

## توزیع مکانی برخی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی مناطق صنعتی، تجاری استان هرمزگان

محمدصدیق مرتضوی<sup>۱\*</sup>، سیده لیلی محبی نوذر<sup>۱</sup>، سناشرفیان<sup>۱</sup>، شراره خدای<sup>۲</sup>، علی سالارپوری<sup>۱</sup>، هادی کوهکن<sup>۱</sup>، غلامعلی اکبرزاده

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

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

### چکیده

افزایش چشم‌گیر آلودگی‌های فلزات سنگین، طبیعت پایدار و سمیت بالای آن‌ها، به تدریج در حال تبدیل شدن به یک بحران جهانی می‌باشد. در بررسی اخیر، ارزیابی جامع توزیع مکانی فلزات سنگین شامل کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و کروم در مناطق صنعتی و تجاری شامل رسوبات ۳۲ ایستگاه واقع در محدوده جاسک (ضلع شرقی و غربی جاسک)، بندرعباس (منطقه ویژه، آب‌شیرین کن بندرعباس، اسکله رجائی، پالایشگاه نفت بندرعباس، توانیر، اسکله باهنر، سورو و گورسوزان)، قشم (ذوب روی قشم، آب شیرین کن قشم، و پشت قشم) و بندرلنگه (آب‌شیرین کن لنگه، خور لنگه، گشه)، در طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰، انجام شد. در این حوزه، غلظت فلزات سنگین تغییرات مکانی معنادار بین مناطق نشان داد. بالاترین غلظت فلز کادمیوم ۰/۵۵ میکروگرم/گرم در ایستگاه اول گشه مشاهده شد. ایستگاه دوم خور لنگه بالاترین غلظت سرب با میانگین ۱۰/۲۵ میکروگرم/گرم را داشت. حداکثر غلظت فلز کروم ۲۴۲۰/۳۳ میکروگرم/گرم در ایستگاه دوم شهید باهنر مشاهده شد. بالاترین غلظت روی ۲۶۸/۵۶ میکروگرم/گرم در ایستگاه اول سورو مشاهده شد. در ایستگاه اول اسکله شهید رجائی بالاترین غلظت مس ۱۸/۳۶ میکروگرم/گرم مشاهده شد. حداکثر غلظت نیکل ۵۱۹/۰۲ میکروگرم/گرم در اسکله دوم شهید باهنر وجود داشت. ایستگاه‌های واقع در بندر شهید باهنر، سورو و خور گورسوزان، دارای شدت بیش‌تری از آلودگی نسبت به نقاط دیگر بودند و ریسک‌های قابل توجه از آلودگی خصوصاً از لحاظ فلزات کروم، نیکل و روی را نشان دادند. در این مناطق، کروم، به‌عنوان پریسک‌ترین فلز در مناطق مورد مطالعه، شناسایی شد. استراتژی‌های جامع و چشم‌گیر جهت کنترل و کاهش این آلودگی‌های فلزات سنگین، خصوصاً از زیستگاه‌های تیاب و ذخیره‌گاه مانگرو نیاز هست در نظر گرفته شود، تا منابع این آلودگی‌ها شناسایی، و مدیریت شوند.

**کلید واژه‌ها:** فلزات سنگین، توزیع مکانی، نواحی صنعتی و تجاری، خلیج فارس و دریای عمان

### نوع مقاله

#### مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۹

تاریخ چاپ الکترونیکی:

۱۴۰۳/۰۸/۱۵

\*نویسنده مسئول:

Mseddiq1@yahoo.com

### مقدمه

امروزه، افزایش چشم‌گیر آلودگی‌های فلزات سنگین از طریق تخلیه فرآورده‌های دفعی به رودخانه‌ها و مصب‌ها، خصوصاً در نواحی صنعتی و شهری، ایجاد شده است (1). غلظت‌های بالای فلزات، به‌طور تدریجی، فراهم‌کننده سموم برای بیوتا دریایی و انسان‌ها هستند. طبیعت مقاوم فلزات سنگین و اثرات سمی آن‌ها روی موجودات زنده، آن‌ها را به‌عنوان یک نگرانی در سرتاسر جهان، تبدیل کرده است (2). خلیج فارس، به‌عنوان یک اکوسیستم دریایی نیمه‌بسته، در حال تجربه‌کردن توسعه‌های ساحلی گسترده و سریع می‌باشد (3). خلیج فارس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع سوخت‌های فسیلی شامل حدود ۶۶ درصد نفت خام و ۳۵ درصد گاز جهان می‌باشد، طوری که بهره‌برداری این منابع انرژی منجر به توسعه شهرسازی و صنعتی‌سازی در خلیج فارس شده است. علاوه بر آن، موقعیت خلیج فارس روی فلات قاره و وجود ریف‌های مرجانی و جنگل‌های مانگرو، به‌عنوان غنی‌ترین زیستگاه‌های آبی و افزایش تمایل به مصرف غذاهای دریایی، منجر به توسعه فعالیت‌های صید و صیادی در این منطقه شده است. فعالیت‌های انسانی، به‌عنوان فشارهای ناشی از منابع انسانی روی مصب‌های واقع در جنوب ایران، گزارش شده است (4). علاوه بر آن، فعالیت‌های شامل صید، آلودگی نفتی، پساب‌های فاضلاب، لایروبی و احیا، عبور تانکرهای نفتی، و تخلیه آب‌های فوق‌شور از آب‌شیرین‌ها، به‌عنوان تنش‌های دیگر انسانی روی خلیج فارس، گزارش شده است (5). اخیراً مزارع پرورش میگو، در برخی از نواحی با آلودگی کمتر خلیج فارس، توسعه داده شده است (6). محیط دریایی نیمه‌بسته خلیج فارس یکی از استرس‌زاترین محیط‌ها از نظر فیزیولوژیکی می‌باشد (7)، که نوسانات

بی‌نهایت در دمای آب بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بصورت فصلی و شوری بالا (بالای ۴۳ درصد و بین ۷۰ تا ۸۰ درصد در مصب‌های کم‌عمق جدا شده از خلیج فارس، را نشان می‌دهد (8). مشخصه محیط خلیج فارس هم‌چنین جریان آب ضعیف آن می‌باشد، که منجر به زمان طولانی ساکن بودن آب (بین ۳ و ۵ سال) و تاثیرپذیری نسبت به فعالیت‌های انسانی متعدد، نموده است (8). در طول سال‌های اخیر، آلودگی‌های متنوعی از صنایع مختلف، استخراج نفت و گاز، کشتی‌های تجاری و صنعتی، رودخانه‌های فصلی و دائمی، هم‌چنین جنگ‌های مختلف، وارد خلیج فارس شده‌اند (9-12).

دریای عمان، به‌عنوان یک اکوسیستم دریایی در جنوب ایران، شامل مشخصه‌های جغرافیایی و اکولوژیکی منحصر بفردی می‌باشد. دریای عمان، دائماً تحت تاثیر آلاینده‌های متنوع، خصوصاً فلزات سنگین قرار دارد. منابع اصلی ورود فلزات سنگین به دریای عمان، آبی‌پروری، رواناب‌های سطحی و رسوب‌دهی (ایجاد شده در اثر فرسایش)، نشت نفت به‌خاطر کشتیرانی و حمل و نقل دریایی، مراکز دفع زباله و روستاهای مناطق ساحلی، هستند (13,14). علاوه بر آن، کشتی‌سازی و دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن در حاشیه دریای عمان، عوامل مهمی جهت ورود آلاینده‌ها به آب هستند (15). طبق گزارش کمیسیون تن‌ماهیان اقیانوس هند (16)، صید تن‌ماهیان و ماهیان تن‌مانند، در نواحی اقیانوس هند ۲۳۴۰۰۰ میلیون تن می‌باشد. از آن‌جایی که دریای عمان به اقیانوس هند منتهی می‌شود، مقدار صید تن‌ماهیان در این دریا بسیار بالا می‌باشد، بنابراین حمل‌ونقل‌های دریایی، صید، نگهداری کشتی‌ها و فعالیت‌های تجاری اطراف این بندر دریایی، ناحیه را مستعد پذیر جهت نشت آلاینده‌ها در رسوبات نموده است (14).

در مطالعه اخیر، ارزیابی جامع توزیع مکانی فلزات سنگین شامل کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و کروم، در رسوبات مناطق تجاری صنعتی شامل ۳۲ ایستگاه واقع در محدوده جاسک (ضلع شرقی و غربی جاسک)، بندرعباس (منطقه ویژه آب‌شیرین‌کن بندرعباس، اسکله رجائی، پالایشگاه، توانیر، اسکله باهنر، سورو و گورسوزان)، قشم (ذوب روی قشم، آب شیرین‌کن قشم، و پشت قشم) و بندرلنگه (آب‌شیرین‌کن لنگه، خور لنگه، گشه)، در خلیج فارس و دریای عمان، انجام شد. مطالعه پایش فلزات سنگین در مناطق صنعتی و تجاری در حوزه خلیج فارس و دریای عمان، می‌تواند کمک‌کننده شایانی برای تضمین کیفیت سلامت این زیستگاه‌ها را فراهم آورد. نتایج این مطالعه و پایش پیوسته آلودگی فلزات سنگین و ارزیابی ریسک اکولوژیکی، می‌تواند برای برنامه‌ریزی بهتر و مدیریت زیستگاه‌های دریایی، در خلیج فارس و دریای عمان، استفاده شود. برآورد این تحقیق جهت مدیریت منابع پایدار موفق در سطح منطقه‌ای الزامی می‌باشد، جایی که جوامع نیازمند توانمندسازی جهت اجرای مدیریت صحیح و پایدار هستند.

#### مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از رسوبات به کمک قایق از مناطق تجاری و صنعتی شامل ۳۲ ایستگاه واقع در بندرعباس، قشم و بندرلنگه طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ انجام شد (جدول ۱) (شکل ۱).

نمونه‌های رسوب سطحی شامل حدود ۱۰۰ گرم با استفاده از گریپ جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل و تا زمان آنالیز، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. از اسیدنیتریک ۶۵٪ (۶ سی‌سی) و اسیدکلریدریک ۳۷٪ (۲ سی‌سی) (مارک SIGMA-ALTRICH جهت هضم نمونه‌های رسوب، استفاده شد. غلظت‌های فلزات سنگین با استفاده از اسپکترومتری جذب اتمی شعله و کوره، طبق دستورالعمل‌های توصیه‌شده توسط شرکت سازنده، تعیین شد (۱۷). آنالیز ماده مرجع تأییدشده (IAEA-433)، جهت دقت و کنترل کیفیت فرایند آنالیز، به کار رفت (جدول ۲).

#### جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری شامل طول و عرض جغرافیایی و علائم اختصاری ایستگاه‌ها.

ایستگاه	علائم اختصاری	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)
شهید باهنر ۱	Bah1	27.13	56.20
شهید باهنر ۲	Bah2	27.12	56.20
پالایشگاه ۱	Pala1	27.12	56.10
پالایشگاه ۲	Pala2	27.11	56.10
ذوب روی ۱	Zoub1	26.91	55.88
ذوب روی ۲	Zoub2	26.91	55.88
آب شیرین‌کن لنگه ۱	ABL1	26.56	54.91
آب شیرین‌کن لنگه ۲	ABL2	26.56	54.91
ضلع غربی جاسک ۱	WJ1	25.66	57.76
ضلع غربی جاسک ۲	WJ2	25.67	57.76
گورسوزان ۱	GORS1	27.17	56.29
گورسوزان ۲	GORS2	27.17	56.29
توانیر ۱	Tava1	27.14	56.12
توانیر ۲	Tava2	27.14	56.12
منطقه ویژه ۱	SpA1	26.99	55.92
منطقه ویژه ۲	SpA2	26.99	55.92
آب شیرین‌کن قشم ۱	ABQ1	26.95	56.28
آب شیرین‌کن قشم ۲	ABQ2	26.95	56.29
گشه ۱	Gasheh1	26.52	54.86

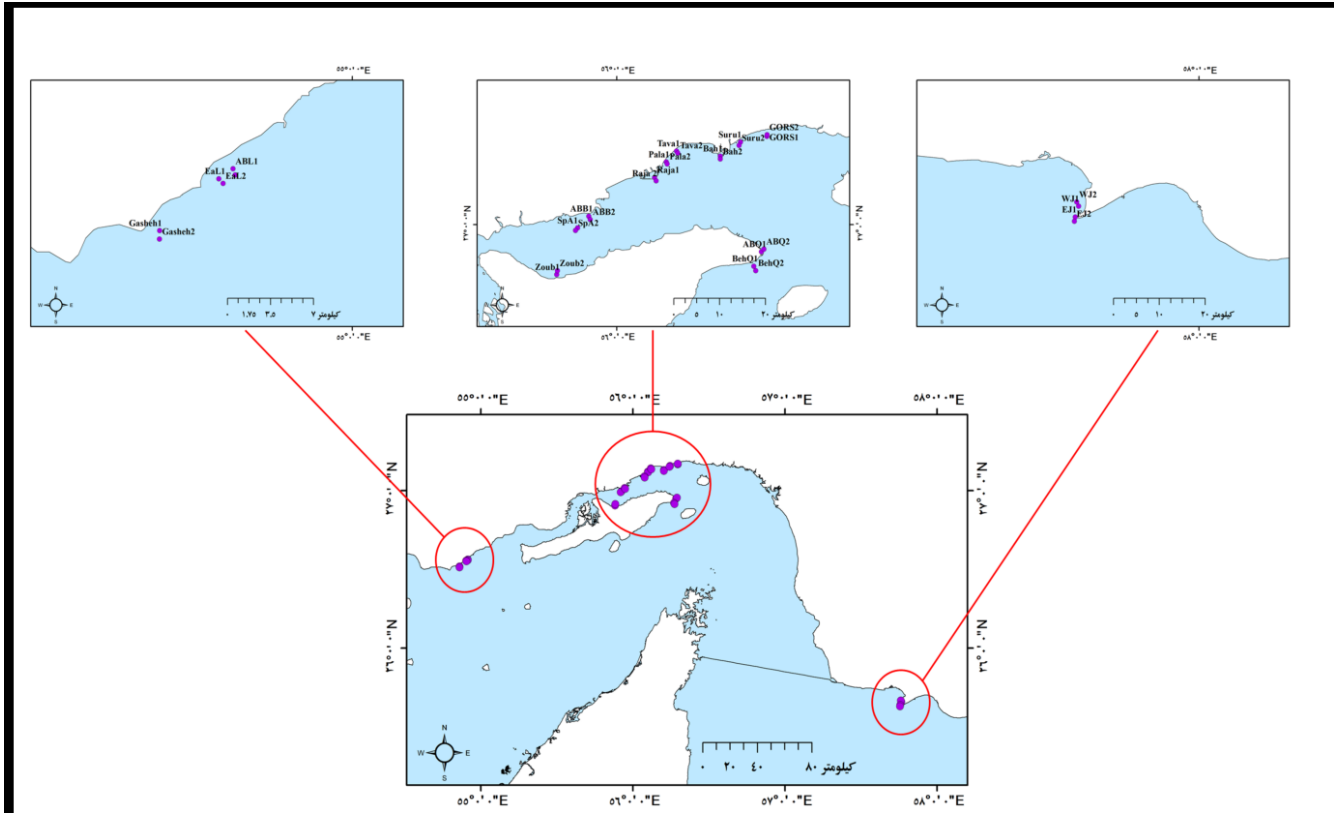
گشه ۲	Gasheh2	26.51	54.86
سورو ۱	Suru1	27.16	56.24
سورو ۲	Suru2	27.15	56.24
رجایی ۱	Raja1	27.09	56.07
رجایی ۲	Raja 2	27.08	56.08
آب شیرین کن بندرعباس ۱	ABB1	27.02	55.95
شیرین کن بندرعباس ۲	ABB2	27.01	55.95
پشت قشم ۱	BehQ1	26.92	56.27
پشت قشم ۲	BehQ2	26.91	56.27
خور لنگه ۱	EaL1	26.55	54.90
خور لنگه ۲	EaL2	26.55	54.91
ضلع شرقی جاسک ۱	EJ1	25.64	57.76
ضلع شرقی جاسک ۲	EJ2	25.63	57.76

جدول ۲. آنالیز کنترل کیفیت غلظت فلزات سنگین شامل درصد ریکاوری، مقدار مرجع، حد تشخیص و حد تعیین کمی

حد تعیین کمی	حد تشخیص	مقدار مرجع	درصد ریکاوری	فلزات سنگین
0.14	0.04	0.145 – 0.161	96	کادموم
0.16	0.048	134 – 138	92	کروم
0.48	0.14	25.4 – 26.6	94	سرب
0.11	0.03	99 – 103	102	نیکل
0.11	0.03	30.2 – 31.4	100	مس
0.73	0.22	38.7 – 40.1	91	نیکل

### آنالیزهای آماری

آزمون Kolmogorov-Smirnov جهت ارزیابی نرمال بودن داده‌های غلظت فلزات سنگین استفاده شد. غلظت تمامی فلزات سنگین توزیع غیر نرمال نشان داد. متعاقباً از آزمون‌های ناپارامتریک ( $\chi^2$ ) Kruskal-Wallis و Mann-Whitney U جهت ارزیابی اختلاف معنادار غلظت هر یک فلزات سنگین بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری، و سال‌های نمونه‌برداری، به ترتیب 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.



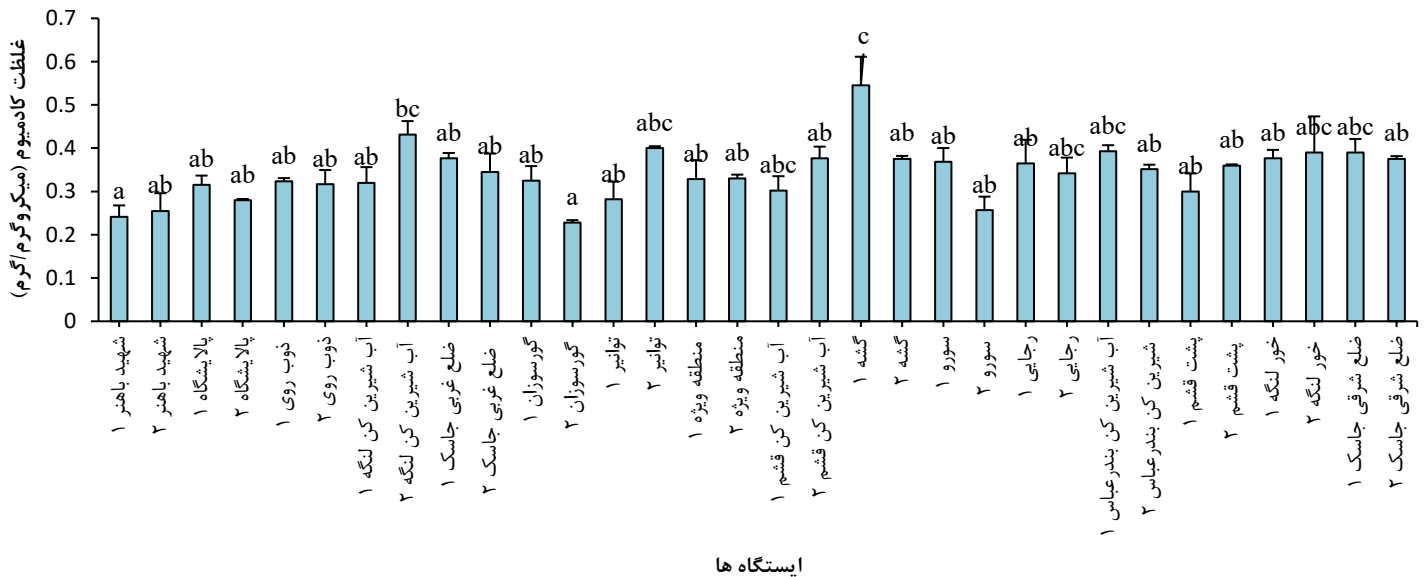
شکل ۱. ایستگاه‌های نمونه‌برداری رسوبات مناطق صنعتی و تجاری (شامل پیرامون بندرعباس، قشم، بندرلنگه و جاسک) واقع در خلیج فارس و دریای عمان.

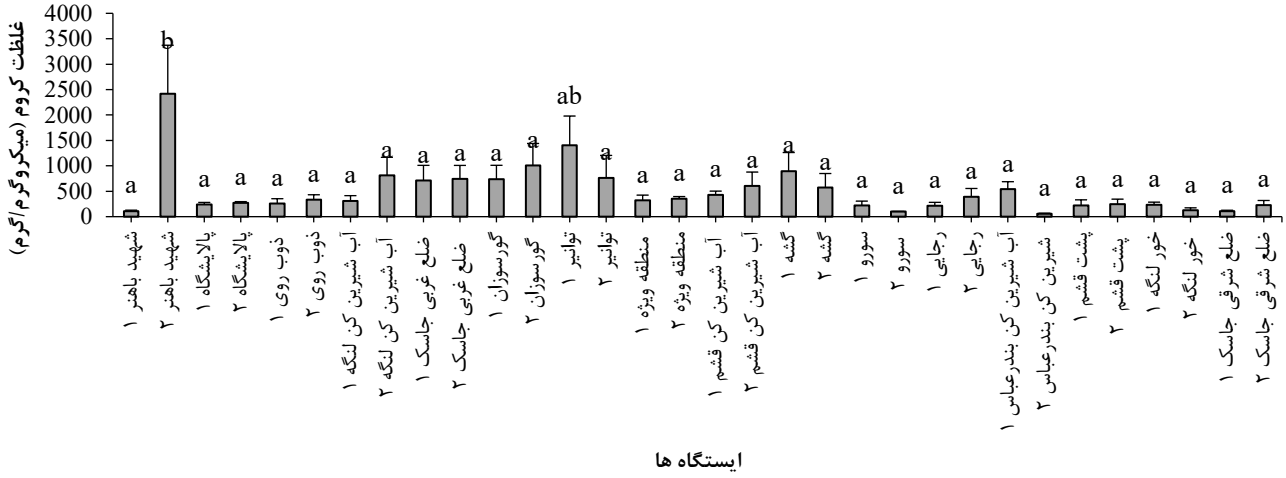
## نتایج

در جدول ۳، میانگین غلظت فلزات سنگین به تفکیک هر سال نشان داده شده است. در کل، تعداد ۹۶ نمونه در طول هریک از سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد. در بین فلزات، میانگین غلظت فلزات سنگین کروم، سرب و نیکل اختلاف معنادار بین دو سال نشان دادند ( $p < 0.05$ ) (جدول ۳). در طول دوره نمونه‌برداری، تمامی فلزات کیمیا کادمیوم، کروم، سرب، نیکل، مس و روی، نوسانات مکانی معنادار بین ایستگاه‌ها، نشان دادند ( $p < 0.05$ ). همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، فلز کادمیوم، تغییرات چشم‌گیری در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد. مناطق شامل ایستگاه اول گشه (۰/۵۴ میکروگرم/گرم)، ایستگاه دوم آب‌شیرین کن لنگه (۰/۴۳ میکروگرم/گرم)، هم‌چنین ایستگاه دوم توانیر (۰/۴ میکروگرم/گرم) به ترتیب بالاترین غلظت‌ها از کادمیوم را داشتند (شکل ۲). از لحاظ غلظت کروم، در ایستگاه دوم باهنر (۲۴۲۰/۳۳ میکروگرم/گرم)، ایستگاه اول توانیر (۱۴۰۳/۵۳ میکروگرم/گرم) و ایستگاه دوم گورسوزان (۱۰۰۷/۹۲ میکروگرم/گرم)، حداکثر غلظت‌های این فلز مشاهده گردید (شکل ۲). بالاترین غلظت‌های سرب در ایستگاه دوم خور لنگه (۱۰/۲۴ میکروگرم/گرم)، ایستگاه اول آب‌شیرین کن بندرعباس (۷/۱۶ میکروگرم/گرم)، و ایستگاه اول پالایشگاه (۶/۲۹ میکروگرم/گرم) مشاهده شد (شکل ۲). حداکثر غلظت مس در ایستگاه اول بندر شهید رجایی (۱۸/۳۵ میکروگرم/گرم)، ایستگاه اول بندر شهید باهنر (۱۷/۶۶ میکروگرم/گرم)، و ایستگاه اول ضلع غربی جاسک (۱۵/۷۷ میکروگرم/گرم) مشاهده شد (شکل ۲). از لحاظ غلظت روی، ایستگاه اول سوورو (۲۶۸/۵۶ میکروگرم/گرم)، ایستگاه دوم گورسوزان (۱۹۶/۴۸ میکروگرم/گرم) و ایستگاه اول بندر شهید باهنر (۱۹۳/۲۸ میکروگرم/گرم)، به ترتیب بالاترین غلظت‌ها را داشتند (شکل ۲). نهایتاً، بالاترین غلظت‌های نیکل در ایستگاه دوم بندر شهید باهنر (۵۱۹/۰۱ میکروگرم/گرم)، ایستگاه اول ضلع غربی جاسک (۱۲۲/۴۹ میکروگرم/گرم)، و ایستگاه اول گورسوزان (۱۲۱/۹۶ میکروگرم/گرم)، مشاهده شد (شکل ۲).

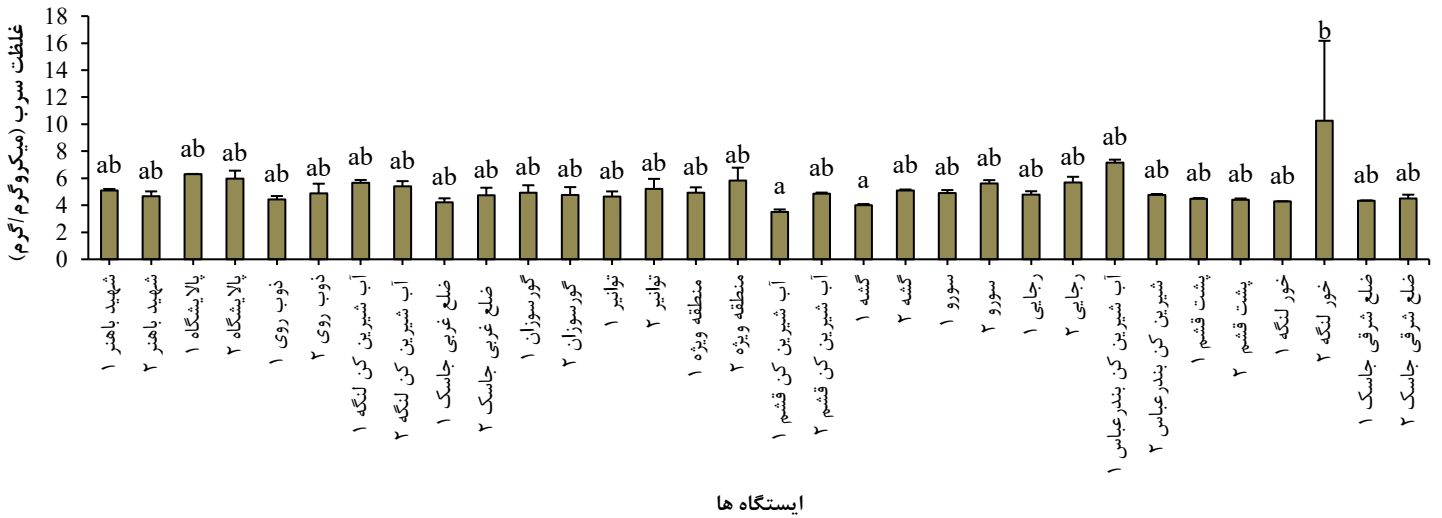
جدول ۳. میانگین، تعداد نمونه‌ها، انحراف معیار، انحراف استاندارد، دامنه و واریانس فلزات سنگین، به تفکیک سال‌های نمونه‌برداری، خلیج فارس و دریای عمان

سال	کادمیوم	کروم	سرب	مس	روی	نیکل
	میانگین	۰.۳۳	۲۸۰.۲۸	۴.۴۷	۱۰.۶۶	۸۱.۱۱
	تعداد	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶
	انحراف معیار	۰.۱۰	۸۱.۹۰	۰.۸۹	۵.۴۲	۶۵.۶۸
۱۳۹۹	انحراف استاندارد	۰.۰۱	۹.۸۰	۰.۰۹	۰.۵۵	۷.۱۷
	دامنه	۰.۴۲	۴۵۲۴.۷۳	۳.۷۲	۲۰.۲۴	۳۲۳.۳
	واریانس	۰.۰۱	۱۳۷۱.۳۴	۰.۷۹	۲۹.۲۸	۳۱۳.۹۱
	میانگین	۰.۳۵	۷۱۸.۳۹	۵.۸۰	۱۰.۷۹	۹۲.۶۱
	تعداد	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶	۹۶
	انحراف معیار	۰.۱۰	۶۹۵.۷۶	۳.۶۹	۳.۷۰	۹۸.۰۶
۱۴۰۰	انحراف استاندارد	۰.۰۱	۷۱۰.۰۱	۰.۳۸	۰.۳۸	۱۰۰.۰۱
	دامنه	۰.۵	۸۳۰.۷۸	۳۶.۰۳	۱۴.۲۹	۴۴۶.۷۴
	واریانس	۰.۰۱	۴۰۸۸.۱۷	۱۳.۵۹	۱۳.۶۹	۶۱۵.۹۶

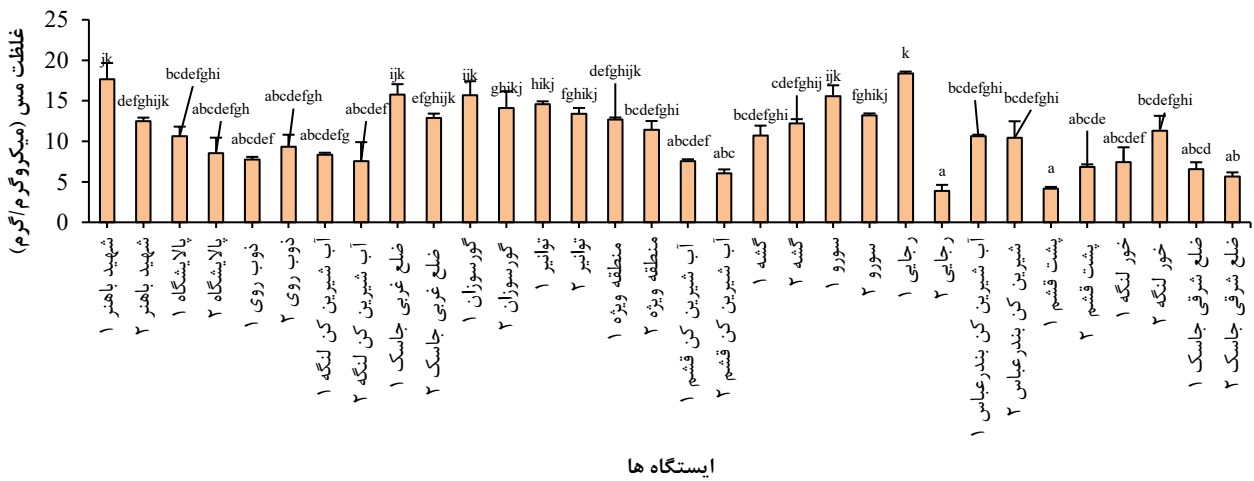




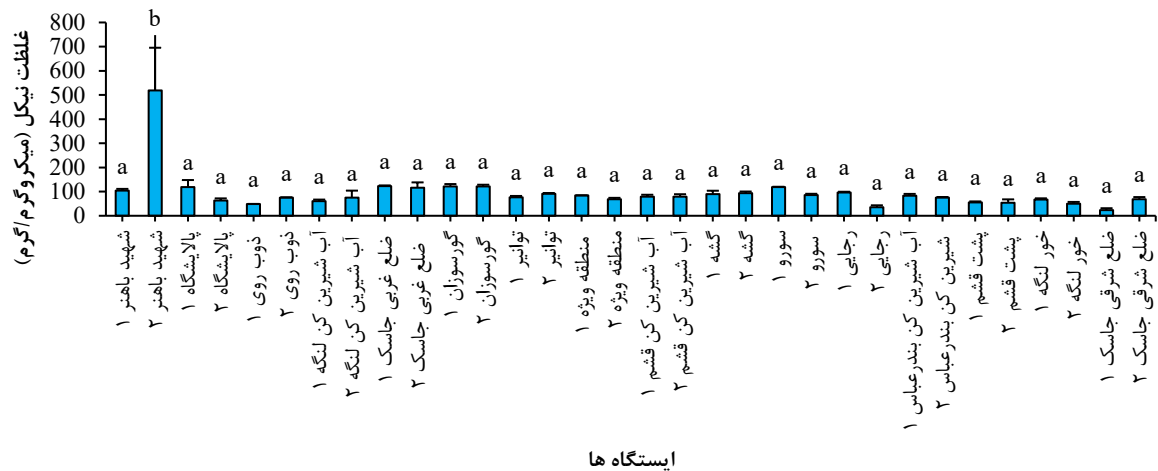
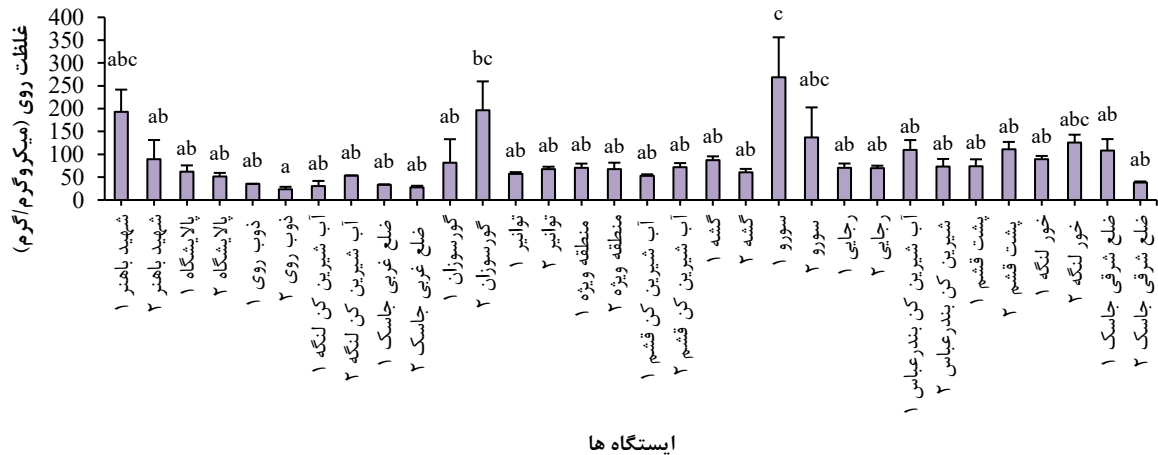
ایستگاه ها



ایستگاه ها



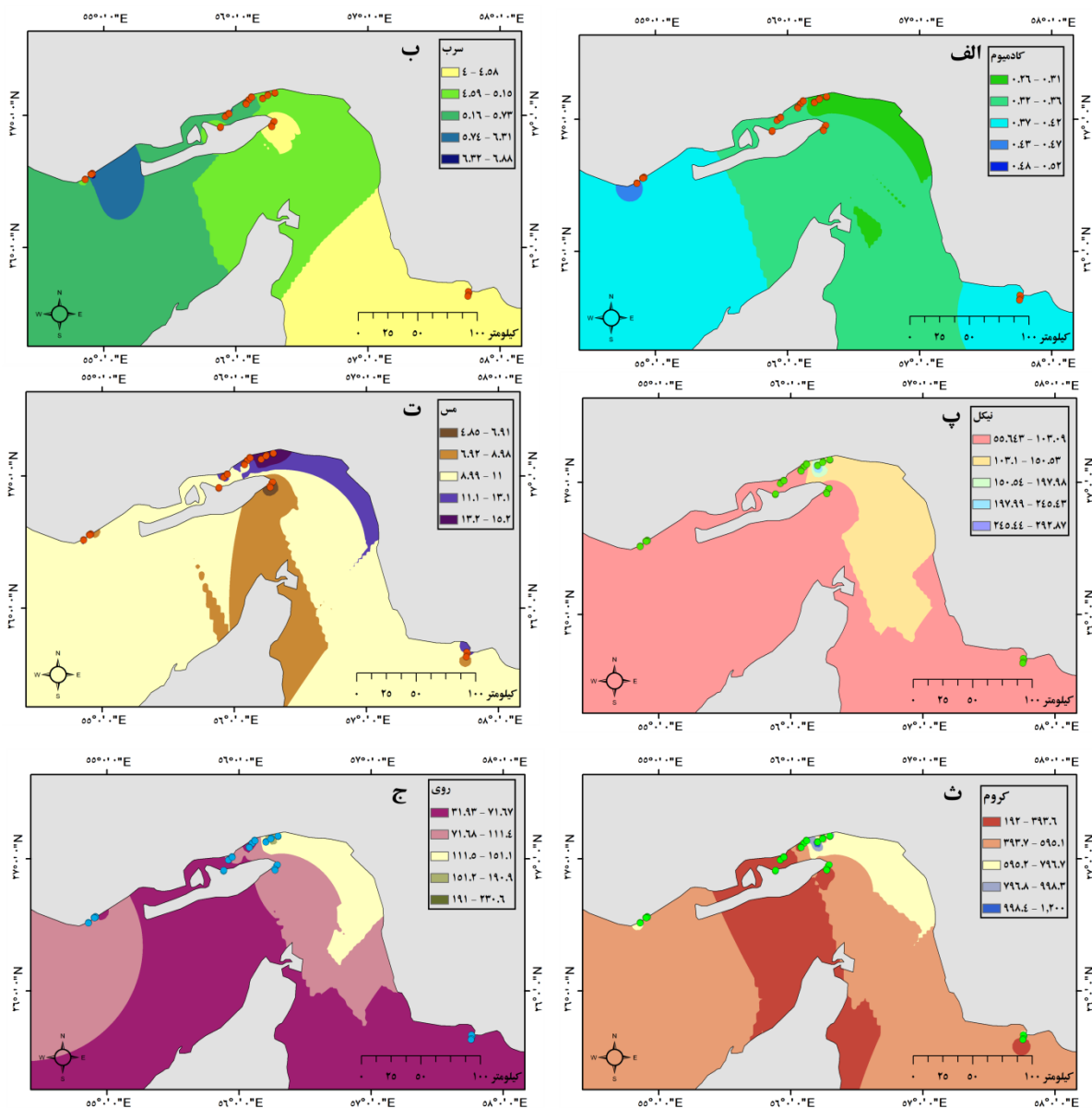
ایستگاه ها



شکل ۲. تغییرات مکانی غلظت فلزات سنگین بر حسب میکروگرم/گرم وزن خشک در بین ایستگاههای نمونه برداری واقع شده در خلیج فارس و دریای عمان، سالهای ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰. حروف روی ستون نمودارها نشان دهنده معنادار بودن تفاوت غلظت فلزات سنگین بین ایستگاهها می باشد.

شکل ۳ الگوی توزیع مکانی غلظت فلزات کادمیوم، سرب، نیکل، مس، کروم و روی راه، در رسوبات مناطق بندرعباس، قشم و بندرلنگه نشان می دهد. این نقشه ها، نشان دهنده مناطق متمایز، از لحاظ بالاترین و پایین ترین غلظت فلزات سنگین و هیدروکربن های نفتی کل بین ایستگاهها، می باشند. پراکنش مکانی غلظت کادمیوم نشان داد که ایستگاههای واقع در گشه لنگه، و به دنبال آن نواحی غرب و شرق جاسک شدت بالاتری از کادمیوم را نسبت به نواحی دیگر نشان دادند (شکل ۳ الف). دو نقاط کانونی که شدت بالاتری از غلظت سرب را نسبت به مناطق دیگر نشان دادند به ترتیب در ایستگاههای واقع در آب شیرین کن لنگه و آب شیرین کن بندرعباس، بودند (شکل ۳ ب). همانگونه که در شکل ۳ پ نشان داده شده است یک نقطه کانونی که شدت بسیار بالاتری از نیکل نسبت به دیگر مناطق نشان داد ایستگاههای واقع در بندر شهید باهنر بود. از لحاظ پراکنش مکانی غلظت مس، شدت غلظت آن در ایستگاههای محدوده بندرعباس و غرب جاسک مشاهده شد، طوری که نقاط کانونی شدت غلظت مس در ایستگاههای واقع در بندر شهید باهنر، سورو و خور گورسوزان بود (شکل ۳ ت). پراکنش غلظت کروم، الگوی مکانی مشابه با نیکل نشان داد، طوری که شدت های بسیار

بالتر آن در بندر شهید باهنر و خور گورسوزان مشاهده شد (شکل ۳ ث). از لحاظ غلظت روی، همانند فلزات نیکل و کروم شدت‌های بسیار بالاتر آن در ایستگاه‌های واقع در بندر شهیدباهنر، سورو و خور گورسوزان قابل مشاهده بود (شکل ۳ ج).



شکل ۳. پراکنش مکانی غلظت فلزات سنگین برحسب میکروگرم/گرم وزن خشک در رسوبات مناطق بندرعباس، قشم و بندرلنگه، طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰.

#### بحث

این تحقیق پتانسیل‌های آلاینده‌ی فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های انسانی را در زیستگاه‌های مانگرو خلیج فارس، فراهم نمود. یافته‌های این مطالعه، اطلاعات مناسبی در زمینه پراکنش مکانی غلظت فلزات سنگین در این محدوده جغرافیایی فراهم کرد که می‌تواند به فرایندهای پایش و ارزیابی رسوبات در نواحی مورد مطالعه کمک کند و به‌عنوان 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 مناطق تجاری، بین ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده شد که نشان‌دهنده ناهمگنی محیطی در مقیاس مکانی نسبتاً نزدیک می‌باشد. نواحی مورد مطالعه، از لحاظ آلودگی فلزات سنگین در رسوبات، قابل تفکیک و متمایز بودند. مقادیرهای متفاوت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف، می‌تواند به‌خاطر تنوع در منابع آلوده‌کننده باشد (6,18).

در حوزه نواحی صنعتی و تجاری، مناطق مورد بررسی، توسط درجه قابل توجهی از آلودگی فلزات سنگین شامل کروم و نیکل خصوصاً در بندر شهید باهنر، خور گورسوزان و سورو قابل تشخیص بودند. بندر شهید باهنر به‌عنوان کانون اصلی تجمع فلزات سنگین کروم، نیکل و روی شناسایی شد. غلظت‌های بالای فلزات در هر منطقه نشان‌دهنده جذب و تجمع بالا این فلزات در رسوبات این مناطق می‌باشد. بندر شهید باهنر به‌عنوان سومین بندر ترانزیتی ایران، نقش عمده‌ای در تجارت و انتقال مواد نفتی و غیر نفتی دارد. این بندر با برخورداری از ۱۲ اسکله و آب‌خورهای مناسب سهم گسترده‌ای در پهلوگیری انواع شناورها دارد. تردد شناورها، تخلیه و بارگیری کالاها، این بندر را مستعد به آلاینده‌ها خصوصاً فلزات سنگین کرده است. بررسی (19) از میزان تجمع فلزات سنگین در بندر شهید باهنر و ایستگاه‌های مجاور شامل توانیر، اسکله شهید رجایی و پالایشگاه نشان داد که این مناطق بارگذاری بالایی از آلودگی دارند و متاثر از فعالیت‌های انسانی می‌باشند. وجود فلزات سنگین کروم، نیکل و روی در این مناطق از خلیج فارس به‌دلایل مختلفی از جمله تعدد فعالیت‌های انسانی و صنعتی و پساب‌ها و آلودگی‌ها از ترکیبات نفتی و انتقال نفت خام و ترافیک سنگین، تخلیه آب‌توازن کشتی‌ها و تخلیه و بارگیری مواد معدنی و فاضلاب‌های شهری و کشاورزی در حوضه خلیج فارس نسبت داد. از طرفی دیگر، افزایش فرسایش و تولید رسوبات شامل آلاینده‌های شهری، نقش مهمی در ایجاد این تجمع دارد (19).

غلظت‌های بالای نیکل و کروم در ایستگاه‌های واقع در بندر شهید باهنر، خور گورسوزان و سورو در توافق با یافته‌های (5,20) از بوشهر، (4) از تنگه خوران (21,22) از خور موسی، خوزستان، (6) از خور بندر خمیر، (23) از ریف‌های مرجانی خلیج فارس و (۱۰) از مناطق صنعتی تجاری استان هرمزگان می‌باشد. در بین فلزات سنگین گزارش شده از خلیج فارس، کروم، نیکل و وانادیم، به‌عنوان عناصر غالب در رسوبات، در مقایسه با دیگر فلزات، دسته‌بندی شده‌اند (4,24). فعالیت‌های بالا صنایع گاز و پتروشیمی در خلیج فارس، به‌عنوان منابع احتمالی تجمع بالا نیکل در این منطقه، گزارش شده است (5,20,25,26). غلظت‌های بالای فلزات خصوصاً نیکل در این مناطق می‌تواند به وجود واحدهای صنعتی و تخلیه فاضلاب‌های صنعتی از این واحدها به سواحل، هم‌چنین وجود منابع و صنایع نفتی عظیم، و عبور و مرور حامل‌های نفتی در این مناطق، نسبت داد. آلودگی‌های نفتی خلیج فارس از جمله تولید نفت و پالایشگاه، هم‌چنین تخلیه آب‌توازن کشتی‌ها، احتمالاً غلظت‌های بالایی از نیکل و کروم را در این منطقه، نسبت به سایر مناطق شکل می‌دهد (4,27). علاوه بر آن، رنگ‌های صنعتی و مورد استفاده برای ماشین‌ها، منابع بالقوه‌ای هستند که می‌توانند منشأ کروم و نیکل باشند (28).

### نتیجه‌گیری

مناطق مورد بررسی در این مطالعه، می‌تواند یک انتخاب مناسب جهت بررسی ارزیابی ریسک سلامت اکولوژیکی فلزات سنگین، با استفاده از شاخص‌های شیمیایی آلودگی، در جهت ناهمگنی محیطی در مقیاس مکانی باشد و اطلاعات مفید و زمانی درباره سطح آلودگی بیان کند. در حوزه مناطق تجاری و صنعتی، غلظت فلزات سنگین بین مناطق، نشان داد که ایستگاه‌های واقع در بندر شهید باهنر، سورو و خور گورسوزان، دارای شدت بیش‌تری از آلودگی نسبت به نقاط دیگر بودند و ریسک‌های قابل توجه از آلودگی خصوصاً از لحاظ فلزات کروم، نیکل و روی را نشان دادند. کروم، به‌عنوان پریسک‌ترین فلز در مناطق تجاری و صنعتی، در نظر گرفته شد. با آگاهی از نوع و مقدار آلاینده‌ها و پیگیری منابع آلوده‌کننده، این امکان وجود دارد که از ورود متنوع آلاینده‌ها جلوگیری شود و با مدیریت منابع آبی و حفظ پتانسیل‌های شیلات و منابع آبی امکان توسعه پایدار فراهم شود. انجام اندازه‌گیری‌های مناسب که می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند در بخش‌های اجرایی همانند موسسات صنعتی، سازمان‌های شیلات، سازمان حفاظت محیط زیست، بنادر کشتیرانی، و مراکز دانشگاهی، ضروری هستند. به‌منظور انجام این کار، موقعیت شهر بندرعباس، پیشرفت و توسعه منطقه و صنایع و پروژه‌های نفتی متعددی که در این منطقه در حال انجام هست و بار آلودگی ناشی از فعالیت‌های اخیر، نیاز هست که در نظر گرفته شود.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان صمیمانه از بخش اکولوژی پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، جهت همکاری تشکر می‌کنند.

تأییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

**تعارض منافع:** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

**سهام نویسندگان:** محمد صدیق مرتضوی و سیده لیلی محبی نوذر: روش‌شناسی، طراحی فرضیات تحقیق، تحلیل داده‌ها، نگارش مقاله، سنا شریفیان: آنالیز داده‌ها، نگارش مقاله و طراحی نقشه‌ها، شراره خدای علی سالارپوری: تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها، هادی کوهکن و غلامعلی اکبرزاده: نمونه برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی. همه نویسندگان در نگارش مقاله نقش داشتند و موافق ارائه نسخه نهایی مقاله به مجله علوم فنون شیلات هستند.

**منابع مالی/حمایت‌ها:** پژوهش حاضر حاصل پروژه تحقیقاتی شماره ۱۲۴-۷۵-۱۲-۰-۱۶۰-۹۹۰۳۱-۹۹۰۶۷۸ مصوب موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور می‌باشد و تحت حمایت مالی آن به‌عنوان بخشی از طرح پژوهشی مصوب این موسسه می‌باشد.

## منابع

1. Angeli JLF, Sartoretto JR, Kim BSM, de Lima Ferreira PA, de Mahiques MM, Figueira RCL. 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*. 2021;193(9):594.
2. Pujari M, Kapoor D. 1 - Heavy metals in the ecosystem: Sources and their effects. In: Kumar V, Sharma A, Cerdà ABTHM in the E, editors. Elsevier; 2021. p. 1-7.
3. Ravanbakhsh M, Zare Javid A, Hadi M, Jaafarzadeh Haghghi Fard N. Heavy metals risk assessment in fish species (*Johnius Belangerii* (C) and *Cynoglossus Arel*) in Musa Estuary, Persian Gulf. *Environmental Research*. 2020;188(C):109560.
4. Mirza R, Moeinaddini M, Pourebrahim S, Zahed MA. Contamination, ecological risk and source identification of metals by multivariate analysis in surface sediments of the khouran Straits, the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*. 2019;145:526-35.
5. Haghshenas V, Kafaei R, Tahmasebi R, Dobaradaran S, Hashemi S, Sahebi S, et al. Potential of green/brown algae for monitoring of metal(loid)s pollution in the coastal seawater and sediments of the Persian Gulf: ecological and health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020;27(7):7463-75.
6. Sharifinia M, Taherizadeh M, Namin JI, Kamrani E. 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*. 2018; 191:485-93.
7. Gholami S, Aghanajafizadeh S, Naderi M. Measurement the heavy metals content (Cd, Ni and Pb) in the muscle tissue of *Psettodes erumei* of the Qeshm Island (Persian Gulf). *Sustainable Aquaculture and Health Management Journal*. 2016;2(2):25-33.
8. Sheppard C, Al-Husiani M, Al-Jamali F, Al-Yamani F, Baldwin R, Bishop J, et al. The Gulf: a young sea in decline. *Marine Pollution Bulletin*. 2010;60(1):13-38.
9. Cunningham PA, Sullivan EE, Everett KH, Kovach SS, Rajan A, Barber MC. Assessment of metal contamination in Arabian/Persian Gulf fish: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 2019;143:264-83.
10. Mortazavi MS, Nozar SLM, Sharifian S, Koohkan H, Khoddami S, Akbarzadeh GA. Risk assessment of heavy metals and total petroleum hydrocarbons (TPHs) in coastal sediments of commercial and industrial areas of Hormozgan province, Iran. *Environmental Geochemistry and Health*. 2024;46(7):236.

11. Arzani fatemeh, Sharifian S, loghmani mehran. Health risk assessment and accumulation of copper and lead in snapper (*Lutjanus ehrenbergi*), grunter (*Pomadasys Kaakan*) and halibut (*Psettodes erumei*) in Bandar Abas. Journal of Fisheries Science and Technology (JFST). 2021 ;10(3):301–12. In Persian.
12. Mortazavi MS, Mohebbi Nozar S laili, Sharifian S, Aeinjamshid K, Koohkan H, Mazravi M. Spatial distribution and ecological risk of heavy metals and Total Petroleum Hydrocarbon (TPHs) in marine sediments of Bushehr and Khuzestan Provinces, Northwestern Persian Gulf. Journal of Fisheries Science and Technology (JFST). 2024;13(1):455–74. In Persian.
13. Sadeghi P, Loghmani M, Afsa E. Trace element concentrations, ecological and health risk assessment in sediment and marine fish *Otolithes ruber* in Oman Sea, Iran. Marine Pollution Bulletin. 2019;140:248–54.
14. Sadeghi P, Loghmani M, Frokhzad S. Human health risk assessment of heavy metals via consumption of commercial marine fish (*Thunnus albacares*, *Euthynnus affinis*, and *Katsuwonus pelamis*) in Oman Sea. Environmental Science and Pollution Research. 2020;27(13):14944–52.
15. Hamzeh MA, Shah-hosseini M, Naderi Beni A. Effect of fishing vessels on trace metal contamination in sediments of three harbors along Iranian Oman Sea coast. Environmental Monitoring and Assessment. 2013;185(2):1791–807.
16. IOTC. Report of the Sixteenth Session of the Indian Ocean Tuna Commission. 2014;(April):22–6.
17. MOOPAM. Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analyses Methods. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment, Kuwait (ROPME). 2010. 1–54 p.
18. Wade TL, Sweet ST, Klein AG. Assessment of sediment contamination in Casco Bay, Maine, USA. Environmental Pollution. 2008;152(3):505–21.
19. Elsagh A, Jalilian H, Ghaderi Aslshabestari M. Evaluation of heavy metal pollution in coastal sediments of Bandar Abbas, the Persian Gulf, Iran: Mercury pollution and environmental geochemical indices. Marine Pollution Bulletin. 2021;167:112314.
20. Bibak M, Sattari M, Tahmasebi S, Kafaei R, Sorial GA, Ramavandi B. Trace and Major Elements Concentration in Fish and Associated Sediment–Seawater, Northern Shores of the Persian Gulf. Biological Trace Element Research. 2021;199(7):2717–29.
21. Rastegari Mehr M, Keshavarzi B, Moore F, Fooladivanda S, Sorooshian A, Biester H. Spatial distribution, environmental risk and sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments-northwest of Persian Gulf. Continental Shelf Research. 2020;193:104036.
22. Lahijan-zadeh AR, Rouzbahani MM, Sabzalipour S, Nabavi SMB. Ecological risk of potentially toxic elements (PTEs) in sediments, seawater, wastewater, and benthic macroinvertebrates, Persian Gulf. Marine Pollution Bulletin. 2019;145(May):377–89.
23. Ranjbar Jafarabadi A, Mitra S, Raudonytė-Svirbutavičienė E, Riyahi Bakhtiari A. 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 Hazard Materials. 2020;400.
24. Neyestani MR, Bastami KD, Esmailzadeh M, Shemirani F, Khazaali A, Molamohyeddin N, et al. Geochemical speciation and ecological risk assessment of selected metals in the surface sediments of the northern Persian Gulf. Marine Pollution Bulletin. 2016;109(1):603–11.

25. Pourang N, Nikouyan A, Dennis JH. Trace Element Concentrations in Fish, Surficial Sediments and Water from Northern Part of the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2005;109(1):293–316.
26. Kafeei R, Rezaei M, Ahmadi M, Tahmasebi R, Dobaradaran S, Omidvar M, et al. Metal(loid)s urinary level among workers of gas refinery and petrochemical companies: Health risk assessment of metal(loid)s in drinking water and dust. *Journal of Trace Element in Medicine and Biology*. 2019; 54:183–90.
27. Mirza R, Mohammadi M, Faghiri I, Abedi E, Fakhri A, Azimi A, et al. Source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediment samples from the northern part of the Persian Gulf, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2014;186(11):7387–98.
28. Baysal A, Akman S. Assessment of chromium and nickel levels in surface sea waters and sediments from industrial marine area in Tuzla Aydinli Bay, Istanbul Turkey. *Marine Pollution Bulletin*. 2018;130:293–8.

## Spatial distribution of some heavy metals in coastal sediments of industrial and commercial areas of Hormozgan province

Mohammad Seddiq Mortazavi<sup>1\*</sup>, Seyedeh Laili Mohebbi Nozar<sup>1</sup>, Sana Sharifian<sup>1</sup>, Sharareh Khoddami<sup>2</sup>, Ali Salarpoori<sup>1</sup>, Hadi Koohkan<sup>1</sup>, Gholam Ali Akbarzadeh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Hormozgan

<sup>2</sup>Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran

### ABSTRACT

The dramatic increase in heavy metals, their stable nature, and high toxicity, is gradually becoming a global crisis. In a recent study, a comprehensive assessment of the spatial distribution of heavy metals including Cd, Pb, Ni, Cu, Zn, and Cr was performed in industrial and commercial areas, including the sediments of 32 stations located in the area of Jask (East and West side of Jask), Bandar Abbas (Special area, desalination plant, Rajaei port, Oil Refinery, Tavanir, Bahonar port, Suru beach, and Khor Gorsouzuan), Qeshm (Zinc Smelting Co, Qeshm desalination plant, and behind Qeshm), and Bandar Lange (desalination plant, Khor Lengeh, Gasheh) during the 2021 to 2022. In this area, the concentration of heavy metals showed significant spatial variations between the areas. The maximum concentration of Cd was 0.55 µg/g in the first station of Gasheh. The second station of Khor Lengeh had the highest Pb concentration with an average of 10.25 µg/g. The maximum concentration of Cr was 2420.33 µg/g in the second Shahid Bahonar station. The highest Zn concentration of 268.56 µg/g was observed in the first station of Suru beach. In the first station of Shahid Rajaei port, the highest concentration of Cu was observed at 18.36 µg/g. The maximum concentration of Ni was 519.02 µg/g in the second station of Shahid Bahonar. The stations located in Shahid Bahonar port, Suru beach, and Khor Gorsouzuan had a higher pollution intensity than other places and significant pollution risks, especially in terms of Cr, Ni, and Zn. In these areas, Cr was identified as the riskiest metal. It is necessary to consider comprehensive and impressive strategies to control and reduce these heavy metal pollutions, especially in the areas of Shahid Bahonar port, Suru beach, and Khor Gorsouzuan to identify and manage the sources of these pollutions

**KEYWORDS:** heavy metals, spatial distribution, commercial and industrial areas, Persian Gulf and Oman Sea

### ARTICLE TYPE

Original Research

### ARTICLE HISTORY

Received: 05 August 2024

Accepted: 10 October 2024

ePublished: 05 November 2024

\* Corresponding Author: Mohammad Seddiq Mortazavi

Email address: mseddiq1@yahoo.com

Tel: +989171614049

© Published by Tarbiat Modares University

ISSN: 2322-5513