Original Article
Journal of Natural Environment 75 (Special Issue): 214-226 (2023)
Print ISSN: 2008-7764/Online ISSN: 2423-7817
https://jne.ut.ac.ir/

مقاله کامل
نشریه محیط زیست طبیعی
دوره ۷۵، (ویژه نامه): ۲۱۴-۲۲۶ (۱۴۰۱)

تجمع، پراکنش و ارزیابی ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در رسوبات، مطالعهٔ موردی: تالاب شادگان

محمد کماسی[۱]، سید مسعود منوری[۱*]، فریبا زمانی هرگلانی[۱]، شهرام بیک‌پور[۲،۱]

[۱]گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۲]مرکز تحقیقات زمین شناسی پزشکی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲**

چکیده

ارزیابی غلظت فلزات سنگین و ریسک محیط زیست آن‌ها جهت پایش آلودگی، برای حفظ کیفیت محیط زیست و سلامت بوم‌سازگان‌ها ضرورت دارد. در این مطالعه، پراکنش و ارزیابی ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در رسوبات مصب‌های اطراف واحدهای پتروشیمی مورد بررسی قرار گرفت. هدف از اجرای این تحقیق، ارزیابی میزان آلودگی و ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در رسوبات تالاب شادگان است. برای تعیین نقاط نمونه‌برداری از روش سیستماتیک طبقه‌بندی تصادفی استفاده شد و ۳۶ نمونه از ۴ ایستگاه جمع‌آوری و جهت آنالیز به آزمایشگاه منتقل گردید. آماده‌سازی و هضم کامل رسوبات براساس دستورالعمل استاندارد موپام صورت گرفت. برای آنالیز نمونه‌ها از دستگاه ICP-OES مدل ES-۷۳۰ استفاده شد. شاخص‌های مهم محیط زیست از قبیل شاخص زمین‌انباشتگی (Igeo) و شاخص ریسک اکولوژیک (ERi) محاسبه گردید. براساس نتایج به‌دست آمده میانگین غلظت نیکل، سرب، جیوه و وانادیوم به‌ترتیب ۵۸/۸، ۸/۵، ۶/۹ و ۸۸/۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. نتایج نشان داد که الگوی پراکنش فلزات سنگین در رسوبات به‌صورت وانادیوم> نیکل>سرب> جیوه بود. بر مبنای شاخص ژئوشیمیایی مولر، نیکل و سرب دارای آلودگی شدید، جیوه دارای آلودگی شدید تا بسیار شدید و وانادیوم دارای آلودگی متوسط است. آنالیز شاخص ریسک اکولوژیک (ERi) نشان داد که وضعیت ریسک برای نیکل، سرب و جیوه قابل توجه و برای وانادیوم متوسط است. می‌توان نتیجه گرفت که تالاب شادگان به‌دلیل ورود پساب‌های صنایع پتروشیمی آلوده به فلزات سنگین است و استفاده از تصفیه‌خانه‌های جدید، تجزیه کردن آلاینده‌ها و استفاده از مواد خام با درصد آلایندگی کمتر در مدیریت پساب‌ها جهت کاهش آلاینده‌ها ضروری است.

کلید واژگان: فلزات سنگین، شاخص زمین‌انباشتگی، ریسک اکولوژیک، پساب پتروشیمی، تالاب شادگان

*نویسنده مسئول m-monavari@srbiau.ac.ir

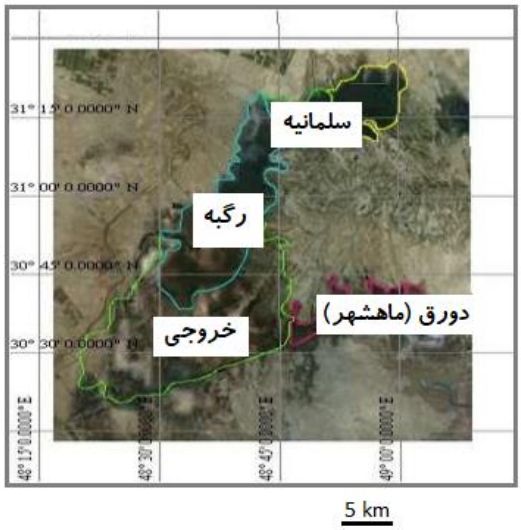
مقدمه

با افزایش فعالیت واحدهای صنعتی، ورود آلاینده‌ها به محیط زیست و بوم‌سازگان مختلف آبی و خشکی، به مقدار زیادی افزایش یافته است که به‌عنوان یک خطر جدی برای حیات این بوم‌سازگان ها به‌شمار می‌آیند (Elsagh and Barmaki, 2013). بخش زیاد ورود این آلاینده‌ها به محیط زیست ناشی از تخلیه پساب‌های صنایع مختلف است (Hosseini and Sajjadi, 2018). دفع مواد و پساب‌های باقیمانده از محصولات مصرفی و مواد مضر و خطرناک خروجی ازکارخانجات و صنایع تولیدی، یکی از مشکلات و چالش‌های مهم جهان امروز است. فاضلاب‌ها و پساب‌های خروجی از صنایع ممکن است حاوی مواد سمی و مقادیر بالایی از فلزات سنگین باشند که با تخلیهٔ این ضایعات به مجاری فاضلاب‌ها و رواناب‌های سطحی و کشاورزی، مقادیر زیادی از این فلزات به محیط وارد و سبب آلودگی محیط زیست می‌شوند (Cheraghi *et al.*, 2018).

فلزات سنگین یکی از مهمترین گروه از آلاینده‌های محیط زیست با تأثیرات مخرب هستند که از طریق منابع مختلف به‌خصوص پساب‌های صنایع مختلف تولید و وارد محیط زیست می‌شوند. این آلاینده‌ها با توجه به سمیت بالای خود از آلاینده‌های پرخطر در بوم‌سازگان خاکی و آبی شناخته شده‌اند و برای محیط زیست، زیستمندان مختلف گیاهی و جانوری بسیار خطرناک هستند (Heidari Cheharlang *et al.*, 2019). فلزات سنگین به‌دلیل تجزیه‌ناپذیری و ماندگاری بالا، تجمع‌زیستی، حجیم بودن و سمیت از اهمیت خاصی در بین آلاینده‌های محیط زیست برخوردارند (Nowrouzi et al., 2014) و پس از ورود به محیط زیست و تجمع در رسوبات و بافت‌های مختلف جانوران و گیاهان سبب تغییرات ریخت‌شناسی، بیوشیمیایی و ژنتیکی می‌شوند (Jahan and Strezov, 2018). فلزات سنگین به‌دلیل دارا بودن خواص مختلفی از قبیل سمیت، جهش‌زایی و سرطان‌زایی و سبب مرگ و میر موجودات، تخریب و نابودی بوم‌سازگان می‌شوند (Jiang *et al.*, 2019). پساب‌های صنعتی در بوم‌سازگان خشکی تولید و به بوم‌سازگان آبی وارد می‌شود و سپس ته‌نشین می‌شوند و در رسوبات آن‌ها تجمع می‌یابند بنابراین رسوبات دریایی و آبی به‌عنوان جذب‌کنندهٔ فلزات سنگین محسوب می‌شوند و یکی از شاخص‌های ارزیابی میزان آثار انسانی را در این بوم‌سازگان فراهم می‌کنند (El Nemr *et al.*, 2007).

با توجه به تنوع بسیار زیاد مواد شیمیایی مصرفی در صنعت و کاربرد آن‌ها در روش‌های گوناگون در تولید، کیفیت آلودگی پساب‌های صنعتی بسیار متنوع بوده و به صنعت مربوطه وابسته است. صنایع پتروشیمیایی از مهمترین مواردی است که در طی سال‌های اخیر سبب ورود غلظت‌های بالایی از آلاینده‌ها به محیط زیست به‌خصوص اکوسیستم‌های آبی شده است (Nasirian *et al.*, 2016) .بر اساس مطالعات و شواهد علمی، در سال‌های اخیر، صنایع مرتبط با پتروشیمی انواع مختلفی از آلاینده‌ها را تولید می‌کنند که به‌صورت گاز، ذرات، لجن و پساب مایع در محیط زیست منتشر می‌شوند (Nowrouzi *et al.*, 2012; Jiang *et al.*, 2018). منطقهٔ اقتصادی بندر امام خمینی واقع در استان خوزستان، یکی از مهمترین قطب صنایع پتروشیمیایی در کشور است که بیش از ۳۰ واحد پتروشیمی در این منطقه دارای فعالیت هستند و هر کدام نیز سهمی در تخلیهٔ فاضلاب و ورود آلاینده‌های مختلف به محیط زیست آن منطقه ایفا می‌کنند (Abasi *et al.*, 2018). پتروشیمی امیرکبیر، یکی از بزرگترین واحدهای صنعتی در منطقهٔ بندر امام خمینی است که دارای هفت مکان فعال شامل انواع مختلف پلی‌اتیلن سنگین و سبک می‌باشد که حجم بالایی از پساب را تولید و وارد محیط زیست می‌کند (Abasi and Malekzadeh, 2020).

بوم‌سازگان آبی مثل تالاب، بنادر یا مناطق ساحلی صنعتی که با ورود آلاینده‌ها روبرو هستند، دارای بیشترین رسوبات آلوده (Nowrouzi *et al.*, 2014) و گونه‌های گیاهی و جانوری آلوده می‌باشند (Yaghobzadeh *et al.*, 2020). تالاب شادگان نیز به‌دلیل نزدیکی با صنایع



شکل ۱- نمایی از موقعیت تالاب شادگان و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

پتروشیمیایی، محل دریافت میزان بالایی از پساب‌های پتروشیمی می‌باشند و باتوجه به دارا بودن تنوع بالایی از گونه‌های گیاهی و جانوری، در معرض اثرات مخرب این آلاینده‌ها قرار گرفته است (Rahimi Baluchi and Malek Mohammadi, 2013). باتوجه به اینکه تالاب شادگان یکی از مهمترین بوم‌سازگان آبی کشور محسوب می‌شود و دارای تنوع بالایی ازگونه‌های مختلف گیاهی و جانوری و گونه‌های مهاجر است، مدیریت محیط زیست آلاینده‌های وارد شده به این بوم‌سازگان جهت حفاظت از آن دارای اهمیت بالایی است. باتوجه به نزدیکی این واحد صنعتی به تالاب و ورود فاضلاب تولیدی به این محیط، بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین در فاضلاب تولید شده توسط این واحد صنعتی جهت مدیریت محیط زیست آن، لازم و ضروری می‌باشد. با توجه به وضعیت تالاب، از فرضیات تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: به‌نظر می‌رسد منابع تولید فلزات سنگین پساب واحدهای پتروشیمی باشد، به‌نظر می‌رسد میزان آلودگی و ریسک اکولوژیک فلزات در رسوبات تالاب بالا باشد. بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی غلظت فلزات سنگین جیوه، نیکل، سرب و وانادیوم در رسوبات سطحی تالاب و ارزیابی ریسک اکولوژیک آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

بندر امام خمینی در استان خوزستان (ایران) در طول جغرافیای ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه واقع شده است. مجتمع پتروشیمی امیر کبیر یکی از ۲۱ مجتمع تولیدی در این منطقهٔ اقتصادی می‌باشد. این مجتمع در شمال غربی منطقه اقتصادی بندر امام و در زمینی به مساحت ۵۵ هکتار واقع است (شکل ۱). این مجتمع دارای ۶ واحد تولیدی الفین، پلی‌اتیلن سبک، پلی‌اتیلن سنگین، پلی‌اتیلن خطی، بوتن و بوتادین هستند که با تهیهٔ مواد خام اولیه برای این واحدها، پس از طی مراحل مختلف پردازش محصولات نهایی تولید می‌شود (Abasi and Malekzadeh, 2020). آلاینده‌های مختلفی مانند فلزات سنگین و هیدروکربن‌های حلقوی در طی فرآیند تولید محصولات، ابتدا از طریق مواد خام اولیه وارد سیستم می‌شوند و نهایتاً از طریق فاضلاب وارد محیط می‌شوند. نمونه‌برداری، آماده‌سازی و هضم کامل رسوبات براساس دستورالعمل استاندارد موپام صورت گرفت (ROPME, 1991). چهار ایستگاه مختلف و براساس فاصله (فاصلهٔ بین هر ایستگاه ۵ کیلومتر) تا ورودی پساب پتروشیمی به تالاب مشخص گردید. با توجه به عمق کم منطقهٔ مورد نظر، از هر ایستگاه سه نمونه رسوب سطحی با استفاده از نمونه‌بردار اکمن گراب (با سطح مقطع ۱۵×۱۵سانتی‌متر مربع)

جدول ۱- راهنمای برآورد شدت آلودگی رسوبات با استفاده از شاخص Igeo

میزان شاخص	درجهٔ آلودگی	کلاس شاخص
< ۰	غیر آلوده	صفر
۰-۱	غیر آلوده تا آلودگی متوسط	یک
۱-۲	آلودگی متوسط	دو
۲-۳	آلودگی متوسط تا شدید	سه
۳-۴	آلودگی شدید	چهار
۴-۵	آلودگی شدید تا بسیار شدید	پنج
۵ <	آلودگی بسیار شدید	شش

جدول ۲- راهنمای برآورد ریسک اکولوژیک (ERi) فلزات بر اساس شاخص ریسک اکولوژیک

میزان شاخص	درجه آلودگی	طبقهٔ شاخص
< ۱۰۰	ریسک پایین	یک
۱۰۰۰-۱۵۰	ریسک متوسط	دو
۱۵۰۰-۲۰۰	ریسک قابل توجه	سه
۲۰۰۰-۳۰۰	ریسک خیلی بالا	چهار
۳۰۰ <	ریسک فاجعه بار	پنج

جمع‌آوری شد. پس از بالا آوردن رسوب، در ظروف پلی‌اتیلنی (کد گذاری‌شده) ریخته شد و پس از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد در دستگاه خشک‌کن انجمادی به‌مدت ۲۴ ساعت به‌صورت خشک درآمد. سپس رسوبات از الک ۶۳ میکرون عبور داده شد و نمونه‌های کم تر از ۶۳ میکرون در هاون عقیق پودر گردید، به‌طوری که از الک ۶۳ میکرون غربال گردد. سپس نیم گرم رسوب خشک پودر شده داخل بشر تفلونی ریخته شد و ۱۵- ۱۰ میلی‌لیتر نیتریک اسید غلیظ اضافه و روی حمام شنی تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد، در مرحلهٔ بعد پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه ۷ میلی‌لیتر HF اضافه و مجدداً روی حمام شنی تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد (Nowrouzi and Pourkhabbaz, 2014; Hosseini and Sajjadi, 2018). پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط ۳ به ۱ کلریدریک اسید و نیتریک‌اسید به نمونه اضافه گردید و مجدداً تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد و پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه نمونه جهت تزریق به دستگاه سنجش فلزات سنگین توسط دستگاه ICP-OES مدل ES-۷۳۰ در بالن حجمی ۵۰ میلی‌لیتری صاف و به حجم رسانده شد.

شاخص زمین‌انباشتگی (Igeo): به‌منظور برآورد شدت آلودگی رسوبات منطقه از شاخص زمین انباشتگی یا شاخص زمین‌انباشتگی مولر استفاده گردید (Muller, 1979).

$$Igeo=\log_2 (C_n /1.5B_n)$$

که در این رابطه Igeo: شاخص انباشت زمین انباشتگی فلز یا شاخص شدت آلودگی، $\log_2$: لگاریتم بر پایهٔ دو، غلظت فلز سنگین در رسوب یاخاک Cn و Bn غلظت زمینه است. شاخص زمین انباشتگی مولر، رسوبات را از نظر درجهٔ آلودگی به هفت گروه از ردهٔ غیرآلوده تا آلودگی بسیار شدید طبقه‌بندی شد (جدول ۱).

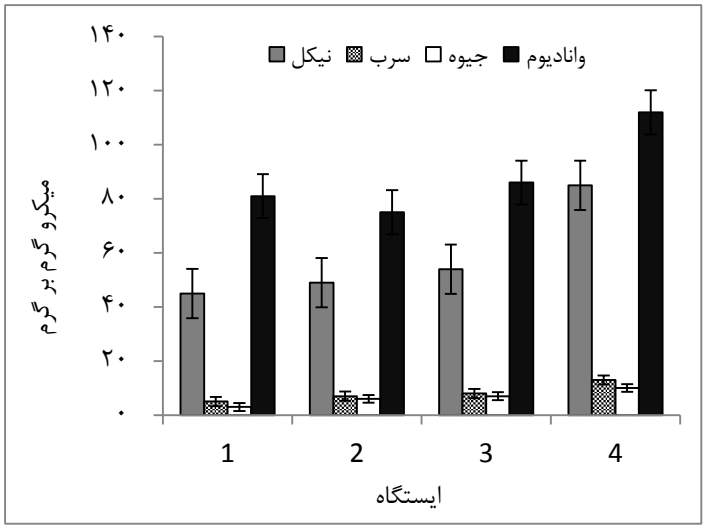
شاخص ریسک اکولوژیک (ERi): این شاخص توسط Hakanson (۱۹۸۱)، براساس سمیت، حساسیت و غلظت فلزات سنگین پیشنهاد شده است که برای ارزیابی جامع خطر محیط زیستی ناشی از فلزات سنگین استفاده می‌شود. این شاخص در پنج طبقه از ریسک پایین تا ریسک فاجعه‌بار را شامل می‌شود(جدول ۲).

شاخص شاخص ریسک اکولوژیک (ERi) با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود (Hakanson, 1981).

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i$$

جدول ۳- غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مختلف تالاب شادگان

	نیکل	سرب	جیوه	وانادیوم
۱	۴۵/ ۶±۰/۰۴	۵/۳±۰/۱۱	۳/۵±۰/۰۲	۸۱/۱±۰/۰۵
۲	۴۹/۵±۰/۱۵	۷/۱±۰/۴۵	۶/ ۸±۰/۰۹	۷۵/۲±۰/۰۵
۳	۵۴/۲±۰/۴۳	۸±۰/۳۸	۷/ ۳±۰/۳۵	۸۶/۶±۰/۰۵
۴	۸۵/۹±۰/۲۱	۱۳/ ۷±۰/۶۵	۱۰±۰/۲۱	۱۱۲/۱±۰/۰۶
میانگین	۵۸/۸±۰/۰۲	۸/۵±۰/۰۹	۶/۹±۰/۰۵	۸۸/۷±۰/۰۳



شکل ۲- غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مختلف تالاب شادگان

$$ERi = \sum_{i=1}^{n} E_r^i$$

ERi: شاخص ریسک اکولوژیک

Eri: شاخص خطر بالقوه اکولوژیک برای یک فلز.

Tri: فاکتور واکنش سمی برای یک فلز معین که هم سمیت و هم حساسیت را در نظر می‌گیرد.

Cfi: عامل آلودگی.

برای مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب ایستگاه‌های مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. جهت بررسی ارتباط بین فلزات در نمونه‌های رسوب از آزمون رگرسیون پیرسون استفاده شد. میزان غلظت فلزات سنگین بر حسب میگروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. سطح معنی داری ۰/۰۵ با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

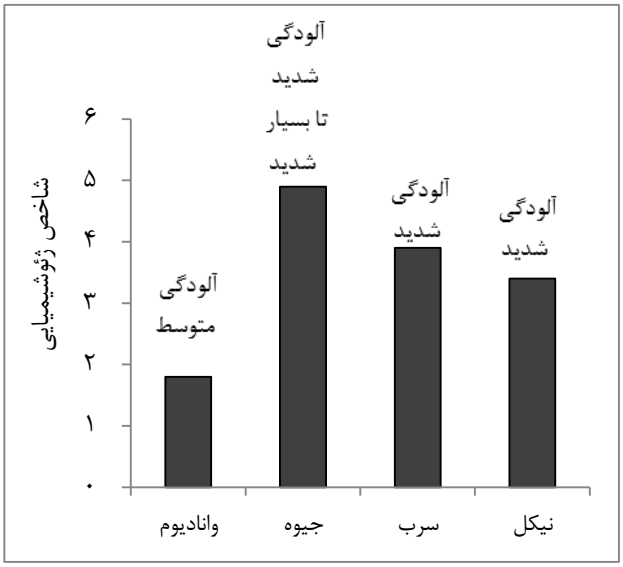
نتایج

غلظت فلزات سنگین و میانگین آن‌ها (میکروگرم بر گرم) در رسوبات ایستگاه‌های مختلف تالاب شادگان در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج، غلظت نیکل در رسوبات ایستگاه‌های مختلف بین ۴۵/۶ تا ۸۵/۹ و میانگین آن ۵۸/۸ میکروگرم بر گرم، غلظت سرب بین ۵/۳ تا ۱۳/۷ با میانگین ۸/۵ میکروگرم بر گرم، غلظت جیوه بین ۳/۵ تا ۱۰ و میانگین ۶/۹ میکروگرم بر گرم و غلظت وانادیوم بین ۷۵/۲ تا ۱۱۲/۱ با میانگین ۸۸/۷ میکرو گرم بر گرم به‌دست آمد. مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مختلف تالاب شادگان تفاوت معنی داری نشان داد ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری‌که بشترین غلظت در ایستگاه ۴ و کمترین آن در ایستگاه ۱ مشاهده شد (شکل ۲) همچنین ترتیب غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف به‌صورت ۴>۳>۲>۱ بود.

نتایج شاخص زمین انباشتگی یا شاخص شدت آلودگی فلزات (Igeo) برای فلزات در رسوبات در ایستگاه‌های مورد بررسی تالاب شادگان در جدول ۴ و شکل ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج، میزان این شاخص برای نیکل بین ۱/۲ (آلودگی متوسط) تا ۴/۶ (آلودگی شدید تا بسیار شدید)، سرب

جدول ٤- نتایج شاخص شدت آلودگی فلزات (Igeo) در رسوبات تالاب شادگان

	نیکل	سرب	جیوه	وانادیوم
۱	۱/۲	۱/۴	۰/۵	۰/۶
۲	۳/۷	۱/۱	۲/۸	۱/۱
۳	۴/۱	۴/۹	۴/۱	۱/۳
۴	۴/۶	۵/۴	۷/۸	۴/۴
میانگین	۳/۴	۳/۲	۴/۹	۱/۸



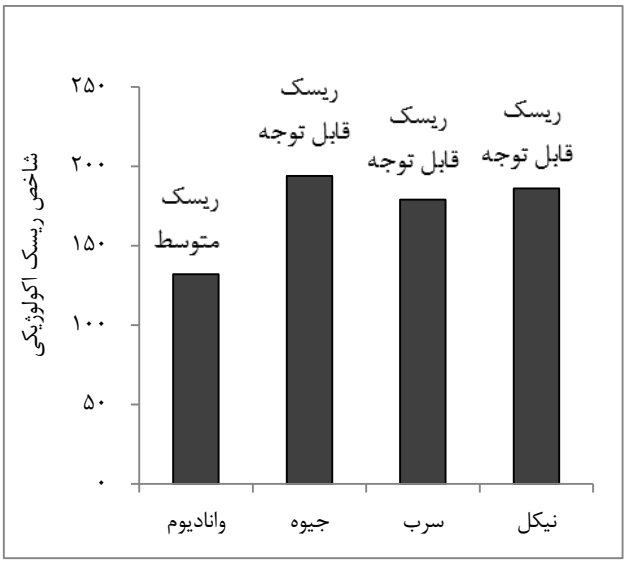
شکل ۳- وضعیت شاخص زمین‌انباشتگی (آلودگی) فلزات سنگین در رسوبات تالاب شادگان

جدول ۵- نتایج شاخص ریسک اکولوژیک (ERi) فلزات در ایستگاه‌های مختلف تالاب شادگان

	نیکل	سرب	جیوه	وانادیوم
۱	۹۴/۶	۱۱۹/۲	۱۴۰/۵	۵۴/۵
۲	۱۶۰/۱	۱۸۳/۸	۱۹۶	۷۸/۴
۳	۱۹۷/۳	۱۷۰/۳	۱۶۵/۵	۱۰۵/۲
۴	۲۹۵/۵	۲۴۴/۲	۲۷۷/۱	۲۹۰/۷
میانگین	۱۸۶/۸	۱۷۹/۳	۱۹۴/۷	۱۳۲/۲

بین ۱/۴ (آلودگی متوسط) تا ۵/۴ (آلودگی بسیار شدید)، جیوه بین ۰/۵ (غیر آلوده تا آلودگی متوسط) تا ۷/۸ (آلودگی بسیار شدید) و برای وانادیوم بین ۰/۶ (غیر آلوده تا آلودگی متوسط) تا ۵/۴ (آلودگی شدید تا بسیار شدید) به‌دست آمد. میانگین شاخص برای فلزات در ایستگاه‌های مختلف به‌صورت آلودگی شدید برای نیکل و سرب، آلودگی شدید تا بسیار شدید برای جیوه و آلودگی متوسط برای وانادیوم بود.

مقادیر شاخص ریسک اکولوژیک برای فلزات در ایستگاه‌های مختلف و میانگین شاخص در تمام ایستگاه‌ها برای هر فلز در جدول ۵ و شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، میزان شاخص ریسک اکواوژیک برای نیکل بین ۹۴/۶ در ایستگاه ۱ (ریسک پایین) تا ۲۹۵/۵ در ایستگاه ۴ (ریسک خیلی بالا و برای سرب بین ۱۱۹/۲ (ریسک متوسط) در ایستگاه ۱ تا ۲۴۴/۲ (ریسک خیلی بالا) در ایستگاه ۴ به‌دست آمد. همچنین میزان شاخص برای جیوه بین ۱۴۰/۵ (ریسک متوسط) در ایستگاه ۱ تا ۲۷۷/۱ (ریسک خیلی بالا) در ایستگاه ۴ و برای فلز وانادیوم بین ۵۴/۵ (ریسک پایین) در ایستگاه ۱ تا ۲۹۰/۷ (ریسک خیلی بالا) در ایستگاه ۴ اندازه‌گیری شد. همچنین میانگین شاخص ریسک اکولوژیک برای فلزات در ایستگاه‌های مورد بررسی



شکل ٤ - وضعیت شاخص ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در رسوبات تالاب شادگان

جدول ٦- همبستگی بین غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب شادگان

	جیوه	سرب	نیکل	وانادیوم
جیوه	۱			
سرب	۰/۸۸۵*	۱		
نیکل	۰/۲۲۲	۰/۰۹۹	۱	
وانادیوم	۰/۰۰۹	۰/۲۲۷	۰/۹۹۳*	۱

*حد معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)

برای نیکل، سرب و جیوه قابل توجه و برای وانادویم متوسط به‌دست آمد. نتایج بررسی میزان همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین در رسوبات تالاب شادگان در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین نیکل با وانادیوم (۰/۹۹۳) و سرب و جیوه (۰/۸۸۵) وجود دارد. نیکل با سرب (۰/۰۹۹) و وانادیوم با جیوه (۰/۰۹۹) و وانادیوم با سرب (۰/۲۲۷) همبستگی بالایی نداشتند.

بحث

نتایج آنالیز میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مختلف تالاب شادگان نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت فلزات ایستگاه‌های مختلف وجود دارد، به‌طوری‌که ایستگاه ۴ بالاترین غلظت را در بین ایستگاه‌های مورد بررسی به‌خود اختصاص داد. ایستگاه ۴ نزدیکترین فاصله را با خروجی‌های پساب صنایع پتروشیمی دارد و پساب صنایع پتروشیمی بلافاصله بعد از خروج، وارد این قسمت از تالاب می‌شود بنابراین با توجه به نزدیکی این ایستگاه به خروجی پساب پتروشیمی، غلظت بیشتری از فلزات و دیگر آلاینده‌ها را دریافت می‌کنند و بیشتر در معرض آلاینده‌ها قرار دارد. سایر ایستگاه‌ها فاصلهٔ بیشتری با خروجی پساب دارند و ایستگاه ۱ بیشترین فاصله را با واحدهای پتروشیمی دارد بنابراین میزان دسترس‌پذیری آن برای آلایندها کمتر و غلظتی کمتری را دریافت می‌کند.

مقایسهٔ بین غلظت فلزات مختلف در رسوبات نشان داد که بیشترین غلظت مربوط به وانادویوم، نیکل، سرب و جیوه می‌باشد و ترتیب غلظت آن‌ها بصورت وانادیوم>نیکل>سرب>جیوه است. باتوجه به اینکه فلزات دارای منشاء متفاوتی می‌باشند بنابراین فلزاتی که غلظت بالاتری دارند تولید و ورود آن‌ها به محیط نیز بیشتر است. منشاء فلزات نیکل و وانادیوم ترکیبات و مشتقات نفتی می‌باشد و این فلزات شاخص‌های آلودگی ترکیبات نفتی هستند (Chen *et al.*, 2018). با توجه به اینکه واحدهای

جدول ۷ - غلظت فلزات در لجن و پساب براساس استانداردهای محیط زیستی (Mooraki *et al*., 2009)

استاندارد	جیوه	سرب	نیکل	وانادیوم
استانداردهای کیفیت رسوب آمریکا (ERL)	۰/۲	۲	۲۰/۹	
استاندارد های کیفیت رسوب آمریکا (ERM)	۰/۷	۲	۵۱/۶	-
استاندارد کیفیت رسوب کانادا (PEL)	۰/۷	۱-۲	۶۰	-
ISQG	۰/۱-۰/۵	۲	۱۶	-
WHO	۰/۵	۰/۵	۳۰	-
EPA	۰/۵	۰/۵	۳۰	-
استاندارد محیط زیست کانادا	۰/۲-۰/۵	۱-۲	۱۰۰	۱۳۰
استاندارد محیط زیست آلمان	۰/۵	۲	۲۰۰	–
استاندارد محیط زیست ایران	۰/۵	۰/۵-۲	۵۰	-

WOPP; Water Quality Protection Program; National Oceanic and Atmospheric Administration. EPA; Environmental Protection Agency

پتروشیمی از مشتقات نفتی و ترکیبات مختلف وابسته به نفت مانند گازوئیل استفاده زیادی می‌کنند، پساب تولید شده ناشی از این ترکیبات سبب ورود آلاینده‌هایی مانند فلزات نیکل و وانادیوم به محیط می‌شوند.

Rostami Paeida و Moraspour (۲۰۱۸) گزارش کردند که نیکل و وانادیوم غلظت بالاتری نسبت به دیگر فلزات در رسوبات ساحلی بندر امام خمینی داشتند و غلظت بالای آن‌ها را می‌توان در ارتباط با ترکیبات و مشتقات نفتی مرتبط عنوان کرد. Mirza و همکاران (۲۰۱۳) نیز نیکل و وانادیوم را شاخص آلودگی نفتی دانستند و گزارش دادند که به‌دلیل استفاده و ورود مشتقات نفتی به محیط خلیج فارس، غلظت این آلاینده‌های در رسوبات نسبت به دیگر فلزات بالاتر است. Karbassi و همکاران (۲۰۰۴) عنوان کردند که فلزات نیکل و وانادیوم غلظت بیشتری نسبت به دیگر فلزات غیر ضروری در رسوبات خلیج فارس دارند، و آنها شاخص آلودگی نفتی هستند که تجمع آن‌ها در رسوبات به‌دلیل ورود مشتقات نقتی به محیط است.

با توجه به این که عنصر سرب در ترکیب رنگ‌ها و همچنین کابل برق و سوخت‌هایی مانند گازوئیل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Jiang *et al*., 2019)، ممکن است آلودگی ایجاد شده، ناشی از عملیات رنگ‌آمیزی موجود در اسکله‌ها و واحدهای پتروشیمی و رهاسازی این عناصر از رنگ بدنه کشتی‌ها و شناورها باشد همچنین می‌تواند منشاء زمینی نیز داشته باشد. از طرفی سوخت گازوئیل و بنزین مورد استفاده در انواع ماشین‌آلات، موتورها، پمپ‌ها و دستگاه‌های مختلف واحدهای پتروشیمی از مهمترین دلایل وجود عنصر سرب در محیط و تجمع آن در رسوبات است (Ntakirutimana *et al*., 2013). بنابراین دلایل وجود سرب در رسوبات تالاب شادگان را می‌توان به استفاده از منابع تولیدکنندهٔ آن و تولید پساب آلوده دانست. Haghshenas و همکاران (۲۰۱۸) عنوان کردند که منبع اصلی عنصر سرب در رسوبات ساحلی خلیج فارس رنگ‌های بدنه شناور و کشتی‌ها و سوخت‌های آن‌ها است. Karimi (۲۰۱۵) و Heidari Cheharlang و همکاران (۲۰۱۹) نیز وجود سرب در رسوبات تالاب شادگان را گازوئیل و بنزین و رنگ‌های مورد استفاده در صنایع اطراف تالاب عنوان کردند. مطالعات دیگری در خلیج فارس نیز نتایج مشابه با تحقیق حاضر را نشان دادند (Vaezi *et al*., 2015; Zare *et al*., 2017). به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که آلودگی بالای تالاب شادگان به نیکل، جیوه و سرب ناشی از حمل و نقل نفت خام و ترکیبات نفتی، تخلیهٔ آب توازن کشتی‌ها و ورود آن‌ها به رسوبات ساحلی و فاضلاب‌های پتروشیمی باشد.

آنالیز شاخص آلودگی (Igeo) که بیانگر آلودگی تالاب نسبت به هر فلز را بیان می‌کند، نشان داد که در اکثر

ایستگاه‌ها شاخص آلودگی در وضعیت شدید و بسیار شدید قرار داشت. وضعیت آلودگی برای نیکل آلودگی شدید، سرب آلودگی شدید، فلز جیوه آلودگی شدید تا بسیار شدید و وانادیوم دارای آلودگی متوسط در رسوبات تالاب شادگان بود. بنابراین تالاب شادگان دارای بار آلودگی بالایی از فلزات مذکور می‌باشد. Heidari Cheharlang و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی وضعیت آلودگی تالاب شادگان عنوان کردند که وضعیت آلودگی برای سرب آلودگی شدید، جیوه آلودگی شدید و دیگر فلزات آلودگی متوسطی دارند. Rostami Paeidar(۱۳۹۷) نشان دادند که رسوبات تالاب شادگان دارای وضعیت آلودگی شدید برای جیوه و سرب هستند. Raeisi Sarasiab و همکاران (۲۰۱۴) نیز میزان شاخص را برای جیوه ۵/۱ (آلودگی بسیار شدید) برآورد کردند. Nasirian و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی شاخص زمین انباشتگی برای جیوه، سرب و نیکل وضعیت آلودگی شدید را عنوان کردند. Mortazavi و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش دادند که شاخص آلودگی برای نیکل و سرب در وضعیت متوسط، برای جیوه آلودگی شدید و برای کادمیوم در وضعیت آلودگی پایین قرار دارد.

Hosseini و Sajjadi (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که سرب در رسوبات ساحلی بندر امام خمینی دارای آلودگی شدیدی است. بنابراین می‌توان عنوان کرد که تالاب شادگان دارای آلودگی شدید و بار آلودگی بالایی نسبت به فلزات مورد بررسی قرار دارد.

آنالیز شاخص ریسک اکولوژیک فلزات نشان داد که شاخص ریسک اکولوژیک برای نیکل قابل توجه، برای سرب قابل توجه، برای جیوه قابل توجه و همچنین برای وانادیوم متوسط است. بنابراین میزان شاخص اکولوژیک برای نیکل، سرب و جیوه در طبقهٔ ۳ و وانادیوم در طبقهٔ ۲ می‌باشد. Cheraghi و همکاران (۲۰۱۸) میزان ریسک اکولوژیک فلز سرب را در رسوبات تالاب شادگان در طبقهٔ ۴ یعنی خیلی بالا گزارش کردند. در تحقیقی مشابه Vaezi و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که ریسک اکواوژیک برای سرب و جیوه در رسوبات ماهشهر خیلی بالاست، بنابراین منطقهٔ مورد نظر دارای بار آلودگی بالایی است. Nasirianj و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی مشابه ریسک اکولوژیک جیوه را خیلی بالا، سرب را قابل توجه و نیکل را متوسط گزارش دادند. Hosseini و Sajjadi (۲۰۱۸) نیز ریسک اکولوژیک سرب در رسوبات بندر امام خمینی در طبقهٔ ۴ (خیلی بالا) گزارش کردند براساس نتایج مطالعهٔ حاضر و تحقیقات مشابه می‌توان نتیجه گرفت که ریسک اکولوژیک فلزات سنگین به‌خصوص سرب و جیوه در رسوبات تالاب شادگان بسیار بالا و قابل توجه است که نیاز به مدیریت محیط زیستی دارد.

نتایج همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی بالایی بین نیکل با وانادیوم (۰/۹۹۳) و سرب و جیوه (۰/۸۸۵) وجود دارد. نیکل و وانادیوم از ترکیبات اصلی ترکیبات و مشتقات نفتی به‌خصوص نفت خام می‌باشد که استفاده از نفت خام و ترکیبات نفتی در صنعت پتروشیمی سبب ورود این فلزات به محیط زیست و تجمع آن‌ها در رسوبات و موجودات می‌شوند. به‌طور کلی نسبت وانادیوم به نیکل یکی از شاخص‌های وجود آلودگی نفتی است. بنابراین با ورود منبع این فلزات به محیط غلظت آن‌ها افزایش پیدا می‌کند و به‌دلیل منشاء یکسان، تغییرات آن‌ها با هم در ارتباط است. Mirza و همکاران (۲۰۱۳)، همبستگی بالایی بین نیکل با وانادیوم در رسوبات خلیج فارس گزارش دادند و دلیل اصلی این همبستگی را منشاء یکسان (ترکیبات نفتی) عنوان کردند. Maleki و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعهٔ خود همبستگی بالایی بین نیکل با وانادیوم و سرب با جیوه پیدا کردند. Firouzshahian و همکاران (۲۰۱۳) آلودگی فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم و وانادیوم) در آب و رسوبات تالاب هورالعظیم بررسی کردند و در مطالعهٔ آن‌ها نیز همبستگی بالایی بین نیکل و وانادیوم به‌دلیل منبع مشابه مشاهده شد. Mori Bazofti و همکاران (۲۰۱۳) همبستگی بین سرب و نیکل را به منشاء یکسان آن‌ها نسبت دادند و پساب‌های حاوی مشتقات نفتی و هیدروکربن‌ها را منبع ورود آن‌ها به محیط عنوان کردند. Bastami و همکاران (۲۰۱۵)،

جدول ۸ – مقایسهٔ غلظت فلزات در مطالعهٔ حاضر با مطالعات مشابه در رسوبات تالاب شادگان

منبع	وانادیوم	جیوه	سرب	نیکل
Karbassi and Amirnezhad (2004)	۴۵/۵	۰/۹۴	۲/۴	۴۱/۳۹
Yaghobzadeh *et al*. (2010)		۱/۰۵	–	–
Elsagh and Barmaki (2013)	۷۸	۴/۲	۷/۵	۵۰/۴۵
Maleki *et al*. (2013)	–	۰/۵۶	۳/۷۶	–
Heidari Cheharlang *et al*. (2014)	۱۱۴			
Nasirian *et al*. (2014)	–	۱/۲	۴/۵	–
Raeisi Sarasiab *et al*. (2014)	–	۷/۴	–	–
Vaezi *et al*. (2015)	–	۱/۴	۳/۴۵	
Karami (2015)	–	۳/۵	۸/۲۱	۴۹
Cheraghi *et al*. (2017)		–	۲۱/۷۷	–
Firouzshahian *et al*. (2018)	۸۰/۳۵	–	–	۲۰۳/۶۴
Hosseini and Sajjadi, (2018)	–	–	۵/۷	–
Mortazavi (2018)		۱۰/۰۹	۶/۵۴	۶۸/۵
Yavar Ashayeri and Keshavarzi (2019)	۸۹/۵	–	۷/۳	۶۵
Yavar Ashayeri *et al*. (2020)	۹۵/۱۱	۴/۲	۸/۵	۶۹/۶

Jamshidi و Bastami (۲۰۱۶) و Jahan و Strezov (۲۰۱۸) نیز همبستگی بالایی بین نیکل با وانادیوم را گزارش دادند.

مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین مطالعهٔ حاضر در رسوبات تالاب شادگان با برخی از استانداردهای محیط زیست در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد که غلظت فلزات مورد بررسی در ایستگاه‌های مختلف از استانداردهای ERL، ERM، PEL، ISQG، WHO و EPA بالاتر بوده است. غلظت جیوه و سرب از استاندارد محیط زیست کانادا بیشتر ولی غلظت نیکل و وانادیوم از این استاندارد کمتر بوده است. غلظت جیوه و سرب از استاندارد محیط زیست آلمان بیشتر ولی غلظت نیکل کمتر بوده است. همچنین مقایسهٔ با استاندارد محیط زیست ایران نشان داد که غلظت فلزات از محدودهٔ استاندارد بالاتر بوده است. بنابراین می‌توان گفت که غلظت فلزات مورد بررسی در رسوبات تالاب شادگان از استانداردهای محیط زیست مختلف به‌جز در دو مورد بالاتر بوده است که نشان از آلودگی بالای منطقه است. غلظت فلزات در مطالعهٔ حاضر با مطالعات مشابه صورت گرفته در رسوبات تالاب شادگان در جدول ۸ نشان داده شده است.

نتایج این مقایسه نشان داد که میانگین غلظت نیکل در مطالعهٔ حاضر از تمام مطالعات صورت گرفته در تالاب شادگان بیشتر بوده است ولی غلظت آن از مطالعات Firouzshahian و همکاران (۲۰۱۸) کمتر برآورد شده است. مقایسهٔ غلظت سرب در رسوبات در مطالعهٔ حاضر مشخص شد که غلظت آن از مطالعاتِ Elsagh و Barmaki (۲۰۱۳)، Maleki و همکاران (۲۰۱۳)، Raeisi Sarasiab و همکاران (۲۰۱۴)، Nasirian و همکاران (۲۰۱۴)، Vaezi و همکاران (۲۰۱۵) و Hosseini و Sajjadi (۲۰۱۸) بیشتر بوده ولی از دیگر مطالعات صورت گرفته کمتر برآورد شد. مقایسهٔ غلظت جیوه نشان داد که جیوه در مطالعهٔ حاضر از مطالعه Yaghobzadeh و همکاران (2010)، Maleki و همکاران (2013)، Mori Bazofti و همکاران (۲۰۱۷)، Karbassi وAmirnezhad (۲۰۰۴)، Nasirian و همکاران (۲۰۱۴)، Vaezi و همکاران (۲۰۱۵) و Yavar Ashayeri و همکاران (۲۰۲۱) بیشتر بوده و از دیگر مطالعات مشابه غلظت کمتری داشته است.ِ Elsagh و Barmaki (2013)، Heidari Cheharlang و همکاران (۲۰۱۹)، Yavar Ashayeri و

Keshavarzi (۲۰۱۹) وYavar Ashayeri و همکاران (۲۰۲۰) غلظت وانادیوم را بالاتر از مطالعهٔ حاضر گزارش دادند ولی Karbassi و Amirnezhad (۲۰۰۴) غلظتی کمتر از مطالعهٔ حاضر را عنوان کردند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت فلزات هر سال رو به افزایش است و نسبت به گذشته تغییرات زیادی داشته است که از دلایل اصلی آن افزایش فعالیت واحدهای صنعتی و ورود پساب‌های آن‌ها به محیط زیست می‌باشد.

نتیجه‌گیری

آنالیز شاخص آلودگی (Igeo) نشان داد وضعیت آلودگی برای وانادیوم متوسط، برای نیکل و سرب شدید، برای جیوه شدید تا بسیار شدید بود. شاخص ریسک اکولوژیک (ERi) نشان داد که این شاخص برای نیکل، سرب و جیوه در طبقهٔ ریسک شمارهٔ ۳ (قابل توجه) برای وانادیوم طبقهٔ ۲ (متوسط) برآورد شد. بنابراین به‌دلیل آلودگی بالای فلزات، ریسک اکولوژیک وضعیت قابل توجه و بالایی دارد که نیازمند مدیریت محیط زیست می‌باشد. با توجه به موقعیت تالاب شادگان و فعالیت واحدهای مختلف پتروشیمی و ورود پساب آلودهٔ آن‌ها به محیط تالاب، استفاده از تصفیه‌خانه‌های جدید، تجزیه کردن آلاینده‌ها و استفاده از مواد خام با درصد آلایندگی کمتر در مدیریت پساب‌ها جهت کاهش آلاینده‌ها، ضروری است.

قدردانی

این مطالعه برگرفته از پروژه دکتری در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات می‌باشد. بدین‌وسیله از تمام کسانی که در اجرای این پروژه همکاری نمودند؛ کمال تشکر را داریم.

References

Abasi, S., Malekzadeh, A., 2020. Investigation and evaluation of safety and environmental risks of Amirkabir Mahshahr Petrochemical with technique RMEA. The third International Conference on Technology Development in Oil, Gas, Refining and Petrochemicals, Tehran. pp. 12-19. (In Persian)

Abasi, A., Pakzad, H., Falahbaran, H., 2018. Evaluation of the degree of heavy metal pollution using the statistical indicators of the enrichment factor and comprehensive pollution in the sediments of Mahshahr Petrochemical Special Economic Zone. The 10th Conference of the Economic Geology Association of Iran. pp. 89-98. (In Persian)

Bastami, K.D., Neyestani, M.R., Shemirani, F., Soltani, F., Haghparast, S., Akbari, A., 2015. Heavy metal pollution assessment in relation to sediment properties in the coastal sediments of the southern Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin 92, 237-243.

Jamshidi, S., Bastami, K.D., 2016. Metal contamination and its ecological risk assessment in the surface sediments of Anzali wetland, Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin 15, 559-565.

Chen, Y., Jiang, X., Wang, Y., Zhuang, D., 2018. Spatial characteristics of heavy metal pollution and the potential ecological risk of a typical mining area: a case study in China. Process Safety and Environmental Protection 113, 204-219.

Cheraghi, M., Mortazavi, S., ELdroumi, A., 2017. Identification and risk assessment of heavy metals (lead, copper and zinc) in the surface sediments of Shadgan Wetland. Journal of Environmental Science and Technology 4, 56-63. (In Persian)

El Nemr, A.M., El Sikaily, A., Khaled, A., 2007. Total and leachable heavy Metals in muddy and sandy sediments of Egyptian Coast along Mediterranean Sea. Environment Monitoring and Assessment 129, 151-168.

Elsagh, A., Barmaki, M., 2013. Measurement of heavy metal pollution in coastal sediments of the Persian Gulf. Journal of Environmental Science and Technology 2, 1-11. (In Persian)

Firouzshahian, N., Payande, K., Sabzalipour,

S., 2018. Assessment of heavy metal contamination (nickel, cadmium and vanadium) in water and sediments of Horulazim lagoon in Khuzestan province. Animal Environment 4, 359-368. (In Persian)

Jahan, S., and Strezov, V., 2018. Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metals in the sediments of seaports of NSW, Australia. Marine Pollution Bulletin 128, 295-306.

Jiang, D., Wang, Y., Zhou, S., Long, Z., Liao, Q., Yang, J., Fan, J., 2019. Multivariate analyses and human health assessments of heavy metals for surface water quality in the Xiangjiang River Basin, China. Environment Toxicological Chemistry 38, 1645-1657.

Haghshenas, A., Hatamimanesh, M., Sadeghi, M., Mirzaei, M., Mohamadi, A., 2018. Measuring and evaluating the ecological risk of heavy metals (lead, cadmium, copper and zinc) in the coastal sediments of Bushehr province. Journal of Environmental Health Engineering 4, 359-374. (In Persian)

Heidari Cheharlang, B., Riahi Bakhtiari, A., Mohamadi, J., Farshchi, P., 2019. Zoning of heavy metal contamination of zinc, copper and iron in the surface sediments of Shadgan Wildlife Sanctuary using different interpolation methods and GIS. Wetland Ecobiology 41, 85-102. (In Persian)

Hosseini, M., Sajjadi, N., 2018. The comparison of selenium and lead accumulation between contaminated muddy and sandy sediments from four estuaries along the Persian Gulf: effect of grain size. Environ Geochem Health 4, 1645-1656.

Hakanson, L., 1981. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. J. Water Res 14, 975-1001.

Karbassi, A.R., and Amirnezhad, R., 2004. Geochemistry Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Mn,V, Fe, Al and Ca in sediments of North Western part of the Persian Gulf. International Journal of Environmental Studies 54, 205-2012.

Karimi, F., 2015. Presenting a realistic method to investigate the ecological risk of pesticides in Shadgan International Wetland. Wetland Ecobiology 26, 18-22. (In Persian)

Liang, J., Liu, J., Xu, G., Chen, B., 2019. Distribution and transport of heavy metals in surface sediments of the Zhejiang nearshore area, East China Sea: sedimentary environmental effects. Marine Pollution Bulletin 146, 542-551.

Maleki, N., Douraghi, A., Safaeiheh, A., Sakhei, N., Savari, A., 2013. Study of heavy metal contamination of copper, cadmium, lead, nickel in sediment water and different nutrient levels of Shadgan Wetland. Master's thesis, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology. pp. 23-34 (In Persian)

Mirza, R., Fakhri, A., Faghiri, E., Azimi, A., 2013. Investigating the ratio of nickel and vanadium in the Mori Bazoft, H., Safaeiheh, A., Nabavi, S.M.B., Ghanemi, K., 2017. Evaluation of the level of mercury contamination in intertidal sediments of Mahshahr estuaries. Journal of Natural Resources of Iran 70, 699-708.sediments of Bushehr beaches, Persian Gulf. Oceanography 14, 35-43. (In Persian)

Mortazavi, S., 2018. Survey of Modified Hazard Quotient, Potential Ecological Risk Factor and Toxicity Units of Heavy Metals in Surface Sediments of Some Wetlands of Iran. Archives of Hygiene Sciences 4, 251-263. (In Persian)

Maslennikov, S., Larina, N., & Larin, S., 2012. The effect of sediment grain size on heavy metal content. Lakes reservoirs and ponds 6(1), 43-54.

Ntakirutimana, T., Du, G., Guo, Jing-song, G., Xu, and Huang, L., 2013. Pollution and potential ecological risk assessment of heavy metals in a lake. Polish Journal of Environmental Studies 22(4), 1129

Mooraki, N., Smaeli Sari, A., Soltani, M., Valinassab, T., 2009. Spatial distribution and assemblage structure of macrobenthos in a tidal creek in relation to industrial activities. International journal of Environmental Science and Technology 6, 43-50

More Bazofti, H., Safaheih, A., Nabavi, S.M.B., Ghanemi, K., 2017. Evaluation of the level of mercury pollution in the intertidal sediments of Khoriat Mahshahr. Journal of Natural Environment 3, 699-707. (In Persian).

Muller, G., 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins, Veranderungen Seit 1971, Umschau79, 778-783.

Nasirian, H., Kim, I., Sadeghi, SM., et al. 2016. Assessment of bed sediment metal

contamination in the Shadegan and Hawr Al Azim wetlands, Iran. Environmental Monitoring and Assessment 188(2), 123-129.

Nowrouzi, M., Pourkhabbaz, A., 2014. Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Hara Biosphere Reserve, Iran. Chemical Speciation & Bioavailability 26, 99-105.

Nowrouzi, M., Pourkhabbaz, A. & Rezaei, M., 2014. Sequential extraction analysis of metals in sediments from the Hara Biosphere Reserve of Southern Iran. Chemical Speciation & Bioavailability 26, 273-277.

Nowrouzi, M., Pourkhabbaz, A., and Rezaei, M., 2012. Bioaccumulation and Distribution of Metals in Sediments and Avicenna marina Tissues in the Hara Biosphere Reserve, Iran. Bull Environ Contam Toxicol 89, 799-804.

Raeisi Sarasiab, A., Hosseini, M., Mirsalari, Z., 2014. Mercury distribution in contaminated surface sediments from four estuaries, Khuzestan shore, north part of Persian Gulf. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 93(5), 522-5.

Rahimi Baluchi, L., Malek Mohammadi, B., 2013. Evaluation of environmental risks of Shadgan International Wetland based on ecological performance indicators. Ecology 65, 101-112. (In Persian).

Rostami Paeidar, G., Moradpour H., 2017. Environmental assessment of heavy metals in the coastal sediments of Bandar Imam and Daylam, north of the Persian Gulf, Iran. Environmental Geology 44, 98-107. (In Persian).

ROPME., 1991. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analysis Methods (MOPAM), Kuwait.

Vaezi, A.R., Karbassi, A.R., Fakhraee, M., 2015. Assessing the trace metal pollution in the sediments of Mahshahr Bay, Persian Gulf, via a novel pollution index. Environmental Monitoring and Assessment 187, 613-620.

Yaghobzadeh, Z., Jorabian Shushtari, S., Abdolahzadeh, A., 2010. Investigating the pollution and effects of mercury in the environment, especially aquatic ecosystems. The First National Conference on Water Resources Management of Coastal Lands. pp. 11- 23. (In Persian).

Yavar Ashayeri, N., Keshavarzi, B., Moore, F., 2020.Bioavailability and bioaccumulation of heavy metals in the sediment-plant system of Shadegan Wetland, Khuzestan Province. Advanced Applied Geology 4, 392-406.

Yavar Ashayeri, N., Keshavarzi, B., 2019. Geochemical characteristics, partitioning, quantitative source apportionment, and ecological and health risk of heavy metals in sediments and water: A case study in Shadegan Wetland, Iran. Marine Pollution Bulletin 149, 110-115.

Zare, Z.R., Rezaee, P., Lak, R., Masoodi, M., & Ghorbani, M., 2017. Distribution and accumulation of heavy metals in sediments of the northern part of mangrove in Hara Biosphere Reserve, Qeshm Island (Persian Gulf). Soil and Water Research 12(2), 86-95.

Original Article

Journal of Natural Environment 75(Special Issue): 214-226 (2023)
Print ISSN: 2008-7764/Online ISSN: 2423-7817
https://jne.ut.ac.ir/

Accumulation, distribution and ecological risk assessment of heavy metals in sediments, case study: Shadgan wetland

Mohammad Kamasi[1], Seyed Masoud Monavari[*1], Fariba Zamani Hargalani[1], Shahram Baikpour[1,2]

[1]Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
[2]Medical Geology Research Center, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[*]Corresponding author: m-monavari@srbiau.ac.ir

Abstract

Evaluating the metals concentration and their environmental risk for pollution monitoring is necessary to maintain the quality and the health of the ecosystem. In this study, the distribution and ecological risk assessment of heavy metals in the sediments of the estuaries around the petrochemical units were investigated. The purpose of this research is the pollution value and ecological risk assessment of heavy metals in the sediments in Shadgan wetland. A systematic method of random classification was used to determine the sampling points and 36 sediment samples were collected and transferred to the laboratory for analysis. Preparation and complete digestion of sediments were performed according to standard Mopam instructions. For analyze to of samples, was used ICP-OES model 730-ES device. Important environmental indicators such as the geochemical index (Igeo) and ecological risk index (ERi) were calculated. Based on the results obtained, mean concentrations of Ni, Pb, Hg, and V were 55.8, 8.5, 6.9 and 88.7µg/g, respectively. The research results showed that distribution pattern of heavy metals in the sediments was V>Ni>Pb>Hg. Based on Muller's geochemical index, pollution degree was severe contamination for nickel and lead, severe to very severe contamination for mercury, and moderate contamination for vanadium. The ecological risk index (ERi) analysis showed that the risk situation is considerable for Ni, Pb, and Hg and moderate for V. It can be concluded that the Shadgan wetland is contaminated with heavy metals due to the inflow of effluents from petrochemical industries. The use of modern treatment plants, decomposition of pollutants and the use of raw materials with a lower percentage of pollutants in wastewater management are necessary to reduce pollutants.

Keywords: Heavy Metals, Geochemical Index, Ecological Risk, Petrochemical wastewater, Shadgan Wetland