J. Oceanography (JOC). Volume15 (57): 71-85, Spring 2024

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

# Health evaluation of the Karoon river using freshwater fishes as biomonitor of heavy metals

***Yasamin Neisi [1], Mitra Cheraghi [2,*], Kamran Almasieh [3]***

*[1] M.Sc., Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran*
*[2] Assistant professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran*
*[3] Associate professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran*

**ARTICLE INFO**

***Article History:***
Received: 2024/05/11
Revised: 2024/06/23
Accepted: 2024/06/23

***Keywords:***
Pollution Indices
Fish Tissue
Bioavailability
Correlation
Sediment

*Corresponding author:
✉*Cheraghi.mitra@asnrukh.ac.ir*

orcid: 0000-0002-0389-3858
doi: **10.52547/joc.15.57.7**

**ABSTRACT**

**Background and Objectives:** The present study was carried out with the aim of determining the concentration of heavy metals (zinc, lead, cadmium, and chromium) in water, sediment, and muscle and liver tissues of *Barbus sharpeyi* and *Barbus xanthopterus* of the Karoon River in order to investigate the status of heavy metals. In this river and to determine the health of the water ecosystem of the Karoon River in Bavi City, the evaluation of these two widely consumed fish species as biological monitors of heavy metals should also be done.

**Methods:** This study was conducted in April 1401 in order to investigate the concentration of heavy metals such as zinc, lead, cadmium, and chromium in six stations in the Karun River in Bavi city. The statistical population for the measurement of heavy metals with three replications included water samples, sediment samples, and Benny and Gattan fish. Then, in order to measure the concentration of heavy metals in water samples, the sediment and tissues of Beni and Gatan fish after acid digestion were injected into the Contra-AA 330 model atomic absorption device. The Shapiro-Wilk test was also used to check the normal distribution of the results. The statistical method of one-way analysis of variance was also used for general comparisons, and Tukey's test was used for multiple comparisons, and the differences were significant at the 95% level.

**Findings:** The average concentration of zinc, lead, cadmium, and chromium in water samples was 5.36, 1.80, 0.18, and 0.68 micrograms/liter, respectively, in sediment samples 46.57, 13.31, 2.89, and, respectively, 22.29 µg/g. Regarding the amount of zinc, lead, cadmium, and chromium in the muscle samples of benny fish, respectively, 57.13, 1.60, 0.94, and 0.51 micrograms per gram, and 11.65, 0.91, and 56, respectively, in Gatan fish. 0.0 and 0.41 µg/g were obtained. Also, the amount of these elements in Bani fish liver is 27.33, 3.49, 2.15, and 1.51 micrograms per gram, and in Gatan fish liver it is 23.49, 2.11, 1.40, and 1.32, respectively. µg/g was obtained. Comparing the amounts of elements in the edible muscle tissue of Beni and Gatan fish showed that the amount of zinc in the muscle tissue of two species of fish is lower than the international standards, but lead, cadmium, and chromium in the muscle tissue of Beni and Gatan fish were higher than some international standards. Pearson's correlation test showed that there is a positive and significant relationship between the concentration of metals in water samples, sediment, and tissues of Bani and Gatan fish ($p<0.05$). The results of calculating the MPI pollution index showed that the value of this index was greater than 1 for all the investigated elements. The BAF index in all samples was less than 1, and the BCF index was greater than 1 for zinc and cadmium elements and less than 1 for lead and chromium. Also, the results of calculating the MLR index showed that the amount of this index for the studied metals is about 0.5.

**Conclusion:** In general, based on the results of this study, it can be seen that the use of fish can give a better picture of the bioavailability of heavy metals such as zinc, lead, chromium, and cadmium. Also, in terms of the health status of the Karun River, using biological monitors, the muscle tissue and liver of Bani and Gatan fish, especially the liver, can be a suitable biological monitor for river health studies. Due to the entry of agricultural, urban, etc. effluents into this area, more periodical investigations and more accurate knowledge of the concentration of pollutants in different foodstuffs such as fish, plants, and agricultural fields are necessary. Also, it is necessary to accurately identify the origin of these pollutants and their input and production sources using chemical fingerprinting techniques so that better control can be done in order to manage these pollutants and finally prevent the penetration of such pollutants into the environment. Values should be avoided.

| NUMBER OF TABLES | NUMBER OF FIGURES | NUMBER OF REFERENCES |
|---|---|---|
| 5 | 1 | 66 |

مقاله پژوهشی

# ارزیابی سلامت رودخانه کارون با استفاده از ماهیان آب شیرین به عنوان پایشگر زیستی فلزات سنگین

یاسمین نیسی[1]، میترا چراغی[2]*، کامران الماسیه[3]

[1] کارشناسی ارشد، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
[2] استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
[3] دانشیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲۲
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۳/۴/۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲

واژگان کلیدی:
شاخص‌های آلودگی
بافت ماهی
دسترسی زیستی
همبستگی
رسوب

*نویسنده مسئول
Cheraghi.mitra@asnrukh.ac.ir

orcid: 0000-0002-0389-3858
doi: 10.52547/joc.15.57.7

## چکیده

**پیشینه و اهداف:** مطالعه حاضر با هدف تعیین غلظت فلزات سنگین (روی، سرب، کادمیوم و کروم) در آب، رسوب و بافت های عضله و کبد ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) و گطان (*Barbus xanthopterus*) رودخانه کارون انجام شده است تا ضمن بررسی وضعیت فلزات سنگین در این رودخانه و تعیین سلامت اکوسیستم آبی رودخانه کارون در محدوده شهرستان باوی، به ارزیابی این دو گونه ماهی پرمصرف به عنوان پایشگر زیستی فلزات سنگین نیز پرداخته شود.

**روش‌ها:** این مطالعه در فروردین ماه ۱۴۰۱ به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین روی، سرب، کادمیوم و کروم در ۶ ایستگاه در رودخانه کارون محدوده شهرستان باوی انجام شد. جامعه آماری برای سنجش فلزات سنگین شامل نمونه های آب، نمونه های رسوب و ماهی بنی و گطان بود. سپس به منظور سنجش غلظت فلزات سنگین در نمونه های آب، رسوب و بافت های ماهی بنی و گطان پس از هضم اسیدی به دستگاه جذب اتمی مدل Contra-aa 330 تزریق شدند. 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 معنی دار بودن اختلاف ها در سطح ۹۵ درصد استفاده شد.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت روی، سرب، کادمیوم و کروم در نمونه های آب به ترتیب ۵/۳۶، ۱/۸۰، ۰/۱۸ و ۰/۶۸میکروگرم بر لیتر در نمونه های رسوب به ترتیب ۴۶/۵۷، ۱۳/۳۱، ۲/۸۹ و ۲۹/۲۲میکروگرم بر گرم به دست آمد. در خصوص میزان روی، سرب، کادمیوم و کروم در نمونه های عضله ماهی بنی به ترتیب ۱۳/۵۷، ۱/۶۰، ۰/۹۴ و ۰/۵۱میکروگرم بر گرم و در ماهی گطان به ترتیب ۱۱/۶۵، ۰/۹۱، ۰/۵۶ و ۰/۴۱میکروگرم بر گرم بدست آمد. همچنین میزان این عناصر در کبد ماهی بنی به ترتیب ۲۷/۳۳، ۳/۴۹، ۲/۱۵ و ۱/۵۱ میکروگرم بر گرم و در کبد ماهی گطان ۲۳/۴۹، ۲/۱۱، ۱/۴۰ و ۱/۳۲ به ترتیب میکروگرم بر گرم به دست آمد. مقایسه میزان عناصر در بافت خوراکی عضله ماهی بنی و گطان نشان داد که میزان عنصر روی در بافت ماهیچه دو گونه ماهی کمتر از استانداردهای جهانی است اما فلز سرب، کادمیوم و کروم در بافت عضله ماهی بنی و گطان از برخی استانداردهای جهانی بالاتر بود. آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین غلظت فلزات در نمونه های آب، رسوب و بافت ماهی بنی و گطان رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد ($p<0/05$). نتایج حاصل از محاسبه شاخص آلودگی MPI نشان داد که میزان این شاخص برای همه عناصر مورد بررسی بزرگ‌تر از ۱ بوده است. میزان شاخص BAF در همه نمونه ها کوچکتر از ۱ و شاخص BCF برای عناصر روی و کادمیوم بزرگتر ۱ و برای سرب و کروم کوچکتر از ۱ به دست آمد. همچنین نتایج حاصل از محاسبه شاخص MLR نشان داد که میزان این شاخص برای فلزات مورد مطالعه حدود ۰/۵ می باشد.

**نتیجه‌گیری:** به طور کلی بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می توان دریافت که استفاده از ماهیان می‌تواند تصویر بهتری از میزان دسترسی زیستی فلزات سنگین روی، سرب، کروم و کادمیوم دهد. همچنین از نظر وضعیت سلامت رودخانه کارون با استفاده از پایشگران زیستی، بافت عضله و کبد ماهی بنی و گطان به‌ویژه کبد می‌تواند پایشگر زیستی مناسبی برای مطالعات سلامت رودخانه باشد. با توجه به ورود پساب های کشاورزی، شهری و ... به این محدوده، بررسی های دوره ای بیشتر و شناخت دقیق تر غلظت آلاینده ها در مواد غذایی مختلف نظیر ماهیان، گیاهان و مزارع کشاورزی ضروری می باشد. همچنین لازم است منشایابی دقیق این آلاینده ها و منابع ورودی و تولیدی آن ها با استفاده از تکنیک‌های انگشت نگاری شیمیایی انجام شود تا بتوان کنترل بهتری در راستای مدیریت این آلاینده ها انجام داده و در نهایت از نفوذ چنین آلاینده هایی به محیط زیست این گونه های ارزشمند جلوگیری شود.

## مقدمه

گسترش شهرنشینی و سرعت بالای صنعتی شدن، پیامدهای گسترده ای برای جامعه بشری داشته است. از جمله این پیامدها، ورود فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی و تهدید سلامت رودخانه، موجودات آبزی و انسان‌ها است که این موضوع یک نگرانی اساسی در سراسر جهان می‌باشد [۱]. این آلاینده ها که غلظت بالایی از آن ها توسط فعالیت‌های انسانی و صنعتی وارد رودخانه‌ها می‌شوند، در رسوبات تجمع کرده [۳-۲] و می‌توانند وارد شبکه غذایی شوند[۴]. ورود این آلاینده‌ها در زنجیره غذایی و تجمع آن‌ها در شبکه غذایی، به دلیل ارتباط بین آب، رسوبات و موجودات آبزی صورت می‌گیرد و از این طریق وارد بدن مصرف‌کننده‌ها از جمله انسان می‌شوند [۷-۵]. آلودگی فلزات سنگین به دلیل تجمع زیستی و بزرگ‌نمایی‌های زیستی در شبکه غذایی و سطح تغذیه‌ای، به عنوان یک مشکل جدی جهانی در نظر گرفته می‌شود [۸]. بسیاری از انواع آلاینده ها خواص جهش زایی دارند [۹]. کادمیوم، کروم و سرب می‌توانند باعث آسیب به DNA و سرطان شوند[۱۰]. همچنین سرب باعث نارسایی کلیوی، آسیب کبدی، کُما، عقب-ماندگی ذهنی و حتی مرگ می‌شود[۱۱]. در مطالعه‌ای دیگر بیان شد که کادمیوم به کلیه‌ها آسیب می‌رساند و باعث هیپوکلسمی حاد و کاهش رشد می‌شود[۱۲].

کروم می‌تواند باعث کم خونی، تحریکات و زخم در روده کوچک و معده، صدمه به اسپرم و سیستم تولیدمثل مردان شود. قرار گرفتن در معرض دوزهای بسیار زیاد ترکیبات کروم در انسان می‌تواند منجر به اثرات شدید قلبی عروقی، خون، دستگاه گوارش، کلیه، کبد، سیستم عصبی و احتمالاً مرگ شود. عنصر روی نیز اگرچه جزو عناصر ضروری برای بدن است، اما غلظت بالای آن می‌تواند خطرات قابل توجهی برای سلامتی ایجاد کند. سطوح نسبتاً بالای روی باعث نفریت، آنوری و ضایعات گسترده در کلیه می‌شود [۱۳].

رودخانه کارون به عنوان بزرگترین رودخانه جنوب و جنوب غرب کشور، صنایع مختلفی را در اطراف خود جای داده است. از این‌رو پذیرنده پسابهای مختلف از جمله پسابهای شهری، کشاورزی، صنعتی و بیمارستانی است که سبب ورود غلظت بالایی از فلزات سنگین به این رودخانه می‌شوند[۱۴]. این رودخانه که از شهرستان باوی واقع در استان خوزستان و از کنار شهرهای ملاثانی، ویس و شیبان می‌گذرد، منبع تأمین آب شرب شهرستان باوی است. همچنین ماهیان رودخانه کارون منبع غذایی مهمی برای مردم شهرستان باوی و نیز سایر مناطق کشور و کشورهای همجوار از جمله عراق می‌باشد. در میان ماهیان پرمصرف در این منطقه می‌توان به ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) و گطان (*Barbus xanthopterus*) اشاره کرد. ماهی بنی و ماهی گطان از خانواده کپور ماهیان و یکی از آبزیان تجاری بسیار مهم در رودخانه کارون است که ارزش صادراتی، اقتصادی و غذایی بالایی دارد.

ارزش غذایی بالای ماهی، آن را به یک جز ضروری از رژیم غذایی انسان تبدیل کرده است [۱۵]. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که مصرف ماهیانی که از مناطق آلوده به فلزات سنگین صید شده‌اند، برای سلامتی انسان بسیار خطرناک می‌باشند[۱۷-۱۶]. زیرا مصرف ماهی یکی از راه‌های اصلی تماس انسان با آلودگی فلزات سنگین تلقی می‌شود[۱۸].

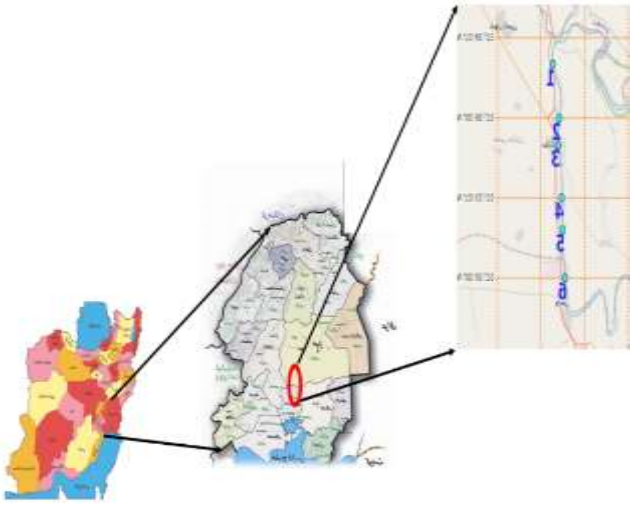
ماهی‌ها می‌توانند غلظت بالایی از فلزات سنگین از جمله روی، سرب، کادمیوم و کروم را در بافت های مختلفی همچون عضله و کبد ذخیره کنند [۱۹]. لذا، ماهی‌ها به عنوان یک شاخص زیستی برای ارزیابی سلامت اکوسیستم های آبی در سراسر جهان مورد بهره برداری قرار گرفته‌اند [۲۰]. زیرا آن‌ها در سطوح بالای زنجیره غذایی قرار دارند و پتانسیل جذب فلزات سنگین را هم از غذایی که می‌خورند و هم از آب و رسوب در زیستگاه خود دارند [۲۲-۲۱].

مطالعات مختلفی به بررسی ماهیان آب شیرین به عنوان پایشگر زیستی فلزات سنگین پرداخته‌اند [۲۶-۲۳]. در داخل کشور نیز مطالعات گسترده ای در راستای تعیین غلظت فلزات سنگین در ماهیان رودخانه کارون انجام شده است که تمرکز اصلی آن ها بر سنجش غلظت فلزات سنگین و مقایسه با استانداردها بوده است[۲۸-۲۷] و به استفاده از ماهیان رودخانه کارون به عنوان پایشگر زیستی فلزات سنگین در این رودخانه توجه کمتری شده است. از این‌رو مطالعه حاضر با هدف تعیین غلظت فلزات سنگین (روی، سرب، کادمیوم و کروم) در آب، رسوب و بافت های عضله و کبد ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) و گطان (*Barbus xanthopterus*) رودخانه کارون انجام شده است تا ضمن بررسی وضعیت فلزات سنگین در این رودخانه و تعیین سلامت اکوسیستم آبی رودخانه کارون در محدوده شهرستان باوی، به ارزیابی این دو گونه ماهی پرمصرف به عنوان پایشگر زیستی فلزات سنگین نیز پرداخته شود.

## روش پژوهش

### ۱. منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری

در این مطالعه، ۶ ایستگاه در رودخانه کارون محدوده شهرستان باوی انتخاب شد (شکل ۱).



**شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه**

موقعیت این ایستگاه‌ها توسط دستگاه GPS تعیین شد (جدول ۱). نمونه-برداری در فروردین ماه ۱۴۰۱ انجام شد. ۱۸ نمونه رسوب با استفاده از گرب ون وین و ۱۸ نمونه آب از عمق ۱۰ سانتی متری زیر سطح برداشت شد (از هر ایستگاه سه نمونه آب و سه نمونه رسوب). همزمان با برداشت رسوب و آب از هر ایستگاه ماهی بنی و گطان نیز برداشت شد و حتی المقدور تلاش شد تا ماهیان هم اندازه انتخاب گردد. نمونه ها در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شدند و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۲۹].

**جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری**

| شماره ایستگاه | طول جغرافیایی (E) | عرض جغرافیایی (N) |
|---|---|---|
| ۱ | ۴۸° ۵۳‘ ۱۰“ | ۳۱° ۳۸‘ ۰۱“ |
| ۲ | ۴۸° ۵۲‘ ۴۴“ | ۳۱° ۳۶‘ ۰۱“ |
| ۳ | ۴۸° ۵۲‘ ۴۹“ | ۳۱° ۳۴‘ ۵۹“ |
| ۴ | ۴۸° ۵۲‘ ۳۴“ | ۳۱° ۳۳‘ ۰۱“ |
| ۵ | ۴۸° ۵۲‘ ۳۱“ | ۳۱° ۳۱‘ ۴۸“ |
| ۶ | ۴۸° ۵۲‘ ۲۱“ | ۳۱° ۳۰‘ ۰۰“ |

## ۲. آماده‌سازی، هضم نمونه‌ها و سنجش فلزات سنگین

در آزمایشگاه پس از زیست سنجی، بافت عضله و کبد ماهیان جدا شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و نمونه‌های رسوب به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا خشک شوند. نمونه‌های رسوب پس از پودر شدن با هاون چینی، از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده [۳۰]. بدین ترتیب که برای سنجش فلزات سنگین در نمونه‌های آب، نمونه‌های آب پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲، با اسید نیتریک ۱۰ درصد در pH=۲ تنظیم شدند. ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های تثبیت شده تا رسیدن به حجم کمتر از ۵۰ میلی‌لیتر حرارت داده شدند. سپس حجم نمونه با استفاده از اسید کلریدریک ۱ نرمال به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید [۳۱]. برای سنجش فلزات سنگین در نمونه‌های سوب، ۱ گرم از نمونه رسوب با ۱۰ میلی‌لیتر تیزاب سلطانی بر روی اجاق هضم در مای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت، آماده شدند. محلول به دست آمده پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ با آب دو بار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. جهت سنجش فلزات سنگین در بافت‌های عضله و کبد ماهی، از هر بافت ۱ گرم برداشته شد و با ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط اسیدنیتریک غلیظ و پراکسیدهیدروژن به نسبت ۳ به ۱، بر روی اجاق هضم در مای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت، نمونه‌ها هضم شدند و محلول پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ۴۲ با آب دوبار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. به منظور اندازه گیری غلظت فلزات سنگین روی، سرب ، کادمیوم و کروم از دستگاه Contra-aa 330 جذب اتمی استفاده شد. در هنگام هضم به همراه هر گروه از نمونه‌ها یک نمونه شاهد تهیه شده و همراه سایر نمونه ها اندازه‌گیری شده است. برای تعیین کنترل کیفی، از ماده مرجع DORM-3 استفاده شد که بر اساس آن میزان بازیابی دستگاه برای فلزات روی، سرب، کادمیوم و کروم در محدوده قابل قبول (۹۵-۹۰٪) به دست آمد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شده است.

## ۳. شاخص آلودگی فلزات (MPI[1])

شاخص آلودگی فلزات به منظور مقایسه سطوح کلی تجمع فلزات در بافت-های مختلف ماهیان به کار می‌رود. مقادیر MPI برای هر گونه که توسط Usero و همکاران در سال 1997 مطرح گردید، با استفاده از رابطه ی (۱) محاسبه می‌شود[۳۲]:

$$MPI = (Cf_1 \times Cf_2 \times \ldots \times Cf_n)^{1/n}$$ رابطه (۱)

که در آن Cfn غلظت فلز n در نمونه است.

## ۴. شاخص تجمع زیستی (BAF[2])

شاخص تجمع زیستی (BAF) برای بررسی ارتباط بین فلزات سنگین در رسوبات و موجودات زنده به کار می رود. میانگین غلظت فلزات سنگین رسوبات برای بررسی تجمع زیستی استفاده شده است. BAF مطابق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$BAF=C_{biota}/C_{sediment}$$ رابطه (۲)

[1]-Metal Pollution Index

[2]- Bioaccumulation Factor

که در آن Cbiota ، غلظت کلی فلـــزات در موجـــود زنده kg mg/kg و Csediment غلظت فلز در رسوبات mg/kg می‌باشد.

### ۵. شاخص تغلیظ زیستی (BCF[1])

شاخص تغلیظ زیستی (BCF) برای بررسی ارتباط بین فلزات سنگین در آب و موجودات زنده به کار می‌رود. میانگین غلظت فلزات سنگین آب برای بررسی تغلیظ زیستی استفاده شده است. BCF مطابق رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$BCF=C_{biota}/C_{water}$$ رابطه (۳)

که در آن Cbiot، غلظت کلی فلـــزات در موجـــود زنده mg/kg و Cwater غلظت فلز در آب mg/l می‌باشد.

### ۶. شاخص عضله : کبد (MLR)[2]

میزان فلزات سنگین عضله نسبت به غلظت این عناصر در بافت کبد (عضله : کبد)، شاخص مورد اطمینانی برای تعیین میزان آلودگی محیط به فلزات سنگین است. اگر میزان این شاخص در محدوده ۰/۵ باشد، حاکی از شرایط ثابت محیطی است و اگر مقدار آن در محدوده ۱/۴ به دست آید، نشان دهنده رو به بهبود بودن محیط خواهد بود [۳۳-۳۴].

## نتایج و بحث

بررسی غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در آب، رسوب و بافت‌های ماهیان نشان داد که الگوی تجمع عناصر مختلف در آب و رسوب به صورت: کادمیوم > سرب > کروم > روی و در بافت عضله و کبد ماهیان به صورت: کروم > کادمیوم > سرب > روی است. فلز روی نسبت به سایر عناصر دارای غلظت بالاتری است که ورود پساب ناشی از فعالیت-های کشاورزی، صنایع و فاضلاب‌های خانگی به این اکوسیستم‌ها می-تواند دلیل بالا بودن میزان این عنصر در منابع آبی باشد. توسعه شدید شهرنشینی، صنایع، فناوری و افزایش سطوح زیرکشت نیز سبب ورود آلاینده‌های مختلفی به رودخانه کارون می‌گردند [۳۵]. همچنین دلیل غلظت بالای این عنصر نسبت به سایر عناصر در بافت عضله و کبد ماهی بنی و گطان در این منطقه، می‌تواند به دلیل بالا بودن غلظت روی در آب و رسوبات نسبت به سایر فلزات و نیز ضروری بودن این عنصر رشد موجودات زنده باشد. روی از عناصر ضروری برای موجودات زنده می‌باشد که در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی نقش دارد [۳۶]. پس می توان چنین بیان کرد که غلظت بالای روی در بافت های ماهیان به غلظت بالای این عنصر در آب و رسوبات وابسته است اما شاید دلیل مهم‌تر، تمایل این عنصر برای اتصال به گروه سولفیدریل در متالوتیونین-ها باشد که به عنوان منبع تأمین عناصر ضروری برای فعالیتهای آنزیمی نقش مهمی دارند [۳۷-۳۸].

از طرفی بر اساس مطالعه انجام شده، فلز روی اثر معکوس بر سایر فلزات در بافت‌های موجودات زنده دارد، یعنی زمانی که جذب فلز روی توسط بافت‌ها بالا باشد، جذب عناصر دیگر کاهش می‌یابد[۳۹]. الگوی اثر معکوس فلز روی بر سایر فلزات در بافت‌های موجودات زنده و کاهش جذب عناصر دیگر وقتی که جذب فلز روی افزایش می‌یابد، یک پدیده مهم در محیط زیست است. این پدیده به عنوان "رقابت فلزات سنگین" شناخته می‌شود که در محیط‌های آبی مشاهده می‌شود. زمانی که غلظت یک فلز سنگین مانند روی در محیط زیست افزایش می‌یابد، موجب می‌شود که موجودات زنده این فلز را به طور فزاینده‌ای جذب کنند. اما این جذب فلز روی ممکن است باعث کاهش جذب سایر فلزات نیز شود. به عبارت دیگر، فلز روی می‌تواند باعث رقابت با فلزات دیگر مانند سرب، کادمیوم و کروم شود که نتیجه آن کاهش جذب این فلزات توسط بافت‌های موجودات زنده می‌شود.

**جدول ۲: غلظت فلزات سنگین (ppm) در آب، رسوب و ماهیان منطقه مورد مطالعه (میانگین± انحراف معیار)**

| Cr | Cd | Pb | Zn | |
|---|---|---|---|---|
| 3.68 ±0.51 | 0.18 ±0.05 | 1.80 ±0.27 | 5.36 ±0.48 | W |
| 29.22 ±8.56 | 2.89 ±0.37 | 13.31 ±2.14 | 46.57 ±4.05 | S |
| 0.51 ±0.14 | 0.94 ±0.31 | 1.60 ±0.58 | 13.57 ±4.47 | BM |
| 1.51 ±0.28 | 2.15 ±0.62 | 3.49 ±1.16 | 27.33 ±8.94 | BL |
| 0.41 ±0.14 | 0.56 ±0.24 | 0.91 ±0.43 | 11.65 ±3.34 | GM |
| 1.32 ±0.28 | 1.40 ±0.49 | 2.11 ±0.85 | 23.49 ±6.69 | GL |

W: آب، S: رسوب، BM: عضله ماهی بنی، BL: کبد ماهی بنی، GM: عضله ماهی گطان، GL: کبد ماهی گطان

همچنین مقایسه غلظت عناصر در بافت عضله و کبد ماهی بنی و گطان نشان داد که میزان فلزات در بافت کبد بیشتر از بافت عضله می باشد (جدول ۲). تجمع فلزات در بافت کبد می‌تواند به دلیل تمایل زیاد فلزات به واکنش با اکسیژن کربوکسیلات گروه آمین، نیتروژن و سولفور موجود در پروتئین

۱- Bioaccumulation Factor

۲- Muscle-Liver Ratio

متالوتیونین باشد [۴۰]. تاکنون مطالعات فراوانی نشان دادند که بافت کبد نسبت به بافت های دیگر توانایی بیشتری برای تجمع فلزات دارد[۴۱-۴۴]. مطالعات صورت گرفته بر روی پروتئین متالوتیونین که به عنوان پروتئین کاهنده اثرات سمی عمل می کند [۴۰]، نشان داد که این پروتئین از غلظت بالایی در کبد برخوردار است [۴۵]. بنابراین بافت کبد نقش مهمی در تجمع، توزیع مجدد فلزات ایفا می کند[۴۶]. بافت کبد شاخص خوبی از لحاظ در معرض در قرار گرفتن طولانی مدت با فلزات سنگین محسوب می گردند، به دلیل اینکه این بافت، جایگاه متابولیسم فلزات می باشد، می‌تواند نشانگر خوبی برای آلودگی با فلزات سنگین به کار رود.

به منظور ارزیابی خطر تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی بنی و گطان در این پژوهش، این مقادیر با استانداردهای موجود در این زمینه مقایسه شد. نتایج به دست آمده در هر پژوهشی در کنار استانداردها اعتبار پیدا می کند. استانداردهایی مانند: سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA)، سازمان خواربار جهانی (FAO)، انجمن بهداشت ملی و تحقیقات پزشکی استرالیا (HNMRC)، وزارت کشاورزی، شیلات و غذای انگلستان (UKMAFF) و آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (USEPA) مقادیر تعیین شده توسط این مراجع در جدول (۳) بیان شده است. نتایج این مقایسه نشان داد که غلظت فلز سنگین روی در منطقه باوی در دو گونه ماهی پایین‌تر از غلظت تعیین شده توسط اکثر سازمان‌های ذکر شده در جدول (۳) است و تهدیدی برای سلامت عمومی محسوب نمی‌شود. همچنین سطح تجمع روی در ماهی بنی بیشتر از ماهی گطان است. Evans و همکاران گزارش کردند که ماهیان با رژیم غذایی مختلف، تفاوت آشکاری را در میزان تجمع آلاینده‌ها نشان می‌دهند که دلیل آن را می توان در متغیرهای بیولوژیکی، پارامترهای محیطی، فیزیولوژی و زیستگاه ماهی جستجو کرد [۴۷]. ماهی بنی، یک ماهی با رژیم غذایی غالب گیاهخواری و ماهی گطان، همه چیزخوار است که می‌تواند یکی از دلایل تفاوت در میزان تجمع آلاینده‌ها در این دو گونه باشد. غلظت عنصر سرب در ماهی بنی در منطقه باوی از حد مجاز استاندارد جهانی WHO، NHMRC و USEPA بیشتر است، همچنین غلظت عنصر سرب در ماهی گطان از حد مجاز استانداردهای جهانی WHO و USEPA بیشتر است. میزان غلظت عنصر کادمیوم در ماهی بنی در منطقه باوی از حد مجاز استاندارد جهانی FAO، WHO، NHMRC و UKMAFF بیشتر است. همچنین غلظت عنصر کادمیوم در ماهی گطان از حد مجاز استانداردهای جهانی FAO، WHO، NHMRC و UKMAFF بیشتر است. میزان غلظت عنصر کروم در ماهی بنی در منطقه باوی از حد مجاز استاندارد جهانی FAO و WHO بیشتر است، همچنین غلظت عنصر کروم در ماهی گطان از حد مجاز استانداردهای جهانی FAO و WHO بیشتر است. بالاتر بودن میزان فلزات سنگین در عضله دو گونه ماهی در مقایسه با برخی استانداردهای بین‌المللی یک هشدار جدی است که نیازمند نظارت دقیق‌تر و بررسی‌های بیشتری در این زمینه است.

**جدول ۳: مقایسه میانگین فلزات سنگین روی، سرب، کادمیوم و کروم (میکروگرم بر گرم وزن خشک) در بافت عضله ماهی بنی و گطان با استانداردهای موجود**

| Cr | Cd | Pb | Zn | Standard |
|---|---|---|---|---|
| 0.2 | 0.2 | 0.5 | 100 | WHO |
| 0.1-0.9 | 2 | 5 | 40 | FDA |
| 0.1 | 0.3 | 2 | 50 | FAO |
| 10 | 0.05 | 1.5 | 150 | NHMRC |
| 50 | 0.2 | 2 | 50 | UK(MAFF) |
| 0.55 | 2 | 0.3 | 300 | USEPA |
| 0.5 | 0.9 | 1.6 | 13.5 | ماهی بنی |
| 0.4 | 0.5 | 0.9 | 11.6 | ماهی گطان |

**جدول ۴: شاخص آلودگی فلزات**

Table 4: Index of metal pollution

| شاخص | گونه ماهی | ماهی بنی | ماهی گطان |
|---|---|---|---|
| MPI | عضله | 1.76 | 1.21 |
| | کبد | 4.14 | 3.03 |
| BAF | Zn | 0.29 | 0.25 |
| | Pb | 0.12 | 0.07 |
| | Cd | 0.32 | 0.19 |
| | Cr | 0.02 | 0.01 |
| BCF | Zn | 2.50 | 2.17 |
| | Pb | 0.88 | 0.50 |
| | Cd | 5.46 | 3.27 |
| | Cr | 0.14 | 0.11 |
| MLR | Zn | 0.50 | 0.50 |
| | Pb | 0.45 | 0.42 |
| | Cd | 0.43 | 0.39 |
| | Cr | 0.33 | 0.30 |

جدول ۴ نتایج حاصل از محاسبه شاخص آلودگی فلزات شامل MPI، BAF، BCF و MLR را نشان می دهد. نتایج حاصل از محاسبه شاخص

MPIنشان داد که گونه بنی از بار آلودگی بیشتری نسبت به گونه گطان برخوردار است. از مهمترین دلایل این موضوع می‌تواند تفاوت اندک در رژیم غذایی آنها باشد. در گونه های مختلف و حتی در افراد مختلف یک ماهی میزان تجمع و نرخ تجمع عناصر فلزی متفاوت است که تفاوت در تغذیه، شرایط فیزیولوژیکی و ... می توانند از عوامل تأثیرگذار باشند [۴۹-۴۸]. اگرMPI کمتر از عدد یک باشد نشان دهنده این است که بار یا غلظت فلزات سنگین نزدیک به غلظت زمینه است و اگر مقدار این شاخص بیش از یک باشد نشان دهنده آلودگی است [۵۰]. در گونه بنی و گطان در عضله و کبد عدد این شاخص بیشتر از یک بوده است (جدول ۴) که نشان از آلودگی بافت های این دو گونه ماهی به فلزات سنگین می باشد و میزان آلودگی در کبد بیشتر از عضله می باشد شاخص آلودگی عنوان یک سیستم استاندارد برای تشخیص آلودگی است که مقایسه میزان آلودگی میان گونه ها و بافت های مختلف را فراهم می سازد. این شاخص امکان ارزیابی کلی از وضعیت سمیت ناشی از سهم چند فلز را در یک نمونه به محققین می دهد.

فاکتور تجمع زیستی برای دو گونه ماهی مورد بررسی محاسبه شد .یکی از فواید استفاده از BAFاین است که با استفاده از آن می‌توان مقادیر کم آلودگی را که با اندازه گیری مستقیم نمی توان ردیابی کرد، راحت تر تشخیص داد [۵۱]. مقادیر متفاوت BAF در بین موجودات، نشان دهنده میزان توانایی آنها در تجمع فلزات سنگین از محیط اطرافشان می باشد [۵۲]. فاکتور تجمعی بیش از یک نشان دهنده تجمع مؤثر فلزات توسط موجودات می باشد [۵۳]. بیشترین فاکتور تجمعی مربوط به کادمیم در ماهی بنی و کمترین فاکتور تجمعی مربوط به کروم در گطان بود (جدول ۴). فاکتور تجمع زیستی در ماهی‌ها کمتر از یک بود و بیشترین تجمع با فاکتور تجمعی تقریباً ۰/۳۲ مربوط به کادمیم در ماهی بنی بود. تجمع فلز از رسوب توسط موجودات آبزی به وضعیت آن موجود در رابطه با رسوب بستگی دارد. اینکه یک موجود در معرض آلودگی های رسوب قرار بگیرد بسته به اینکه در داخل رسوب، یا بین رسوب و آب باشد و یا در ستون آب قرار گیرد، متفاوت است. تفاوت های فیزیولوژیکی در حجم، ترکیب و توزیع چربی در یک موجود می‌تواند بر تجمع آلودگی های آبدوست و چربی دوست اثرگذار باشد. همچنین، فرایندهای متابولیکی نظیر جذب فعال، انتقال زیستی، حذف آلودگیها و سوخت و ساز چربی، سرعت رشد یک موجود در مقایسه با سرعت جذب آلودگی بر مقدار تجمع زیستی اثرگذار است [۵۴]. ماهیانی که در مجاورت بستر قرار دارند ممکن است غلظت بیشتری از آلاینده ها را در خود تجمع داده و BAF بیشتری منعکس شود. از لحاظ محل زیست، ماهی بنی نسبت به ماهی گطان در سطح پایین تری زیست و به فعالیت خود ادامه می‌دهد. به عبارت دیگر زیستگاه غالب ماهی بنی در نزدیک بستر است در حالی که ماهی گطان بیشتر میان زی می باشد، ازاین‌رو بالاتر بودن فاکتور تجمع زیستی در ماهی بنی نسبت به گطان منطقی به نظر می رسد. مطالعه Leung و همکاران در سال ۲۰۱۰ [۵۵] و نیز Adeniyi در سال ۲۰۰۸ [۵۰] نشان داد که ماهی تیلاپیا نسبت به گربه ماهی، آلاینده های بیشتری را جذب می کند و فاکتور تجمع زیستی در خصوص آلاینده های آلی در ماهی تیلاپیا، ۳ برابر گربه ماهی و در خصوص فلزات سنگین نیز ماهی تیلاپیا از فاکتور تجمع زیستی بالاتری برخوردار است (میزان فاکتور تجمع زیستی در گربه ماهی ۸۵٪ میزان تجمع زیستی در تیلاپیا است).

پتانسیل تجمع زیستی در زیستمندان آبزی به طور معمول با استفاده از نسبت غلظت‌های شیمیایی در بافت موجود زنده به غلظت‌های مواجه های آلاینده به صورت شاخص تغلیظ زیستی (BCF) بیان می گردد. سطوح BCF در گونه های مختلف و برای عناصر مختلف بسیار متفاوت است [۵۶]. در مطالعه حاضر شاخص تغلیظ زیستی برای عناصر روی و کادمیوم در ماهی بنی و گطان بزرگتر از ۱ بود که نشان دهنده توان تجمعی بالای هر دو گونه مورد مطالعه برای عناصر روی و کادمیوم بوده است (جدول ۴). مقادیر فاکتور تغلیظ زیستی در ماهی بنی بیشتر از ماهی گطان بود. مطالعات انجام شده نشان داده است که مقادیر BCF بین گونه های مختلف تا حد زیادی متغیر بوده است[۵۷]. بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر بالاتر از یک BCF در دو گونه بنی و گطان، بیانگر این است که این دو گونه شاخص های زیستی مناسبی برای پایش آلودگی فلزات سنگین روی و کادمیوم در رودخانه کارون می باشند. همچنین با توجه به اینکه بیشترین میزان شاخص تغلیظ زیستی فلزات در ماهی بنی است، ماهی بنی می‌تواند به عنوان شاخص ترین گونه در رابطه با تجمع عناصر روی و کادمیوم در رودخانه کارون باشد.

نسبت عضله به کبد (MLRs) برای عنصر روی، سرب، کادمیوم و کروم در ماهی بنی به ترتیب برابر ۰/۵، ۰/۴۵، ۰/۴۳ و ۰/۳۳ و برای ماهی گطان به ترتیب برابر ۰/۵، ۰/۴۲، ۰/۳۹ و ۰/۳۰ به دست آمد (جدول ۴). اعداد شاخص MLR برای همه عناصر در دو گونه بنی و گطان در محدوده ۰/۵بودند که حاکی از شرایط ثابت محیطی است و [۳۴-۳۳]. نشانه ای از رو به بهبود بودن محیط وجود ندارد. همچنین این شاخص نشان داد که عناصر روی، سرب، کادمیوم و کروم در ماهی بنی و گطان در کبد بیشتر از عضله است و یکی از دلایل آن جذب این عناصر از محیط توسط ماهیان مورد مطالعه بوده و سپس از طریق خون عمدتا به کبد منتقل می شوند[۳۴]. نتایج مطالعات قبلی نیز نشان می دهند که تجمع فلزات سنگین در کبد نسبت به بافت‌های عضلانی بیشتر می باشد و فلزات سنگین در محیط های آلوده عمدتاً در کبد تجمع می یابند [۶۱-۵۸]. دلیل آن نقش کلیدی کبد در متابولیسم است و همچنین مکان اصلی تجمع، انتقال زیستی، سم زدایی و دفع آلاینده ها در ماهی می باشد [۶۳-۶۲]. نسبت عضله به کبد نشان می دهد که فلزات سنگین به سرعت از بدن ماهی حذف و در کبد به عنوان اندام سم زدایی بدن تجمع کرده اند. از اینرو می‌تواند به عنوان شاخص مهمی در خصوص آلودگی فلزات سنگین در زیستگاه ماهی

باشد [۳۳]. بر اساس این نتایج می توان چنین بیان نمود که MLR نیز می‌تواند به عنوان یک شاخص زیستی مهم در پایش آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی باشد. غلظت فلزات سنگین در کبد و ماهیچه با سطح آلودگی محیط تغییر می کند. در مکان‌های آلوده، فلزات سنگین ترجیحاً در کبد تجمع می یابد[۶۴]. با توجه به اینکه بافت عضلانی ماهی جهت انباشته شدن فلزات سنگین شناخته شده نیست، اما غلظت فلزات سنگین در ماهیچه می‌تواند بازتابی از محتوای آنها در محیط باشد [۳۴].

نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون نیز نشان داد که بین غلظت فلزات در آب و بافت عضله و کبد ماهیان بنی و گطان همبستگی معنی داری وجود دارد (P<۰/۰۵ ). همچنین بین غلظت فلزات در رسوب و بافت عضله و کبد ماهیان بنی و گطان همبستگی معنی داری وجود دارد (۰/۰۵ >P). جدول (۵) ارتباط بین غلظت فلزات در آب، رسوب و بافت عضله و کبد ماهیان بنی و گطان را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، ارتباط مثبت و معنی داری بین غلظت فلزات روی، سرب، کادمیوم و کروم در بافت عضله و کبد ماهیان بنی و گطان به خصوص کبد با غلظت این عناصر در آب و رسوب وجود دارد. لذا با توجه به نتایج این مطالعه می توان نشان داد که بافت عضله و کبد ماهی بنی و گطان می‌تواند پایشگر زیستی مناسبی برای فلزات سنگین مورد بررسی در رودخانه کارون باشد و کبد پایشگر مناسب تری نسبت به عضله می باشد. نتایج این مطالعه با مطالعه پورخباز و همکاران (۱۳۹۵) همخوانی دارد. این محققان در مطالعه خود به سنجش میزان فلزات سنگین (سرب، روی، کروم و کادمیوم) در رودخانه کارون با استفاده از جلبک به عنوان شاخص زیستی پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که همبستگی مثبت و معناداری میان غلظت فلزات در رسوبات با بافت جلبک به دست آمد که نشان داد جلبک Chaetomorphaپایشگر زیستی مناسبی برای فلزات سنگین مذکور در رودخانه کارون است [۶۵]. همچنین در مطالعه الباجی و همکاران (۱۴۰۱) نیز که غلظت فلزات سنگین کادمیوم، نیکل، سرب و وانادیوم در آب، رسوبات و ماکروبنتوزهای تالاب هورالعظیم ارزیابی شده است، وجود همبستگی معنی داری بین میزان غلظت فلزات سنگین در رسوب و ماکروبنتوزهای تالاب هورالعظیم مشاهده شده است. این محققان بیان کردند که وجود همبستگی بین میزان غلظت فلزات سنگین در رسوب و ماکروبنتوزهای تالاب هورالعظیم، علاوه بر اینکه تأکیدکننده جذب و انتقال فلزات در طول زنجیره غذایی است، می‌توان از ماکروبنتوزها به عنوان بهترین شاخص‌های زیستی استفاده نمود [۶۶].

**جدول ۵: نتایج ضریب همبستگی پیرسون فلزات مختلف در آب، رسوب و بافت عضله و کبد ماهی بنی و گطان**

| | | BM | BL | GM | GL |
|---|---|---|---|---|---|
| آب | Zn | 0.97 | 0.97 | 0.76 | 0.80 |
| | Pb | 0.93 | 0.98 | 0.96 | 0.97 |
| | Cd | 0.91 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| رسوب | Cr | 0.93 | 0.93 | 0.91 | 0.88 |
| | Zn | 0.97 | 0.97 | 0.86 | 0.91 |
| | Pb | 0.87 | 0.95 | 0.89 | 0.91 |
| | Cd | 0.93 | 0.93 | 0.97 | 0.96 |
| | Cr | 0.97 | 0.97 | 0.92 | 0.87 |

BM: عضله ماهی بنی، BL: کبد ماهی بنی، GM: عضله ماهی گطان، GL: کبد ماهی گطان (سطح معنی داری: ۰/۰۵)

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه غلظت فلزات سنگین (روی، سرب، کادمیوم و کروم) در آب، رسوب و ماهی بنی و گطان در ۶ ایستگاه در رودخانه کارون شهرستان باوی بررسی گردید. نتایج به دست آمده در پژوهش کنونی نشان داد که الگوی تجمع عناصر مختلف در آب و رسوب به صورت: کادمیوم > سرب > کروم > روی و در بافت عضله و کبد ماهیان به صورت: کروم > کادمیوم > سرب > روی است. میزان غلظت تمام فلزات سنگین مورد مطالعه در بافت غیرخوراکی کبد از بافت خوراکی عضله ماهی بنی و گطان صید شده از رودخانه کارون واقع در استان خوزستان بالاتر بود. مقایسه میزان عناصر در بافت خوراکی عضله ماهی بنی و گطان نشان داد که میزان عنصر روی در بافت ماهیچه دو گونه ماهی کمتر از استانداردهای جهانی است اما فلز سرب، کادمیوم و کروم در بافت عضله ماهی بنی و گطان از برخی استانداردهای جهانی بالاتر بود. بالا بودن تجمع این سه عنصر از برخی استانداردهای بین‌المللی، بیانگر لزوم توجه به احتمال ورود پیوسته منابع تولید کننده این عوامل آلاینده همانند پسآب های سموم کشاورزی، علف کش ها، حشره کش ها و باقیمانده حاصل از سوخت های فسیلی مورد استفاده در فعالیت های صنعتی به محل زیست گونه های مذکور می باشد. ورود فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی شهرستان باوی در کنار رشد بی رویه نواحی شهری و روستایی حاشیه رودخانه و همچنین مصرف بی رویه سموم و کودهای شیمیایی در مزارع کشاورزی و عدم مدیریت اصولی منابع تأمین کننده آب رودخانه، می‌تواند منجر به ورود آلاینده ها آلی و معدنی مختلف از جمله فلزات سنگین به رودخانه شده و ضمن تجمع عناصر در بافت های بدن آبزیان، سلامت مصرف کنندگان را با مخاطره مواجه سازد. بنابراین نیازمند بررسی های دوره ای بیشتر و در نتیجه شناخت دقیق تر غلظت آلاینده ها در مواد غذایی مختلف نظیر ماهیان، گیاهان و مزارع کشاورزی و نیز منابع ورودی و تولیدی آن ها در جهت کنترل و در نهایت جلوگیری از نفوذ چنین آلاینده هایی به محیط زیست این گونه های ارزشمند می باشد.

بر اساس شاخص آلودگی فلزات (MPI، BAF، BCF و MLR) می توان گفت در بین دو گونه ماهی بررسی شده، میزان آلودگی و خطر بهداشتی مصرف ماهی بنی به مراتب بیشتر از ماهی گطان می باشد. شاخص MPI محاسبه شده در گونه بنی و گطان بیشتر از یک بدست آمد که نشان از آلودگی بافت

های این دو گونه ماهی به فلزات سنگین می باشد و میزان آلودگی در کبد بیشتر از عضله می باشد. فاکتور تجمع زیستی در ماهی بنی بیشتر از گطان بود. ماهیانی که در مجاورت بستر قرار دارند ممکن است غلظت بیشتری از آلاینده ها را در خود تجمع داده و BAF بیشتری منعکس شود. از لحاظ محل زیست، ماهی بنی نسبت به ماهی گطان در سطح پایین تری زیست و به فعالیت خود ادامه میدهد. به عبارت دیگر زیستگاه غالب ماهی بنی در نزدیک بستر است در حالی که ماهی گطان بیشتر میان زی می باشد. در مطالعه حاضر شاخص تغلیظ زیستی برای عناصر روی و کادمیوم در ماهی بنی و گطان بزرگتر از ۱ بود که نشان دهنده توان تجمعی بالای هر دو گونه مورد مطالعه برای عناصر روی و کادمیوم بوده است. مقادیر بالاتر از یک BCF در دو گونه بنی و گطان، بیانگر این است که این دو گونه شاخص های زیستی مناسبی برای پایش آلودگی فلزات سنگین روی و کادمیوم در رودخانه کارون می باشند. همچنین با توجه به اینکه بیشترین میزان شاخص تغلیظ زیستی فلزات در ماهی بنی است، ماهی بنی می‌تواند به عنوان شاخص ترین گونه در رابطه با تجمع عناصر روی و کادمیوم در رودخانه کارون باشد. نسبت عضله به کبد نیز نشان داد که این شاخص می‌تواند به عنوان یک شاخص زیستی مهم در پایش آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی باشد. غلظت فلزات سنگین در کبد و ماهیچه با سطح آلودگی محیط تغییر می کند. در مکان‌های آلوده، فلزات سنگین ترجیحاً در کبد تجمع می یابد. نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون نیز نشان داد که بین غلظت فلزات در آب و بافت عضله و کبد ماهیان بنی و گطان همبستگی معنی داری وجود دارد، بنابراین می توان نتیجه گرفت که بافت عضله و کبد ماهی بنی و گطان می‌تواند پایشگر زیستی مناسبی برای فلزات سنگین مورد بررسی در رودخانه کارون باشد و کبد پایشگر مناسب تری نسبت به عضله می باشد.

## مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند. تمرکز نویسنده اول (یاسمین نیسی) بیشتر بر جمع آوری نمونه ها و آنالیزهای آزمایشگاهی بوده است. تمرکز اصلی نویسنده دوم (میترا چراغی) که نویسنده مسئول مقاله است، بر آنالیز نمونه ها و استخراج فلزات سنگین، تجزیه و تحلیل داده ها و ارزیابی سلامت اکوسیستم بوده است. نظارت بر انطباق مقاله با فرمت مجله، نگارش و جمع‌آوری مطالب، ترجمه و ویراستاری مقالات و هماهنگی محتوایی مقاله را نیز بر عهده داشته است. نویسنده سوم (کامران الماسیه) نیز در تجزیه و تحلیل نتایج، نظارت بر نگارش و جمع‌آوری مطالب، ترجمه و ویراستاری مقالات و هماهنگی محتوایی مقاله نقش داشته است.

## تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد مصوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان می باشد. شایسته است مراتب قدردانی خود را از حوزه معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه به دلیل فراهم کردن امکانات اجرای مطالعه اعلام داریم.

## تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

## منابع

[1] Hameed, M., Dijoo, Z. K., Bhat, R. A., Qayoom, I., (2020). Concerns and threats of heavy metals' contamination on aquatic ecosystem. Bioremediation and Biotechnology, 4: 1-19 **(19 pages).** https://www.researchgate.net/publication/344862597_Concerns_and_Threats_of_Heavy_Metals'_Contamination_on_Aquatic_Ecosystem

[2] Tyokumbur, E. T., Okorie, T., (2011). Bioconcentration of trace metals in the tissues of two leafy vegetables widely consumed in South West Nigeria. Biological Trace Element Research, 140: 215-224 **(10 pages).** https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-010-8683-4

[3] Fang, H., Cai, L., Yang, Y., Ju, F., Li, X., Yu, Y., Zhang, T., (2014). Metagenomic analysis reveals potential biodegradation pathways of persistent pesticides in freshwater and marine sediments. Science of the Total Environment, 470: 983-992 **(10 pages).** https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969713012205

[4] Sarker, A., Kim, J. E., Islam, A. R. M. T., Bilal, M., Rakib, M. R. J., Nandi, R., ... Islam, T., (2022). Heavy metals contamination and associated health risks in food webs—a review focuses on food safety and environmental sustainability in Bangladesh. Environmental Science and Pollution Research, 29(3): 3230-3245 **(16 pages).** https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-17153-7

[5] Vicente-Martorell, J. J., Galindo-Riaño, M. D., García-Vargas, M., Granado-Castro, M. D., (2009). Bioavailability of heavy metals monitoring water, sediments and fish species from a polluted estuary. Journal of hazardous materials, 162(2-3): 823-836. **(14 pages).** https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389408008029

[6] Panda, B. P., Mohanta, Y. K., Paul, R., Prusty, B. A. K., Parida, S. P., Pradhan, A., Sarma, H., (2023). Assessment of

Nabizadeh, R., (2007). Regional water quality management for the Karun–Dez River basin, Iran. Water and Environment Journal, 21(3): 192-199 **(8 pages).**https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1747-6593.2007.00070.x

[15] Sioen, I., De Henauw, S., Verbeke, W., Verdonck, F., Willems, J. L., Van Camp, J., (2008). Fish consumption is a safe solution to increase the intake of long-chain n-3 fatty acids. Public health nutrition, 11(11): 1107-1116. **(10 pages).**https://www.cambridge.org/core/journals/public-health-nutrition/article/fish-consumption-is-a-safe-solution-to-increase-the-intake-of-longchain-n3-fatty-acids/E03B0D5D53FA1D782487A7AAC0D009F4

[16] Renieri, E. A., Safenkova, I. V., Alegakis, A. K., Slutskaya, E. S., Kokaraki, V., Kentouri, M., Tsatsakis, A. M., (2019). Cadmium, lead and mercury in muscle tissue of gilthead seabream and seabass: Risk evaluation for consumers. Food and chemical toxicology, 124: 439-449. **(11 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691518308937

[17] Ali, J., Khan, S., Khan, A., Waqas, M., Nasir, M. J., (2020). Contamination of soil with potentially toxic metals and their bioaccumulation in wheat and associated health risk. Environmental monitoring and assessment, 192: 1-12. **(12 pages).**https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-020-8096-6

[18] Jia, Y., Wang, L., Qu, Z., Wang, C., Yang, Z., (2017). Effects on heavy metal accumulation in freshwater fishes: species, tissues, and sizes. Environmental Science and Pollution Research, 24: 9379-9386 **(8 pages).**
https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-8606-4

[19] Annabi, A., Said, K., Messaoudi, I. (2013)., Cadmium: bioaccumulation, histopathology and detoxifying mechanisms in fish. American Journal of Research Communication, 1(4), 62-81 **(20 pages).**
http://www.usa-journals.com/wp-content/uploads/2013/03/Annabi_Vol14_1

[20] Widianarko, B., Van Gestel, C. A. M., Verweij, R. A., Van Straalen, N. M., (2000). Associations between trace metals in sediment, water, and guppy, Poecilia reticulata (Peters), from urban streams of Semarang, Indonesia. Ecotoxicology and Environmental Safety, 46(1): 101-107 **(7 pages).** environmental and carcinogenic health hazards from heavy metal contamination in sediments of wetlands. Scientific Reports, 13(1): 16314-16328 **(15 pages).**
https://www.nature.com/articles/s41598-023-43349-7

[7] Maitera, O. N., Magili, S. T., Barminas, J. T., (2011). Determination of heavy metal levels in water and sediments of river Gongola in Adamawa State, Nigeria. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences, 2(5): 891-896 **(7 pages).** https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/EJC156598

[8] Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., Masunaga, S., (2015). Metal speciation in sediment and their bioaccumulation in fish species of three urban rivers in Bangladesh. Archives of environmental contamination and toxicology, 68: 92-106 **(15 pages).** https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-014-0079-6

[9] Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., Sutton, D. J., (2012). Heavy metal toxicity and the environment. Molecular, clinical and environmental toxicology, 3: 133-164 **(32 pages).**https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7643-8340-4_6

[10] Bonfiglio, R., Sisto, R., Casciardi, S., Palumbo, V., Scioli, M. P., Palumbo, A., Scimeca, M., (2023). The impact of toxic metal bioaccumulation on colorectal cancer: Unravelling the unexplored connection. Science of The Total Environment, 906: 167667-167679 **(14 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723062940

[11] García-Lestón, J., Méndez, J., Pásaro, E., Laffon, B., (2010). Genotoxic effects of lead: an updated review. Environment international, 36(6): 623-636. **(14 pages).**https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20466424

[12] Wallin, M., Sallsten, G., Lundh, T., Barregard, L., (2014). Low-level cadmium exposure and effects on kidney function. Occupational and environmental medicine, 71(12): 848-854 **(7 pages).** https://oem.bmj.com/content/71/12/848.short

[13] Sivaperumal, P., Sankar, T. V., Nair, P. V., (2007). Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. Food chemistry, 102(3): 612-620 **(9 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814606004341

[14] Afkhami, M., Shariat, M., Jaafarzadeh, N., Ghadiri, H.,

[27] Khoshnood, Z., Khoshnood, R., (2015). Effect of industrial wastewater on fish in Karoon River. Transylvanian review of systematical and ecological research, 17(1): 109-120 **(12 pages).**https://sciendo.com/article/10.1515/trser-2015-0052?content-tab=abstract

[28] Askary Sary, A., Mohammadi, M., (2012). Lead bioaccumulation and toxicity in tissues of economically fish species from river and marine water. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 89: 82-85 **(4 pages).**
https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-012-0646-3

[29] BuTayban, N. A. M., Preston, M. R., (2004). The distribution and inventory of total and methyl mercury in Kuwait Bay. Marine pollution bulletin, 49(11-12): 930-937. **(8 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X04002395

[30] ROPMI. Manual of oceanographic and pollulantanalysis method. Third Edition. Kuwait. 1999; 1-100. **(100 pages).**
https://search.worldcat.org/title/Manual-of-oceanographic-observations-and-pollutant-analyses-methods-(MOOPAM)/oclc/52996392

[31] Manual of Oceanographic Observation and PollutantAnalyses Methods (MOOPAM), (1999). Third Edition,III-10-III-12, III-77-III-93 **.**
https://memacrsa.org/assets/fileManager/Publications_10

[32] Usero, J., Gonzalez-Regalado, E., Gracia, I., (1997). Trace metals in the bivalve molluscs Ruditapes decussatus and Ruditapes philippinarum from the Atlantic Coast of Southern Spain. Environment International, 23(3): 291-298 **(8 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412097000305

[33] Koli, K., Saharinen, J., Hyytiäinen, M., Penttinen, C., Keski-Oja, J., (2001). Latency, activation, and binding proteins of TGF-β. Microscopy research and technique, 52(4): 354-362 **(9 pages).**https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/10970029(20010215)52:4%3C354::AID-JEMT1020%3E3.0.CO;2-G

[34] Al-Kenawy, D. A., Aly, N. A., (2015). Levels of some heavy metals in muscles and liver of freshwater farmed fish at abbassa. Abbassa Int. J. Aqua, 8(1): 20-35 **(16 pages).** https://digitalarchive.worldfishcenter.org/handle/20.500.12348/4287

[35] Rajaei, Q., Hasanpour, M., Mehdinejad, M. H., (2012). https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651399918791

[21] Yilmaz, M., Teber, C., Akkan, T., Er, C., Kariptas, E., Ciftci, H., (2016). Determination of heavy metal levels in different tissues of tench (Tinca tinca l., 1758) from Siddikli Kucukbogaz dam lake (Kirsehir), Turkey, FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN 25 (6): 1972-1977 **(6 pages).**https://openaccess.ahievran.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12513/2100

[22] Rashed, M. N., (2001). Cadmium and lead levels in fish (Tilapia nilotica) tissues as biological indicator for lake water pollution. Environmental monitoring and assessment, 68: 75-89 **(15 pages).**
https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010739023662

[23] Biswas, K. P., Hossain, S., Deb, N., Bhuian, A. S. I., Gonçalves, S. C., Hossain, S., Hossen, M. B., (2021). Assessment of the levels of pollution and of their risks by radioactivity and trace metals on marine edible fish and crustaceans at the bay of Bengal (Chattogram, Bangladesh). Environments, 8(2): 13-31 **(19 pages).**https://www.mdpi.com/2076-3298/8/2/13

[24] Karunanidhi, K., Rajendran, R., Pandurangan, D., Arumugam, G., (2017). First report on distribution of heavy metals and proximate analysis in marine edible puffer fishes collected from Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve, South India. Toxicology Reports, 4: 319-327 **(9 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750017300367

[25] Venkateswarlu, V., Venkatrayulu, C., (2020). Bioaccumulation of heavy metals in edible marine fish from coastal areas of Nellore, Andhra Pradesh, India. GSC biological and pharmaceutical sciences, 10(1): 018-024 **(7 pages).** https://gsconlinepress.com/journals/gscbps/content/bioaccumulation-heavy-metals-edible-marine-fish-coastal-areas-nellore-andhra-pradesh-india

[26] Chaitanya, I., Satyaprakash, M., Reddy, T. B., (2016). Bioaccumulation of heavy metals in marine fish samples at Visakhapatnam and Bheemili region, north east coast of Andhra Pradesh, India. International Journal of Science, Environment and Technology, 5(3): 1718-1729 **(12 pages).**
https://www.researchgate.net/publication/338900803_BIOACCUMULATION_OF_HEAVY_METALS_IN_MARINE_FISH_SAMPLES_AT_VISAKHAPATNAM_AND_BHEEMILI_REGION_NORTH_EAST_COAST_OF_ANDHRA_PRADESH_INDIA

(Turkey). Turkish Journal of Science & Technology, 4(1):1-7 **(7 pages).**
https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:43565697?sid=ebsco:plink:scholar&id=ebsco:gcd:43565697&crl=c

[43] Karadede, H., Oymak, S. A., Ünlü, E., (2004). Heavy metals in mullet, Liza abu, and catfish, Silurus triostegus, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Environment International, 30(2): 183-188 **(6 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160412003001697

[44] Burger, J., Gochfeld, M., Shukla, T., Jeitner, C., Burke, S., Donio, M. Volz, C., (2007). Heavy metals in Pacific cod (Gadus macrocephalus) from the Aleutians: location, age, size, and risk. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 70(22): 1897-1911 **(15 pages).**
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15287390701551159

[45] Sen, A., Semiz, A., (2007). Effects of metals and detergents on biotransformation and detoxification enzymes of leaping mullet (Liza saliens). Ecotoxicology and Environmental Safety, 68(3): 405-411 **(7 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651306001783

[46] Linde, A. R., Sánchez-Galán, S., Klein, D., García-Vázquez, E., Summer, K. H., (1999). Metallothionein and heavy metals in brown trout (Salmo trutta) and European eel (Anguilla anguilla): a comparative study. Ecotoxicology and environmental safety, 44(2): 168-173 **(7 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651399918195

[47] Evans, M. S., Lockhart, W. L., Doetzel, L., Low, G., Muir, D., Kidd, K., Delaronde, J., (2005). Elevated mercury concentrations in fish in lakes in the Mackenzie River Basin: the role of physical, chemical, and biological factors. Science of the Total Environment, 351: 479-500 **(22 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969705004341

[48] Žvab Rožič, P., Dolenec, T., Baždarić, B., Karamarko, V., Kniewald, G., Dolenec, M., (2014). Element levels in cultured and wild sea bass (Dicentrarchus labrax) and gilthead sea bream (Sparus aurata) from the Adriatic Sea and potential risk assessment. Environmental geochemistry and health, 36: 19-39.

Heavy metals concentration (zinc, lead, chrome and cadmium) in water and sediments of Gorgan Gulf and estuarine Gorganroud River, Iran. Journal of Health System Research, 8(5): 748-756 **(9 pages).**
https://hsr.mui.ac.ir/browse.php?a_id=451&sid=1&slc_lang=en

[36] Kara, Y., (2005). Bioaccumulation of Cu, Zn and Ni from the wastewater by treated Nasturtium officinale. International Journal of Environmental Science & Technology, 2: 63-67 **(5 pages).**https://link.springer.com/article/10.1007/BF03325859

[37] Christophoridis, C., Dedepsidis, D., Fytianos, K., (2009). Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. Assessment using pollution indicators. Journal of hazardous materials, 168(2-3): 1082-1091 **(10 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389409003586

[38] Pourang, N., Richardson, C. A., Mortazavi, M. S., (2010). Heavy metal concentrations in the soft tissues of swan mussel (Anodonta cygnea) and surficial sediments from Anzali wetland, Iran. Environmental monitoring and assessment, 163: 195-213 **(19 pages).**
https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-009-0827-7

[39] Kabata-Pendias, A., (2004). Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. Geoderma, 122(2-4): 143-149 **(7 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706104000084

[40] Al-Yousuf, M. H., El-Shahawi, M. S., Al-Ghais, S. M., (2000). Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex. Science of the total environment, 256(2-3), 87-94 **(8 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969799003630

[41] Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A., Tuna, A. L., (2007). Heavy metal levels in two fish species Leuciscus cephalus and Lepomis gibbosus. Food chemistry, 100(2): 830-835 **(6 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605007934

[42] Yilmaz, F., (2009). The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (Anguilla anguilla, Mugil cephalus and Oreochromis niloticus) inhabiting Koycegiz Lake-Mugla

[55] Leung, S. Y., Kwok, C. K., Nie, X. P., Cheung, K. C., Wong, M. H., (2010). Risk assessment of residual DDTs in freshwater and marine fish cultivated around the Pearl River Delta, China. Archives of environmental contamination and toxicology, 58: 415-430 **(16 pages).**
https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-009-9356-1

[56] Abdullah, M., Sidi, J., Aris, A. Z., (2007). Heavy Metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in Meretrix meretrix Roding, Water and Sediments from Estuaries in Sabah, North Borneo. International journal of environmental and science education, 2(3): 69-74 **(6 pages).**
https://eric.ed.gov/?id=EJ901269

[57] Vlachos, D. G., (2005). A review of multiscale analysis: examples from systems biology, materials engineering, and other fluid–surface interacting systems. Advances in Chemical Engineering, 30: 1-61 **(61 pages).**https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065237705300019

[58] Lemaire-Gony, S., Lemaire, P., (1992). Interactive effects of cadmium and benzo (a) pyrene on cellular structure and biotransformation enzymes of the liver of the European eel Anguilla anguilla. Aquatic Toxicology, 22(2): 145-159 **(15 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0166445X9290029M

[59] Soengas, J. L., Strong, E. F., Fuentes, J., Veira, J. A. R., Andrés, M. D., (1996). Food deprivation and refeeding in Atlantic salmon, Salmo salar: effects on brain and liver carbohydrate and ketone bodies metabolism. Fish Physiology and Biochemistry, 15: 491-511 **(21 pages).**
https://link.springer.com/article/10.1007/BF01874923

[60] Liao, C. M., Ling, M. P., (2003). Assessment of human health risks for arsenic bioaccumulation in tilapia (Oreochromis mossambicus) and large-scale mullet (Liza macrolepis) from blackfoot disease area in Taiwan. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 45: 264-272 **(9 pages).**https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-003-0107-4

[61] Cicik, B., ENGiN, K., (2005). The effects of cadmium on levels of glucose in serum and glycogen reserves in the liver and muscle tissues of Cyprinus carpio (L., 1758). Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 29(1): 113-117 **(5 pages).**https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol29/iss1/19/

**(21 pages).**https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-013-9516-0

[49] 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. Environmental pollution, 121(1): 129-136 **(8 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974910200194X

[50] Adeniyi, A. A., Yusuf, K. A., Okedeyi, O. O., (2008). Assessment of the exposure of two fish species to metals pollution in the Ogun river catchments, Ketu, Lagos, Nigeria. Environmental monitoring and assessment, 137: 451-458 **(8 pages)**.https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9780-5

[51] Staniszewska, M., Graca, B., Sokołowski, A., Nehring, I., Wasik, A., Jendzul, A., (2017). Factors determining accumulation of bisphenol A and alkylphenols at a low trophic level as exemplified by mussels Mytilus trossulus. Environmental pollution, 220: 1147-1159 **(13 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116321273

[52] Zhang, Y., Wu, J. P., Luo, X. J., Sun, Y. X., Mo, L., Chen, S. J., Mai, B. X., (2011). Biota-sediment accumulation factors for Dechlorane Plus in bottom fish from an electronic waste recycling site, South China. Environment international, 37(8): 1357-1361 **(5 pages).**
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016041201100170X

[53] Eyong, B. E. (2008). Distribution of arsenic and other heavy metals in sediments and their effects on benthic macroinvertebrates in the Gallinas River, San Miguel County, New Mexico (Doctoral dissertation, New Mexico Highlands University) **(107 pages).**
https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0a90985fcce08911c01d35ce3a86a34cf9da3ca6

[54] Van Geest, J. L., Poirier, D. G., Sibley, P. K., Solomon, K. R., (2010). Measuring bioaccumulation of contaminants from field-collected sediment in freshwater organisms: A critical review of laboratory methods. Environmental Toxicology and Chemistry, 29(11): 2391-2401 **(11 pages).**https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.326

**pages).**
https://www.mdpi.com/1424-8220/8/7/4095

[65] Pourkhabbaz, H. R., Hedayatzadeh, F., Cheraghi, M., (2016). Evaluation of the correlation between heavy metals in Chaetomorpha sp. and water and sediment in the pond drinking water treatment plants in karoon river area. Journal of Oceanography, 7(27): 69-78 **(10 pages)** "(Persian)**.** http://joc.inio.ac.ir/article-1-1024-en.html

[66] Albaji, L., Payandeh, K., Mohammadi Rouzbahani, M., (2023). Evaluation of heavy metal pollution in sediments, water and macrobenthos of Hur Al-Azim wetland (Khuzestan). Journal of Oceanography, 13(52): 29-47 **(19 pages).**
http://joc.inio.ac.ir/article-1-1688-en.html

[62] Kucukosmanoglu, A. G., Filazi, A., (2020). Investigation of the metal pollution sources in Lake Mogan, Ankara, Turkey. Biological Trace Element Research, 198(1): 269-282 **(14 pages).** https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-020-02031-z

[63] Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Naccari, C., Martino, D., Caló, M., Naccari, F., (2005). Heavy metals in liver and muscle of bluefin tuna (Thunnus thynnus) caught in the straits of Messina (Sicily, Italy). Environmental monitoring and assessment, 107: 239-248 **(10 pages).**
https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-005-2382-1

[64] Havelková, M., Dušek, L., Némethová, D., Poleszczuk, G., Svobodová, Z., (2008). Comparison of mercury distribution between liver and musc-a biomonitoring of fish from lightly and heavily contaminated localities. Sensors, 8(7): 4095-4109 **(15**

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**Neisi, Y.,** M.Sc., Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

✉ *Yasamin.neisi95@gmail.com* .....

**Cheraghi, M.,** Assistant professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

✉ *Cheraghi.mitra@asnrukh.ac.ir* 0000-0002-0389-3858

**Almasieh, K.,** Associate professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

✉ *Almasieh@asnrukh.ac.ir* 0000-0001-8735-8459

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

**HOW TO CITE THIS ARTICLE**

http://doi.org/10.52547/joc.15.57.7

http://joc.inio.ac.ir/article-1-1804-fa.html

https://orcid.org/0000-0002-0389-3858

**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.