مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

ارزیابی خطر آلودگی جیوه در رسوبات سطحی پهنه جزر و مدی سواحل استان هرمزگان

ناطقه مروج، ابوالفضل ناجی*

گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰۷/۳۰
اصلاح: ۹۶/۰۹/۳۰
پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۰

کلمات کلیدی:
انباشت ژئوشیمیایی
جیوه
رسوب
ضریب غنی‌شدگی

چکیده

جیوه به‌عنوان سمی‌ترین فلز سنگین می‌تواند اثرات مخربی به محیط‌زیست وارد سازد. در این مطالعه غلظت جیوه در رسوبات سطحی سواحل استان هرمزگان، شامل ایستگاه‌های شهرجاسک، تالاب بین‌المللی آذینی سیریک، خورگورسوزان بندرعباس، منطقه صنعتی- مسکونی بوستانو بندرعباس، پارک ساحلی شهرستان خمیر، شهربندرلنگه، بندرمقام، بندر بوستانه شهرستان پارسیان در دو ناحیه بالا و پایین جزر و مدی در سه ماهه تابستان ۱۳۹۵مورد بررسی قرار گرفت. غلظت جیوه در ایستگاه‌های مورد مطالعه توسط دستگاه جذب اتمی مدل گرافیتی (GTA120) مورد سنجش قرار گرفت. از ۱۶ ایستگاه در دو منطقه بالا و پایین جزر و مدی ایستگاه خورگورسوزان بالاترین و ایستگاه خور آذینی کمترین غلظت جیوه را نشان داد. بر اساس شاخص انباشت ژئوشیمیایی مولر (I_{geo}) مناطق مورد مطالعه، دارای آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد می‌باشد. بر اساس ضریب غنی‌شدگی (EF)، دارای غنی شدگی شدید تا بی‌نهایت شدید، می‌باشد. بر اساس استاندارد کیفیت رسوب (SQG_S) تمامی ایستگاه‌ها بالاتر از پایین‌ترین حد اثر بودند و از آنجایی که منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر آلودگی جیوه می‌باشند توصیه می‌گردد مطالعات دقیق از نقطه نظر پایش و سنجش در منطقه مورد مطالعه به صورت مرتب انجام پذیرد.

مقدمــه

زیستگاه‌های آبی، به‌عنوان اکوسیستم‌های غیرقابل جایگزین برای زیستمندان وابسته به آن‌ها و داشتن تنوع زیستی غنی، از اهمیت اکولوژیکی بسیار بالایی برخوردار می‌باشند (Balian *et al*., 2002). استفاده از مـواد شـیمیایی در کارخانـه‌هـا، اراضـی کشـاورزی و خانه‌ها به طور روزانه درحال افزایش است،که از طریق رواناب‌ها به محـیط‌هـای دریـایی راه دارد (Burger and Gochfeld, 2004a). امروزه آلودگی فلزات سنگین و حذف آنها در طبیعت بصورت یک چالش بزرگ درآمده اسـت کـه از بزرگتـرین مشـکلات ناشـی از پایداری فلزات سنگین، قابلیت انباشتگی زیستی و بزرگنمـایی زیسـتی در نتیجـه خاصـیت پایـداری آنهـا اسـت (Stankovic and Stankovic, 2013). این آلودگی‌ها از راه‌های مختلف گوارشی، تنفسی و پوستی وارد بدن موجود زنـده مـی‌شـود (Canli and Atli,

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: abolfazlnaji@gmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

2003). جیوه را که سیماب (Quicksilver) هم می‌نامند در محیط زیست در اشکال مختلف عنصری، آلی و غیر آلی دیده می‌شود. جیوه موجود در محیط زیست ناشی از دو فرایند طبیعی و مصنوعی است (Esmaeili-Sari, 2008). جیوه نسبت به سایر فلزات سنگین بیشترین تمایل را به رسوبات سطحی بستر دارد، با ورود به دریا عمدتاً توسط ذرات معلق و مواد آلی محلول در آب به رسوبات بستر می‌پیوندند (Goldblum *et al*., 2006). تجمع زیستی، فراوانی، پراکنش وسیع جهانی و اثرات بسیار سمی ناشی از جیوه باعث شده است تا از بین فلزات سنگین، بیشترین اهمیت را دارا باشد (Mazloomi *et al*, 2008). برجسته‌ترین نمونه از مسمومیت متیل جیوه در خلیج میناماتا ژاپن در سال ۱۹۶۰ و در عراق در حدود ۱۰ سال بعد، که در آن هزاران نفر از مردم توسط متیل جیوه در ماهی و نان، به ترتیب مسموم شدند گزارش شده است (Naji and Ismail, 2012; Weis *et al*., 2004). رشد اقتصادی سریع منطقه حاشیه خلیج فارس موجب رونق و شکوفایی آن شده است (Khan, 2007)؛ این توسعه‌ی غیرقابل مهار شهرهای ساحلی، رشد جمعیت و پیشرفت‌های صنعتی در سواحل خلیج فارس باعث ایجاد فشار و استرس بر اکوسیستم آبی می‌باشد. خلیج فارس در چهار تا پنج دهه گذشته مسیر اصلی حمل و نقل نفتی بوده و در طول این مدت از نشت‌های نفتی مکرر آسیب دیده است (Nadim *et al*., 2008; Sheppard *et al*., 2010). از جمله منابع آلاینده خلیج فارس می توان به ساخت و سازها و لایروبی (Guerra *et al*., 2009)، تخلیه فاضلاب‌ها (Naser, 2011a)، پساب‌های صنعتی، آب شیرین‌کن‌ها و آلودگی‌های نفتی اشاره کرد (Smith *et al*., 2007). از دیگر استرس‌های وارده بر خلیج فارس می‌توان به تصفیه خانه‌های فاضلاب، نیروگاه‌های تولید برق، خشک کردن دریا، آفت‌کش‌های کشاورزی، تعمیر و اسکراب کشتی‌ها و رنگ‌آمیزی بدنه کشتی‌ها اشاره نمود که کلیه فاکتورهای استرس‌زا، چه طبیعی و چه فعالیت‌های انسان ساخت، تهدیدهای مستمری برای اکوسیستم‌های دریایی و تنوع زیستی غنی وابسته به آن هستند. از جمله مرگ و میر آبزیان و سفید شدگی مرجان‌ها پدیده‌هایی بارز در خلیج فارس می‌باشند (UNEP, 2004; Khan, 2007). استان هرمزگان با دارا بودن بیشترین مرز ساحلی و وجود صنایع مهم و مختلفی نظیر پالایشگاه هشتم نفت بندرعباس، مجتمع آلومینیوم المهدی، فولاد هرمزگان، پالایشگاه گاز سرخون، اسکله‌های شهید رجایی و باهنر و مجتمع کشتی‌سازی خلیج فارس از نظر اقتصادی حائز اهمیت است (Nath *et al*., 2014). هدف از انجام این مطالعه ارزیابی میزان جیوه کل در رسوبات سطحی و ارائه اطلاعات پایه اولیه برای کنترل آلودگی، مقایسه میزان آلودگی جیوه در رسوبات سطحی بالا و پایین جزر و مدی و همچنین بررسی میزان صنعتی شدن بر انباشت جیوه در رسوبات سطحی جزرو مدی استان هرمزگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه نمونه‌برداری از ۶ شهرستان استان هرمزگان (جدول ۱) طی سه ماه تابستان۱۳۹۵ به هنگام جزرو مد کامل ماهانه انجام گرفت.

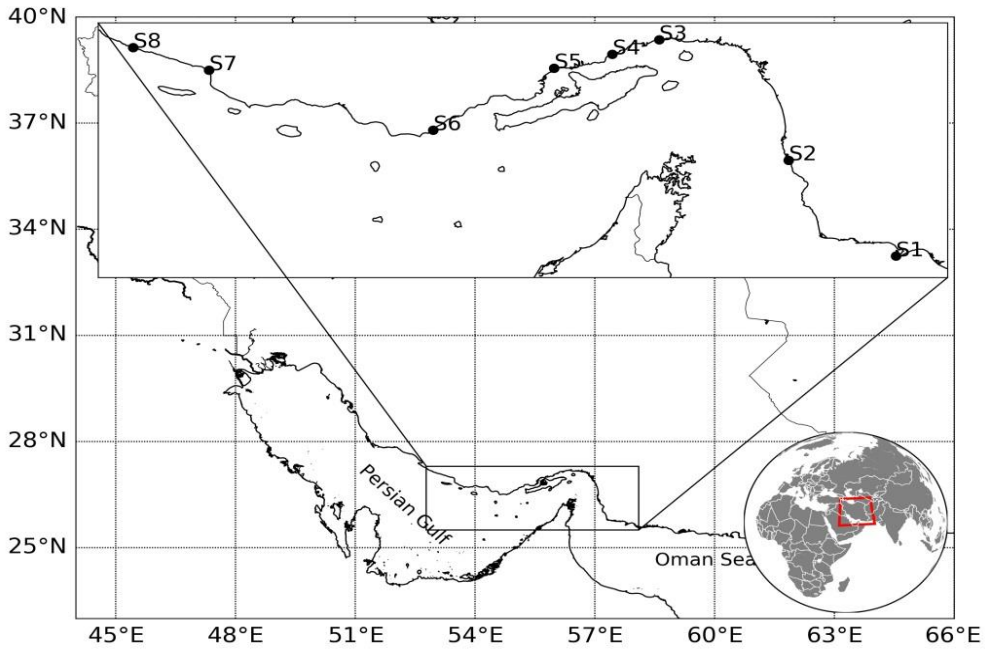
جهت مقایسه میزان آلودگی در منطقه‌ی بالا و پایین جزرو مدی در هر دو نقطه از بالا و پایین پهنه جزر و مدی طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) اندازه‌گیری شد (شکل ۱). برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری‌ها با گرفتن میانگین در هر ایستگاه سه نمونه رسوب سطحی، ۵-۰ سانتی‌متری با استفاده از یک قاشق (نمونه-بردار) پلاستیکی تمیز جمع‌آوری شد. بعد از هر بار نمونه‌برداری در یک ایستگاه قاشق پلاستیکی را با آب مقطر شسته تا رسوبات و اثرات حاصل از برداشت نمونه در ایستگاه‌های قبل روی نمونه در ایستگاه‌های بعدی تاثیرگذار نباشد. رسوبات سطحی هر نمونه در کیسه‌های پلاستیکی پلی‌اتیلنی زیپ‌دار و برچسب‌دار قرار داده شد و مشخصات هر ایستگاه بر روی آن یادداشت شد. برای انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌ها در یک جعبه یخ به‌صورت در بسته نگه‌داری می‌شدند. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه سازمان حفاظت محیط‌زیست بندرعباس منتقل و تا زمان آماده‌سازی و آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد (Delman *et al*., 2006).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

جدول ۱. اطلاعات ایستگا ه‌های نمونه برداری

ایستگاه	مکان ایستگاه	مختصات جغرافیایی		نوع منطقه	تعداد نمونه گرفته‌شده (N)	فاصله مکان‌های نمونه‌برداری از یکدیگر
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی			
۱	جاسک (بالای جزر و مدی)	۵۷ ° ۴۶ ′ ۳۲"	۲۵° ۳۹ ′ ۴/۷۵ "	مسکونی	۳	۱۰۰ متر
۲	خورآذینی (بالای جزر و مدی)	۵۷ °۰۶ ′ ۱۶/۲۳ "	۲۶ ° ۱۹ ′ ۴۲/۹۴ "	منطقه حفاظت شده	۳	۱۰۰ متر
۳	گورسوزان (بالای جزر و مدی)	۵۶ °۱۷ ′ ۳۲/۲۳ "	۲۷ ° ۱۰ ′ ۴۶/۰۲ "	مسکونی	۳	۱۰۰ متر
۴	بوستانو (بالای جزر و مدی)	۵۶° ۰۱ ′ ۱/۲۲ "	۲۷ ° ۰۵ ′ ۴/۹۸ "	مسکونی- صنعتی	۳	۸۵ متر
۵	پارک خمیر (بالای جزر و مدی)	۵۵ ° ۳۸ ′ ۹/۸۲ "	۲۶ ° ۵۸ ′ ۴۳/۱۵ "	گردشگری	۳	۶۵ متر
۶	بندرلنگه (بالای جزر و مدی)	۵۴ ° ۵۲ ′ ۴۳/۸۶ "	۲۶° ۳۲ ′ ۲۶/۳۶ "	مسکونی- صنعتی	۳	۱۰۰ متر
۷	بندر مقام (بالای جزر و مدی)	۵۳° ۲۸ ′ ۳۸/۳۷ "	۲۶ ° ۵۷ ′ ۴۵/۹۳ "	مسکونی	۳	۱۰۰ متر
۸	پارسیان (بالای جزر و مدی)	۵۳ ° ۰۱ ′ ۴۱/۷۶ "	۲۷°۰۷ ′ ۱۰/۵۴ "	مسکونی	۳	۱۰۰ متر
۹	جاسک (پایین جزر و مدی)	۵۷ ° ۴۶ ′ ۳۱/۱۵ "	۲۵ ° ۳۹ ′ ۵/۶۱ "	مسکونی	۳	۱۰۰متر
۱۰	خورآذینی (پایین جزر و مدی)	۵۷ °۰۶ ′ ۱۵/۸۸"	۲۶ ° ۱۹ ′ ۴۳/۴۲"	منطقه حفاظت شده	۳	۱۰۰ متر
۱۱	خورگورسوزان (پایین جزر و مدی)	۵۶ ° ۱۷′ ۳۴/۰۳ "	۲۷ ° ۱۰ ′ ۴۳/۹۹ "	مسکونی	۳	۱۰۰ متر
۱۲	بوستانو (پایین جزر و مدی)	۵۶ ° ۰۱ ′ ۲/۰۹"	۲۷ ° ۰۵ ′ ۳/۵۳ "	مسکونی صنعتی	۳	۸۵ متر
۱۳	پارک خمیر (پایین جزر و مدی)	۵۵ ° ۳۸ ′ ۱۲/۲ "	۲۶ ° ۵۸ ′ ۴۱/۰۱ "	گردشگری	۳	۶۵ متر
۱۴	بندرلنگه (پایین جزر و مدی)	۵۴ ° ۵۲ ′ ۳۶/۳۴ "	۲۶ ° ۳۲′ ۳۴/۳۷ "	مسکونی- صنعتی	۳	۱۰۰ متر
۱۵	بندرمقام (پایین جزر و مدی)	۵۳ ° ۲۸ ′ ۳۵/۸۰"	۲۶ ° ۵۷ ′ ۴۴/۴۱ "	مسکونی	۳	۱۰۰ متر
۱۶	پارسیان (پایین جزر و مدی)	۵۳ ° ۰۱′ ۴۱/۵۰ "	۲۷ ° ۰۷ ′ ۹/۶۴"	مسکونی	۳	۱۰۰ متر



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

آماده‌سازی و اندازه‌گیری جیوه در رسوب

به‌منظور خشک شدن نمونه‌ها به دلیل حساسیت فلز جیوه نمونه‌ها درون دستگاه فریز درایر در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد، سپس از الک ۶۳ میکرون عبور داده و به مقدار ۱ گرم توزین شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش MOPAM استفاده شد (ROPME, 1999).

برای هضم نمونه‌ها ابتدا یک گرم نمونه خشک درون بمب تفلونی قرار داده شد و به آرامی ۸ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۴ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد سپس به مدت یک ساعت در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند، نمونه‌ها با حفاظ آلومینیومی بر روی هات‌پلیت در دمای ۹۰ درجه به مدت سه ساعت قرار گرفتند. اجازه داده شد نمونه‌ها سرد شوند، سپس ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر بدون یون (DDW) و ۱ میلی‌لیتر دی‌کرومات‌پتاسیم دو درصد حجمی اضافه شد و نمونه بوسیله کاغذ صافی واتمن ۴۲ فیلتر گردید. نمونه‌های رقیق شده به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسیدند و نهایتا بوسیله دستگاه جذب اتمی مدل گرافیتی (GTA120) قرائت شد.

آماده‌سازی و اندازه‌گیری آهن در رسوب

به منظور آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت آهن در رسوبات سطحی، نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد (Yap *et al*., 2002). نمونه‌ها از الک ۶۳ میکرون عبور داده و به مقدار ۰/۲ گرم وزن شد. برای هضم نمونه‌ها از روش MOPAM استفاده شد (ROPME, 1999).

برای هضم نمونه ابتدا ۰/۲ گرم از نمونه خشک در بمب تفلونی قرار داده شد و به آرامی محلول ترکیبی اسید نیتیریک و اسید کلریدریک به نسبت حجمی ۱ به ۳ و ۶ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شده و به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند. در ظروف بسته شده و در حفاظ آلومینیومی بر روی هات پلیت در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت و ۳۰ دقیقه قرار داده شد. ۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه (DDW) به آن اضافه شده سپس نمونه‌های خنک شده با کاغذ صافی واتمن ۴۲ فیلتر شد و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسیدند و سپس توسط دستگاه جذب اتمی مدل گرافیتی (GTA120) میزان غلظت آهن قرائت گردید.

کنترل کیفیت

برای ۴۸ نمونه رسوب ۴ نمونه شاهد برای هر کدام از پارامترها در نظر گرفته شد که میانگین غلظت نمونه شاهد از میانگین داده های بدست آمده کسر شد. با توجه به استفاده از روش منحنی کالیبراسیون، نمونه‌های استاندارد آهن و جیوه جهت کالیبره کردن دستگاه استفاده شد که خود تضمینی برای صحت داده‌های نهایی می‌باشد. یکی از روش‌های بررسی عملکرد روش سنجش در اندازه‌گیری غلظت‌های کم، تعیین حد پایین تشخیص دستگاه است و جیوه از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی مدل گرافیتی (GTA120) با حد تشخیص پایین استفاده شد.

شاخص‌های آلودگی

تعیین شاخص تجمع زیستی مولر (I_{geo})

این شاخص اولین بار توسط مولر در سال ۱۹۷۹ بیان گردید و برای اندازه‌گیری و تعریف آلودگی رسوبات، توسط مقایسه غلظت‌های کنونی یک عنصر با میزان آن ماده قبل از صنعتی شدن در رسوبات، محاسبه می‌گردد (Buchman, 1999 ; Muxika *et al*., 2003). این شاخص بر اساس فرمول زیر تعریف شده است.

$$I_{geo} = log_2\left(\frac{Cn}{1.5\ Bn}\right)$$

I_{geo} :شاخص تجمع ژئوشیمیایی و یا شاخص شدت آلودگی در رسوبات.

C_n : غلظت ماده آلاینده در رسوبات با قطر کمتر از ۶۳ میکرون.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

B_n : غلظت ماده آلاینده در پوسته زمین یا غلظت اولیه عناصر در زمانیکه آلودگی وجود نداشته است.
ضریب ۱/۵ به منظور تصحیح غلظت اولیه رسوبات به دلیل تاثیر عوامل زمینی اعمال شده است.
مولر، ۷ کلاس مختلف را برای طبقه‌بندی این شاخص عنوان کرد (جدول ۲) که در بالاترین کلاس یعنی کلاس آلودگی ۶، مقادیر عناصر حداقل ۱۰۰ برابر مقادیر مرجع می‌باشند.

جدول ۲. طبقه‌بندی کیفیت رسوبات بر اساس شاخص تجمع ژئوشیمیایی مولر

وضعیت آلودگی(محدوده مولر)	درجه آلودگی	مقادیر I_{geo}
غیرآلوده	۰	۰
از غیرآلوده تا آلودگی متوسط	۱	۰ -۱
آلودگی متوسط	۲	۱-۲
از آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد	۳	۲-۳
آلودگی زیاد	۴	۳-۴
از آلودگی زیاد تا به شدت آلوده	۵	۴-۵
به شدت آلوده	۶	۵-۶

تعیین شاخص عامل غنی‌سازی Enrichment Factor (EF)

ضریب غنی‌سازی (EF) به‌عنوان شاخصی متداول برای ارزیابی آثار فعالیت‌های انسانی در تجمع فلزات سنگین در رسوبات به میزانی بالاتر از سطح پیشین و غیرآلوده آنها در منطقه شناخته می‌شود (Dickinson *et al*., 1996). محاسبه این ضریب، روشی مناسب جهت تعیین منشا طبیعی و بشرزاد آلودگی است. به‌عبارت دیگر این ضریب بیانگر شدت تاثیر عامل خارجی بر رسوبات است (Adamo *et al*., 2005) که به‌وسیله فلز آلومینیوم و یا آهن مشخص می‌شود. در مطالعه حاضر با استفاده از فلز آهن محاسبه شده است به علت این که جزء چهار عنصر اصلی پوسته زمین می‌باشد و هیچ‌گونه نگرانی از نظر آلودگی وجود ندارد. علاوه بر این مزایای اصلی استفاده از آهن این است که : ۱- آهن هماهنگ شده با ذرات ریز خاک می‌باشد؛ ۲- ژئوشیمی آن به بسیاری از فلزات سنگین نزدیک است؛ ۳- غلظت طبیعی آن در رسوبات تمایل به یکپارچگی دارد. ۴- آهن (Fe) با موفقیت توسط محققان زیادی برای نرمال‌کردن آلودگی فلزات در رودخانه و رسوبات ساحلی استفاده شده است (Baptista-Neto *et al*., 2000; Loska *et al*., 2003; Amin *et al*., 2009; Cevik *et al*., 2009; Chakravarty and Patgiri, 2009; Kothai *et al*., 2009; Seshan *et al*., 2010: Naji and Ismail, 2011: Mashiatullah *et al*., 2013). که در این مطالعه از مقادیر استفاده شده رسوبات دست نخورده و یا بکر (Taylor, 1964) استفاده شده که به‌عنوان یک استاندارد در نظر گرفته شده است. مقدار جیوه و آهن برای رسوب دست نخورده به ترتیب برابر ۰/۰۸ و ۵۶۳۰۰ میکروگرم بر گرم می‌باشد , (Wang et al.2007). سپس اعداد به دست آمده بر اساس جدول ۳ طبقه بندی شد.

$$EF_{Hg} = \frac{(Hg_x/Fe_x)\ sampel}{(Hg_c/Fe_c)\ shale}$$

تعیین واحد سمیت و مقایسه با استانداردهای جهانی استانداردهای کیفیت رسوب (SQGs)

یکی از راه‌های ارزیابی کیفی رسوبات دریایی استفاده از دستورالعمل‌های راهنمای کیفیت رسوب می‌باشد، که در آن داده‌های به دست آمده از منطقه با مقادیر SQGs مقایسه می‌شود و معیارهای مورد استفاده در آن براساس پاسخ‌های بیولوژیک موجودات به شرایط آلاینده می‌باشد. یکی از اهداف کلیدی توسعه راهنماهای کیفیت رسوبات، پیشگویی و به حداقل رساندن خطر ناشی از آلاینده‌ها برای جانداران می‌باشد. بنابراین فهمیدن ارتباط بین غلظت فلز در رسوبات و میزان آلودگی ناشی از آلاینده‌ها برای جانداران موجود در یک اکوسیستم، لازم و ضروری می‌باشد (Spencer and Macleod, 2002). هدف از

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

استانداردهای کیفیت رسوب، محافظت از محیط‌های آبی و بررسی کیفیت رسوبات از نظر میزان فلزات، مواد مغذی (نوترینت-ها) و ترکیبات آلی است. به طور کلی مقادیر استانداردها براساس سه سطح پایین‌ترین حد اثر، تاثیر متوسط و شدیدترین حد اثر به شرح زیر ارائه شده‌اند (Persaud *et al*., 1992):

۱- پایین‌ترین سطح اثر [1](ERL) : میزانی از غلظت آلاینده است که در کمتر از آن حد، سمیت قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد و در کمتر از ده درصد از مطالعات صورت گرفته اثرات مضری برای جانوران در معرض قرار گرفته مشاهده شده است. این مقدار برای عمده جانوران کفزی قابل تحمل بوده و اثر خاصی در جوامع بیولوژیک به وجود نمی‌آورد.

۲- حد اثر متوسط [2](ERM): بیانگر آلودگی متوسط در رسوبات می‌باشد و در بیش از ۵۰ درصد از مطالعات انجام شده، در غلظت‌های بالاتر از این حد اثرات مضر زیادی برای آبزیان گزارش شده است.

۳- شدیدترین حد اثر [3](SEL): بیانگر آلودگی شدید در رسوبات می‌باشد.

جدول ۳. طبقه‌بندی ضریب غنی‌شدگی (Chen *et al*., 2007)

شدت غنی‌شدگی	فاکتور غنی‌شدگی (EF)
بدون غنی‌شدگی	<۱
غنی‌شدگی اندک	۱-۳
غنی‌شدگی متوسط	۳-۵
غنی‌شدگی نسبتا شدید	۵-۱۰
غنی‌شدگی شدید	۱۰-۲۵
غنی‌شدگی خیلی شدید	۲۵-۵۰
غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید	>۵۰

نتایج

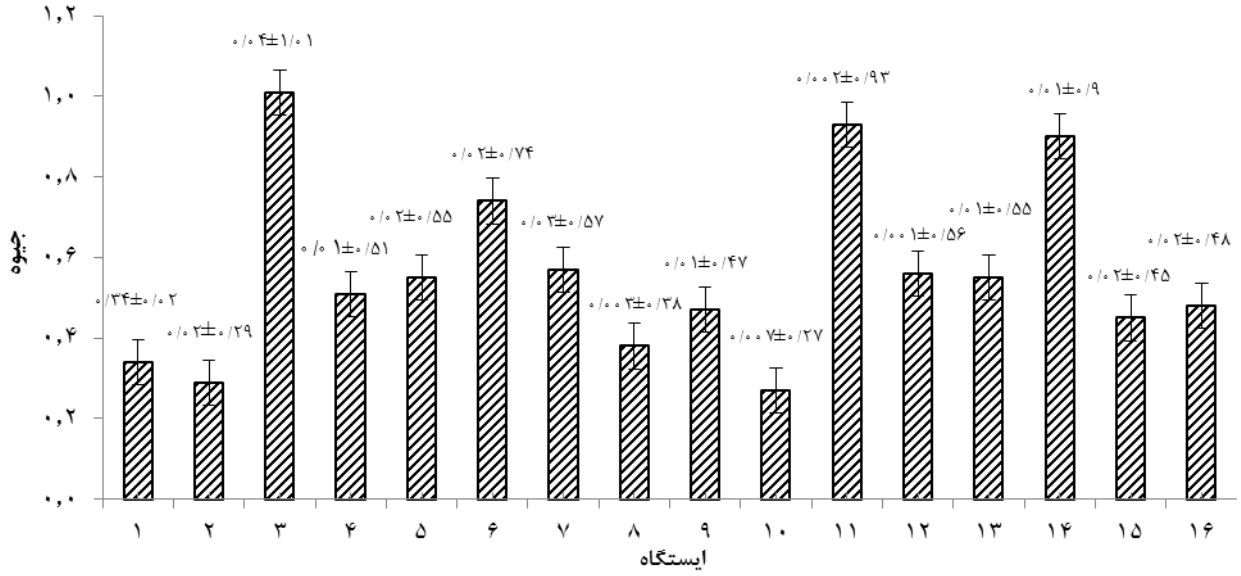
غلظت جیوه اندازه‌گیری شده در منطقه بالای جزر و مدی به ترتیب ایستگاه خور گورسوزان بندرعباس (۱/۰۱ppm)> بندرلنگه (۰/۷۴ ppm)> بندرمقام (۰/۵۷ ppm) > حرای‌خمیر (۰/۵۵ ppm) > بوستانو (۰/۵۱ppm) > پارسیان (۰/۳۸ppm) > جاسک (۰/۳۴ppm) > تالاب آذینی (۰/۲۹ppm) و برای منطقه پایین جزر و مدی خور گورسوزان (۰/۹۳ppm) > بندرلنگه (۰/۹ppm) > بوستانو (۰/۵۶ppm) > بندرخمیر (۰/۵۵ppm) > پارسیان (۰/۴۸ppm) > جاسک (۰/۴۷ppm) > بندرمقام (۰/۴۵ppm) > تالاب آذینی (۰/۲۷ppm) می‌باشد (شکل۲).

بیشترین میزان جیوه در ناحیه بالای جزر و مدی خورگورسوزان بندرعباس و کمترین میزان در ناحیه پایین جزر و مدی تالاب بین المللی آذینی می‌باشد. بیشترین میزان جیوه در ناحیه بالا و پایین جزر و مدی خورگورسوزان که یک منطقه مسکونی با ورود فاضلاب‌های شهری است و کمترین میزان غلظت جیوه در تالاب بین المللی آذینی می‌باشد. میانگین بیشترین میزان جیوه در ناحیه پایین جزر و مدی و کمترین میزان در بالای جزر و مدی مشاهده شد.

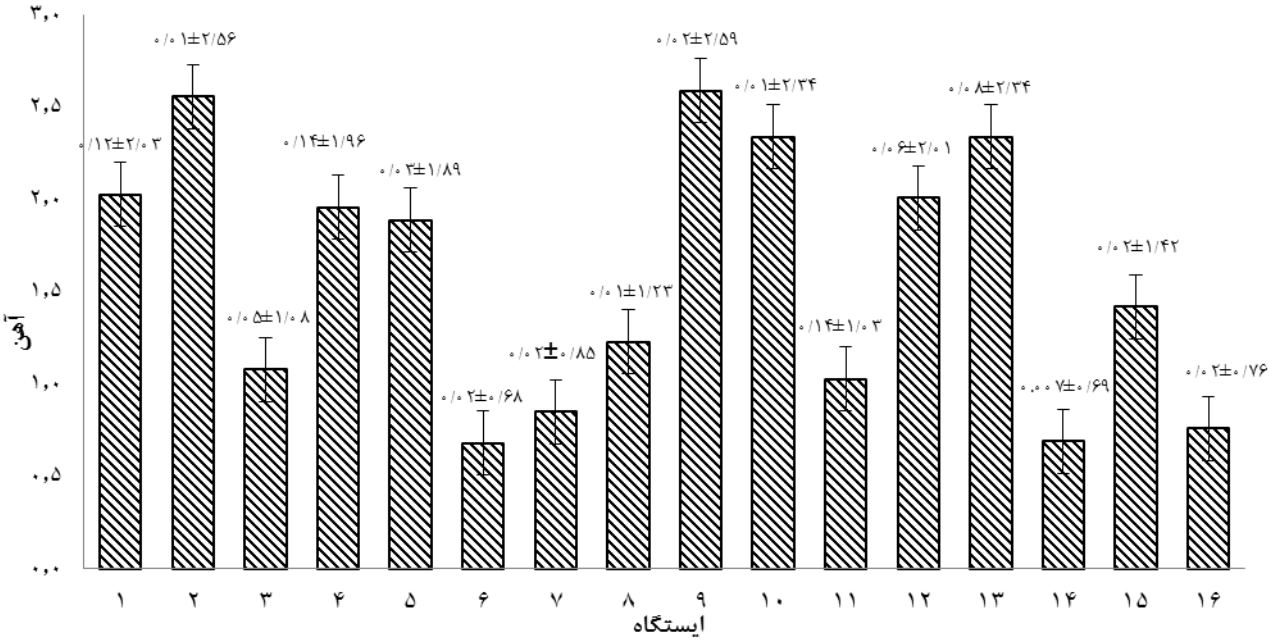
غلظت آهن در منطقه بالای جزر و مدی که بر اساس درصد می‌باشد به ترتیب شامل آذینی (۲/۵۶٪) > جاسک (۲/۰۳٪) > بوستانو (۱/۹۶٪) > خمیر (۱/۸۹٪) > پارسیان (۱/۲۳٪) > گورسوزان (۱/۰۸٪) > مقام (۰/۸۵٪) > لنگه (۰/۶۸٪) و در منطقه پایین جزر و مدی جاسک (۲/۵۹٪) > خمیر (۲/۳۴٪) > آذینی (۲/۳۴٪) > بوستانو (۲/۰۱٪) >مقام (۱/۴۲٪) > گورسوزان (۱/۰۳٪) > پارسیان (۰/۷۶٪) > بندر لنگه (۰/۶۹٪) می‌باشد (شکل ۳).

[1] Effect Range Low
[2] Effect Range Medium
[3] Severe Effect Level

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]



شکل ۲. پراکنش جیوه (بر حسب ppm) در رسوبات پهنه جزر و مدی ایستگاه‌ها



شکل ۳. غلظت آهن در رسوبات سطحی پهنه جزر و مدی ایستگاه‌ها (غلظت بر حسب درصد بیان شده است)

در این پژوهش، از شاخص‌های مختلف آلودگی (ضریب غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشتگی) برای تعیین و ارزیابی فلز جیوه استفاده شد. همچنین غلظت‌های اندازه‌گیری شده با استانداردهای مختلف کیفیت رسوب مقایسه شده است.

در مطالعات زیست‌محیطی به‌ویژه زمانی‌که توزیع ژئوشیمیایی عناصر در محیط، حاصل ترکیبی از عوامل انسانی و طبیعی باشد، باید روند تغییرات با استفاده از شاخص‌های آلودگی ارزیابی شود. آنالیز رسوبات، سهم مهمی در تعیین وضعیت آلودگی مناطق دارد. در تحلیل‌های زیست‌محیطی، از شاخص زمین‌انباشت به منظور مشخص کردن سطح آلودگی و میزان تاثیر عوامل

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

انسان‌زاد از عوامل طبیعی استفاده می‌شود. این شاخص می‌تواند بیانگر شدت تاثیر عوامل خارجی (انسان‌زاد) باشد. نتایج شاخص تجمع زمینی مولر برای ۱۶ ایستگاه مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به جدول ۴ و نتایج نهایی بر اساس تقسیم بندی مولر و مقادیر شاخص I_{geo} محاسبه شده رسوبات از نظر کیفیت آلودگی تمامی ایستگاه‌ها در محدوده‌ی آلودگی متوسط، آلودگی متوسط تا آلودگی زیاد و منطقه بالای جزر و مدی خورگورسوزان دارای آلودگی زیاد می‌باشند.

شاخص غنی‌شدگی از جمله معیارهایی هستند که با در نظر گرفتن غلظت عناصر در نمونه، زمینه روند آلودگی را نشان می-دهند. ضریب غنی‌شدگی در هر ۱۶ ایستگاه بالا و پایین جزر و مدی سواحل استان هرمزگان با توجه به فرمول بیان شده انجام شد، داده‌ها در جدول ۵ آمده است. نتیجه آزمون نشان داد که ضریب غنی‌شدگی در رسوبات ساحلی استان هرمزگان در دو منطقه خور گورسوزان و ایستگاه بندرلنگه به علت وجود فاضلاب‌های شهری، نزدیکی به اسکله در منطقه خورگورسوزان و وجود کارگاه‌های لنج سازی در منطقه بندرلنگه که نسبت به سایر ایستگاهها بیشترین تاثیر فعالیت‌های انسانی وجود داشته است و بقیه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه خورآذینی دارای غنی‌شدگی شدید می‌باشد. منطقه تالاب بین المللی آذینی به دلیل دور بودن از صنایع و مناطق مسکونی دارای بار آلودگی غنی شدگی نسبتا شدید می‌باشد. بنابراین با توجه به بررسی‌های انجام شده اکثر ایستگاه‌ها دارای بار آلودگی با منشاء انسانی می‌باشد.

در شکل ۴ نتایج شاخص واحد سمیت بر اساس کیفیت رسوب نشان داده شده است که با توجه به استانداردهای مورد مطالعه به منظور بررسی کیفیت رسوب میزان آلودگی به جیوه، تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه از نظر غلظت جیوه در رسوبات از نظر پایین‌ترین حد اثر (ERL) بالاتر بود و دو ایستگاه خور گورسوزان و بندرلنگه در دو ناحیه بالا و پایین جزر و مدی از نظر حد اثر متوسط (ERM) بالاترو همچنین هیچکدام از ایستگاه‌ها از نظر آلودگی شدید (SEL) بالاتر نبودند (شکل ۴). میانگین غلظت جیوه در منطقه مورد مطالعه از حد اثر متوسط (ERM) پایین‌تر و از پایین‌ترین حد اثر (ERL) بالاتر می‌باشد.

جدول ۴. مقدار شاخص تجمع زمینی فلز جیوه در رسوبات پهنه جزر و مدی سواحل استان هرمزگان

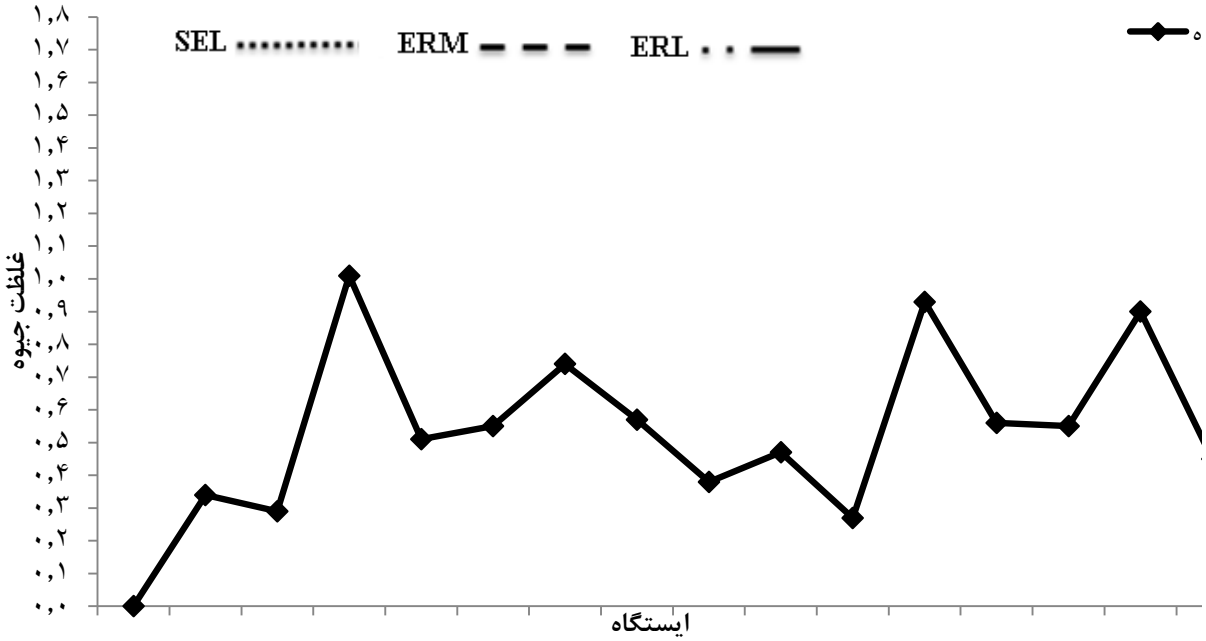
مکان ایستگاه	I_{geo}
جاسک (بالای جز ومدی)	۱/۵۰
خورآذینی (بالای جزومدی)	۱/۲۷
گورسوزان (ناحیه بالای جزرومدی)	۳/۰۷
بوستانو (بالای جز ومدی)	۲/۰۹
پارک خمیر(بالای جز ومدی)	۲/۲۰
بندرلنگه (بالای جز ومدی)	۲/۶۲
بندرمقام (بالای جز ومدی)	۲/۲۵
پارسیان(بالای جز ومدی)	۱/۶۶
جاسک (پایین جز ومدی)	۱/۹۷
خورآذینی (پایین جز ومدی)	۱/۱۷
خورگورسوزان (پایین جز ومدی)	۲/۹۵
بوستانو (پایین جز ومدی)	۲/۲۲
پارک خمیر(پایین جز ومدی)	۲/۲۰
بندرلنگه (پایین جز ومدی)	۲/۹۱
بندر مقام (پایین جزر و مدی)	۱/۹۱
پارسیان (پایین جزر و مدی)	۲

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

جدول ۵. میزان EF اندازه‌گیری شده در رسوبات ساحلی استان هرمزگان

مکان ایستگاه	EF
جاسک (بالای جز ومدی)	غنی‌شدگی شدید
خورآذینی (بالای جزومدی)	غنی‌شدگی نسبتا شدید
گورسوزان (ناحیه بالای جزرومدی)	غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید
بوستانو (بالای جز ومدی)	غنی‌شدگی شدید
پارک خمیر(بالای جز ومدی)	غنی‌شدگی شدید
بندرلنگه (بالای جز ومدی)	غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید
بندرمقام (بالای جز ومدی)	غنی‌شدگی خیلی شدید
پارسیان(بالای جز ومدی)	غنی‌شدگی شدید
جاسک (پایین جز ومدی)	غنی‌شدگی شدید
خورآذینی (پایین جز ومدی)	غنی‌شدگی نسبتا شدید
خورگورسوزان (پایین جز ومدی)	غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید
بوستانو (پایین جز ومدی)	غنی‌شدگی شدید
پارک خمیر(پایین جز ومدی)	غنی‌شدگی شدید
بندرلنگه (پایین جز ومدی)	غنی‌شدگی بی‌نهایت شدید
بندر مقام (پایین جزر و مدی)	غنی شدگی شدید
پارسیان (پایین جزر و مدی)	غنی شدگی خیلی شدید



شکل ۴. مقایسه مقادیر جیوه با سه سطح از استانداردهای کیفیت رسوب (SQGs) **که** SEL (Sever Effect Level) بیانگر آلودگی شدید، ERM (Effects Range Medium) بیانگر حد اثر متوسط و ERL (Effects Range Lowe) بیانگر پایین تر از حد اثر می باشند.

بحث

سواحل خلیج فارس به شدت تحت تاثیر فعالیت‌های ساخت و ساز قرار دارند (Naser, 2011b). تخلیه فاضلاب منبع اصلی آلودگی سواحل خلیج فارس می‌باشد (Sheppard *et al*., 2010)، که باعث افزایش میزان فلزات سنگین شده است این فلزات

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

سنگین وارد زنجیره غذایی می‌شود و خطری جدی برای سلامت انسان هستند (Guerra *et al*., 2009). جیوه فلزی بسیار سمی و متیل جیوه یک نوروتوکسین قوی می‌باشد (Naji and Ismail, 2011). به‌منظور تعیین میزان تجمع و غنی‌شدگی و همچنین تعیین وضعیت حال حاضر و سطح آلودگی رسوبات سطحی به فلز جیوه و کیفیت زیست‌محیطی رسوبات منطقه و آثار احتمالی فعالیت‌های انسانی بر غلظت فلزات سنگین، شاخص‌های مختلف ژئوشیمیایی رسوب، همچون ضریب غنی‌شدگی، شاخص زمین‌انباشتگی، به‌عنوان متداول‌ترین شاخص‌ها، با توجه به تعریف‌های پایه موجود از شاخص‌های فوق و بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌های به‌دست آمده از ایستگاه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، برای هر یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه محاسبه و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است، که در ادامه بیان خواهند شد.

نتایج بدست آمده ما با میزان جیوه اندازه‌گیری شده توسط نبوی و همکاران در سال ۲۰۱۳ در رسوبات خور موسی (Nabavi *et al*., 2013)، بسیار به هم نزدیک و تقریبا مشابه می‌باشد. مقادیر بدست آمده از رسوبات اقیاس هند (Sanzgiry *et al*., 1988) دریای آرژانتین (Marcovecchio *et al*., 1986) قطر خلیج فارس (Kreish and Al-Muftah, 1999) بالاتر می‌باشد. با این حال، آشکار است که غلظت جیوه در ایستگاه‌های مورد بررسی پایین‌تر از کویت خلیج فارس (BuTayban and Preston, 2004)، سواحل مدیترانه (Bargagli *et al*., 1988) و دریای بالتیک (Brugmann, 1988) می‌باشد.

با توجه به مقایسه غلظت جیوه با شاخص‌های آلودگی، تمامی ایستگاه‌ها دارای بار آلودگی و تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشند که بیشترین میزان جیوه در سواحل استان هرمزگان در خور گورسوزان و به علت وارد شدن حجم بسیار زیادی از آلودگی فاضلاب‌های خانگی و آلودگی کارگاه‌های کوچک و تعمیرگاه‌های بالادست که به این خور راه دارند وارد می‌شود. رسوباتی که همجوار با مناطق شهری و صنعتی قرار دارند توانایی بالقوه جذب و ته‌نشین کردن آلودگی‌های فلزی که از محیط‌های خشکی ناشی می‌شوند را دارا می‌باشند. همانگونه که مشاهد شد مقادیر جیوه اندازه‌گیری شده در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در سایر نقاط جهان و در برخی موارد بیشتر است. که ناشی از فعالیت‌های انسانی باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که منابع ورودی آلاینده‌ها به محیط پتانسیل ایجاد خطر در منطقه مورد مطالعه را دارا می‌باشند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از اداره کل حفاظت محیط زیست استان هرمزگان و مرکز سنجش آلودگی‌ها به ویژه آقایان مهندس هاشمی و مهندس مهوری و سرکار خانم‌ها دکتر سلیمی‌زاده ، مهندس دودی و دکتر احسان‌پور که در انجام مراحل آزمایشگاهی همواره ما را یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

منابـع

Adamo, P., Arienzo, M., Imperato, M., Naimo, D., Nardi, G., Stanzione, D. 2005. Distribution and partition of heavy metals in surface and sub-surface sediments of Naples city Port. Chemosphere. 61(6): 800-809.

Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, Ch.K., Kamarudin, M.S. 2009. Anthropogenic Impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. Environmental Monitoring and Assessment. 148: 291-305.

Balian, L.V., Ghasabian, M.G., Adamian, M.S., Jr, D.K. 2002. Changes in the waterbird community of the lake sevan-lake Gilli area, Republic of Armenia: a case for restoration. Biological Conservation. 1062: 157-163.

Baptista-Neto, J.A., Smith, B.J., McAllister, J.J. 2000. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. Environment Pollution. 109(1): 1-9.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

Bargagli, R., Ferraram, R., Maserti, B.E. 1988. Assessment of mercury distribution and par tition in recen sediments of the western Mediterranean basin. Science of the Total Environmental. 72: 123-130.

Brugmann, L. 1988. some peculiarities of the trace metals distribution in Baltic waters and sediments. Marine Chemistry. 23:425-440.

Buchman, M.F. 1999. NOAA screening quick reference tables. NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle, WA, Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. 12 p.

Burger, J., Gochfeld, M. 2004. Marine birds as sentinels of environmental pollution. EcoHealth. 1(3): 263-274.

BuTayban, N.A., Preston, M.R. 2004. The distribution and inventory of total and methyl mercury in Kuwait Bay. Marine Pollution Bulletin. 49: 930-937.

Canli, M., Atli, G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environtal Pollution. 121(1): 129-36.

Cevik, F., Goksu, M.Z.L., Derici, O.B., Findik, O. 2009. An assessment of metal in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. Environmental Monitoring and Assessment. 152(1-4): 309-317.

Chakravarty, M., Patgiri, A.D. 2009. Metal pollution assessment in sediments of the Dikrong River, NE India. Journal of Human Ecology. 27(1): 63-67.

Chen, C.W., Kao, C.M., Chen, C.F. Dong, C.D. 2007. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. Chemosphere. 66(8): 1431-1440.

Delman, O., Demirak, A., Balci, A. 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeast ern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry. 95(1): 157-162.

Dickinson, W.W., Dunbar, G.B., McLeod, H. 1996. Heavy metal history from cores in Wellington Harbour, New Zealand. Environmental Geology. 27(1): 59-69.

Esmaeili-Sari, A. 2008. Mercury in the Environment. Nashr-e Novin Press, Tehran, Iran. 228 (in Persian).

Goldblum, D.K., Rak, A., Ponnapalli, M.D., Clayton, C.J. 2006. The Fort Totten Mercury Pollution Risk Assessment: A Case History. Hazardous Materials. 136: 406-417.

Guerra, R., Pasteris, A., Ponti, M. 2009. Impacts of maintenance channel dredging in a northern Adriatic coastal lagoon. I: Effects on sediment properties, contamination and toxicity. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 85: 134-142.

Khan, N.Y. 2007. Multiple stressors and ecosystem-based management in the Gulf. Aquatic Ecosystem Health and Management. 10(3): 259-267.

Kothai, P., Prathibha, P., Saradhi, I.V., Pandit, G.G., Puranik, V.D. 2009. Characterization of atmospheric particulate matter using PIXE technique. International Journal of Civil and Environmental Engineering. 1(1): 27-30.

Kreish, T.W., Al-Muftah, A.R. 1999. Total mercury levels in the costal environment of Qatar (Persian Gulf). Qatar University Science Journal. 19: 274-284.

Loska, K., Wiechula, D., Barska, B., Cebula, E., Chojnecka, A. 2003. Assessment of arsenic enrichment of cultivated soils in Southern Poland. Polish. Environmental Studies. 12(2): 187-192.

Marcovecchio, J.E., Lara, R.J., Gomez, E. 1986. Total mercury in marine sediments near a sewage outfall. Relation with organic matter. Environmental Science and Technology Letters. 7: 501-507.

Mashiatullah, A., Chaudhary, M.Z., Ahmad, N., Javed, T., Ghaffar, A. 2013. Metal pollution and ecological risk assessment in marine sediments of Karachi Coast, Pakistan. Environmental Monitoring and Assessment. 185: 1555-1565.

Mazloomi, S., Esmaeili, A., Ghasempoori, S.M., Omidi, A. 2008. Mercury distribution in liver, kidney, muscle and feathers of Caspian Sea Common Cormorant (*Phalacrocorax carbo*). Environmental Sciences. 2(6): 433-7.

Muxika, I., Borja, A., Franco, J. 2003. The use of biotic index (AMBI), to identify spatial and temporal impact gradients on benthic communities in an estuarine area. AZTI foundation department of oceanography and marine environment (Spain) ICES CM 2003/Session J-01.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]

Nabavi, S.M.B., Kazemzadeh Khoei, J., Abdi Bastami, A., Parsa, Y. 2013. Heavy metal (Ni, Hg and Co) pollution of oil-Related in sediment from Musa Estuary, Northwest of the Persian Gulf. World Applied Sciences Journal. 27(11): 1485-1488.

Nadim, F., Bagtzoglou, A.C. Iranmahboob, J. 2008. Coastal management in the Persian Gulf region within the framework of the ROPME programme of action. Ocean and Coastal Management. 51(7): 556-565.

Naji, A., Ismail, A. 2011. Assessment of Metals Contamination in Klang River Surface Sediments by using Different Indexes. Environmental Asia. 4(1): 30-38.

Naji, A., Ismail, A. 2012. Risk Assessment of Mercury Contamination in Surface Sediment of the Klang River. Malaysia, Basic and Applied Sciences. 7: 215-221.

Naser, H. 2011a. Human impacts on marine biodiversity: macrobenthos in bahrain, arabian gulf. In: Lopez-Pujol, J. (ed.). The Importance of Biological Interactions in the Study of Biodiversity. InTechOpen. 109-126.

Naser, H. 2011b. Effects of reclamation on macrobenthic assemblages in the coastline of the Arabian Gulf: A microcosm experimental approach. Marin Pollution Bulletin. 62: 520-524.

Nath, B., Birch, G., Chaudhuri, CH. 2014. Assessment of sediment quality in *Avicennia marina*-dominated embayments of Sydney Estuary: The potential use of pneumatophores (aerial roots) as a bio-indicator of trace metal contamination. Science of the Total Environmental. 472: 1010-1022.

Persaud, D.R., Jaagumagiand, R., Hayton, A. 1992. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Ontario Ministry of the Environment. Queens Printer for Ontario. 39.

ROPME. (1999). Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods (MOOPAM). Kuwait: Regional Organization for the Protection of the Marine Environmental.

Sanzgiry, S., Mesquita, A., Kureish, T.W. 1988. Total mercury in waters, sediments and animals along Indian coast. Marine Pollution Bulletin. 19: 339-343.

Seshan, B.R.R., Natesan, U., Deepthi, K. 2010. Geochemical and statistical approach for evaluation of heavy metal pollution in core sediments in southeast coast of India. International Journal of Environmental Science and Technology. 7(2): 291-306.

Sheppard, C., Al-Husiani, M., Al-Jamali, F., Al-Yamani, F., Baldwin, R., Bishop, J., Zainal, K. 2010. The Gulf: a young sea in decline. Marine Pollution Bulletin. 60(1): 13-38.

Smith, R., Purnama, A., Al-Barwani, H. 2007. Sensitivity of hypersaline Arabian Gulf to Seawater desalination plants. Applied Mathematical Modelling. 31: 2347-2354.

Spencer. K.L., Macleod, C.L. 2002. Distribution and Partitioning of Heavy Metals in Estuarine Sediment Cores and Implications for the Use of Sediment Quality Standards. Hydrology and Earth System Science. 6: 989-998.

Stankovic, S., Stankovic, A.R. 2013. Bioindicators of toxic metals Green Materials for Energy, Products and Depollution. Springer. pp. 151-228.

Taylor, S. 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. Geochimica et Cosmochimica Acta. 28: 1273-1285.

UNEP. 2004. Ropme Sea Area. http://www.unep.org/regionalseas/programmes/nonunep/ropme/instruments/r_profile_ropme. pdf.

Wang, X.C., Feng, H., Ma, H.Q. 2007. Assessment of metal contamination in surface sediments of Jiaozhou Bay, Qingdao, China. Clean-Soil Air Water. 35: 62-70.

Weis, I.M. 2004. Mercury concentrationinfish from Canadian Great Lakes Areas of concern: ananalysis of data from the Canadian Department of Environment database. Environmental Research. 95: 341-350.

Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., Omar, H. 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel (Perna viridis) from the west coast of Peninsular Malaysia. Environmental International. 28(1): 117-126.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.2.3.0]