

ارزیابی میزان آلودگی جیوه در رسوبات بین جزرومدی خوریات ماهشهر

هدی موری بازفتی^{۱*}، علیرضا صفاهیه^۱، سیدمحمدباقر نبوی^۱، کمال غانمی^۲

۱. دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲. گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۹)

چکیده

فلزات سنگین به خصوص جیوه به علت سمیت، پایداری و اثرگذاری بر روی موجودات آبی از نظر سلامت عمومی حائز توجه و اهمیت هستند. در این مطالعه به منظور بررسی غلظت جیوه در رسوبات بین جزرومدی خوریات ماهشهر در استان خوزستان، ۸ ایستگاه انتخاب و از هر ایستگاه سه نمونه رسوب برداشت شد. عملیات نمونه برداری در دی ماه ۱۳۹۴ انجام شد. پس از تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی، محتوای جیوه آنها با استفاده از دستگاه جذب اتمی و به کمک تکنیک بخار سرد سنجیده شد. میانگین غلظت جیوه در رسوبات ایستگاه‌های مورد بررسی در محدوده ۴۹۰-۹۰ نانوگرم بر گرم قرار داشت. مقادیر بالای جیوه در خور پتروشیمی یافت شد و با افزایش فاصله از این خور به تدریج از میزان آلودگی کاسته می‌شد. به طور کلی محاسبه فاکتور آلودگی منطقه‌ای، آلودگی خیلی شدید را برای اکثر ایستگاه‌ها نشان داد، درحالی که بر طبق فاکتور آلودگی جهانی، میزان آلودگی در حد کم تا متوسط قرار داشت.

کلید واژگان: آلودگی، جیوه، خور پتروشیمی، رسوبات

۱. مقدمه

افزایش جمعیت و گسترش صنایع گوناگون در مجاورت مناطق ساحلی منجر به تخلیه پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی به این مناطق و به دنبال آن آلودگی محیط‌های آبی شده است. آلاینده‌های وارد شده به اکوسیستم‌های آبی با تأثیر بر حیات آبیان، زیان‌های قابل توجهی به دنبال دارند. خوریات ماهشهر نیز نمونه یک اکوسیستم ساحلی است که به دلیل مجاورت با بنادر مهم تجاری ایران (بندر ماهشهر و بندر امام خمینی) همواره گذرگاه بسیاری از کشتی‌های تجاری و نفتکش‌ها بوده و با وجود صنایع مختلف پتروشیمی همواره تحت تأثیر پساب‌های متنوعی بوده و بار آلودگی این خوریات روند فزاینده‌ای یافته است (Assar, 2009).

در بین فلزات سنگین، جیوه فلزی منحصر به فرد است که در طبیعت به اشکال مختلف آلی و معدنی دیده می‌شود (Zalups, 2000; Storelli et al., 2002). جیوه و ترکیباتش سمی‌ترین مواد یافت شده در محیط زیست هستند (Rao et al., 2010; Houserova et al., 2007). تجمع زیستی، فراوانی، پراکنش وسیع جهانی و خطرات بسیار سمی ناشی آن باعث شده است تا از بین فلزات سنگین، بیشترین توجه معطوف به جیوه باشد (Mazloomi et al., 2008).

در خورموسی مطالعات مختلفی در مورد آلودگی جیوه که یکی از آلاینده‌های مهم موجود در پساب پتروشیمی است، صورت گرفته است. در بیشتر این مطالعات محققین بر این باورند که پساب واحد کلرآلکالی پتروشیمی بندر امام خمینی (ره) حاوی مقادیر بالایی از فلز جیوه بوده که با ورود پساب ناشی از آن اکوسیستم اطراف به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Azimi et al., 2012; Babadi et al., 2015; Goudarzi et al., 2006; Faghiri et al., 2011).

در اکوسیستم‌های آبی رسوبات به عنوان مخزن و مقصد نهایی تجمع فلزات سنگین به شمار می‌روند. به بیانی دیگر آلاینده‌ها در رسوبات برای مدت‌های طولانی باقی می‌مانند (Casas, 2003; Froghi et al., 2007) و از

آنجا که رسوبات هم به عنوان حمل‌کننده و هم جایگاهی برای ته نشست فلزات سنگین عمل می‌کنند می‌توانند منعکس‌کننده تاریخچه وضعیت آلودگی‌های یک اکوسیستم آبی باشند (Singh et al., 2005). این فلزات ممکن است از جای دیگری منشاء گرفته باشند و در رسوبات ته نشین و ذخیره شده و از طریق خورده شدن و جذب سطحی توسط آبیان وارد زنجیره غذایی شوند (Malakootian et al., 2011). جیوه نسبت به سایر فلزات سنگین تمایل بیشتری به رسوبات سطحی دارد و با ورود به دریا عمدتاً توسط ذرات معلق و مواد آلی محلول در آب به رسوبات بستر می‌پیوندند (Goldblum et al., 2006). از این رو به منظور شناسایی استرس‌های بالقوه و مدیریت بهتر و پیشگیری از تأثیرات اکولوژی این آلاینده، ارزیابی کیفیت رسوبات و مراقبت و پایش مداوم محیط مستقیم‌ترین روش برای مشخص کردن میزان آلودگی‌های محیطی به شمار می‌رود.

هدف از این مطالعه اندازه‌گیری غلظت آلاینده جیوه در رسوبات خوریات ماهشهر و مقایسه آن با استاندارد جهانی رسوب، به منظور آگاهی از میزان آلودگی خوریات ماهشهر به این فلز است.

۲. مواد و روش‌ها

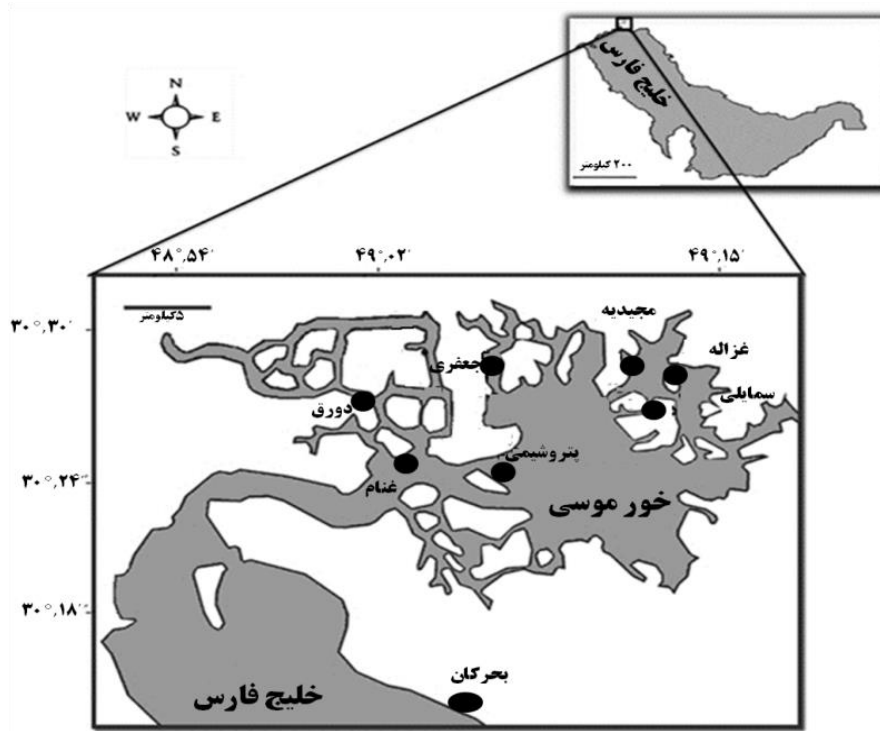
۲.۱. منطقه مورد مطالعه و روش نمونه برداری

هفت خور در منطقه خوریات ماهشهر (شامل خورهای مجیدیه، سمایلی، غنام، غزاله، پتروشیمی، جعفری، دورق) و یک ایستگاه در بحرکان هندیدجان (به عنوان ایستگاه شاهد) انتخاب شد (شکل ۱).

موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS (مدل CX ۱۲) مشخص شد که در جدول ۱ نشان داده شده است. در هر ایستگاه نمونه‌برداری از رسوبات بین جزرومدی خوریات در دی ماه ۱۳۹۴ به وسیله و با استفاده از گرب ون وین از سه نقطه انجام شد. رسوبات از بخشی که کمترین تماس را با بدنه گرب داشتند، برداشته و جهت

نگهداری شد (Gavrilovic *et al.*, 2007). یک هفته پس از نمونه برداری، رسوبات هضم شده و عملیات سنجش انجام شد.

تعیین غلظت جیوه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد و سپس درون جعبه‌های یخ گذاشته و به آزمایشگاه منتقل شد و تا زمان آنالیز در فریزر در دمای 20°C -



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی N	طول جغرافیایی E
بحرکان	۳۰° ۰۵' ۷۶۳''	۴۹° ۴۶' ۹۹۰''
دورق	۳۰° ۲۷' ۶۸۶''	۴۹° ۰۱' ۳۹۴''
غنم	۳۰° ۲۵' ۰۰۴''	۴۹° ۰۲' ۴۷۸''
پتروشیمی	۳۰° ۲۴' ۷۷۳''	۴۹° ۰۴' ۵۵۳''
غزاله	۳۰° ۲۶' ۶۰۲''	۴۹° ۰۹' ۷۱۰''
مجیدیه	۳۰° ۲۹' ۲۲۰''	۴۹° ۱۱' ۸۸۶''
جعفری	۳۰° ۲۷' ۵۸۹''	۴۹° ۰۶' ۵۲۲''
سمایلی	۳۰° ۲۸' ۲۷۹''	۴۹° ۱۱' ۵۷۶''

۲.۲. آماده سازی نمونه‌ها و سنجش جیوه

در ابتدا برای اندازه‌گیری جیوه تمامی وسایل مورد نیاز قبل از استفاده به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک ۷ درصد قرار داده شد و در نهایت با آب دوبار تقطیر شسته شدند. رسوبات را به مدت ۴۸ ساعت تا ثابت شدن وزنشان در خشک کننده انجمادی^۱ خشک کرده و سپس رسوبات خشک شده با استفاده از الک ۶۳ میکرون الک شدند (Babadi et al., 2015).

جهت سنجش جیوه، ابتدا ۱ گرم از رسوب خشک همگن شده را با ۴ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۲ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ درون لوله‌های آزمایش ریخته و پس از بستن درب لوله‌ها با فویل آلومینیومی، نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای اتاق و سپس ۳ ساعت در دمای ۹۰°C هضم گردیدند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، ۱ میلی لیتر محلول ۱۰٪ دی کرومات پتاسیم^۲ به آنها اضافه شد. سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شدند و به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شدند. همزمان با آماده‌سازی نمونه‌ها، ۳ نمونه شاهد در همان شرایط و با همان نسبت اسید و آب مقطر تهیه شد (MOOPAM, 1999). در نهایت میزان جیوه به کمک دستگاه جذب اتمی^۳ مدل UNICAM919 و با استفاده از تکنیک بخار سرد^۴ سنجیده شد.

۳.۲. تعیین فاکتور آلودگی^۵ و محاسبه میزان

آلودگی رسوبات^۶

یکی از شاخص‌های مهم تعیین آلودگی رسوبات به آلاینده‌های مختلف مثل فلزات سنگین فاکتور آلودگی است (Babadi et al., 2015). این شاخص به کمک فرمول‌های ۱ و ۲ به روش‌های مختلفی محاسبه می‌گردد.

فرمول (۱)

$$(Cfr) = \frac{\text{غلظت فلز در رسوبات مورد مطالعه}}{\text{غلظت فلز در رسوبات طبیعی و بکر}}$$

غلظت آلاینده جیوه در رسوبات بکر خلیج فارس ۵۰ نانوگرم بر گرم محاسبه شده است (Sadiq, 1992).

فرمول (۲)

$$(Cfg) = \frac{\text{غلظت فلز در رسوبات مورد مطالعه}}{\text{میانگین غلظت جهانی فلز}}$$

میانگین غلظت جهانی فلز جیوه، ۴۰۰ نانوگرم بر گرم است (Babadi et al., 2015). تفسیر نتایج و مشخص شدن میزان آلودگی به کمک جدول ۲ انجام گرفت.

۴.۲. پردازش داده‌ها

بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk انجام شد. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، برای مقایسه غلظت جیوه در رسوبات خورهای مورد مطالعه از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و برای تفکیک گروه‌های دارای اختلاف از پس آزمون توکی استفاده گردید.

۳. نتایج

غلظت جیوه اندازه‌گیری شده در رسوبات منطقه مورد مطالعه برحسب نانوگرم بر گرم در شکل ۲ ارائه شده است. براساس این نمودار بیشترین میزان جیوه مربوط به خور پتروشیمی با 490 ± 70 نانوگرم بر گرم و کمترین میزان در ایستگاه بحرکان به میزان 99 ± 30 نانوگرم بر گرم اندازه‌گیری شد. غلظت جیوه در خور دورق 123 ± 10 ، غنم 312 ± 60 ، غزاله 475 ± 110 ، مجیدیه 419 ± 50 ، جعفری 363 ± 70 و سمایلی 121 ± 50 نانوگرم بر گرم اندازه‌گیری شد.

¹ Freeze drier

² $K_2Cr_2O_7$

³ Atomic Absorption Spectrometry

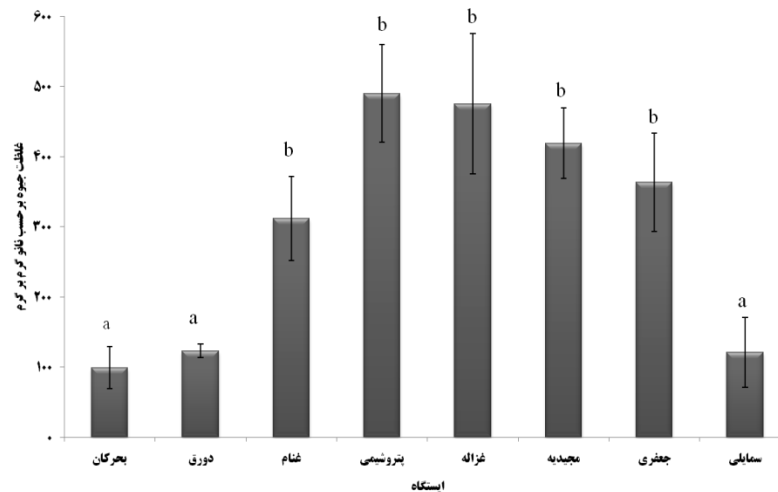
⁴ Cold Vapor technique

⁵ Contamination Factor

⁶ Regional Contamination Factor

جدول ۲. وضعیت آلودگی با توجه به مقدار فاکتور آلودگی رسوبات

Cf	Cf < ۱	۱ ≤ Cf ≤ ۳	۳ ≤ Cf < ۶	Cf ≥ ۶
وضعیت آلودگی منطقه	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی قابل توجه	آلودگی خیلی شدید



شکل ۲. میانگین غلظت گیوه (±SD) در رسوبات (حروف لاتین غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار است (p < 0.05))

دورق و سمایلی دارای آلودگی متوسط گیوه و بقیه ایستگاه‌ها (مجیدیه، غنم، غزاله، پتروشیمی و جعفری) دارای آلودگی خیلی شدید بودند.

مقدار فاکتور آلودگی منطقه‌ای برای ایستگاه‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از محاسبه این فاکتور ایستگاه‌های بحرکان،

جدول ۳. میزان فاکتور آلودگی منطقه‌ای در رسوبات مورد مطالعه و تفسیر نتایج

سمایلی	جعفری	مجیدیه	غزاله	پتروشیمی	غنم	دورق	بحرکان	فاکتور آلودگی منطقه‌ای
۲/۲۲	۷/۲۶	۸/۳۸	۹/۵	۹/۸	۶/۲۴	۲/۴۶	۱/۹۸	وضعیت آلودگی
متوسط	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	متوسط	متوسط	

بحرکان، دورق، سمایلی، غنم و جعفری و آلودگی متوسط خورهای مجیدیه، غزاله و پتروشیمی است.

نتایج مربوط به فاکتور آلودگی جهانی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج حاصله از محاسبه فاکتور آلودگی جهانی حاکی از آلودگی کم رسوبات ایستگاه‌های

جدول ۴. میزان فاکتور آلودگی جهانی در رسوبات مورد مطالعه و تفسیر نتایج

بحرکان	دورق	غنام	پتروشیمی	غزاله	مجیدیه	جعفری	سمایلی
۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۷۸	۱/۲۲	۱/۱۸	۱/۰۴	۰/۹۰	۰/۳۰
کم	کم	کم	متوسط	متوسط	متوسط	کم	کم

مقایسه تعدادی از استانداردهای جهانی رسوب با مطالعه حاضر در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان

دهنده این است که وضعیت منطقه از استاندارد ERL بیشتر و از استانداردهای ERM و PEL کمتر است.

جدول ۵. مقایسه غلظت جیوه در رسوبات مورد مطالعه با استانداردهای مختلف NOAA (Mooraki et al., 2009)

استاندارد	غلظت جیوه (نانوگرم بر گرم)
ERL	۲۰۰
ERM	۷۰۰
PEL	۷۰۰
مطالعه حاضر	۹۹-۴۹۰

۴. بحث و نتیجه گیری

آلاینده‌های محیطی از راه‌های مختلفی وارد اکوسیستم‌های ساحلی می‌شوند. این آلاینده‌ها در نهایت ته نشین شده و وارد رسوبات می‌شوند. آنالیز رسوبات جهت ارزیابی شرایط آلودگی اکوسیستم‌های دریایی از اهمیت خاصی برخوردار است (Pekey, 2006).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت جیوه در خوریات مختلف نشان داد که الگوی حضور عنصر جیوه در رسوبات به صورت زیر است:

پتروشیمی < غزاله < مجیدیه < جعفری < غنام < دورق < سمایلی < بحرکان

برطبق این مطالعه خورهای پتروشیمی، غزاله، مجیدیه، جعفری و غنام دارای مقادیر بالایی از جیوه بودند و خورهای دورق، سمایلی و بحرکان آلودگی کمتری را نشان دادند ($p < 0.05$). باتوجه به نمودار ارائه شده در شکل ۲، در این مطالعه حداکثر غلظت جیوه در

خور پتروشیمی اندازه‌گیری شد و با افزایش فاصله و دور شدن از خور پتروشیمی، به تدریج از غلظت جیوه کاسته می‌شود؛ به طوری که در ایستگاه بحرکان که در فاصله دورتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها قرار گرفته کمترین میزان جیوه سنجیده شد. به همین ترتیب، هر چه به سمت بالا دست خور پتروشیمی پیش می‌رویم، مجدداً غلظت جیوه موجود در رسوب کاهش می‌یابد ولی این کاهش بار آلودگی با آهنگ کمتری نسبت به پایین دست روی می‌دهد. Goudarzi و همکاران در سال ۲۰۰۶ با مطالعه غلظت جیوه در ایستگاه‌های مختلف، کانون آلودگی جیوه در منطقه را خور پتروشیمی اعلام کردند و با افزایش فاصله از آن میزان آلودگی کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه حاضر نیز با یافته Goudarzi و همکاران در سال ۲۰۰۶ کاملاً مطابقت دارد.

در جدول ۶ مقایسه غلظت جیوه محاسبه شده در این مطالعه با نتایج برخی از مطالعات انجام شده طی سال‌های گذشته در خوریات ماهشهر ارائه شده است.

تجاری و صنایع مختلف پتروشیمی و نفتی در منطقه، کشتی‌های نفتی و تجاری مختلفی روزانه در منطقه تردد داشته و جهت حفظ عمق کشتیرانی عملیات لایروبی به طور مداوم در خوریات ماهشهر صورت می‌گیرد. اجرای عملیات لایروبی باعث برهم زدن بستر و آزاد سازی فلزات سنگین شده و در نهایت تأثیر مهمی در نتایج حاصله خواهد داشت. ثابت نبودن مقدار جیوه خروجی توسط واحد کلر آلکالی پتروشیمی بندرامام نیز می‌تواند یکی از دلایل گستردگی نتایج در مطالعات مختلف طی سال‌های گذشته باشد.

خوریات ماهشهر از انشعابات متعددی تشکیل شده که هر یک به تنهایی به عنوان یک خور شناخته می‌شوند. در هر یک از مطالعات انجام شده اغلب تعدادی از این خورها مورد بررسی قرار گرفته است. در نتیجه شدت آلودگی هر یک از خورها با توجه به موقعیت مکانی و فاصله آنها از مرکز آلاینده جیوه، متفاوت است. در مطالعات پیشین غلظت جیوه رسوبات خوریات ماهشهر در محدوده وسیعی (۱۶۱۴۰-۹۰ نانوگرم بر گرم) متغیر بوده است. وسعت محدوده تغییرات غلظت جیوه می‌تواند ناشی از شرایط فیزیکی پویای منطقه باشد که ارزیابی‌های محیطی در این منطقه را پیچیده می‌کند. به دلیل حضور بنادر مهم

جدول ۶. مقایسه غلظت جیوه رسوبات مطالعه حاضر با سایر مطالعات در خوریات ماهشهر

منبع	غلظت جیوه نانوگرم بر گرم
مطالعه حاضر	۴۹۰-۹۹
Babadi <i>et al.</i> , 2015	۶۹۰-۳۱۰
Azimi <i>et al.</i> , 2012	۴۴۴۰-۵۰۰
Faghiri <i>et al.</i> , 2011	۹۰۱۰-۴۴۰
Assar, 2009	۱۶۱۴۰-۲۱۰
Haghighat, 2009	۱۱۵۴۰-۱۱۶۰
Mooraki <i>et al.</i> , 2009	۳۰۰۰-۱۳۰
Dehghan Madiseh <i>et al.</i> , 2009	۷۸۰-۹۰
Goudarzi <i>et al.</i> , 2006	۱۰۰۳۰-۱۵۰

آب است، با تخلیه شدن در محیط، جیوه (دارای بار مثبت) با رس بستر (که دارای بار منفی است) تشکیل کمپلکس پایدار داده و در نهایت در سطح بستر ته‌نشین می‌گردد (Goudarzi *et al.*, 2006؛ Manohar *et al.*, 2006). در این مطالعه نیز خور پتروشیمی حداکثر غلظت جیوه را نشان داد که به نظر می‌رسد گمان محققین قبلی در مورد منبع آلودگی درست و مورد تأیید باشد.

یافته‌های این تحقیق نشان داد که علاوه بر خور پتروشیمی، خورهای غزاله و مجیدیه نیز از جمله خورهای آلوده به جیوه قرار می‌گیرند. از آنجایی که

در مطالعه حاضر میانگین غلظت جیوه در خور پتروشیمی ۴۹۰ نانوگرم بر گرم اندازه‌گیری شد. Goudarzi و همکاران در سال ۲۰۰۶ و Babadi و همکاران در سال ۲۰۱۵ غلظت جیوه در خور پتروشیمی را به ترتیب ۱۰۰۳۰ و ۶۹۰ نانوگرم بر گرم گزارش کردند و خور پتروشیمی را آلوده‌ترین خور معرفی کردند. این محققین بالا بودن مقادیر جیوه را به علت مجاورت این خور با واحد کلر آلکالی عنوان کردند. واحدهای صنعتی کلر آلکالی جیوه معدنی را به عنوان پساب وارد سیستم‌های آبی می‌کنند. از آنجایی که جیوه معدنی دارای حلالیت کمی در

مسیر خروجی خوریات ماهشهر به سمت دهانه خلیج فارس واقع شده و میزان گردش و تبادلات آب در این منطقه زیاد بوده و به نسبت ایستگاههای قبلی کمتر تحت تأثیر آلایندهها قرار می‌گیرد. خور دروق در پایین دست خور پتروشیمی و سمایی در بالا دست خور پتروشیمی مقادیر کمتری از جیوه را نشان دادند که می‌تواند ناشی از دور بودن و افزایش فاصله از صنایع پتروشیمی و کم بودن تردد و کشتیرانی در این مناطق باشد.

بحرکان نیز به عنوان ایستگاه شاهد در فاصله بسیار دورتری نسبت به خوریات ماهشهر انتخاب شد. همانطور که انتظار می‌رفت به دلیل عدم حضور صنایع پتروشیمی، اسکله‌های نفتی و بنادر تجاری مقادیر بسیار کمتری از آلودگی جیوه را به میزان ۹۹ نانوگرم بر گرم نشان داد. در مطالعه که توسط Sabzalizadeh و Dehghan Madiseh در سال ۲۰۱۰ در منطقه لیف-بوسیف انجام شد، میزان جیوه در رسوبات در محدوده ۳۵۰-۱۱۰ نانوگرم بر گرم گزارش شد. نتیجه یافته حاضر به میزان حداقل مطالعه Sabzalizadeh و Dehghan Madiseh نزدیک است.

بر طبق جدول ۳، محاسبه فاکتور آلودگی منطقه‌ای آلودگی خیلی شدید را برای اکثر ایستگاه‌ها نشان داد، در حالیکه در مقیاس جهانی برطبق جدول ۵، آلودگی رسوبات در خور پتروشیمی، مجیدیه و غزاله متوسط و در بقیه ایستگاه‌ها در حد کم محاسبه گردید. بسیاری از موجودات آبی جهت تغذیه، تولید مثل و بطور کلی برای زندگی و زنده ماندن به بستر و رسوبات وابسته هستند. رسوبات نیز به عنوان مقصد نهایی بسیاری از آلاینده‌ها عمل می‌کنند. به همین جهت استانداردهایی جهت تعیین وضعیت رسوبات و پیش‌بینی بروز اثرات سوء زیستی در آبیان مرتبط با رسوبات تدوین شده. مقایسه میانگین غلظت جیوه در رسوبات ایستگاه‌های مختلف (۳۰۰ نانوگرم بر گرم) با استانداردهای کیفیت رسوب در جهان در جدول ۵ نشان می‌دهد که از استانداردهای ERM (حدی که کمتر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطرند) و PEL (میزان احتمال اثر) کمتر است، در حالی

خورهای غزاله و مجیدیه در ناحیه انتهایی خوریات ماهشهر واقع شده‌اند، در صورت بروز آلودگی در آنها آلاینده‌ها مدت زمان بیشتری در این خوریات نسبت به دیگر مناطق باقی می‌مانند. همچنین جریانات جزرومدی در این منطقه آب و مواد آلاینده را به سمت خورهای انتهایی منتقل می‌کنند. به نظر می‌رسد تمامی این دلایل منجر به افزایش میزان بار آلودگی جیوه در خور غزاله شود. Assar در سال ۲۰۰۹، Dehghan Madiseh و همکاران در سال ۲۰۰۹، Babadi و همکاران در سال ۲۰۱۵ به ترتیب مقدار جیوه را در رسوبات غزاله ۶۰۰، ۲۱۰ و ۳۵۰ نانوگرم بر گرم گزارش کردند؛ که یافته‌های حاصل از این مطالعه به نتایج Babadi و همکاران نزدیکتر است.

Stathopoulou و همکاران در سال ۲۰۰۱، نشان دادند که یکی از منابع آلودگی جیوه در رسوبات آلودگی‌های نفتی و احتراق سوخته‌های فسیلی است و بالاترین میزان جیوه در رسوبات را نزدیک صنایع نفتی و محل ساخت و تعمیر کشتی‌ها اندازه‌گیری کردند. از آنجایی که در خور مجیدیه اسکله‌های صادرات نفت واقع شده و نفتکشها و کشتی‌های مختلفی در آنجا حضور دارند، وجود آلودگی و مشاهده مقادیر بالای جیوه امری مورد انتظار است. در مطالعه Babadi و همکاران در سال ۲۰۱۵ نیز خور مجیدیه با مقدار میانگین جیوه ۴۱۰ نانوگرم بر گرم یکی از خورهای آلوده به جیوه گزارش شد.

غلظت جیوه در خور جعفری ۳۶۳ نانوگرم بر گرم اندازه‌گیری شد. در مطالعه انجام شده توسط Babadi و همکاران در سال ۲۰۱۵ غلظت جیوه در خور جعفری ۳۵۰ نانوگرم بر گرم به دست آمد. نتایج حاصل از مطالعه حاضر به یافته‌های Babadi و همکاران بسیار نزدیک است.

در مورد خور غنم آلودگی جیوه ۳۱۲ نانوگرم بر گرم بدست آمد؛ از آنجایی که خور غنم در پایین دست و در فاصله دورتری نسبت به صنایع پتروشیمی قرار گرفته، در

خوریات آلودگی بیشتری داشتند. در مجموع مقایسه نتایج حاصل با مطالعات گذشته نشان می‌دهد که مقدار جیوه نسبت به ده سال گذشته کاهش یافته و این احتمالاً ناشی از مدیریت مناسب خروجی پساب‌ها به دریا و کنترل آلاینده‌ها در سال‌های اخیر است ولی همچنان همین مقدار نیز برطبق فاکتور آلودگی منطقه‌ای، نشان‌دهنده وجود آلودگی خیلی شدید در بیشتر خوریات ماهشهر است ولی در مقیاس جهانی هنوز رسوبات به مرز آلودگی شدید نرسیده‌اند.

در نهایت پیشنهاد می‌گردد جهت حفظ زیست‌بوم با ارزش خوریات ماهشهر و تأمین سلامت عمومی، پایش مداوم این منطقه و ممانعت از ورود این آلاینده به اکوسیستم خوریات ماهشهر در دستور کار قرار گیرند.

که مقادیر جیوه سنجیده شده از استاندارد ERL (حدی که کمتر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطرند) بیشتر است. در واقع با این میزان غلظت جیوه در منطقه کمتر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطر هستند. یافته‌های مقایسه با استانداردهای جهانی نیز با یافته‌های Babadi و همکاران در سال ۲۰۱۵ مشابه است.

به طور کلی رسوبات خوریات ماهشهر آلوده به فلز جیوه هستند و در مقایسه با استانداردهای منطقه‌ای و جهانی وضعیت چندان مناسبی ندارند. با نزدیک شدن به خور پتروشیمی میزان آلودگی جیوه افزایش و با دور شدن از آن، به تدریج کاهش می‌یابد. لذا به نظر می‌رسد این مرکز صنعتی در آلودگی ایجاد شده در منطقه دخیل باشد. خوریات پتروشیمی، مجیدیه، غزاله نسبت به سایر

References

- Assar, M., 2009. Examine bioaccumulation of mercury and methylmercury in fish *Johnius belangerii* in the creeks of Mahshahr. M.SC. thesis, Marine Biology Group, Faculty of Oceanography and Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology. 97p. (in Persian).
- Azimi, A., Dadolahi-Sohrab, A., Safahieh, A., Zolgharnein, H., Savari, A., Faghiri, I., 2012. The study levels of heavy metals mercury, cadmium, lead and copper in the sediments of the North West Persian Gulf, Bandar Imam Khomeini. *Journal of Oceanography* 11, 31-44. (in Persian).
- Babadi, S., Safahieh, A., Nabavi, M.B., Ghanemi, K., Ronagh, M.T., 2015. The evaluation of the accumulation of mercury in surface sediments Khore Musa (Khuzestan, Persian Gulf). *Journal of Oceanography* 21, 19-26. (in Persian).
- Casas, J.M., Rosas, H., Sole, M., Lao, C., 2003. Heavy metals and metalloids in sediments from the Llobregat basin, Spain. *Environmental Geology* 44, 325-332.
- Dehghan Madiseh, S., Savari, A., Parham, H., Sabzalizadeh, S., 2009. Determination of the level of contamination in Khuzestan coastal waters (Northern Persian Gulf) by using an ecological risk index. *Environmental Monitoring and Assessment* 159, 521-530.
- Faghiri, I., Mirza, R., Aboali, S., Jaafari, S., 2011. Investigated Musa estuary sediment quality of the poisonous metal mercury pollution. 13th National Symposium of Marine Industries, Kish, Iran. pp1-8. (in Persian).
- Froghi, R., Esmaili-Sari, A., Ghasempouri, S.M., 2007. Comparison of Length and Weight Correlated with the Density of Mercury in Various Organs of Kutum: A Case Study on Central Coast of South Caspian Sea. *Iranian Fisheries Scientific Journal* 4, 97-102.
- Gavrilovic, A., Srebocan, F., Gotal, P., Peterniec, Z., Prevendar, A., Matasin, Z., 2007. Spatiotemporal variation of some metal concentrations in oysters from the Mali Ston Bay, south-eastern Adriatic, Croatia – potential safety hazard aspect. *Veterinarni Medicina* 52, 457-463.
- Goldblum, D.K., Rak, A., Ponnappalli, M.D., Clayton, C.J., 2006. The Fort Totten Mercury Pollution Risk Assessment: A Case History. *Journal of Hazardous Materials* 136, 406-417.

- Gudarzi, M., Esmaeili-Sari, A., Sadatipour, M., Pouri, Gh., 2006. Measuring mercury levels in sediment due to Chloralkali industry Bandar Imam. ۷th International Congress on Civil Engineering, Tehran, Iran. pp.98-106. (in Persian).
- Haghighat, M., 2009. Investigated bioaccumulation of mercury in fish shoes (*Euryglossa orientalis*) in Musa creeks. M.Sc. thesis, Marine Biology Group, Faculty of Oceanography and Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology. 90p. (in Persian).
- Houserova, P., Kuban, V., Kracmar, S., Sitko, J., 2007. Total mercury and mercury species in birds and fish in an aquatic ecosystem in the Czech Republic. *Environmental Pollution* 145, 185-194.
- Manohar, D.M., Krishnan, K.A., Anirudhan, T.S., 2002. Removal of mercury(II) from aqueous solutions and chloralkali industry wastewater using 2- mercaptobenzimidazole-clay. *Water Research* 36, 1609-1619.
- Malakootian, M., Yaghmaeian, K., Meserghani, M., Mahvi, A.H., Danesh Pajouh, M., 2011. Determination of Pb, Cd, Cr and Ni concentration in imported Indian rice to Iran. *Iranian Journal of Health and Environment* 13, 77-84.
- Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods (MOOPAM), 1999. ROPME (Regional Organization for the Protection of the Marine Environment) Kuwait. 321pp.
- Pekey, H., 2006. The distribution and sources of heavy metals in Izmit Bay surface sediments affected by a polluted stream. *Marine Pollution Bulletin* 52, 1197-1208.
- Razaghi, M., Shokri, M., Savari, A., Pazoki, G., 2012. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of the Gulf of Nayband and Assaluyeh (north Persian Gulf). *Journal aquatic ecology* 7, 75-86. (in Persian).
- Roa, A.P., Joshi, k.k., Tyagi, S., Sood, P.P., 2010. Biochemical alteration in fish tissues during mercury intoxication and revitalization during monothioles and vitamins therapy. *Journal of Cell and Tissue Research* 10, 2311-2318.
- Sabzalizadeh, S., Dehghan Madiseh, S., 2010. Determination of heavy metal pollution in sediments Lyfh- Bvsyf (North West coast of the Persian Gulf) based on the accumulation of land. *Journal of Fisheries of Iran* 3, 51-60. (in Persian).
- Sadiq, M., 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker,. 389 p.
- Singh, K. P., Mohan, D., Singh, V.K., Malik, A., 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metal in Gomti river sediments—a tributary of the Ganges. *Journal of Hydrology* 312, 14-27.
- Stathopoulou, E., Dassenakis, M., Scoullou, M., 2001. Levels of mercury concentration in sediments of Saronikos Gulf. 7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis. Greece, pp. 854-860 .
- Storelli, M.M., Giacomini-Stuffler, R., Marcotrigiano, G.O., 2002. Total and methylmercury residues in cartilaginous fish from Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 44, 1354-1358.
- Zalups, R.K., 2000. Molecular interactions with mercury in the kidney. *Pharmacology Review* 52, 113-143.