

توانایی تجمع فلزات سنگین در پوسته دوکفه‌ای *Cerastoderma lamarcki* در سواحل جنوب غربی دریای خزر، استان گیلان

محسن محمدی گلنگش^{۱*}، مارال کوپی^۲ و علی بانی^۳

^۱ ایران، رشت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، پژوهشکده حوزه آبی خزر، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست

^۲ ایران، رشت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، گروه محیط‌زیست

^۳ ایران، رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی

تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۷

چکیده

در این تحقیق، میزان غلظت فلزات نیکل، آهن، کادمیوم، آلومینیوم، کروم، مس، روی، سرب و وانادیوم در رسوبات و پوسته صدف *Cerastoderma lamarcki* در سواحل جنوب‌غربی دریای خزر در محدوده استان گیلان در بهمن‌ماه ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها از ۱۰ ایستگاه در سواحل جنوب‌غربی دریای خزر در محدوده استان گیلان در بهمن‌ماه ۱۳۹۳ جمع‌آوری گشته و پس از آماده‌سازی اولیه و هضم اسیدی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICP - OES آنالیز شدند. نتایج نشان دادند که پوسته صدف مورد مطالعه از توانایی مناسبی برای تجمع فلزات مس، سرب، روی، کروم و کادمیوم برخوردار می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان یک پایشگر زیستی مناسب برای این عناصر در منطقه مورد استفاده قرار گیرد. نتایج آنالیز خوشه‌ای نشان داد که در بین عناصر مورد مطالعه، عناصر آهن و آلومینیوم در رسوبات، در یک گروه مستقل قرار گرفتند. نتایج آنالیز همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عناصر نیکل، وانادیوم، کروم و کادمیوم در نمونه‌های رسوب و صدف وجود دارد. نتایج فاکتور غنی‌شدگی (EF)، نشان داد که رسوبات منطقه برای فلزات مس، سرب، وانادیوم، کروم و نیکل از غنی‌شدگی متوسطی برخوردار هستند. مقایسه غلظت فلزات مورد مطالعه با استانداردهای جهانی نشان می‌دهد که رسوبات از نظر غلظت عناصر مس، نیکل و کادمیوم از آلودگی متوسط برخوردار هستند. با توجه به روند روبه رشد توسعه شهری، کشاورزی و صنعتی در منطقه، ورود آلاینده‌ها می‌تواند بطور قابل‌ملاحظه‌ای سلامت انسان و محیط‌زیست را تهدید کند. بنابراین پایشگری زیستی آلاینده‌ها با استفاده از پوسته سخت دوکفه‌ای‌ها روش سودمندی است که می‌تواند اطلاعات مفیدی از حضور آلاینده‌ها را در طول سال‌ها ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: فلز سنگین، رسوب، *Cerastoderma lamarcki*، دریای خزر

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۱۳۳۳۶۶۸۴۴۱، پست الکترونیکی: mohammadi2g@gmail.com

مقدمه

انواع آلاینده‌های آلی، معدنی و بیولوژیک، اکوسیستم‌های آبی منطقه را تحت تأثیر قرار دهد. این آلاینده‌ها بر اساس خواص فیزیکی و شیمیایی خود و شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط پذیرنده، ابتدا در بخش‌های غیرزنده محیط توزیع می‌شوند و سپس به‌مرور در پیکره زیست‌مندان اکوسیستم تجمع می‌یابند (۱۷). در این میان، فلزات سنگین

دریای خزر بزرگترین دریاچه بسته جهان است که ۷۵۰ کیلومتر از نوار ساحلی آن در سه استان گیلان، مازندران و گلستان در کشور ایران واقع شده است (۲۱). افزایش جمعیت، توسعه انواع صنایع و کشاورزی در سواحل جنوبی دریای خزر موجب شده است تا مقدار زیادی از فاضلاب‌های شهری، صنعتی و پساب‌های کشاورزی با

منطقه مورد تجزیه و تحلیل نمود (۶). طی مطالعه‌ای که توسط باقری و همکاران (۲۰۱۴)، به منظور ارزیابی ریسک زیست‌محیطی فلزات سنگین در رسوبات سطحی دریایی خزر در دو فصل مختلف انجام شد، مشخص گردید که، اگرچه تفاوت معناداری بین غلظت نیکل، آرسنیک و سرب در دو فصل زمستان و تابستان وجود دارد اما از نظر کیفی رسوبات منطقه مورد مطالعه از نظر بار آلودگی فلزات، غیرآلوده گزارش شدند (۴). بنابراین برای مطالعات دقیقتر علاوه بر مطالعه رسوبات بعنوان بستر پذیرنده آلاینده‌ها، می‌توان از برخی جانداران در مطالعات پایشگری زیستی برای ارزیابی کیفی اکوسیستم‌ها استفاده نمود. این جانداران، گونه‌های گیاهی و جانوری هستند که می‌توانند مقادیر بالایی از آلاینده‌ها را در اندام‌های خود انباشت نمایند و خود نیز از پایداری بیشتری در محیط زیست برخوردار باشند (۲۵). سالهاست که آبیانی مانند دوکفه‌ای‌ها و ماهیان به‌عنوان گونه‌هایی مناسب برای نظارت پیوسته اکوسیستم آبی توسط سازمان‌هایی مانند NOAA= National Oceanic and Atmospheric Administration و EPA= Environmental Protection Agency مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۵) و پایش آلاینده‌ها در اندام‌های مختلف صدف‌ها از سال ۱۹۸۴ در امریکا مطرح شد (۳۰). هوآنکسین و همکاران (۲۰۰۰)، طی مطالعه‌ای بر روی پوسته صدف‌های دوکفه‌ای، بیان کردند که جذب بالای فلزات در پوسته صدف متأثر از غلظت فلز در محیط اطراف صدف است (۱۴). یاپ و همکاران (۲۰۰۳)، پوسته صدف *Perna viridis* را بعنوان پایشگر مناسب برای پایش عناصر کادمیوم، سرب و روی معرفی کردند (۳۲) گیلی کین و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای جهت بررسی میزان آلودگی فلز Pb در پوسته صدف دوکفه‌ای *Crassostrea gigas* در شمال کارولینا، عامل تغییرات غلظت این فلز در پوسته را ناشی از روان آب‌های حاصله از منابع آلوده‌کننده واقع در مناطق بالادست عنوان کردند (۱۲). مطالعات طولانی‌مدت استفاده از صدف‌ها در شبه‌جزیره مالزی بعنوان تجربه‌ای موفق در

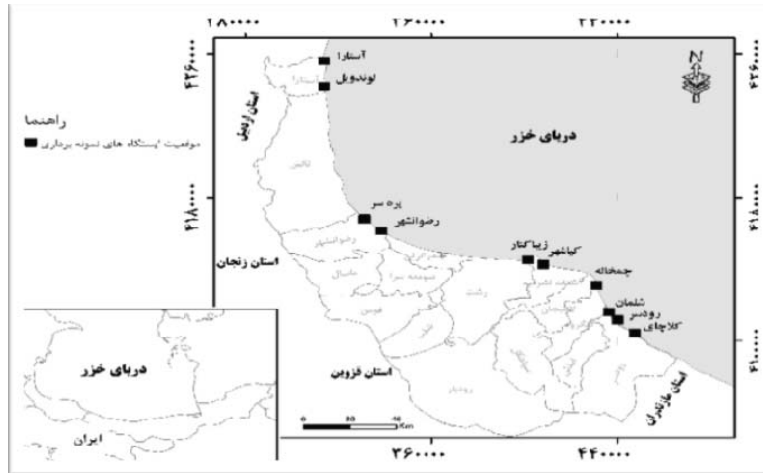
از خطرناک‌ترین آلاینده‌هایی هستند که از منابع متعدد طبیعی و مصنوعی، وارد اکوسیستم‌های آبی می‌شوند (۷). این آلاینده‌ها عمدتاً به دلیل سمیت بالا، پایداری، تجزیه‌ناپذیری توسط فرایندهای بیولوژیکی و توانایی تجمع‌زیستی در بسیاری از گونه‌های آبی از نظر مطالعات اکولوژیکی و بهداشتی از اهمیت بالایی برخوردارند (۸). وجود انواع منابع آلاینده طبیعی، مصنوعی و مسیرهای ورودی متعدد در مقیاس منطقه‌ای، ملی و قرارگرفتن منطقه مورد مطالعه در مرز آبی مشترک با کشور آذربایجان باعث شده است تا این مناطق علاوه بر منابع آلاینده منطقه‌ای تحت تأثیر انواع آلاینده‌های بین‌المللی نیز قرارگیرند. باتوجه به وجود کاربری کشاورزی و صنعتی در اطراف مناطق ساحلی و روند افزایش فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز، منابع آلاینده مختلف غیرنقطه‌ای سواحل منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۷). اگرچه بسته بودن این دریاچه و تغییرات توپوگرافی، جریان‌های دریایی در سبزیبندی و انتشار رسوبات و آلاینده‌ها در این اکوسیستم، به‌عنوان عوامل طبیعی نقش مؤثری دارند (۱۹). تراکم جوامع انسانی و کاربری‌های مناطق ساحلی باعث شده است تا آلودگی ابتدا در آب و رسوبات مناطق ساحلی وارد شوند و در ادامه براساس شرایط محیطی و نوع آلاینده توسط گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری دریافت و سپس در اندام‌های مختلف آنها تجمع یابند و به سطوح بالاتر زنجیره غذایی منتقل شوند. مطالعات نشان می‌دهد که غلظت برخی از فلزات در رسوبات و بدن برخی از جانداران آبی از مقادیر آنها در آب بیشتر است، لذا تجزیه و تحلیل تجمع‌زیستی عناصر سنگین در رسوبات و گونه‌های مختلف آبیان، انباشتگی این آلاینده‌ها را در سیستم‌های اکولوژیکی در طول زمان نشان می‌دهد (۴). اگرچه پایشگری زیستی آلاینده‌ها در اندام‌های موجودات زنده، گزارش تاریخی از سیر آلاینده‌ها در محیط‌زیست منطقه است اما براساس داده‌های بدست آمده می‌توان بطور غیرمستقیم آسیب‌های وارده بر سلامت انسان را نیز در

درهر ایستگاه، پس از جمع‌آوری نمونه‌های پوسته صدف، نمونه ترکیبی از رسوبات سطحی توسط بیلچه پلاستیکی در محیط پیرامون، نمونه‌های صدف در دی و بهمن‌ماه ۱۳۹۳ با ۳ تکرار انجام شد. نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی زیپ بگ، قرارداد شدند و سپس با استفاده از یخدان یونیلیتی حاوی یخ خشک به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های رسوب در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آن به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و پس از عبور دادن از الک ۶۳ میکرون در هاون چینی کوبیده شد و با استفاده از ترازوی دیجیتال از هریک از نمونه‌های رسوب یک گرم بطور جداگانه وزن گردید و با استفاده از اسیدنیتریک و اسید کلریدیک (به نسبت ۱:۳) عملیات هضم برای هر نمونه انجام شد، ابتدا به مدت یک ساعت در دمای ۴۰ درجه با استفاده از حمام آبی و سپس برای هضم کامل، به مدت ۱ ساعت در دمای ۹۰ درجه و ۲ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه در راکتور هضم قرارگرفتند و پس از سرد شدن، توسط کاغذ واتمن ۴۲ فیلتر شدند و با آب دیونیزه به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد (۲۳). نمونه‌های صدف در آزمایشگاه ابتدا با آب مقطر شست‌وشو داده شدند تا جسم‌های خارجی از آنها جدا شوند، صدف‌ها توسط آن در دمای ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. سپس در هاون، پودر شدند و پس از عبور دادن از الک ۶۳ میکرون، یک گرم از نمونه پودر صدف برای هضم اسیدی آماده شدند. عملیات هضم نمونه‌های پوسته صدف با استفاده از اسید نیتریک غلیظ در دو مرحله ابتدا به مدت ۱ ساعت در ۴۰ درجه سانتی‌گراد و سپس ۳ ساعت در ۱۴۰ درجه در راکتور هضم انجام شد (۳۲). درنهایت غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب و صدف توسط دستگاه (ICP-OES) مورد آنالیز قرارگرفتند نتایج بدست آمده در دامنه بازایی ۹۶ تا ۱۰۲ درصد مورد پذیرش قرارگرفت و نتایج عناصری که خارج از دامنه بازایی قرارداشتند حذف شدند.

پایش انواع آلاینده‌ها نشان می‌دهد که تغییرات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و ژنتیکی صدف‌ها، اطلاعات مفیدی از کیفیت محیط‌زیست خود ارائه می‌نمایند (۳۱). دراین راستا، باتوجه به سابقه طولانی و موفق پایشگری صدفی و کمبود این نوع از پایشگری در سواحل دریای خزر و همین‌طور پراکنش مناسب پوسته صدف در بخش‌های مختلف نوار ساحلی خزر، کمبود مطالعه پایشگری زیستی در این سواحل به خوبی احساس می‌شود. در این راستا، این تحقیق با هدف بررسی غلظت‌های فلزات سرب، روی، مس، کروم، آلومینیوم، کادمیوم، آهن، نیکل و وانادیوم در پوسته صدف *Cerastoderma lamarcki* و رسوبات سواحل استان گیلان انجام شد تا توان انباشتگری عناصر مذکور در صدف مورد مطالعه بررسی شود و منشأ آلاینده‌ها مشخص گردد. سپس جهت بررسی کیفیت رسوبات منطقه، غلظت فلزات با حدود مجاز تعیین شده از سوی سازمان‌های بین‌المللی مقایسه شد (۲۰)(۱۹). می‌توان بر اساس وضعیت موجود، برنامه‌های مدیریتی ویژه در راستای ارتقای کیفی محیط زیست ساحلی استان گیلان ارائه نمود.

مواد و روشها

دراین پژوهش جهت اندازه‌گیری میزان فلزات آهن، آلومینیوم، سرب، کادمیوم، وانادیوم، نیکل، کروم، روی و مس در رسوبات و در صدف دوکفه‌ای *Cerastoderma lamarcki* از ۱۰ ایستگاه واقع در سواحل غربی دریای خزر مطابق جدول ۱ نمونه‌برداری انجام شد. منطقه مورد مطالعه در بخش جنوب‌غربی دریای خزر (سواحل استان گیلان) در بین مختصات ۴۹ درجه ۲۳ دقیقه و ۴۵ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه و ۸۸ ثانیه و نیز عرض ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه و ۳۸ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه و ۶۲ ثانیه واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سواحل استان گیلان

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی
۱	آستارا	۳۸°۴۲'۲۶"N ۴۸°۵۸'۰۶"E
۲	لوندویل	۳۸°۳۱'۰۵"N ۴۸°۵۷'۵۹"E
۳	پره سر	۳۷°۵۹'۶۸"N ۴۹°۱۵'۷۰"E
۴	رضوانشهر	۳۷°۵۹'۳۵"N ۴۹°۱۶'۲۶"E
۵	زیباکنار	۳۷°۴۷'۰۱"N ۴۹°۴۴'۰۵"E
۶	کیاشهر	۳۷°۴۶'۵۳"N ۴۹°۴۴'۵۷"E
۷	چمخاله	۳۷°۲۲'۰۲"N ۵۰°۲۷'۰۷"E
۸	شلمان	۳۷°۲۱'۲۰"N ۵۰°۲۷'۴۸"E
۹	رودسر	۳۷°۰۹'۹۷"N ۵۰°۳۷'۷۹"E
۱۰	کلاچای	۳۷°۰۹'۸۲"N ۵۰°۳۸'۰۸"E

باتوجه به اینکه عنصر مرجع در تعیین ضریب غنی‌شدگی، عنصری است که منشأ کاملاً زمین‌شناسی داشته باشد، در منطقه‌ی مورد مطالعه، عنصر Al به دلیل ماهیت ژئوشیمیایی، تغییرات بسیار ناچیز و تحرک کمی که در محیط ژئوشیمیایی از خود نشان می‌دهد، و به‌عنوان عنصر مرجع انتخاب شد (۱۰). در جدول ۲ مقادیر شاخص غنی‌شدگی آورده شده است که باتوجه به مقادیر محاسبه‌شده EF، کیفیت رسوبات را می‌توان بررسی نمود (۲).

در ادامه بر حسب کاربرد تحلیل خوشه‌ای، به‌منظور گروه‌بندی عناصر با خصوصیات ژئوشیمیایی یکسان،

آنالیز آماری نتایج بدست آمده، با استفاده از نسخه ۲۳ نرم‌افزار SPSS انجام شد و از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) به‌منظور بررسی اختلاف یا عدم اختلاف معنی‌دار غلظت عناصر در بین ایستگاه‌ها استفاده شد. جهت تفکیک منشأ طبیعی و انسان‌زاد آلودگی، شاخص غنی‌شدگی EF = Enrichment Factor با استفاده از فرمول ۱ محاسبه گردید که در آن، H_s و H_c غلظت فلزات سنگین در نمونه و زمینه مرجع و AL_s و AL_c نیز محتویات آلومینیوم در نمونه و زمینه مرجع می‌باشند.

$$EF = (H_s / AL_s) / (H_c / AL_c) \quad (\text{فرمول ۱})$$

ایستگاه ۲، بدست آمد. به‌منظور ارزیابی جامع از وضعیت آلودگی رسوبات، ضریب غنی‌شدگی هریک از فلزات محاسبه و نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است. همچنین در جدول ۶ نتایج این مطالعه با حدود توصیه‌شده فلزات در رسوبات توسط استانداردهای بین‌المللی NOAA و ISQGs= Interim Sediment Quality Guidelines مقایسه شده است. استاندارد ISQGs با دو شاخص TEL= Threshold Effect و PEL= Probable Effect Level و استاندارد NOAA با شاخص‌های ERM= Effect Range Median و ERL=Effect Range Low تعریف شده‌اند، بطوریکه ERL نشان‌دهنده کمترین میزان تأثیر و شاخص ERM نشان‌دهنده تأثیر متوسط می‌باشند. در شکل ۲، دندروگرام حاصل از آنالیز خوشه‌ای نمایش داده شده است. هرچه این میزان کاهش یابد، میزان ارتباط معنی‌دار خوشه‌ها افزایش می‌یابد. در نمودار درختی موجود در شکل ۲، عناصر موردبررسی در دو خوشه A و B قرار گرفته‌اند که در خوشه A آهن و آلومینیوم و در خوشه B کادمیوم، سرب، کروم، نیکل، وانادیوم، مس و روی دیده می‌شود. همچنین نتایج آنالیز همبستگی بین فلزات در نمونه‌های رسوب و پوسته صدف در جدول ۷ نشان داده شده است.

بحث

براساس نتایج بدست آمده در این تحقیق ترتیب غلظت عناصر در رسوبات، از الگوی $Pb < Ni < Zn < Cr < Cu < V < Cd < Al < Fe$ پیروی کرده است. نتایج حاصله در این تحقیق مشابه با نتایج مطالعات اردبیلی و همکاران (۲۰۰۶)، بابایی و خداپرست (۲۰۰۹) بدست آمد (۳۰۱). اگرچه فلزاتی مانند مس و روی جزء فلزات ضروری برای موجودات زنده محسوب می‌گردند اما غلظت‌های بالای آنها برای سلامت زیست‌مندان مخاطره‌انگیز است (۲۹). ازجمله منابع مهمی که در آلودگی رسوبات نسبت به عناصر مس و کروم مؤثر هستند، می‌توان

خوشه‌بندی سلسله مراتبی تراکمی (Agglomerative Hierarchical Clustering) با استفاده از روش پیوستگی Ward، به‌منظور تعیین میزان مشابهت استفاده شد.

جدول ۲- مقادیر شاخص ضریب غنی‌شدگی (EF)

EF	میزان غنی‌شدگی
<۲	فاقد غنی‌شدگی تا غنی‌شدگی کم
۲-۵	غنی‌شدگی متوسط
۵-۲۰	غنی‌شدگی زیاد
۲۰-۴۰	بسیار غنی‌شده
>۴۰	به‌شدت غنی‌شده

روش وارد، روشی شناخته‌شده جهت ارزیابی فاصله بین خوشه‌ها بر مبنای نگرش بر واریانس داده‌ها می‌باشد، به‌گونه‌ای که نشان‌دهنده درجه شباهت توزیع و واریانس میان فلزات است. همچنین همبستگی بین غلظت آلاینده‌ها در نمونه‌های رسوب و صدف، با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون بررسی گردید.

نتایج

در این بررسی غلظت فلزات سنگین Cd, Pb, Cr, Ni, V, Al و فلزات ضروری Cu, Zn و Fe در رسوبات و پوسته صدف *Cerastoderma lamarcki* در سواحل استان گیلان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج سنجش غلظت فلزات سنگین در صدف و رسوب در جداول ۳ و ۴ و نیز در نمودارهای ۱ الی ۴ نشان داده شده است. در بین عناصر مورد مطالعه با توجه به غلظت بالای عناصر آهن و آلومینیوم مقادیر آنها در جدول به صورت درصد بیان شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین غلظت مس و کادمیوم در صدف‌های ایستگاه ۳، بیشترین غلظت کروم و نیکل در صدف‌های ایستگاه ۱ و بالاترین مقدار سرب و کمترین میزان روی و کروم در صدف‌های ایستگاه ۵ مشاهده شد. همچنین رسوبات ایستگاه ۱، دارای بالاترین مقادیر وانادیوم، نیکل و کروم بوده و بیشترین غلظت سرب و کادمیوم در رسوبات ایستگاه ۶ و بیشترین مقدار آلومینیوم و مس در رسوبات

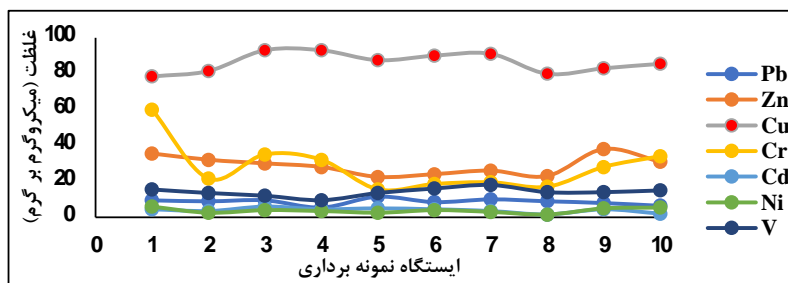
به صنایع موجود در شهرک‌های صنعتی واقع در استان و کشاورزی اشاره کرد.
گیلان، همچون پلاستیک و صنایع فلزی، پساب‌های شهری

جدول ۳- غلظت فلزات (میکروگرم بر گرم) در نمونه صدف‌های ایستگاه‌های مختلف (میانگین \pm انحراف از معیار)

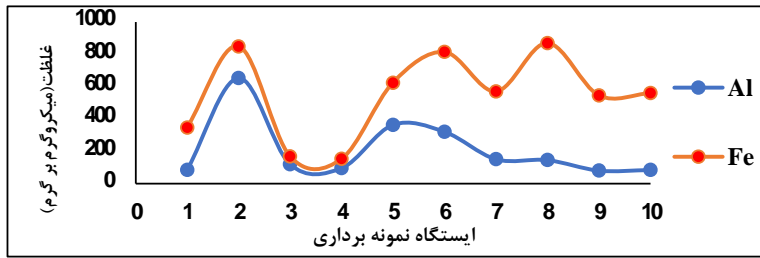
ایستگاه	V	Ni	Cr	Cd	Pb	Zn	Cu	%Al	%Fe
۱	۱۵/۵۵ \pm ۰/۱۱	۶ \pm ۰/۱	۶۰ \pm ۰/۴	۴/۵ \pm ۰/۰۱	۹/۵ \pm ۰/۲۵	۳۵/۵ \pm ۱/۲۵	۷۸/۵ \pm ۰/۲	۰/۰۰۸ \pm ۰/۰۱	۰/۰۳۰ \pm ۰/۰۱
۲	۱۳/۵ \pm ۱/۰۳	۲/۵ \pm ۰/۴	۲۱/۵ \pm ۰/۱۵	۳/۵ \pm ۰/۲	۹ \pm ۰/۱	۳۲ \pm ۰/۱۵	۸۱/۵ \pm ۰/۱۳	۰/۰۰۶ \pm ۰/۰۰۳	۰/۰۰۸ \pm ۰/۰۰۵
۳	۱۲ \pm ۰/۰۸	۴ \pm ۰/۰۵	۳۵ \pm ۰/۲	۶/۰۲ \pm ۰/۱۵	۹/۵ \pm ۰/۵	۳۰ \pm ۲/۲	۹۳ \pm ۰/۰۵	۰/۰۱ \pm ۰/۰۰۲	۰/۰۱ \pm ۰/۰۰۲
۴	۹/۵ \pm ۱/۰ \pm	۳/۵ \pm ۲/۱ \pm	۳۲ \pm ۲/۱ \pm	۴/۵ \pm ۲/۰ \pm	۵/۵ \pm ۵/۰ \pm	۲۸ \pm ۴/۰ \pm	۹۳ \pm ۲/۱ \pm	۰/۰۰۹ \pm ۰/۱/۰ \pm	۰/۰۱۵ \pm ۰/۱/۰ \pm
۵	۱۳/۵ \pm ۱/۰ \pm	۲/۵ \pm ۰/۵/۰ \pm	۱۵/۵ \pm ۵/۰ \pm	۵/۰۳ \pm ۴/۰ \pm	۱۱/۵ \pm ۱۶/۰ \pm	۲۲/۵ \pm ۱/۱ \pm	۷۸/۵ \pm ۶/۰ \pm	۰/۰۰۳ \pm ۰/۵/۰ \pm	۰/۰۰۶ \pm ۰/۱۵/۰ \pm
۶	۱۶ \pm ۱۴/۰ \pm	۴ \pm ۰/۱ \pm	۱۸/۵ \pm ۰/۷/۱ \pm	۴/۵ \pm ۰/۱/۰ \pm	۸/۵ \pm ۴۴/۰ \pm	۲۴ \pm ۵/۱ \pm	۹۰ \pm ۵/۱ \pm	۰/۰۰۳ \pm ۰/۲۱/۰ \pm	۰/۰۰۸ \pm ۰/۱/۰ \pm
۷	۱۸ \pm ۷۸/۰ \pm	۳ \pm ۵/۰ \pm	۱۹/۵ \pm ۵۵/۰ \pm	۳/۵ \pm ۲۵/۰ \pm	۱۰ \pm ۱/۱ \pm	۲۶ \pm ۴۱/۰ \pm	۹۱ \pm ۷۷/۰ \pm	۰/۰۱ \pm ۰/۰۴۴/۰ \pm	۰/۰۰۵ \pm ۰/۱/۰ \pm
۸	۱۴ \pm ۲/۰ \pm	۱/۵ \pm ۶۳/۰ \pm	۰/۱/۱ \pm ۱۷	۱/۵ \pm ۰/۱/۰ \pm	۰/۵ \pm ۹	۲/۱ \pm ۲۳	۰/۵ \pm ۱۸	۰/۰۱ \pm ۰/۰۲۲/۰ \pm	۰/۰۰۸ \pm ۰/۱۵/۰ \pm
۹	۱۴ \pm ۲۵/۰ \pm	۵ \pm ۱۵/۰ \pm	۲۸ \pm ۰/۵/۰ \pm	۴/۵ \pm ۲۲/۰ \pm	۸ \pm ۰/۴/۰ \pm	۳۸ \pm ۱۴/۱ \pm	۸۳ \pm ۰/۵/۰ \pm	۰/۰۰۸ \pm ۰/۱۵/۰ \pm	۰/۰۰۵۴ \pm ۰/۲/۰ \pm
۱۰	۱۵ \pm ۳۲/۰ \pm	۵/۵ \pm ۰/۲/۱ \pm	۳۴ \pm ۲/۱ \pm	۲ \pm ۰/۱/۰ \pm	۶/۵ \pm ۵/۰ \pm	۳۱ \pm ۲۵/۰ \pm	۸۵/۵ \pm ۰/۳/۱ \pm	۰/۰۰۸ \pm ۰/۲/۰ \pm	۰/۰۰۵۶ \pm ۰/۱/۰ \pm
میانگین	۱۴/۱۱ \pm ۲/۲۲	۳/۷۵ \pm ۱/۳۸	۲۸/۱۱ \pm ۲/۶	۳/۹۶ \pm ۰/۳۱	۸/۷۱ \pm ۱/۶۵	۲۹/۰۱ \pm ۵/۰۸	۸۹/۳۱ \pm ۶/۲۱	۰/۰۰۲ \pm ۰/۰۰۲	۰/۰۰۴ \pm ۰/۰۱

جدول ۴- غلظت فلزات (میکروگرم بر گرم) در نمونه رسوبات ایستگاه‌های مختلف (میانگین \pm انحراف از معیار)

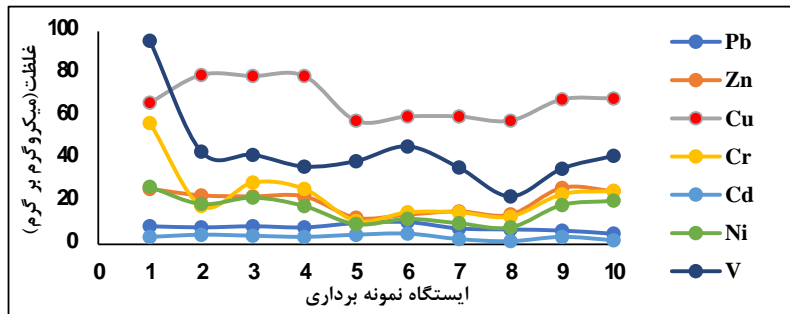
ایستگاه	V	Ni	Cr	Cd	Pb	Zn	Cu	%Al	%Fe
۱	۹۵/۵ \pm ۲/۰۶	۲۷ \pm ۶/۰ \pm	۵۷ \pm ۰/۴	۳/۵ \pm ۰/۲۵	۸/۵ \pm ۰/۵	۲۶ \pm ۰/۱/۱ \pm	۶۶/۵ \pm ۲/۲	۱/۲ \pm ۱/۱۵	۰/۹۹ \pm ۰/۰۵
۲	۴۳/۵ \pm ۰/۱۵	۱۹ \pm ۱/۱۲	۱۸ \pm ۰/۱۵	۴/۵ \pm ۰/۱۸	۸ \pm ۰/۲	۲۳ \pm ۰/۵۲	۷۹/۵ \pm ۰/۵	۱/۳۹ \pm ۰/۱	۰/۹۲ \pm ۰/۱۲
۳	۴۲ \pm ۱/۰۵	۲۲ \pm ۰/۵	۲۹ \pm ۰/۲	۴ \pm ۰/۱۱	۸/۵ \pm ۰/۰۱	۲۲/۵ \pm ۱/۰۲	۷۹ \pm ۲/۲۵	۱/۱۶ \pm ۰/۱۵	۰/۸۸ \pm ۰/۰۱
۴	۳۶/۵ \pm ۰/۲/۱ \pm	۱۸ \pm ۱/۱ \pm	۲۶ \pm ۲/۱ \pm	۳/۵ \pm ۱/۱ \pm	۸ \pm ۱۵/۰ \pm	۲۲/۵ \pm ۰/۰ \pm	۷۹ \pm ۵/۱ \pm	۱/۱۲ \pm ۰/۰۲/۰ \pm	۰/۸۳ \pm ۲/۰ \pm
۵	۳۹ \pm ۵/۱ \pm	۹/۵ \pm ۱/۱ \pm	۱۱ \pm ۵/۰ \pm	۴/۵ \pm ۰/۳/۰ \pm	۱۰ \pm ۲/۰ \pm	۱۲/۵ \pm ۱۵/۰ \pm	۵۸ \pm ۲۵/۰ \pm	۰/۸۳ \pm ۰/۵/۰ \pm	۰/۵۷ \pm ۰/۲/۰ \pm
۶	۴۶ \pm ۵/۱ \pm	۱۲ \pm ۲/۲/۰ \pm	۱۵ \pm ۰/۷/۱ \pm	۵ \pm ۱/۱ \pm	۱۰/۵ \pm ۵/۰ \pm	۱۴ \pm ۲۵/۲ \pm	۶۰ \pm ۵/۰ \pm	۰/۹۵ \pm ۰/۱/۰ \pm	۰/۷۲ \pm ۰/۵/۰ \pm
۷	۳۶ \pm ۱۷/۰ \pm	۱۰ \pm ۰/۵/۰ \pm	۱۵ \pm ۵۵/۰ \pm	۲/۵ \pm ۰/۲/۰ \pm	۷/۵ \pm ۸/۰ \pm	۱۵/۵ \pm ۱۵/۰ \pm	۶۰ \pm ۵/۱ \pm	۰/۷۱ \pm ۰/۰۲/۰ \pm	۰/۷۳ \pm ۰/۱/۰ \pm
۸	۲۲/۵ \pm ۷۵/۰ \pm	۸ \pm ۰/۲/۰ \pm	۰/۱/۱ \pm ۱۳	۱/۵ \pm ۰/۴/۰ \pm	۰/۱ \pm ۷	۱۴ \pm ۸۷/۰ \pm	۵۸ \pm ۱۵/۰ \pm	۰/۷ \pm ۰/۱/۰ \pm	۰/۵۹ \pm ۰/۵/۰ \pm
۹	۳۵/۵ \pm ۶۶/۰ \pm	۱۸/۵ \pm ۰/۵/۰ \pm	۲۳/۵ \pm ۰/۵/۰ \pm	۳/۵ \pm ۰/۵/۰ \pm	۶/۵ \pm ۵/۰ \pm	۲۶/۵ \pm ۲/۰ \pm	۶۸ \pm ۱۲/۰ \pm	۱/۰۰۳ \pm ۰/۰۲/۰ \pm	۰/۹۸ \pm ۰/۱/۰ \pm
۱۰	۴۱/۵ \pm ۰/۲/۱ \pm	۲۰/۵ \pm ۱۲/۱ \pm	۲۵ \pm ۲/۱ \pm	۲ \pm ۰/۱	۵ \pm ۰/۲/۰ \pm	۲۵ \pm ۲/۰ \pm	۶۸/۵ \pm ۵/۱ \pm	۱/۱ \pm ۰/۱/۰ \pm	۰/۹۹ \pm ۱۵/۰ \pm
میانگین	۴۳/۸ \pm ۸/۶	۱۶/۴۵ \pm ۶/۰۳	۲۳/۲۶ \pm ۱/۸	۳/۴۵ \pm ۱/۲	۷/۹۶ \pm ۱/۵۴	۲۰/۱۶ \pm ۵/۳۱	۶۷/۶۶ \pm ۸/۵	۱/۰۱ \pm ۲/۰ \pm	۰/۸۲ \pm ۰/۱



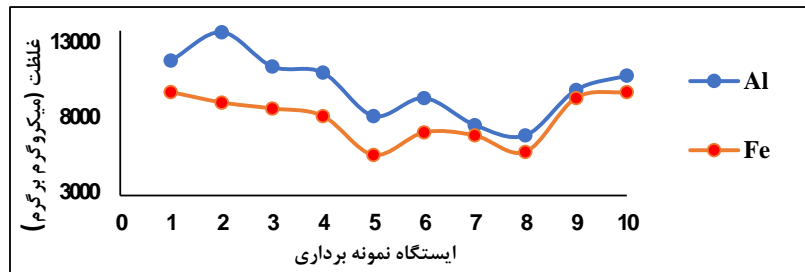
نمودار ۱- میانگین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم) در صدف‌های متعلق به ایستگاه‌های مختلف



نمودار ۲- میانگین غلظت فلزات آهن و آلومینیوم (میکروگرم برگرم) در صدف‌های متعلق به ایستگاه‌های مختلف



نمودار ۳- میانگین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم برگرم) در رسوبات متعلق به ایستگاه‌های مختلف



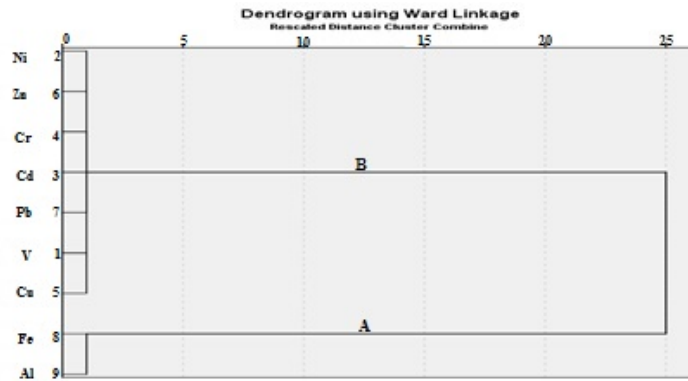
نمودار ۴- میانگین غلظت فلزات آهن و آلومینیوم (میکروگرم برگرم) در رسوبات متعلق به ایستگاه‌های مختلف

جدول ۵- فاکتور غنی‌سازی (EF) فلزات مختلف در سایت‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	Pb	Cu	Zn	Cr	Fe	Al	Ni	V	Cd
۱	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	۲ < Ef < ۵	Ef < ۲	Ef < ۲	۲ < Ef < ۵	۲ < Ef < ۵	Ef < ۲
۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲
۳	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲
۴	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲
۵	۲ < Ef < ۵	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	۲ < Ef < ۵
۶	۲ < Ef < ۵	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	۲ < Ef < ۵
۷	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲
۸	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲
۹	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲
۱۰	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲	Ef < ۲

جدول ۶- مقایسه میانگین غلظت فلزات (میکروگرم بر گرم) در رسوبات سواحل گیلان با استانداردهای بین‌المللی

منبع	Cd	V	Ni	Cr	% Fe	% Al	Zn	Cu	Pb
NOAA (ERL)	۱/۲	-	۲۰/۹	۸۱	۱/۲	-	۱۵۰	۳۴	۴۶/۷
NOAA(ERM)	۹/۶	-	۵۱/۶	۳۷۰	۳/۷	-	۴۱۰	۲۷۰	۲۱۸
ISQG (TEL)	۰/۶	-	۱۵/۹	۵۲/۳	٪۲	۱/۴	۱۲۴	۱۸۷	۳۰/۲
ISQG (PEL)	۴/۲۱	-	۴۲/۸	۱۶۰	۳/۴	-	۲۷۱	۱۰۸	۱۱۲
مطالعه حاضر	۳/۴۵	۴۳/۸	۱۶/۴۵	۲۳/۲۶	۰/۸۲	۱/۰۱	۲۰/۱۶	۶۷/۶۶	۷/۹۶



شکل ۲- نمودار درختی حاصل از آنالیز خوشه‌ای فلزات سنگین در رسوبات ساحلی دریای خزر

جدول ۷- ماتریس همبستگی فلزات در نمونه‌های رسوب و صدف سواحل جنوب‌غربی دریای خزر

صدف	Pb	Zn	Cu	Cr	Al	Cd	Fe	Ni	V
رسوب									
Pb	۰,۵۵۴*								
Zn		۰,۹۳۴**							
Cu			۰,۶۸۱**						
Cr				۰,۹۹۴**					
Al					۰,۲۴۷*				
Cd						۰,۹۰۱**			
Fe							۰,۳۴۸*		
Ni								۰,۸۱۹**	
V									۰,۹۹۸**

* همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار است. ** همبستگی با احتمال خطای کمتر از ۰/۰۱ معنی‌دار است

متنقل می‌گردند (۱۱) وجود فلز کروم در رسوبات می‌تواند به دلیل ورود فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی و نیز عملیات رنگ‌آمیزی، تعمیرات کشتی در اسکله باشد (۲۹).

کودهای شیمیایی حاوی مقادیر بالایی از کادمیوم بوده و فلز مس نیز در ترکیبات این کودها وجود دارد. این عناصر طی فرایند آبشویی به رودخانه‌ها و در نهایت به سواحل

شباهت توزیع و واریانس میان فلزات است. هرچه این میزان کاهش یابد، میزان ارتباط معنی‌دار خوشه‌ها افزایش می‌یابد، نتایج تحلیل خوشه‌ای بر تأثیر فعالیت‌های انسانی در تغییرات غلظت فلزات سرب، وانادیوم، مس، کروم، روی، نیکل و کادمیوم و عوامل طبیعی بر غلظت آلومینیوم و آهن تأکید دارد. ماننا و همکاران (۲۰۰۲) منبع ورود برخی عناصر سنگین را در ایتالیا با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای بررسی نمودند و نتایج آنها نشان داد که سرب، روی، مس و جیوه دارای منشأ طبیعی و در یک گروه قرار گرفتند و عناصر نیکل، کروم و کادمیم در گروه دیگر بوده و از منشأ فعالیت‌های انسانی برخوردار بودند (۱۶). شای و همکاران (۲۰۰۸) توزیع مکانی برخی عناصر سنگین را در خاکهای سطحی شانگهای مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد عوامل انسانی از مهمترین منابع ورودی روی، سرب و مس در این منطقه می‌باشند (۲۶). در این تحقیق، علاوه بر بررسی غلظت عناصر سنگین در رسوبات سواحل استان گیلان، غلظت آنها در پوسته صدف *Cerastodema lamarcki* نیز اندازه‌گیری شده است. دو کفه‌ای‌ها به دلیل خاصیت فیلتر خواری قادرند فلزات سنگین را از محیط دریافت کنند (۱۵ و ۳۰) و بدین ترتیب که این موجودات می‌توانند فلزات سنگین را از طریق محلول‌های آبی، غذا و یا بلعیدن ذرات حاوی فلزات دریافت نمایند (۲۸). در این تحقیق، توالی غلظت فلزات در پوسته صدف به صورت $\text{Fe} > \text{Al} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{V} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Cu}$ بدست آمد. بختیاری و مرتضوی (۲۰۰۷)، میزان عناصر سرب و کادمیوم را در پوسته صدف مروارید ساز محار بررسی کردند و میانگین این دو فلز در پوسته صدف به ترتیب $10/87$ و $2/08$ میکروگرم بر گرم و برای هر دو عنصر بالاتر از مقدار موجود در رسوب گزارش شده است (۵). همچنین در مطالعه‌ای توسط دمتر (۲۰۰۷) از پوسته‌های دو نوع حلزون برای حذف فلز آرسنیک با غلظت‌های مختلف از آب استفاده شد. نتایج نشان داد که هرچه غلظت ابتدایی

در مطالعه حاضر رسوبات ایستگاه آستارا از بیشترین غلظت عنصر وانادیوم، نیکل و کروم برخوردار بوده است که تاثیر فعالیت‌های کشتیرانی و حمل‌ونقل دریایی و فراورده‌های نفتی در کنار استقرار صنایع مختلف در آستارا، از عوامل اصلی این امر می‌باشد. در مطالعه انجام‌شده توسط پورنگ و همکاران (۲۰۰۵) غلظت بالای وانادیوم و نیکل را در خلیج فارس به دلیل آلودگی نفتی ناشی از تردد کشتی‌های نفتکش عنوان شده است (۲۲). ایستگاه گیاهسهر دارای بالاترین غلظت سرب و کادمیوم در رسوبات بوده است که از مهمترین منابع ورودی سرب به رسوبات، فاضلاب‌های صنعتی و عملیات رنگ‌آمیزی کشتی‌ها در اسکله را می‌توان برشمرد (۲۴). براساس نتایج ضریب غنی‌شدگی، ایستگاه رودسر و کلاچای دو عنصر کادمیوم و سرب و در ایستگاه لووندویل، عنصر کروم، نیکل و وانادیوم در محدوده‌ی غنی‌شدگی متوسط قرار دارند که این امر را می‌توان به دلیل فعالیت‌های بالای کشاورزی و ورود پساب‌های کشاورزی حاوی بقایای سموم کشاورزی بالاخص در منطقه شرق استان گیلان و تمرکز نواحی و مراکز صنعتی محلی در غرب استان و بطور خاص اثر فعالیت‌های وابسته به صنعت گردشگری را در فصول توریست پذیر در این مناطق دانست. براساس جدول ۶، غلظت نیکل در رسوبات بین TEL، PEL و غلظت کادمیوم و مس بین ERL، ERM و نیز بین TEL و PEL قرار می‌گیرند که نشانگر آلودگی متوسط می‌باشد که این امر ممکن است سبب بروز اثرات نامطلوب بر روی زیست‌مندان شوند (۱۳). در نمودار درختی موجود در شکل ۲، در خوشه A آهن و آلومینیوم و در خوشه B کادمیوم، سرب، کروم، نیکل، وانادیوم، مس و روی جای گرفته‌اند. به نظر می‌رسد منشأ آهن و آلومینیوم اندازه‌گیری شده در این بررسی، مربوط به اثرات ژئوشیمیایی حوزه آبخیز منطقه می‌باشد. درحالی‌که منابع ورودی سایر فلزات ناشی از فعالیت‌های انسانی در محدوده مورد مطالعه است (۱۸). فاصله خوشه‌ای در نمودار دندروگرام نشان‌دهنده درجه

محیط پیرامون خود دارد نشان می‌دهد که توانسته است بخش قابل‌توجهی از عناصر محیط را در خود تجمع دهد بنابراین براساس توان تجمع زیاد و برخورداری از همبستگی مثبت و بالا با محیط می‌تواند به‌عنوان اندام مناسب برای پایش محیط برای عناصر مورد مطالعه مورد استفاده قرارگیری (۷) و (۳۱). صدف *Cerastoderma lamarcki* در سواحل استان گیلان از پراکنش وسیعی برخوردار می‌باشد. استفاده از پوسته صدف *Cerastoderma lamarcki* به دلیل توان انباشتگری بالا برای فلزات مس، سرب، روی، کروم و کادمیوم به‌خوبی می‌تواند نشان‌دهنده‌ی وضعیت حضور فلزات مذکور در محیط اطراف در طول زمان باشد. لازم به ذکر است که چنانچه روند ورود آلاینده‌ها از منابع صنعتی، کشاورزی و حمل‌ونقل دریایی کنترل نشود، در آینده‌ای نه‌چندان دور غلظت آلاینده‌ها از مرز استانداردهای ملی و بین‌المللی فراتر خواهد رفت. براین اساس، به‌منظور جلوگیری از روند گسترش آلودگی در سواحل، پایش زیست‌محیطی مستمر در منطقه توسط سازمان‌های ذی ربط ضروری است.

فلزات بالاتر باشد، میزان جذب توسط پوسته‌ها افزایش می‌یابد (۹). همچنین یوسفی و همکاران (۲۰۱۳) از پوسته صدف جمع‌آوری شده از سواحل مازندران برای حذف عنصر سرب از آب استفاده کردند و نتایج حاکی از آب بود که پوسته صدف دوکفه‌ای از توانایی خوبی برای جذب یون‌های دو ظرفیتی فلز سرب برخوردار می‌باشد که نوع جذب دارای مکانیسم‌های جذب سطحی و تبادل یون می‌باشد (۳۳). براساس نتایج آنالیز همبستگی پیرسون مطابق جدول ۷، فلزات روی، مس، کروم، کادمیوم، نیکل و وانادیوم در بافت سخت صدف همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار ($P < 0/01$) را با غلظت این فلزات در رسوبات داشته و نیز عناصر آهن، آلومینیوم و سرب دارای همبستگی مثبت و معناداری ($P < 0/05$) بین رسوب و صدف می‌باشند که با توجه به اینکه در شکل ۲، قرارگرفتن عناصری مانند آهن و آلومینیوم که به‌عنوان عناصر شاخص برای منشأ طبیعی در یک گروه عناصر عمده که منشأ فعالیت‌های انسان‌ساخت بودند در یک گروه دیگر قرارگرفتند نتایج همبستگی بالا در بسیاری از عناصر و همبستگی مثبت در تمامی عناصر بین رسوب و پوسته صدف با توجه به اینکه این بخش بیشترین تأثیرپذیری را از

منابع

- 1- Ardabili, L., Rafiee, B., and Khodaparast sharifi, S, H., 2006. Investigation of some elements (Cu,Pb, Cd and Zn) distribution in surface sediment of Anzali wetland. 10th symposium of Geological society of Iran. Tehran. Tarbiat Modares University. 8 p.
- 2- Astudillo, L. R., Chang Yen, I., and Bekele, I., 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. International Journal of Tropical Biology and Conversation, 53, PP: 41-53.
- 3- Babaie, H., and Khodaparast, S, H., 2009. Assessment of surface water pollution with emphasis on industrial units of Gilan province. 12th National Congress on Environmental Health. Shahid Beheshti University of Medical Sciences. Tehran, PP: 1222-1233.
- 4- Bagheri, H., Bastami, K. D., Haghparast, S., Soltani, F., Hamzehpoor, A., Bastami, M. D., and Soltani, F., 2014. Distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments along southeast coast of the Caspian Sea, Iran. Marine Pollution Bulletin, 81, PP: 262-267.
- 5- Bakhtiyari, A., and Mortazavi, S., 2007. Determination of Pb, Cd levels in Atlantic pearl-oyster *Pinctada radiata* at Hedorabi island, Pgouhesh va Sazandegi, No 74, 8 p.
- 6- Baptista Neto, J. A., Smith, B. J., and McAllister, J. J., 2001. Heavy metal concentrations in surface sediments in a near shore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. Environmental Pollution, 109, PP: 1-9.
- 7- Badri, N., Amrollahi Biuki, N., and Sharif Ranjbar, M., 2016. Study of orientation behavior of Hermit crab *Diogenes avarus* under the

- influence of chemical cues and Lead contamination. *Journal of Animal Researches*, 29(3), PP: 261-278 (in Persian).
- 8- Diagomanolin, V., Farhang, M., Ghazi-Khansari, M., and Jafarzadeh, N., 2004. Heavy metals (Ni, Cr, Cu) in the Karoon waterway river Iran. *Toxicology Letters*, 151, PP: 63-68.
 - 9- Demetra, T., 2007. Removal of Arsenic from Water Using Ground Clam Shells. *Water Environment Federation*. 10.2175/SJWP, 1, 80 p.
 - 10- Eby, G. N., 2004. "Principle of environmental geochemistry", Thompson, 515 p.
 - 11- Ganjavi, M., Ezzatpanah, H., Givianrad, M. H., and Shams, A., 2010. Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. *Food Chemistry*, 118, PP: 525-528.
 - 12- Gillikin, D. P., Dehairs, F., Baeyens, W., Navez, J., Lorrain A., and Andre, L., 2005. Inter-and intra-annual variations of Pb/Ca ratios in clam shells (*Mercenaria mercenaria*): a record of anthropogenic lead pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 50(12), PP: 1530-1540.
 - 13- Guerra-Garcia, J. M., and Garcia-Gomez, J. C., 2005. Assessing pollution levels in sediments of a harbor with two opposing entrances. Environmental implications. *Journal of Environmental Management*, 77, PP: 1-11.
 - 14- Huanxin, W., Lejun, Z., and Prestey, B. J., 2000. Bioaccumulation of heavy metals in oyster *Crassostrea virginica* tissue and shell. *Environmental Geology*, 39(11), PP: 1216-1226.
 - 15- Hosseini, M., Nabavi, S. B., Golshani, R., Nabavi, S. N., and Raeesi sarasiab, A., 2015. The heavy metals pollution (Cd, Co, Pb, Cu and Ni) in sediment, liver and muscles tissues of flounder *Psettodes erumei* from Busheher Province, Persian Gulf. *Journal of Animal Researches*, 28(4), PP: 441-449 (in Persian).
 - 16- Manta, D. S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., and Sprovieria, M., 2002. Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *Science of the Total Environment*, 300, PP: 229-243.
 - 17- Morillo, J., Usero, J., and Gracia, I., 2004. Heavy metal distribution in marine sediments from the southwest coast of Spain. *Chemosphere*, 55, PP: 431-442.
 - 18- Nasrabadi, T., Bidhendi, G. N., Karbassi, A., and Mehrdadi, N., 2010. Evaluating the efficiency of sediment metal pollution indices in interpreting the pollution of Haraz River sediments, southern Caspian Sea basin. *Environmental monitoring and assessment*. 171, PP: 395-410.
 - 19- Neshaei, M. A. L., Eslami, A., and Payravi, Ch. M., 2007. Investigation of Sediment Transport Potential in Caspian Sea Coast. *International Magazine on Engineering*, 5, PP: 39-45.
 - 20- NOAA, 1999. National Oceanic and Atmospheric Administration. Sediment quality guideline developed for the national status and trends Program. The Center for Coastal Monitoring and Assessment (CCMA) (NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS CCMA) 0137 p.
 - 21- Pak, A., and Farajzadeh, M., 2007. Iran's integrated coastal management plan: Persian Gulf, Oman Sea, and southern Caspian Sea coastlines. *Ocean & Coastal Management*, 50(9), PP: 754-773.
 - 22- Pourang, N., Nikouyan, A., and Dennis, J. H., 2005. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 109, PP: 293-316.
 - 23- ROPME, 1999. Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Methods (MOOPAM). Regional organization for the protection of the marine environment, Kuwait. 483 p.
 - 24- Sartaj, M., Fathollahi, F., and Filizadeh, Y., 2005. An Investigation of the Evolution of Distribution and Accumulation of Heavy Metals (Cr, Ni, Cu, Cd, Zn and Pb) in Anzali Wetland's Sediments. *Ir J Natural Resources*, 58(3), PP: 623-34.
 - 25- Shankera, A., Cervantes, C., and Herminia, L., 2005. Chromium toxicity in plants, *Environmental International*, 31, PP: 739- 753.
 - 26- Shi, G., Chen, Z., Xu, S., Zhang, J., Wang, L., Bi, C., and Teng, J., 2008. Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai, China *Environmental Pollution*, 156, PP: 251-260.
 - 27- Soltani, F., 2014. Distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments along southeast coast of the Caspian Sea. *Iran. Marine Pollution Bulletin* 81, PP: 262-267.
 - 28- Sundaram, S., Deshmukh, D., and Raje, G.,

2010. Population eruption of sunset shell *Siliqua radiata* (Linnaeus, 1758) along Versova beach in Mumbai. *Journal of Marine Biology Assessment*, 52(1), PP: 99-101.
- 29- Vesali Naseh, M. R., Karbassi, A., Ghazaban, F., and Baghvand, A., 2012. Evaluation of heavy metal pollution in Anzali wetland, Guilan, Iran. *Iranian Journal of Toxicology*, 5(15), PP: 565-576.
- 30- Vives, A. E. S. D., Brienza, S. M. B., Moreira, S., Zucchis, O. L., Barroso, R. C., and Filho, V. F. N., 2007. Evaluation of the availability of heavy metals in lake sediments using SRTXRF. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 579, PP: 503-506.
- 31- Yap, C. K., Bakhtiari, A. R., and Cheng, W. H. 2017. Impacts of Marine Pollution and Toxicology: A Mussel Watch Experience in Peninsular Malaysia. *J Aquat Pollut Toxicol*, 1(1).
- 32- Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G., and Abdul Rahim, I., 2003. Can the shell of the green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia be a potential biomonitoring material for Cd, Pb and Zn. *J. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, PP: 623 -630.
- 33- Yousefi, Z., Mohammadpour, R., Tahamtan, A., Salehi, M., 2013. The efficiency of bivalve mollusk shell in removal of Pb (II) from aqueous solutions by central composite design model (CCD) and optimization of effective parameters. *J Mazand Univ Med Sci*, 23(108), PP: 54-67 (in Persian).

Heavy metal accumulation capability in the shells of *Cerastoderma lamarcki* in the south west coast of the Caspian sea; Guilan province

Mohammadi Galangash M.^{1,2}, Koopi M.¹ and Bani A.³

¹Dept. of Environmental Science and engineering, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh sara, Guilan, I.R. of Iran

² Dept. of Water engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, I.R. of Iran

³Dept. of Biology, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, I.R. of Iran

Abstract

In this survey, the concentration of some heavy metals (Ni, Fe, Cd, Al, Cr, Cu, Zn, Pb, and V) was investigated in the sediments and shells of the (*Cerastoderma lamarcki*). The samples were collected from 10 sampling sites along the south west coast of the Caspian Sea in Guilan province region at February 2015. After initial sample preparation and acid digestion, the specimens were analyzed using ICP-OES device. The results showed that the bivalve shells have a proper potential for accumulation of Cu, Pb, Zn, Cr, and Cd, hence it can be used as a biomonitoring agent for these elements at the study areas. Statistical cluster analysis demonstrated that among the metals in sediment samples, iron and aluminum were categorized in an independent group. The results of Pearson correlation showed that there is a positive and significant correlation between Ni, V, Cr and Cd elements in the sediment and in the bivalve shells. The enrichment factor outcomes revealed that the sediments of the region are classified in a moderate level of enrichment for Cu, Ni and Cd. Comparison of the metal levels with some international standards indicated that the sediment quality was categorized at the medium level of pollution. Due to increasing growth in urbanization, industrialization and agricultural development at the region, the release of contaminants can lead to a significant potential environmental and human health threat. Hence, the monitoring of pollutant using hard shells of bivalve is a beneficial method that can provide useful information about the presence of the contaminants over the years.

Key words: Heavy metal, Sediment, *Cerastoderma lamarcki*, Caspian Sea.