CC BY

مقاله علمی -پژوهشی:

توزیع مکانی فلزات سنگین در رسوبات زیستگاه‌های مانگرو و مرجانی استان هرمزگان

محمدصدیق مرتضوی*[1]، سیده لیلی محبی نوذر[1]، سنا شریفیان[1]، فرشته سراجی[1]، سیامک بهزادی[1]، هادی کوهکن[1]

*mseddiq1@yahoo.com

۱-پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

چکیده

در تحقیق حاضر، ارزیابی جامع توزیع مکانی فلزات سنگین شامل کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و کروم در رسوبات نواحی مانگرو و مرجانی از ۳۲ ایستگاه واقع در خورهای تیاب، آذینی، جزایرلارک، هنگام و قشم، بندرپل و بندر خمیر طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰، انجام شد. غلظت فلزات سنگین تغییرات مکانی معنادار بین مناطق نشان داد. بالاترین غلظت فلز کادمیوم ۱/۶۴±۰/۰۱ میکروگرم/گرم در ایستگاه "نزدیک روستای طبل، جنوب درختان حرا" مشاهده شد. ایستگاه "تیاب، انتهای خور" دارای بالاترین غلظت سرب (۲/۱۷±۱۷/۸۷ میکروگرم/گرم) بود. بالاترین غلظت نیکل (۱/۸۵±۱۳۵/۲۲ میکروگرم/گرم) در ایستگاه "تیاب شمالی، شاخه آبدهی" دیده شد. حداکثر غلظت فلز کروم (۰/۴۱±۱۸/۴۱میکروگرم/گرم) در ایستگاه "مرکز ذخیرگاه حرا" مشاهده شد. بالاترین غلظت روی (۳۰/۷۴±۹۴/۶۱ میکروگرم/گرم) در "ایستگاه ۲ آذینی" وجود داشت و نهایتاً در ایستگاه "اسکله خمیر، بستر شنی درختان حرا" بالاترین غلظت مس (۰/۲۸±۴۰/۵ میکروگرم/گرم، مشاهده شد. ایستگاه‌های واقع در تیاب و ذخیره‌گاه مانگرو، دارای شدت بیش‌تری از آلودگی نسبت به سایر نقاط بودند و ریسک‌های قابل‌توجه از آلودگی به‌خصوص از لحاظ فلزات نیکل و کادمیوم نشان دادند. کادمیوم، به عنوان پرخطرترین عنصر در مناطق مورد مطالعه در نظر گرفته شد که احتمالاً ناشی از فعالیت‌های صنعتی باشد. استراتژی‌های جامع و چشمگیر جهت کنترل و کاهش این آلودگی‌های فلزات سنگین به‌خصوص در زیستگاه‌های تیاب و ذخیره‌گاه مانگرو، مکان‌هایی که شدت بالای آلودگی کادمیوم و نیکل را نشان دادند، موردنیاز است در نظر گرفته شود تا منابع این آلودگی‌ها شناسایی و مدیریت شوند و تاثیر فعالیت‌های انسانی بر زیست‌بوم اکوسیستم‌های مانگرو و مرجانی به حداقل برسد.

لغات کلیدی: فلزات سنگین، توزیع مکانی، نواحی مانگرو و مرجانی، خلیج‌فارس

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

مقدمه

جنگل‌های مانگرو مجموعه‌ای از عملکردها و خدمات اکوسیستمی همانند حفاظت از سواحل، جذب کربن، برداشت چوب، توریسم و صیادی را ایفاء می‌کنند (Rasolofo, 1997; Donato *et al.*, 2011; Carrasquilla-Henao and Juanes, 2017; Hochard *et al.*, 2019; Spalding and Parrett, 2019; zu Ermgassen *et al.*, 2020) که ارزش‌های متغیر این خدمات اکوسیستمی حدود ۲۵ تریلیون دلار امریکا در سال است (Costanza *et al.*, 2014). با این‌حال، نرخ از بین‌رفتن مانگروها، از اواخر قرن بیستم با روند روبه رشدی همراه بوده به‌طوری‌که طی سالهای ۲۰۱۲-۲۰۰۰ از ۰/۱۶ به ۰/۳۹درصد افزایش یافته است (Hamilton and Casey, 2016) و به رغم روند فزاینده نرخ تخریب هنوز از این اکوسیستم جهت کاربردهای متعدد استفاده می گردد (Richards and Friess, 2016; Thomas *et al.*, 2017). زیستگاه‌های مانگرو سودمندی‌های متنوعی برای جوامع ساحلی فراهم می‌کنند، از جمله کارکردهای شیلاتی که معیشت و تغذیه قشر زیادی از افراد جامعه به آن وابسته است (Himes-Cornell *et al.*, 2018; zu Ermgassen *et al.*, 2020). نواحی ساحلی مانگرو به عنوان یکی از حاصلخیزترین اکوسیستم‌ها و دارا بودن منابع طبیعی چشمگیر و مکان‌های جغرافیایی ایده‌آل، در حال تبدیل به مرکز فعالیت‌های انسانی در سرتاسر جهان هستند. ازاین‌رو، به محل تجمع انواع آلاینده‌ها، از جمله فلزات سنگین، تبدیل شده‌اند (Pielke, 2005; Wang *et al.*, 2018; El-Sorogy *et al.*, 2020; Tian *et al.*, 2020). امروزه، شاهد افزایش چشمگیر آلودگی‌های فلزات سنگین ناشی از تخلیه فاضلاب‌ها به رودخانه‌ها و مصب‌ها به‌خصوص در نواحی صنعتی و شهری هستیم (Maanan, 2008; Kötke *et al.*, 2019; Letsinger *et al.*, 2019; Tan *et al.*, 2019; Angeli *et al.*, 2021). غلظت‌های بالای فلزات به‌تدریج موجب تجمع زیستی سموم درآبزیان و انسان‌ها خواهند شد. مقاومت و سمیت بالای فلزات سنگین و اثرات آنها بر موجودات زنده، باعث شده است که آنها به عنوان یک نگرانی جهانی مطرح شوند (Ghrefat and Yusuf, 2006; Mortazavi *et al.*, 2013; Ali *et al.*, 2019; Zhang and Reynolds, 2019; Pujari and Kapoor, 2021). خلیج‌فارس به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع سوخت‌های فسیلی، شامل حدود ۶۶ درصد نفت خام و ۳۵ درصد گاز جهان است. بهره‌برداری ازاین منابع انرژی منجر به توسعه صنعتی درحاشیه خلیج‌فارس شده است. علاوه‌برآن، قرار گرفتن خلیج‌فارس در فلات قاره و وجود صخره‌های مرجانی و جنگل‌های مانگرو، آن را به عنوان یکی از غنی‌ترین زیستگاه‌های آبزیان، معرفی می‌نماید. در طول سال‌های اخیر، آلاینده‌های متنوعی از منابعی نظیر صنایع نفت و گاز، فاضلاب‌های شهری و خانگی، نفت‌کش‌ها وکشتی‌های تجاری وارد خلیج‌فارس شده‌اند (FAO, 2014; Freije, 2015; Shahsavani *et al.*, 2017; Cunningham *et al.*, 2019; Keshavarzifard *et al.*, 2020). مطالعه پایش فلزات سنگین در رسوبات بسترهای مانگرو و صخره‌های مرجانی در حوزه خلیج‌فارس می‌تواند داده‌های مورد نیاز جهت تدوین طرح مدیریت جامع اکوسیستم را در راستای دستیابی به سلامت این زیستگاه‌ها فراهم آورد.

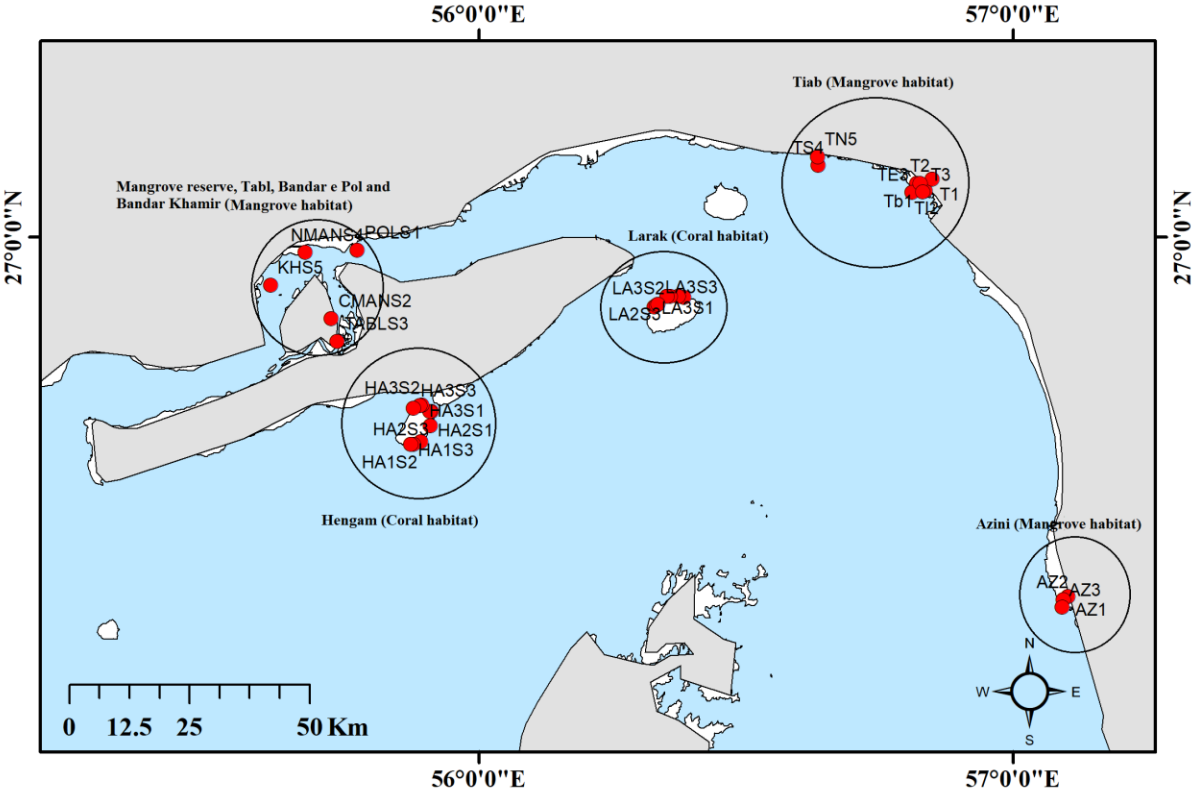
در مطالعه حاضر، ارزیابی توزیع مکانی فلزات سنگین شامل کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و کروم، در رسوبات نواحی مانگرو و مرجانی از ۳۲ ایستگاه واقع در خورهای تیاب، آذینی، جزایر لارک، هنگام، قشم، بندرپل و بندر خمیر در خلیج‌فارس، انجام شد. نتایج این مطالعه و پایش پیوسته آلودگی فلزات سنگین و ارزیابی ریسک اکولوژیک، می‌تواند برای برنامه‌ریزی بهتر و مدیریت زیستگاه‌های دریایی، در خلیج‌فارس استفاده شود.

مواد و روش کار

نمونه‌برداری از رسوبات با استفاده از گراب ون وین[1] با مساحت پوشش ۰/۰۴ متر مربع از زیستگاه‌های حرا و مرجانی شامل ۳۲ ایستگاه واقع در خور تیاب، خور آذینی، جزیره لارک، جزیره هنگام، قشم و خمیر طی تیر ماه ۱۳۹۹ لغایت شهریور ۱۴۰۰ انجام شد (شکل ۱).

[1] Van Veen

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری رسوبات از زیستگاه‌های حرا و مرجانی (در پیرامون قشم، بندر خمیر، لارک، هنگام، خورهای تیاب و آذینی)، واقع در خلیج‌فارس

Figure 1: Sampling stations of sediments from mangrove and coral habitats (Around Qeshm, Bandar Khamir, Larak, Hengam, Tiab, and Azini estuaries) located in the Persian Gulf

نمونه‌های رسوب شامل حدود ۱۰۰۰ گرم از پنج سانتی‌متری سطح، جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه پژوهشکده اکوژی خلیج‌فارس و دریای عمان منتقل و تا زمان تجریه‌وتحلیل، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌ها در آون با دمای ۱۱۰- ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. سپس حدود نیم‌گرم از نمونه با اسیدنیتریک (۶ میلی‌لیتر)، اسیدکلریدریک (۲ میلی‌لیتر) و اسید فلوردریک (۲ میلی‌لیتر) در دستگاه مایکروویو (مدل Ethos-1) هضم شدند. غلظت‌های فلزات سنگین با استفاده ازدستگاه جذب اتمی (Thermo, Series M)، تعیین شد. جهت تعیین غلظت عناصر مس و روی از سیستم شعله و برای کادمیوم، سرب و نیکل از سیستم کوره دستگاه جذب اتمی استفاده شد (MOOPAM, 2010). از ماده مرجع IAEA-433، جهت دقت و کنترل کیفیت فرایند تجزیه‌وتحلیل، استفاده شد.

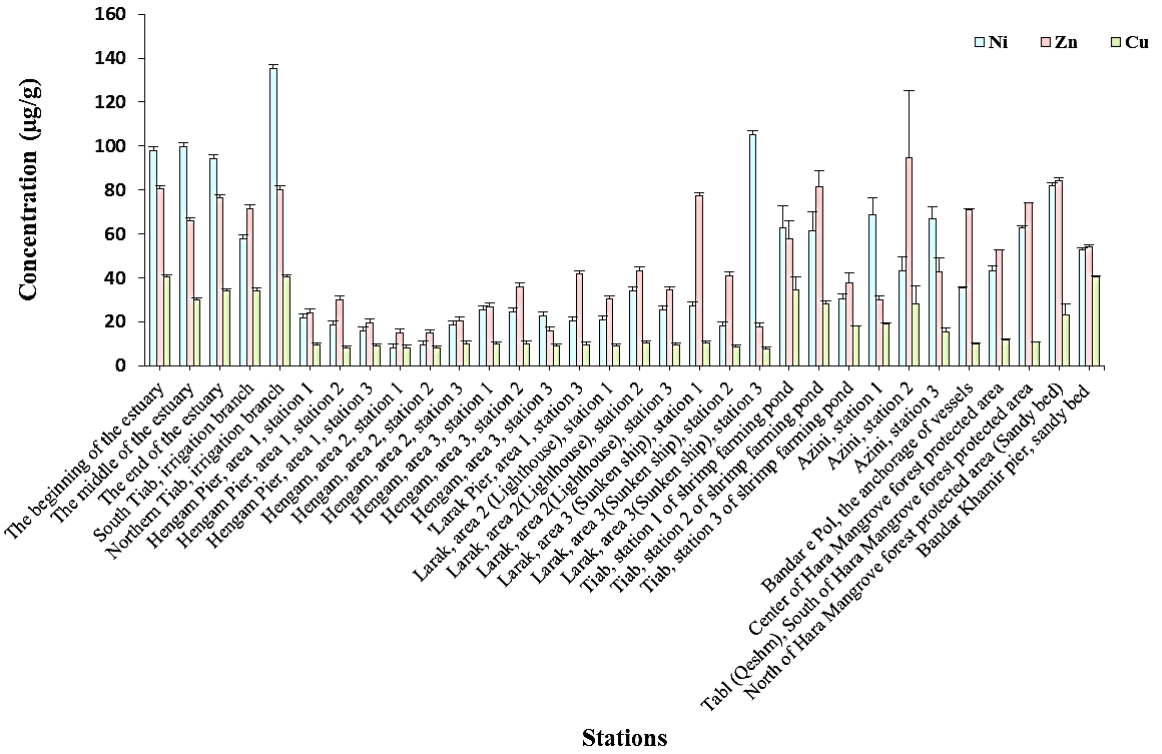
روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

غلظت‌های فلزات سنگین جهت نرمالیته‌بودن با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، تست شدند. جهت تست پارامترهای با توزیع نرمال از آزمون پارامتریک (آنالیز واریانس یک‌طرفه، آزمون توکی، ضریب F) و جهت آزمودن پارامترهای غیر نرمال از تست ناپارامتریک (آنالیز کروسکال والیس، مربع کای (χ^2)) استفاده شد. روش وزن‌بندی مسافت معکوس (IDW)، جهت نقشه توزیع مکانی فلزات سنگین در نرم افزار ArcGIS، استفاده شد. این نرم‌افزار هم‌چنین جهت ترسیم نقشه ایستگاه‌های نمونه‌برداری، استفاده گردید.

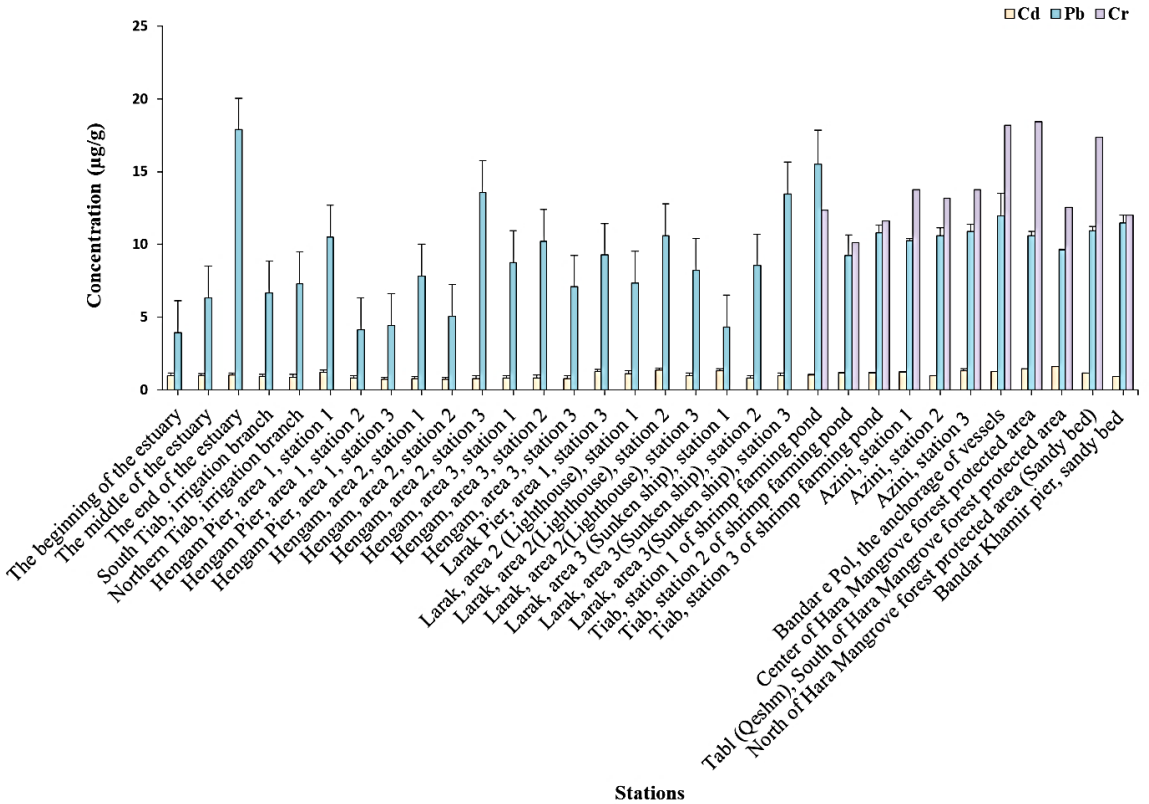
[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

نتایج

در طول دوره نمونه‌برداری، تمامی فلزات کمیاب کادمیوم، سرب، نیکل، مس و روی، نوسانات مکانی معنادار بین ایستگاه‌ها، نشان دادند ($p<0/05$). ایستگاه‌های واقع در تیاب شامل تیاب شمالی، شاخه آبدهی (۱۳۵/۲۲ میکروگرم/گرم وزن خشک) و میانه خور تیاب (۹۹/۸۱ میکروگرم/گرم وزن خشک)، هم‌چنین ایستگاه ۳ منطقه کشتی غرق‌شده لارک (۱۰۵/۱۸ میکروگرم/گرم وزن خشک) به ترتیب دارای بالاترین غلظت‌ها از نیکل بودند. از لحاظ غلظت روی، در ایستگاه‌های ۲ آذینی (۹۴/۶۱ میکروگرم/گرم وزن خشک)، شمال ذخیرگاه حرا، بستر شنی، (۸۴/۳۸ میکروگرم/گرم وزن خشک) و ایستگاه ابتدای خور تیاب (۸۰/۳۴ میکروگرم/گرم وزن خشک)، حداکثر غلظت‌های این فلز مشاهده گردید. در ایستگاه‌های تیاب، ابتدای خور (۴۰/۳۳ میکروگرم/گرم وزن خشک)، تیاب شمالی، شاخه آبدهی (۴۰/۳۵ میکروگرم/گرم وزن خشک)، و اسکله خمیر، بستر شنی درختان حرا (۴۰/۵۰ میکروگرم/گرم وزن خشک)، بالاترین غلظت‌های مس مشاهده شد. حداکثر غلظت کادمیوم در ایستگاه های نزدیک روستای طبل، جنوب درختان حرا (۱/۶۴ میکروگرم/گرم وزن خشک) و ایستگاه‌های واقع در لارک شامل ایستگاه ۲ منطقه فانوس دریایی (۱/۳۷ میکروگرم/گرم وزن خشک) و ایستگاه ۳ منطقه اسکله (۱/۲۵ میکروگرم/گرم وزن خشک) مشاهده شد. از لحاظ غلظت سرب، ایستگاه تیاب در انتهای خور (۱۷/۸۷ میکروگرم/گرم وزن خشک)، ایستگاه ۱ حوضچه پرورش میگو تیاب (۱۵/۴۹ میکروگرم/گرم وزن خشک) و ایستگاه ۱ در منطقه ۳ هنگام (۱۳/۵۶ میکروگرم/گرم وزن خشک)، به‌ترتیب دارای بالاترین غلظت‌ها بودند. نهایتاً، بالاترین غلظت‌های کروم در ایستگاه‌های مرکز ذخیره‌گاه حرا (۱۸/۴۲ وزن میکروگرم/گرم وزن خشک)، بندرپل، لنگرگاه شناورها (۱۸/۲۱ میکروگرم/گرم وزن خشک)، و شمال ذخیره‌گاه حرا، بستر شنی (۱۷/۳۶ میکروگرم/گرم وزن خشک)، مشاهده شد (شکل ۲).



[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

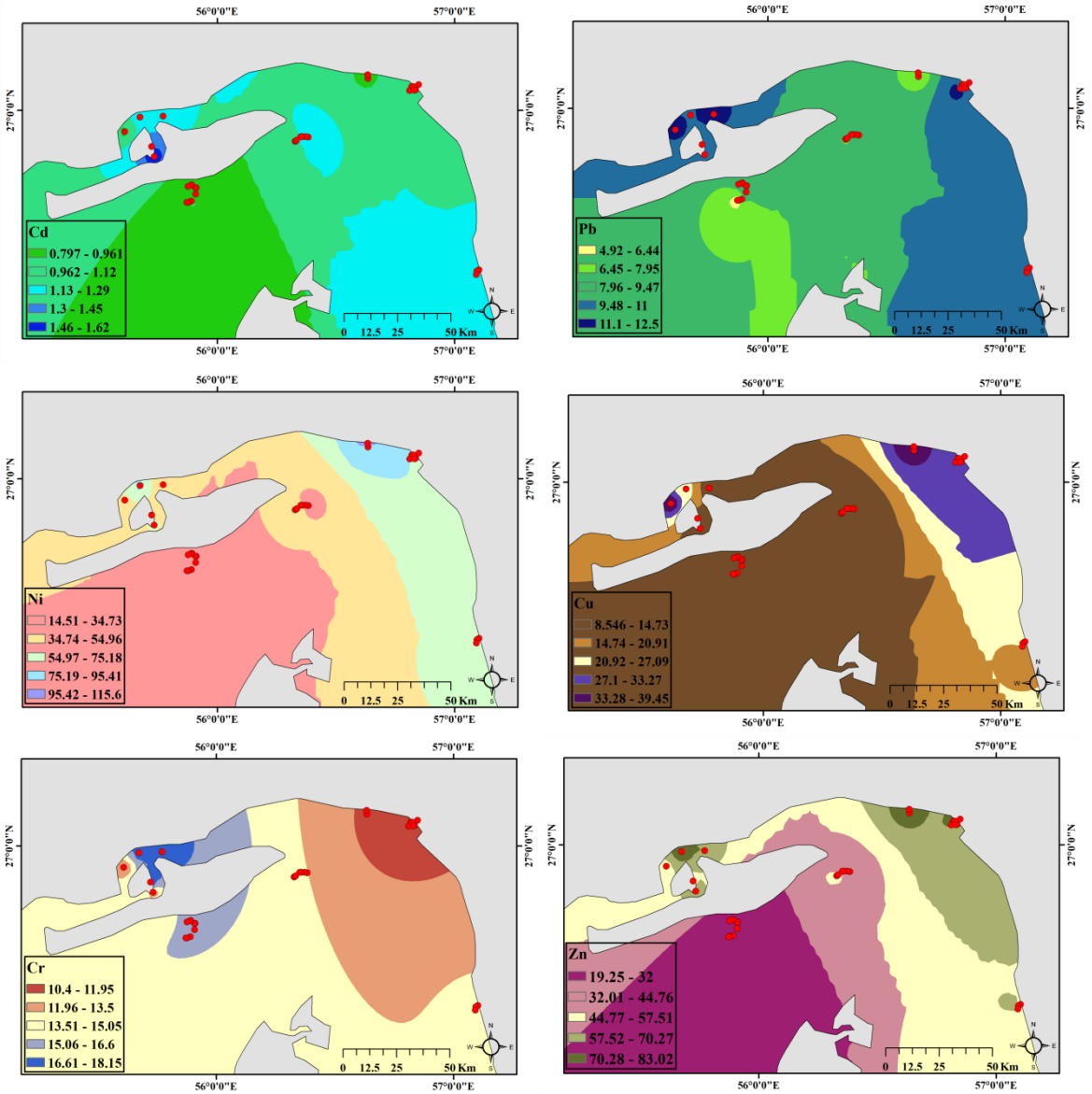


شکل ۲: نوسانات مکانی غلظت فلزات سنگین (میکروگرم/گرم وزن خشک) در بین ایستگاههای نمونه‌برداری واقع در محدوده تنگه هرمز، خلیج‌فارس

Figure 2: Spatial variations of heavy metal concentration in (µg /g dry weight) among the sampling stations located in the area of the Strait of Hormuz, Persian Gulf

در شکل ۳ الگوی توزیع مکانی غلظت فلزات کادمیوم، سرب، نیکل، مس، کروم و روی در رسوبات مناطق خورهای تیاب، آذینی، هنگام، لارک، بندرخمیر، قشم، نشان داده شده است. پراکنش مکانی غلظت کادمیوم نشان داد که ایستگاه‌های واقع در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا، شدت بالاتری از کادمیوم را نسبت به سایر نواحی نشان دادند. سه نقاط کانونی که شدت بالاتری از غلظت سرب را نسبت به سایر مناطق نشان دادند، به‌ترتیب در ایستگاه‌های واقع در بندرخمیر و پل و ایستگاه‌های واقع در تیاب بودند. ایستگاه‌های واقع در تیاب شدت بسیار بالاتری از نیکل نسبت به سایر مناطق نشان دادند و به‌تدریج از غلظت نیکل در ایستگاه‌های آذینی و شمال ذخیره‌گاه کاسته شد. الگوی پراکنش غلظت مس، مشابه با نیکل بود به‌طوری که نقاط کانونی شدت غلظت مس در ایستگاه‌های واقع در تیاب و خمیر مشاهده شد و به‌تدریج در ایستگاه‌های واقع در آذینی و ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا، از این شدت کاسته شد. پراکنش غلظت کروم، الگوی مکانی متفاوتی نسبت به سایر فلزات نشان داد به‌طوری‌که شدت‌های بالای غلظت آن در ایستگاه‌های پیرامون ذخیره‌گاه زیست کره، بندرپل و جزیره هنگام مشاهده شد و ایستگاه‌های واقع در تیاب، کم‌ترین شدت غلظت کروم را نشان دادند. از لحاظ غلظت روی، همانند سایر فلزات شدت‌های بالای آن در ایستگاه‌های واقع در تیاب و شمال ذخیره‌گاه حرا مشاهده شد و در ایستگاه‌های واقع در لارک و هنگام به‌کم‌ترین مقدار خود رسید (شکل ۳).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]



شکل ۳: پراکنش مکانی غلظت فلزات سنگین (میکروگرم/گرم وزن خشک) در رسوبات مناطق خورهای تیاب، آذینی، هنگام، لارک، بندرخمیر، و قشم، خلیج‌فارس، ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Figure 3: Spatial distribution of heavy metal concentration (µg /g dry weight) in the area sediments of Tiab and Azini, estuaries Hengam, Larak, Bandar Khamir, and Qeshm, Persian Gulf, 2021-2022

بحث

نتایج این تحقیق اطلاعات ارزشمندی در مورد پتانسیل‌های آلودگی فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های انسانی در زیستگاه‌های مانگرو خلیج‌فارس فراهم نمود. یافته‌های این مطالعه، اطلاعات مناسبی در زمینه پراکنش مکانی غلظت فلزات سنگین در این محدوده جغرافیایی ارائه کرده است که می‌تواند به فرایندهای پایش و ارزیابی رسوبات در نواحی مورد مطالعه کمک کند و به عنوان یکی از اهداف اولیه در تحقیقات محیطی، شناخته می‌شود. نوسانات مکانی چشمگیر در غلظت فلزات سنگین شامل کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و کروم، در زیستگاه‌های مانگرو و مرجانی، بین ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده شد که نشان‌دهنده ناهمگنی محیطی در مقیاس مکانی نسبتاً نزدیک است. نواحی مورد مطالعه، از لحاظ آلودگی فلزات سنگین در

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

رسوبات، قابل تفکیک و متمایز بودند. مقدارهای متفاوت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف، می‌تواند به علت تنوع در منابع آلوده‌کننده باشد (Wade *et al.*, 2008; Sharifinia *et al.*, 2018).

در حوزه زیستگاه‌های حرا و مرجانی، آلودگی قابل‌توجهی از کادمیوم و نیکل به‌خصوص در تیاب و ذخیره‌گاه حرا، مشاهده شد. در اکثر ایستگاه‌ها به‌ویژه مرکز ذخیره‌گاه حرا، آلودگی بسیار زیادی از کادمیوم مشاهده شد و ایستگاه‌های واقع در تیاب و شمال ذخیره‌گاه حرا دارای آلودگی قابل‌توجهی از نیکل بودند. غلظت‌های بالای فلزات در هر منطقه نشان‌دهنده جذب و تجمع بالا این فلزات در رسوبات این مناطق است. برخی ویژگی‌های کادمیوم نظیر تحرک بالا در محیط رسوبی، تجمع بالا در موجودات آبزی و پتانسیل برای سمیت مزمن حتی در غلظت‌های پایین، این فلز را به یکی از فلزاتی که بیش‌ترین نگرانی را به‌همراه دارد، تبدیل کرده است (Wilson and Bell, 1996; Mirzaei *et al.*, 2020). مشابه این مطالعه، غلظت‌های بالایی از کادمیوم در منطقه نخیلو بوشهر (Arfaeinia *et al.*, 2019) و منطقه خلیج چابهار (Agah, 2021)، جزایر صخره‌های مرجانی خلیج‌فارس (Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2020) و خور خمیر و تیاب (Sharifinia *et al.*, 2018) گزارش شد که نشان می‌دهد، غلظت‌های بالایی از کادمیوم (۲/۲۲ میکروگرم برگرم وزن خشک) در رسوبات خلیج‌فارس و دریای عمان وجود دارد و می‌تواند نگران‌کننده باشد. منابع آلوده‌کننده متنوعی برای آلودگی کادمیوم شامل استخراج و پالایش فلزات غیر آهنی، پوشش‌های ضد رسوب، تولید کودهای فسفاته و دفع زباله (Hou *et al.*, 2013; Mirza *et al.*, 2019; Obasi, 2020)، ایستگاه‌های برق، سیستم‌های گرمایشی و ترافیک شهری (Jumbe and Nandini, 2009) گزارش شده است که با توجه به موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری، منابع بالقوه این آلاینده، احتمالاً پوشش‌های ضد رسوب، ایستگاه‌های برق، سیستم‌های گرمایشی و ترافیک شهری باشند. علاوه‌برآن، غلظت‌های بالای کادمیوم در شمال ذخیره‌گاه مانگرو و نزدیک بندر خمیر، با توجه به موقعیت این ایستگاه‌ها به اسکله خمیر را می‌توان به فعالیت‌های آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی و نواحی صنعتی و مسکونی نسبت داد به‌طوری‌که این مناطق در طول چندین سال، دریافت‌کننده پساب‌ها از فعالیت‌های متنوعی از جمله تخلیه‌های صنعتی، پساب‌های کشاورزی، کارخانه سیمان و دفع ضایعات کشتیرانی بوده‌اند. غلظت‌های بالایی از نیکل در تیاب در مجاورت حوضچه‌های پرورش میگو مشاهده گردید. مطالعات پیشین نشان می‌دهد که فعالیت‌های آبزی‌پروری و متعاقباً تجمع مواد آلی، نقش زیادی در تجمع فلزات سنگین در رسوبات دارند (Mendiguchía *et al.*, 2006; Duodu *et al.*, 2016; Sharifinia *et al.*, 2018). تجمع فلزات سنگین به عوامل مختلفی همانند پلت‌های غذایی و رنگ‌های مورد استفاده در قفس‌های آبزی‌پروری نسبت داده شده است. در این مطالعه، تجمع فلزات سنگین به‌خصوص نیکل در رسوبات نزدیک به فعالیت‌های آبزی‌پروری و نواحی شهری را می‌توان به غذای میگو و تخلیه فاضلاب، به‌ویژه از منابع صنعتی نسبت داد. در جدول ۱، نتایج این مطالعه و گزارش‌های پیشین مرتبط پراکنش مکانی فلزات سنگین در سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان، مقایسه شده‌اند. میانگین غلظت مس در این مطالعه، بالاتر از اکثر مطالعات انجام‌شده در خلیج‌فارس و دریای عمان بود، با این‌حال، آن غلظت پایین‌تری نسبت به رسوبات غرب بندرعباس (Mortazavi *et al.*, 2022)، سواحل بوشهر (Arfaeinia *et al.*, 2019; Mirzaei *et al.*, 2020; Bibak *et al.*, 2021) و سواحل خوزستان (Lahijanzadeh *et al.*, 2019)، بود. غلظت نیکل پایین‌تر از اکثر مطالعات گزارش‌شده از خلیج‌فارس بود. با این‌حال، غلظت نیکل در رسوبات مناطق مورد مطالعه، بالاتر از سواحل بوشهر (Arfaeinia *et al.*, 2019; Mirzaei *et al.*, 2020) و جزایر خارک، چیروئیه، و هندورابی (Souri *et al.*, 2020) بود. غلظت روی در مناطق مورد مطالعه (۴۹/۵۸ میکروگرم برگرم)، بالاتر از اکثر مطالعات انجام‌شده در خلیج‌فارس و دریای عمان، بود. با این‌حال، غلظت روی پایین‌تر از غلظت روی گزارش‌شده از سواحل بوشهر (Arfaeinia *et al.*, 2019; Bibak *et al.*, 2021)، جزایر صخره‌های مرجانی (Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2020) و سواحل خوزستان (Lahijanzadeh *et al.*, 2019; Rastegari Mehr *et al.*, 2020)، بود.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

جدول ۱: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین مس، نیکل، روی، سرب، کادمیوم و کروم (میکروگرم/گرم) در مطالعه اخیر شامل نواحی مانگرو و مرجانی، با سایر مناطق در خلیج‌فارس و دریای عمان

Table 1: Comparison of the average concentration of heavy metals Cu, Ni, Zn, Pb, Cd, and Cr (µg /g) in the recent study including mangrove and coral areas with other areas in the Persian Gulf and Oman Sea

منابع	مقادیر استاندارد						محدوده مورد بررسی
	کروم	کادمیوم	سرب	روی	نیکل	مس	
	۶۷/۳	۰/۱۶	۱۰	۶۴	۳۱	۲۶	
مطالعه حاضر	۱۳/۴۲	۱/۰۷	۹/۶۰	۴۹/۵۸	۴۸/۴۸	۱۸/۵۶	خورهای تیاب، آذینی، هنگام، لارک، بندرخمیر، قشم
(Mortazavi *et al.*, 2022)	۶۴/۴۹	۰/۲۳	۲۵/۲۶	۲۸/۳۳	۱۷۱/۴۳	۷۶/۴۵	غرب بندرعباس
(Sharifinia *et al.*, 2018)	-	۲/۲۲	۳۶/۵۵	۲۶/۷۷	-	۱۲/۲۴	خور خمیر و تیاب
(Sharifinia *et al.*, 2018)	-	۰/۶۷	۴۸/۹۷	۳۶/۹۸	-	۵/۱۳	خور جگین، دریای عمان
(Bibak *et al.*, 2021)	۵۹۵/۴۵	۶/۵۷	۱۹۹/۸۸	۲۶۰/۴۷	۵۵۷/۸۶	۲۴۱/۴۰	سواحل بوشهر
(Rezaei *et al.*, 2021)	۵۴/۹۰	۰/۱۸	۶/۳۶	۳۶/۱۰	۷۷/۱۰	۱۶/۱۰	تنگه هرمز تا سواحل بوشهر
(Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2020)	-۱۲/۸۲ ۴/۳۳	-۴/۳۹ ۱/۴۸	-۳/۴۲ ۱/۱۵	-۵۵/۸۴ ۱۸/۸۵	-۹۴/۴۰ ۳۱/۸۹	۴/۴۶-۱۳/۲۰	جزایر صخره‌های مرجانی (خلیج‌فارس)
(Souri *et al.*, 2019)	-	۰/۸۷	۲۰/۵۹	۲۲/۱۹	۲۲/۰۵	۱۲/۷۸	صخره‌های مرجانی (خارک، چیروئیه، هندورابی)
(Mirzaei *et al.*, 2020)	۱۸/۸۹	۰/۵۳	۹/۵۱	۴۷/۹۹	۲۰/۱۳	۲۹/۶۲	سواحل بوشهر
(Arfaeinia *et al.*, 2019)	۱۳/۱۳	۵/۲۶	۳۹۴/۸۷	۱۹۹/۹۸	۴/۵۶	۱۶۷/۰۲	سواحل عسلویه، بوشهر
(Souri *et al.*, 2020)	-	۰/۴۶	۷/۰۹	۱۴/۰۵	۱۱/۳۶	۱۷/۳۷	خارک، چیروئیه، هندورابی
(Rastegari Mehr *et al.*, 2020)	۵۲/۷۰	-	۷/۲۵	۵۴/۱۴	۷۸/۴۵	۱۹/۲۷	سواحل خوزستان
(Mirza *et al.*, 2019)	۱۰۲/۴۰	۰/۱۴	۱۰/۳۰	۴۰/۹۴	۸۹/۳۷	۱۵/۶۳	خور خمیر
(Lahijanzadeh *et al.*, 2019)	۵۰/۷۴	۰/۲۹	۶/۶۸	۶۲/۴۵	۷۳/۶۲	۵۶/۵۶	سواحل خوزستان

غلظت سرب در رسوبات مورد مطالعه اخیر، پایین‌تر از اکثر مطالعات گزارش‌شده در خلیج‌فارس و دریای عمان بود به‌جز در مقایسه با نمونه‌های رسوب از تنگه هرمز تا سواحل بوشهر (Rezaei *et al.*, 2021)، جزایر صخره‌های مرجانی (خلیج‌فارس) (Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2020)، خارک، چیروئیه، هندورابی (Souri *et al.*, 2020) و سواحل خوزستان (Lahijanzadeh *et al.*, 2019; Rastegari Mehr *et al.*, 2020) که غلظت پایین‌تری از سرب نسبت به مطالعه حاضر، گزارش کردند. غلظت کادمیوم بالاتر نسبت به اکثر مطالعات انجام‌شده در خلیج‌فارس و دریای عمان بود. با این‌حال، غلظت کادمیوم، پایین‌تر نسبت به گزارش‌های پیشین از سواحل بوشهر (Arfaeinia *et al.*, 2019; Bibak *et al.*, 2021) و جزایر صخره‌های مرجانی (خلیج‌فارس) (Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2020)، بود. غلظت کروم در این مطالعه پایین‌تر از اکثر مطالعات انجام‌شده درخلیج‌فارس بود. با این‌حال، غلظت کروم در مناطق مورد مطالعه، بالاتر از غلظت کروم از سواحل عسلویه بوشهر (Arfaeinia *et al.*, 2019) و جزایر صخره‌های مرجانی (Ranjbar Jafarabadi *et al.*, 2020) بود (جدول ۱).

یافته‌های حاصل از تحقیق حاضر بیانگر طبقه‌بندی ایستگاه‌های مورد بررسی از نظر آلودگی است. در زیستگاه‌های مانگرو و مرجانی، ایستگاه‌های واقع در تیاب شمالی، شاخه آبدهی و نزدیک روستای طبل قشم، جنوب ذخیره‌گاه مانگرو، آلودگی بیش‌تری نسبت به سایر نقاط نشان دادند و به‌ترتیب دارای آلودگی قابل‌توجهی از نیکل و

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

کادمیوم بودند. در این زیستگاه‌ها، کادمیوم به عنوان پرخطرترین عنصر شناسایی شد. با آگاهی از نوع و مقدار آلاینده‌ها و پیگیری منابع آلوده‌کننده، می‌توان از ورود آلاینده‌ها به زیستگاه‌های حساس جلوگیری کرد. انجام اندازه‌گیری‌های مستمر، از سویی و تدوین و اجرای طرح مدیریت جامع مناطق حرا و مرجانی از سوی دیگر، می‌تواند منجر به توسعه پایدار و بهره‌برداری بهینه از منابع گردد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی صندوق ملی حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور کد ۹۸۰۲۰۶۱۳ با عنوان برآورد جامع وضعیت آلودگی محیط زیستی خلیج فارس با تاکید بر زیستگاه‌های حرا و جزایر مرجانی است. نویسندگان از حمایت‌های مادی و معنوی صندوق صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند.

منابع

Agah, H., 2021. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment, fish, and human hair from Chabahar Bay, Makoran, Iran. *Marine Pollution. Bulletin*, 169:112345. DOI:10.1016/j.marpolbul.2021.112345.

Ali, H., Khan, E. and Ilahi, I., 2019. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 6730305. DOI:10.1155/2019/6730305.

Angeli, J.L.F., Sartoretto, J.R., Kim, B.S.M., de Lima Ferreira, P.A., de Mahiques, M.M. and Figueira, R.C.L., 2021. Trace element fluxes during the "Anthropocene" in a large South American industrial and port area (Santos and São Vicente estuarine system, SE, Brazil). *Environmental Monitoring and Assessment*,193:594. DOI:10.1007/s10661-021-09378-3.

Arfaeinia, H., Dobaradaran, S., Moradi, M., Pasalari, H., Mehrizi, E.A., Taghizadeh, F., Esmaili, A. and Ansarizadeh, M., 2019. The effect of land use configurations on concentration, spatial distribution, and ecological risk of heavy metals in coastal sediments of northern part along the Persian Gulf. *Science of Total Environment*, 653, 783–791. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.11.009.

Bibak, M., Sattari, M., Tahmasebi, S., Kafaei, R., Sorial, G.A. and Ramavandi, B., 2021. Trace and Major Elements Concentration in Fish and Associated Sediment–Seawater, Northern Shores of the Persian Gulf. *Biological Trace Element Research*, 199: 2717–2729. DOI:10.1007/s12011-020-02370-x

Carrasquilla-Henao, M. and Juanes, F., 2017. Mangroves enhance local fisheries catches: a global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 18:79–93. DOI:10.1111/faf.12168

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R.K., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26:152–158. DOI:10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002

Cunningham, P.A., Sullivan, E.E., Everett, K.H., Kovach, S.S., Rajan, A. and Barber, M.C., 2019. Assessment of metal contamination in Arabian/Persian Gulf fish: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 143:264–283. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.04.007

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. and Kanninen, M., 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience,* 4:293–297. DOI:10.1038/ngeo1123

Duodu, G.O., Goonetilleke, A. and Ayoko, G.A., 2016. Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metal in Brisbane River sediment. *Environmental Pollution,* 219, 1077–1091. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.09.008

El-Sorogy, A.S., Youssef, M., Al-Kahtany, K. and Saleh, M.M., 2020. Distribution, source, contamination, and ecological risk status of heavy metals in the Red Sea-Gulf of Aqaba coastal sediments, Saudi Arabia. *Marine Pollution Bulletin*, 158:111411. DOI:10.1016/j.marpolbul.2020.111411

FAO, 2014. Fishery and Aquaculture Country Profiles, The Islamic Republic of Iran. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries and Aquaculture Department. Available at: http://www.fao.org/fishery/facp/IRN/en.

Freije, A.M., 2015. Heavy metal, trace element and petroleum hydrocarbon pollution in the Arabian Gulf: Review. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences,* 17:90–100. DOI:10.1016/j.jaubas.2014.02.001

Ghrefat, H. and Yusuf, N., 2006. Assessing Mn, Fe, Cu, Zn, and Cd pollution in bottom sediments of Wadi Al-Arab Dam, Jordan. *Chemosphere,* 65: 2114–2121. DOI:10.1016/j.chemosphere.2006.06.043

Hamilton, S.E. and Casey, D., 2016. Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography,* 25:729–738. DOI:10.1111/geb.12449

Himes-Cornell, A., Pendleton, L. and Atiyah, P., 2018. Valuing ecosystem services from blue forests: A systematic review of the valuation of salt marshes, sea grass beds and mangrove forests. *Ecosystem Service.* 30:36–48. DOI:10.1016/j.ecoser.2018.01.006

Hochard, J.P., Hamilton, S. and Barbier, E.B., 2019. Mangroves shelter coastal economic activity from cyclones. *Proceeding of Natlional Academy of Science*, 116:12232–12237. DOI:10.1073/pnas.1820067116

Hou, D., He, J., Lü, C., Ren, L., Fan, Q., Wang, J. and Xie, Z., 2013. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety,* 93:135–144. DOI:10.1016/j.ecoenv.2013.03.012

Jumbe, A. and Nandini, N., 2009. Impact assessment of heavy metals pollution of Vartur lake, Bangalore. *Journal of Applied and Natural Science,* 1:53–61. DOI:10.31018/jans.v1i1.35

Keshavarzifard, M., Vazirzadeh, A. and Sharifinia, M., 2020. Implications of anthropogenic effects on the coastal environment of Northern Persian Gulf, using jinga shrimp (*Metapenaeus affinis*) as

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

indicator. *Marine Pollution Bulletin*, 159:111463. DOI:10.1016/j.marpolbul.2020.111463

Kötke, D., Gandrass, J., Xie, Z. and Ebinghaus, R., 2019. Prioritised pharmaceuticals in German estuaries and coastal waters: Occurrence and environmental risk assessment. *Environmental Pollution*, 255:113161. DOI:10.1016/j.envpol.2019.113161

Lahijanzadeh, A.R., Rouzbahani, M.M., Sabzalipour, S. and Nabavi, S.M.B., 2019. Ecological risk of potentially toxic elements (PTEs) in sediments, seawater, wastewater, and benthic macroinvertebrates, Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 145:377–389. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.05.030

Letsinger, S., Kay, P., Rodríguez-Mozaz, S., Villagrassa, M., Barceló, D. and Rotchell, J.M., 2019. Spatial and temporal occurrence of pharmaceuticals in UK estuaries. *Science of the Total Environment*, 678:74–84. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.04.182

Maanan, M., 2008. Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. *Environmental Pollution*, 153:176–183. DOI:10.1016/j.envpol.2007.07.024

Mendiguchía, C., Moreno, C., Mánuel-Vez, M.P. and García-Vargas, M., 2006. Preliminary investigation on the enrichment of heavy metals in marine sediments originated from intensive aquaculture effluents. *Aquaculture*, 254:317–325. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.10.049

Mirza, R., Moeinaddini, M., Pourebrahim, S. and Zahed, M.A., 2019. Contamination, ecological risk and source identification of metals by multivariate analysis in surface sediments of the khouran Straits, the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 145:526–535. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.06.028

Mirzaei, M., Hatamimanesh, M., Haghshenas, A., Moghaddam, S.M. Ozunu, A. and Azadi, H., 2020. Spatial-seasonal variations and ecological risk of heavy metals in Persian gulf coastal region: Case study of Iran. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 18:91–105. DOI:10.1007/s40201-019-00441-3

MOOPAM, 2010. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods (Moopam). 3rd ed. Kuwait: Regional Organization for the Protection of the Marine Environment.

Mortazavi M, Sharifian S. and Aghajari N., 2013. Risk estimation of heavy metals from consumption of silver pomfret and tiger tooth croaker in Hormozagan Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 22(2):127-136. DOI:10.22092/ISFJ.2017.110125. [In Persian].

Mortazavi, M.S., Sharifian, S., Mohebbi, S.L., Saraji, F. and Akbar zadeh, G.A., 2022. The spatial distribution and ecological risks of heavy metals in the North of Persian Gulf. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19:10143–10156. DOI:10.1007/s13762-022-04230-8

Obasi, P.N., 2020. Occurrence and distribution of heavy metal in arable soils around lead–zinc mining sites of Abakaliki, Southeast

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

M.R., 2021. Environmental assessment of heavy metal concentration and pollution in the Persian Gulf. *Modeling Earth Systems and Environment,* 7: 983–1003. DOI: 10.1007/s40808-020-00913-8

Richards, D.R. and Friess, D.A., 2016. Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012. *Proceeding of Natlional Academy of Science,* 113:344–349. DOI:10.1073/pnas.1510272113

Shahsavani, A., Fakhri, Y., Ferrante, M., Keramati, H., Zandsalimi, Y., Bay, A., Hosseini Pouya, S.R., Moradi, B., Bahmani, Z. and Mousavi Khaneghah, A., 2017. Risk assessment of heavy metals bioaccumulation: fished shrimps from the Persian Gulf. *Toxin Reviews,* 36:322–330. DOI:10.1080/15569543.2017.1312451

Sharifinia, M., Taherizadeh, M., Namin, J.I. and Kamrani, E., 2018. Ecological risk assessment of trace metals in the surface sediments of the Persian Gulf and Gulf of Oman: Evidence from subtropical estuaries of the Iranian coastal waters. *Chemosphere,* 191:485–493. DOI:10.1016/j.chemosphere.2017.10.077

Souri, A., Niyogi, S. and Naji, A., 2019. Distribution, source apportionment, bioavailability and ecological risks of metals in reef sediments and corals of the Persian Gulf (Iran): Khark Island, Chirouyeh, and Hendorabi Island. *Marine Pollution Bulletin,* 149:110654. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.110654

Souri, A., Masoodi, M., Niyogi, S. and Naji, A., 2020. Speciation and risk assessment of Nigeria. *Modeling Earth Systems and Environment,* 6, 1887–1899. DOI:10.1007/s40808-020-00800-2

Pielke, S., 2005. Land use and climate change. *Science,* 310:1625–1626.

Pujari, M. and Kapoor, D., 2021. 1 - Heavy metals in the ecosystem: Sources and their effects. In: Kumar, V., Sharma, A., Cerdà, A. (Eds.), Heavy Metals in the Environment, Impact, Assessment, and Remediation. Elsevier, pp. 1–7. DOI:10.1016/B978-0-12-821656-9.00001-8.

Ranjbar Jafarabadi, A., Mitra, S., Raudonytė-Svirbutavičienė, E. and Riyahi Bakhtiari, A., 2020. Large-scale evaluation of deposition, bioavailability and ecological risks of the potentially toxic metals in the sediment cores of the hotspot coral reef ecosystems (Persian Gulf, Iran). *Journal of Hazardous Materials,* 400:122988. DOI:10.1016/j.jhazmat.2020.122988

Rasolofo, M.V, 1997. Use of mangroves by traditional fishermen in Madagascar. *Mangroves and Salt Marshes,* 1:243–253. DOI:10.1023/A:1009923022474

Rastegari Mehr, M., Keshavarzi, B., Moore, F., Fooladivanda, S., Sorooshian, A. and Biester, H., 2020. Spatial distribution, environmental risk and sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments-northwest of Persian Gulf. *Continental Shelf Research,* 193: 104036. DOI: 10.1016/j.csr.2019.104036

Rezaei, M., Mehdinia, A., Saleh, A., Modabberi, S. and Mansouri Daneshvar,

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

selected trace metals in bottom sediment of coral reef ecosystems of the Persian Gulf. *Environmental Science and Pollution Research,* 27:21416–21428. DOI:10.1007/s11356-020-08632-4

Spalding, M. and Parrett, C.L., 2019. Global patterns in mangrove recreation and tourism. *Marine Policy,* 110:103540. DOI:10.1016/j.marpol.2019.103540

Tan, E., Zou, W., Jiang, X., Wan, X., Hsu, T.-C., Zheng, Z., Chen, L., Xu, M., Dai, M. and Kao, S., 2019. Organic matter decomposition sustains sedimentary nitrogen loss in the Pearl River Estuary, China. *Science of Total Environment,* 648:508–517. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.08.109

Thomas, N., Lucas, R., Bunting, P., Hardy, A., Rosenqvist, A. and Simard, M., 2017. Distribution and drivers of global mangrove forest change, 1996–2010. *PLoS One,* 12:e0179302.

Tian, K., Wu, Q., Liu, P., Hu, W., Huang, B., Shi, B., Zhou, Y., Kwon, B.O., Choi, K., Ryu, J., Seong Khim, J. and Wang, T., 2020. Ecological risk assessment of heavy metals in sediments and water from the coastal areas of the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Environment International,* 136:105512. DOI:10.1016/j.envint.2020.105512

Wade, T.L., Sweet, S.T. and Klein, A.G., 2008. Assessment of sediment contamination in Casco Bay, Maine, USA. *Environmental Pollution,* 152:505–521. DOI:10.1016/j.envpol.2007.07.016

Wang, M., Tong, Y., Chen, C., Liu, X., Lu, Y., Zhang, W., He, W., Wang, X., Zhao, S. and Lin, Y., 2018. Ecological risk assessment to marine organisms induced by heavy metals in China's coastal waters. *Marine Pollution Bulletin,* 126:349–356. DOI:10.1016/j.marpolbul.2017.11.019

Wilson, M.J. and Bell, N., 1996. Acid deposition and heavy metal mobilization. *Applied Geochemistry,* 11:133–137. DOI:10.1016/0883-2927(95)00088-7

Zhang, H. and Reynolds, M., 2019. Cadmium exposure in living organisms: A short review. *Science of Total Environment,* 678:761–767. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.04.395

zu Ermgassen, P.S.E., Mukherjee, N., Worthington, T.A., Acosta, A., Rocha Araujo, A.R. da, Beitl, C.M., Castellanos-Galindo, G.A., Cunha-Lignon, M., Dahdouh-Guebas, F., Diele, K., Parrett, C.L., Dwyer, P.G., Gair, J.R., Johnson, A.F., Kuguru, B., Savio Lobo, A., Loneragan, N.R., Longley-Wood, K., Mendonça, J.T., Meynecke, J.-O., Mandal, R.N., Munga, C.N., Reguero, B.G., Rönnbäck, P., Thorley, J., Wolff, M. and Spalding, M., 2020. Fishers who rely on mangroves: Modelling and mapping the global intensity of mangrove-associated fisheries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 247:106975. DOI:10.1016/j.ecss.2020.106975

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]

Spatial distribution of heavy metals in the sediments of mangrove and coral habitats of Hormozgan province

Mortazavi M.S.[1*]; Mohebbi-Nozar S.L. [1]; Sharifian S. [1]; Saraji F. [1]; Behzadi S. [1]; Koohkan H.[1]

*mseddiq1@yahoo.com

1-Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

Abstract

In the current work, a comprehensive assessment of the spatial distribution of heavy metals including Cd, Pb, Ni, Cu, Zn, and Cr was performed in the sediments of mangrove and coral areas from 32 stations located in Tiab, Azini, Lark, Hengam and Qeshm, Island, Bandar e pol and Bandar Khamir during the 2021 to 2022. The concentration of heavy metals showed significant spatial variations between the areas. The highest concentration of Cd 1.64±0.01 µg/g was observed at the station "Near Tabl village, South of the mangrove trees". The station "Tiab, end of the estuary" had the highest concentration of Pb 17.87±2.17 µg/g. The highest concentration of Ni 135.22±1.85 µg/g was seen in "North Tiab station, irrigation branch". The maximum concentration of metal Cr 18.41±0.41 µg/g was observed at the "Center of mangrove reservoir" station. There was the highest concentration of Zn 94.61±30.74 µg/g in "Azini Station 2" and finally, the highest concentration of Cu 40.5±0.28 µg/g was observed in the station "Khamir port, sandy bed of mangrove trees". The stations located in Tiab and the mangrove reserve had a higher intensity of pollution than other places and showed considerable risks of pollution, especially in terms of Ni and Cd. Cadmium was considered as the most dangerous metal in the studied areas which is probably caused by industrial activities. It is necessary to consider comprehensive and impressive strategies to control and reduce these heavy metal pollutions, especially in Tiab habitats and mangrove reserves where show high intensity of Cd and Ni contamination to identify, and manage the sources of these pollutions and minimize the impact of human activities on mangrove and coral ecosystems.

Keywords: Heavy metals, Spatial distribution, Mangrove and coral areas, Persian Gulf

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-16]