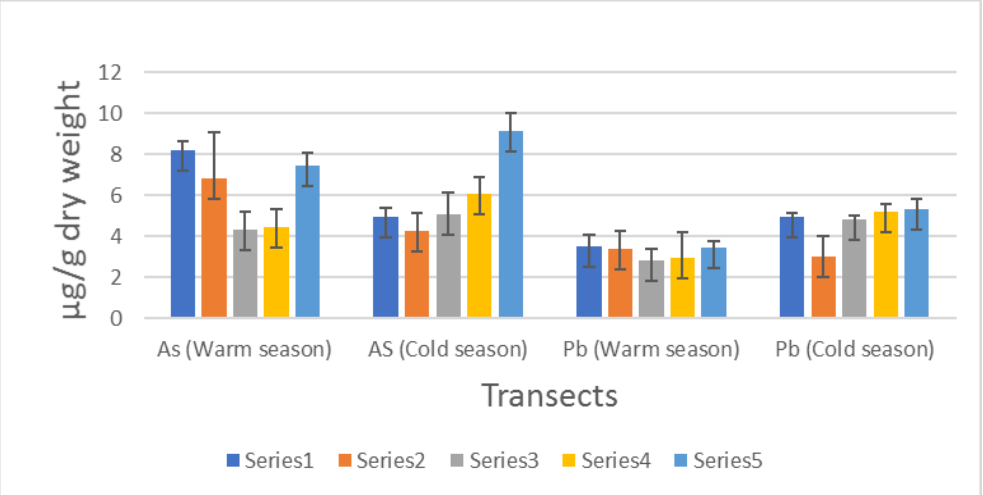




در نمودارها گزینه **Series** به معنای ترانسکت‌های مختلف است







در نمودارها گزینه **Series** به معنای ترانسکت های مختلف می باشد.

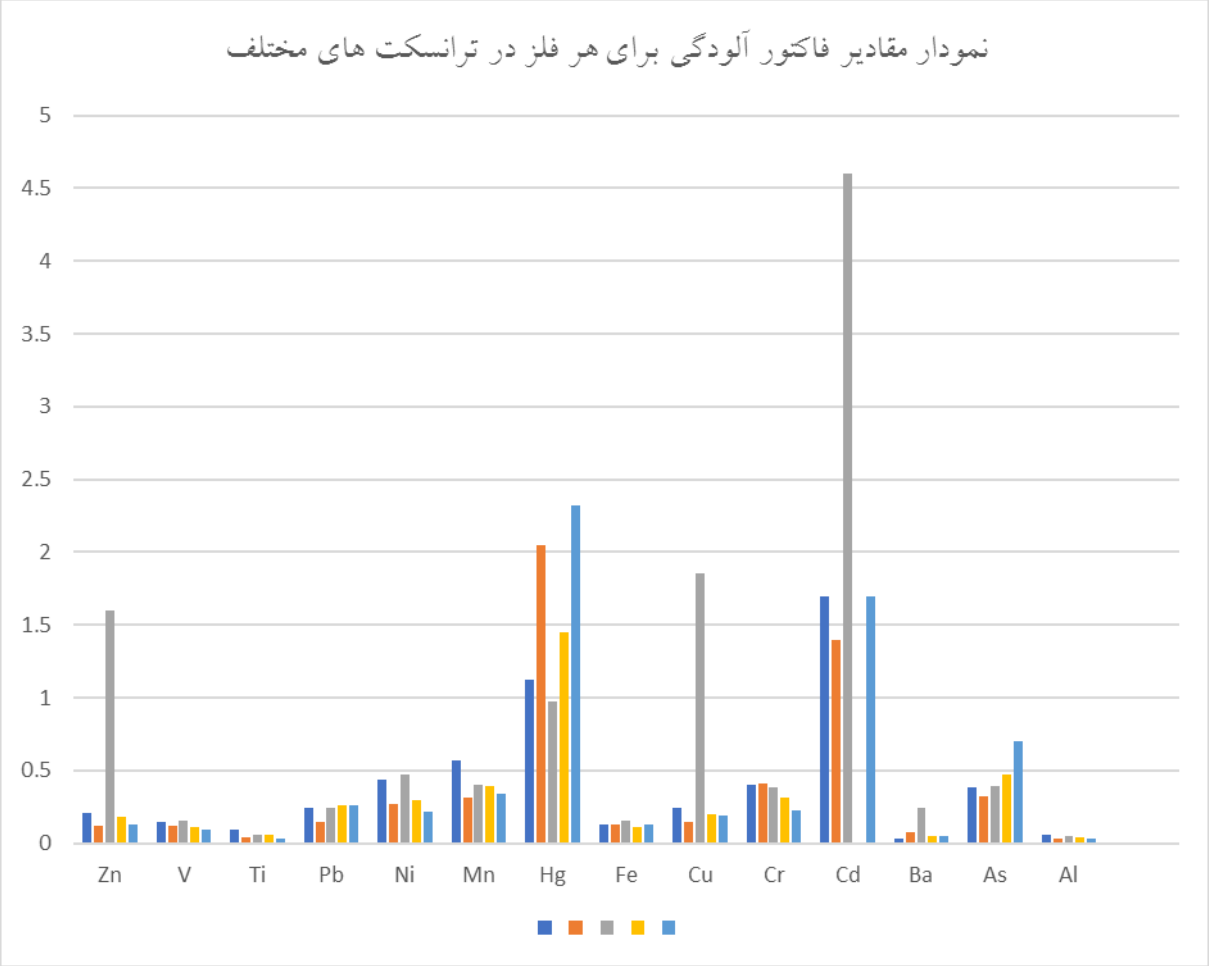
شکل ۲- نمودارمیانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات بندرعباس برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک پاییز ۱۳۹۹ و تابستان ۱۴۰۰

جدول۲- غلظت عناصر در میانگین شیل (برحسب ppm) (Hakanson, 1980)

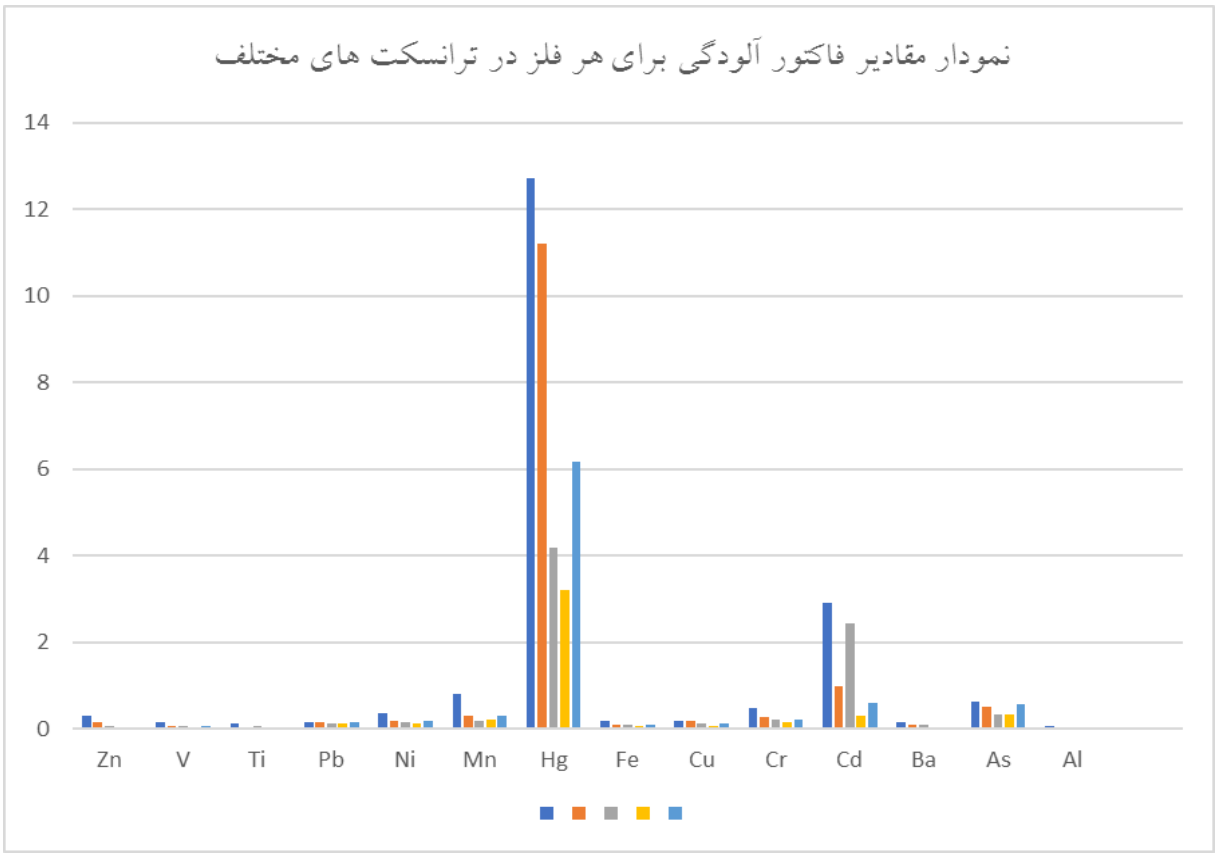
Ba	Al	As	Cr	Hg	Mn	Ti	V	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Fe	
580	80000	13	90	0/4	850	4600	130	45	95	20	68	0/3	47200	میانگین شیل

جدول ۳- رده‌بندی هانکسون بر مبنای ضریب آلودگی (Cf)

مقدار Cf	Cf≤1	1 ≤P≤3	۳≤P≤۶	Cf≥6
ضریب آلودگی رسوب	ضریب آلودگی پائین	ضریب آلودگی متوسط	ضریب الودگی قابل توجه	ضریب الودگی بسیار بالا



شکل ۳- نمودار مقادیر فاکتور آلودگی برای هر فلز در ترانسکت‌های مختلف (فصل سرد)



شکل ۴- نمودار مقادیر فاکتور آلودگی برای هر فلز در ترانسکت‌های مختلف (فصل گرم)

۵- بحث

در فصل سرد نتایج به دست آمده در تمامی پنج ترانسکت مورد مطالعه، حداکثر میانگین غلظت تمام فلزات سنگین در ترانسکت‌های مختلف می‌باشد، این بدان معناست که عوامل غیرطبیعی (فعالیت‌های انسانی) باعث شده تا غلظت فلزات سنگین در رسوبات در ترانسکت‌های مختلف، متفاوت باشد. حداکثر میانگین غلظت آهن، کادمیوم، مس، نیکل، وانادیوم، باریوم و روی در ترانسکت پشت شهر گزارش شد که می‌تواند به دلیل عبور و مرور دریایی، حضور قایق‌های موتوری و ورودی فاضلاب باشد (deAstudillo et al., 2005). روند انباشت فلزات در رسوبات در تمامی ترانسکت‌ها به صورت زیر برآورد گردید:

Fe > Al > Mn > Ti > Zn> Ba > Cu> Cr> Ni > V> As > Pb> Cd> Hg

در فصل گرم نتایج به دست آمده در تمامی پنج ترانسکت مورد مطالعه، حداکثر میانگین غلظت تمام فلزات سنگین در ترانسکت ۱ می‌باشد، به استثنای فلز مس که در ترانسکت ۲ می‌باشد، که ممکن است به دلیل خروجی فاضلاب خصوصاً فاضلاب ترمینال مسافربری در شرق بندرعباس باشد (نجات خواه معنوی و همکاران، ۱۳۸۵) که آلودگی این فاضلاب با جریانات آبی موجود در خلیج‌فارس به این ترانسکت حمل شده است. روند انباشت فلزات در رسوبات در تمامی ترانسکت‌ها به صورت زیر است:

Fe > Al > Mn > Ti > Ba > Cr> Zn> Ni > V> Cu> As > Hg> Pb> Cd

در نمونه‌های رسوب بیشترین غلظت در ایستگاه‌های مختلف مربوط به آهن می‌باشد. با توجه به اینکه آهن چهارمین عنصر خاک می‌باشد، غلظت زیاد آن در رسوبات نسبت به سایر عناصر توجیه می‌شود (Hamed & Emara 2006) , (ماشین‌چیان، ۱۳۷۲، مریدی و همکاران در سال ۱۳۸۶، آستانی و همکاران، ۱۳۹۰). منگنز نیز دارای اهمیت زیستی برجسته‌ای می‌باشد، همچنین یکی از فلزات فعال واسطه (انتقالی) در محیط‌های آبی می‌باشد (Evans el al.,

(1977). نتایج توالی غلظت فلزات، مطابق با الگوی تجمع فلزات سنگین در رسوبات مورد مطالعه Alam و همکاران ۲۰۱۰ ، Abdolahpur و همکاران ۲۰۱۳ و Raeisi sarasiab و همکاران 2014 است. همچنین مریدی و همکاران در سال ۱۳۸۶ به بررسی آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنایع عمده غرب بندرعباس (پالایشگاه – توانیر– اسکله فولاد) با تأکید بر اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین آهن، سرب، کادمیوم، مس، روی و نیکل در رسوبات ساحلی پرداختند و با توجه به بررسی‌های انجام شده نهایتاً منشأ فلزات سنگین منطقه غرب بندرعباس شامل، آهن، سرب، کادمیوم، مس و نیکل از ساحل و فلز روی منشأ زمین‌شناختی تشخیص داده شد. در میان فلزات سنگین اندازه‌گیری شده میانگین عناصر وانادیوم، کروم، سرب و نیکل از میانگین عناصر کادمیوم و جیوه به مراتب بیشتر است، که نتایج این تحقیق با تحقیق اسماعیلی ساری و همکاران در سال ۱۳۷۵ مطابقت دارد. بطور کلی در تمامی ایستگاه‌ها غلظت فلزات سنگین آهن (Fe: 41000) و منگنز (Mn: 770) کمتر از حداکثر استاندارد به دست آمد (USEPA, 1996).

در فصل سرد به دلیل کاهش دمای آب، تسریع اتصال یون های فلزات به یون های اکسید آهن و منگنز و در نتیجه رسوب یون های فلزی باعث افزایش فلزات سنگین آلمینیوم، آرسنیک، منگنز، نیکل، سرب، روی، وانادیوم و کادمیوم در نمونه های رسوب می شود (Yu et al., 2000; Simpson et al., 2007). در فصل گرم به دلیل کاهش ورودی منابع آبی، افزایش مواد معلق و جذب بیشتر فلزات توسط مواد معلق، غلظت فلزات سنگین افزایش می یابد (Hamed & Emara , 2006; Pote et al., 2008).

نیکل، وانادیدم و کادمیوم از جمله عناصر مهم آلاینده محیط زیست و از مواد تشکیل‌دهنده نفت می‌باشد. با توجه به نفت خیز بودن منطقه امکان حضور بالای نفت وجود دارد (Hamed & Emara , 2006; حبیبی و همکاران، ۱۳۹۱). در مقایسه با مقادیر استاندارد ذکر شده به‌طور کلی در تمامی ایستگاه‌ها غلظت فلزات سنگین نیکل (Ni: 50; 55-100) و کادمیوم (Cd: 0.68 - 0.7) کمتر از حداکثر استاندارد به دست آمد (USEPA ,1996; ROPME, 2003). فقط میانگین غلظت برای کادمیوم در ترانسکت سوم، اسکله پشت شهر، بالاتر از حداکثر استاندارد به دست آمد که می‌تواند به دلیل عبور و مرور دریایی باشد. غلظت فلزات سنگین روی (Zn: 124)، مس (Cu: 18.7 ; 10-33) و سرب (Pb: 30.2 ; 4.2 – 17.5) بالا می‌باشد و در محدوده مناسب استاندارد اولیه گزارش نشد (USEPA ,1996; ROPME, 2003). که می‌تواند به دلیل حضور قایق‌های موتوری و ورود فاضلاب باشد.

در این مطالعه در بین ترانسکت‌های مختلف در برخی فلزات سنگین تفاوت معنی‌دار به چشم می‌خورد، غلظت فلزاتی مانند آلمینیوم، آرسنیک، منگنز، نیکل، سرب، روی، وانادیوم و کادمیوم دارای اختلاف معنی‌داری است، این اتفاق احتمالاً به دلیل فعالیت‌های انسانی (تخلیه فاضلاب صنعتی خانگی و تردد وسیع حمل‌ونقل دریایی) می‌باشد (Al-Abdali et al., 1996; deAstudillo et al., 2005; Hamed & Emara , 2006 et al., VietekHamed & Emara , 2006 2007).

با توجه به نتایج محاسبه شده ضریب آلودگی برای عناصر در ایستگاه‌های مختلف براساس رده‌بندی هاکنسون (Hakanson, 1980)، در فصل سرد تمامی عناصر از ضریب آلودگی پایینی در منطقه برخوردار بودند. عناصر کادمیوم و جیوه در تمامی ایستگاه‌ها از ضریب آلودگی متوسطی برخوردار بود و عنصر کادمیوم در ترانسکت ۳ از ضریب آلودگی قابل توجه و Hg ازضریب آلودگی پائین برخوردار بود. در فصل گرم تمامی عناصر از ضریب آلودگی پایینی در منطقه برخوردار بودند. عنصر جیوه در تمامی ایستگاه‌ها از ضریب آلودگی بسیار بالا (Cf≥6) برخوردار بود به استثنای ترانسکت ۳ و ۴ که از ضریب آلودگی قابل توجه (۳ ≤P≤۶) برخوردار بود. عنصر کادمیوم در تمامی ایستگاه‌ها از ضریب آلودگی متوسطی (3≤P≤ 1) برخوردار بود، به استثنای ترانسکت ۴ و ۵ که از ضریب آلودگی پایین (Cf≤1) برخوردار بود. بالا بودن میزان کادمیوم می‌تواند به دلیل تردد قایق‌های تفریحی، اسکله صیادی، تأثیرپذیری از فاضلاب منطقه و آلودگی جیوه می‌تواند به دلیل پساب تخلیه شده، نشت ترکیبات نفت و حمل‌ونقل دریایی باشد (Li et al., 2013). به‌طور کلی غلظت فلز سنگین جیوه بیش از مقدار مجاز (Hg: 0.7) گزارش شد (USEPA ,1999). نتایج این تحقیق، با تأکید بر آلودگی

رسوب، می‌تواند جهت بررسی‌های آینده مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

در آخر از همکاری تمام مسئولین آزمایشگاه، همین‌طور جناب محمودی تشکر می‌نمایم.

منابع

- اسماعیلی ساری، ع. ، زارع مایوان ، ح.، ریاحی بختیاری، ع.ر. ۱۳۷۵ . اندازه گیری عناصر سنگین و هیدروکربورهای نفتی در آب و رسوبات بنادر شمال و جنوب کشور ناشی از حمل و نقل دریایی .سازمان شیلات.
- حبیبی، س.و علیرضا صفاهیه و ع.ر. , زانوسی ح.پ. ۱۳۹۱. تعیین سطح ناپاکی رسوبات ساحلی استان بوشهر نسبت به فلزات سنگین(Cu, Pb, Ni, Cd). مجله علوم و فنون دریایی دوره 11 ، شماره8 ، زمستان .
- ظهیری، ی. ۱۳۷۶. بررسی غلظت و منشأ عناصر سنگین در رسوبات بخش مرکزی خلیج‌فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.
- عصار، م.، . 1388 بررسی تجمع زیستی جیوه و متیل جیوه در ماهی شبه شوریده در خوریات ماهشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.
- ماشین‌چیان مرادی، ع. ۱۳۷۲. اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در رسوبات تنگه هرمز و تعیین منشأ آنها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم و فنون تهران شمال. دانشگاه آزاد اسلامی.
- مریدی، م.، دهقانی، م. و پورنگ، ن. ۱۳۸۶. بررسی آلودگی ناشی از فعالیت‌های صنایع عمده غرب بندرعباس (پالایشگاه ـ توانیر ـ اسکله فولاد) با تأکید بر اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در رسوبات ساحلی، دهمین همایش ملی بهداشت محیط.
- Alharbi T, El-Sorogy A. Assessment Of Metal Contamination In Coastal Sediments Of Al-Khobar Area Arabian Gulf, Saudi Arabia. Journal Of African Earth Sciences. 2017;129:458-68.
- Abdolahpur Monikh, F., Safahieh, A., Savari, A. And Doraghi, A., 2013. Heavy Metal Concentration In Sediment, Benthic, Benthopelagic, And Pelagic Fish Species From Musa Estuary (Persian Gulf). Environmental Monitoring And Assessment, 185 (1), 215-222.
- Clark ,R .B. , 1992.Marine Pollution .Oxford University. Press,320 P.
- De Astudillo, L.R.; Yen I.C.; Berkele, I., 2005. Heavy Metals In Sediments, Mussels And Oysters From Trinidad And Venezuela. Revista De Biologia Tropical, 53: 41–53.
- Evans, D.W., Cutshall, F.A., Cross & Wolfe, D.A., 1977. Manganese Cycling In The Newport Estuary, North Carolina. Estuar. Coastal Mar. Sci., 5: 71-80.
- Guevara, R., A. Rizzo And R. Sanchez . 2005. Heavy Metal Inputs In Northern Patagonia Lakes From Short Sediment Core Analysis. *Journal Of Radioanalytical And Nuclear Chemistry* 265(3): 481–493.
- Glasby G.P., And Summerhayes, C. P., 1975. Sequential Deposition Of Authigenic Marine Minerals Around New Zealand: Aleoenvironmental Significance.*N.Z. Joumal Of Geology And Geot1hysics Vol.* 18, *No.*: 477-90.
- Hamed , M. A., Emara , A. M., 2006. Marine Molluscs As Biomonitors For Heavy Metal Levels In The Gulf Of Suez, Red Sea . Journal Of Marine Systems 60 , 220–234.
- Hakanson, L. (1980). Ecological Risk Index For Aquatic Pollution Control, A Sedimentological Approach. Water. Res., 14(8), 975-1001.
- Liu, W., Zhao, J., Ouyang, Z., Söderlund, L. And Liu, G. 2005. Impacts Of Sewage Irrigation On Heavy Metal Distribution And Contamination In Beijing , China. Environ. Int., 31: 805–812.
- Li, X., Liu, L, Wang, Y., Luo, G, Chen, X., Yang, X., Et Al. Heavy Metal Contamination Of Urban Soil In An Old Industrial City (Shenyang) In Northeast China. Geoderma. 2013; 192:50-58.
- Pourang, N. And Amini, G.,2001.Distribution Of Trace Elements In Tissue Of Two Shrimp Spiecies From

Persian Gulf. Iranian Fisheries Research Organization. Tehran. Iran.

- Ropme. (2003). State Of The Marine Environment Report (Somer-2003). Regional Organization For The Protection Of The Marine Environment (Ropme), Kuwait. 217p.

- Usepa , 1996. The National Sediment Quality Survey : A Report To Congress On The Extent And Severity Of Sediment Contamination In Surface Waters Of The United States : U.S.Environmantal Protection Agency , Office Of Science And Technology , Washington D.C. Report No.Epa-823-D-96-002 , Chapter – Paginated , 9 Chapters.Approximately 200 P.

- Usepa. 1999. National Recommended Water Quality Criteria-Correction. U.S. Environmental Protection Agency, Office Of Water, Washington, Dc. Epa 822/Z-99/001.

Assessment of heavy metal in the sediments of BandarAbbas

Mahsa Astani[1], Ali Mashinchian Moradi[1*] Pargol Ghavam Mostafavi[1]

1- Department of Marine Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
* Corresponding Author: ali2m@yahoo.com

Abstract
Due to increasing urbanization and industrial development, environmental pollution has increased and heavy metals are one of the most groups of pollutant. Sediments act as indicators of heavy metal in coastal environment, they are the main reservoir of heavy metals. Inorder study about environmental pollution and the andemic species, sediments and T. mutabilis samples were collected from 5 transects (South Golshahr, Khaje Ata, Posht-e- shahr, Se rahe Jahanbar, Soro) of the Bandar Abbas (NE Persian Gulf) in cold and warm season, and the metal concentrations were determined for them. Metals contents were analyzed by using ICP-MS. Statistical analysis was performed with SPSS 18.0 software. The highest amount of metals belongs to Fe, Al, Mn in warm and cold season. Sediment quality was measured by Contamination Factor. Cd, As, Hg, Zn, Cu & Pb levels in sediments from all transects higher than the recommended values of standard (USEPA ,1996; ROPME, 2003).

Keywords: Heavy metal, Pollution, Persian Gulf, Sediments, Cf