Archive of SID

مطالعه تجمع زیستی فلزات سنگین سرب، مس، جیوه و کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی (*Cynoglossus arel*)، جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum illicifolium*) و رسوبات سطحی سواحل شمالی دریای عمان

- **علی مهدی‌آبکنار**: گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
- **مازیار یحیوی***: گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
- **امیرهوشنگ بحری**: گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
- **حجت‌الله جعفریان**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گلستان، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۷

چکیده

در مطالعه حاضر غلظت فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی، جلبک قهوه‌ای سارگاسوم و رسوبات سواحل شمالی دریای عمان در ۵ ایستگاه نمونه‌برداری بندر جاسک (استان هرمزگان)، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر در (استان سیستان و بلوچستان) اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفت. بدین منظور در فصل بهار سال ۱۳۹۶ نمونه‌برداری از هر ایستگاه به‌طور تصادفی انجام شد. نمونه‌ها با استفاده از روش MOOPAM هضم شده و غلظت فلزات سنگین موردنظر توسط دستگاه جذب اتمی (AAS) موردسنجش قرار گرفت. میانگین غلظت فلزات سرب، مس، کادمیوم و جیوه در رسوبات ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌ترتیب معادل ۱/۳۱، ۲۰/۹۹، ۰/۵۲ و ۰/۲۶ ppm، در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی معادل ۰/۲۳، ۲/۷۷، ۰/۱۴ و ۰/۲۳ ppm و در نمونه جلبک قهوه‌ای سارگاسوم معادل ۰/۱۰، ۰/۹۰، ۰/۰۹ و ۰/۰۹ ppm به‌دست آمد ($p<0/05$). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده بالاترین غلظت فلزات سرب (۲/۱۸)، مس (۳۶/۷)، کادمیوم (۱/۴۷) و جیوه (۰/۸۶) در رسوبات ایستگاه خلیج چابهار و بالاترین غلظت فلزات سرب (۰/۵۱)، مس (۶/۱) و کادمیوم (۰/۳۶) در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی در ایستگاه بندر جاسک و بالاترین غلظت جیوه (۰/۵۷) در ایستگاه خلیج چابهار ثبت شد. هم‌چنین بالاترین غلظت سرب (۰/۲۳)، کادمیوم (۰/۳۱) و جیوه (۰/۲۰) در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم نیز در ایستگاه بندر جاسک و بالاترین غلظت فلز مس (۲/۱) در خلیج چابهار مشاهده شد. کم‌ترین غلظت این فلزات نیز برای هر سه نمونه در ایستگاه صیدگاه درک ثبت شد. درمجموع نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت فلزات مورد مطالعه در این تحقیق در دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار بالاتر از سایر نقاط بود. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده درخصوص میانگین غلظت این فلزات در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم با مقادیر استانداردهای جهانی WHO, FDA, NHMRC و مقادیر ارائه‌شده توسط موسسه استاندارد ملی ایران و هم‌چنین نتایج به‌دست آمده درخصوص میانگین غلظت این فلزات در رسوبات مناطق تحت بررسی با استانداردهای جهانی NOAA، CCME و USEPA نشان داد که سطح غلظت این فلزات سنگین (به‌جز غلظت فلز مس که از سطح LAL بالاتر بود) از حد استانداردهای اشاره‌شده در سطح پایین‌تری قرار داشت.

کلمات کلیدی: دریای عمان، فلزات سنگین، ایران

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: maziar_yahyavi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استفاده از رسوبات برای پایش فلزات سنگین در محیط دریا ارائه دهنده نتایج سودمندی درخصوص پراکنش این آلاینده‌ها در محیط دریاست (Sinem Atgin و همکاران، ۲۰۰۰؛ Ergin و همکاران، ۱۹۹۱). رسوبات طی سالیان مختلف و باگذشت زمان روی‌هم انباشته می‌شوند و درنهایت می‌توانند به‌منزله تثبیت‌کننده میزان آلودگی‌ها درنظر گرفته شوند. ترکیبات آلوده‌کننده پس از ورود به منبع آبی به‌تدریج در بستر آن به‌صورت‌های مختلف رسوب و تجمع می‌کنند و درصورتی‌که مقدار آلودگی رسوبات از مقادیر خاصی تجاوز کند، باعث بر هم خوردن تعادل اکوسیستم و زوال آن می‌شود. بررسی مقدار تجمع فلزات در رسوبات امکان نظارت پیوسته بر آلودگی در یک منطقه را میسر می‌کند که از تجزیه و مطالعه آن‌ها می‌توان به سهولت مقدار و نوع آلودگی را تشخیص دادو تصمیمات مقتضی را برای کنترل آن اتخاذ کرد (Förstner و Wittmann، ۱۹۸۱). در ارزیابی شرایط آلودگی محیط‌های دریایی، آنالیز رسوبات نقش مهمی را ایفا می‌نماید. امروزه آلودگی رسوبات به‌عنوان یکی از وخیم‌ترین مشکلات بوم سامانه‌های مصبی مطرح شده است. در سراسر جهان، آلودگی فلزات سنگین در رسوبات در نزدیکی بندرهای صنعتی و شهری گزارش گردیده است (Caplat و همکاران، ۲۰۰۵؛ Long و همکاران، ۲۰۰۰). ازجمله این مطالعات می‌توان به بررسی به‌منظور بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، وانادیوم و روی در ذرات امولسیون،رسوب،تولیدکنندگان اولیه،نرم‌تنان،سخت‌پوستان‌و ماهیان مختلف در تالابی در سواحل ایالت تاباسکو اشاره کرد که نتایج به‌دست آمده حاکی از ثبت بالاترین غلظت‌های‌نیکل‌و کروم درفیتوپلانکتون‌ها و رسوبات و بالاترین غلظت وانادیوم در اپی‌فیت‌ها بود. براساس گزارش این محققین هم‌چنین غلظت فلزات نیکل و کروم در رسوبات خیلی بیش‌تر از مقادیر استاندارد جهانی و مقدار کادمیوم تقریباً برابر مقادیر استاندارد جهانی بود (Mendoza-Carranza و همکاران ۲۰۱۶). Abdelrahim و همکاران (۲۰۱۱) نیز با بررسی غلظت فلزات سنگین مس، سرب، روی، آرسنیک، جیوه و کادمیوم در دو منطقه مختلف از سواحل شهر جده (دریای سرخ) و بافت عضله گونه‌های مختلف ماهیان در منطقه گزارش دادند که غلظت عناصر تحت بررسی در رسوبات در مقایسه با بافت عضله ماهیان بالاتر بوده و سطح این فلزات در مقایسه با استانداردهای جهانی در سطح پایین‌تری قرار داشتند. از طرفی، فلزات سنگین به‌واسطه داشتن نیمه‌عمر زیستی طولانی برای ارگانیسم‌های آبزی نیز خطری جدی محسوب می‌شوند. ارگانیسم‌ها از نظر توانایی تنظیم فلزات وارد شده به بدن متفاوت هستند. اکثر آن‌ها فقط در محدوده خاصی می‌توانند فعالیت کنند و فلزات دفع نشده در بدن آن‌ها باقی‌مانده و به‌طور مداوم طی دوره‌های مختلف زندگی، به‌میزان آن‌ها افزوده می‌گردد (Karbassi و همکاران، ۲۰۱۳؛ Yang و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طوری‌که مطالعات توکسیکولوژیکی مرتبط با این موضوع نیز نشان می‌دهد کـه تخلیه فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی موجب کاهشِ تنوع زیستی، رشد و میزان هم‌آوری در آبزیان می‌گردد و درخصوص آبزیان خوراکی، علاوه بر موارد ذکرشده موجب‌بروزمخاطراتی برای‌مصرف‌کنندگان آن‌ها نیز می‌گردد (Golovanova، ۲۰۰۸). در این بین گونه‌های بنتیک و اپی‌بنتیک به‌شدت در معرض آلاینده‌های موجود در رسوبات و نیز آلاینده‌های محلول در آب می‌باشند (Geffard و همکاران، ۲۰۰۷). در همین ارتباط، Olusola و Festus (۲۰۱۵) در مطالعه خود با بررسی غلظت برخی فلزات سنگین (کروم، کادمیوم، سرب، مس، روی و نیکل) در بافت‌های مختلف (آبشش، کلیه، استخوان، عضله و چشم) برخی از گونه‌های ماهیان دریایی در مناطق ساحلی ایالت Ondo، در کشور نیجریه، سطوح اندازه‌گیری شده این فلزات را بالاتر از مقادیر ارائه شده توسط استانداردهای جهانی گزارش دادند و مصرف گونه‌های تحت بررسی را به‌عنوان یک منبع غذایی برای سلامت مصرف‌کنندگان آسیب‌زا معرفی کردند. هم‌چنین Gu و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی غلظت‌فلزات مختلف در ۲۹ گونه از ماهیان غیرپرورشی(Wild fishes) صیده شده از جنوب کشور چین غلظت آهن را در همه ماهیان و غلظت منگنز در برخی از گونه‌های تحت بررسی بالاتر از حد قابل‌قبول روزانه معرفی کردند. به‌طوری‌که با ارزیابی ریسک سلامت در انسان مشخص شد که اثرات معنی‌داری بین سلامت انسان و مصرف این‌گونه از آبزیان وجود داشت و این محققین مصرف این‌گونه از ماهیان را توسط انسان خطرناک دانستند.

دریای مکران (عمان) با شکل مثلثی بین کشورهای ایران، عمان و پاکستان قرار دارد. حداکثر طول آن از شمال‌غرب تا جنوب‌شرق ۹۵۰ کیلومتر و حداکثر پهنای آن از شمال‌شرق به جنوب‌غرب حدود ۳۴۰ کیلومتر(موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۱۳۹۴) و دومین پیکره دریایی ایران در جنوب کشور محسوب می‌گردد که با مساحتی حدود ۹۰۰ هزار کیلومترمربع (از تنگه هرمز تا غرب شبه قاره هند به انضمام قسمت پاکستانی دریا) حدوداً ۳/۷ برابر خلیج‌فارس می‌باشد. این دریا با طول ۶۱۰ کیلومتر از شرق به غرب (شرقی ' ۲۵ و ° ۶۱ تا ' ۳۰ و °۵۶) کشیده شده و عمق آن حداکثر به ۳۳۹۸ متر می‌رسد. خط گسترده سواحل جنوب‌شرقی ایران در دریای عمان از حدود عرض جغرافیایی ۲۷ درجه شمالی در تنگه هرمز شروع و تا حدود عرض ۲۵ درجه و ۱۰ دقیقه در گواتر می‌باشد و در مجاورت دو استان جنوبی هرمزگان و سیستان و بلوچستان واقع‌شده است (Chesalin وZuyer، ۲۰۰۲). این دریا از طرف غرب به‌وسیله تنگه هرمز با حدود

www.SID.ir

Archive of SID

عمق ۵۰ متر به خلیج‌فارس و از طرف شرق به دریای عرب و در شمال با اقیانوس هند ارتباط داشته و حاشیه شمالی آن از سرتاسر تنگه هرمز تا سواحل پاکستان دارای فلات قاره بسیار کم‌عرضی است که پهنای متوسط آن به حدود ۲۰ کیلومتر بالغ می‌شود (Sheppard، ۲۰۰۱). برخلاف خلیج‌فارس که پیکره دریایی نیمه بسته را تشکیل می‌دهد، دریای عمان به‌صورت یک دریای باز به آب‌های آزاد اقیانوسی متصل بوده و آب آن به‌جز در مناطق ساحلی، کم‌وبیش دارای خواص آب‌های اقیانوسی است. نزدیکی دریای عمان به مدار رأس‌السرطان (عرض جغرافیایی ۲۰ درجه شمالی) و اندکی پایین‌تر با خط استوا باعث گردیده که اقلیم این منطقه جزء آب‌وهوای گرمسیری محسوب شود (Groger و همکاران، ۲۰۰۱). روند رو به رشد فعالیت‌های مختلف در سواحل شمالی دریای عمان باعث شده که سواحل چابهار در معرض آلودگی‌های مختلف قرار بگیرد که از مهم‌ترین منابع آلودگی می‌توان به دفع و تخلیه فضولات کشتی‌ها، تخلیه آب لجن و مواد نفتی از شناورهای کوچک و بزرگ، فاضلاب ناشی از صنایع مستقر در منطقه و پساب‌های کشاورزی، تبادل آلودگی‌ها از طریق جریان‌های دریایی خلیج‌فارس و دریای عمان و کشیده شدن آن‌ها به سطح منطقه و آلودگی ناشی از لایروبی و دفع فضولات ناشی از آن اشاره کرد (امینی رنجبر و میرکی،۱۳۸۵). ازطرفی کاهش اثرات خطرناک فلزات سنگین بر روی اکوسیستم، صنعت آبزی‌پروری و نیز انسان که از آبزیان تغذیه می‌کند، با پایش، بررسی منظم و ارزیابی این آلاینده‌های معدنی در آب‌های ساحلی، خورها، خلیج‌ها، رسوبات کف و بافت‌های بدن آبزیان امکان‌پذیر می‌باشد(Paez-Osuna و Ruiz-Fernandez، ۱۹۹۵). بنابراین به‌دلیل ورود آلاینده‌ها از منابع مختلف به این سواحل لازم است بررسی‌های کافی جهت مشخص کردن انواع آلودگی‌ها و میزان این آلاینده‌ها به‌خصوص فلزات سنگین در منطقه صورت گیرد. تا به امروز مطالعات مختلفی بر روی رسوبات و گونه‌های مختلف آبزیان در این منطقه انجام شده است که ازجمله آن‌ها می‌توان به مطالعه بزی (۱۳۹۴) با بررسی غلظت فلزات سنگین کادمیوم، مس، سرب، روی، نیکل، کروم، آهن و منیزیوم در رسوبات سطحی خلیج چابهار و در بین ایستگاه‌های مختلف، ایستگاه‌های نزدیک و مرتبط با بنادر ماهیگیری غلظت بالاتری از این فلزات را نشان دادند. هم‌چنین غلظت این فلزات در ایستگاه‌های تحت بررسی نیز پایین‌تر از حدود استانداردهای تعیین شده برای رسوبات بود. هم‌چنین عین‌الهی‌پیر و همکاران (۱۳۸۹) نیز با هدف آگاهی از سطوح ناپاکی فلزات سنگین (مس، سرب‌ونیکل)در رسوب و بافت‌های سخت و نرم دوکفه‌ای *Saccostrea cucullata* در سواحل چابهار گزارش دادند که غلظت فلزات سرب و نیکل در رسوب و بافت سخت دوکفه‌ای به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از بافت نرم بوده و فلز مس در بافت نرم صدف غلظت بالاتری داشت و مقایسه غلظت‌های به‌دست‌آمده با استانداردهای جهانی نشان داد که غلظت این فلزات نمی‌تواند برای حیات آبزیان خطرساز باشد. در مطالعه‌ای دیگر دادور و همکاران (۱۳۹۲) نیز با بررسی غلظت فلزات جیوه، نیکل، کروم، کبالت، سرب و کادمیوم در بافت عضله خرچنگ‌روح(*Ocypode saratan*) در پنج ایستگاه از سواحل جذر و مدی چابهار میزان جیوه و نیکل را در بافت عضله این گونه در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت (WHO) بالاتر و میزان سرب و کادمیوم در مقایسه با استاندارد سازمان خواربار جهانی (FAO)، وزارت کشاورزی شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی (NHMRC) و مدیریت غذا و داروی آمریکا ((USFDA) کم‌تر گزارش دادند. با توجه به موارد ذکرشده و اهمیت سنجش غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های مختلف زیستی از قبیل رسوبات و گونه‌های مختلف آبزی و هم‌چنین توجه به این نکته که بیش‌تر مطالعات انجام شده درخصوص بررسی غلظت فلزات سنگین در سواحل شمالی دریای عمان معطوف به بررسی‌های منطقه‌ای به‌خصوص در منطقه چابهار بوده و کم‌تر به بررسی غلظت فلزات سنگین در طول سواحل شمالی دریای عمان و در مناطق مختلف پرداخته‌شده،لذا مطالعه‌حاضر با هدف بررسی غلظت چهار فلز سنگین سرب، مس، جیوه و کادمیوم در مناطق نوزادگاهی سواحل شمالی دریایی عمان در پنج منطقه مختلف به‌ترتیب از غرب به شرق این سواحل شامل بندر جاسک در استان هرمزگان و صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌عنوان شرقی‌ترین نقطه این سواحل در استان سیستان و بلوچستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: جهت انجام نمونه‌برداری از پنج ایستگاه نمونه‌برداری در سواحل شمالی دریای عمان در محدوده استان هرمزگان (بندر جاسک) و استان سیستان و بلوچستان شامل صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر در بهار سال ۱۳۹۶، با استفاده از یک فروند قایق صیادی رسوبات سطحی از ۱۰ نقطه بافاصله از هر ایستگاه طی سه مرحله توسط عملیات غواصی تهیه شد. قبل از نمونه‌برداری، ظروف پلی‌اتیلنی حمل رسوب، نمونه‌بردار گرب و ظروف محل نگه‌داری رسوبات با استفاده از اسید نیتریک ۵٪ و آب دو بار تقطیر کاملاً شستشو داده شد (MOOPAM، ۱۹۹۹). صید ماهیان با کمک صیادان محلی و با استفاده از تور گوشگیر صورت گرفت. برای تهیه نمونه‌های جلبک در سواحل صخره‌ای توسط چاقوی پلاستیکی و دست به‌صورت تصادفی انجام شد. تعداد ۱۰ نمونه ماهی کفشک زبان گاوی با نام علمی *Cynoglossus arel* و تعداد ۱۰ نمونه جلبک قهوه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

سارگاسوم با نام علمی *Sargassum illicifolium* از هر ایستگاه تهیه و پس از قرار دادن در پلاستیک‌های زیپ کیپ و درون ظروف محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند (Delman و همکاران، ۲۰۰۶). در آزمایشگاه، نمونه‌ها پس از شستشو با آب لوله‌کشی و سپس آب مقطر در ابتدا نسبت به کالبدشکافی و نمونه‌برداری از بافت عضله (بدون پوست) توسط تیغه استیل استریل شده برای هر ماهی از بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) اقدام شد. نمونه‌های بافت جلبک نیز پس از دو تا سه بار شستن نمونه‌ها توسط آب مقطر توسط چاقوی پلاستیکی شسته شده با اسید جداسازی شدند. در مرحله بعد قسمتی از نمونه‌های بافت عضله ماهی و بافت جلبک به‌همراه نمونه‌های رسوب به‌مدت ۴۸ ساعت (تا زمان ثابت شدن وزنشان) در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (Ugolini و همکاران، ۲۰۰۴).

پس از خشک شدن، مقدار ۰/۵ گرم از هر نمونه بافت عضله ماهی و بافت جلبک را با دقت ۰/۰۰۱ گرم به‌وسیله ترازوی دیجیتال وزن کرده و پس از پودر شدن درون هاون با اسید نیتریک غلیظ هضم شدند. رسوبات نیز پس از خشک شدن و پودر شدن درون هاون و ضمن عبور از الک ۶۳ میکرونی مقدار ۰/۲ گرم از هر نمونه وزن شده پس از انتقال به‌درون ظروف شیشه‌ای مقدار ۱ میلی‌لیتر مخلوط اسید کلریدریک و اسیدنیتریک (نسبت ۳ به ۱) و ۶ میلی‌لیتر اسید هیدروفولیک اضافه و به‌مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. سپس در ظروف بسته و بر روی دستگاه هات‌پلیت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت و در نهایت در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت قرار گرفت. پس از اتمام زمان هضم و سرد شدن، نمونه‌ها به بالن حجمی ۵۰ سی‌سی که از قبل ۱ گرم اسید بوریک به آن اضافه‌شده بود انتقال یافتند و حجم نهایی آن‌ها از طریق اضافه کردن آب مقطر دو بار تقطیر و عبور از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس عصاره نمونه‌ها برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی (AAS=Atomic Absorption Spectrophotometry) مدل مارک varian مدل Fs240 در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس مورد آنالیز قرار گرفتند. جهت سنجش جیوه نیز ابتدا مقدار ۰/۱۵ گرم از هر نمونه بافت عضله ماهی و جلبک و مقدار ۰/۲ گرم نمونه رسوب خشک و یکنواخت شده از هر نمونه به‌همراه ۴ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ و ۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ درون لوله‌های آزمایش مخلوط گردید و پس از بستن درب لوله‌ها با فویل آلومینیومی، نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند، سپس به مدت ۳ ساعت در دمای ۹۰°C هضم گردیدند، بعد از سرد شدن کامل نمونه‌ها، ۱ میلی‌لیتر محلول دی کرومات پتاسیم($K_2Cr_2O_7$) به آن‌ها افزوده شد و پس از رقیق و صاف کردن در پایان میزان جیوه موجود در آن‌ها توسط دستگاه جذب اتمی بدون شعله (Cold Vapor Atomic Absorption Spectrophotometry =CVAAS) مدل UNICAM919 با روش بخار سرد اندازه‌گیری شد (MOOPAM، ۱۹۹۹). کلیه مراحل نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های تحت بررسی در این تحقیق با استفاده از روش‌های استاندارد بین‌المللی برگرفته از مرجع جهانی استاندارد روش APHA (۲۰۰۵) صورت گرفت.

شکل۱: نقشه منطقه موردمطالعه و موقعیت ایستگاه‌ها در منطقه

جدول۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های موردمطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بندر جاسک	۵۷° ۷۷ ۹۵˝	۲۵° ۶۵ ۷۷ ˝
صیدگاه درک	۵۹° ۴۷´ ۱۸˝	۲۵° ۴۷ ۵۵˝
بندر پزم	۶۰° ۳۱ ۱۲ ˝	۲۵° ۳۵ ۴۲ ˝
خلیج چابهار	۶۰° ۴۹ ۵۹˝	۲۵° ۳۰ ۱۹˝
بندر گواتر	۶۱° ۵۲ ۱۲ ˝	۲۵° ۱۸ ۳۵˝

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از ارزیابی غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های مختلف به‌دست آمده در ایستگاه‌های مختلف پس از تائید نرمال بودن داده از طریق انجام آزمون Kolmogorov- Smirnov از طریق مسیر تحلیلی آزمون واریانس یک‌طرفه و جهت مقایسه میانگین غلظت این فلزات در ایستگاه‌های مختلف و تعیین معنی‌داری نتایج از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS(v:17) انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار آماری Microsoft Excel (۲۰۱۳) استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی میزان تجمع فلزات مس (Cu)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و جیوه (Hg) در رسوبات ۵ ایستگاه تحت بررسی

www.SID.ir

Archive of SID

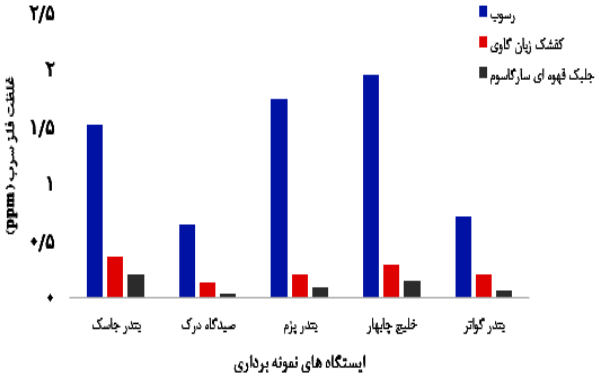
در جدول ۲ و در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در جدول۳ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده میانگین غلظت فلز سرب در رسوب ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌ترتیب معادل ۱/۵۱، ۰/۶۴، ۱/۷۳، ۱/۹۴، ۰/۷۱ ppm به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری در میزان غلظت این فلز بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده شد (p<۰/۰۵). به‌طوری‌که بیش‌ترین غلظت این فلز در ایستگاه خلیج چابهار و کم‌ترین غلظت آن نیز در ایستگاه صیدگاه درک اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است بین دو ایستگاه صیدگاه درک و بندر گواتر اختلاف‌معنی‌داری درخصوص غلظت فلز مس مشاهده نشد (جدول۲). میانگین غلظت فلز مس در رسوبات مناطق تحت بررسی نیز به‌ترتیب برای ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر معادل ۲۴/۱۶، ۱۷/۴۶، ۱۸/۶۷، ۲۴/۵۴ و ۲۰/۱۲ ppm اندازه‌گیری‌شد.مقایسات‌آماری‌نشان‌داد‌که غلظت این فلز ایستگاه‌های بندر جاسک و خلیج چابهار به شکل معنی‌داری بالاتر از سه ایستگاه دیگر بود (p<۰/۰۵). بیش‌ترین میانگین غلظت این فلز در ایستگاه خلیج چابهار و کم‌ترین میانگین غلظت آن در ایستگاه صیدگاه درک ثبت شد. هم‌چنین براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد میانگین غلظت فلز مس در دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار و همین‌طور بین سه ایستگاه صیدگاه درک، بندر پزم و بندر گواتر فاقد هرگونه اختلاف معنی‌دار بود (p>۰/۰۵). میانگین غلظت فلز کادمیوم در رسوبات ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌ترتیب معادل ۰/۶۳، ۰/۱۶، ۰/۵۷، ۰/۹۰ و ۰/۳۶ ppm به‌دست آمد.

جدول ۲: غلظت فلزات سنگین تحت بررسی در رسوبات ایستگاه‌های مختلف (غلظت برحسب ppm)

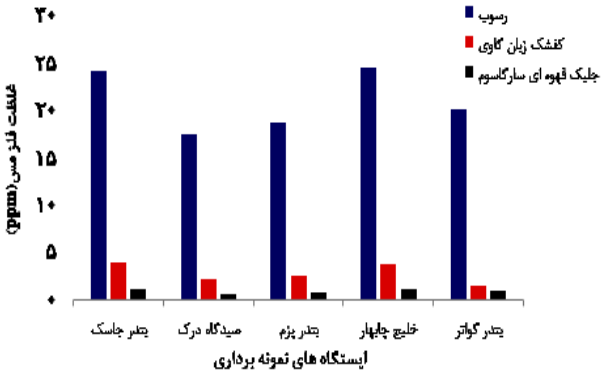
ایستگاه	فلز	سرب	مس	کادمیوم	جیوه
بندر جاسک		۱/۰±۵۱/۳۰c	۲۴/۳±۱۶/۸۶a	۰/۰±۶۳/۲۹b	۰/۰±۳۳/۱۵ab
صیدگاه درک		۰/۰±۶۴/۲۰d	۱۷/۲±۴۶/۰۲b	۰/۰±۱۶/۰۷d	۰/۰±۱۵/۰۵c
بندر پزم		۱/۰±۷۳/۲۰b	۱۸/۱±۶۷/۳۳b	۰/۰±۵۷/۱۹b	۰/۰±۲۳/۱۰bc
خلیج چابهار		۱/۰±۹۴/۲۰a	۲۴/۵±۵۴/۷۶a	۰/۰±۹۰/۲۸a	۰/۰±۴۲/۲۵a
بندر گواتر		۰/۰±۷۱/۱۴d	۲۰/۴±۱۲/۰۲b	۰/۰±۳۶/۰۸c	۰/۰±۱۸/۰۹c

*حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد (p<۰/۰۵)

براساس مقایسات آماری انجام‌شده تفاوت میانگین غلظت این فلز در بین رسوبات ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). بر این اساس بالاترین میانگین غلظت فلز کادمیوم در ایستگاه خلیج چابهار و کم‌ترین غلظت آن در ایستگاه صیدگاه درک مشاهده شد. میانگین غلظت این فلز نیز بین دو ایستگاه بندر پزم و بندر جاسک فاقد هرگونه اختلاف معنی‌دار بود(p>۰/۰۵).میانگین غلظت فلز جیوه نیز در ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌ترتیب معادل ۰/۳۳، ۰/۱۵، ۰/۲۳، ۰/۴۲ و ۰/۱۸ ppm اندازه‌گیری شد. مقایسات آماری انجام درخصوص میانگین غلظت این فلز نیز اختلاف معنی‌داری را در ایستگاه‌های مختلف نشان داد (p<۰/۰۵). براساس بالاترین میانگین غلظت این فلز در ایستگاه خلیج چابهار و کم‌ترین میانگین غلظت آن در ایستگاه صیدگاه درک ثبت‌شد. هم‌چنین براساس نتایج به‌دست‌آمده بین دو ایستگاه صیدگاه درک‌و بندرگواتر نیزاختلاف‌معنی‌داری در میانگین غلظت اندازه‌گیری شده برای فلز جیوه مشاهده نشد (p>۰/۰۵).



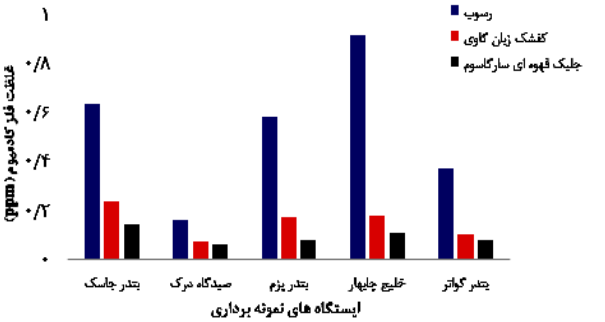
شکل۲: مقایسه غلظت فلز سرب در گونه‌های مختلف



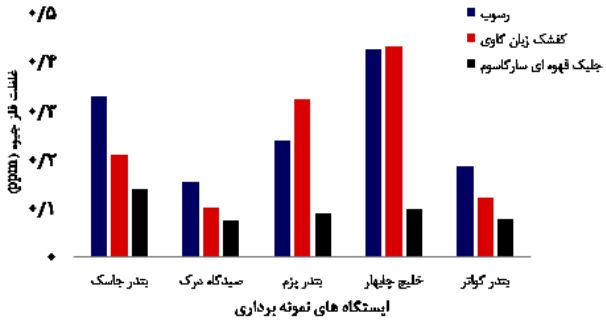
شکل۳: مقایسه غلظت فلز مس در گونه‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۴: مقایسه غلظت فلز کادمیوم در گونه‌های مختلف



شکل۵: مقایسه غلظت فلز جیوه در گونه‌های مختلف

میانگین غلظت فلز سرب در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی به‌ترتیب معادل ۰/۳۵، ۰/۱۳، ۰/۱۹، ۰/۲۸ و ۰/۲۰ ppm به‌ترتیب برای ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌دست آمد. مقایسه آماری میانگین غلظت این فلز در بافت عضله ماهی کفشک در بین ایستگاه‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بود ($p<0/05$). به‌طوری‌که بیش‌ترین میانگین غلظت این فلز در ایستگاه بندر جاسک و کم‌ترین میانگین غلظت آن در ایستگاه صیدگاه درک به‌دست آمد. هم‌چنین براساس نتایج به‌دست‌آمده بین دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار و همین‌طور بین دو ایستگاه بندر پزم و بندر گواتر اختلاف معنی‌داری درخصوص میانگین غلظت این فلز مشاهده نشد ($p>0/05$)(جدول۳). میانگین غلظت اندازه‌گیری شده برای فلز سرب در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم نیز به‌ترتیب در ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر معادل ۰/۱۹، ۰/۰۳، ۰/۰۸، ۰/۱۵ و ۰/۰۵ ppm اندازه‌گیری شد. مقایسات آماری اختلاف معنی‌داری نیز درخصوص میانگین غلظت این فلز نیز در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در بین ایستگاه‌های مختلف نشان داد ($p<0/05$). بالاترین میانگین غلظت فلز سرب در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه بندر جاسک و کم‌ترین میانگین آن در ایستگاه صیدگاه درک مشاهده شد. بین دو ایستگاه صیدگاه درک و بندر گواتر نیز اختلاف معنی‌داری در خصوص میانگین غلظت این فلز مشاهده نشد ($p>0/05$). کم‌ترین غلظت به‌دست‌آمده برای این فلزات سنگین معادل ۰/۲۱، ۰/۸۰، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۶ به‌ترتیب در ایستگاه بندر درک ثبت شد که در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها از اختلاف معنی‌داری برخوردار بودند ($p<0/05$) (جدول۳).

میانگین غلظت‌های ۳/۸۶، ۲/۱۸، ۲/۵۵، ۳/۷۹ و ۱/۴۷ ppm از فلز مس در بافت عضله‌ماهی کفشک‌زبان گاوی به‌ترتیب در ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌دست آمد که بیش‌ترین مقدار آن در ایستگاه بندر جاسک و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه بندر گواتر ثبت شد ($p<0/05$). براساس این نتایج بین دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت این فلز مشاهده نشد($p>0/05$) (جدول۳). میانگین غلظت فلز مس در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم نیز به‌ترتیب در ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌دست آمد. مقایسات آماری انجام شده نشان داد که غلظت فلز مس در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم نیز در ایستگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بود ($p<0/05$). بر این اساس بیش‌ترین میانگین غلظت این فلز در ایستگاه خلیج چابهار و کم‌ترین میانگین غلظت آن در ایستگاه صیدگاه درک به‌دست آمد. هم‌چنین دو ایستگاه صیدگاه درک و بندر پزم اختلاف معنی‌داری درخصوص میانگین غلظت فلز مس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$) (جدول۳).

میانگین غلظت فلز کادمیوم در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی معادل ۰/۲۳، ۰/۰۷، ۰/۱۶، ۰/۱۷ و ۰/۰۹ ppm و برای بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم معادل ۰/۱۴، ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۱۰ و ۰/۰۷ به‌ترتیب برای ایستگاه‌های بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌دست آمد. براساس نتایج به‌دست‌آمده میانگین غلظت این فلز در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بود ($p<0/05$). بر این اساس بالاترین غلظت این فلز در هر دو نمونه بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه بندر جاسک و کم‌ترین میانگین غلظت این فلز برای این دو نمونه در ایستگاه صیدگاه درک به‌دست آمد. درخصوص غلظت کادمیوم در بافت عضله‌ماهی کفشک‌زبان گاوی بین دو ایستگاه بندر پزم و خلیج چابهار و همین‌طور بین دو ایستگاه بندر گواتر و صیدگاه درک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$). هم‌چنین غلظت این فلز در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم نیز در دو ایستگاه بندر گواتر و بندر پزم در مقایسه باهم اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>0/05$) (جدول۳).

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین غلظت‌های ۰/۲۰، ۰/۰۹، ۰/۳۲، ۰/۴۳ و ۰/۱۲ ppm از فلز جیوه در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و میانگین غلظت‌های ۰/۱۳، ۰/۰۷، ۰/۰۸، ۰/۰۹ و ۰/۰۷ ppm از این فلز در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم به‌ترتیب در ایستگاه‌های بندرجاسک، صیدگاه درک، بندرپزم، خلیج چابهار و بندر گواتر به‌دست آمد. براساس نتایج به‌دست آمده میانگین غلظت این فلز در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بود ($p<0/05$). بالاترین میانگین غلظت فلز جیوه در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی در ایستگاه خلیج چابهار و در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه بندر جاسک به‌دست آمد. لازم به ذکر است که براساس نتایج به‌دست‌آمده میانگین غلظت فلز جیوه در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی در دو ایستگاه بندر گواتر و صیدگاه درک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند ($p>0/05$). هم‌چنین میانگین غلظت این فلز در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم نیز در چهار ایستگاه صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر فاقد هرگونه اختلاف معنی‌دار در مقایسه با یکدیگر بودند ($p>0/05$).

جدول۳: میانگین غلظت فلزات سنگین تحت بررسی در بافت ماهیچه ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری (غلظت برحسب ppm)

گونه	ایستگاه	سرب	مس	کادمیوم	جیوه
کفشک زبان گاوی (*Cynoglossus arel*)	بندر جاسک	۰/۰±۳۵/۰۸^{a}	۳/۱±۸۶/۰۶^{a}	۰/۰±۲۳/۰۷^{a}	۰/۰±۲۰/۰۷^{c}
	صیدگاه درک	۰/۰±۱۳/۰۴^{c}	۲/۰±۱۸/۹۲^{bc}	۰/۰±۰۷/۰۱^{c}	۰/۰±۰۹/۰۲^{d}
	بندر پزم	۰/۰±۱۹/۰۴^{b}	۲/۰±۵۵/۸۱^{b}	۰/۰±۱۶/۰۴^{b}	۰/۰±۳۲/۰۹^{b}
	خلیج چابهار	۰/۰±۲۸/۰۹^{a}	۳/۱±۷۹/۱۶^{a}	۰/۰±۱۷/۰۵^{b}	۰/۰±۴۳/۰۸^{a}
	بندر گواتر	۰/۰±۲۰/۰۷^{b}	۱/۰±۴۷/۶۶^{c}	۰/۰±۰۹/۰۱^{c}	۰/۰±۱۲/۰۴^{d}
جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum illicifolium*)	بندر جاسک	۰/۰±۱۹/۰۲^{a}	۱/۰±۱۵/۳۴^{a}	۰/۰±۱۴/۰۷^{a}	۰/۰±۱۳/۰۵^{a}
	صیدگاه درک	۰/۰±۰۳/۰۱^{d}	۰/۰±۶۱/۲۳^{c}	۰/۰±۰۵/۰۱^{c}	۰/۰±۰۷/۰۱^{b}
	بندر پزم	۰/۰±۰۸/۰۲^{c}	۰/۰±۷۵/۳۲^{c}	۰/۰±۰۷/۰۲^{bc}	۰/۰±۰۸/۰۲^{b}
	خلیج چابهار	۰/۰±۱۵/۰۳^{b}	۱/۰±۱۲/۴۳^{ab}	۰/۰±۱۰/۰۳^{b}	۰/۰±۰۹/۰۱^{b}
	بندر گواتر	۰/۰±۰۵/۰۱^{d}	۰/۰±۸۵/۱۵^{bc}	۰/۰±۰۷/۰۲^{bc}	۰/۰±۰۷/۰۱^{b}

* حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد ($p<0/05$)

بحث

با توجه به نقش مهم آنالیز رسوبات در ارزیابی شرایط آلودگی در محیط‌های دریایی در مطالعه حاضر بررسی میزان جذب چهار فلز سرب، مس، کادمیوم و جیوه در سواحل شمالی دریایی عمان در پنج ایستگاه (به‌ترتیب از غرب به شرق عبارتند از: بندر جاسک، صیدگاه درک، بندر پزم، خلیج چابهار و بندر گواتر) مورد بررسی قرار گرفت براساس نتایج مطالعه حاضر بالاترین میزان جذب فلزات سرب، کادمیوم و جیوه در رسوبات مناطق تحت بررسی در ایستگاه خلیج چابهار مشاهده شد. هم‌چنین بالاترین میزان جذب فلز مس نیز در رسوبات مناطق تحت بررسی در دو ایستگاه خلیج چابهار و بندر جاسک اندازه‌گیری شد. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر توالی غلظت فلزات سنگین تحت بررسی در رسوبات سطحی سواحل شمالی دریای عمان در نمونه‌های به‌دست‌آمده از رسوبات این مناطق به‌ترتیب به شکل جیوه< کادمیوم< سرب< مس به‌دست آمد. هم‌چنین این توالی درخصوص بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی نیز به‌ترتیب کادمیوم< جیوه< سرب< مس و در بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم به‌ترتیب به شکل سرب =کادمیوم< سرب< مس به‌دست آمد. وجود اختلافات معنی‌دار بین مقادیر غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در بین ایستگاه‌های مختلف می‌تواند حاکی از این باشد که منابع آلودگی در این مناطق به‌صورت نقطه‌ای است. هم‌چنین براساس نتایج ارائه‌شده در شکل‌های ۲ تا ۵ مشخص شد که بالاترین غلظت فلزات سرب، مس، کادمیوم و جیوه در رسوبات اکثر مناطق تحت بررسی (به‌جز دو ایستگاه خلیج چابهار و بندر پزم که در آن‌ها میزان غلظت فلز جیوه در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی بالاتر بود) مشاهده شد. این نتایج به‌دست‌آمده را می‌توان چنین توجیه کرد که با توجه به این‌که رسوبات بستر عمده‌ترین بخش پذیرنده و درواقع محل ذخیره آلاینده‌های مختلفی ازجمله فلزات سنگین می‌باشند (Abdolahpur Monikh و همکاران، ۲۰۱۳؛ Davari و همکاران، ۲۰۱۰)، بنابراین انتظار می‌رود بیش‌ترین میزان جذب و تجمع فلزات نیز در رسوبات

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه مورد بررسی یافت شود که این موضوع تا حد زیادی مطابق با نتایج مطالعه حاضر بود. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده در خصوص میزان جذب فلز مس در نمونه‌های تحت بررسی در هر ۵ ایستگاه بالاترین غلظت این فلز در رسوبات و بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی در دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار و درخصوص بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه بندر جاسک مشاهده شد که در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها به شکل معنی‌داری افزایش‌یافته بود که این موضوع نشان‌دهنده نقش بیش‌تر فعالیت‌های انسانی در افزایش غلظت این فلز در رسوبات این مناطق است چراکه اغلب فعالیت‌های صنعتی و ماهیگیری در استان سیستان و بلوچستان در این مناطق تمرکز داشته و در سایر قسمت‌های این استان این صنایع گسترش زیادی ندارند. در مطالعه حاضر میانگین غلظت کل برای این فلز در رسوبات مناطق تحت بررسی معادل ۲۰/۹۹ ppm در محدوده ۳۶/۷۰-۱۲/۱۶ ppm، در بافت‌عضله ماهی کفشک ۲/۷۷ ppm در محدوده ۶/۱۰-۰/۶۰ ppm و در نمونه جلبک ۰/۹۰ ppm در محدوده ۲/۱-۰/۳۵ ppm به‌دست آمد. در تائید این نتایج عین‌الهی‌پیر و همکاران (۱۳۹۰) نیز غلظت فلز مس را در دامنه‌ای بین ۱۶/۹۶-۱۵/۸۷ ppm در ناحیه بین جزر و مدی خلیج چابهار و در مطالعه سلیمانی و همکاران (۱۳۹۴) غلظت این فلز در رسوبات بخشی از دریای عمان در محدوده استان سیستان و بلوچستان ۹/۹۹ ppm گزارش شد. هم‌چنین بزی و همکاران (۱۳۹۴) نیز غلظت فلز مس را در رسوبات سطحی خلیج چابهار در دامنه ۱۰/۹۷-۵۴/۷۶ ppm و لقمانی (۱۳۹۵) تغییرات این عنصر را در همین نقطه ۲/۵۶-۵۹/۱۹ ppm گزارش دادند. درخصوص میزان غلظت فلز مس در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی در مطالعه حاضر حسینی و همکاران (۱۳۹۴) میانگین غلظت فلز مس را در بافت ماهیچه ماهی کفشک *Psettodes erumei* در چهار ایستگاه تحت بررسی در استان بوشهر ۲/۷۱ میکروگرم بر گرم و در مطالعه صدوق نیری و همکاران (۱۳۹۱) در آب‌های شمالی خلیج‌فارس در دو منطقه بندر هندیجان (بحرکان) و بندر دیلم غلظت این فلز در بافت عضله ماهی کفشک *Euryglossa orientalis* به‌طور میانگین به‌ترتیب معادل ۵/۰۸ و ۳/۰۸ میکروگرم بر گرم گزارش شد که در محدوده نتایج مطالعه حاضر بودند. میانگین کل اندازه‌گیری شده در هر ۵ ایستگاه تحت بررسی برای فلز سرب نیز در رسوبات این مناطق معادل ۱/۳۱ ppm در محدوده ۲/۱۸-۰/۳۱ ppm، در بافت عضله ماهی کفشک ۰/۲۳ ppm در محدوده ۰/۵۱-۰/۰۷ ppm و در جلبک قهوه‌ای سارگاسوم ۰/۱ ppm در محدوده ۰/۲۳-۰/۰۱ ppm به‌دست آمد. بیش‌ترین میانگین غلظت این فلز نیز در رسوبات مناطق تحت بررسی در ایستگاه خلیج چابهار، در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی در دو ایستگاه بندر جاسک و خلیج چابهار و برای بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه بندر جاسک ثبت شد که در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بودند. کم‌ترین غلظت این فلز نیز همانند فلز مس در ایستگاه صیدگاه درک اندازه‌گیری شد. این نتایج درخصوص غلظت فلز سرب در مناطق تحت بررسی تقریباً مشابه با نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه عظیمی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی غلظت این عنصر در رسوبات شمال غربی خلیج‌فارس در بندر امام خمینی (۵/۶۳ ppm) بود. درحالی‌که در مطالعه عین‌الهی‌پیر و همکاران (۱۳۹۰) غلظت این فلز در ناحیه جزر و مدی خلیج چابهار در محدوده ۱۵/۷۹-۱۰/۹۸ ppm و در مطالعه بزی و همکاران (۱۳۹۴) در رسوبات سطحی خلیج چابهار در فصل تابستان در محدوده ۱۰/۷۲-۲۵/۶۳ ppm گزارش شد. حسینی و همکاران (۱۳۹۴) نیز میانگین غلظت فلز سرب را در بافت ماهیچه ماهی کفشک *Psettodes erumei* در چهار ایستگاه تحت بررسی در استان بوشهر معادل ۰/۸۶ میکروگرم بر گرم، Pourang و همکاران (۲۰۰۵) غلظت این فلز را در بافت عضله ماهی کفشک *Solea elongate* و *Psettodes erumei* در نمونه‌های شمال خلیج‌فارس به‌ترتیب در محدوده ۱/۹-۲/۸ و ۸-۰/۸۷، صدوق‌نیری و همکاران (۱۳۹۱) غلظت این فلز را در بافت عضله ماهی کفشک *Euryglossa orientalis* در دو منطقه بندر هندیجان و دیلم به‌ترتیب معادل ۵/۲۰ و ۴/۶۹ میکروگرم بر گرم و عریان و همکاران (۱۳۸۹) در بافت عضله ماهی حلوا سفید (*Pampus rgenteuss*) در حوزه شمالی خلیج‌فارس معادل ۰/۲۹ ppm گزارش دادند. سرب در بین ۲۰ فلز سنگین خطرناک برای انسان در رتبه دوم قرار داشته و ازنظر انتشار گسترده‌ترین فلز سنگین و سمی در محیط‌زیست است. افزایش مصرف بنزین و صنایع و نیز بهره‌برداری از معادن سبب افزایش سرب شده است (Taweel و همکاران، ۲۰۱۳؛ Roberts، ۱۹۹۹). منبع اصلی سرب در محیط‌زیست دریایی روان آب ناشی از طوفان‌های دریایی و فاضلاب‌هاست (Peters و همکاران، ۱۹۹۷). ضمن آن‌که ورود این عنصر به اکوسیستم‌های آبی از طریق نفت خام، شیمی و معدن‌کاوی صنعتی نیز تائید شده است (Sorensen و همکاران، ۱۹۹۱؛ Heath، ۱۹۸۳). این فلز سنگین در فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و خانگی یکی از عوامل اصلی آلاینده محسوب می‌شود (Luoma و Rainbow، ۲۰۰۸) و در ترکیبات رنگ‌ها ازجمله رنگ‌های مورد استفاده برای بدنه کشتی‌ها و شناورها نیز وجود دارد (CCREM، ۱۹۸۷). باتوجه‌به‌نتایج به‌دست‌آمده به‌نظر می‌رسد تخلیه فاضلاب‌های انسانی و صنعتی به آب‌های منطقه و نیز تردد قایق‌ها و شناورها و توقف زیاداین وسایل مقدار زیادی از پساب ناشی از سوخت آن‌ها و هم‌چنین ضایعات مربوط به تعمیر کشتی‌ها باعث وارد شدن سرب به درون آب‌های منطقه و افزایش غلظت این عنصر می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

در مطالعه حاضر میانگین کل غلظت فلز کادمیوم نیز در رسوبات هر ۵ ایستگاه تحت بررسی معادل ۰/۵۲ ppm در محدوده ۰/۱-۰۶/۴۷ ppm ، در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی معادل ۰/۱۴ ppm در محدوده بین ۰/۰۳-۰/۳۶ ppm و در نمونه‌های بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم معادل ۰/۰۹ در محدوده ۰/۰۳-۰/۳۱ ppm اندازه‌گیری شد. لازم به‌ذکر است که بالاترین میانگین غلظت فلز کادمیوم در رسوبات مناطق خلیج چابهار و بالاترین مقدار اندازه‌گیری شده برای این فلز در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه بندر جاسک و کم‌ترین مقدار اندازه‌گیری شده برای این فلز برای هر سه نمونه رسوب، بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در ایستگاه بندر درک ثبت شد. این میزان به‌دست‌آمده درخصوص غلظت فلز کادمیوم در رسوبات این مناطق از مقدار اندازه‌گیری شده (۱/۹۴ ppm) در مطالعه سلیمانی و همکاران (۱۳۹۴) در سطح پایین‌تر و در محدوده مقدار گزارش‌شده توسط بزی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی رسوبات سطحی منطقه خلیج چابهار (۰/۲۱-۰/۵۳ ppm) قرار داشت. درخصوص غلظت فلز کادمیوم در بافت عضله ماهیان کفشک حسینی و همکاران (۱۳۹۴) میانگین غلظت این فلز را در بافت عضله ماهی کفشک *Psettodes erumei* در چهار ایستگاه تحت بررسی در استان بوشهر معادل ۰/۱۸ میکروگرم بر گرم، صدوق‌نیری و همکاران (۱۳۹۱) در بافت عضله ماهی کفشک *Euryglossa orientalis* در دو ایستگاه بندر هندیجان و بندر دیلم به‌ترتیب معادل ۰/۷ و ۰/۴۹، Pourang و همکاران (۲۰۰۵) بر روی گونه‌های *Solea elongate* و *Psettodes erumei* در نمونه‌های به‌دست‌آمده از شمال خلیج‌فارس به‌ترتیب در محدوده ۰/۰۸-۰/۰۵ و ۰/۰۰۹-۱ و در مطالعه عریان و همکاران (۱۳۸۹) در بافت عضله ماهی حلوا سفید ۰/۰۵ ppm گزارش شد. کادمیوم یکی از محصولات فرعی تولیدشده از طریق فعالیت‌های معدن کاری و تصفیه کردن فلزات سرب و روی است و در بین ۲۰ فلز سنگین خطرناک ارائه‌شده توسط ATSDR's در رتبه هفتم قرار دارد (Roberts، ۱۹۹۹). میانگین غلظت این فلز در پوسته زمین در حدود ۱ میلی‌گرم در هر کیلوگرم (Gesamp، ۱۹۸۷) و بالاترین مقدار ترکیبات کادمیومی در محیط زیست در رسوبات صخره‌ای و فسفات‌های دریایی در حدود ۱۵ میلی‌گرم کادمیوم در هر کیلوگرم گزارش‌شده است (Gesamp، ۱۹۸۷). منبع اصلی کادمیوم موجود در دریاها فاضلاب‌های صنعتی و شهری هستند و فراوانی آن در طبیعت کم است (Kanakaraju و همکاران، ۲۰۰۸) و معمولاً در عرض‌های جغرافیایی بالا سطح بالاتری از این فلز دیده می‌شود (بزی و همکاران، ۱۳۹۴). در همین Kavun و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی غلظت کادمیوم در جزیره Kurile در شمال‌غرب اقیانوس آرام دلیل افزایش غیرمعمول کادمیوم در این منطقه را به این موضوع نسبت دادند، بنابراین به‌دلیل قرار گرفتن این منطقه در عرض‌های جغرافیایی پایین شاهد مقادیر کم‌تری از فلز کادمیوم در این منطقه هستیم. ضمن این‌که ممکن است حلالیت بالای فلز کادمیوم در آب (Warren، ۱۹۹۸؛ Brich، ۱۹۹۶) نیز از دلایل پایین بودن غلظت این فلز در رسوبات منطقه تحت بررسی باشد، هرچند بایستی به این نکته نیز توجه داشت که این فلز آلاینده حاصل سوخت وسایل نقلیه بنزین‌سوز محسوب می‌شود و یکی از عوامل تأثیرگذار در ارتباط با افزایش غلظت این فلز را می‌توان تردد قایق‌ها و شناورهای متعدد در این منطقه دانست. هم‌چنین در مطالعه حاضر میانگین کل غلظت فلز جیوه نیز در هر ۵ ایستگاه تحت بررسی و در رسوبات مناطق تحت بررسی معادل ۰/۲۶ ppm در محدوده ۰/۰۹-۰/۸۶ ppm، در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی معادل ۰/۲۳ ppm در محدوده ۰/۰۵ -۰/۵۷ ppm و در نمونه‌های بافت جلبک قهوه‌ای سارگاسوم معادل ۰/۰۹ ppm در محدوده ۰/۰۴-۰/۲۰ ppm اندازه‌گیری شد. بالاترین میانگین غلظت اندازه‌گیری شده برای این فلز نیز در رسوبات و بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی در بین ۵ ایستگاه تحت بررسی در ایستگاه خلیج چابهار و کم‌ترین مقدار اندازه‌گیری شده برای این فلز برای این دو نمونه تحت بررسی در ایستگاه‌بندردرک به‌دست آمد. هم‌چنین بالاترین میانگین اندازه‌گیری برای فلز جیوه در بافت جلبک قهوه‌ای نیز در ایستگاه بندر جاسک و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه بندر درک مشاهده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده مقادیر اندازه‌گیری شده در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و جلبک قهوه‌ای سارگاسوم از حداقل غلظت تأثیرگذار (۰/۷ ppm) بر روی موجودات آبزی که توسط Chouvleon و همکاران (۲۰۰۹) بیان شد، کم‌تر و در رسوبات بیش‌تر است. هم‌چنین میانگین غلظت جیوه اندازه‌گیری شده در رسوبات مناطق تحت بررسی در مطالعه حاضر از غلظت اندازه‌گیری شده در رسوبات شمال‌غرب خلیج‌فارس(بندرامام‌خمینی)بامیانگین ۱/۹۳ ppm کم‌تر بود (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۰). در همین ارتباط BuTayban و Preston (۲۰۰۴) دلیل غلظت بالای فلز جیوه را در رسوبات سواحل خلیج کویت در خلیج‌فارس در نزدیکی لوله‌های تخلیه فاضلاب (۳۴/۹۳±۳۶/۵ میکرو گرم بر گرم وزن خشک) را ناشی از فعالیت کارخانه‌های تولید کلر بیان کردند که فاضلاب‌های خود را بدون تصفیه وارد ساحل می‌کنند. در خصوص غلظت اندازه‌گیری شده فلز جیوه دربافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی، رزاقی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در مطالعه خود بالاترین میزان جیوه در بافت عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) در خلیج فاری، بندرعباس را معادل ۰/۲ میکروگرم بر گرم در طول فصل تابستان و کم‌ترین مقدار آن را معادل ۰/۰۳ میکروگرم بر گرم در طول فصل زمستان گزارش دادند که در محدوده نتایج مطالعه حاضر بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جیوه با دارا بودن رتبه سوم در بین ۲۰ فلز سنگین خطرناک ارائه‌شده توسط ATSDR's به شکل طبیعی در محیط‌زیست در اثر فعالیت گاززدایی پوسته زمین، به شکل خروج مواد آتش‌فشانی وجود دارد و فعالیت‌های معدن کاری و صنایع کاغذسازی جزو تولیدکننده‌های مهم جیوه شناخته می‌شوند (Goyer، ۱۹۹۶). این عنصر فلز سنگینی با سمیت بسیار بالا، غیرضروری، پایدار و بدون تغییرپذیری زیستی است که تحت فرایندهای تجمع زیستی طی انتقال از سطوح تروفیک مختلف در زنجیره غذایی پایدار باقی می‌ماند (WHO، ۱۹۷۹) آلودگی به جیوه در محیط‌های آبی از طریق فرایندهای آب‌وهوای طبیعی و فعالیت‌های‌بشری در مقیاس قابل‌توجهی‌درحال‌افزایش است (WHO، ۱۹۷۹؛ ۱۹۹۰).

درمجموع در تائید نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر در خصوص مشاهده غلظت‌های بالاتر فلزات سنگین سرب، مس، کادمیوم و جیوه در مناطق داری فعالیت‌های صنعتی و ماهیگیری، به‌خصوص در منطقه خلیج چابهار و بندر جاسک به‌دلایلی از قبیل وجود بنادر مهم شهید بهشتی و شهید کلانتری به‌عنوان مهم‌ترین بنادر تجاری و بنادرصیادی تیس و کنارک به‌عنوان بزرگ‌ترین بنادر ماهیگیری خلیج چابهار و هم‌چنین وجود منطقه آزاد تجاری در این منطقه و رونق تجارت، واردات و صادرات و هم‌چنین استفاده از قایق‌های ماهیگیری بسیار قدیمی و استفاده از روش‌های سنتی صید به‌عنوان منابع افزاینده غلظت فلزات سنگین در این مناطق می‌باشد (بزی، ۱۳۹۴)، مطالعات انجام‌شده درخصوص بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، مس، روی، نیکل، کروم، آهن و منیزیوم) در رسوبات سطحی منطقه خلیج چابهار در ۵ ایستگاه جلوی بندر شهید بهشتی، جلوی اسکله ماهیگیری تیس، مقابل رودخانه فصلی پارک و نزدیک آب‌شیرین‌کن کنارک به‌عنوان مناطق دارای فعالیت‌های صنعتی و ماهیگیری و ایستگاه جلوی دماغه خلیج چابهار به‌عنوان منطقه‌ای در فاصله دورتر از فعالیت‌های صنعتی و ماهیگیری، نتایج مطالعه حاضر را تائید می‌کند (بزی، ۱۳۹۴). هم‌چنین در تائید نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر Naser و همکاران (۲۰۰۶) نیز با بررسی اثر آلودگی فلزات سنگین در رسوبات سطحی خلیج Aden در کشور یمن غلظت برخی از فلزات را بالاتر از سطح مطالعات قبلی و غلظت برخی دیگر را پایین‌تر گزارش دادند و دلیل افزایش غلظت فلزات را در منطقه تحت بررسی را به تخلیه فاضلاب‌های تصفیه نشده، ایستگاه‌های تولید برق، واحدهای صنعتی پالایشگاهی، صنایع پارچه‌بافی، نشت نفت از لوله‌های انتقال نفت و هم‌چنین ورود فاضلاب‌های خانگی نسبت دادند. با بررسی Anand و همکاران (۲۰۱۵) نیز بر روی غلظت فلزات روی، نیکل، کروم، مس، سرب و کادمیوم در مناطق ساحلی جنوب شرقی هند، غلظت این فلزات را در منطقه بالا توصیف کردند و دلیل آن را به فعالیت‌های انسانی و تأثیر این فعالیت‌ها بر محیط‌زیست نسبت دادند. هم‌چنین de Astudillo و همکاران (۲۰۰۵) نیز در مطالعه‌ای دیگر با بررسی اثر فلزات سنگین سرب، نیکل، جیوه، کادمیوم و مس در رسوبات سواحل خلیج پارایا و Kilemade و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، مس و روی در رسوبات بندر کورک گزارش دادند که رسوبات این مناطق دارای غلظت‌های بالایی از این فلزات سنگین هستند و علت این موضوع را مربوط به ورود این آلاینده‌ها از طریق فاضلاب‌های شهری و صنعتی عنوان کردند.

با مقایسه میزان غلظت‌های به‌دست‌آمده در خصوص فلزات تحت بررسی در مطالعه حاضر با حدود استانداردهای جهانی ارائه‌شده در جدول ۴ مشخص شد که غلظت این فلزات در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی و جلبک قهوه‌ای سارگاسوم در مقایسه با این استانداردها در سطح پایین‌تری قرار دارند، بنابراین میزان آن‌ها در بافت این گونه‌ها برای مصرف بی‌خطر تلقی می‌گردد (جدول ۴).

جدول۴: مقایسه میزان فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفشک زبان گاوی (*Cynoglossus arel*) و جلبک قهوه‌ای سارگاسوم (*Sargassum illicifolium*) در مقایسه با حدود استانداردهای جهانی (ppm)

استانداردها	فلزات سنگین				منابع
	سرب	مس	کادمیوم	جیوه	
(WHO)	۰/۵	۱۰	۰/۲	۰/۱	WHO، ۱۹۹۵
(FDA)	۵	-	۱	۰/۱-۰/۵	FDA، ۲۰۱۱
(NHMRC)	۱/۵	۱۰	۰/۰۵	۱	Darmono و Denton، ۱۹۹۰
استاندارد ملی ایران	۱	۲۰	۰/۱	*۵۰۰	Movahed و همکاران، ۲۰۱۳
Cynoglossus arel	۰/۲۳	۲/۷۷	۰/۱۴	۰/۲۳	مطالعه حاضر
illicifolium Sargassum	۰/۱۰	۰/۹۰	۰/۰۹	۰/۰۹	مطالعه حاضر

* برحسب میکروگرم بر کیلوگرم وزن تر

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌چنین با توجه به مشاهده غلظت بالای فلزات سنگین در رسوبات مناطق تحت بررسی در مطالعه حاضر، نتایج به‌دست‌آمده با دو مورد از مهم‌ترین راهنماهای کیفیت رسوبات[1] در جهان شامل راهنمای کیفیت رسوب آمریکا (NOAA[2]) و راهنمای کیفیت رسوب کانادا (CCME[3]) در جدول۵ مقایسه شده است. این مقایسه با توجه به این‌که این راهنماها مربوط به آب‌های شور دریایی بوده می‌تواند تا حدودی صحیح باشد.

جدول۵: مقایسه میزان فلزات سنگین در رسوبات سواحل شمالی دریای عمان با حدود استانداردهای جهانی بر اساس راهنمای کیفیت رسوب NOAA و CCME برحسب ppm

فلز	راهنمای رسوب آمریکا (NOAA)		راهنمای رسوب کانادا (CCME، ۱۹۹۹)		USEPA، ۱۹۹۰		مطالعه حاضر
	ERM	ERL	PEL	ISQGs	LAL	HAL	
سرب	۲۱۸	۴۶/۷	۱۱۲	۳۰/۲	۲	۲۱۸	۱/۳۱ (۰/۳۱ – ۲/۱۸)
مس	۲۷۰	۳۴	۱۰۸	۱۸/۷	۲	۲۷۰	۲۰/۹۹ (۱۲/۱۶ – ۳۶/۷۰)
کادمیوم	۹/۶	۱/۲۰	۴/۲۰	۰/۷۰	۰/۰۴	۹/۶	۰/۵۲(۰/۰۶ – ۱/۴۷)
جیوه	۰/۷۱	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۷۱	۰/۲۶ (۰/۰۹ – ۰/۸۶)

یکی از پرکاربردترین راهنماهای کیفیت رسوب در پایش محیط‌های دریایی، راهنمای کیفیت رسوب آمریکا (NOAA) است (Long و همکاران، ۱۹۹۵). در راهنمای کیفیت رسوب NOAA دو خطر برای آلودگی فلزات در رسوبات بیان‌شده است که به‌صورت ERL۴ حدی که کم‌ترین اثر مضر را بر جوامع زیستی در بردارد و کم‌تر از ۱۰٪ جوامع بیولوژیک درخطرند و حدERM۵ حدی که اثرات مضر شدیدی بر محیط‌زیست و جوامع زیستی در بردارد و به‌عنوان حدی شناخته می‌شود که در آن کم‌تر از ۵۰٪ جوامع بیولوژیک درخطرند، ارائه‌شده است. در راهنمای کیفیت رسوبات کانادا (CCME) نیز دو سطح برای آلودگی فلزات مطرح‌شده که به‌صورت حدPEL۶ (حد آستانه) و حد ISQGs۷ (حدی که موجب اثرات زیان‌آور می‌شود) (CCME، ۱۹۹۹). در استاندارد تعیین‌شده وسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، مقادیرLAL۸ به مقادیری اشاره دارد که اثر خاصی بر موجودات ندارد و مقادیرHAL۹ تقریباً شبیه به مقادیر ERM است (USEPA، ۱۹۹۹). مقایسه میزان اندازه‌گیری شده فلزات سنگین موردمطالعه در رسوبات سواحل شمالی دریای عمان با استانداردهای کیفیت رسوب ارائه در جدول۵ نشان داد که غلظت این فلزات (به‌جز فلز مس که از سطح استاندارد ارائه‌شده توسط USEPA (۱۹۹۹) در سطح LAL بالاتر بود) از سطح استانداردهای ارائه‌شده پایین‌تر بوده و میزان آن‌ها در محیط ازلحاظ آلودگی بی‌خطر تلقی می‌شود. هرچند ممکن است به‌صورت موردی غلظت این عناصر در برخی از مناطق نمونه‌برداری نیز بالاتر از میزان پیشنهادی این راهنماها بوده باشد. این کم بودن غلظت عناصر در رسوبات این مناطق در مقایسه با استانداردهای ارائه‌شده را می‌توان به وجود جریان‌های دریایی عمقی و سطحی و خود پالایی منطقه در مطالعه حاضر نسبت داد. در همین ارتباط Bolis و همکاران (۱۹۸۸) معتقدند تغییرات زیاد فلزات سنگین در رسوبات یا ذرات معلق به‌علت تغییرات دینامیک آب است. علاوه بر این اختلافات این عناصر را می‌توان درنتیجه تبخیر آب منطقه یا ورود آن‌ها از منابع آلوده‌کننده دیگر به آب‌های این منطقه دانست. به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان این‌چنین بیان کرد که اگرچه میزان غلظت فلزت سنگین تحت بررسی در مطالعه حاضر (سرب، مس، کادمیوم و جیوه) در رسوبات سواحل شمالی دریای عمان در منطقه بندر جاسک تا خلیج گواتر در حد خطرناک و بحرانی نیست اما بایستی پیش از آن‌که به تهدیدی جدی برای سلامت محیط‌زیست و موجودات منطقه تبدیل شوند، با اقدامات پیشگیرانه، مدیریت و نظارت صحیح از افزایش این آلاینده‌ها جلوگیری نمود.

[1] Sediment Quality Guide Lines
[2] National Oceanic and Atmospheric Administration
[3] Canadian Council of Ministers of the Environment
[4] Effect RangLow
[5] Severe Effect Level
[6] Threshold Effect Level
[7] Canadian interim marine sediment quality
[8] Lowest alert level
[9] Highest Alert Level

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. **امینی‌رنجبر، غ. و میرکی، غ.، ۱۳۸۵.** بررسی و شناخت میزان و انواع آلودگی‌های ساحلی دریایی عمان در محدوده خلیج چابهار. جهاد دانشگاهی سیستان و بلوچستان. صفحات ۸ تا ۱۲.

۲. **بزی، ع.ا.، ۱۳۹۴.** تعیین سطح آلودگی رسوبات سطحی خلیج چابهار به فلزات سنگین. مجله سلامت و محیط، فصلنامه انجمن علمی بهداشت محیط ایران. دوره ۸، شماره ۱، صفحات ۴۵ تا ۵۶.

۳. **حسینی، م.؛ باقرنبوی، س.م.؛ گلشنی، ر.؛ نبوی، س.ن. و رئیسی‌سرآسیاب، ع.، ۱۳۹۴.** آلودگی فلزات سنگین (نیکل، مس، سرب، کبالت و کادمیوم) در رسوب و بافت‌های کبد و ماهیچه کفشک ماهی *Psettodes erumei* در استان بوشهر، خلیج‌فارس. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران). جلد ۲۸، شماره ۴، صفحات ۴۴۱ تا ۴۴۹.

۴. **دادور، ا.؛ شاپوری، م. و سینایی، م.، ۱۳۹۲.** بررسی آلودگی فلزات‌سنگین در بافت‌های‌ماهیچه و آبشش خرچنگ‌روح (*Ocypode saratan*) در سواحل جزر و مدی چابهار. مجله زیست‌شناسی دریا. سال ۵، شماره ۱۹، صفحات ۴۵ تا ۵۶.

۵. **رزاقی، ف.؛ محمدشفیعی، م.ر. و امتیاز جو، م.، ۱۳۸۹.** سنجش کادمیوم، سرب، جیوه و آهن در بافت عضله ماهی شوریده *Otolithes ruber* در مناطق شمالی خلیج فارس، بندرعباس. مجله پژوهش‌های علوم و فنون دریایی. سال ۶، شماره ۱. صفحات ۴۰ تا ۴۹.

۶. **سلیمانی، م.؛ پاکزاد، ح.ر.؛ پسندی، م.؛ نقره‌ئیان، م. و کمالی، م.، ۱۳۹۴.** بررسی منشأ فلزات سنگین در رسوبات ماسه‌ای بخشی از دریای عمان در محدوده استان سیستان و بلوچستان. مجله زمین‌شناسی اقتصادی. جلد ۷، شماره ۱، صفحات ۱۶۵ تا ۱۷۶.

۷. **صدوق‌نیری، ع.؛ رونق، م.ت. و احمدی، ر.، ۱۳۹۱.** بررسی کمی فلزات سنگین در بافت عضله، کبد و آبشش ماهی کفشک (*Euryglossa orientalis*) در آب‌های شمال خلیج‌فارس. مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۱، شماره ۱، صفحه ۱۴۷ تا ۱۶۰.

۸. **عریان، ش.؛ تاتینا، م. و قریب‌خانی، م.، ۱۳۸۹.** بررسی اثرات آلودگی نفتی در حوزه شمالی خلیج‌فارس بر میزان تجمع فلزات سنگین (نیکل، سرب، کادمیوم وانادیوم) در بافت عضله ماهی حلوا سفید (*Pampus rgenteus*). مجله اقیانوس‌شناسی. سال ۱، شماره ۴، صفحات ۶۱ تا ۶۸.

۹. **عظیمی، ع.؛ دادالهی سهراب، ع.؛ صفاهیه، ع.ر.؛ ذوالقرنین، ح.؛ سواری، ا. و فقیری، ا.، ۱۳۹۰.** مطالعه سطوح فلزات سنگین جیوه، کادمیوم، سرب و مس در رسوبات شمال‌غرب خلیج‌فارس- بندر امام خمینی (ره). مجله اقیانوس‌شناسی. سال ۳، شماره ۱۱، صفحات ۳۳ تا ۴۱.

۱۰. **عین‌الهی‌پیر، ف.؛ صفاهیه، ع.ر.؛ دادالهی سهراب، ع. و سواری، ا.، ۱۳۹۰.** تجمع فلزات سنگین (مس، سرب و نیکل) در رسوبات و دوکفه‌ای *Saccostrea cucullata* در ناحیه بین جزر و مدی چابهار. مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۱۰ تا ۲۵.

۱۱. **لقمانی، م.، ۱۳۹۵.** بررسی تغییرات تراکم پرتاران زیر جزر و مدی خلیج چابهار با تأکید بر نقش فلزات سنگین (مس و روی). مجله بوم‌شناسی آبزیان. دوره ۳، شماره ۶، صفحات ۱۰ تا ۲۱.

۱۲. **موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۳۹۴.** ارزیابی ذخایر و ارائه راهکارهای مدیریتی در راستای بهره‌برداری پایدار از ذخایر آبزیان. ۷۹ صفحه.

۱۳. **Abdelrahim, A.A.; Elhadi, M.E. and Mohamed, A.A., 2011.** Investigation of Heavy Metals Pollution in Water, Sediment and Fish at Red Sea Jeddah Coast- KSA at Two Different Locations. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. Vol. 1, No. 12, pp: 630-637.

۱۴. **Abdolahpur Monikh, M.; 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. Vol. 185, pp: 215-222.

۱۵. **Anand, D. and Kala, S., 2015.** Study on Heavy Metal Distribution in the Coastal Environments along the Foremost Places of South-East Coast of India. International journal of innovative research in science, engineering and technology. Vol. 4, No. 3, pp: 1201-1209.

۱۶. **APHA. 2005.** Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st edition. American Public Health Association, Washington DC.

۱۷. **Bilos, C.; Colombo, J.C. and Rodriguez, M.J., 1998.** Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Rio de la Plata Estuary. Argentina Managing environmental pollution. Vol. 99, No. 1, pp: 1-11.

۱۸. **Birch, G.F., 1996.** Sediment bound metallic contaminants in Sydney's estuaries and adjacent offshore, Australia. Estuarine, coastal and shelf science. Vol. 42, pp: 31-44.

۱۹. **BuTayban, N.A. and Preston, M.R., 2004.** The distribution and inventory of total and methyl mercury in Kuwait Bay. Marine pollution bulletin. Vol. 49, pp: 930-937.

۲۰. **Caplat, C.; Texier, H.; Barillier, D. and Lelievre, C., 2005.** Heavy metals mobility in harbour contaminated sediments: The case of Port en Bessin. Mar. Pollut. Bull. Vol. 50, PP: 504-516.

۲۱. **CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999.** Canadian environmental Quality Guideline, From Publication No. 1299, ISBN1-896997-341 p.

۲۲. **Chesalin, M.V. and Zuyer, G.V., 2002.** Pelagic cephalopods of the Arabian Sea with an emphasis on *Sthenoteuthis oulaniensis*. Bulletin of Marine Science. Vol. 11, pp: 209-227.

۲۳. **Chouvelon, T.; Warnau, M.; Churlaud, C. and Bustamante, P., 2009.** Hg oncentrations and related risk assessment in coral reef crustaceans, molluscs and fish from New Caledonia. Environment and pollution. Vol. 11, pp: 331–340.

۲۴. **Darmono, D. and Denton, G.R.W., 1990.** Heavy metals concentration in the banana prawn *Penaeus merguiensis* and leader prawn *P. monodon* in the Townsvile region of Australia. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 44, pp: 479-486.

www.SID.ir

Archive of SID

biotope with long-term heavy metal contamination. Russian Journal of Marine Biology. Vol. 31, No. 2, pp: 109-114.

۴۱. **Kilemade, M.; Hartl, M.G.J.; Sheehan, D.; Mothersill, C.; Pelt, F.N.A.; Berien, N.M.O. and Halloran, J.O., 2004.** An assessment of the pollutant status of surficial sediment in Cork harbour in the south east of Ireland with particular reference to polycyclic aromatic hydrocarbons. Marine pollution bulletin. Vol. 49, pp: 1084-1096.

۴۲. **Long, E.R.; MacDonald, D.D.; Severn, C.G. and Hong, C.B., 2000.** Classifying probabilities of acute toxicity in marine sediments with empirically derived sediment quality guidelines. Toxicological and environmental chemistry. Vol. 19, pp: 598-601.

۴۳. **Luoma, S.N. and Rainbow, P.S., 2008.** Metal contamination in aquatic environments: science and lateral Heavy metals mobility in harbour contaminated sediments: The case of Port en Bessin. Marine pollution bulletin. Vol. 50, pp: 504-516.

۴۴. **Mendoza Carranza, M.; Sepúlveda Lozada, A.; Dias Ferreira, C. and Geissen, V., 2016.** Distribution and bioconcentration of heavy metals in a tropical aquatic food web: A case study of a tropical estuarine lagoon in SE Mexico. Environment and pollution. Vol. 210, pp: 155-165.

۴۵. **MOOPAM. 1999.** Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods. Kuwait. Vol. 20.

۴۶. **Movahed, A.; Dehghan, A.; Haji Hosseini, R.; Akbarzadeh, S.; Zendehboudi, A.A.; NafisiBehabadi, M.; Mohammadi, M. M.; Hajian, N.; Pakdel, F.; Hefzulla, A. and Iranpour, D., 2013.** Evaluation of heavy metals in the tissues of different species of shrimps collected from coastal waters of Bushehr, Persian Gulf. Iranian South Medical Journal. Vol. 16, No. 2, pp: 100-109.

۴۷. **Nasr, M.S.; Okbah, M.A. and Kasem, Sh. M., 2006.** Environmental Assessment of Heavy Metal Pollution in Bottom Sediments of Aden Port, Yemen. International Journal of Oceans and Oceanography. Vol. 1 No. 1, pp: 99-109.

۴۸. **Olusola, J. and Festus, A., 2015.** Assessment of Heavy Metals in Some Marine Fish Species Relevant to their Concentration in Water and Sediment from Coastal Waters of Ondo State, Nigeria. Journal of Marine Science: Research and Development. Vol. 5, No. 2, pp: 163.

۴۹. **Páez Osuna, F. and Ruiz Fernández, C., 1995.** Trace metals in the Mexican shrimp *Penaeus vannamei* from estuarine and marine environments. Environment and pollution. Vol. 87, pp: 243- 247.

۵۰. **Roberts, J.R., 1999.** Metal toxicity in children. In Training Manual on Pediatric Environmental Health: Putting It into Practice. Emeryville, CA: Children's Environmental Health Network (http://www.cehn.org/ cehn/trainingmanual/pdf/ manual-full.pdf,

۵۱. **Sheppard, C.C., 2001.** Physical and environmental of the Gulf relevant to marine pollution. Marine pollution Bulletin, Vol. 27, pp: 48 -52.

۵۲. **Sinem Atgin, R.; El Agha, O.; Zarars ız, A.; Kocataş, A.; Parlak, H. and Tuncel, G., 2000.** Investigation of the sediment pollution in Izmir Bay: trace elements. Spectrochimica acta. Part B, Atomic spectroscopy. Vol. 55, No. 7, pp: 1151-1164.

۵۳. **Sorensen, E.M.B., 1991.** Editor. Metal Poisoning in Fish. 1st ed. Boca Raton, Florida, CRC Press. 347 p.

۵۴. **Taweel, A.; Shuhaimi Othman, W. and Ahmad, A.K., 2013.** Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia and evaluation of the

۲۵. **Davari, A.; Danehkar, A.; Khorasani, N. and Javanshir, A., 2010.** An Investigation on accumulation of heavy metals in roots and leaves of Avicennia marina sediment, Bushehr, the Persian Gulf. Journal of Ecology and the Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources). Vol. 63, No. 3, pp: 267-277.

۲۶. **De Astudillo, L.R.; Yen, I.C. and Berkele, I., 2005.** Heavy metals in sediments mussels and oysters from Trinidadand Venezuela. Revista de biología tropical. Vol. 53, pp: 41-53.

۲۷. **Delman, O.; Demirak, A. and Balci, A., 2006.** Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food chemistry. Vol. 26, pp: 157-162.

۲۸. **Ergin, M.; Saydam, C.; Baştürk, Ö.; Erdem, E. and Yörük, R., 1991.** Heavy metal concentrations in surface sediments from the two coastal inlets (Golden Horn Estuary and İzmit Bay) of the northeastern Sea of Marmara. Chemical geology. Vol. 91, No. 3, pp: 269-285.

۲۹. **FDA. 2011.** Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance, 14th edition. Department of health and human service public health food and drug administration center for food safety and applied nutrition of food safety. 476 p.

۳۰. **Förstner, U. and Wittmann, G.T.W., 1981.** Metal Pollution in the Aquatic Environment (2nd rev ed.), Berlin; New York. 486 p.

۳۱. **Geffard, A.; Quéau, H.; Dedourge, O.; Biagianti Risboug, S. and Geffard, O., 2007.** Influence of biotic and abiotic factors on metallothionein level in *Gammarus pulex*. Comp. Comparative biochemistry and physiology. Part C, Pharmacology, toxicology and endocrinology. Vol. 145, No. 4, pp: 632-640.

۳۲. **Gesamp, 1987.** IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/ UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution: Report of the seventeenth session. Geneva, Switzerland: World Health Organization, (Reports and Studies No. 31). GESAMP Rep. Stud. Vol. 32, pp: 1-172.

۳۳. **Golovanova, I.L., 2008.** Effect of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. Inland water biology. Vol. 1, pp: 93-101.

۳۴. **Goyer, R.A., 1996.** Toxic effects of metals. In Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, 5th ed. C.D. Klaassen, Ed. McGraw Hill, New York.

۳۵. **Groger, J.; piatkowski, U. and Hiemann, H., 2000.** Beak length analysis of the Southern Ocean squid *Psychroteuthis glacialis* (Cephalopoda psychroteuthidae) and its use for size and biomass estimation. Polar Biology. Vol. 23, pp: 70-74.

۳۶. **Gu, Y.G.; Lin, Q.; Wang, X.H.; Du, F.Y.; Yu, Z.Y. and Huang, H.H., 2015.** Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks. Marine pollution bulletin. Vol. 96, pp: 508-512.

۳۷. **Heath, A.G., 1987.** Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press, Inc, Florida, USA. 245 p.

۳۸. **Kanakaraju, D.; Ibrahim, F. and Berseli, M.N., 2008.** Comparative study of heavy metal concentrations in Razor Clam (*Solen regularis*) in Moyan and Serpan, Sarawak. Journal of advances in modeling earth systems. Vol. 2, No. 2, pp: 87-91.

۳۹. **Karbassi, A.R.; Heidari, M.; Vaezi, A.R.; Sam ani, A.R.V.; Fakhraee, M. and Heidari, F., 2013.** Effect of pH and salinity on flocculation process of heavy metals during mixing of Aras River water with Caspian Sea water. Environmental Earth Sciences. pp: 1-9.

۴۰. **Kavun, V.Y. and Shul'kin, V., 2005.** Changes in the microelementcomposition in organs and tissues of the bivalve *Crenomytilus grayanus* acclimatized in a

www.SID.ir

Archive of SID

health risk from tilapia consumption. Ecotoxicology and environmental safety. Vol. 93, pp: 45-51.

۵۵. **Ugolini, A.; Borghini, F.; Calosi, P.; Bazzicalupo, M.; Chelazzi, G. and Focardi, S., 2004.** Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination. Marine pollution bulletin. Vol. 48, pp: 526-532.

۵۶. **USEPA. 1999.** Technical Guiddance for Screening Contaminated Sediments. New York State Department of Environmental Conservation. 32 p.

۵۷. **Warren, L.A., 1998.** Modeling cadmium accumulation by benthic invertebrates in situ: the relative contributions of sediment and overlying water reservoirs to organism cadmium concentrations. Limnology and Oceanography. Vol. 43, pp: 1442-1454.

۵۸. **WHO. 1979.** Mercury. In environmental health criteria 1, World Health Organization, Geneva.

۵۹. **WHO. 1990.** Methylmercury in environmental health criteria 101, World Health Organization, Geneva.

۶۰. **WHO. 1995.** Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Part 1 Implications for Policy Markers. 25 p.

۶۱. **Yang, Y.; Chen, F.; Zhang, L.; Liu, J.; Wu, S. and Kang, M., 2012.** Comprehensive assessment of heavy metal contamination in sediment of the Pearl River Estuary and adjacent shelf. Marine pollution bulletin. Vol. 64, No. 9, pp: 1947 1955.

www.SID.ir