



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluation of heavy metals pollution in sediments, water and macrobenthos of Hur Al-Azim wetland (Khuzestan)

Lena Albaji ¹, Sima Sabzalipour ^{*1}, Abolfazl Askary Sary ², Khoshnaz Payandeh ³, Maryam Mohammadi Rozbahani ¹

1 .Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2 .Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3 .Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2021/09/29

Revised: 2023/03/5

Accepted: 2022/05/18

Keywords:

Macrobenthos

Biological storage

Petroleum products

BMWP index

Pollution index

ASPT index

*Corresponding author:

✉ Shadi582@yahoo.com

0000-0002-5583-0031

[doi:10.52547/joc.13.52.3](https://doi.org/10.52547/joc.13.52.3)

[doi:10.1001.1.15621057.1401.13.52.3.8](https://doi.org/10.1001.1.15621057.1401.13.52.3.8)

ABSTRACT

Background and Objectives: Chemical storage of water cannot provide complete information about the extent of bioavailability of metals in the environment, while the study of this storage in the chain of water, sediment and macrobenthos can make the rate of rotation and storage risk more visible in ecosystems. Hur Al-Azim wetland is located in the west of Khuzestan Province. Large parts of it have dried up due to the development of Azadegan oil field and the spread of heavy metal pollution in its environment, which can provide serious risks to this ecosystem and the people around it. Therefore, the present study aimed to evaluate the concentrations of heavy metals cadmium, nickel, lead and vanadium in water, sediments and macrobenthos of Hur Al-Azim wetland, as a region with high oil activity.

Methods: This study was conducted in winter 2017 to investigate the concentrations of heavy metals cadmium, nickel, lead and vanadium in 8 stations in Hur Al-Azim wetland. The statistical population for measuring heavy metals with three replications included 24 water samples, 24 sediment samples and 24 macrobenthos samples. Among them, the species in macrobenthos samples were identified after washing in a 0.5-micron sieve. After digestion of the samples, the concentration of the elements was measured by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) model Vista Pro Axial. Comparison of heavy metal data from water and sediment samples was performed using SPSS23 software. Shapiro-Wilk test was also used to investigate the normal distribution of results. One-way analysis of variance was used for general comparisons and Tukey test was used for multiple comparisons and differences were significant at 95% level.

Findings: The concentration of heavy metals in sediments was higher than that of water and macrobenthos, While the concentration of these metals in macrobenthos was higher compared to water ($P < 0.05$). Heavy metals had the lowest concentration in station 1 (Chazabeh) as a station without oil activity and the highest level in station 4 (between pad 3 to pad 12) as a station with high oil activity ($P < 0.05$). Pad 3 to Pad 12, along with Pad 9 to Pad 12, had the highest enrichment index for all metals. The lowest index of nickel, vanadium and cadmium enrichment index was measured in Chazabeh station and the lowest level of lead enrichment index was measured in Shatt Ali station. Regarding the index of heavy metal pollution factor, the distance station of Pad 3 to Pad 12 with values of 4, 1.16, 0.86 and 3.41 for cadmium, nickel, lead and vanadium had the highest value of this index. Also, Chazabeh station with values of 3.25, 0.18 and 0.54 for cadmium, nickel and vanadium metals and Shatt Ali station with values of 0.58 for lead metal showed the lowest value of this index. The distance between Pad 3 and Pad 12 with a value of 1.92 also had the highest PLI index. In the studied stations in Hur Al-Azim wetland, 10 macrobenthos families (Valvatidae, Vnionidae, Thiaridae, Hydrobiidae, Physidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Gomphidae and Tipulidae) and 11 genera were identified. Among them, Chadabeh station with 43.8 showed the highest bio-index of BMWP and with 4.86 the highest bio-index of ASPT.

Conclusion: Finally, it was found that due to the continuation of oil extraction activities and discharge of toxic pollutants into Hur Al-Azim wetland, there is great potential for rapid and cumulative increase in the concentration of metals, especially vanadium and cadmium and their crossing the critical limit. Indicators for measuring the severity of sediment pollution showed the station between Pad 3 and Pad 12 as the most polluted station in Hur al-Azim wetland compared to Chazabeh station. The correlation between the concentration of heavy metals in sediment and macrobenthos, in addition to emphasizing the uptake and transport of metals along the food chain, showed that macrobenthos can be used as the best biological indicators.



NUMBER OF TABLES

14



NUMBER OF FIGURES

1



NUMBER OF REFERENCES

85

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات، آب و ماکروبن‌توزهای تالاب هورالعظیم (خوزستان)

لنا الباجی^۱، سیما سبز علیپور^{۲*}، ابوالفضل عسکری ساری^۲، خوشناز پاینده^۳، مریم محمدی روزبهانی^۱

۱. گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳. گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۷

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۱/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۸

چکیده

پیشینه و اهداف: شیمیایی آب نمی‌تواند اطلاعات کاملی از میزان دسترس‌پذیری زیستی به فلزات در محیط زیست را بدهد، در حالی که بررسی این ذخیره در زنجیره آب، رسوب و ماکروبن‌توز می‌تواند میزان چرخش و خطر ذخیره را در بوم‌سازگان نمایان‌تر کند. تالاب هورالعظیم در غرب استان خوزستان قرار گرفته است که بخش‌های وسیعی از آن به دلیل توسعه میدان نفتی آزادگان خشک شده و گسترش آلودگی فلزات سنگین در محیط آن، می‌تواند زمینه بروز خطرات جدی را برای این زیست‌بوم و انسان‌های پیرامون آن فراهم کند. از این رو مطالعه حاضر با هدف ارزیابی غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم در آب، رسوبات و ماکروبن‌توزهای تالاب هورالعظیم، به عنوان منطقه‌ای با فعالیت‌های نفتی بالا انجام شده است.

روش‌ها: این مطالعه در زمستان ۱۳۹۶ به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم در ۸ ایستگاه در تالاب هورالعظیم انجام شد. جامعه آماری برای سنجش فلزات سنگین با سه تکرار شامل ۲۴ نمونه آب، ۲۴ نمونه رسوب و ۲۴ نمونه ماکروبن‌توز بود. در این میان، گونه‌های موجود در نمونه‌های ماکروبن‌توزی پس از شستشو در الک ۰/۵ میکرون، شناسایی شدند. پس از هضم نمونه‌ها، غلظت عناصر توسط دستگاه طیف‌سنج نشری پلاسما جفت شده القایی (ICP-OES) مدل Vista Pro Axial اندازه‌گیری شد. مقایسه داده‌های فلزات سنگین نمونه‌های آب و رسوب با استفاده از نرم‌افزار SPSS23 صورت پذیرفت. همچنین به منظور بررسی پراکنش نرمال نتایج از آزمون Shapiro-wilk استفاده شد. از روش آماری تحلیل واریانس یک طرفه نیز برای مقایسات کلی و از آزمون توکی جهت مقایسات چندگانه و معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح ۹۵ درصد استفاده شد.

یافته‌ها: غلظت فلزات سنگین در رسوبات بالاتر از آب و ماکروبن‌توزها بود. در حالی که غلظت این فلزات در ماکروبن‌توزها در مقایسه با آب نیز بالاتر بود ($P < 0.05$). فلزات سنگین در ایستگاه ۱ (چذابه) به عنوان ایستگاه فاقد فعالیت نفتی، کمترین غلظت و در ایستگاه ۴ (حد فاصل ۳ تا ۳ پد) به عنوان ایستگاه با فعالیت نفتی زیاد، بالاترین سطح را داشتند ($P < 0.05$). ایستگاه حدفاصل ۳ تا ۳ پد ۱۲ به همراه ایستگاه حد فاصل ۳ تا ۳ پد ۹ برای تمامی فلزات بالاترین شاخص غنی‌شدگی را داشتند. کمترین میزان شاخص غنی‌شدگی نیکل، وانادیوم و کادمیوم در ایستگاه چذابه و کمترین میزان شاخص غنی‌شدگی سرب در ایستگاه شط علی اندازه‌گیری شد. در خصوص شاخص فاکتور آلودگی فلزات سنگین، ایستگاه حدفاصل ۳ تا ۳ پد ۱۲ با مقادیر ۰/۴، ۱/۱۶، ۰/۸۶ و ۳/۴۱ برای عناصر کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم بالاترین میزان این شاخص را داشتند. همچنین ایستگاه چذابه با مقادیر ۳/۲۵، ۰/۱۸، ۰/۵۴ و ۰/۵۴ برای فلزات کادمیوم، نیکل و وانادیوم و ایستگاه شط علی با مقدار ۰/۵۸ برای فلز سرب کمترین میزان این شاخص را از خود نشان دادند. ایستگاه حد فاصل ۳ تا ۳ پد ۱۲ با مقدار ۱/۹۲ نیز بالاترین میزان شاخص PLI را داشت. در ایستگاه‌های مورد بررسی در تالاب هورالعظیم ۱۰ خانواده ماکروبن‌توز

(Valvatidae، unionidae، Thiaridae، Hydrobiidae، Physidae، Chironomidae، Ceratopogonidae، Sinmuliidae، Gomphidae و Tipulidae)

و ۱۱ جنس شناسایی شد. در این میان، ایستگاه چذابه با مقدار ۴۳/۸ بالاترین میزان شاخص زیستی BMWP و با مقدار ۴/۸۶ بالاترین میزان شاخص زیستی ASPT را از خود نشان داد.

نتیجه‌گیری: در نهایت نیز مشخص گردید که با توجه به تداوم فعالیت‌های استخراج نفت و تخلیه آلاینده‌های سمی به تالاب هورالعظیم، پتانسیل زیادی جهت افزایش سریع و تجمعی غلظت فلزات به ویژه وانادیوم و کادمیوم و عبور آنها از حد بحرانی وجود دارد. همچنین شاخص‌های سنجش شدت آلودگی رسوبات، ایستگاه حد فاصل ۳ تا ۳ پد ۱۲ را به عنوان آلوده‌ترین ایستگاه در تالاب هورالعظیم در مقایسه با ایستگاه چذابه نشان دادند. وجود همبستگی بین میزان غلظت فلزات سنگین در رسوب و ماکروبن‌توز علاوه بر اینکه تأکید‌کننده جذب و انتقال فلزات در طول زنجیره غذایی است، نشان داد که می‌توان از ماکروبن‌توزها به عنوان بهترین شاخص‌های زیستی استفاده نمود.

*نویسنده مسئول

Shadi582@yahoo.com

0000-0002-5583-0031

doi:10.52547/joc.13.52.3

dor:20.1001.1.15621057.1401.13.

52.3.8

مقدمه

رودخانه Djendjen در الجزایر، کاهش کیفیت آب و رسوب را در نتیجه افزایش سطح فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، روی و مس گزارش نمودند. Noroozi و همکاران (۲۰۲۱) [۳۷] در بررسی وضعیت آلودگی فلزات سنگین در رسوبات تالاب صالحیه کرج نتیجه گیری نمودند که افزایش غلظت عناصر به ویژه کادمیوم در صورت عدم نظارت و کنترل بر تخلیه پساب به درون تالاب می تواند منجر به تهدیدی برای کفزیان و نهایتاً سلامت آبزیان و بوم سازگان منطقه باشد. Ahiamadu و همکاران (۲۰۲۱) [۲] در مطالعه ای که در کشور نیجریه صورت پذیرفت، نیکل را به عنوان فلزی که بیشترین نقش را در آلودگی ناشی از نشت نفت در رودخانه ها دارد، معرفی نمودند. با توجه به اینکه احداث چاه و حفاری و استخراج نفت از مهمترین عوامل ایجاد کننده آلودگی در تالاب هورالعظیم به شمار می آیند و از آن جا که عناصر نیکل و وانادیوم از خطرناک ترین فلزات سنگین موجود در مخازن فرآورده های نفتی و پساب مخازن در دو فاز آلی و آبی می باشند، لذا ضروری است که تحقیق دامنه دار در زمینه بررسی و برنامه ریزی جهت کنترل این فلزات در تالاب هورالعظیم صورت پذیرد. از سوی دیگر، استقرار میزان وسیعی از زمین های کشاورزی در اطراف تالاب هورالعظیم و وجود شبکه های آبیاری و زهکشی در بالادست حوضه آن، شرایطی را فراهم نموده است که در صورت عدم رعایت ضوابط و کنترل نفوذ فلزات سنگین ناشی از فعالیت های کشاورزی به درون آب، اثرات مخرب متعددی بر این منبع پذیرنده تحمیل خواهد شد [۳۳]. از این رو در مطالعه حاضر، میزان تجمع عناصر سنگین نیکل و وانادیوم (عناصر شاخص آلودگی نفتی) و عناصر سرب و کادمیوم (عناصر شاخص آلودگی کشاورزی) در آب، رسوبات و بافت درشت بی مهرگان کفزی به عنوان اصلی ترین ارکان در معرض آلودگی در تالاب هورالعظیم بررسی گردیده و تبادل این عناصر بین آب، رسوب و کفزیان مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین بر اساس شاخص های سنجش آلودگی آب و رسوب و شاخص های زیستی، تأثیر فعالیت های انسانی بر میزان آلودگی تالاب مشخص گردیده است.

روش پژوهش

۱. مشخصات منطقه و موقعیت نقاط مطالعاتی

تالاب هورالعظیم بزرگترین تالاب مرزی ایران است که در غرب استان خوزستان در انتهای حوضه آبریز رود کرخه و در منطقه مرزی دشت آزادگان بین دو کشور ایران و عراق واقع گشته است. این تالاب دارای طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۴۱ درجه عرض شمالی می باشد. حدود یک سوم از مساحت تالاب در خاک ایران و دو سوم دیگر در خاک عراق قرار گرفته است که مساحت آن در خاک ایران حدود ۱۰۰۰ کیلومتر مربع می باشد. ذخایر آب تالاب هورالعظیم از رود کرخه، دویرج و بخشی از آب های اضافه ارون رود در ایران تأمین می گردد. تمامی مساحت تالاب در ایران به پنج مخزن تقسیم شده است که در حال حاضر آبیگری مخازن شماره یک،

تالاب ها از اکوسیستم های حساس کره زمین محسوب می گردند و به عنوان غنی ترین اکوسیستم ها دارای بیشترین تنوع زیستی می باشند. این منابع دارای فواید و ارزش های بی شماری بوده که کارکردها و تولیدات آن ها به طور مستقیم و غیر مستقیم بر جوامع حاشیه ای و دور از خود اثر می گذارد [۵۶]. به طور کلی با گسترش شهرنشینی، پیشرفت تکنولوژی و صنعت، آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین به یک مشکل جدی تبدیل گشته است. فلزات سنگین از آلاینده های پایدار و بادوام محیط زیست به شمار می آیند که از طریق فرآیندهای شیمیایی و زیستی تجزیه نمی گردند. این عناصر عمدتاً از طریق فعالیت های مختلف نظیر عملیات کشاورزی، فعالیت های صنعتی و نفتی، تخلیه فاضلابها و پساب های شهری وارد رودخانه ها و تالاب ها شده و موجب آسیب به محیط های آبی گشته و از طریق ورود به زنجیره غذایی در بافت های بدن موجودات زنده تجمع می یابند [۲۸]. از طرفی رسوبات تالابی از قدرت و توانایی بالایی در دریافت انواع مختلف آلاینده ها برخوردار می باشند و به خوبی می توانند منابع آلاینده از جمله فلزات سنگین را جذب نمایند، از این رو به عنوان معیاری مهم جهت تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین در تالاب ها مطرح می گردند [۵۵]. ماکروبنوتوزها نیز به عنوان شاخص زیستی در اکوسیستم های آبی مورد بررسی قرار می گیرند و می توانند فعل و انفعالات ایجاد شده توسط بارهای وارداتی، انواع پساب ها و فاضلاب های حاوی فلزات سنگین را سریعاً منعکس نمایند [۴۴]. امروزه در برخی از منابع آب های سطحی، عملیات اکتشاف و بهره برداری نفت صورت می گیرد که می تواند نقش مهمی را در ورود فلزات سنگین با منشأ نفتی به درون آب داشته باشد [۵۲]. افزایش غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات موجود در محیط های تالابی و رودخانه ای، افزایش حجم این مواد را در بافت کفزیان و بدن موجودات آبی در پی خواهد داشت [۱۰]. این روند در صورت تداوم، سبب بروز تغییرات زیستی در آبزیان شده و از طریق زنجیره غذایی به تشدید عوامل بیماری زا در انسان منجر می گردد [۴۵]. با توجه به اینکه آلودگی در تالاب ها به دلیل فعالیت های انسانی به شدت افزایش پیدا کرده است، به تبع میزان تأثیرات مخرب بالایی بر این اکوسیستم ها تحمیل می گردد که در این میان، اثر آلاینده ها به ویژه فلزات سنگین و همچنین آلودگی های نفتی در اکوسیستم تالاب هورالعظیم در استان خوزستان نیز مشهود می باشد. تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه ارزیابی آلودگی ناشی از فعالیت های نفتی و آلودگی به فلزات سنگین در آب، رسوبات و ماکروبنوتوزهای موجود در محیط های آبی صورت پذیرفته که در ادامه به برخی از آن ها اشاره گردیده است.

Nejatkhah Manavi (۲۰۱۳) [۳۶] در بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات، آب و ماکروبنوتوزها در سواحل هرمزگان ایران، ماکروبنوتوزها را به عنوان بهترین شاخص جهت ارزیابی ذخیره فلزات سنگین معرفی نمود. Krika و Krika (۲۰۱۸) [۲۹] در ارزیابی فلزات سنگین در آب و رسوبات

جدول ۱: مختصات ایستگاه‌ها و عمده فعالیت‌های انسانی در امتداد تالاب هورالعظیم

وضعیت آلودگی	شماره	ایستگاه‌ها	مختصات جغرافیایی	فعالیت‌های عمده انسانی در منطقه
غیر آلوده	1	چذابه	E 38773484	فعالیت نفتی ندارد
			N 3516390	
	2	پل اتصال مخزن یک و دو	E 38765713	دارای ۲ حلقه چاه نفت می باشد
			N 3501729	
	3	آزادگان شمالی (پد ۱۶)	E 38763844	فعالیت نفتی گسترده دارد
			N 3889478	
	4	حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲	N 38764520	فعالیت نفتی گسترده دارد
			E 3484983	
5	حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲	N 38764664	فعالیت نفتی گسترده دارد	
		E 3481566		
6	شط علی	N 38757417	دارای ۲ تا ۳ حلقه چاه نفت می باشد	
		E 3472529		
7	زهکش اقبال	N 38765445	دارای ۳ حلقه چاه نفت می باشد	
		E 3462285		
8	زهکش سلمان	N 38765666	دارای ۴ حلقه چاه نفت می باشد	
		E 3438063		

دو و سه تالاب از آب شیرین رودخانه کرخه و آب مخازن شماره چهار و پنج از زه آب های کشاورزی اراضی بالادست تأمین می گردد [۲۷]. با توجه به اینکه تالاب هورالعظیم بر روی منابع و سفره های نفتی قرار گرفته است، فعالیت های مربوط به اکتشاف و استخراج نفت بالاترین نقش را در نابودی اکوسیستم این تالاب ایفا می نمایند. بنابراین در مطالعه حاضر انتخاب ایستگاه های نمونه برداری آب، رسوب و کفزیان با توجه به پیمایش طول تالاب به منظور بررسی تغییرات وضعیت تالاب از نظر سرعت آب، دبی و توپوگرافی و با الگوگیری از مراجع استاندارد دستورالعمل پایش کیفیت منابع آب های سطحی و در نظر گرفتن محل استقرار سکوها نفتی انجام گردید و در مجموع تعداد ۸ ایستگاه در طول مسیر تالاب جهت برداشتن نمونه های آب، رسوب و کفزیان به منظور سنجش غلظت فلزات سنگین سرب، نیکل، کادمیوم و وانادیوم در نظر گرفته شد. موقعیت جغرافیایی و عمده فعالیت انسانی (منابع آلاینده احتمالی) ایستگاه های مورد مطالعه در زمان نمونه برداری در جدول ۱ ارائه گردیده است. نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه ها در تالاب هورالعظیم نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. ایستگاه های تعیین شده در مطالعه حاضر، مخازن ۵ گانه تالاب هورالعظیم را در بر می گیرند که از میان آن ها ۳ ایستگاه به طور کامل دارای فعالیت های نفتی گسترده می باشند.

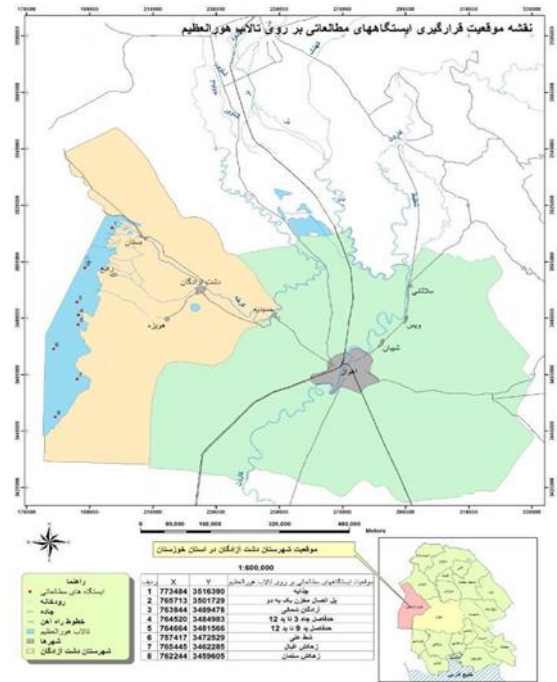
لیتر (ppm) قرائت گردید [۵]. لازم به ذکر است که در این پژوهش از دستگاه طیف سنج نشری پلاسمای جفت شده القایی ساخت کمپانی Varian کشور استرالیا برای سنجش غلظت فلزات سنگین در نمونه های آب، رسوب و ماکروبیونتوز بر حسب ppm استفاده گردید که در این راستا، حداقل حد تشخیص دستگاه ppm ۰/۰۵ بوده است.

۴. برداشت و آنالیز نمونه های رسوب

نمونه برداری از رسوبات سطحی توسط گرب ون وین با سطح مقطع ۰/۲۵ متر مربع صورت پذیرفت. پس از نمونه برداری، نمونه های رسوب در ظروف آلومینیومی در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند و تا زمان هضم بصورت منجمد در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگه داری شدند. جهت انجام فرایند هضم بر روی رسوبات، ابتدا نمونه ها به صورت کاملاً خشک در آمدند. سپس رسوبات از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند و نمونه های کمتر از ۶۳ میکرون در هاون عقیق جهت هضم پودر گردیدند. در روش هضم کامل، ابتدا یک گرم رسوب خشک و در بشر تفلونی ریخته شد و ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۱۰ میلی لیتر اسید پرکلریک غلیظ به آن اضافه گردید و به مدت یک ساعت با درپوش تفلونی تحت دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس با برداشتن درپوش، نمونه تا رسیدن به حجم ۲-۳ میلی لیتر حرارت داده شد. پس از آن، ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروفلوریک و ۵ میلی لیتر اسید پر کلریک به نمونه اضافه گردید و دوباره تحت دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد تا زمان از بین رفتن مواد جامد قرار گرفت. سپس درپوش تفلونی برداشته شد تا نمونه در اثر حرارت به حجم ۲-۳ میلی لیتر برسد. پس از خنک شدن نمونه، ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱:۱ به آن اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه تحت دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. پس از خنک شدن نمونه، محلول در بالن ۵۰ میلی لیتر به حجم ۲-۳ میلی لیتر رسانده شد و قرائت میزان غلظت عناصر توسط دستگاه ICP-OES بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک (ppm) انجام گردید [۳۴].

۵. برداشت و آنالیز نمونه های زیستی

به منظور برداشت ماکروبیونتوزها، نمونه برداری از موجودات کفزی با استفاده از دستگاه نمونه بردار گرب ون وین با سطح مقطع ۰/۲۵ متر مربع صورت پذیرفت. سپس نمونه ها در سطل های پلی اتیلنی در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند. مواد بنتیک جمع آوری شده در یک الک ۰/۵ میلی متر با آب دریا شستشو شده و باقی مانده در هر الک به قوطی های پلاستیکی 250cc منتقل و با فرمالین ۴ درصد تثبیت گردیده و تا زمان هضم به صورت منجمد نگه داری شدند. برای آنالیز نمونه ها حدود ۱۰ گرم از بنتوزهای برداشته شده درون ظروف شیشه ای قرار گرفته و سپس در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ساعت کاملاً خشک گردید و نمونه خشک شده با هاون نرم شد. پس از آن، حدود ۲ گرم از بافت خشک در ظروف پلی اتیلن قرار گرفت و در زیر هود ۱۱ میلی لیتر از مخلوط (۸:۳) اسید نیتریک و اسید پر کلریک به آن اضافه و در ظرف بسته شد. نمونه مورد نظر به مدت ۲ ساعت در حمام آبی قرار گرفت تا کاملاً هضم شود. سپس نمونه مجدداً به زیر هود منتقل شد و درپوش آن باز گردید تا ضمن خارج شدن بخارات قهوه ای رنگ ناشی از هضم اسیدی، نمونه نیز سرد گردد. پس از آن، نمونه



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌ها در تالاب هورالعظیم

۲. زمان نمونه برداری و تعداد نمونه ها

این مطالعه از نوع تحقیق آزمایشگاهی و میدانی می باشد که در فصل زمستان ۱۳۹۶ انجام پذیرفت. بدین ترتیب نمونه های مطالعاتی در فصل زمستان (بهمن ماه) از هر ایستگاه برداشت گردیدند. در هر ایستگاه یک نمونه مجزا از آب و یک نمونه مجزا از رسوب جهت سنجش غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب برداشت شد. این عمل با سه تکرار صورت پذیرفت و به طور کلی تعداد ۲۴ نمونه آب و ۲۴ نمونه رسوب در مدت زمان نمونه برداری از ۸ ایستگاه مطالعاتی برداشت شد. نمونه های حاوی ماکروبیونتوزها نیز از هر ایستگاه با سه تکرار برداشت شدند که با توجه به تعداد ایستگاه های مطالعاتی، تعداد ۲۴ نمونه حاوی ماکروبیونتوز نیز جهت سنجش میزان غلظت فلزات سنگین در ماکروبیونتوزها در طی فصل زمستان برداشت شد.

۳. برداشت و آنالیز نمونه های آب

نمونه های آب از عمق ۲۰ سانتی متری برداشت و در بطری های شیشه ای تیره رنگ نگهداری و همراه با یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه ابتدا نمونه ها از کاغذ واتمن ۴۲ عبور داده شده و ۲۵ میلی لیتر آب از صافی رد شده برداشت شد و به هر نمونه ۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه گردید. سپس نمونه مطالعاتی به مدت ۱ ساعت با استفاده از حمام آبی تا زیر نقطه جوش حرارت داده و تغلیظ شد. نمونه ها پس از سرد شدن با استفاده از آب مقطر به حجم ۲۵ میلی لیتر رسیده و تا زمان قرائت توسط دستگاه در بطری های پلاستیکی نگه داری شدند. در انتها نیز میزان غلظت عناصر در نمونه ها توسط دستگاه ICP-OES بر حسب میلی گرم بر

$$CF = \frac{C_{sample}}{C_{background}} \quad \text{رابطه ۲}$$

CF: فاکتور آلودگی

C_{sample} : مقدار غلظت عنصر مورد نظر در خاک و رسوبات منطقه

$C_{background}$: مقدار غلظت عنصر مورد نظر در نمونه زمینه

بر اساس رده بندی هکنسن، رسوبات از نظر آلودگی به فلزات سنگین در ۴ گروه رسوبات با آلودگی پایین ($CF < 1$)، رسوبات با آلودگی متوسط ($1 \leq CF < 3$)، رسوبات با آلودگی قابل توجه ($3 \leq CF < 6$) و رسوبات با آلودگی بسیار بالا ($CF \geq 6$) طبقه بندی می گردند [۲۱].

۳-۶. شاخص بار آلودگی 3PLI

جهت بررسی کمیت ریسک آلودگی و آگاهی از پتانسیل آلودگی فلزات سنگین در منطقه، از شاخص آلودگی Tomlinson و همکاران (۱۹۸۰) [۵۰] استفاده شد. مزیتی که این شاخص نسبت به سایر شاخص های آلودگی دارد این است که در این شاخص، ریسک آلودگی به تمامی فلزات مورد مطالعه مشخص می گردد. شاخص بار آلودگی Tomlinson به صورت ریشه n حاصل ضرب غلظت های فلزات سنگین مختلف، تعریف می گردد و از رابطه زیر به دست آمد:

$$PLI = \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times \dots \times CF_n} \quad \text{رابطه ۳}$$

PLI: شاخص بار آلودگی مجموع فلزات سنگین

CF_{metal} : فاکتور آلودگی هر فلز

n : تعداد فلزات سنگین

PLI یک شاخص انتگرالی مهم در بررسی میزان آلودگی در مناطق آلوده است که هر چه از عدد یک بالاتر باشد، دفعات آلوده بودن نسبت به محل غیر آلوده را نشان می دهد. در این مطالعه نیز، شاخص بار آلودگی با توجه به رابطه فوق، محاسبه گردید. بر اساس این شاخص، رسوبات از نظر میزان درجه آلودگی به سه دسته رسوبات با کیفیت مناسب ($PLI < 1$)، رسوبات با کیفیت نامناسب ($PLI \geq 1/5$) و رسوباتی که دارای زمینه ای از آلاینده های زیست محیطی هستند ($1 \leq PLI < 1/5$) طبقه بندی می گردند [۵۰].

۴-۶. شاخص پایش زیستی 4BMWP

این شاخص، متداولترین سیستم شاخص زیستی در بریتانیا است. در این روش همه گونه های جمع آوری شده، تنها در سطح خانواده مورد ارزیابی قرار می گیرند. سپس به هر خانواده، امتیازی نسبت داده می شود. به طوری که هر خانواده ای که کمترین مقاومت را در برابر آلودگی دارد، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می دهد. پس از آن، نمرات تمام خانواده ها با هم جمع می گردد و امتیاز $BMWP$ از رابطه زیر به دست می آید.

$$BMWP = \sum_{i=1}^n S_i \quad \text{رابطه ۴}$$

$BMWP$: شاخص پایش زیستی بر مبنای سیستم امتیازی

هضم شده به لوله آزمایش انتقال داده شد و جهت قرائت میزان غلظت عناصر به دستگاه ICP-OES تزریق گردید [۲۴]. از سوی دیگر جهت شناسایی موجودات بنتیک، نمونه ها ابتدا توسط فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند. سپس رنگ آمیزی آن ها با محلول ۱ گرم در لیتر رزبنگال به مدت ۴۵ دقیقه صورت گرفت و مجدداً در الک ۰/۵ میلی لیتر شستشو و توسط اتانول نگهداری شدند. شناسایی موجودات بنتیک با استفاده از کلیدهای شناسایی بنتوزها و تا پایان ترین حد ممکن (خانواده) در زیر میکروسکوپ لوپ انجام گردید و اطلاعات حاصله در فرم هایی که به همین منظور تهیه شد، ثبت گردید [۲۶، ۴۸].

۶. معرفی شاخص های مورد بررسی

شاخص های به کار رفته در این پژوهش از شاخص های کیفی متداول در پایش زیستی و ارزیابی منابع آب و رسوبات به حساب می آیند و به عنوان معیاری مهم در بررسی آلودگی منابع طبیعی مورد استفاده قرار می گیرند. در ادامه به شرح کلی هر یک از این شاخص ها پرداخته می گردد:

۱-۶. شاخص غنی سازی 1EF

شاخص غنی سازی روش مناسبی جهت تعیین منشا طبیعی و انسان زاد آلودگی است. در این مطالعه، شاخص غنی سازی طبق رابطه ای ارائه شده در زیر محاسبه گردید.

$$EF = \frac{[C_n/C_r]_S}{[C_n/C_r]_B} \quad \text{رابطه ۱}$$

$[C_n/C_r]_S$: غلظت فعلی عنصر مورد نظر به غلظت عنصر مرجع در نمونه
 $[C_n/C_r]_B$: غلظت فعلی عنصر مورد نظر به غلظت عنصر مرجع در پوسته زمین

عنصر مرجع، عنصری است که تغییرات اندکی در محیط داشته و غلظت آن در محیط متأثر از فعالیت های انسانی نباشد. در این مطالعه نیز، آهن به عنوان عنصر مرجع در نظر گرفته شد بر اساس رده بندی مقادیر ضریب غنی شدگی، شدت غنی شدگی عناصر در رسوبات به صورت غنای حداقل ($EF < 2$)، غنای متوسط ($2 \leq EF < 5$)، غنای قابل توجه ($5 \leq EF < 20$)، غنای شدید ($20 \leq EF < 40$) و غنای بسیار شدید ($EF \gg 40$) می باشد [۵۴].

۲-۶. شاخص فاکتور آلودگی 2CF

در این مطالعه، شاخص فاکتور آلودگی در رسوبات طبق روش فرمول ارائه گردیده توسط Hakanson (۱۹۸۰) [۲۱] محاسبه گردید. Hakanson در سال ۱۹۸۰ از فاکتور آلودگی به عنوان شاخصی برای ارزیابی میزان آلودگی رسوب استفاده نمود. در این راستا، ضریب آلودگی از تقسیم کردن غلظت عنصر در نمونه برداشت شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه به دست می آید و بیانگر میزان آلودگی رسوب به عناصر سنگین است که از رابطه زیر محاسبه شد.

N: تعداد کل خانواده‌های موجود
شاخص زیستی ASPT، وضعیت کیفی آب را در دسته آب های با آلودگی شدید ($ASPT > 4$) آب های با احتمال آلودگی متوسط ($ASPT$ بین ۴-۵)، آب های مشکوک به آلودگی ($ASPT$ بین ۵-۶) و آب های تمیز ($ASPT < 6$) طبقه بندی می نماید [۴].

۷. تجزیه و تحلیل داده‌ها

مقایسه داده‌های فلزات سنگین نمونه‌های آب و رسوب تالاب هورالعظیم در زمستان ۱۳۹۶ با استفاده از نرم‌افزار SPSS23 صورت پذیرفت. به منظور بررسی پراکنش نرمال نتایج از آزمون Shapiro-wilk استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها از روش‌های پارامتریک برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. از روش آماری تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسات کلی و از آزمون توکی جهت مقایسات چندگانه و معنی‌دار بودن اختلاف‌ها در سطح ۹۵ درصد استفاده شد.

در رسوبات تالاب هورالعظیم وانادیوم و نیکل با غلظت‌های ۱۸۶/۲۴ میلی گرم بر کیلوگرم و ۵۱/۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم در مقایسه با کادمیوم با ۰/۷۳ میلی گرم بر کیلوگرم با اختلاف معنی دار غلظت بالاتری داشتند ($P < 0/05$). کادمیوم کمترین غلظت و وانادیوم بالاترین غلظت را در آب تالاب هورالعظیم داشتند ($P < 0/05$). در ماکروبتوزها نیکل و وانادیوم با مقادیر ۱۰/۸۶ و ۱۲/۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم در مقایسه با کادمیوم (۰/۱۹ میلی گرم بر کیلوگرم) مقادیر بالاتری داشتند ($P < 0/05$). مقایسه بین غلظت کلی فلزات سنگین در آب، رسوب و ماکروبتوز نشان داد که فلزات سنگین در آب کمترین غلظت و در رسوبات بالاترین غلظت را داشتند ($P < 0/05$).

Si: امتیاز هر خانواده

عدد حاصل از شاخص BMWP با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب است، درجه آلودگی آب را به صورت آب های با کیفیت خیلی بد (۰-۱۰)، بد (۱۱-۴۰)، متوسط (۴۱-۷۰)، خوب (۷۱-۱۰۰) و خیلی خوب ($BMWP < 100$) دسته بندی می نماید [۵۳].

۶-۵. شاخص زیستی ASPT^۱

شاخص زیستی ASPT در کشورهای انگلستان، استرالیا، اسپانیا، آرژانتین، کانادا و چندین کشور اروپایی دیگر پذیرفته شده است. عمدتاً تعداد تاکسون در هر نمونه از طریق اندازه نمونه، نمونه‌گیری و راندمان عمل‌آوری نمونه‌ها در سیستم امتیازی BMWP اثر می‌گذارد. برای غلبه بر این ضعف ذاتی، برخی بیولوژیست‌ها همچون Armitage و همکاران (۱۹۸۳) [۴]، سیستم مفهوم میانگین امتیاز به ازای هر تاکسون را در ارزیابی کیفیت آب مناسب تشخیص دادند. در واقع از تقسیم مقدار عددی شاخص BMWP بر تعداد کل خانواده‌های موجود، شاخص ASPT به دست می‌آید و در نهایت می‌توان با استفاده از رابطه ۵ و اعداد بدست آمده، ایستگاه‌ها را از نظر کیفیت آب طبقه بندی نمود.

$$ASPT = BMWP/N \quad \text{رابطه ۵}$$

ASPT: شاخص زیستی میانگین امتیاز به ازای هر خانواده
BMWP: شاخص پایش زیستی بر مبنای سیستم امتیازی

نتایج و بحث

نتایج بررسی سطح غلظت فلزات در آب، رسوبات و ماکروبتوزهای تالاب هورالعظیم در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد غلظت هر ۴ فلز کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم در ۸ ایستگاه، به شکل معنی‌داری در رسوب در مقایسه با آب و بافت ماکروبتوز بالاتر بود ($P < 0/05$). در تمامی ایستگاه‌ها، رسوب بالاترین سطح فلزات و آب کمترین غلظت فلزات را داشت ($P < 0/05$). در هر سه بافت مورد بررسی، کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم در ایستگاه ۱ (چذابه) به عنوان ایستگاه فاقد فعالیت نفتی، کمترین غلظت و در ایستگاه ۴ (حد فاصل ۳ تا ۱۲) به عنوان ایستگاه با فعالیت نفتی زیاد، بالاترین سطح را داشتند ($P < 0/05$).

جدول ۲: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در آب، رسوبات و ماکروبتوزهای تالاب هورالعظیم بر حسب ppm (زمستان ۱۳۹۶)

وضعیت الودگی	ایستگاه	نمونه	غلظت فلزات سنگین								Fe	
			Cd	Sig.	Ni	Sig.	Pb	Sig.	V	Sig.		
فاقد فعالیت نفتی	1	چذابه	رسوب	0.65±0.03	0.00	14.29±0.30	0.03	8.36±0.21	0.00	54.46±2.47	0.00	12936.28
			آب	0.09±0.004		0.05±0.01		0.19±0.01		0.17±0.005		
			ماکروبتوز	0.15±0.003		2.5±0.43		5.54±0.42		2.95±0.2		
دارای فعالیت نفتی	2	پل اتصال مخزن یک و دو	رسوب	0.71±0.03	0.00	29.16±0.60	0.00	8.50±0.41	0.00	136.49±3.47	0.00	12716.87
			آب	0.14±0.03		0.11±0.02		0.18±0.03		0.25±0.01		
			ماکروبتوز	0.16±0.004		5.64±0.39		5.48±0.20		6.40±0.42		
	3	آزادگان شمالی (پد ۱۶)	رسوب	0.76±0.01	0.02	80.18±1.12	0.00	10.29±0.47	0.01	282.34±7.47	0.00	11255.8
			آب	0.16±0.005		0.39±0.55		0.22±0.01		0.65±0.03		
			ماکروبتوز	0.21±0.01		15.37±0.42		7.37±0.20		16.43±0.40		
	4	حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲	رسوب	0.80±0.02	0.00	93.06±0.48	0.00	12.07±0.12	0.00	299.71±12.16	0.00	10283.27
			آب	0.19±0.01		0.46±0.06		0.26±0.3		0.78±0.02		
			ماکروبتوز	0.22±0.005		19.77±0.39		7.90±0.22		21.78±0.72		
	5	حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲	رسوب	0.78±0.03	0.01	81.20±0.30	0.00	10.46±0.31	0.00	286.52±8.52	0.00	11363.15
			آب	0.19±0.004		0.43±0.05		0.24±0.03		0.66±0.02		
			ماکروبتوز	0.22±0.01		15.94±0.25		7.87±0.39		17.84±0.45		
	6	شط علی	رسوب	0.73±0.02	0.00	31.85±0.35	0.00	8.13±0.09	0.00	137.41±12.59	0.00	13086.2
			آب	0.11±0.003		0.13±0.03		0.18±0.01		0.29±0.02		
			ماکروبتوز	0.17±0.02		7.42±0.29		5.46±0.33		8.31±0.30		
	7	زهکش اقبال	رسوب	0.73±0.01	0.00	38.04±0.37	0.00	8.64±0.20	0.00	143.10±7.16	0.00	12684.88
			آب	0.16±0.02		0.17±0.01		0.21±0.02		0.36±0.009		
			ماکروبتوز	0.19±0.004		9.45±0.41		6.60±0.20		11.95±0.32		
	8	زهکش سلمان	رسوب	0.74±0.02	0.01	46.62±1.18	0.00	8.59±0.07	0.00	149.90±11.99	0.00	13146.38
			آب	0.13±0.01		0.23±0.03		0.20±0.09		0.42±0.008		
			ماکروبتوز	0.20±0.010		11.37±0.45		6.58±0.41		12.79±0.44		
	تالاب هورالعظیم			رسوب	0.73±0.04 ^a	51.80± 7.91 ^c		9.38± 1.77 ^b		186.24± 17.98 ^c		
				آب	0.15± 0.03 ^a	0.24± 0.06 ^b		0.21± 0.02 ^b		0.44± 0.09 ^c		
				ماکروبتوز	0.19± 0.02 ^a	10.86± 5.49 ^b		6.60± 1.04 ^b		12.30± 6.28 ^b		

حروف غیر مشابه به معنی اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ است

بررسی شاخص غنی‌شدگی فلزات سنگین در جدول ۳ نشان داد که ایستگاه حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲ بالاترین میزان غنی‌شدگی فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم را به ترتیب با مقادیر عددی ۱۵/۹۴، ۴/۶۴، ۱/۹۹ و ۱۱/۹۵ دارا بود. کمترین میزان شاخص غنی- شدگی کادمیوم، نیکل و وانادیوم در ایستگاه چذابه و کمترین میزان شاخص غنی‌شدگی سرب در ایستگاه شط علی اندازه‌گیری شد.

جدول ۳: میزان شاخص غنی‌شدگی فلزات سنگین در ایستگاه‌های مربوط به تالاب هورالعظیم (زمستان ۱۳۹۶)

چذابه	پل اتصال مخزن یک و دو	آزادگان شمالی (پد ۱۶)	حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲	حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲	شط علی	زهکش اقبال	زهکش سلمان
کادمیوم	11.44	13.84	15.94	14.07	11.43	11.79	11.53
نیکل	1.17	3.65	4.64	3.66	1.25	1.54	1.82
سرب	1.96	1.96	1.99	1.98	1.82	1.99	1.91
وانادیوم	4.40	10.28	11.95	10.34	4.30	4.62	4.67

در خصوص شاخص فاکتور آلودگی فلزات سنگین، ایستگاه حدفاصل پد ۳ تا پد ۱۲ با مقادیر ۴، ۱/۱۶، ۰/۸۶ و ۳/۴۱ برای کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم بالاترین میزان این شاخص را دارا بود. همچنین

ایستگاه چذابه با مقادیر ۱۵/۹۴، ۴/۶۴ و ۱۱/۹۵ برای فلزات کادمیوم، نیکل و وانادیوم و ایستگاه شط علی با مقدار عددی ۰/۵۸ برای فلز سرب، کمترین میزان این شاخص را داشتند (جدول ۴).

جدول ۴: میزان شاخص فاکتور آلودگی فلزات سنگین در ایستگاه‌های مربوط به تالاب هورالعظیم (زمستان ۱۳۹۶)

چذابه	پل اتصال مخزن یک و دو	آزادگان شمالی (پد ۱۶)	حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲	حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲	شط علی	زهکش اقبال	زهکش سلمان
کادمیوم	3.55	3.8	4	3.9	3.65	3.65	3.7
نیکل	0.36	1	1.16	1.01	0.4	0.47	0.58
سرب	0.61	0.73	0.86	0.75	0.58	0.62	0.61
وانادیوم	1.36	3.37	3.41	3.39	1.37	1.43	1.5

ایستگاه حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲ با مقدار ۱/۹۲ برای شاخص PLI بالاترین میزان و ایستگاه چذابه با مقدار ۰/۶۶ برای این شاخص، پایین ترین میزان را دارا بود (جدول ۵). همچنین ایستگاه چذابه با مقدار ۴۳/۸ برای شاخص زیستی BMWP و مقدار ۴/۸۶ برای شاخص

زیستی ASPT بالاترین میزان این شاخص را دارا بود. کمترین میزان شاخص های BMWP و ASPT نیز در ایستگاه حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲ اندازه‌گیری شد (جدول ۶).

جدول ۵: میزان شاخص کلی بار آلودگی تجمعی فلزات سنگین (PLI) در رسوبات ایستگاه‌های مربوط به تالاب هورالعظیم (زمستان ۱۳۹۶)

ایستگاه	مقادیر شاخص PLI برای مجموع فلزات سنگین
چذابه	0.66
پل اتصال مخزن یک و دو	1.01
آزادگان شمالی (پد ۱۶)	1.75
حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲	1.92
حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲	1.78
شط علی	1.03
زهکش اقبال	1.11
زهکش سلمان	1.18

(زمستان ۱۳۹۶) در ایستگاه‌های مربوط به تالاب هورالعظیم (ASPT) و شاخص زیستی BMWP جدول ۶: میزان شاخص پایش زیستی)

مقادیر شاخص زیستی	مقادیر شاخص زیستی	ایستگاه
4.86	43.8	ل چذابه
4.76	42.9	پل اتصال مخزن یک و دو
3.28	16.4	آزادگان شمالی (پد ۱۶)
2.8	11.2	حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲
2.98	14.9	حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲
4.65	41.9	شط علی
3.45	20.7	زهکش اقبال
3.36	16.8	زهکش سلمان

امتیاز به جنس *Gomphus sp.* از خانواده *Gomphidae* و کمترین امتیاز به دو جنس *Physa sp.* و *Aplexa sp.* از خانواده *Physidae* تعلق داشت (جدول ۷).

در ایستگاه‌های مورد بررسی در تالاب هورالعظیم ۱۰ خانواده ماکروبتوز و ۱۱ جنس شناسایی شد. محدوده‌ی امتیاز نسبت داده شده به خانواده‌های مورد بررسی بر مبنای شاخص BMWP بین ۷/۹ - ۱/۸ بود که بالاترین

فهرست بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های تالاب هورالعظیم: جدول ۷

خانواده	جنس	امتیاز BMWP	ایستگاه							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Valvatidae	<i>Valvata sp.</i>	2.8	+	+	+	+	+	+	+	+
Vnionidae	<i>Anadonta sp.</i>	5.2	+	+	+			+		
Thiaridae	<i>Melanooides sp.</i>	2.7	+		+	+	+	+	+	+
Hydrobiidae	<i>Amnicola sp.</i>	3.9	+	+	+	+	+	+	+	
Physidae	<i>Physa sp.</i>	1.8			+	+	+		+	+
	<i>Aplexa sp.</i>	1.8		+	+	+		+	+	+
Chironomidae	<i>Chironomus sp.</i>	3.7	+	+			+		+	+
Ceratopogonidae	<i>Culicoides sp.</i>	5.9	+	+				+		
Simuliidae	<i>Simulium pupa</i>	5.8	+	+				+	+	+
Gomphidae	<i>Gomphus sp.</i>	7.9	+	+				+		
Tipulidae	<i>Dicranota</i>	5.9	+	+				+		

همبستگی در هر ۴ فلز مثبت و مستقیم بود. با توجه به وجود همبستگی بین عناصر در آب، رسوب و ماکروبتوز، رگرسیون بین آب، رسوب و ماکروبتوزها معنی‌دار بود.

همبستگی بین کادمیوم، سرب، وانادیوم و نیکل موجود در رسوبات، آب و ماکروبتوزهای تالاب هورالعظیم در جدول ۸ نشان داده شده است. براساس این جدول، بین غلظت فلزات در رسوب و آب، بین رسوب و ماکروبتوز، بین آب و ماکروبتوز همبستگی معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). این

جدول ۸: همبستگی بین عناصر سنگین در رسوبات، آب و فلزات موجود در ماکروبتوزهای تالاب هورالعظیم

	کادمیوم رسوب	کادمیوم رسوب
کادمیوم آب	0.799**	کادمیوم آب
0.816**	0.816**	کادمیوم موجود در ماکروبتوز
	نیکل رسوب	نیکل رسوب
نیکل آب	0.956**	نیکل آب
0.934**	0.977**	نیکل موجود در ماکروبتوز
	سرب رسوب	سرب رسوب
سرب آب	0.501*	سرب آب
0.440*	0.857**	سرب موجود در ماکروبتوز
	وانادیوم رسوب	وانادیوم رسوب
وانادیوم آب	0.993**	وانادیوم آب
0.976**	0.971**	وانادیوم موجود در ماکروبتوز

**همبستگی در سطح ۰/۰۱ * همبستگی در سطح ۰/۰۵

در مطالعات Chiba و همکاران (۲۰۱۱) [۹]، Manavi (۲۰۱۳) [۳۲] و Krika و Krika (۲۰۱۸) [۲۹] نیز گزارش داده شده است. بالاترین میانگین عناصر سنگین در رسوبات مورد بررسی در مطالعه حاضر، مربوط به فلزات وانادیوم (۱۸۶/۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیکل (۵۱/۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که سطح آلودگی در مناطق نفتی در مقایسه با ایستگاه چذابه به عنوان ایستگاه فاقد فعالیت نفتی بالاتر بود. به دلیل عدم وجود استانداردهای خاص برای ارزیابی درجه آلودگی رسوب در ایران، در این تحقیق (جدول ۹) جهت ارزیابی آثار محیط زیستی فلزات سنگین، غلظت عناصر با استانداردهای پوسته زمین مقایسه شده است [۱۲، ۱۳، ۲۵، ۴۶]. میزان غلظت فلز سنگین کادمیوم و وانادیوم در رسوبات ایستگاه های مورد بررسی در تالاب هورالعظیم بالاتر از میزان میانگین غلظت فلزات در پوسته زمین به دست آمد و تنها میزان وانادیوم در ایستگاه چذابه، به عنوان ایستگاه فاقد فعالیت نفتی از حد مجاز پایین تر بود. نیکل نیز در رسوبات ایستگاه های آزادگان شمالی، حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲ و حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲ که دارای بالاترین فعالیت نفتی بودند، بیشترین میزان را به خود اختصاص داد که به دست آمدن این نتایج با فعالیت های نفتی موجود در منطقه و استقرار سکوهای حفاری نفت منطقه که وفور فلز نیکل و وانادیوم [۴۰] نشانه‌ی آن است، هم‌خوانی دارد. Beg و همکاران (۲۰۰۱) [۶] در بررسی غلظت فلزات در رسوبات سواحل کویت، وانادیوم را به عنوان فلزی که بیشترین غلظت را داشت، معرفی کردند. وانادیوم و نیکل از جمله فلزات مرتبط با نفت بوده و نشان‌دهنده‌ی وجود آلودگی نفتی در تالاب هورالعظیم هستند. نتایج با الگوی تجمع فلزات سنگین در رسوبات مورد مطالعه Abdolahpur و Monikh (۲۰۱۳) [۱] در خوربات جعفری و غزاله نیز مطابقت دارد. غلظت بالای فلز نیکل در رسوبات این منطقه علاوه بر فعالیت‌های استخراج نفت، می‌تواند ناشی از سنگ اوفیولیت بستر باشد که حاوی غلظت بالایی از سولفید نیکل است [۲۰] که با یافته‌های مطالعه Ein Elahi PPir (۲۰۱۲) [۱۵] در رسوبات منطقه‌ی خلیج گواتر در دریای عمان و نیز Bezi (۲۰۱۵) [۷] در خلیج چابهار هم‌خوانی دارد. زیرا هر دو مطالعه در منطقه مکران قرار

فلزات سنگین در اثر عوامل طبیعی و مصنوعی به بوم‌سازگان‌های آبی وارد شده و از مهم‌ترین آلاینده‌های سمی این محیط‌ها محسوب می‌شوند که پایداری بالایی داشته و از توانایی ایجاد سمیت در زنجیره غذایی برخوردارند. فلزات سنگین ورودی به آب‌ها مستقیماً در آب حل شده و یا جذب رسوبات می‌شوند [۳]. بر اساس الگوی غلظت فلزات سنگین، وانادیوم و نیکل بالاترین غلظت را در آب تالاب هورالعظیم داشتند ($V > Ni > Pb > Cd$) و غلظت تمامی فلزات مورد بررسی در آب هر ۸ ایستگاه از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (جدول ۹) بالاتر بود. از دیداد وانادیوم در آب ایستگاه های مختلف تالاب هورالعظیم ناشی از وجود فعالیت های استخراج نفت در منطقه است. نیکل به دلیل ایجاد کمپلکس با بسیاری از مواد محلول و مواد غیر آلی، غلظت بالایی در آب تالاب هورالعظیم داشته است که چنین مکانیسم‌هایی در مطالعه‌ی Moses و Olanrewaju (۲۰۱۸) [۳۵] در نیجریه نیز گزارش شده است. سیال بودن آب، زمینه انتقال آلودگی را در تالاب هورالعظیم فراهم کرده و این امر سبب شده است که مقادیر فلزات مورد بررسی از محدوده مجاز عبور کند. علاوه بر این سطح بالای مواد آلی در آب تالاب هورالعظیم از جمله دلایلی است که به افزایش بار فلزی آب تالاب کمک می‌کند [۳]. Krika و Krika (۲۰۱۸) [۲۹] نیکل را در مقایسه با کادمیوم فلز غالب‌تری در آب معرفی کرده و عنوان کردند که سطح فلزات در آب در مقایسه با رسوبات غلظت کمتری داشته است. کمبود اطلاعات در زمینه فلزات سنگین در منطقه هورالعظیم امکان مقایسه و بررسی تغییر شرایط را به سختی امکان‌پذیر می‌سازد.

به دلیل نوسانات دبی، غلظت ورودی به محیط و نیز سیال بودن آب نمی‌توان از روی آنالیز آب به خوبی حجم آلودگی در یک نقطه را مورد بررسی قرار داد. علاوه بر این، انحلال فلزات سنگین در آب سبب ورود سریع مقدار زیادی از این فلزات درون رسوب می‌شود [۸] از این رو رسوبات در بررسی آلودگی پارامتری مهم‌تر محسوب می‌شوند. رسوبات بزرگترین بخش پذیرنده و ذخیرگاه فلزات سنگین هستند [۱] از این رو در مطالعه حاضر، بیشترین میزان جذب و تجمع فلزات در رسوبات منطقه اندازه‌گیری شد، این موضوع

از این فلزات توسط مواد آلی است. اکثر فلزات جذب لیگندهای آلی می-شوند، بنابراین انتظار می-رود که فلزات سنگین موجود در آب توسط لیگندهای آلی جذب و در درون رسوبات بستر تمرکز پیدا کنند [۱۴]. با توجه به اینکه رسوبات بستر عمده‌ترین بخش پذیرنده و در واقع محل ذخیره آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین هستند [۱]. انتظار می‌رود بیشترین میزان جذب و تجمع فلزات در رسوبات منطقه مورد بررسی دیده شود که این امر، غلظت بالاتر فلزات در رسوبات تالاب هورالعظیم در مقایسه با آب تالاب را توجیه می‌کند. همچنین نوع پیوند بین فلزات و سایر ترکیبات موجود در رسوب نیز بر روی قابلیت انحلال آنها نیز موثر است. Li (۲۰۱۴) [۳۰] درصد واکنش و باقی ماندن فلزات در رسوبات را برای کادمیوم، نیکل و سرب به ترتیب ۶۸-۲۵ درصد، ۶۷-۵۳ درصد و ۶۷-۳۵ درصد گزارش کردند که با الگوی مشاهده شده در مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.

گرفته که پیسنگ افیولیتی وابسته به پوسته اقیانوسی هستند که غنی از کروم و نیکل می‌باشد. همچنین عنوان کردند که بیش از نیمی از کل نیکل و کادمیوم موجود در سواحل بندرعباس به دلیل وجود مقادیر بیشتر این دو فلز به طور طبیعی در پوسته زمین در منطقه مورد مطالعه است که از جمله دلیل احتمالی غلظت بالای نیکل در مطالعه حاضر نیز می‌باشد. زیرا تالاب هورالعظیم نظیر جزیره هرمز [۸] در مجاورت واحد رسوبی - ساختاری زاگرس قرار داد که این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد. غلظت کادمیوم در رسوبات ایستگاه‌های تالاب هورالعظیم نیز به دلیل وجود فعالیت های کشاورزی در منطقه، بالا می‌باشد.

یکی از عوامل موثر بر میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات بستر، مواد آلی و معلق موجود در آب است [۲۴،۳۹]. این امر به دلیل رسوب بسیاری

جدول ۹- مقایسه غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در آب و رسوب و ماکروبتنوزها در تالاب هورالعظیم (زمستان ۱۳۹۶) با سایر نقاط

منبع	آهن	وانادیوم	سرب	نیکل	کادمیوم	موقعیت	
[۵۱]		0.01	0.03	0.07	0.005	Water quality criterial (mg/l)	
[۱۲،۱۳،۲۵،۴۶]	41000	100	14	80	0.2	میانگین غلظت فلزات سنگین در پوسته زمین (mg/kg) رسوبات تالاب شادگان، خوزستان، ایران (میلی گرم بر کیلوگرم)	
[۲۳]		-	14.2	47.1	4.7		
[۱۶]		-	24.19	-	0.15	رسوب (میلی گرم بر کیلوگرم)	سواحل بندرعباس، ایران
		-	0.09	-	0.186	ماکروبتنوز (میلی گرم بر کیلوگرم)	
[۱۱]		-	21.33	33.91	5.7	رسوبات هرمزگان، خلیج فارس، ایران (میکروگرم بر گرم)	
[۴۳]		-	15.3-46.45	4.05-30	0.2-7.86	رسوبات سواحل عدن، یمن (میکروگرم بر گرم)	
[۳۵]		-	13.07	12.22	2.07	رسوبات ساحل Ogun State، نیجریه (میلی گرم بر کیلوگرم)	
مطالعه حاضر	12184.10	56.36	9.38	51.80	0.73	رسوب (میلی گرم بر کیلوگرم)	تالاب هورالعظیم، خوزستان، ایران
		0.44	0.21	0.24	0.15	آب (میلی گرم بر لیتر)	
		12.30	6.60	10.86	0.19	ماکروبتنوز (میلی گرم بر کیلوگرم)	

در رسوبات گردد. همچنین افزایش غنی‌سازی این عناصر نشان دهنده بالا بودن میزان سهم غیر پوسته‌ای آنها می‌باشد.

فاکتور آلودگی به عنوان شاخصی برای ارزیابی میزان آلودگی رسوبات مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی برآورد شدت آلودگی با استفاده از شاخص CF نشان دهنده آلودگی قابل توجه عنصر کادمیوم و آلودگی پایین عناصر سرب و نیکل در رسوبات منطقه مورد مطالعه بوده است و تنها در ایستگاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ عنصر نیکل دارای آلودگی متوسط در رسوبات تالاب بوده است. همچنین عنصر وانادیوم در رسوبات مربوط به ایستگاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ آلودگی قابل توجهی را از خود نشان داد و نتایج بیانگر آن بود که رسوبات سایر ایستگاه‌ها دارای آلودگی متوسط نسبت به عنصر وانادیوم بوده و تنها رسوبات مربوط به ایستگاه چذابه دارای آلودگی پایین نسبت به عنصر وانادیوم می‌باشند. در نهایت نیز روند تغییرات فاکتور آلودگی فلزات سنگین در رسوبات منطقه مورد مطالعه به صورت روند $Pb < Ni < V < Cd$ بدست آمد و نشان داد که روند تغییرات این شاخص نیز همانند شاخص غنی‌شدگی رسوبات نسبت به عناصر سنگین کاملاً یکسان بوده است. در این زمینه، میزان بالای شاخص فاکتور آلودگی برای عنصر کادمیوم نشان می‌دهد که این عنصر عمدتاً تحت تاثیر حضور منابع انسانی همچون طرح‌های توسعه آبیاری در منطقه ایجاد گردیده است به طوری که فعالیت‌های کشاورزی و تخلیه رواناب‌ها به درون تالاب عاملی بر روند جذب و تجمع بالای این عنصر در رسوبات محدوده مورد مطالعه و تاثیر گذاری آن‌ها بر محیط زیست آبی تالاب بوده که این امر می‌تواند به عنوان یک پیامد جدی، حفاظت بیش از پیش از پیکره آبی تالاب را طلب نماید. عنصر وانادیوم نیز از طریق ایجاد تالاسیسات نفتی، حفر چاه‌های نفت و طرح توسعه میدان نفتی آزادگان به درون رسوبات مربوط به ایستگاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ تالاب نفوذ نموده و منجر به آلودگی رسوبات و نهایتاً آلودگی زنجیره غذایی گردیده است. عنصر نیکل نیز جز آن دسته از عناصری می‌باشد که غلظت بالایی در پوسته زمین داشته و در نتیجه غلظت آن در رسوبات منطقه تحت تاثیر هر دو عامل زمین‌زاد و انسان‌زاد قرار می‌گیرد.

شاخص بار آلودگی از دیگر پارامترهای مهم در ارزیابی و تخمین شدت آلودگی رسوب به شمار می‌رود. این شاخص برای مجموعه‌ای از فلزات آلاینده به صورت میانگین هندسی غلظت تمامی فلزات مورد نظر محاسبه می‌شود و سطح آلودگی خاک را براساس میزان سمیت مجموع عناصر سنگین مورد سنجش قرار می‌دهد. به طور کلی با توجه به میزان شاخص PLI می‌توان اظهار نمود که رسوبات ایستگاه چذابه از نظر کیفیت زیست محیطی با داشتن میزان بار آلودگی برابر ۰/۶۶، در زمره رسوبات با کیفیت مناسب طبقه‌بندی می‌گردند. در واقع این عدد مبین بار و غلظت کم عناصر سنگین و نهایتاً عدم وجود آلودگی در ایستگاه مذکور می‌باشد. میزان شاخص بار آلودگی در ایستگاه‌های پل اتصال مخزن یک به دو، شط علی، زهکش اقبال و زهکش سلمان نیز به ترتیب با مقدار عددی ۰/۰۱، ۰/۰۳، ۱/۱۱ و ۱/۱۸ به دست آمد و از آنجا که این مقادیر در محدوده عدد یک قرار گرفته‌اند، وجود زمینه‌ای از آلاینده‌ها را در این نقاط نشان می‌دهند. همچنین میزان بار آلودگی تجمعی عناصر سنگین در رسوبات مربوط به

میانگین عناصر کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در نمونه‌های ماکروبتوز (جدول ۲) به ترتیب برابر با 0.19 ± 0.02 ، 12.30 ± 6.28 و 6.60 ± 1.04 ، 10.18 ± 5.49 مطالعه Chiba و همکاران (۲۰۱۱) [۹] در میان فلزات کروم، نیکل و روی، نیکل بالاترین غلظت را در ماکروبتوزها داشت که آن را مرتبط با غلظت بالای این فلز در آب و رسوب دانستند که با الگوی فلزات سنگین در رسوب و آب هم‌خوانی دارد. در مطالعه حاضر مشخص گردید که میزان جذب و نگهداری کادمیوم توسط ماکروبتوزها در مقایسه با میزان جذب نیکل، سرب و وانادیوم (نیکل < وانادیوم < سرب) کادمیوم) کمترین مقدار را دارد. در مطالعه‌ی Nejatkhah Manavi (۲۰۱۳) [۳۶] ذخیره زیستی سرب در ماکروبتوزها در مقایسه با ذخیره فلزات کادمیوم، مس و روی بالاتر بود. میزان ذخیره فلزات سنگین در بافت‌های جانوری به عوامل مختلفی از جمله ظرفیت ذخیره‌سازی و سمیت این فلزات بستگی دارد که سبب ذخیره زیستی متفاوت است. Rumisha و همکاران (۲۰۱۳) [۴۲] غنی‌سازی متفاوت فلزات در رسوب را عامل ذخیره‌سازی زیستی متفاوت As, Cd, Cu, Mo و Zn در سواحل تانزانیا گزارش کردند. همچنین در مطالعاتی نظیر Chiba و همکاران (۲۰۱۱) [۹] نرخ‌های متفاوت ذخیره‌سازی را عامل تفاوت در غلظت فلزات سنگین در بافت‌های جانوری از جمله ماکروبتوزها ذکر کردند.

روند تغییرات فاکتور غنی‌شدگی فلزات سنگین در رسوبات منطقه مورد مطالعه به صورت $Pb < Ni < V < Cd$ بود. بر این اساس میزان فاکتور غنی‌شدگی عناصر سنگین بیانگر آن بود که رسوبات منطقه دارای حداقل غنی‌شدگی نسبت به عنصر سرب بوده و نسبت به عنصر کادمیوم غنی‌شدگی قابل توجهی را نشان می‌دهند. بنابراین اثر فعالیت‌های انسانی در آلودگی فلزی سرب در منطقه ناچیز بود. در مورد کادمیوم نیز مساله تا حد زیادی متاثر از توسعه فعالیت‌های کشاورزی در اطراف تالاب، استفاده از کودهای فسفره و تخلیه انواع رواناب‌ها و زه‌آب‌های حاوی کادمیوم در منطقه مطالعاتی بود. از سوی دیگر، رسوبات منطقه دارای حداقل غنی‌شدگی نسبت به عنصر نیکل بوده و تنها رسوبات در ایستگاه‌های ۳، ۴ و ۵ غنی‌شدگی متوسطی را نسبت به عنصر نیکل نشان دادند که این امر ناشی از فعالیت‌های نفتی موجود در حوضه ایستگاه‌های مذکور می‌باشد. بالاترین میزان شاخص غنی‌شدگی عنصر وانادیوم نیز در رسوب، در ایستگاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ ثبت گردید و این میزان گویای آن بود که رسوبات این نواحی دارای غنی‌شدگی قابل توجهی نسبت به عنصر وانادیوم بودند. همچنین رسوبات سایر ایستگاه‌ها نیز دارای غنی‌شدگی متوسطی نسبت به عنصر وانادیوم و تنها رسوب در ایستگاه چذابه، غنی‌شدگی حداقلی را نسبت به عنصر وانادیوم نشان داد. به طور کلی حفر چاه‌های نفت و استقرار میزان وسیعی از دکل‌های نفتی در ایستگاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ از علل بالا بودن میزان غنی‌شدگی وانادیوم و افزایش مقادیر شاخص غنی‌شدگی در این نواحی بوده است. میزان شاخص EF در مطالعه حاضر نشان داد که عناصر کادمیوم و وانادیوم بیش از سایر عناصر در رسوب غنی‌شده و دارای پتانسیل آلودگی قابل توجه می‌باشند. به طوریکه افزایش در غلظت این عناصر می‌تواند سبب آلودگی شدید

شاخص زیستی ASPT، کیفیت آب تالاب هورالعظیم را در امتداد مسیر جریان به طور کلی در دو طبقه آب‌های با آلودگی شدید و آب‌های با احتمال آلودگی متوسط قرار داد. بر اساس داده‌های بدست آمده، دامنه شاخص ASPT در ایستگاه‌های مختلف در محدوده ۲/۸ تا ۴/۸۶ متغیر بود. در این راستا وضعیت عمومی آب در ایستگاه‌های جذابه، پل اتصال مخزن یک به دو و ایستگاه شط علی در رده کیفی آب‌های با احتمال آلودگی متوسط قرار گرفت و در سایر ایستگاه‌ها همچون ایستگاه آزادگان شمالی، حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲، حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲، زهکش اقبال و زهکش سلمان وضعیت کیفی آب در طبقه آب‌های با آلودگی شدید واقع گردید. این نوسانات نشان دهنده تاثیر شدید عوامل محیطی به خصوص کاربری‌های متفاوت انسان بر کیفیت آب تالاب هورالعظیم می‌باشد. در واقع، آب تالاب در این نواحی به طور فزاینده تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار داشته و با توجه به کم بودن جریان آبی تالاب، تغییر در میزان آب ورودی، بهره‌برداری زیاد از آب در فصول کشاورزی، وجود شبکه‌های آبیاری و زهکشی و دریافت پساب‌های کشاورزی و همچنین وجود چاه‌های نفت، کاهش کیفیت آب در این تالاب سیر صعودی را طی نموده است. از نظر کارکرد شاخص‌ها نیز می‌توان بیان نمود که شاخص ASPT نسبت به شاخص BMWP از حساسیت بالاتری برخوردار بوده و تغییرات کیفی آب تالاب را با قابلیت بهتری نشان داده است. شاخص ASPT بر پایه مقادیر شاخص زیستی BMWP و تعداد تاکسون‌ها واقع گردیده است و تمامی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از طریق تاثیر بر جوامع کفزی و تغییر در تعداد خانواده‌های آن‌ها بر میزان این شاخص تاثیر گذار می‌باشند.

فلزات سنگین در چرخه ژئوشیمیایی خود در نهایت درون رسوبات انباشته می‌شوند [۱۹،۳۱]. بسیاری از ماکروبیوتوزها مواد غذایی خود را از رسوب به دست می‌آورند و این امر تجمع بالای فلزات سنگین در ماکروبیوتوزها را تایید [۳۸،۴۹] و با نتایج همبستگی بین غلظت فلزات در بخش‌های مختلف رسوب، آب و ماکروبیوتوز در مطالعه حاضر (جدول ۸) هم‌خوانی دارد و با توجه به همبستگی بین زنجیره آب، رسوب و ماکروبیوتوز، نتایج این پژوهش امکان پیش‌بینی غلظت فلزات در هر بخش را فراهم می‌سازد. در مطالعه Sobhan Ardakani و همکاران (۲۰۱۶) [۴۷] نتایج آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین غلظت عناصر کادمیوم و نیکل در رسوب و ماکروبیوتوزها همبستگی معنی‌دار آماری (ضریب همبستگی ۰/۹۶۹) وجود داشت. Hamza-Chaffai و همکاران (۱۹۹۹) [۲۲] در مطالعه ای وجود همبستگی بین غلظت فلزات سنگین و شیوه تغذیه را گزارش کردند. همچنین Fowler و همکاران (۱۹۹۳) [۱۷] حضور سطح بالایی از فلزات سنگین به خصوص نیکل در ماکروبیوتوزهای سواحل عربستان سعودی را به دلیل قرار گرفتن در معرض آلودگی نفتی شدید در رسوبات دانستند. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، آب، رسوب و ماکروبیوتوز در هر ۸ ایستگاه، با یکدیگر همبستگی مثبتی داشتند، به گونه‌ای که در هر سه بخش، میزان غلظت فلزات سنگین به صورت توالی وانادیوم < نیکل < سرب < کادمیوم بدست آمد. Hosseini Alhashemi و همکاران (۲۰۱۱) [۲۳] الگوی انحلال وانادیوم < سرب < نیکل < کادمیوم را در تالاب شادگان گزارش کردند و

ایستگاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ به ترتیب برابر ۱/۷۵، ۱/۹۲ و ۱/۷۸ بدست آمد و نشان داد که سطح بار آلودگی در این ایستگاه‌ها در شرایط آلوده قرار گرفته است. در واقع رسوبات در این نواحی دارای کیفیت نامناسب بوده و در زمره رسوبات با ریسک اکولوژیک زیست محیطی بالا طبقه‌بندی می‌گردند. به طور کلی، میزان شدت آلودگی رسوبات در نقاط مختلف نمونه‌برداری متفاوت بوده و با ازدیاد میزان غلظت عناصر افزایش می‌یابد که این امر نمایانگر توزیع ناهمگن عناصر به دلیل فعالیت‌های انسانی است. بنابراین می‌توان بیان نمود که از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، حداکثر میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات مربوط به ایستگاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ ثبت گردیده و این سه ایستگاه در شرایط بحرانی آلودگی واقع شده‌اند.

پایش زیستی (BMWP) روش استفاده از متغیرهای زیستی جهت بررسی کیفیت آبها می‌باشد که در این زمینه، درشت بی‌مهرگان کفزی از جمله مناسبترین ابزار برای ارزیابی و پایش‌ها به حساب می‌آیند. در این مطالعه، پس از شناسایی بزرگ بی‌مهرگان کفزی، شاخص BMWP جهت تعیین میزان آلودگی آب تالاب محاسبه گردید. مطابق نتایج حاصل از اعمال شاخص BMWP در آب تالاب هورالعظیم، بالاترین میزان شاخص زیستی در ایستگاه‌های جذابه و پل اتصال مخزن یک به دو به ترتیب با مقدار عددی ۴۳/۸ و ۴۲/۹ و پایین‌ترین میزان شاخص نیز در ایستگاه‌های حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲ و حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲ به ترتیب با مقدار عددی ۱۱/۲ و ۱۴/۹ ثبت گردید. به طور کلی، براساس نظام طبقه‌بندی شاخص زیستی BMWP، کیفیت آب در ایستگاه‌های آزادگان شمالی، حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲، حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲، زهکش اقبال و زهکش سلمان در رده بد نظام طبقاتی واقع گردید و نشان داد که آب در این نواحی دارای آلودگی بالاتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. از آن جا که در محاسبه شاخص BMWP، خانواده‌های با مقاومت بیشتر نسبت به آلودگی امتیاز کمتری می‌گیرند، پایین بودن این شاخص به معنی افزایش گروه‌های مقاوم به آلودگی و نشان دهنده کاهش کیفیت آب می‌باشد. غالبیت گروه‌های مقاوم به آلودگی مانند خانواده فیسیده در ایستگاه‌های مذکور در تمام مراحل نمونه‌برداری می‌تواند تاییدی بر کاهش شاخص BMWP و آلوده بودن آب در این ایستگاه‌های نمونه‌برداری باشد که آلودگی موجود به دلیل تخلیه رواناب‌های کشاورزی و وجود آلاینده‌های ناشی از انجام فعالیت‌های نفتی در درون تالاب می‌باشد. به علاوه، مشاهده نشدن خانواده‌هایی از قبیل خانواده گمفیده که نسبت به آلودگی حساس‌ترند، بیانگر آلوده بودن آب در این ۵ ایستگاه و صحت ارزیابی براساس شاخص پایش زیستی می‌باشد. با توجه به شاخص زیستی BMWP نیز، کیفیت آب ایستگاه‌های جذابه، پل اتصال مخزن یک به دو و ایستگاه شط علی در رده کیفی متوسط واقع گردید. بنابراین نتایج حاصل از شاخص BMWP در تالاب هورالعظیم نشان داد که منطقه مورد بررسی در ایستگاه‌های آزادگان شمالی، حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲، حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲، زهکش اقبالی و زهکش سلمان از لحاظ شرایط اکولوژیکی و سلامت آب تالاب در معرض تهدید جدی می‌باشند. لذا برای این مناطق، توان زیستی و شیلاتی پایینی قابل پیش‌بینی است.

آلودگی و شاخص PLI، ایستگاه حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲ را به عنوان آلوده‌ترین ایستگاه در مقایسه با ایستگاه چذابه گزارش نمودند.

نتایج حاصل از شاخص BMWP نیز در تالاب هورالعظیم نشان داد که منطقه مورد بررسی در ایستگاه‌های آزادگان شمالی، حد فاصل پد ۳ تا پد ۱۲، حد فاصل پد ۹ تا پد ۱۲، زهکش اقبال و زهکش سلمان از لحاظ شرایط اکولوژیکی و سلامت آب تالاب در معرض تهدید جدی می‌باشند. همچنین نوسانات حاصل از بررسی شاخص ASPT نشان داد که آب تالاب به طور فزاینده تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار داشته و با توجه به کم بودن جریان آبی تالاب، وجود شبکه‌های آبیاری و زهکشی و وجود چاه‌های نفت، کاهش کیفیت آب در این تالاب سیر صعودی را طی نموده است.

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

- [1] . Abdolahpur Monikh, F.; Safahieh, A.; Savarim A.; Doraghi, A., (2013). Heavy metal concentration in sediment, benthic, benthopelagic and pelagic fish species from Musa Estuary (Persian Gulf). *Environ. Monit. Assess.*, 185 (1): 215-222 (7 pages). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22318741/>
- [2] . 2.Ahiamadu, N.M., Nwaogazie, I.L.; Momoh, Y.L., (2021) Empirical characterization of heavy metals in crude oil spill in Emohua, Rivers State, Nigeria. *European J. Environ. Ear. Sci.*, 2(5):24–28(5pages).<https://www.ejgeo.org/index.php/ejgeo/article/view/161/96>
- [3] . Akkajit, P.; Jaileak, K.; Suteersak, T.; Prueksakorn, K., (2018). Assessment of Heavy Metals in Sediment at Saphan Hin, Phuket. *Chem. Engin. Transa.*, 7: 301-308 (7 pages).
- [4] . <https://www.researchgate.net/publication/325009311>
- [5] . Armitage, P.D.; Moss, D.; Wright, J.; Furse, M., (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *J. water Res.*, 17(3): 333-347 (14 pages).
- [6] . <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-6-1-p-147.pdf>
- [7] . 5.Baldwin, D.R.; Marshall, W.J., (1999). Heavy metal poisoning and its Laboratory investigation. *International J. Labor. Media.*, (Annals of Clinical Biochemistry)., 36(3):267-300 (34 pages). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10376071/>
- [8] . 6.Beg, M.U.; Al-Muzaini, S.; Saeed, T.; Jacob, P.G.; Beg, K.R.; Al-Bahloul, M.; Al-Matrouk, K.; Al-Obaid, T.; Kurian, A., (2001). Chemical contamination and toxicity of sediment

الگوی فوق را ناشی از آلودگی نفتی در منطقه ذکر کردند که الگوی تقریباً مشابه با نتایج حاصل از مطالعه حاضر را نشان داد.

نتیجه‌گیری

الگوی ذخیره فلزات سنگین وانادیوم < نیکل < سرب < کادمیوم در ماکروبندوز، رسوب و آب یکسان بود که وجود همبستگی بین میزان فلزات سنگین رسوب و ماکروبندوز علاوه بر اینکه تایید کننده جذب و انتقال فلزات در طول زنجیره‌ی غذایی است نشان می‌دهد که می‌توان از ماکروبندوزها به عنوان بیواندیکاتور استفاده نمود. شاخص غنی‌شدگی، شاخص فاکتور

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند.

تعارض منافع

from a coastal area receiving industrial effluents in Kuwait. *Archives Environ Contam Toxicol.*, 41: 289–297 (8 pages).

- [9] . <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11503065/>
- [10] . 7.Bezi, A., (2015). Determining the level of contamination of surface sediments of Chabahar Bay with heavy metals. *Journal of Health and Environment. Iran J. Environ. Health Sci. Res. Quar.*, 8 (1): 45-56 (Persian) (6 pages).
- [11] . <http://eprints.kmu.ac.ir/29075/1/7%3DBibak.pdf>
- [12] . 8.Chaiyara, R.; Ngoendee, M.; Kruatrachue, M., (2013). Accumulation of Cd, Cu, Pb, and Zn in water, sediments, and mangrove crabs (*Sesarma mederi*) in the upper Gulf of Thailand. *Sci. Asia.*, 39: 376–383 (7 pages).
- [13] . http://www.scienceasia.org/2013.39.n4/scias39_376.pdf
- [14] . 9.Chiba, W.A.C.; Passerini, M.D.; Tundisi, J.G., (2011). Metal contamination in benthic macroinvertebrates in a sub-basin in the southeast of Brazil. *Braz. J. Biol.*, 71: 391-399 (8 pages). <https://www.scielo.br/j/bjb/a/nkHLGs9J5yXv34zdY8MNNzG/?lang=en>
- [15] . 10. Copaja, C.V.; Munoz, F.J., (2018). Heavy metals concentration in sediment of Lluta Riverbasin. *J. Chil. Chem. Soc.*, 63(1):401–415(15pages). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072018000103878&lang=pt
- [16] . 11.Dadolahi, A.; Nazarizadeh, M., (2013). Heavy metals contamination in sediments from the North of the Strait of Hormuz. *J Persian Gulf*, 4: 39-46 (7 pages).
- [17] . <file:///C:/Users/shafa/Downloads/1042920131106.pdf>

- [18] -12. Darling, D., (2007). Elements, Terrestrial Abundance. Archived from the original on 10 April, Retrieved 2007-04-14
- [19] -13. Dehghani, M.; Dast-Afkan, S., (2016). Evaluation of heavy metals contamination indices in the sediment of Tiab and Kolahi International Wetland in Hormozga Province, Iran. *J. Aqua. Eco.*, 6(1): 82-92 (Persian) (11 pages). <http://jae.hormozgan.ac.ir/article-1-224-fa.pdf>
- [20] -14. Eby, G.N., (2004). Principles of Environmental Geochemistry. Pacific Grove: Thomson-Brooks/Cole.
- [21] -15. Ein Elahi Pir, F., (2012). Investigation of accumulation of heavy metals Cd, Cu, Ni and Zn in sediments and textures of Avicennia Marina mangrove in Goatherd Bay, Oman Sea. *Oceanography*, 11 (10): 73-82 (Persian) (9 pages). <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=203969>
- [22] -16. Ejlali, K.; Mousavi Nodooshan, R.; Machinchian, A.; Fatemi, S.M.R.; Mortazavi, M.S., 2015. Spatial comparison of lead concentration in sediments and three groups of macrobenthos (crabs, late belly and bivalves) on the coast of Bandar Abbas. *J. Aqua. Ecol.*, 5 (1): 69-76 (Persian) (7 pages). <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=538671>
- [23] -17. Fowler, S.W.; Readman, J.W.; Oregioni, B.; Villeneuve, J.P.; McKay, K., (1993). Petroleum hydrocarbons and trace metals in nearshore Gulf sediments and biota before and after the 1991 war: and assessment of temporal and spatial trends. *Mar. Poll. Bull.*, 27: 171-182 (11 pages).
- [24] -18. Gholam Dokht Bandari, M.; Rezaei, P., (2015). Study of heavy metal pollution of coastal sediments of Hormoz Island and their origin. *Oceanography*, 6 (10): 97-106 (Persian) (9 pages). <http://joc.inio.ac.ir/article-1-774-en.pdf>
- [25] -19. Gong, M.; Bi, X.Y.; Ren, L.M.; Wang, L.; Ma, Z.D.; Bao, Z.Y.; Li, Z.G., (2009). Assessing heavy-metal contamination and sources by GIS-based approach and multivariate analysis of urban-rural topsoils in Wuhan, central China. *Environ Geochem Health.*, 32(1): 59-72 (13 pages).
- [26] -20. Goodenough, K.M.; Styles, M.T.; Thomas, R.J.; Schofield, D.; Lilly R.M.; McKervery, J., (2009). Assembly of the Oman-UAE, ophiolite: Evidence for a multi-phase magmatic history, International Workshop December 6-11, 2009, Abu Dhabi (United Arab Emirates).
- [27] -21. Hakanson, L., (1980). Ecological risk index for aquatic pollution control: a sediment logical approach. *Water res.*, 8: 975-1001 (26 pages).
- [28] -22. Hamza-Chaffari, A.; Amiard, J.C.; Cosson, R.P., (1999). Relationship between metallothioneins and metals in a natural population of the clam *Ruditapes decussatus* from Sfax coast: a non-linear model using Box-Cox transformation. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C. Pharmacol. Toxic. Endocrinol.*, 123 (2): 153-163 (10 pages). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10442824/>
- [29] -23. Hosseini Alhashemi, A.; Karbassi, A.R.; Hassanzadeh Khabi, B.; Monavarim S.M.; Nabavi, M.B., (2011). Accumulation and bioaccessibility of trace elements in wetland sediments. *Afr. J. Biotechnol.*, 10 (9): 1625-1636 (11 pages). <file:///C:/Users/shafa/Downloads/92968-Article%20Text-284976-1-10-20140714.pdf>
- [30] -24. Kacholi, D.S.; Sahu, M., (2018). Levels and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Soil, Water, and Vegetables of Dar es Salaam, Tanzania. *Hindawi J. Chem.*, 1402674: 1-8. (9 pages). <https://downloads.hindawi.com/journals/jchem/2018/1402674.pdf>
- [31] -25. Karbassi, A.R.; Nabi-Bidhendi, Gh.R.; Bayati, I., (2005). Environmental geochemistry of heavy metals in sediment core off Bushehr, Persian Gulf, Iran. *J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 2(4): 255-260 (Persian) (6 pages). <https://www.sid.ir/FileServer/JE/102620050407.pdf>
- [32] -26. Keshavarz, M.; Dabbagh, A.B.; Soyuf Jahromi, M., (2016). Biodiversity Indices for Macrobenthic Community structures of Mangrove Forests, Khamir Port, Iran. *Inter. J. Anim. Vet. Sci.*, 3: 1029-1043 (14 pages).
- [33] -27. Khuzestan Water and Power Organization. (2020). Supplementary Study of the Comprehensive Plan for the Development of Water Resources of the Karkheh River and Hur Al-Azim Wetland, (Persian) (58 pages).
- [34] -28. Krika, A.; Krika, F., (2017). Evaluation of the status of heavy metal pollution in surface water and sediments of the Nil River (North Eastern Algeria). *J. Pollut.*, 312: 301-310 (10 pages). https://jpoll.ut.ac.ir/article_60379.html

- [45] .29.Krika, A.; Krika, F., (2018). Assessment of Heavy Metals Pollution in Water and Sediments of Djendjen River, North Eastern Algeria. *Pollut*, 4(3): 495-502 (7 pages).
- [46] <https://www.semanticscholar.org/paper/Assessment-of-Heavy-Metals-Pollution-in-Water-and-Krika-Krika/96a9507ed35209e746181c08f01698378b4041b9>
- [47] .30.Li, j., (2014). Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments from the Yanghe River, China. *Inter. J. Environ. Res. Public Health.*, 11: 12441-12453 (7 pages).
- [48] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4276623/pdf/ijerph-11-12441.pdf>
- [49] .31.Liu, W.; Zhao, J.; Ouyang, Z.; Söderlund, L.; Liu, G., (2005). Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing china. *Environ Inter.*, 31: 805-812 (7 pages). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412005001133>
- [50] .32.Manavi, P.N., (2013). Heavy Metals in Water, Sediment and Macrobenthos in the Intertidal Zone of Hormozgan Province, Iran. *Mar. Sci.* 3(2): 39-47 (8 pages).
- [51] <http://article.sapub.org/10.5923.j.ms.20130302.01.html>
- [52] .33.Mola,A.; (2015). The most important pollutants of Hur al-Azim Wetland and ways to deal with it. *Proceedings of the First National Conference on Environmental Science and Management.*, Iran. Ardabil., 7may.,143-152(persian) (10 pages). <https://civilica.com/doc/432273/>
- [53] .34.MOOPAM, (1999). *The Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME)*, third edition. Kuwait. State of Kuwait. ROPME.
- [54] .35.Moses, M.O.; Olanrewaju, M.A., (2018). An assessment of heavy metals in the sediments of Ogun-Osun river basin, Oke-Odan, Yewa South local government area of Ogun State, Nigeria. *J Sci. Innov. Res.* 7 (4): 88-91 (3 pages).
- [55] https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjSrZyEvN3yAhWMsBQKHSUrBsgQFnoECAMQAO&url=http%3A%2F%2Fwww.jsirjournal.com%2FVol7_Issue4_02.pdf&usg=AOvVaw3sa8ctOKzNlag7fC9NP7L
- [56] .36.Nejatkah Manavi, P., (2013). Heavy Metals in Water, Sediment and Macrobenthos in the Intertidal Zone of Hormozgan Province, Iran. *Mar. Sci.*, 3(2): 39-47 (13 pages).
- [57] <http://article.sapub.org/10.5923.j.ms.20130302.01.html>
- [58] .37.Noroozi,M.;Mohammadi,A.;Behbahaninia,A.,Babaei,F.,(2021). Investigation of heavy metal pollution in the sediment of Salehieh Watland. *Karaj. Iran. Environ. Water. Eng.*,7(1):50-58 (persian)(9pages). https://www.jewe.ir/article_119839.html?lang=en
- [59] .38.Opperhuizen, A, (1991). Bioconcentration, and biomagnification: is a distinction necessary? In: Nagel R, Loskill R, editors. *Bioaccumulation in Aquatic Systems. Contribution to the assessment.* Weinheim: VCH Publish. 67-80 (13 pages). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-0348-8853-0_12
- [60] .39.Poté, J.; Haller, L.; Loizeau, J.L.; Bravo, A.G.; Sastre, V.; Wildi, W., (2008). Effects of a sewage treatment plant outlet pipe extension on the distribution of contaminants in the sediments of the Bay of Vidy, Lake Geneva, Switzerland. *Bioresource. Technol.*, 99(15):7122- 31 (23 pages). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18276131/>
- [61] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18276131/>
- [62] .40.Pourang, N.; Nikouyan, A.; Dennis, J.H., (2005). Trace element concentration in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf. *Environ. Monit. Assess.*, 109(1-3): 293-316 (23 pages). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16240204/>
- [63] .41.Ramesh, C.; Sharma, G.B. and Sngh, D., (2004). Aquatic macro invertebrate Diversity in Nanda Devi Biosphere Reserve, India. *Environmentalist*, 24: 211-221 (10 pages).
- [64] <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10669-005-0996-z>
- [65] .42..Rumisha, C.; Elskens, M.; Leermakers, M.; Kochzius, M., (2013). Trace metal pollution and its influence on the community structure of soft bottom molluscs in intertidal areas of the Dar es Salaam coast, Tanzania. *Mar. Pollut. Bull.*, 64 : 521-531 (10 pages). https://www.researchgate.net/publication/221750802_Trace_metal_pollution_and_its_influence_on_the_community_structure_of_soft_bottom_molluscs_in_intertidal_areas_of_the_Dar_es_Salaam_coast_Tanzania
- [66] .43. Saleh, S.M.K.; Amer, A.T.; Al-Alawi, D., (2018). Potential ecological risk of heavy metals in surface sediments from the Aden coast, Southern Yemen. *J. Environ. Sci. Toxicology. Food Technol.*,12:45-55(10pages). https://www.researchgate.net/publication/331154881_Potential_ecological_risk_of_heavy_metals_in_surface_sediments_from_the_Aden_coast_Southern_Yemen
- [67] .44.Shariati, F., Omid, A.,(2021).Temporal and spatial variations of macrobenthic invertebrate community and water quality of Pasikhan River, Guilan. *Iranian.Sci*

- Fish.J.,29(6):85-97(persian)(13pages).
<https://www.sid.ir/FileServer/JF/GHA51013990608.pdf>
- [68] -45.Singh,B.P.;Choudhury, M.,Samanta,P.,Gutar,M.,Kumar, M.,(2021).Ecological risk assessment of heavy metals in adjoining sediment of Hindon River Ecosystem. J. Sustain.,13:330343(14pages).https://mdpires.com/d_attachment/sustainability/sustainability-13-10330-v2.pdf
- [69] -46.Sistani, N.; Moeinaddini, M.;Khorasani,N.;Hamidian, A.H.;Ali-Taleshi,M.S.;Azimi Yancheshmeh,R.,(2017).Heavy metal pollution in soils nearby Kerman Steel Industry:metal richness and degree of contamination assessment. Iran.J.Health&Environ.,10(1):75-86(persian)(12pages)
- [70] -https://irisweb.ir/files/site1/rds_journals/81/article-81-419365.pdf
- [71] -47. Sobhan Ardakani, S.; Roozbehani, M.; Mashalpour Fard, R., (2016). Investigation of Cadmium, Chromium and Nickel Concentrations in Large Invertebrate Communities of Musa Bed Litter and its Correlation with Metal Concentrations in Sediment. Nat. Environ. Nat. Res. Iran., 69 (3): 681-68169(Persian)(15 pages).<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15320383.2016.1224226>
- [72] -48.Sterreer, W., (1981). Marine Fauna and Flora of Bermuda, A Systematic Guide to the Identification of Marine Organisms. John WillySon.,25-39(14pages).
<https://www.semanticscholar.org/paper/Marine-Fauna-and-Flora-of-Bermuda%3A-A-Systematic-to-Sterrer-Schoepfer-terror/f8e182c1a7deec3273c52a4051910034a5ea9378>
- [73] -49. Takarina, N.; Adiwibowo, A., (2011). Impact of heavy metals contamination on the biodiversity of marine benthic organisms in Jakarta bay. J. Coastal. Develop, 14:168-171 (3 pages).
- [74] -<https://www.longdom.org/abstract/impact-of-heavy-metals-contamination-on-the-biodiversity-of-marine-benthic-organisms-in-jakarta-bay-8461.html>
- [75] -50.Tomlinson, D. L.; Wilson, J.G.; Harris, C.; Jeffrey, D.W., (1980). Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. Helgol. meersuntersus Chungen., 33: 566-575 (9 pages).
- [76] -<https://hmr.biomedcentral.com/articles/10.1007/BF02414780>
- [77] -51.United States Environmental Protection Agency (EPA),.(2012).Drinking water and surface waters standards and health advisors ,EPA 822-S-12-001, USA.,(15pages)
- [78] -52.Vaezi,A.;Karbasi,A.,Samani,A.,Heidary,M.;Fakhraei,M.,Rahmaty,A.,(2015).Zoning, distribution and origin of total petroleum hydrocarbons (TPH) and metal Contaminants in Mahshar Estuary sediments, Persia Gulf . J.Environ.Sci.Tech.,16(93):1-19(persian)(19pages).
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=263878>
- [79] -53.Wally, W.J.; Hawkes, H.A., (1997). A computer-based development of the biological monitoring working party score system in corprating abundance rating, site type and indicator value. J water res., 31: 201-210 (9 pages).
- [80] -<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135496002497>
- [81] -54.Weil,B.;Jiang, F.;Li, X.; Mu, S., (2010). Heavy metal induced ecological risk in the city of Urumgi,NW China. J.Environ.Monit.aeess.,160(1-4):33-45(13pages).<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19067204/>
- [82] -55. Yang, W.,Li,X.,Pei,J.,Sun, T., Shao, D., Bai, J.; Li Y., (2017). Bioavailability of trace metals in Sediments of a recovering freshwater costal Wetland in China's Yellow River Delta, and risk assessment for the macrobenthic community.J.Environ. Bio., 34(4):733-737 (5pages).
- [83] -https://www.researchgate.net/publication/319995060_Bioavailability_of_trace_metals_in_sediments_of_a_recovering_freshwater_coastal_wetland_in_China's_Yellow_River_Delta_and_risk_assessment_for_the_macro_benthic_community
- [84] -56.Zhang,F.;Meng,B.;Gao, Sh.; Hough,R.; Hu,P.; Zhang,Z.;Yu,Sh.;Li,K.;Liu,Zh.; Cui,S.,(2021).Levels, inventory, and risk assesment of heavy metals in Wetland Ecosystem, Northeast China: Implications for snow cover monitoring. J. Water.,13:161-175 (15 pages).
- [85] -https://mdpi-res.com/d_attachment/water/water-13-02161/article_deploy/water-13-02161.pdf

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Parsi, M., Ph.D. Candidate, Information Technology Engineering, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran.

✉ m.parsi@inio.ac.ir

 0000-000-7699-4636

Albaji L., Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

✉ Sharzad1397@gmail.com

 0000-0003-0332-0555

Sabzalipour, S. Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

✉ Shadi582@yahoo.com

 0000-0002-5583-0031

Askari Sari, A., Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

✉ askarysary@gmail.com

 0000-0003-2507-7357

Payandeh, K., Assistant Professor, Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

✉ Payandeh426@gmail.com

 0000-0002-1097-8104

Mohammadi Roozbehani, M., Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

✉ Mmohammadiroozbahani@yahoo.com

 0000 0002 0684 9932

این قسمت توسط نشریه تکمیل می گردد:



HOW TO CITE THIS ARTICLE

Dor:20.1001.1.15621057.1401.13.52.3.8

 <http://doi.org/10.52547/joc.13.52.3>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1688-fa.html>

 <https://orcid.org/0000-0002-5583-0031>



COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.