Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز تحقیقات و اطلاعات علمی ایران

www.SID.ir

بررسی آلودگی فلزات سنگین مس، سرب و کادمیوم در ساحل جنوبی دریای خزر (حدفاصل بندر نوشهر)

مائده واحدی[۱*]، بابک مقدسی[۲]، سید محمدباقر نبوی[۳] و معصومه سهرابی ملایوسفی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۸ *نویسنده مسئول تاریخ پذیرش:۹۴/۰۳/۲۰

© نشریه صنعت حمل و نقل دریایی ۱۳۹۴، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل و نقل دریایی است.

چکیده

در تحقیق حاضر آلودگی فلزات سنگین مس، سرب و کادمیوم در ساحل جنوبی دریایی خزر (حد فاصل نوشهر تا عباس آباد) مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انجام این تحقیق، سنجش عوامل محیطی (شامل دانه‌بندی رسوبات، مواد آلی، درجه حرارت، شوری، هدایت الکتریکی، پی- اچ و اکسیژن محلول) و همچنین سنجش غلظت فلزات سنگین (مس، سرب و کادمیوم) در منطقه مورد مطالعه بوده است تا امکان شناخت بیشتر شرایط محیطی دریای خزر و وضعیت آلودگی در دریای خزر فراهم گردد. نمونه‌برداری از رسوبات بستر با استفاده از گرب ون وین ۰/۱ متر مربعی، در فصل بهار و از ۲۰ ایستگاه (در طول ۵ ترانسکت، هر یک شامل ۴ ایستگاه) از اعماق ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری دریای خزر در حد فاصل نوشهر تا عباس آباد، انجام شد. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS تعیین و ثبت شد. عوامل محیطی شامل عمق، درجه حرارت، اکسیژن محلول، شوری، هدایت الکتریکی و پی- اچ با استفاده از دستگاه CTD در حین نمونه‌برداری، و غلظت فلز سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی در آزمایشگاه سنجیده شد. میانگین دمای آب مجاور بستر (۲۲/۷ - ۲۱/۶) درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۱۰/۴۱، شوری ۷/۰۵ قسمت در هزار، هدایت الکتریکی ۱۸/۵۹ و پی – اچ ۸/۴۱ بود. میانگین غلظت فلز مس در هر ۲۰ ایستگاه ۳/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، میانگین غلظت فلز کادمیوم ۱/۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین غلظت فلز سرب ۱۴/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد. غلظت هر سه فلز پایین‌تر از استانداردهای جهانی بود. میانگین درصد مواد آلی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری متفاوت بوده و میانگین درصد مواد آلی کل ۹/۲۰ درصد اندازه‌گیری شد. آنالیز دانه‌بندی رسوبات، حاکی از دانه‌بندی ریز (رس و سیلت) بستر دریای خزر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بود.

واژه‌های کلیدی: مس، سرب، کادمیوم، نوشهر، عباس‌آباد، دریای خزر

۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه بیولوژی دریا، mvahedi@pmo.ir
۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سواد کوه، گروه منابع طبیعی
۳. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده محیط زیست دریایی، گروه بیولوژی دریا
۴. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، گروه زمین شناسی

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

محیط زیست ساحلی حد فاصل خشکی و دریا می‌باشد. این محیط نشانگر اکوسیستم پویا می‌باشد که به واسطه منابع، حاصل‌خیزی زیستگاه و تنوع گونه‌های آن نقش حیاتی در اقتصاد ملت‌ها ایفا می‌نماید. در طی سال‌های متمادی محل سکونت انسان‌ها و همچنین صنایع مختلف در نزدیکی کمربند ساحلی متمرکز گردیده است. حدود ۳۸%از جمعیت جهان در ۱۰۰ کیلومتری سواحل زندگی می‌کنند. تمرکز فعالیت‌های توسعه‌ای در چنین مقیاسی، ثبات اکوسیستم ساحلی و منابع مربوط به آن را تهدید می‌نماید (Vickerman, 1992). منشا آلودگی‌های ساحلی از طریق خشکی و یا دریا ایجاد می‌گردد. آلاینده‌های خشکی، بنادر و لنگرگاه‌ها، ترمینال‌های نفتی، کارخانه‌های ذوب فلزات، نیروگاه‌ها، کارخانه‌های کاغذسازی و خمیر کاغذسازی، فعالیت‌های شهرنشینی، فعالیت‌های توسعه‌ای تجاری و مسکونی، توریسم و تفریح‌گاه‌های ساحلی، صیادی، فعالیت‌های زراعی و فعالیت‌های پدافندی می‌باشند. منابع آلاینده دریایی نیز عبارتند از تاسیسات نفت و گاز درون دریا، معادن درون دریا، دریانوردی، نیروی دریایی، ورزش‌های آبی، صیادی، لایروبی و احیای اراضی. آلاینده‌های عمده که از منابع یادشده ایجاد می‌شوند، عبارتند از نفت، پسماندها، زباله‌ها، آفت‌کش‌ها، مواد شیمیایی سمی، فلزات سنگین، زباله‌های رادیو اکتیو، خنک‌کننده‌ها، مواد غذایی و غیر آن می‌باشند.

آلودگی‌های وسیع باعث تاثیرات زیان‌آور بر اکوسیستم دریایی می‌گردد، تاثیراتی از قبیل آسیب رساندن به جانداران، آسیب رساندن به سلامت انسان‌ها، اختلال در فعالیت‌های دریایی مانند ماهیگیری، کاهش کیفیت آب مورد استفاده از دریا و بنابراین تاثیرات نامطلوب و منفی بر برخی از منافع صنعتی‌سازی جوامع می‌گذارد. به همین دلیل یک هوشیاری در سراسر جهان برای کنترل آلودگی ساحلی وجود دارد. فلزات جزو آلاینده‌های پایدار می‌باشند. آلاینده‌های پایدار در معرض حمله باکتریایی و یا تجزیه زیستی قرار نمی‌گیرند. به عبارت دیگر فلزات به دلیل اینکه به فرم‌های غیر سمی تجزیه نمی‌شوند خانواده منحصر به فردی از مسمومیت‌زاها را تشکیل می‌دهند. هنگامی که اکوسیستم از سوی آنها آلوده شود به صورت پتانسیلی تهدیدکننده تا سال‌ها باقی می‌مانند (اطهر، ۱۳۸۶). محیط‌های دریایی از نظر آلودگی به فلزات با یکدیگر متفاوتند. مقدار فلزات در آب دریا با مقدار آن در رسوبات متفاوت است و این مقدار در رسوبات بیشتر از آب است (کلارک، ۱۳۷۹). گیاهان و جانوران از نظر توانایی جذب و تنظیم محتوی فلزی‌شان از یکدیگر متمایز می‌شوند و اکثر آنها تنها در محدوده خاصی قادر به عمل هستند (کلارک، ۱۳۷۹). فلزات سنگین فلزاتی هستند که جرم حجمی‌شان از ۴ الی ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بیشتر باشد یا فلزاتی که دانسیته آنها بیش از ۴ برابر دانسیته آب باشد و از عناصر سازنده پوسته زمین می‌باشند. فلزات سنگین چون دچار تخریب و فرسایش نمی‌شوند و همچنین قادرند در بدن موجودات زنده تجمع زیستی ایجاد کنند، از آلاینده‌های بسیار خطرناک در محیط دریا محسوب می‌شوند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). فلزاتی مثل روی، نیکل، کروم، مس، سرب، کادمیوم، جیوه و وانادیم از جمله فلزات سنگین محسوب می‌شوند.

۱-۱- کادمیوم

کادمیوم از آلاینده‌های مهم زیست محیطی بوده که در تمام اکوسیستم‌ها اعم از آب، هوا، غذا و گیاهان یافت می‌شود. کادمیوم نیم عمر بیولوژیکی طولانی مدتی دارد (بیشتر از ۱۰ سال) و غلظت آن در بدن موجود زنده با افزایش سن بالا می‌رود (اطهر، ۱۳۸۶). کادمیوم فلزی نرم به رنگ نقره‌ای براق با جرم اتمی ۱۱۲/۱۴، نقطه جوش۷۶۷ درجه سانتی‌گراد و نقطه ذوب ۳۲۰/۹ درجه سانتی‌گراد است. این عنصر به آسانی در اسید نیتریک محلول ولی در اسید کلریدریک و اسید سولفوریک به کندی حل می‌شود. کادمیوم به فراوانی در پوسته زمین یافت می‌شود اما معمولاً همراه با روی (Zn) بوده و به صورت تجاری تنها به عنوان یک محصول فرعی از ذوب روی به‌دست می‌آید (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). مقدار ورودی کادمیوم به اقیانوس‌های جهان حدود ۸۰۰۰ تن در سال است که نیمی از آن نتیجه فعالیت‌های انسانی بوده و باقیمانده منشا طبیعی دارد. حدود ۲۹۰۰ تن در سال از کادمیوم به رسوبات بستر آب‌ها وارد شده که قسمت اعظم آن در منطقه فلات قاره است، اما محاسبه باقیمانده آن بسیار مشکل است (رنجبر، ۱۳۸۹). کادمیوم از طریق فرسایش خاک و سنگ بستر، رسوبات آلوده اتمسفری ناشی از کارخانجات صنعتی، پساب مناطق آلوده و استفاده از لجن و کود در کشاورزی وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شود. سرنوشت‌های شناخته شده کادمیوم در دریا با ظرفیت‌های دریایی متوازن نیست و محتوای کادمیوم دریا به آهستگی در حال افزایش است (رنجبر، ۱۳۸۹).

۱-۲- مس

از نظر فراوانی، مس، سی و ششمین عنصر با غلظت ppm55 در پوسته زمین است. مس و ترکیبات آن در همه جای محیط زیست وجود دارند. ماهیت مس در آب بستگی به pH، غلظت کربنات و دیگر آنیون‌های محلول در آب دارد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). ورودی طبیعی مس به محیط زیست دریایی ناشی از فرسایش صخره‌های معدنی شده در حدود ۳۲۵۰۰ تن در سال تخمین زده شده است. ورودی ناشی از فعالیت‌های انسانی، منطقه‌ای بوده و بسته به طبیعت‌شان متفاوتند (گل محمدی، ۱۳۸۹). مس یک عنصر ضروری برای حیوانات است و بیشترین غلظت ان در سخت پوستان ده پا، شکم پایان و سرپایان دیده می‌شود که رنگدانه تنفسی آنها مس است (گل محمدی، ۱۳۸۹). حدود ۷/۵ میلیون تن در سال مس، برای استفاده در وسایل الکتریکی، در آلیاژها، به عنوان یک کاتالیزور شیمیایی، در ضد لکه کردن رنگ برای بدنه کشتی‌ها، به عنوان یک جلبک‌کش و به عنوان یک محافظ چوب، تولید می‌گردد. به ناچار در تعدادی از این کاربردها مس به محیط زیست منتقل می‌شود. فاضلاب شهری حاوی مقدار قابل‌توجهی مس بوده و این نشان‌دهنده افزایش غلظت مس در رسوبات مناطق دفع فاضلاب است (حلیمی جلودار، ۱۳۸۹).

۱-۳- سرب

سرب دارای ظاهری خاکستری رنگ و جرم اتمی ۲۰۷/۱۲ گرم می‌باشد. نقطه جوش و ذوب آن به ترتیب ۱۷۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۷/۴ درجه سانتی‌گراد است. این عنصر تقریباً ۰/۰۰۲ درصد از پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. سرب، گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمی در محیط زیست است که از زمان تولید جهانی آن به شکل افزودنی‌های بنزین همانند تترا اتیل

Archive of SID
www.SID.ir

سرب به‌طور وسیعی در سطح جهان انتشار یافته است، به‌طوری‌که از یخ‌های قطبی تا رسوبات اعماق دریاها اثرات ان را می‌توان یافت (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). ترکیبات سرب در محیط‌های دریایی بر حسب اندازه به صورت محلول، کلوئید و جامد یافت می‌شوند. ترکیبات غیرحلال سرب در سطح زمین جذب رسوبات می‌شوند، گیاهان آبزی نیز سرب را انباشته میکنند. از روش‌های حذف طبیعی عناصر سنگین و به ویژه سرب در محیط‌های دریایی تشکیل ندول‌های منگنز می‌باشد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱).

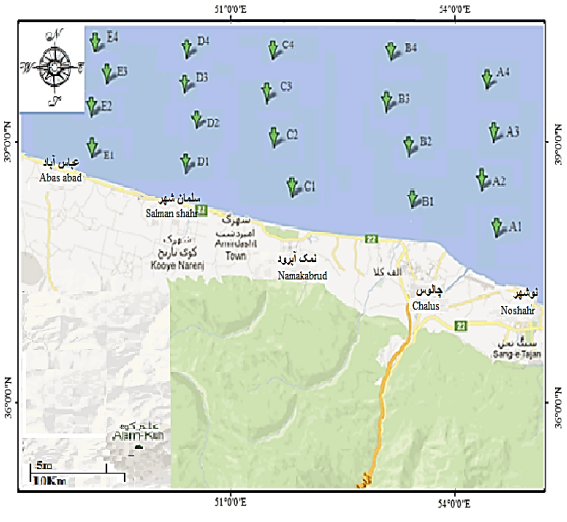
۲- روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد بررسی

نمونه‌برداری در فصل بهار از ۲۰ ایستگاه در طول ۵ ترنسکت و هریک شامل ۴ ایستگاه در اعماق ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متری ساحل جنوبی دریای خزر (حد فاصل نوشهر تا عباس آباد) انجام شد. دسترسی به ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از یدک‌کش انجام شد، عمق منطقه نمونه‌برداری با استفاده از اکوساندر و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS تعیین و ثبت شد. جدول (۱) مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری و شکل(۱) موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری را در منطقه مورد بررسی در ساحل جنوبی دریای خزر نشان می‌دهد.

جدول (۱) مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ناحیه نمونه‌برداری	شماره ایستگاه	عرض جغرافیایی (E)	طول جغرافیایی (N)
غرب نوشهر (رودخانه کورکورسر)	A5	۳۶° ۳۷′ ۹۹۹″	۵۱° ۳۵′ ۰۰۳″
	A10	۳۶° ۳۸′ ۴۶۰″	۵۱° ۳۵′ ۳۰۰″
	A15	۳۶° ۳۹′ ۳۷۶″	۵۱° ۳۶′ ۳۵۱″
	A20	۳۶° ۳۹′ ۷۱۷″	۵۱° ۳۶′ ۶۸۰″
بعد از چالوس (رودخانه بهارسران)	B5	۳۶° ۴۰′ ۶۸۵″	۵۱° ۲۷′ ۳۹۳″
	B10	۳۶° ۴۱′ ۰۴۷″	۵۱° ۲۷′ ۸۰۳″
	B15	۳۶° ۴۱′ ۴۹۸″	۵۱° ۲۷′ ۷۶۴″
	B20	۳۶° ۴۱′ ۷۴۰″	۵۱° ۲۷′ ۵۲۲″
نمک آبرود	C5	۳۶° ۴۲′ ۱۶۸″	۵۱° ۱۷′ ۲۹۷″
	C10	۳۶° ۴۲′ ۶۲۸″	۵۱° ۱۷′ ۳۳۳″
	C15	۳۶° ۴۲′ ۹۰۴″	۵۱° ۱۷′ ۵۱۸″
	C20	۳۶° ۴۳′ ۱۷۴″	۵۱° ۱۷′ ۳۶۰″
سلمان شهر (متل قو)	D5	۳۶° ۴۲′ ۸۱۴″	۵۱° ۱۳′ ۴۷۰″
	D10	۳۶° ۴۳′ ۲۷۱″	۵۱° ۱۳′ ۴۷۶″
	D15	۳۶° ۴۳′ ۶۷۶″	۵۱° ۱۳′ ۴۹۸″
	D20	۳۶° ۴۳′ ۹۰۴″	۵۱° ۱۳′ ۵۲۸″
شرق عباس آباد (اسپچین)	E5	۳۶° ۴۳′ ۱۶۹″	۵۱° ۰۹′ ۷۴۶″
	E10	۳۶° ۴۳′ ۹۲۵″	۵۱° ۰۹′ ۸۵۶″
	E15	۳۶° ۴۴′ ۳۷۷″	۵۱° ۰۹′ ۷۵۶″
	E20	۳۶° ۴۴′ ۷۷۷″	۵۱° ۰۹′ ۸۱۹″



شکل (۱): موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

۲-۲ نمونه‌برداری از رسوب

نمونه‌برداری از رسوب توسط گرب ون وین انجام شد و سه نمونه رسوب از ایستگاه‌های مورد نظر جمع‌آوری شد.

نمونه رسوب شماره ۱ (برای سنجش فلزات سنگین): در حدود ۵۰۰گرم، توسط قاشق پلاستیکی در داخل کیسه پلاستیکی زیپ‌دار، جمع‌آوری شد.

نمونه رسوب شماره ۲ (برای دانه‌بندی رسوبات): در حدود ۲۵۰ گرم، توسط قاشق پلاستیکی در داخل کیسه پلاستیکی زیپ‌دار، جمع‌آوری شد.

نمونه رسوب شماره ۳ (برای سنجش مواد آلی): در حدود ۲۵۰ گرم، توسط قاشق پلاستیکی در داخل کیسه پلاستیکی زیپ‌دار، جمع‌آوری شد.در پایان نمونه‌برداری در هر ایستگاه، کیسه حاوی نمونه رسوب، پس از باز بینی و نصب برچسب مشخصات، درون فلاسک یخ قرار داده شد و برای انجام مراحل بعدی به آزمایشگاه منتقل شد.

۲-۳- نمونه‌برداری از آب

نمونه‌برداری از آب برای بررسی پارامترهای فیزیکی آب مانند دما، شوری، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول و پی- اچ با استفاده از دستگاه روتنر، انجام شد و فاکتورهای مورد نظر در محل با استفاده از دستگاه CTD اندازه‌گیری شد.

۲-۳-۱- بررسی‌های آزمایشگاهی

سنجش میزان فلزات سنگین: با استفاده از دستگاه جذب اتمی می‌توان میزان و غلظت فلزات سنگین را مشخص نمود. نمونه جامد را خشک کرده و سپس در اسید کلریدریک یا اسید نیتریک یا حجم مشخصی از هر دو حل کرده تا محلول شفافی بدست آید، نمونه را به حجم می‌رسانیم و سپس محلول استاندارد و غلظت‌های مختلف تهیه کرده، سپس جذب آنها را می‌خوانیم و منحنی استانداردهای غلظت را بر حسب جذب رسم می‌کنیم و سپس با خواندن جذب محلول غلظت مجهول را بدست می‌آوریم.

۲-۳-۲- آنالیز دانه‌بندی رسوبات

ابتدا مقدار مشخصی از رسوب (به اندازه تقریبی یک قاشق غذاخوری) به درون پتری دیش منتقل شد و به مدت هشت ساعت در درجه حرارت ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون، کاملاً خشک شد. برای جدا

Archive of SID
www.SID.ir

سازی ذرات رسوب ۲۵ گرم از رسوب خشک، توزین و در داخل بشر به آن ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب آب معمولی و ۱۰ سانتی‌متر مکعب محلول سدیم هگزا متا فسفات ۶/۲ گرم در لیتر اضافه شد. مخلوط فوق حدود ۱۵ دقیقه کاملاً به‌هم زده شد و پس از آن حدود ۸ ساعت در مکان آرامی، بی‌حرکت قرار داده شد تا مواد جامد آن ته‌نشین شوند. محتوای بشر دوباره به مدت ۱۵ دقیقه به هم زده شد و سپس در آون خشک شد. رسوب خشک شده توسط الک‌های استاندارد (۴، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، و ۰/۰۶۳ میلی متر) الک شد. رسوبات باقی‌مانده روی هر الک توزین شد و درصد وزنی هر گروه از کل نمونه اولیه ۲۵ گرمی محاسبه شد (اختلاف مجموع جرم رسوبات باقی مانده روی هر یک از الک‌ها با کل رسوب ۲۵ گرمی اولیه مربوط به ذرات سیلت و رس بوده که باید محاسبه گردد).

۲-۳-۳- سنجش درصد مواد آلی (TOM)

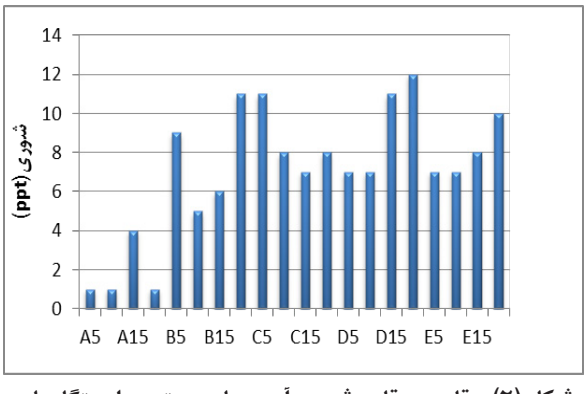
سه عدد بوته چینی خالی برای هر ایستگاه انتخاب و وزن شد. جرم بوته‌ها با نماد C1، C2 و C3 نشان داده شد. (شماره نمونه در زیر بوته‌ها با مداد معمولی به وضوح نوشته شد). در هر بوته حدود یک قاشق غذاخوری ریخته و به مدت هشت ساعت در درجه حرارت ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون، کاملاً خشک شد. پس از خروج از آون، جرم بوته‌های واجد نمونه خشک، توزین و با نماد A1، A2 و A3 نشان داده شد. بوته‌های حاوی نمونه، به مدت هشت ساعت در کوره الکتریکی (۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. درصد مواد آلی کل برای هر سه تکرار، با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده و میانگین به‌دست آمده از هر سه تکرار به عنوان درصد مواد آلی کل، برای نمونه های هر ایستگاه محاسبه شد:

$$TOM\ (\%) = 100\ (A - B) / (A - C)$$

۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳-۱ – فاکتورهای محیطی

در این بررسی عمق بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر (میانگین ۱۲/۵) بود. میانگین دمای آب مجاور بستر بین (۲۲/۷ – ۲۱/۶)، شوری آن ۷/۰۵ قسمت در هزار، غلظت اکسیژن محلول ۱۰/۴۱میلی‌گرم در لیتر، هدایت الکتریکی ۱۸/۵۹ و میانگین پی- اچ ۸/۴۱ اندازه‌گیری شد (جدول ۲). مقادیر هر یک از فاکتورهای محیطی شامل عمق بستر، دما، شوری، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی و پی- اچ آب مجاور بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این تحقیق در (شکل‌های۲ الی۶) مقایسه شده است.

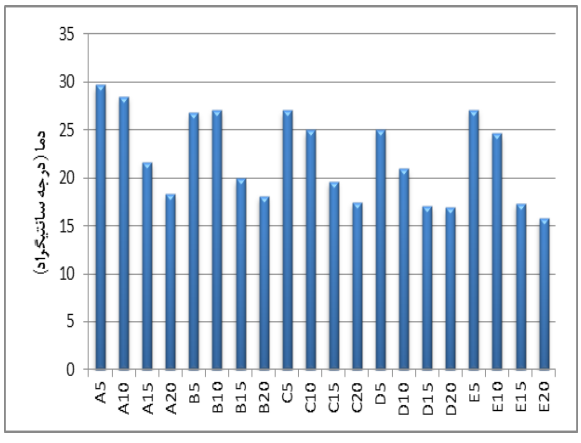


شکل (۲): مقایسه مقادیرشوری آب مجاور بستر در ایستگاه‌های نمونه برداری

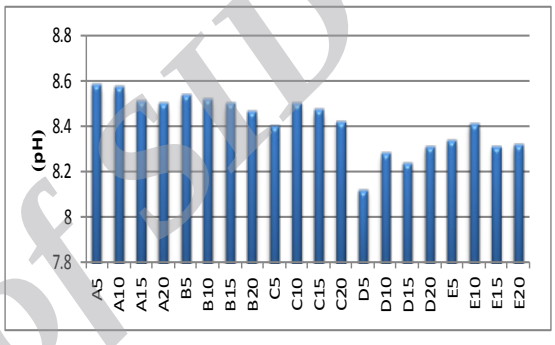
جدول (۲): عمق، دما، شوری، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول و پی اچ محیط بستر

ناحیه نمونه‌برداری	شماره ایستگاه	عمق (M)	شوری (PPT)	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی Mz/cm^2	اکسیژن محلول (MG/1)
A غرب نوشهر (رودخانه کورکورسر)	A5	۵	۱	۲۹/۷	۸/۵۸	۱۸/۶۶	۸/۷
	A10	۱۰	۱	۲۸/۵	۸/۵۷	۱۸/۶۲	۹/۸
	A15	۱۵	۴	۲۱/۶۵	۸/۵۱	۱۸/۹۲	۱۰/۴
	A20	۲۰	۱	۱۸/۳۵	۸/۵	۱۸/۵۰	۱۱/۷
میانگین		۱۲/۵	۱/۷۵	۲۴/۵۵	۸/۵۴	۱۸/۶۷	۱۰/۱۵
B چالوس (رودخانه بهارسران)	B5	۵	۹	۲۶/۷۵	۸/۵۴	۱۸/۱۱	۹/۳
	B10	۱۰	۵	۲۷/۱	۸/۵۲	۱۸/۰۷	۹/۸
	B15	۱۵	۶	۱۹/۹۵	۸/۵۰	۱۸/۷۷	۱۲/۲
	B20	۲۰	۱۱	۱۸/۱	۸/۴۶	۱۹/۰۲	۱۰
میانگین		۱۲/۵	۷/۷۵	۲۲/۹۷	۸/۵۰	۱۸/۴۹	۱۰/۳۲
C نمک آبرود	C5	۵	۱۱	۲۷	۸/۴۰	۱۸/۱۱	۹/۹
	C10	۱۰	۸	۲۵	۸/۵۰	۱۸/۴۲	۱۰/۱
	C15	۱۵	۷	۱۹/۶	۸/۴۷	۱۸/۷۵	۱۱/۵
	C20	۲۰	۸	۱۷/۴۵	۸/۴۲	۱۸/۷۴	۱۱/۴
میانگین		۱۲/۵	۸/۵	۲۲/۲۶	۸/۴۴	۱۸/۵۰	۱۰/۷۲
D سلمان شهر (متل قو)	D5	۵	۷	۲۵/۰۵	۸/۱۲	۱۸/۴۳	۹/۶
	D10	۱۰	۷	۲۰/۹۵	۸/۲۸	۱۸/۹۲	۱۰/۵
	D15	۱۵	۱۱	۱۷/۱	۸/۲۴	۱۸/۴۱	۱۱/۲
	D20	۲۰	۱۲	۱۶/۹	۸/۳۱	۱۸/۸۹	۱۰/۷
میانگین		۱۲/۵	۹/۲۵	۲۰	۸/۲۳	۱۸/۶۶	۱۰/۵
E شرق عباس آباد (اسبچین)	E5	۵	۷	۲۷/۱	۸/۳۴	۱۸/۴۵	۱۰
	E10	۱۰	۷	۲۴/۶	۸/۴۱	۱۸/۴۶	۱۰
	E15	۱۵	۸	۱۷/۳۵	۸/۳۱	۱۸/۸۹	۱۰/۸
	E20	۲۰	۱۰	۱۵/۷۵	۸/۳۲	۱۸/۶۶	۱۰/۷
میانگین		۱۲/۵	۸	۲۱/۲	۸/۳۴	۱۸/۶۱	۱۰/۳۷
میانگین کل		۱۲/۵	۷/۰۵	۲۲/۱۹	۸/۴۱	۱۸/۵۹	۱۰/۴۱

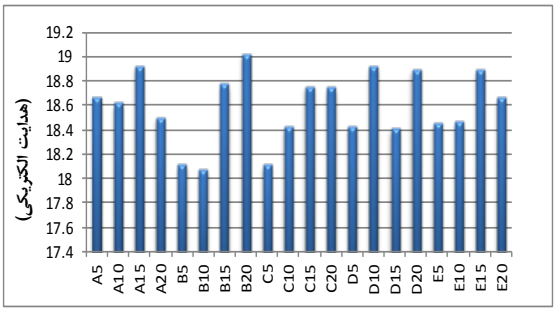
Archive of SID
www.SID.ir



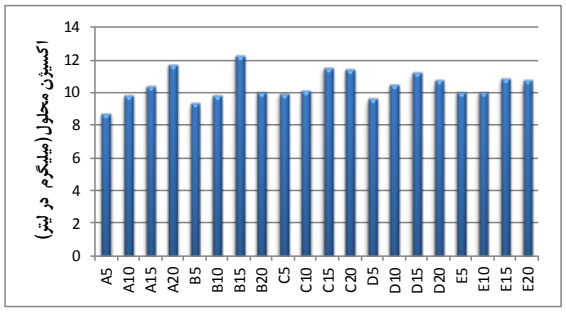
شکل (۳): مقایسه مقادیر درجه حرارت آب مجاور بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل (۵): مقایسه مقادیر اسیدیته آب مجاور بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل (۴): مقایسه مقادیر هدایت الکتریکی آب مجاور بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل (۶): مقایسه مقادیر غلظت اکسیژن محلول آب مجاور بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

۳-۲ - آنالیز دانه‌بندی رسوبات

نتایج دانه‌بندی رسوبات، حاکی از دانه‌بندی ریز بافت رسوبی بستر دریای خزر بود. به‌طور کلی بیش از ۹۰ درصد رسوبات منطقه از جنس رس و سیلت بود که اندازه‌ای کمتر از ۶۳ میکرون را دارند.

جدول (۳): درصد وزنی ذرات رسوب بر حسب قطر ذرات

ناحیه نمونه برداری	عمق	شن			ماسه				رس و سیلت	
		<۴	۴-۲	۲-۱	۱-۰/۵	۰/۵-۰/۲۵	۰/۲۵ - ۰/۱۲۵	۰/۱۲۵-۰/۰۶۳	۰/۰۶۳>	
A	۵	۰	۰	۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۲۰	۹۲/۲۵	۱۲/۶۳	۱۲/۱۰	
غرب نوشهر	۱۰	۰	۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۴۰	۹۲/۳	۶۰/۷۲	۶۸/۲۶	
(رودخانه کورکور سر)	۱۵	۰	۰	۰	۰/۱۲	۰/۰۸	۲۴/۰	۷۶/۱۹	۸۰/۷۹	
	۲۰	۰	۰	۰	۰/۰۴	۰/۱۲	۶۰/۰	۲۸/۹	۹۶/۸۹	
میانگین	۱۲/۵	۰	۰				۹/۸۷		۵۱/۶۴	
B	۵	۰	۰	۰	۰	۰/۰۴	۴/۰	۹۲/۰	۶۴/۹۸	
چالوس	۱۰	۰	۰	۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۵۲/۴	۰۴/۵۹	۲۸/۳۶	
(رودخانه بهارسران)	۱۵	۰	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۳۲	۰/۰۲	۲۴/۲	۹۲/۶۰	۳۶/۳۵	
	۲۰	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۲۴	۶۴/۱۷	۱۲/۲۱	۲۸/۵۹	
میانگین	۱۲/۵	۰/۱۳	۰/۲۳				۸/۴۵		۵۵/۶۴	
C	۵	۰	۰	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۴	۳۲/۲۴	۳۶/۶۶	۸۴/۸	
	۱۰	۰	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۸	۳۶/۴	۱۲/۷۲	۲/۲۳	
نمک آبرود	۱۵	۰/۴۸	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲	۸/۱	۸۴/۵۷	۹۶/۳۸	
	۲۰	۰	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۲	۴۴/۳	۸/۵۶	۸۸/۳۸	
میانگین	۱۲/۵	۰/۱۲	۰/۱۳				۱۴/۴۵		۲۷/۴۷	
D	۵	۰/۲۸	۰	۰۴/۰	۰۴/۰	۵۶/۱	۰۴/۶۰	۰۰/۲۹	۰۴/۹	
سلمان شهر	۱۰	۰	۱۲/۰	۰۴/۰	۰۸/۰	۱۶/۰	۶۸/۳	۷۲/۶۶	۲/۲۹	
(متل قو)	۱۵	۰	۲۰/۰	۳۶/۰	۱۶/۰	۱۲/۰	۳۲/۱	۰۸/۶۱	۷۶/۳۶	
	۲۰	۰/۵۲	۰۸/۰	۰۸/۰	۱۶/۰	۱۲/۰	۸۴/۰	۵۶/۴۰	۶۴/۵۷	
میانگین	۱۲/۵	۰/۲	۰/۱				۱۳/۳۰		۳۳/۱۶	
E	۵	۰	۲۴/۰	۱۲/۰	۰۸/۰	۱۲/۰	۵۶/۲۰	۴۴/۶۸	۴۴/۱۰	
شرق عباس آباد	۱۰	۰	۰۴/۰	۰۴/۰	۰۸/۰	۱۲/۰	۵۲/۳	۲/۷۴	۲۲	
(اسبچین)	۱۵	۰	۰	۰۸/۰	۰۸/۰	۰۴/۰	۲	۶۸/۵۸	۱۲/۳۹	
	۲۰	۰	۳۶/۰	۱۲/۰	۱۶/۰	۲۰/۰	۱۶/۱	۶/۳۶	۴/۶۱	
میانگین	۱۲/۵	۰	۰/۱۶				۱۳/۳۲		۳/۲۴	
میانگین کل	۱۲/۵	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲۲	۹/۱۲	۴۹/۷۵	۴۰/۵۸	

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۳- درصد ماده آلی کل (T.O.M)

درصد مواد آلی کل در ایستگاه‌های نمونه‌برداری متفاوت بود. کمترین مقدار درصد مواد آلی ۵/۴۶ و مربوط به ایستگاه E10 منطقه شرق عباس‌آباد و بیشترین مقدار آن ۱۷/۵۹ درصد بعد از چالوس و در ایستگاه B5 بود. میانگین درصد مواد آلی کل در رسوبات منطقه شرق عباس‌آباد (اسبچین) کمترین و در رسوبات رودخانه بهار سران بیشترین بود. به‌طورکلی در رسوبات منطقه نوشهر تا عباس‌آباد میانگین درصد مواد آلی کل ۹/۲۰ اندازه‌گیری شد.

جدول (۴): درصد ماده آلی کل موجود در رسوبات (T.O.M)

درصد وزنی مواد آلی کل موجود در رسوبات بستر	شماره ایستگاه	ناحیه نمونه برداری
۱۰/۵۳	A5	
۹/۷۴	A10	غرب نوشهر
۱۰/۳۱	A15	(رودخانه کورکورسر)
۱۱/۵۹	A20	
		۱۰/۵۴ = میانگین
۱۷/۵۹	B5	
۹/۲۲	B10	بعد از چالوس
۱۱/۱۰	B15	(رودخانه بهارسران)
۱۰/۸۶	B20	
		۱۲/۱۹ = میانگین
۶/۵۵	C5	
۸/۸۱	C10	
۷/۷۸	C15	نمک آبرود
۱۰/۶۳	C20	
		۸/۴۴ = میانگین
۶/۴۲	D5	
۶/۴۴	D10	سلمان شهر
۹/۵۵	D15	(متل قو)
۸/۴۰	D20	
		۷/۷۰ = میانگین
۶/۱۷	E5	
۵/۴۶	E10	شرق عباس آباد
۸/۲۴	E15	(اسبچین)
۸/۶۵	E20	
		۷/۱۳ = میانگین
۹/۲۰		میانگین کل

۳-۴- آنالیز فلزات سنگین

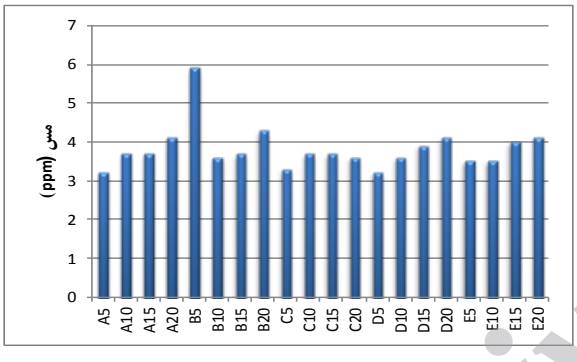
میانگین غلظت فلز مس در هر ۲۰ ایستگاه ۳/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین غلظت فلز کادمیوم ۱/۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و میانگین غلظت فلز سرب ۱۴/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد.

۳-۴-۱- فلز مس

میانگین فلز مس در ایستگاه A، منطقه غرب نوشهر (رودخانه کورکورسر) ۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه B، یعنی رودخانه بهارسران، بعد از چالوس ۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه C، منطقه نمک آبرود ۳/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه D، منطقه سلمان‌شهر (متل قو) ۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه E، منطقه شرق عباس‌آباد (اسبچین) ۳/۷ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد.

جدول (۵): آنالیز فلزات سنگین مس، سرب و کادمیوم

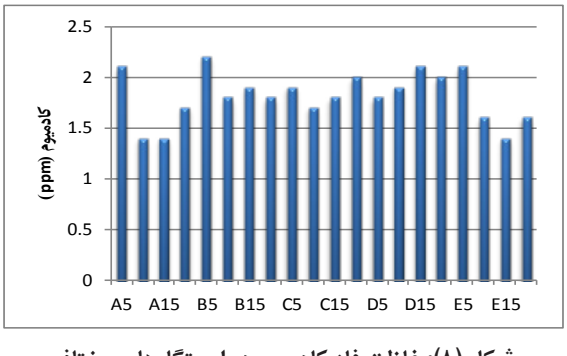
شماره ایستگاه	عمق (متر)	فلز سنگین مس (PPM)	فلز سنگین کادمیوم (PPM)	فلز سنگین سرب (PPM)
A5	۵	۳/۲	۲/۱	۱۴/۳
A10	۱۰	۳/۷	۱/۴	۱۳/۸
A15	۱۵	۳/۷	۱/۴	۱۵/۹
A20	۲۰	۴/۱	۱/۷	۱۳/۵
B5	۵	۵/۹	۲/۲	۱۸
B10	۱۰	۳/۶	۱/۸	۱۳/۸
B15	۱۵	۳/۷	۱/۹	۱۴/۶
B20	۲۰	۴/۳	۱/۸	۱۷/۷
C5	۵	۳/۳	۱/۹	۱۴/۹
C10	۱۰	۳/۷	۱/۷	۱۲/۹
C15	۱۵	۳/۷	۱/۸	۱۵
C20	۲۰	۳/۶	۲	۱۲/۸
D5	۵	۳/۲	۱/۸	۱۳
D10	۱۰	۳/۶	۱/۹	۱۴/۷
D15	۱۵	۳/۹	۲/۱	۱۵
D20	۲۰	۴/۱	۲	۱۵/۵
E5	۵	۳/۵	۲/۱	۱۳/۲
E10	۱۰	۳/۵	۱/۶	۱۳/۷
E15	۱۵	۴	۱/۴	۱۳/۴
E20	۲۰	۴/۱	۱/۶	۱۴/۱
میانگین		۳/۸۲	۱/۸۱	۱۴/۴۹



شکل (۷): غلظت فلز مس در ایستگاه‌های مختلف

۳-۴-۲- فلز کادمیوم

میانگین فلز کادمیوم در ایستگاه A، منطقه غرب نوشهر (رودخانه کورکورسر) ۱/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه B، یعنی رودخانه بهارسران، بعد از چالوس ۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه C، منطقه نمک‌آبرود ۱/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه D، منطقه سلمان‌شهر (متل قو) ۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه E، منطقه شرق عباس‌آباد (اسبچین) ۱/۶ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد.

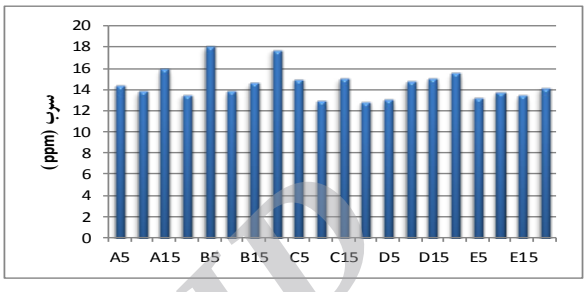


شکل (۸): غلظت فلز کادمیوم در ایستگاه‌های مختلف

Archive of SID
www.SID.ir

۳-۴-۳- فلز سرب

میانگین فلز سرب در ایستگاه A، منطقه غرب نوشهر (رودخانه کورکورسر) ۱۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه B، یعنی رودخانه بهارسران، بعد از چالوس ۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه C، منطقه نمک‌آبرود ۱۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه D، منطقه سلمان‌شهر (متل قو) ۱۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، در ایستگاه E، منطقه شرق عباس‌آباد (اسبچین) ۱۳/۶ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد.



شکل (۹): غلظت فلز سرب در ایستگاه‌های مختلف

۳-۵- مقایسه فلزات سنگین محدوده نمونه‌برداری با استاندارد جهانی

نتایج حاصل از مقایسه فلزات مس، کادمیوم و سرب در محدوده مورد بررسی با برخی از استانداردهای کیفیت[1] در جهان از جمله استاندارد کیفیت رسوب آمریکا (NOAA[2]) و استاندارد کیفیت رسوب کانادا (ISQGs[3]) در جدول ۴-۱۰ ارائه شده است. در کیفیت رسوب آمریکا دو سطح خطر برای آلودگی فلزات در رسوبات بیان شده است که به صورت ERL[4] (حدی که کمتر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطرند) و ERM[5] (حدی که کمتر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطرند)، ارائه شده است. در استاندارد کیفیت رسوب کانادا نیز یک سطح خطر برای آلودگی فلزات در رسوبات مطرح شده که به صورت PEL[6] (سطوحی که باعث اثرات زیان‌آور می شود) ارایه شده است. مقایسه میزان فلزات سنگین مس، سرب و کادمیوم در ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استانداردهای کیفیت رسوب نشان داد که غلظت فلزات مذکور در رسوبات منطقه کمتر از استانداردهای بین‌المللی بوده و تهدید خاصی برای موجودات زنده ایجاد نمی‌کند.

جدول (۶): مقایسه مقادیر فلزات موجود در رسوبات منطقه نوشهر تا عباس‌آباد با مقادیر استاندارد کیفیت رسوب آمریکا و محیط زیست کانادا (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

فلزات سنگین	کیفیت رسوب آمریکا NOAA (Long et al., 1995)		استاندارد محیط زیست کانادا ISQGs (CCME, 1999)	رسوب نوشهر تا عباس‌آباد
	ERM	ERL	PEL	
Cu	۲۷۰	۳۴	۵/۲	۳/۸۲
Cd	۹/۶	۱/۶۰	۴/۲۰	۱/۸۱
Pb	۲۱۸	۴۶/۷	۱۱۲	۱۴/۴۹

1. Sediment Quality Guide Lines
2. National Oceanic of and Atmospheric Administration
3. Canadian interim marine sediment quality
4. Effect Range Low
5. Effect Range Medium
6. Probable effects level

۴- نتیجه‌گیری

آنالیز رسوبات، نقش مهمی در ارزیابی شرایط آلودگی محیط‌های دریایی دارد (Pekey, 2006). امروزه آلودگی رسوبات به عنوان یکی از وخیم‌ترین مشکلات اکوسیستم‌های مصبی مطرح شده است، همچنین شرایط فیزیکی در این محیط‌ها، ارزیابی اثرات انسانی را بر منابع آبی مصب‌ها پیچیده می‌سازد (Dhaz and Rosenberg, 1996). به علت قدرت تجمع فلزات در رسوبات میزان فلزات سنگین در رسوبات بیشتر از آب می‌باشد، همچنین میزان زیادی از فلزاتی که جذب سطحی رسوبات شده‌اند در اثر رسوب‌گذاری شدید ته نشین می‌شوند (Clark, 1992).

با بررسی نتایج حاصل از این مطالعه، اختلاف زیادی از نظر تراکم فلزات سنگین در میان ایستگاه‌های مختلف مشاهده شد. وجود این اختلافات می‌تواند در اثر مجاورت با بنادر و اسکله‌ها، نرخ رسوب‌گذاری، ریزش مواد مختلف به دریا و فراوانی تردد کشتی‌ها و صنایع مختلف به وجود آید. رسوبات منطقه، دانه‌ریز و بیشتر از جنس رس و سیلت بودند. رسوبات دانه‌ریز با توجه به زیاد بودن نسبت سطح به حجم و قطر کمتر از ۶۳ میکرون، پتانسیل بیشتری برای جذب آلاینده‌های آلی و غیرآلی و از جمله فلزات سنگین را دارند، لذا رسوبات بسترهای نرم و گلی، آلاینده‌های بیشتری را نسبت به بسترهای شنی- ماسه‌ای در خود نگه می‌دارند (Brayan and Langston, 1992). توالی غلظت فلزات سنگین در رسوب ایستگاه‌های مختلف به صورت Cd< Cu< Pb به‌دست آمد. غلظت فلز مس، کادمیوم و به خصوص سرب در ایستگاه B، یعنی روخانه بهار سران (بعد از چالوس)، بیشتر از ایستگاه‌های دیگر بود. دلایل مختلفی را می‌توان برای این امر ذکر کرد. در ایستگاه B نمونه‌برداری در مصب رودخانه انجام شد و در زمان نمونه‌برداری آب کاملاً کدر و گل‌آلود بود. بنابراین با توجه به نرخ رسوب‌گذاری بالا و ریزش مواد مختلف به دریا فلزات بیشتری به دام ذرات رسوب افتاده و ته‌نشین شدند. ازطرفی فاضلاب‌های شهری و صنعتی نیز در بالا بودن غلظت فلزات سنگین در این ایستگاه نقش داشتند.

ایستگاه A غرب نوشهر سرب غلظت بالایی را نشان داد. مجتمع بندری، اسکله، تجمع و تردد کشتی و شناورها می‌تواند دلیلی برای افزایش سرب در این ایستگاه باشد. سرب به عنوان عامل ضد ضربه در سوخت‌هایی مانند بنزین و گازوییل استفاده می‌شود (Thompson, 2005). سوخت مصرفی در این شناورها، همچنین رنگ‌هایی که در بدنه این شناورها استفاده می‌شود می‌تواند حاوی سرب باشد. شستشوی شناورها نیز می‌تواند در افزایش سرب در این منطقه نقش داشته باشد. افزایش مواد غذایی به همراه افزایش دما و افزایش جزیی pH باعث رشد و شکوفایی فیتوپلانکتون‌ها شده و میزان مواد آلی افزایش می‌یابد (Lee et al., 2008). فلزات به ذرات معلق موجود در ستون آب متصل شده و از طریق جذب سطحی و یا بلع توسط موجودات جذب می‌شوند (Martin et al., 1981). بقایای بدن موجودات پس از مرگ تجزیه می‌شود و باعث افزایش غلظت فلزات در رسوبات می‌گردد. بنابراین عملیات تخلیه و بارگیری مواد غذایی به صورت فله در این بندر نیز می‌تواند در بالا بودن غلظت فلزات سنگین در این ناحیه نقش داشته باشد. به‌طورکلی در منطقه مورد بررسی در تمام ایستگاه‌ها غلظت هرسه فلز بالاتر از استانداردهای جهانی بود و این امر نشان می‌دهد که منطقه، آلوده به فلزات مس، سرب

Archive of SID
www.SID.ir

و کادمیوم است.

با توجه به نتایجی که به دست آمد پیشنهادهای زیر ارایه می‌شود: (۱) اندازه‌گیری و پایش سایر فلزات سنگین در ساحل جنوبی دریای خزر، (۲) بررسی و تعیین منابع طبیعی ورود فلزات سنگین در منطقه دریای خزر، (۳) تعیین، اجرا و رعایت قوانین و مقررات در زمینه حفاظت از محیط زیست دریایی به منظور جلوگیری از وارد شدن آلودگی‌های ناشی از صنایع، کارخانجات و حمل و نقل دریایی و (۴) انجام پژوهش‌های دوره ای در فصول مختلف و بررسی تغییرات غلظت فلزات سنگین.

مراجع

۱. اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده ها، بهداشت و محیط زیست. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

۲. دبیری، م.، ۱۳۸۵. آلودگی محیط زیست (آب- خاک- هوا- صوت). نشر اتحاد، چاپ چهارم، ۳۹۹ص.

۳. سبز علیزاده، س. ۱۳۸۷. بررسی میزان فلزات سنگین (Cd، Zn، Co، Ni، Hg، Cu، Pb) و تعیین آلودگی آن ها در رسوبات منطقه لیفه- بوسیف. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۱۹ص.

۴. معتمد، ا.، ۱۳۶۸. رسوب شناسی ۱ روش های مطالعه، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۹ص.

۵. موسوی حرمی، ر.، ۱۳۷۷. رسوب شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۷۴ص.

6. American Society for Testing and Materials (ASTM)., 1991. Standard Guide for Collection, Storage, Characterization and Manipulatin of Sediment for toxicological testing. Philadelphia, 1391- 90.

7. Aksu, A.E., Ysar, D., and uslu, o., 1997. Assessment of Marine Pollution in Izmir Bay: Heavy Metal and Organic Componund Concentratione in Surfical Sediment. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science 22, 387- 415.

8. Australia Environment Protection Authority (PA)., 1997. Sediment quality monitoring of the port River Estuary, Water Monitoring Report, Report No 1.

9. Basile, A., Sorbo, S., aprile, G., Conte, B., Castaldo Cobianchi, R., Pisani, T. and Loppi, S., 2009. Heavy metal deposition in the Italian ''triangle of death'' determined With the moss Scorpium Circinatum. Environmental Pollution 157, 2255- 2260.

10. Blackmore, G., 2001. Interspecific Variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates. Environmental Pollution 114, 303- 311.

11. Bowen, H.J.M., 1979. Environmental Chemistry of the Element. Academic Press. London. 217p.

12. Clarck, R.B., 1992. Marine Pollution. Third Edition. Clarendon Press. Oxford. 172P.

Archive of SID

www.SID.ir