

منشا آلودگی های زیست محیطی در رسوبات ساحلی خلیج گواتر، جنوب شرق ایران

عزیزاله بزی^۱، حمید رضایی^۲، نسیم الیاس پور^۳، ناصر شهرکی^۴

^۱* هیئت علمی دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

^۲ مؤسسه ملی اقیانوس شناسی، ایستگاه پژوهشی دریای عمان و اقیانوس هند، چابهار

^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

چکیده

در این تحقیق رسوبات ساحلی خلیج گواتر جهت تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین بوسیله فرایندهای طبیعی و یا فعالیت های انسانی مورد بررسی قرار گرفتند. برای این کار ۱۴ نمونه جمع آوری گردید و غلظت عناصر آهن، منیزیم، منگنز، فسفر، سرب، روی، مس، کروم، کادمیوم، نیکل و روی در آنها اندازه گیری شد و با عیارهای استاندارد زیست محیطی مقایسه گردید. نقشه های ژئوشیمیایی نشان داد که بیشترین غلظت فلزات سنگین مرتبط با رسوبات ساحلی پسابندر می باشد که در آن غلظت عناصر آهن، منگنز، سرب، روی کروم به ترتیب ۳/۱۵، ۲/۵۳، ۱/۳۵، ۴/۲۴ و ۱۰۰ برابر عیار طبیعی آنها در محدوده مورد مطالعه است. دلیل این آلودگی تعمیر و نگهداری لنج ها و قایق های صیادی و همچنین ورود فاضلاب های انسانی به داخل محیط نیمه بسته اسکله پسابندر می باشد. بوم سامانه جنگل حرا که در اطراف خور گواتر وجود دارد نیز به دلیل خصوصیات رسوب شناسی بستر و میزان زیاد مواد آلی، محل تجمع برخی فلزات سنگین در خلیج گواتر می باشد. همبستگی زیاد عناصر کروم، منیزیم، نیکل و آهن نشان داد که یکی از منابع این عناصر در خلیج گواتر انحلال سازندهای افیولیتی توسط رودخانه باهوکلان و انتقال این عناصر به دریاست. در این بررسی همچنین مشخص گردید که محل پرورش میگو نقش چندانی در آلودگی خلیج گواتر توسط فلزات سنگین ندارد.

کلید واژه: خلیج گواتر؛ فلزات سنگین؛ آلودگی؛ نقشه ژئوشیمیایی.

۱- مقدمه

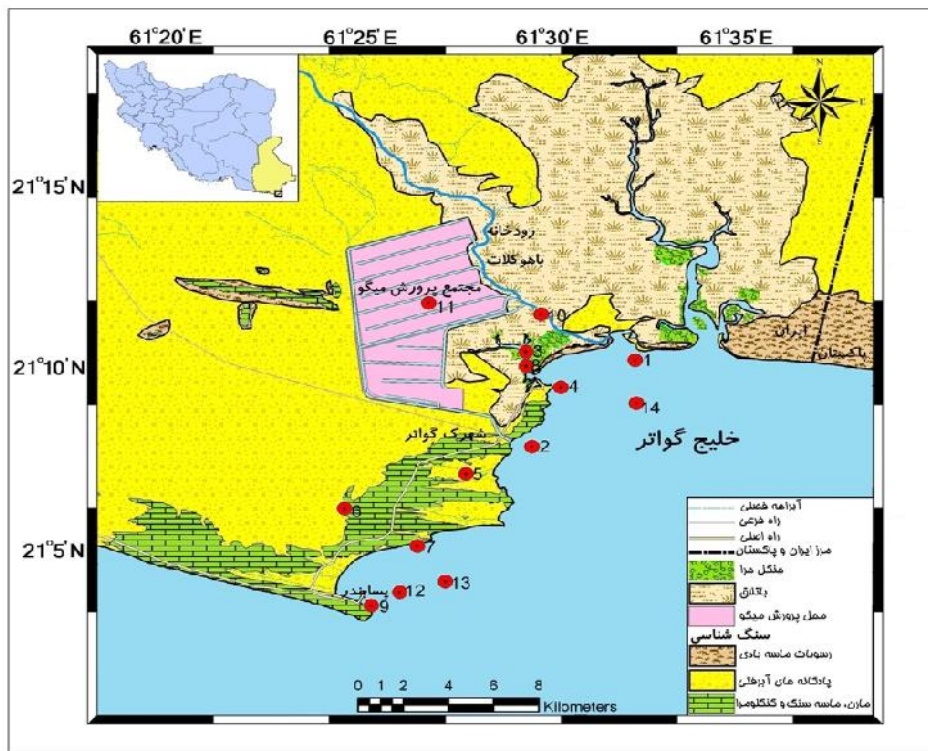
از آنجا که رسوبات دریایی محل بالقوه ته نشست و منشاء فلزات سنگین در ستون آب می باشند، میزان بالای فلزات سنگین در رسوبات ساحلی، اثرات منفی فراوانی در جانداران کف زی و آبی دارد (Defew et. Al., 2005). بعلاوه، رسوبات ساحلی آلوده باعث کاهش استفاده تفریحی از این سواحل می گردد. این اثرات، اهمیت ارزیابی و بررسی تغییرات غلظت فلزات سنگین در محیط های ساحلی را آشکار می سازد. سواحل خلیج گواتر به دلیل همجواری با رودخانه دائمی باهوکلان، خورهای پرپیچ و خم و جنگل های حرا به عنوان زیستگاه بسیاری از جانداران و همچنین نوار ساحلی پویا در کشور منحصر بفرد می باشد. بوم سامانه های حرا که در محدوده بین جزر و مدی اغلب نواحی حاره ای و نیمه حاره ای رشد می یابند، توسط میزان بالای کربن آلی مشخص می شوند (MacFarlane and Burchett, 2002). این نواحی به خاطر وجود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متغیر خود به عنوان محل ته نشست و یا منبع فلزات سنگین در محیط های ساحلی محسوب می گردند (Harbison, 1986). به همین دلیل در بسیاری از کشورهای جهان از جنگلهای حرا طبیعی و یا کاشته شده توسط انسان، جهت کاهش آلودگی پسابهای انسانی استفاده می گردد. رودخانه باهوکلان در این منطقه به عنوان مهمترین منبع طبیعی ورودی عناصر مطرح می باشد و با عبور از سازندهای متنوع مکران، می تواند گستره وسیعی از عناصر را وارد محیط خلیج گواتر کند. بعلاوه وجود اسکله های مهم صیادی پسابندر و گواتر و حوضچه های پرورش میگو در این ناحیه می تواند نقش زیادی در آلودگی انسانزاد این محیط ایفا کند. در این میان نقش نوع رسوبات منطقه و امواج ساحلی در تحرک و تغییرات مکانی غلظت فلزات سنگین در خلیج گواتر انکار ناپذیر است. با وجود آنکه غلظت فلزات سنگین در بنادر صیادی و رسوبات سطحی نواحی ساحلی در بسیاری از نقاط دنیا به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. با وجود این، این گونه مطالعات در سواحل دریای عمان و بخصوص خلیج گواتر به ندرت انجام گرفته است. در سال های اخیر، بررسی های زیست محیطی تغییرات میزان فلزات سنگین در سواحل جنوبی کشور اکثراً معطوف به نواحی ساحلی خلیج فارس بوده (جاوید، ۱۳۸۶؛ مظاهری نژاد، ۱۳۸۰، Sadrinasab, 2008, Sharghi, 2008) و تقریباً می توان گفت علی رغم اهمیت فوق العاده منطقه مورد مطالعه از لحاظ زیست بوم های منحصر بفرد آن، تا کنون هیچ گونه مطالعه زیست محیطی با تکیه بر فلزات سنگین در این بخش از کشورمان انجام نشده است.

اهداف این تحقیق شامل بررسی تغییرات غلظت و توزیع برخی عناصر اصلی و فرعی شامل Fe, Mg, Mn, P و فلزات سنگین دارای توان بالقوه ایجاد آلودگی و مسمومیت شامل Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn در محیط زیست خلیج گواتر می باشد. در این مطالعه غلظت فلزات سنگین انتخابی با میزان طبیعی این عناصر در پوسته و سنگهای رسوبی مختلف حاصل از مراجع معتبر ژئوشیمی زیست محیطی (Wedepohl, 1995) و همچنین عیار طبیعی این فلزات در منطقه مقایسه می گردد. همچنین نحوه توزیع عناصر، گونه های شیمیایی آنها و منابع احتمالی آلاینده بررسی گردید. به علاوه، نقشه های ژئوشیمیایی عناصر مورد مطالعه در محیط GIS، تهیه شد؛ این نقشه ها ما را قادر می سازد تا اطلاعات آماری کاملی از نحوه توزیع عناصر مختلف در رسوبات ساحلی منطقه بدست آوریم.

۲- روش و مواد بررسی

۱-۲- ویژگی‌های عمومی و زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

محدوده خلیج گواتر بین عرض جغرافیایی $21^{\circ} / 00 - 21^{\circ} / 20$ شمالی و طول $61^{\circ} / 20 - 61^{\circ} / 40$ شرقی و در منتهی الیه جنوب شرقی ایران در مجاورت دریای مکران واقع شده است (شکل ۱). نیمی از خلیج گواتر به کشور ایران و نیم دیگر آن متعلق به پاکستان می‌باشد. وسعت خلیج حدود ۳۵۰ کیلومتر مربع، عمق متوسط آن ۸ متر و حد اکثر در دهانه ۱۲ متر است. بنابراین در تقسیم بندی حوضه‌های دریایی خلیج گواتر به عنوان محیط دریایی کم عمق محسوب می‌شود. عرض دهانه (از بندر حیوانی در پاکستان تا پسابندر) حدود ۳۱ کیلومتر است. اکثر رسوبات خلیج از نوع آواری بوده که حاصل فرسایش تشکیلات زمین‌شناسی اطراف خلیج است. از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه بخشی از محدوده مکران ساحلی است. مکران ساحلی و ناحیه شمال آن یک لبه برفرازشی از رسوبات تغییر شکل یافته است که دارای سنی از اواخر کرتاسه تا هولوسن می‌باشند (علوی‌تهرانی، ۱۳۵۸). پادگانه‌های سواحل پسابندر تا خلیج گواتر شامل ماسه‌سنگ تا کنگلومرا حاوی مقادیر زیادی پوسته‌های صدف می‌باشد. واحد مارنی ارتفاعات کوتاهی را در منطقه تشکیل می‌دهد. نوع رسوبات و پوسته‌های صدفی بزرگ، محیط رسوبگذاری این مارن‌ها را منطقه کم عمق دریا (نزدیک ساحل) با سن میوسن میانی-میوسن پسین معرفی می‌کند (آقانباتی، ۱۳۸۳). بخش اعظم منطقه از رسوبات ماسه، رس و سیلت حاصل از فرسایش واحدهای ماسه‌سنگی، کنگلومرایبی و مارنی تشکیل شده است (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی و موقعیت نقاط نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه

۲-۲- نمونه برداری و تجزیه نمونه‌ها

مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری در تابستان صورت گرفته و تعداد ۱۴ نمونه (۶ عدد از برونزدهای ساحلی و ۸ عدد از بستر خلیج) جمع‌آوری گردید (شکل ۱). با توجه به اینکه رسوبات تشکیل دهنده خلیج گواتر متأثر از رسوبات حمل شده از دریای باز (عمان)، رسوبات آواری که توسط رودخانه‌های فصلی وارد خلیج می‌گردند و نیز ته‌نشست‌های درون حوضه و رسوبات بادی می‌باشند، نمونه‌برداری هم از بخش ساحلی و هم بستر خلیج صورت گرفت. نمونه برداری در ایستگاههای منطقه بین جزر و مدی ساحلی به صورت دستی توسط بیلچه پلاستیکی و نمونه‌برداری از رسوبات داخل دریا، حداکثر تا عمق ۵ متری آب توسط گروپ وان وین ۱ از داخل شناور تحقیقاتی مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار با سطح مقطع ۲۵۰ سانتی متر با عمق برداشت رسوب تا ۱۰ سانتی متر انجام شد. از هر ایستگاه نمونه‌برداری سه نمونه برداشت گردید و نمونه‌ها کاملاً به صورت دستی با هم مخلوط گردیدند. شرایط محیطی آب نیم متر روی سطح رسوب شامل، شوری، دما، pH و میزان هدایت الکتریکی نیز با کمک دستگاه‌های دیجیتال

محاسبه گردید. مراحل مقدماتی آماده سازی نمونه ها در آزمایشگاه موسسه ملی اقیانوس شناسی، ایستگاه پژوهشی دریای عمان و اقیانوس هند، چابهار انجام گرفت. جهت دانه بندی، پس از خشک شدن رسوبات در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد در آون، بخش ماسه رسوبات به روش تر و درصد سیلت و رس توسط دستگاه دانه بندی لیزری اندازه گیری شد. مطالعات میکروسکوپی نیز با تهیه ۱۲ عدد مقطع نازک از نمونه ها صورت گرفت. میزان مواد آلی توسط روش کوره اندازه گیری شد؛ در این روش ۱۰ گرم رسوب داخل ظرف چینی ریخته شد و به مدت ۴ ساعت درون کوره الکتریکی با دمای ۴۴۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و میزان کاهش بر حسب درصد اندازه گیری گردید. در نهایت حدود ۵ گرم نمونه رسوب همگن و الک شده توسط الک شماره ۲۳۰ (قطر کمتر از ۶۳ میکرون) جهت تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه ALS Chemex در کشور کانادا ارسال گردید. تجزیه شیمیایی نمونه ها توسط روش جذب اتمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) صورت گرفته است.

۳- بحث

در جدول ۱ خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب روی رسوبات، درصد رس و کربن آلی و غلظت فلزات سنگین و فسفر در نمونه های رسوب مورد مطالعه آمده است. این داده ها همچنین با عیار طبیعی عناصر مورد مطالعه در پوسته قاره ای و اقیانوسی و برخی سنگ های رسوبی مقایسه گردیده است. یکی از مهمترین مباحث در مطالعات زیست محیطی تعیین میزان غلظت طبیعی عناصر در محدوده مورد مطالعه است تا بتوان میزان آلودگی را ارزیابی نمود. در تحقیقات زیست محیطی از یک نمونه که شاخص منطقه بوده و تحت تأثیر تغییرات انسانزاد قرار نگرفته باشد، به عنوان نمونه زمینه استفاده می گردد (Eby, 2005). در این بررسی، نمونه شماره یک به عنوان نمونه طبیعی انتخاب گردید. دلیل انتخاب این نمونه، دوری از مناطق آلاینده احتمالی و نزدیک بودن غلظت عناصر آن با عیارهای طبیعی در دیگر مناطق جهان می باشد. با توجه به داده های جدول ۱ می توان دریافت که عنصر کروم دارای بیشترین ناهنجاری در منطقه مورد مطالعه می باشد، بطوریکه غلظت آن در نمونه شماره ۷ به بیش از ۱۰,۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می رسد. این افزایش غلظت (بیش از ۱۰۰ برابر عیار طبیعی) حاصل از آلودگی انسانی می باشد. میزان افزایش غلظت برای دیگر عناصر مانند سرب، روی، مس و نیکل نیز مشاهده می شود که حدود ۲ برابر عیار طبیعی آنها می باشد و به مراتب کمتر از کروم است. عنصر کادمیوم چندان دستخوش آلودگی آلودگی قرار نگرفته است و فقط در یک نمونه کمی افزایش غلظت در آن دیده می شود (۰/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم در نمونه شماره ۹).

جدول ۱- پارامترهای آماری میزان رس، کربن آلی و عناصر انتخابی موجود در نمونه های رسوب خلیج گواتر.

Temp. (°C)	pH	Sal. (ppt)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	P (ppm)	Ni (ppm)	Mn (ppm)	Mg (%)	Fe (%)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Cd (ppm)	OC (%)	Clay (%)	
۳۱/۲	۸/۱۶	۳۷/۴	۱۷۴	۲۵/۸	۲۵۷۰	۱۰۹	۱۵۴۰	۲/۵۲	۷/۶۸	۱۰۱	۱۰۰۰۰	۰/۳۳	۴/۶۰	۹۷/۳۶	بیشینه
۲۹/۹	۸/۱۰	۳۶/۵	۱۳	۷/۳	۴۱۰	۱۷/۹	۲۸۳	۰/۶۴	۰/۹۱	۶/۲	۱۵	۰/۰۸	۱/۴۰	۱/۱۷	کمینه
۳۰/۴	۸/۱۳	۳۶/۹	۷۴/۶	۱۵/۱	۹۷۲	۷۶/۶	۶۷۹	۱/۷۰	۳/۷۴	۳۰/۶۶	۹۹۸	۰/۱۴	۳/۲۲	۵۹/۲۹	میانگین
۳۰/۴	۸/۱۳	۳۶/۹	۶۴/۵	۱۴/۳	۷۱۰	۷۸/۴	۶۱۳	۱/۸۰	۳/۷۵	۲۵/۷۵	۱۰۲	۰/۱۲	۳/۶۰	۶۷/۲۹	میانه
۰/۴۳	۰/۰۲	۰/۲۷	۴۱/۶	۴/۱	۶۰۴	۲۵/۶	۲۸۳	۰/۶۲	۱/۵۴	۲۲/۵۴	۲۶۲۶	۰/۰۶	۱/۰۹	۴۰/۰۸	انحراف معیار
-	-	-	۶۵	۱۵	-	۵۶	۷۱۶	۲/۲	۴/۳	۲۵	۱۲۶	۰/۱۰	-	-	میانگین پوسته قاره ای*
-	-	-	۷۸	۰/۵	-	۱۴۴	۱۲۰۰	۴/۵	۷	۸۱	۳۱۷	۰/۱۳	-	-	میانگین پوسته اقیانوسی*
-	-	-	۹۵	۲۲	-	۶۸	۸۵۰	۱/۶	۴/۸	۴۵	۹۰	۰/۱۳	-	-	میانگین در شیل**
-	-	-	۷۶	۱۴	-	۲۴	۷۵۰	۱/۳	۳/۸	۲۴	۸۸	۰/۰۹	-	-	میانگین در ماسه سنگ**
-	-	-	۵۹	۱۵/۹	۶۱۰	۷۷/۳	۶۶۳	۱/۷	۳/۲۷	۲۲	۸۴	۰/۱۵	-	-	غلظت طبیعی در منطقه

* Merian et al. (2004) ** Wedepohl (1995)

غلظت آهن، منیزیم و منگنز جهت مقایسه تغییرات غلظت عناصر آلاینده با عناصر اصلی که کمتر تحت تأثیر آلودگی قرار می گیرند، آمده است. بعلاوه، غلظت عناصر آهن و منگنز به عنوان مهمترین کلونیدهای کنترل کننده تحرک فلزات سنگین حائز اهمیت می باشد. برخی نمونه های جمع آوری شده از منطقه پسابندر نشان می دهند که این عناصر نیز دستخوش آلودگی های انسانی قرار گرفته اند.

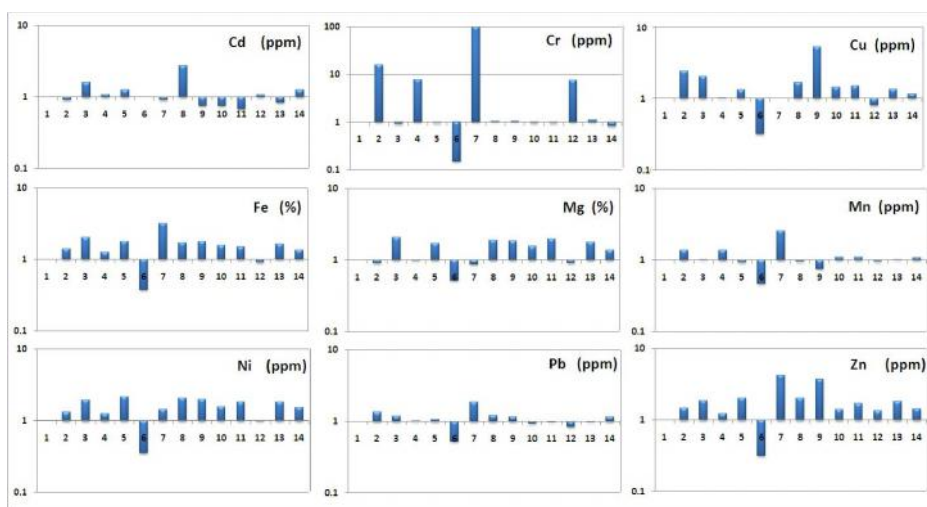
به دلیل قرار گرفتن خلیج گواتر در منطقه حاره ای و تبخیر زیاد، میزان شوری آب بیش از حد متوسط اقیانوس‌هاست. pH آب خلیج گواتر در محدوده طبیعی و قابل قیاس با سایر نقاط جهان می باشد. در این داده ها میزان شوری (۶ گرم بر کیلوگرم) و pH (۷/۶) رودخانه باهوکلالت لحاظ نگردیده است. افزایش شوری می تواند موجب کاهش زیست دسترسی^۱ عناصر مسمومیت زا گردد.

برای ایجاد درک بهتری از میزان تغییرات غلظت عناصر در نمونه های مختلف، نمودارهای افزودگی- کاهیدگی فلزات سنگین انتخابی تهیه گردید. بر این اساس (شکل ۲) کاملاً مشهود است که غلظت عناصر در نمونه مارن (شماره ۶) پایین تر از عیار طبیعی است. دلیل این امر عدم تمایل عناصر برای تمرکز در سنگ های کربناتی می باشد (Faure, 1992). با توجه به این نمودارها می توان مشاهده نمود غلظت فلزات سنگین در اغلب نمونه‌ها، بخصوص نمونه‌هایی که مربوط به محیط‌های در معرض آلودگی انسانی (نمونه های شماره ۷ و ۹) قرار دارند بالاتر از عیار طبیعی آنهاست.

اگر چه میزان کل فلزات سنگین در رسوبات معیاری جهت اندازه گیری آلودگی می باشد، اما چنانچه در بسیاری از تحقیقات بیان شده (Tessier et al., 1979; Petit et al., 1999; Ebdon et al., 2001) این اندازه گیری ها جهت پیش بینی میزان سمیت این آلاینده ها کافی به نظر نمی رسد. در حقیقت این تغییرات فیزیکی شیمیایی فلزات است که میزان تحرک و زیست دسترسی این عناصر را تعیین می کند. بطور مثال اگر فلزات سنگین در غلظت های زیاد در ساختمان سیلیکات ها، اکسیدها و سولفید های اولیه جای گرفته باشند، زیست بوم های پیرامون خود را با خطر چندانی مواجه نمی سازند؛ زیرا تحرک و زیست دسترسی آنها شدیداً محدود می باشد. اما اگر این عناصر جذب سطحی کلونیدهایی مانند کانیهی رسی، هیدروکسیدهای آهن و منگنز و یا مواد آلی باشند، براحتی می تواند با تغییر شرایط محیطی مانند Eh و PH وارد سامانه های زیست شناختی گردند و آن ها را آلوده سازند. مطالعه رابطه غلظت عناصر آلاینده با میزان آهن و منگنز می تواند ما را در فهم نوع گونه های عناصر سمی کمک کند. بعلاوه به دلیل آنکه تغییرات غلظت عناصر اصلی بیانگر میزان طبیعی است و چندان دستخوش آلودگی قرار نمی گردند، از این عناصر می توان جهت تعیین ضریب غنی شدگی عناصر آلاینده بهره برد (Eby, 2005).

۱-۳- همبستگی عناصر

در جدول ۲ ضرایب همبستگی بین عوامل مختلف اندازه گیری شده در این تحقیق آمده است. ذکر این نکته ضروری است که در تهیه این داده ها از بدنه اصلی داده های آماری استفاده شده و از برخی داده‌های ناهنجار چشم پوشی گردیده است. ضریب همبستگی بیانگر میزان ارتباط بین تغییرات غلظت عوامل مختلف اندازه‌گیری شده است و نقش مهمی در ارزیابی گونه‌های شیمیایی فلزات سنگین در محدوده مورد مطالعه دارد. داده‌های جدول بیانگر همبستگی زیاد بین فلزات سنگین مورد بررسی می باشد. دلیل این امر عدم تنوع منابع آلودگی در منطقه می باشد که مهمترین آن آلودگی های ناشی از تعمیر، تعویض روغن و نقاشی، لنج ها و قایق های تجاری و صیادی و همچنین ریختن زباله و فاضلاب انسانی در محیط ساحلی پسابندر و به میزان کمتر بندر گواتر می باشد. دلیل دیگر این همبستگی زیاد یکنواختی ترکیب ژئوشیمیایی واحدهای زمین شناسی ساحلی منطقه است (آقانباتی، ۱۳۸۳). در میان فلزات سنگین مورد مطالعه، کادمیوم به دلیل غلظت پایین و عدم ورود از طریق آلودگی، ارتباط معنی داری با هیچ کدام از عناصر دیگر ندارد. از طرف دیگر بیشترین میزان همبستگی بین روی و نیکل ($r=0.93$) و روی و مس ($r=0.80$) مشاهده می شود. همبستگی بین کروم با مس، نیکل و سرب، یا مس با نیکل و سرب، و یا سرب و روی نیز قابل توجه می باشد.



شکل ۲: نمودار افزودگی - کاهیدگی برخی عناصر مورد مطالعه

^۱- Bioavailability

همبستگی آهن و منگنز با فلزات سنگین بسیار زیاد می باشد که حاکی از جذب سطحی این عناصر توسط هیدروکسیدهای آهن و منگنز می باشد. همبستگی زیاد کروم، منگنز، آهن و منیزیم همچنین می تواند ناشی از ورود این عناصر از طریق انحلال واحدهای افیولیتی و آمیزه های رنگین در مسیر رودخانه های سرباز و باهوکلالت باشد. نکته مهم دیگر، همبستگی زیاد مس، نیکل، روی و تا حدودی سرب با میزان رس موجود در نمونه هاست. همبستگی بالای رس با آهن و بخصوص منیزیم ($r=0.91$) به دلیل حضور این عناصر در ساختمان کانی های رسی است. میزان کانی های رسی به عنوان ذراتی با کارایی بالا در جذب عناصر سمی بسیار مهم است (Ibhadon, 2004). همبستگی قوی سرب و روی با فسفر ناشی از تمایل زیاد این عناصر برای جذب در فسفات ها و تشکیل فسفات های نامحلول مانند پیرومورفیت می باشد، بطوریکه در بسیاری از نقاط دنیا پاکسازی مناطق آلوده به سرب توسط فسفات ها رواج زیادی دارد (Hester and Harrison, 1997). از آنجا که کربن آلی (OC) یک سازی مهم کلویدهای دریایی است، رابطه بین فراوانی فلزات و کربن آلی، جالب می باشد. اگر فلزات به لیگاندهای آلی متصل شده باشند، انتظار می رود که بین غلظت فلز و کربن آلی همبستگی وجود داشته باشد (Eby, 2005). برای عناصری که غلظت آنها از راه اتصال به لیگاندهای آلی کنترل می شود، بین این نسبت و میل ترکیبی فلز به لیگاند، همبستگی مستقیم وجود دارد (اغلب به آن سری ایروین - ویلیامز گفته می شود). (Mantoura et al., 1978). داده های جدول ۲ نشانگر همبستگی زیاد سرب با کربن آلی موجود در رسوبات است ($r=0.60$). این همبستگی برای عناصر نیکل و تا حدودی مس با میزان کمتر دیده می شود.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین عناصر، کانی های رسی و کربن آلی مورد مطالعه (ضرایب همبستگی زیاد با یک خط و ضرایب بسیار زیاد با دو خط در زیر

اعداد نشان داده شده است)

	Clay	OC	Cd	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	P	Pb	
Clay	1											
OC	0.02	1										
Cd	0.01	0.02	1									
Cr	0.31	0.00	0.01	1								
Cu	<u>0.66</u>	0.30	0.05	<u>0.55</u>	1							
Fe	<u>0.51</u>	0.10	0.00	<u>0.63</u>	<u>0.59</u>	1						
Mg	<u>0.91</u>	0.17	0.08	<u>0.59</u>	<u>0.86</u>	<u>0.78</u>	1					
Mn	-0.47	-0.13	0.01	<u>0.83</u>	<u>0.61</u>	<u>0.57</u>	0.00	1				
Ni	<u>0.89</u>	0.43	0.11	<u>0.64</u>	<u>0.77</u>	<u>0.91</u>	<u>0.82</u>	0.05	1			
P	-0.38	-0.01	-0.01	0.11	-0.20	-0.48	-0.40	<u>0.89</u>	-0.23	1		
Pb	0.37	<u>0.60</u>	0.02	<u>0.65</u>	<u>0.76</u>	<u>0.78</u>	0.23	<u>0.71</u>	0.43	<u>0.80</u>	1	
Zn	<u>0.53</u>	0.04	0.00	0.40	<u>0.80</u>	<u>0.92</u>	<u>0.73</u>	<u>0.73</u>	<u>0.93</u>	<u>0.58</u>	<u>0.78</u>	1

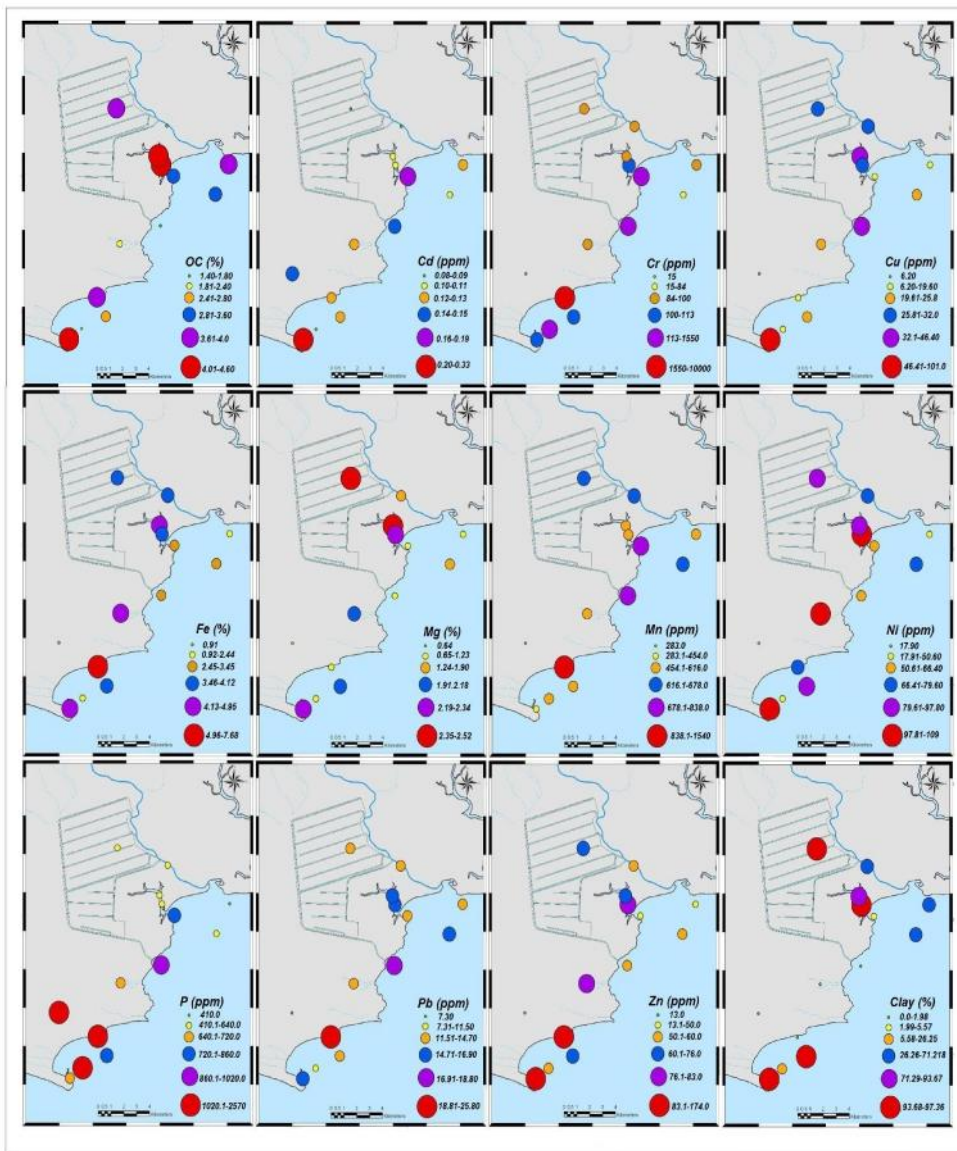
۳-۲- تحلیل نقشه های ژئوشیمیایی عناصر

غلظت عناصر مورد مطالعه به عنوان داده های ورودی جهت تهیه نقشه های هم غلظت عناصر توسط نرم افزار ArcGIS مورد استفاده قرار گرفت. هدف از تهیه این نقشه ها، مطالعه توزیع عناصر در نقاط مختلف نمونه برداری و تعیین نقاط آلوده می باشد. مطالعه این نقشه ها بیانگر توزیع مکانی غلظت عناصر، عیار طبیعی این عناصر در محیط های طبیعی و میزان دخالت فعالیت های انسانی در افزایش غلظت این عناصر در محل های آلاینده می باشد (شکل ۳). این اطلاعات می تواند ما را در مدیریت بهینه و صحیح محیط زیست منطقه و ارائه راهکارهای مناسب جهت پاکسازی این محیط یاری نماید. بر اساس نقشه های ژئوشیمیایی فلزات سنگین به روشنی می توان آلودگی این عناصر را در سواحل پسابندر مشاهده نمود. این آلودگی برای عنصر کروم بیش از دیگر عناصر می باشد. میزان زیاد کربن آلی در ساحل پسابندر در نتیجه آلودگی فاضلاب انسانی است که در محل این بندر صیادی و تجاری تخلیه می گردد. نمونه شماره ۹ از عمق حدود ۳ متری زیر آب کنار اسکله و نمونه شماره ۷ از ساحل ماسه ای کنار اسکله برداشت شده است. در نمونه ماسه ساحلی پسابندر (نمونه شماره ۷)، غلظت عناصر آهن، منگنز، سرب، روی و از همه مهمتر کروم به ترتیب ۳/۱۵، ۲/۵۳، ۱/۳۵، ۴/۲۴ و بیش از ۱۰۰ برابر عیار طبیعی آنها در محدوده مورد مطالعه است. دلیل این ناهنجاری انتقال ذرات ریز فلزی ساحل توسط امواج غالب منطقه می باشد، بطوریکه لایه های رسوبات تیره رنگ سرشار از ذرات فلزی در این ساحل بخوبی قابل مشاهده است. منشاء این ذرات

فلزی ریختن روغن قایق و لنج های این بندر در آب دریاست. این روغن ها به دلیل اصطکاک زیاد و سایش طولانی مدت قطعات موتور، حاوی مقادیر زیادی ذرات فلزی می باشند.

مهمترین محیط طبیعی محدوده مورد مطالعه که دارای حساسیت زیادی نسبت به آلودگی نیز می باشد، جنگل های حرا خلیج گواتر می باشد. به دلیل خصوصیات منحصر بفرد موجود در جنگل های حرا، گل های حرا دارای ظرفیت فوق العاده ای در تجمع آلاینده های ورودی به محیط های نزدیک ساحل می باشند (Harris and Santos, 2000). رسوبات حرا معرف محیط های احیایی می باشند و بنابراین غنی از سولفید و مواد آلی (شکل ۳) می باشند.

میزان کم فسفر و دیگر عناصر در محل پرورش میگو نشان می دهد که این محل نقش چندانی در توزیع عناصر در محدوده مورد مطالعه ندارد. شکل شماره ۳ همچنین مبین غلظت بالای فسفر در مارن های منطقه است. رودخانه ها منشأ اصلی فلزات حلشده و معلق هستند. مقاومت یونی بالای آب دریا باعث می شود فلزاتی که جذب سطحی کانیهای رسی شده اند، در آب دریا رها شوند. تغییرات Eh و pH به تهنشینی اکسید و هیدروکسیدهای آهن و منگنز منجر می شود. منشأ فلزات در رودخانه ها نیز می تواند طبیعی (از هوازدگی سنگها) و یا انسانزاد باشد. رودخانه باهوکلات به دلیل عبور از سازندهای رسوبی و عدم وجود صنایع آلاینده مهم در بالا دست مسیر، نقش چندانی در تغییر غلظت عناصر در محدوده مورد مطالعه ندارد. تنها غلظت نسبتاً زیاد مس، نیکل، منگنز، آهن و تا حدودی کروم و همچنین همبستگی زیاد غلظت این عناصر (جدول ۲)، حاکی از انحلال واحدهای فوق بازی در بالادست می باشد.



شکل ۳: نقشه های ژئوشیمیایی غلظت عناصر سنگین و میزان کانی های رسی در محدوده مورد مطالعه

۴- نتیجه گیری

با توجه به مطالعات انجام شده، نتایج کلی این تحقیق را می توان بصورت زیر خلاصه نمود:

۱. در بررسی ژئوشیمی عناصر اصلی مشخص گردید که میزان این عناصر در محدوده مورد مطالعه قابل مقایسه با عیار طبیعی در پوسته است. میزان همبستگی آلومینیوم (به عنوان نشانه ای از حضور کانی های رسی) و کلسیم در منطقه منفی است. از میان عناصر اصلی، میزان گوگرد نسبت به میانگین پوسته غنی شدگی نشان می دهد که به دلیل حضور کانی های سولفات کلسیم در نمونه هاست.
۲. افزایش غلظت عناصر لیتیم، باریوم و روبیدیم در اسکله ی صیادی پسابندر به دلیل جانشین شدن این عناصر بجای عنصر پتاسیم در کانی های رسی می باشد.
۳. غلظت اکثر فلزات جزئی سمی مورد مطالعه در مناطق ساحلی طبیعی در حد میانگین غلظت آنها در پوسته و یا کمتر از آن است (بجز کروم، آرسنیک و آنتیموان). عنصر کروم به دلیل آنکه دارای وزن مخصوص زیادی است، اکثراً در نواحی ساحلی غلظت آن افزایش می یابد. به همین دلیل، غلظت آن در رسوبات ساحلی درشت دانه زیاد است و در رسوبات گلی (مانند بستر جنگل حرا و مارن) کاهش غلظت نشان می دهد. بطور کلی، میزان غلظت زمینه عنصر آرسنیک در منطقه زیاد است که علت این امر، انحلال پذیری زیاد این عنصر در آب دریا به نسبت دیگر عناصر سمی و تمایل به غنی شدگی این عنصر در کانی های تبخیری در جزایر می باشد.
۴. نقشه های ژئوشیمیایی نشان می دهد میزان غلظت عناصر سمی در اکثر نمونه های اسکله ها بیش از عیار آنها در محیط های طبیعی است. غلظت عناصری مانند Be, Bi, Co, Cr, In, Ni, Nb, Ta, W, Pb, Sb, Sn در اسکله پسابندر مقدار زیادی را نشان می دهد. که ناشی از دانه ریز تر بودن رسوبات بستر اسکله ی پسابندر و همچنین بیشتر بودن میزان آلاینده های ورودی به اسکله ی فوق به دلیل تعداد بیشتر قایق های صیادی و لنج ها می باشد.
۵. آلوده ترین نمونه مربوط به نمونه شماره ۷ نزدیک اسکله صیادی پسابندر می باشد که تنها غلظت کروم، در این نمونه ۱۰۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شده که حاکی از افزایش ۱۰۰ برابری نسبت به عیار میانگین پوسته زمین می باشد. این نمونه از نزدیک محل توقف لنج های صیادی در اسکله پسابندر برداشته شده است.
۶. نمودارهای همبستگی، بیانگر همبستگی بالای عناصر جزئی سمی کالکوفیل (به دلیل خواص ژئوشیمیایی یکسان و منبع آلودگی مشترک)، همبستگی بسیار زیاد عناصر با خواص ژئوشیمیایی یکسان، همبستگی زیاد آلومینیوم با اغلب عناصر جزئی (به دلیل جذب این عناصر توسط کانی های رسی)، همبستگی نسبتاً زیاد آهن با عناصر جزئی (به دلیل جذب این عناصر توسط هیدروکسیدهای آهن) و همبستگی منفی کلسیم با عناصر جزئی (به دلیل عدم تمایل عناصر جزئی در حضور در کانی های کربنات کلسیم) می باشد.
۷. زیست بوم جنگل حرا به دلیل حضور رسوبات دانه ریز در بستر، وفور مواد آلی و وجود محیط احیایی، محل بالقوه ته نشینت و افزایش غلظت عناصر آلاینده می باشد که می توانند تهدیدی جدی جهت جانداران متنوع موجود در این زیست بوم ها باشند.

۵- منابع

- ۱- آقنابتی، ع. ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. وزارت صنایع و معادن، ۴۳۰ ص.
- ۲- جاوید، ا. م. ۱۳۸۶. مدل سازس تاثیر تغییر pH در انتقال فلزات سنگین (نیکل و کادمیوم) ناشی از فعالیت های پتروشیمی بندر امام خمینی خلیج فارس (خور موسی). علوم و تکنولوژی محیط زیست (۹)، ش. ۴، صص ۱۳-۲.
- ۳- علوی تهرانی، ن. ۱۳۵۸. مجموع سنگ های افیولیتی در ایران. سازمان تحقیقات زمین شناسی و معدنی کشور. ۵۷ ص.
- ۴- مظاهری نژاد، م. ف. ۱۳۸۰. شناخت کانونی و همبستگی فلزات سنگین در رسوبات خور موسی و عوامل موثر بر جذب و دفع آنها. رساله دکتری تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- 5-Defew, L. H., Mair, J. M., and Guzman, H. M. (2005). **An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay**, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin* 50, 547-552.
- 6-Ebdon, L., Pitts, L., Cornelis, R., Crews, H., Donard, O. F. X., Quevauviller, P. (2001). Eds, **Trace Element Speciation for Environment, Food and Health**; Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 391.
- 7-Eby, G. N., 2005. **Principles of environmental geochemistry**, Thomson, Ellis, S. & Mellor, A., New York.
- 8-Faure, G. (1992). **Principles and application of inorganic geochemistry**, John Willey, 526p.
- 9-Harbrison, P., 1986. **Mangrove muds: a sink or source for trace metals**. *Marine Pollution Bulletin* 17, 246-250.
- 10-Harris, R. R., Santos, M. C. F. (2000). **Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs, *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* (Crustacea: Decapoda)**. *Marine Biology* 137, 691-703.

- 11-Hester, R. E., and Harrison, R. M. (1997). **Contaminated Land and its Reclamation, issues in environmental science and technology**, The Royal society of chemistry, 145p.
- 12-Ibhadon, A. O., Wright, P., and Daniels, R. (2004). **Trace metal speciation and contamination in an intertidal estuary**. Environmental Monitoring 6, 679-683.
- 13-Mac Farlane, G.R., Burchett, M.D., 2002. Toxicity, **growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the Grey Mangrove Avicennia marina (Forsk.)** Veirh. Marine Environmental Research 54, 65-84.
- 14-Mantoura, R. F. C., Dickson, A., and Riley, J. P. (1978). **The complexation of metals with humic materials in natural waters**. Estuarine coastal marine sciences 6, 387-408.
- 15-Merian, E., Anke, M., Ihnat, M., and Stoepler, M., 2004. **Elements and their compounds in the environment**, John Willey, 1170p.
- 16-Petit, M. D., Rucandio, M. I. (1999). **Sequential extraction for determination of cadmium distribution in coal fly ash, soil and sediment samples**. Analytica Chemica Acta 401, 283-291.
- 17-Sadrinasab, M. (2008). **Three-dimensional numerical modeling of the pollution dispersion in the Persian Gulf**. International conference on Monitoring and modeling of Marine pollution. 1-3December, Kish Island, Iran.
- 18-Sharghi, A. (2008). **Monitoring pollution in Persian Gulf**. International conference on Monitoring and modeling of Marine pollution. 1-3December, Kish Island, Iran.
- 19-Tessier, A. and Campbell, P. G. C. (1979). **'Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals'**, Analytical Chemistry 51, 844-851.
- 20-Wedepohl, K. H. (1995). **The Composition of the Continental Crust**. Geochim. Cosmochim. Acta, 59, 1217-1232.