مجله بوم شناسی آبزیان

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

ارزیابی پتانسیل ریسک خطر فلزات سنگین (مس، وانادیوم، سرب و نیکل) در بافت عضله و کبد ماهی شورت (*Silago sihama*) و رسوبات سطحی خورموسی، خلیج فارس

صابر قاسمی*

گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۷/۰۸/۲۰
اصلاح: ۹۸/۱۱/۲۱
پذیرش: ۹۹/۱۰/۰۵

کلمات کلیدی:
تجمع زیستی
خور موسی
خوزستان
ریسک اکولوژیک
فلزات سنگین
ماهی شورت

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین (مس، وانادیوم، سرب و نیکل) در نمونه‌های آب، رسوبات و بافت عضله و کبد ماهی شورت (*Sillago sihama*) در خورموسی، استان خوزستان انجام شد. نمونه‌ها در دو فصل زمستان (۱۳۹۱) و تابستان (۱۳۹۲) به‌صورت تصادفی از ۳ ایستگاه برداشت و غلظت میزان فلزات سنگین با استفاده از روش طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج تحقیق، شاخص زیستی کبد برای این چهار عنصر در فصل زمستان به ترتیب ۱۸۳/۳۳، ۰/۰۵، ۰/۲۹ و ۲/۳۵ و در فصل تابستان به ترتیب ۲۱/۷، ۰/۰۷، ۰/۲۵ و ۱/۰۵ و شاخص تجمع زیستی بافت ماهیچه در فصل زمستان به ترتیب ۱۳۰، ۰/۰۲، ۰/۰۷ و ۱/۴۵ و در فصل تابستان به ترتیب ۱۸/۳، ۰/۰۲، ۰/۰۷ و ۰/۴۹ محاسبه شد. نتایج تحقیق نشان داد که رابطه خطی معنی‌داری بین غلظت عناصر سنگین در رسوب با میزان تجمع فلزات در بافت عضله و کبد ماهی شورت دیده می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق، شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیک (RI) خورموسی در محدوده ریسک اکولوژیک کم ارزیابی شد. می‌توان گفت که در خورموسی به عنوان یکی از مناطق حساس اکولوژیکی و زیست‌محیطی شناخته شده، نشانه‌هایی از روند رو به افزایش میزان آلودگی فلزات وجود دارد که سطح نگرانی در منطقه را به لحاظ اکولوژیک و سلامت عمومی مردم بالا می‌برد.

مقدمــه

فلزات سنگین از مسیرهای گوناگون مانند نزولات جوی، تخلیه مواد زائد، نشت اتفاقی، تخلیه آب از مخازن تعادل کشتی‌ها، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی و فرسایش خاک به محیط‌های آبی منتقل شده (Dukes *et al*., 2020) و به دنبال این انتقال، این احتمال به وجود می‌آید که ماهی مقادیری از برخی فلزات سنگین را از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب نماید (Salihi *et al*., 2017). بررسی‌ها نشان می‌دهد که این آلاینده‌ها پس از تجمع در بدن آبزیان، در جریان چرخه‌های زیستی به سطوح غذایی بالاتر و درنهایت به انسان منتقل می‌شوند (Aghajeri *et al*., 2011). بیشتر فلزات سنگین در بافت‌هایی مانند کلیه، کبد، عضله و آبشش ها تجمع می‌کنند (Seifzadeh *et al*., 2018). از طرف دیگر بررسی مطالعات نشان می‌دهد که میزان تجمع این فلزات در اندام‌های مختلف آبزیان تحت تأثیر پارامترهایی از قبیل سن، طول، وزن، جنسیت، عادت تغذیه‌ای و نیازهای اکولوژیک، فصل صید و خواص شیمیایی آب (شوری، سختی، دما) قرار دارد (Norouzi *et*

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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

al., 2018). غلظت عناصر در بافت‌های یکسان از گونه‌های متفاوت نیز ممکن است تغییرات زیادی داشته باشد (Jamalpour *et al*., 2011). حتی به نظر می‌رسد میزان چربی بافت‌ها، عامل مهمی در تجمع آلاینده‌ها در اندام‌های مختلف مانند استخوان، مغز، عضله، آبشش، گناد و کبد باشد (Dadkhah *et al*., 2018).

شورت ماهی نقره‌ای *Sillago sihama* (Forsskål, 1775) یکی از ۳ گونه موجود از خانواده Sillaginidae در آب‌های خلیج‌فارس است. این ماهی از گونه ماهی‌های کرانه‌ای است که با تراکم قابل ملاحظه در سواحل شمالی خلیج‌فارس و دریای عمان پراکنش داشته و از نظر استفاده خوراکی، مقبولیت خاصی در بین ساحل‌نشینان دارد (Sadeghi *et al*., 2017).

با توجه به آلودگی شدید نواحی شمالی خلیج‌فارس و وجود صنایع مختلف پتروشیمی و نفت در محدوده خور موسی، ماهیان این منطقه به‌طور مداوم در معرض فلزات سنگین موجود در آب‌های آلوده هستند (Oryan *et al*., 2011). این فلزات می‌توانند در بافت‌های شورت ماهی به میزان متفاوت تجمع یابند (Jayaprakash *et al*., 2015). بنابراین شورت ماهیان شاخص زیستی مناسبی جهت تعیین غلظت فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی هستند (Kaya and Turkoglu, 2017)؛ اگرچه اندازه‌گیری غلظت کل عناصر سنگین نمی‌تواند تصویر واقعی از آلودگی یک محیط آبی به دست دهد (Karbassi, 1998).

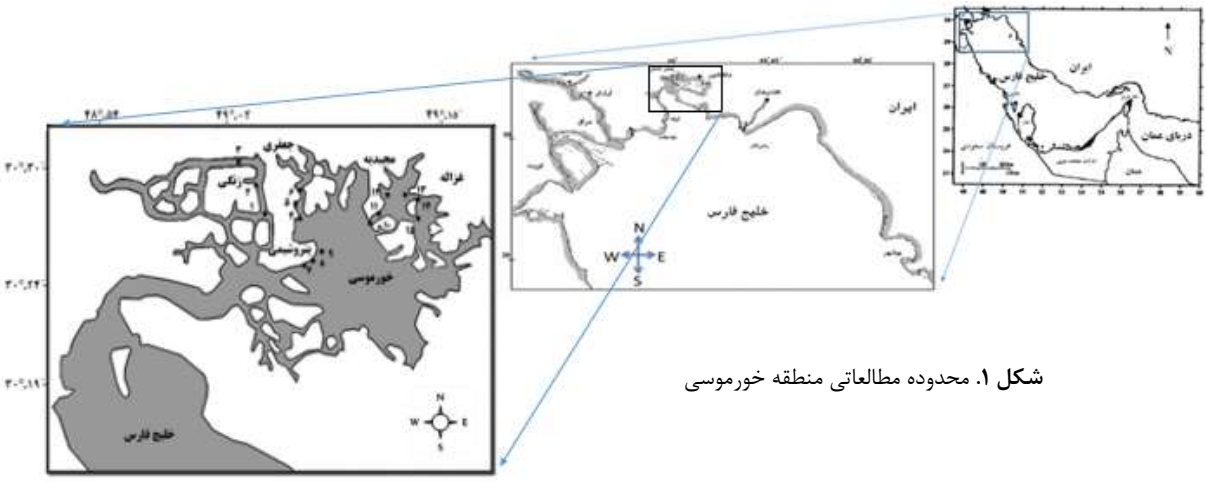
مطالعات متعددی جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در موجودات آبزی ازجمله ماهی در محیط‌های مختلف دنیا و ایران انجام‌شده است که از آن جمله می‌توان به بررسی مقادیر تجمع کروم، نیکل، کادمیوم و سرب در کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در هندوستان (Vinodhini and Narayanan, 2008)، تجمع آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب، منگنز، نیکل، وانادیوم و روی در ماهی‌ها و صدف‌های خلیج کاتانیای ترکیه (Copat *et al*., 2013)، غلظت کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، سرب، نیکل و روی در عضلات و کبد چهارده گونه ماهی در ترکیه در دریاهای مدیترانه، اژه، مرمره و دریای سیاه (Korkmaz *et al*., 2017; Keskin *et al*., 2007)، تجمع فلزات سنگین در سیم ماهی (*Brama* L.)، اردک‌ماهی (*Esox lucius* L.)، ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus* L.) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio* L.) در رودخانه تیسزا، صربستان (Štrbac *et al*., 2015)، غلظت جیوه، سرب، کادمیوم در بافت عضله ماهی شوریده در بنادر صیادی آبادان و بندرعباس (Askary Sary *et al*., 2012)، تجمع فلزات سنگین وانادیوم، نیکل، کادمیوم و سرب در بافت عضله ماهی حلوا سفید (*Pampus argenteus*) (Oryan *et al*., 2011) و بررسی میزان کادمیوم، سرب، مس و روی در بافت ترکیبی عضله ماهی کفال و رسوبات سطحی تالاب میانکاله (Mahdinezhad *et al*., 2018)، بررسی میزان فلزات سنگین در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی بیاح (*Liza abu*) در رودخانه‌های کارون و بهمنشیر (Askary Sary *et al*., 2011) و در ماهی کفشک گرد (*Euryglossa orientalis*) در خور موسی استان خوزستان (Parvaneh *et al*., 2011) اشاره کرد. در چند سال اخیر بررسی‌هایی روی تولید مثل (Alizadeh *et al*., 2014) و تغذیه (Khan *et al*., 2014) ماهی شورت نیز انجام‌گرفته است. همچنین غلظت فلزات سنگین (Cd, Ni, Pb, Cr) در بافت‌های عضله، کبد و آبشش این ماهی برای اولین بار در منطقه حفاظت‌شده حرا (Mohammadnabizadeh and Pourkhabbaz, 2013) و سه منطقه قشم، بندر خمیر و بندر پهل (Koosej *et al*., 2020) واقع در استان هرمزگان بررسی شده است؛ ولی تاکنون تجمع فلزات سنگین در بافت‌های آن در استان خوزستان و به‌ویژه در محدوده خورموسی بررسی نشده است. هدف از این تحقیق ارزیابی ریسک فلزات سنگین (مس، وانادیوم، سرب و نیکل) در بافت عضله و کبد ماهی شورت (*Silago sihama*) و رسوبات سطحی خورموسی در شمال‌غرب خلیج‌فارس در استان خوزستان است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی، خورموسی واقع در شمال‌غرب خلیج‌فارس در جنوب استان خوزستان است (شکل ۱). این خور، با طول ۵۶ کیلومتر و عرض متوسط ۳۵ کیلومتر و به وسعت تقریبی ۱۳۴۷کیلومترمربع در حالت جزر، بین ۴۹ تا ۴۹ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، ازجمله اکوسیستم‌های حساس در محدوده استان خوزستان است.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]



شکل ۱. محدوده مطالعاتی منطقه خورموسی

تعداد ۳۰ نمونه ماهی در دو فصل زمستان ۱۳۹۱ و تابستان ۱۳۹۲ به‌صورت تصادفی از ۳ ایستگاه در خور برداشت شد. نمونه‌های ماهی با استفاده از تور ترال صید شده و پس از زیست‌سنجی‌های اولیه و بیومتری، هر ماهی در یک کیسه پلاستیکی قرار داده شدند به طوری که با محیط خارج در تماس نباشند. مجموعه نمونه‌ها تا زمان انتقال به آزمایشگاه، پس از کدگذاری به‌صورت مرتب و با دقت در یخدان مخصوص نمونه‌برداری چیده شده و بین هر ردیف از نمونه‌ها با پودر یخ پوشانیده شد. پس از انتقال به آزمایشگاه، نمونه‌ها در دمای ۲۰- درجه نگهداری شدند.

برای اندازه‌گیری مقدار فلزات سنگین در بافت عضله، از قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) برداشت شده و بافت کبد نیز به‌صورت کامل برداشت شد. بافت‌های به‌دست‌آمده، پس از توزین، در پتری دیش قرار داده و بعد برای خشک شدن و به وزن ثابت رسیدن به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شدند.

برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد. بدین منظور بافت عضله از چند قسمت ماهی جدا و میکس شد. سپس در آون خشک و یک گرم از آن با ۸ سی‌سی اسید نیتریک غلیظ مخلوط شد. پس از یک روز محتوی عضله حرارت دهی و قبل از خشک شدن کامل، حرارت دهی متوقف شد. پس از سرد شدن نمونه‌ها، به نسبت نصف آن (۴ سی‌سی) اسید پرکلریک غلیظ ($HClO_4$) اضافه و حرارت داده شد تا شفاف شود. نمونه‌های به دست آمده بعد از سرد شدن به منظور اطمینان از عدم وجود ذرات اضافی از صافی وات من ۴۲ عبور داده شد. در مرحله آخر نمونه‌ها در بالن ژوژه به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شدند و برای تزریق به دستگاه جذب اتمی انتقال داده شدند که برای سنجش غلظت فلز نیکل، مس، وانادیوم و سرب مناسب و از راندمان بالایی برخوردار است (Safahieh *et al*., 2012). در مورد کبد هم به همین روش عمل شد.

نمونه‌برداری رسوب هم‌زمان با صید ماهی‌ها از همان ایستگاه‌هایی که برای ماهی نمونه‌برداری شده بود، انجام شد. بدین ترتیب نمونه‌های رسوب، از سه ایستگاه با ۶ تکرار تصادفی با استفاده از ون وین گرب برداشت شدند. به منظور انجام آنالیزهای آماری و سنجش میزان فلزات از هر ایستگاه سه تکرار برداشت شد. رسوبات با استفاده از کاردک چوبی از گرب جدا و در ظرف پلی‌اتیلن مخصوص در دمای ۴- درجه نگهداری و جهت اندازه‌گیری فلزات به آزمایشگاه انتقال داده شدند. نمونه‌های رسوب در کوره با درجه حرارت ۷۰ سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت نگهداری شدند.

تضمین کیفیت (QA) و کنترل کیفیت (QC) توسط اندازه‌گیری نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تکراری (با دقت ۴ تا ۶ درصد) با استفاده از مواد مرجع NIST 2710 انجام گرفت.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

با توجه به تعداد نمونه‌های اخذ شده، آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش کولموگراف-اسمیرنوف[1] به تفکیک انجام گردید که نتایج این آزمون نشان‌دهنده توزیع نرمال داده‌ها در تمام موارد است. همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون لون[2] بررسی شد. همچنین شاخص تجمع زیستی[3] به‌عنوان شاخص نسبت غلظت فلز در اندام ماهی به غلظت عنصر در آب محاسبه شد. برای تعیین معنی‌دار بودن یا نبودن میزان هریک از عناصر در آب، رسوب با بافت‌های عضله و کبد ماهی و همچنین تعیین میزان همبستگی انباشت هر یک از فلزات در بین کبد و عضله، آزمون‌های آماری توکی، t-test و آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ver 20 و برای ترسیم نمودارها از Excel 2013 استفاده شد. کلیه میانگین‌ها به‌صورت (میانگین ±انحراف معیار) ثبت شد و مقایسه بین دو فصل نیز انجام گرفت.

در مطالعه ارزیابی کیفیت رسوبات، شاخص‌های ضریب آلودگی[4] (Cf)، درجه آلودگی[5] (Cd) و شاخص ریسک اکولوژیک (RI) از معیارهایی هستند که با در نظر گرفتن غلظت عناصر در نمونه زمینه روند آلودگی را نشان می‌دهند. شاخص ضریب آلودگی (Cf) که توصیفی از آلودگی مربوط به فلز موردبررسی را ارائه می‌دهد، در سال ۱۹۸۰ به‌وسیله Hakanson تعریف گردید. این فاکتور از تقسیم غلظت هر عنصر در نمونه رسوب به غلظت زمینه در رسوبات غیر آلوده به دست می‌آید (رابطه ۱).

رابطه ۱:

$$Cf = \frac{M_x}{M_b}$$

در این رابطه M_x غلظت عنصر در نمونه و M_b در این رابطه فلز در ماده مرجع (شیل میانگین) است که مقدار آن برای عناصر مس، وانادیوم، سرب و نیکل به ترتیب ۴۵، ۱۳۰، ۲۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در نظر گرفته شده است (Turekian and Wedepohl, 1961).

شاخص درجه آلودگی (Cd) یا درجه کلی آلودگی رسوب منطقه که به آن درجه آلودگی هاکنسون[6] نیز گفته می‌شود، از مجموع ضرایب آلودگی آلاینده‌های موردمطالعه محاسبه می‌شود (رابطه ۲).

رابطه ۲:

$$Cd = \sum_{i=1}^{n} Cf_i$$

رده‌بندی هاکنسون بر مبنای ضریب آلودگی Cf و درجه آلودگی Cd رسوبات در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. رده‌بندی هاکنسون بر مبنای ضریب آلودگی Cf و درجه آلودگی Cd رسوبات (Hakanson, 1980)

مقدار Cf	ضریب آلودگی رسوب	مقدار Cd	کیفیت رسوب
Cf≤ ۱	ضریب آلودگی پایین	Cd≤ ۷	درجه آلودگی پایین
۱≤P≤۳	ضریب آلودگی متوسط	۷≤P≤۱۴	درجه آلودگی متوسط
۳≤P≤۶	ضریب آلودگی قابل‌توجه	۱۴≤P≤۲۸	درجه آلودگی قابل‌توجه
≥ 6	ضریب آلودگی بسیار بالا	≥ ۲۸	درجه آلودگی بسیار بالا

جدول ۲ طبقه‌بندی شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیک (Hakanson, 1980) را نشان می‌دهد. در ارزیابی ریسک اکولوژیک رسوبات محیط‌های آبی، Hakanson (1980) شاخص (RI) را به‌صورت رابطه زیر بیان کرده است:

[1] One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test
[2] Leven's Test
[3] Bioaccumulation factor
[4] Contaminiation Factor
[5] Degree of contamination
[6] Hakanson

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

رابطه ۳:

$$RI=\sum Er \ , \ E_r=T_r*C_f$$

که در این معادله، Er پتانسیل ریسک اکولوژیکی هر یک از عناصر و RI بیانگر پتانسیل ریسک اکولوژیک کل فلزات (تجمیعی) است. Cf ضریب آلودگی رسوب و Tr به‌صورت ضریب سمیت هاکنسون تعریف شده برای مس و سرب عدد ۵ و برای وانادیوم و نیکل عدد ۲ است.

جدول ۲. طبقه‌بندی شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیک (Hakanson, 1980)

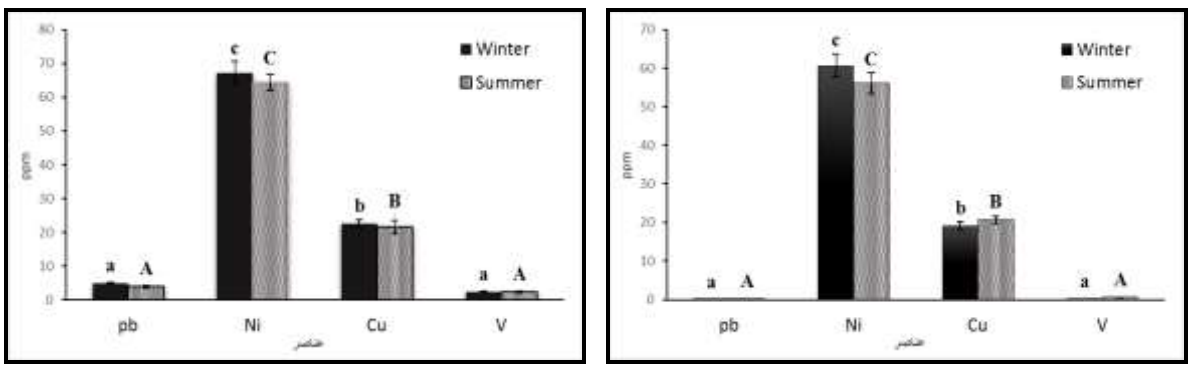
شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیک (RI)	طبقه‌بندی وضعیت ریسک اکولوژیک
RI≤ ۱۵۰	کم
۱۵۰≤ RI≤ ۳۰۰	متوسط
۳۰۰≤ RI≤ ۶۰۰	قابل‌قبول
RI ≥ ۶۰۰	بسیار بالا

نتایــج

میزان فلزات در آب و رسوبات محدوده مطالعاتی

میانگین مس، وانادیوم، سرب و نیکل در آب‌های خورموسی در فصل زمستان به ترتیب ۱۹/۱±۱/۱۱، ۰/۲±۰/۰۰۱، ۰/۰۰۶±۰/۰۰۱ و ۶۰/۶±۲/۸۴ (ppm) و در فصل تابستان به ترتیب ۲۰/۷±۰/۸۷، ۰/۵۷±۰/۰۴، ۰/۰۴۷±۰/۰۰۵ و ۵۶/۰±۲/۷۲ (ppm) محاسبه گردید (شکل ۲). تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین غلظت وانادیوم ($t=-8.84, p<0.001$) در نمونه‌های آب فصول زمستان و تابستان دیده می‌شود درحالی‌که در مورد فلز مس ($t=-1.1, p\geq0.05$) این تفاوت دیده نمی‌شود. همچنین تفاوت معنی‌داری بین میانگین فلزات سنگین فصول زمستان و تابستان در سرب ($t=-7.7, p<0.001$) دیده می‌شود.

بررسی میزان مس، وانادیوم، سرب و نیکل در نمونه‌های رسوب گرفته‌شده از خور موسی نشان می‌دهد که میانگین این عناصر در فصل زمستان به ترتیب ۲۲/۵۶±۱/۱۱، ۲/۴۵±۰/۱۶، ۴/۹۹±۰/۴۵، ۶۷/۲۲±۶/۵۳ (میکروگرم بر گرم) و در فصل تابستان به ترتیب ۲۱/۵۶±۲/۰۳، ۲/۳۲±۰/۲۱، ۰۳/۹۷±۰/۴ ۶۴/۳۳±۲/۳۷ (میکروگرم بر گرم) است. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که اگرچه تفاوت معنی‌داری بین غلظت عناصر در هر دو فصل تابستان و زمستان دیده می‌شود ($p<0.05$) اما تفاوت معنی‌داری بین میانگین غلظت مس ($t=0.32, p>0.05$)، وانادیوم ($t=0.49, p>0.05$)، سرب ($t=1.71, p>0.05$) و نیکل ($t=0.42, p>0.05$) در بین نمونه‌های رسوب فصل‌های زمستان و تابستان دیده نمی‌شود.



شکل ۲. مقایسه میانگین‌های فلزات سنگین آب سطحی (سمت راست) و رسوب (سمت چپ) محدوده مطالعاتی در دو فصل زمستان و تابستان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

شاخص ضریب آلودگی (Cf) رسوبات در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری برای نیکل ضریب آلودگی متوسط و سه عنصر مس، سرب و وانادیوم، ضریب آلودگی پایین ارزیابی شد. همچنین شاخص درجه آلودگی (Cd) رسوبات برای چهارعنصر نیکل، مس، سرب و وانادیوم به ترتیب ۲۰/۹۸، ۹/۴۹، ۰/۰۰۵ و ۰/۳۷ محاسبه گردید که نشان داد درجه آلودگی رسوبات منطقه ازنظر فلزات نیکل قابل‌توجه و سه عنصر دیگر با درجه آلودگی پایین ارزیابی می‌شود. همچنین در راستای ارزیابی ریسک اکولوژیک خور موسی، مقدار پتانسیل ریسک اکولوژیکی برای چهارعنصر نیکل، مس، سرب و وانادیوم به ترتیب ۴۱/۹۶، ۴۷/۴۴، ۰/۰۲ و ۰/۷۵ و پتانسیل ریسک اکولوژیک کل منطقه (RI) ۹۰/۱۸ محاسبه گردید که با توجه به طبقه‌بندی ریسک اکولوژیک Hakanson (۱۹۸۰) منطقه خورموسی در محدوده ۱۵۰ ≤RI (ریسک اکولوژیک کم) قرار می‌گیرد.

بیومتری نمونه‌های ماهی صیدشده

بررسی نتایج بیومتری نمونه‌های ماهی نشان داد که میانگین طول نمونه‌های فصل زمستان و تابستان به ترتیب ۲۲/۳۵±۰/۲۸ و ۲۶/۵۵±۰/۴۰ سانتیمتر و میانگین وزن نمونه‌های فصل زمستان و تابستان به ترتیب ۹۴/۰۷±۲/۶۲ و ۱۳۹/۴۷±۲/۸۳ گرم بوده است (جدول ۳). مقایسه میزان داده‌های خام طول و وزن ماهی‌ها در دو فصل زمستان و تابستان با استفاده از آزمون t نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین میانگین‌های طول و وزن ماهی‌ها در دو فصل زمستان و تابستان دیده می‌شود ($p<0.01$) و میانگین طول و وزن ماهی از زمستان تا تابستان از روند افزایشی برخوردار بوده است.

جدول ۳. خلاصه نتایج آماری زیست‌سنجی طول و وزن ماهیان شورت در دو فصل زمستان و تابستان

پارامتر	زمستان			تابستان		
	میانگین	واریانس تغییرات	دامنه تغییرات	میانگین	واریانس تغییرات	دامنه تغییرات
طول (سانتیمتر) (n=۳۰)	۲۲/۳۵±۰/۲۸	۱/۵۳	۲۰-۲۵	۲۶/۵۵±۰/۴۰	۲/۲۱	۲۳-۳۰
وزن (گرم) (n=۳۰)	۹۴/۰۷±۲/۶۲	۱۴/۳۴	۶۰-۱۱۸	۱۳۹/۴۷±۲/۸۳	۱۵/۴۸	۱۰۰-۱۷۰

اندازه‌گیری فلزات سنگین در نمونه‌های ماهی‌های صیدشده

میانگین مس، وانادیوم، سرب و نیکل در بافت‌های عضله ماهی شورت در فصل زمستان به ترتیب ۱/۴۲±۰/۰۳، ۰/۲۹±۰/۰۴، ۰/۷۸±۰/۰۵ و ۱/۴۳±۰/۱۴ (ppm) و در فصل تابستان به ترتیب ۱/۳۶±۰/۰۶، ۰/۲۸±۰/۰۲، ۰/۸۶±۰/۰۴ و ۱/۱۴±۰/۰۷ (ppm) و در بافت کبد ماهی در فصل زمستان به ترتیب ۵/۶۲±۰/۲۲، ۰/۴۷±۰/۰۴، ۱/۱±۰/۰۶ و ۲/۷۴±۰/۳ (ppm) و در فصل تابستان به ترتیب ۵/۲۷±۰/۲۱، ۰/۶±۰/۰۳، ۱/۰۲±۰/۰۵ و ۳/۶۵±۰/۲۱ (ppm) به دست آمد (جداول ۴ و ۵).

جدول ۴. اندازه‌گیری فلزات سنگین در عضله ماهی شورت در فصل زمستان و تابستان

فلزات سنگین	فصل نمونه‌گیری	میانگین	اشتباه استاندارد	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
pb	زمستان	0.78	0.26	0.05	0.20	1.60
	تابستان	0.86	0.23	0.04	0.40	1.40
Ni	زمستان	1.43	0.78	0.14	0.10	3.30
	تابستان	1.14	0.39	0.07	0.40	2.00
Cu	زمستان	1.42	0.18	0.03	1.12	1.83
	تابستان	1.36	0.31	0.06	0.81	2.22
V	زمستان	0.29	0.20	0.04	0.02	0.81
	تابستان	0.28	0.09	0.02	0.15	0.46

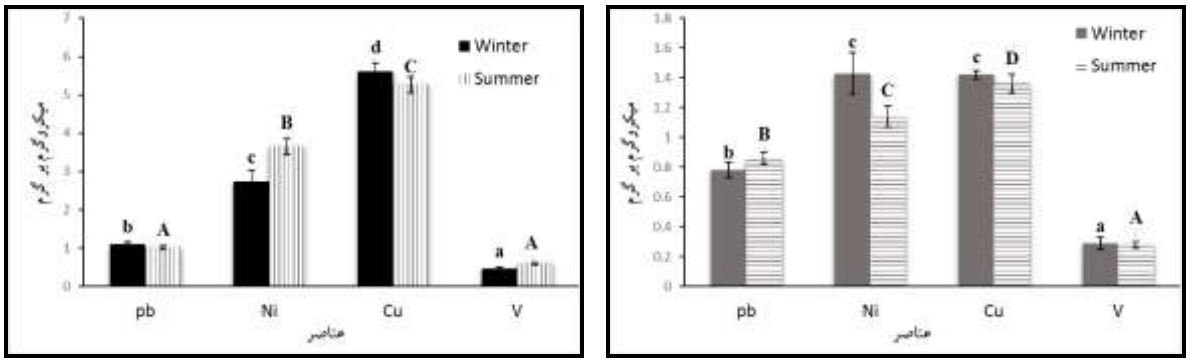
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های عناصر در بافت کبد ماهی در دو فصل زمستان و تابستان

فلزات سنگین	فصل نمونه‌گیری	میانگین	اشتباه استاندارد	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
pb	زمستان	1.10	0.33	0.06	0.50	2.10
	تابستان	1.02	0.25	0.05	0.50	1.40
Ni	زمستان	2.74	1.65	0.30	0.10	7.10
	تابستان	3.65	1.14	0.21	1.50	6.10
Cu	زمستان	5.62	1.23	0.22	3.44	8.64
	تابستان	5.27	1.16	0.21	3.33	7.74
V	زمستان	0.47	0.20	0.04	0.11	0.92
	تابستان	0.60	0.16	0.03	0.28	0.88

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین فلزات سنگین در بین فصول زمستان و تابستان در نیکل ($t=-2.50, p<0.05$) و وانادیوم ($t=-2.70, p<0.05$) دیده می‌شود درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین میانگین سرب ($t=1.05, p\geq0.05$) و مس ($t=1.13, p\geq0.05$) در طی دو فصل زمستان و تابستان دیده نمی‌شود. همچنین تحلیل آنالیز و واریانس مقادیر فلزات سنگین (ANOVA) نشان می‌دهد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین میانگین چهارعنصر موردمطالعه هم در فصل زمستان ($F_{3,116}=144.8, p<0.001$) و هم در فصل تابستان ($F_{3,116}=216.52, p<0.001$) دیده می‌شود. مقایسه میانگین غلظت فلزات در آب‌های سطحی محدوده مطالعاتی در دو فصل زمستان و تابستان با استفاده از آزمون توکی نیز نشان می‌دهد که در بین میانگین دو عنصر سرب و وانادیوم در فصل تابستان، تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین‌های فلزات سنگین بافت عضله (سمت راست) و بافت کبد (سمت چپ) محدوده مطالعاتی در دو فصل زمستان و تابستان (میزان تفاوت در فصل زمستان با حرف کوچک و در فصل تابستان با حروف بزرگ نشان داده شده است)

آزمون آماری ضریب همبستگی پیرسون نشان می‌دهد که بین میزان سرب در رسوب و بین میزان سرب آب در فصل زمستان رابطه خطی مستقیم معنی‌داری وجود ندارد ($r=0.49, p=0.17$). همچنین بررسی‌های آماری ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که رابطه معنی‌داری بین میزان عناصر در آب و در رسوب، غلظت عناصر در آب با میزان تجمع فلزات در عضله ماهی‌ها و میان غلظت عناصر در آب با میزان تجمع فلزات در کبد ماهی‌ها دیده نمی‌شود. درحالی‌که رابطه خطی معنی‌داری بین غلظت عناصر در رسوب با میزان تجمع فلزات در عضله و کبد ماهی‌ها دیده می‌شود. به‌طور مثال میزان سرب در عضله در زمستان از یک همبستگی معنی‌دار مثبت ($r=0.23, p=0.05$) و در تابستان از یک همبستگی معنی‌دار منفی ($r=-0.01, p=0.04$) پیروی می‌کند. میزان وانادیوم در کبد در زمستان از یک همبستگی معنی‌دار مثبت ($r=0.68, p=0.03$) پیروی می‌کند. همچنین رابطه معنی‌داری نیز در بین غلظت عناصر در عضله و کبد ماهی شورت در زمستان و تابستان دیده می‌شود.

مقادیر شاخص زیستی بافت کبد برای سرب، نیکل، مس و وانادیوم در فصل زمستان به ترتیب ۱۸۳/۳۳، ۰/۰۵، ۰/۲۹ و ۲/۳۵ و در فصل تابستان به ترتیب ۲/۷، ۰/۰۷، ۰/۲۵ و ۱/۰۵ محاسبه گردید. همچنین مقادیر شاخص زیستی بافت ماهیچه برای

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

چهارعنصر مورد مطالعه شامل سرب، نیکل، مس و وانادیوم در فصل زمستان به ترتیب ۱۳۰، ۰/۰۲، ۰/۰۷ و ۱/۴۵ و در فصل تابستان به ترتیب ۱۸/۳، ۰/۰۷،۰/۰۲ و ۰/۴۹ محاسبه گردید.

بحث

افزایش بی‌رویه و شدید در تولید و مصرف فلزات سنگین طی چند دهه اخیر (Cunningham *et al*., 2019) باعث شده است که مقادیر زیادی از آن‌ها وارد محیط‌های آبی شوند و به علت عدم تجزیه بیولوژیکی باعث بروز اثرات مخربی شده‌اند (Askary Sary *et al*., 2010). نظر به جایگاه ویژه خور موسی در استان خوزستان، اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (سرب، نیکل، مس و وانادیوم) و میزان تجمع آن‌ها در عضله و کبد شورت ماهی‌ها طی دو فصل زمستان و تابستان مورد بررسی قرار گرفت.

تجزیه‌وتحلیل داده‌های خام غلظت عناصر در رسوبات منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین تمامی فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب زمستان و تابستان دیده می‌شود ($p<0.05$) و میانگین تمام عناصر در رسوبات با کاهش حدود ۵ درصد روبرو بوده‌اند به‌جز سرب که با کاهش ۲۰ درصدی روبرو بود. بررسی سوابق نشان می‌دهد که به‌طورکلی در فصل زمستان در این منطقه احتمال وقوع پدیده فراجوشی وجود دارد (Kasting *et al*., 1993) و به‌علاوه تبخیر در زمستان در خلیج‌فارس شدیدتر است که می‌تواند سبب افزایش غلظت فلزات سنگین در رسوبات در این فصل می‌شود (Hastenrath and Lamb, 1980). اگرچه غلظت فلزات سنگین در آب‌های شمال‌غرب خلیج‌فارس (منطقه خورموسی) نسبت به ورودی آن (بندر شهید رجایی) کمتر است (Navan Maghsoudi *et al*., 2007). Bahador و همکاران (2015) نشان دادند که در خلیج‌فارس نیکل و روی مقادیر بیشتری را نسبت به اکثر مناطق دریایی دارند.

میانگین سالانه سرب، نیکل، مس و وانادیوم در رسوبات خور موسی (با اندازه‌گیری در دو فصل زمستان و تابستان) به ترتیب ۴/۴۸±۰/۳۲، ۶۵/۷۸±۳/۳۹، ۲۲/۰۶±۱/۵۴ و ۲/۳۹±۰/۱۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) محاسبه گردید. مقایسه داده‌ها با غلظت فلزات در رسوبات سایر نقاط در خلیج‌فارس و استانداردهای جهانی (جدول ۶) نشان می‌دهد که میانگین سالانه غلظت سرب در رسوبات خورموسی، ضمن اینکه از میانگین غلظت در رسوبات خلیج‌فارس کمتر است، تفاوت بسیار زیادی نیز با میانگین رسوبات جهانی (Karbassi *et al*., 2008)، سواحل امارات متحده عربی (De Mora *et al*., 2004)، بوشهر (Eslami AndarGoli, 2008) و چابهار (Einollahi, 2008) دارد که نکته‌ای قابل‌توجه است. غلظت مس در رسوبات خورموسی اگرچه نزدیک به میانگین غلظت در سواحل امارات متحده عربی (De Mora *et al*., 2004) است اما درمجموع بسیار بالاتر از سایر مناطق به‌ویژه در محدوده خلیج‌فارس است. برعکس غلظت نیکل و وانادیوم در رسوبات خورموسی بسیار کمتر از میانگین غلظت در رسوبات خلیج‌فارس و میانگین غلظت در رسوبات اقیانوسی (Karbassi *et al*., 2008) است و نشان‌دهنده آن است که هنوز خورموسی به‌واسطه شرایط فیزیکی پویا و جریان‌های دریایی عمقی و سطحی، توانایی خود پالایی آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های صنایع تولیدکننده نیکل و وانادیوم در این منطقه را دارا است. در تأیید مطلب فوق، در این بررسی شاخص ضریب آلودگی (Cf) رسوبات در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری عمدتاً پایین و پتانسیل ریسک اکولوژیک کل منطقه (RI) در محدوده ریسک اکولوژیک کم ارزیابی شد. می‌توان گفت که خور موسی دارای انشعابات زیادی است که هریک از آن‌ها نیز به عنوان یک خور کوچک شناخته می‌شوند و طبعاً شدت آلودگی خورها با توجه به موقعیت مکانی و نیز فاصله‌ای که تا منابع آلاینده دارند، متفاوت است که همین عامل ارزیابی‌های محیطی را در خور موسی پیچیده ساخته است.

بررسی نتایج بیومتری نمونه‌های ماهی نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین میانگین طول و وزن ماهی‌ها در دو فصل زمستان و تابستان دیده می‌شود ($p<0.01$) به طوری که میانگین طول ماهی از زمستان ۹۱ تا تابستان ۹۲ از ۲۲/۳۵±۰/۲۸ سانتیمتر به ۲۶/۵۵±۰/۴۰ سانتیمتر افزایش پیدا کرده است. همچنین این نسبت برای وزن از ۹۴/۰۷±۲/۶۲ گرم به ۱۳۹/۴۷±۲/۸۳ گرم افزایش پیدا کرده است. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نشان داد که بین میانگین سرب و وانادیوم نمونه‌های آب زمستان و تابستان، تفاوت معنی‌داری وجود داشته (برای هر دو عنصر $p<0.001$) و از یک‌روند افزایشی پیروی کرده است، به

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

طوری که مقادیر سرب و وانادیوم در طی ۶ ماه به ترتیب حدود ۷/۸ و ۲/۸ برابر شده است، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین میانگین نیکل ($p\geq0.05$) و مس ($p\geq0.05$) در این دو فصل دیده نمی‌شود.

جدول ۶. مقایسه فلزات موجود در رسوبات خورموسی با مقادیر استاندارد کیفیت رسوب آمریکا و محیط‌زیست کانادا (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

فلزات سنگین	خورموسی	کیفیت رسوب آمریکا NOAA[9]		استاندارد محیط‌زیست کانادا CCME[8]، µg kg^{-1} dry weight		USEPA,1999[7]	
		ERM	ERL	PEL	ISQGs	HAL	LAL
سرب	۴/۴۸±۰/۳۲	۲۱۸	۴۶/۷	۱۱۲	۳۰/۲۰	۲۱۸	۲
مس	۶۵/۷۸±۳/۳۹	۲۷۰	۳۴	۱۰۸	۱۸/۷	۲۷۰	۲
نیکل	۲۲/۰۶±۱/۵۴	۵۱/۶	۲۰/۹	۴۲/۸	۱۵/۹	۵۰	۳
وانادیوم	۲/۳۹±۰/۱۳			No Data	No Data		
منبع	مطالعه حاضر	Zhao *et al*., 2018		Zin *et al*., 2017		Bowen, 1979	

ERM= Effects Range Low, ERL=Effects Range Medium, HAL=Highest Alert Level, LAL=Lowest Alert Level, PEL=Probable Effects Level

داده‌های حاصل‌شده نشان می‌دهد که از نظر کمی، ترتیب میانگین غلظت فلزات سنگین در عضله ماهی شورت در این مطالعه برای فصل زمستان Ni>Cu>Pb>V و برای فصل تابستان Cu>Ni>Pb>V و در بافت کبد برای فصل زمستان و تابستان، Cu>Ni>Pb>V است. درحالی‌که این ترتیب در استان هرمزگان Ni>Cr>Pb برای کبد و Ni>Pb>Cr برای بافت ماهیچه این ماهی ثبت‌شده است (Mohammadnabizadeh *et al*., 2012) و مؤید آن است که در خور موسی تجمع فلز مس بخصوص در بافت کبد بیش از سایر بخش‌ها است. این درحالی‌که است که در ردیابی زیستی فلزات سنگین در بافت‌های ماهیان شورت در ذخیره‌گاه زیست‌کره حرا در استان هرمزگان، کبد در مقایسه با آبشش و عضلات، بالاترین غلظت فلزات کادمیوم، کروم، سرب و نیکل را در ماهی شورت دارا بوده است (Mohammadnabizadeh and Pourkhabbaz, 2013).

در این تحقیق میزان تجمع فلزات (به‌ویژه نیکل و مس) در بافت کبد ماهی صیدشده از خورموسی بالاتر از بافت عضله‌ها بود. این امر می‌تواند ناشی از این باشد که رفتار هر عنصر از دیگری متمایز است و عملکرد هر عنصر در انتخاب اندام هدف، بر اساس میزان فعالیت متابولیک آن متفاوت است (Filazi *et al*., 2003). در استان خوزستان نیز، طی این تحقیق نشان داده شد که میزان سرب در کبد و عضله ماهی صیدشده از خورموسی در هر دو فصل زمستان و تابستان بالاتر از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۰/۵ ppm) است. دیگر مطالعه انجام‌شده در استان خوزستان در رودخانه‌های کارون و دز نیز مؤید آن است که غلظت سرب در اندام‌های ماهی گطان (*Barbus xanthopterus*) بالاتر از آستانه استاندارد سازمان بهداشت جهانی است (Askary Sary *et al*., 2010). بنابراین می‌توان اذعان داشت که میزان تجمع عناصر سنگین در بدن ماهی، به نوع ماهی بستگی دارد و در مقایسه با رودخانه بهمنشیر و کارون، خورموسی هنوز با محدوده خطر آلودگی زیست‌محیطی فاصله دارد. البته مطالعات Dehghan Madiseh و همکاران (2008) روی رسوبات و ماهیان رودخانه بهمنشیر (کفشک زبان گاوی، شوریده، شبه شوریده و زمین کن معمول)، مشخص کرد که میانگین غلظت سرب در رسوبات و عضله ماهیان در مقایسه با نتایج این تحقیق بسیار بالاتر است. Filazi و همکاران (2003) نشان داده‌اند که اصولاً کمترین میزان غلظت بیشتر فلزات سنگین در بین بافت‌هایی مانند عضله، کلیه، کبد و آبشش ها، در بافت عضله است که در مقام مقایسه از فعالیت متابولیک پایین‌تری برخوردار است. در این خصوص می‌توان گفت کبد بافتی است که تنظیم ترکیبات فلزی در بدن را انجام می‌دهد، همچنین تفاوت غلظت فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهیان می‌تواند ناشی از متغیر بودن این فلزات در زمینه غلبه بر پیوندهای فلزی

[7] United State Environmental Protection Agency
[8] Canadaian Council of Ministers of the Environment
[9] National Oceanic and Atmospheric Administration

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

پروتئین‌ها نظیر متالوتیونین ها باشد و اینکه قابلیت تجمع پذیری در کبد نسبت به عضله برای فلزات سنگین بیشتر است. علاوه بر این، اتصال فلزات سنگین با موکوس، مکانیسمی مهم برای تجمع و دفن آن‌ها است.

جدول ۷. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین با غلظت قابل‌قبول استانداردهای بهداشت جهانی و فائو (برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر)

استاندارد	pb	Ni	Cu	V	منبع
WHO	۰/۵	۴	-	-	Biney and Ameybor, 1992
FAO	۵	-	۳۰	-	Nauen, 1983
تحقیق حاضر	۰/۰۳	۵۸/۲۸	۱۹/۸۹	۰/۳۸	-

مقایسه مقادیر شاخص زیستی بافت‌های عضله و کبد ماهی شورت در خور موسی نشان می‌دهد که بیشترین شاخص مربوط به فلز سرب و به‌ویژه در فصل زمستان است که احتمالاً با کاهش میزان عنصر در آب به‌واسطه خود پالایی و بارندگی در منطقه ارتباط دارد (جدول ۸). از طرف دیگر محاسبات شاخص تجمع زیستی فلزات نشان داد که کبد بالاترین و عضله کمترین را دارا است که با مطالعات Mohammadnabizadeh و Pourkhabbaz (2013) همخوانی دارد. از طرف دیگر با توجه به اینکه میزان فلزات سنگین در کبد و عضله ماهی در فصل زمستان کمتر از فصل تابستان بود، می‌توان چنین توجیه نمود که غلظت این عناصر در فصول بارانی کمتر است که احتمالاً به دلیل کاهش غلظت آلودگی است. مطالعات Farkas و همکاران (2003) نیز نشان داده است که اثر آلاینده‌ها به عواملی از قبیل میزان مصرف آن‌ها، نسبت سطح پوست بدن به حجم بدن ماهی، رفتارهای تغذیهای، نسبت جنسیت، میزان چربی بدن، سن ماهی و تغییرات عوامل جوی و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب و رسوب (محیط) مانند دما، زمینه زیستی، موضع اثر و غیره بستگی دارد.

جدول ۸. مقایسه مقادیر شاخص زیستی بافت‌های عضله و کبد ماهی شورت در خور موسی

عنصر	فصل نمونه‌برداری	بافت	میانگین مقدار عنصر	دامنه تغییرات	مقدار عنصر در منابع محیطی		شاخص زیستی
					رسوب	آب	
سرب	زمستان	کبد	۱/۱±۰/۰۶	۲/۱۰-۰/۵	۴/۹۹±۰/۴۵	۰/۰۰۶±۰/۰۰۱	۱۸۳/۳۳
		ماهیچه	۰/۷۸±۰/۰۵	۱/۶-۰/۲			۱۳۰/۰
	تابستان	کبد	۱/۰۲±۰/۰۵	۱/۴-۰/۵	۳/۹۷±۰/۴	۰/۰۴۷±۰/۰۰۵	۲۱/۷
		ماهیچه	۰/۸۶±۰/۰۴	۱/۴-۰/۴			۱۸/۳
نیکل	زمستان	کبد	۲/۷۴±۰/۳	۷/۱-۰/۱	۶۷/۲۲±۶/۵۳	۶۰/۶±۲/۸۴	۰/۰۵
		ماهیچه	۱/۴۳±۰/۱	۳/۳-۰/۱			۰/۰۲
	تابستان	کبد	۳/۶۵±۰/۲۱	۶/۱-۱/۵	۶۴/۳۳±۲/۳۷	۵۶/۰±۲/۷۲	۰/۰۷
		ماهیچه	۱/۱۴±۰/۰۷	۲-۰/۴			۰/۰۲
مس	زمستان	کبد	۵/۶۲±۰/۲۲	۸/۶۴-۳/۴۴	۲۲/۵۶±۱/۱۱	۱۹/۱±۱/۱۱	۰/۲۹
		ماهیچه	۱/۴۲±۰/۰۳	۱/۸۳-۱/۱۲			۰/۰۷
	تابستان	کبد	۵/۲۷±۰/۲۱	۷/۷۴-۳/۳۳	۲۱/۵۶±۲/۰۳	۲۰/۷±۰/۸۷	۰/۲۵
		ماهیچه	۱/۳۶±۰/۰۶	۲/۲۲-۰/۸۱			۰/۰۷
وانادیوم	زمستان	کبد	۰/۴۷±۰/۰۴	۰/۹۲-۰/۱۱	۲/۴۵±۰/۱۶	۰/۲±۰/۰۰۱	۲/۳۵
		ماهیچه	۰/۲۹±۰/۰۴	۰/۸۱-۰/۰۲			۱/۴۵
	تابستان	کبد	۰/۶±۰/۰۳	۰/۸۸-۰/۲۸	۲/۳۲±۰/۲۱	۰/۵۷±۰/۰۴	۱/۰۵
		ماهیچه	۰/۲۸±۰/۰۲	۰/۴۶-۰/۱۵			۰/۴۹

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

ارزیابی خطر غذایی مصرف گونه مورد مطالعه در سه منطقه قشم، بندرخمیر و بندر پهل واقع در استان هرمزگان (Koosej *et al*., 2020) نشان‌دهنده آن بوده است که مصرف این ماهی با میزان مصرف فعلی از نظر فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس خطری برای مصرف‌کنندگان ندارد. از آنجائی که منطقه مورد بررسی تحقیق حاضر هم جزء یکی از مناطق حساس اکولوژیکی و زیست‌محیطی است، نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که خوشبختانه آلودگی در ماهی مورد بررسی بیشتر از حد مجاز وجود ندارد که این موضوع برای سلامتی جامعه انسانی مصرف‌کننده از ماهیان مذکور امیدوارکننده است ولیکن اگر به روند تغییرات تجمع فلزات سنگین در خورموسی در گذشته و حال توجه گردد، علیرغم شرایط فیزیکی پویا در این منطقه، نشانه‌هایی از روند رو به افزایش میزان آلودگی فلزات مشاهده می‌شود که نگرانی جدی را برای منطقه به لحاظ اکولوژیک و سلامت عمومی مردم به وجود می‌آورد و لذا مسئولان زیست‌محیطی و بهداشت سلامت جامعه انسانی بایستی به فکر چاره‌اندیشی باشند.

ارزیابی خطر غذایی مصرف گونه مورد مطالعه در سه منطقه قشم، بندرخمیر و بندر پهل واقع در استان هرمزگان (Koosej *et al*., 2020) نشان‌دهنده آن بوده است که مصرف این ماهی با میزان مصرف فعلی از نظر فلزات سرب، نیکل، روی، آهن و مس خطری برای مصرف‌کنندگان ندارد. از آنجائی که منطقه مورد بررسی تحقیق حاضر هم جزء یکی از مناطق حساس اکولوژیکی و زیست‌محیطی است، نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که خوشبختانه آلودگی در ماهی مورد بررسی بیشتر از حد مجاز وجود ندارد که این موضوع برای سلامتی جامعه انسانی مصرف‌کننده از ماهیان مذکور امیدوارکننده است ولیکن اگر به روند تغییرات تجمع فلزات سنگین در خورموسی در گذشته و حال توجه گردد، علیرغم شرایط فیزیکی پویا در این منطقه، نشانه‌هایی از روند رو به افزایش میزان آلودگی فلزات مشاهده می‌شود که نگرانی جدی را برای منطقه به لحاظ اکولوژیک و سلامت عمومی مردم به وجود می‌آورد و لذا مسئولان زیست‌محیطی و بهداشت سلامت جامعه انسانی بایستی به فکر چاره‌اندیشی باشند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق بخشی از طرح تحقیقاتی ارزیابی ریسک اکولوژیک محیط دریایی خلیج‌فارس است. آزمایش‌های مربوط به طرح در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس انجام شد و بدینوسیله از حمایت معاونت محترم پژوهش و کلیه همکاران آزمایشگاه که با صبر و حوصله مقدمات انجام این پژوهش را فراهم نمودند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. جمع‌آوری داده‌ها توسط هدی مولا هویزه دانشجوی کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال انجام گرفت و بخشی از نتایج طرح به عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا با راهنمایی جناب آقای دکتر عبدالرحیم وثوقی و سرکار خانم دکتر افتخار شیروانی مهدوی ارائه شد.

منابـع

Aghajeri, N., Taherizadeh, M., Akbarzadeh, G. 2011. Nickel Concentration in *Penaeus indicus* from Jask coastal waters, Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal. 20(2): 153-158. (in Persian)

Alizadeh, R., Kamrani, E., Safaei, M., Momeni, M. 2014. Reproductive Biology of Sand Whiting, *Sillago sihama* (Forsskal) in the Persian Gulf (Coastal Waters of Hormozgan Province). Journal of Oceanography. 5(17): 41-47. (in Persian)

Askary Sary, A., Velayatzadeh, M., Beheshti, M., Khodadadi, M. 2011. The comparison of heavy metals Hg, Cd and Pb in the tissues of *Liza abu* from Karoon and Bahmanshir Rivers, Khuzestan Province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 20 (2): 131-140. (in Persian)

Askary Sary A., Javahery Baboli, M., Mahjob, S., Velayatzadeh, M. 2012. The comparison of heavy metals (Hg, Cd, Pb) in the muscle of *Otolithes ruber* in Abadan and Bandar Abbas Ports, the Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal. 21(3): 99-106. (in Persian)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

Askary Sary, A., Khodadadi, M., Kazemian, M., Velayatzadeh, M., Beheshti, M. 2010. Measurement and comparison of heavy metals (Mn, Cu, Zn, Fe) in *Liza abu* in the Karoon and Bahmanshir Rivers in Khoozestan Province. Journal of Marine Science and Technology Research. 5(1): 68-80. (in Persian)

Bahador, M., Moradi, A., Naji, A., Dehghani, M. 2015. Anthropogenic impacts on heavy metals (Pb, Ni, Zn and Fe) concentration in surface sediments of Shoor River Estuary, Bandar Abbas. Journal of Aquatic Ecology. 5(2): 38-48. (in Persian)

Biney, C.A., Ameybor, E. 1992. Trace metal concentrations in the pink shrimp *Penaeus notialis*, from the coast of Ghana. Water Air and Soil Pollution. 63(3-4): 273-279.

Bowen, H.J.M. 1979. Environmental chemistry of the elements. New York: Academic Press 1997.

Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S., Ferrante, M. 2013. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: consumption advisories. Food and Chemical Toxicology. 53: 33-37.

Cunningham, P.A., Sullivan, E.E., Everett, K.H., Kovach, S.S., Rajan, A., Barber, M.C. 2019. Assessment of metal contamination in Arabian/Persian Gulf fish: A review. Marine Pollution Bulletin. 143: 264-283.

Dadkhah, P., Chamani Orcid, A., Mortazavi, S. 2018. The risk assessment of Lead, Cadmium and Zinc in the two edible fishe species (*Carcharhinus limbatus*) and (*Epinephelus coioides*) of Persian Gulf in 2016. Journal of Research in Environmental Health. 4(2): 85-93. (in Persian)

De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S., Cassi, R. 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin. 48(1): 61-77.

Dehghan Madiseh, S., Savari, A., Parham, H., Marammazy, J., Papahn, F., & Sabzalizadeh, S. 2008. Heavy metals contaminant evaluation in sediments of Khour-e-Musa creeks, northwest of Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 7(2s): 137-156.

Dukes, A.D., Eklund, R.T., Morgan, Z.D., Layland, R.C. 2020. Heavy Metal Concentration in the Water and Sediment of the Lake Greenwood Watershed. Water, Air, and Soil Pollution. 231(1):11.

Einollahi, F. 2008. Study on the heavy metals (Cu, Pb and Ni) in sediments and *Saccostrea cucullata* of Bushehr Intertidal Zone. M.Sc. thesis, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology. 85 p. (in Persian)

Eslami Andargoli, T. 2008. Study on the heavy metals (Cu, Pb and Ni) in sediments and *Barbatia helblingii* of Bushehr Intertidal Zone. M.Sc. thesis, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology. 85 p. (in Persian)

Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A. 2003. Age-and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. Water Research. 37(5): 959-964.

Filazi, A., Baskaya, R., Kum, C., Hismiogullari, S.E. 2003. Metal concentrations in tissues of the Black Sea fish *Mugil auratus* from Sinop-Icliman, Turkey. Human and Experimental Toxicology. 22(2): 85-87.

Hakanson, L. 1980. Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. Water Research. 14: 975-1001.

Hastenrath, S., Lamb, P.J. 1980. On the heat budget of hydrosphere and atmosphere in the Indian Ocean. Journal of Physical Oceanography. 10(5): 694-708.

Jayaprakash, M., Kumar, R.S., Giridharan, L., Sujitha, S., Sarkar, S., Jonathan, M. 2015. Bioaccumulation of metals in fish species from water and sediments in macrotidal Ennore creek, Chennai, SE coast of India: A metropolitan city effect. Ecotoxicology and Environmental Safety. 120: 243-255.

Jamalpour, M., Mohammadi, Gh., Khodadadi, M. 2011. Study on the Relationship between Length and Weight of Byah (*Liza macrolepis*) in Musa Estuary. Journal of Wetland Ecobiology. 3(9): 85-91. (in Persian)

Karbassi, A.R. 1998. Geochemistry of Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd, V, Mn, Fe, Al and Ca in sediments of North Western part of the Persian Gulf. International Journal of Environmental Studies. 54: 205-212.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

Karbassi, A.R., Nouri, J., Mehrdadi, M., Ayaz, G.O. 2008. Flocculation of heavy metals during mixing of freshwater with Caspian Sea water. Environmental Geology. 53(8): 1811-1816.

Kasting, J.F., Whitmire, D.P., Reynolds, R.T. 1993. Habitable zones around main sequence stars. Icarus. 101(1): 108-128.

Kaya, G., Turkoglu, S. 2017. Bioaccumulation of heavy metals in various tissues of some fish species and green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) from İskenderun Bay, Turkey, and risk assessment for human health. Biological Trace Element Research. 180(2): 314-326.

Keskin, Y., Baskaya, K., Ozyaral, O., Yurdun, J., Luleci, N.E., Hayran, O. 2007. Cadmium, Lead, Mercury and Copper in fish from the Marmara Sea, Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 78: 258-261.

Khan, M.A., Yousuf, K., Riaz, S. 2014. Food and Feeding Habits of *Sillago sihama* (Forsskal, 1775) (Family: Sillaginidae) from Karachi Coast. International Journal of Fauna and Biological Studies. 1(3): 27-31.

Korkmaz, C., Ay, Ö., Çolakfakioğlu, C., Cicik, B., Erdem, C. 2017. Heavy metal levels in muscle tissues of *Solea solea*, *Mullus barbatus*, and *Sardina pilchardus* marketed for consumption in Mersin, Turkey. Water, Air and Soil Pollution. 228(8): 315.

Koosej, N., Jafariyan, H., Rahmani, A., Gholipoor, H. 2020, Potential health risk assessment of some heavy metals (lead, Nickel, Zink, Copper and Iron) in muscle of Silago Sihama in Qeshm, Khamir Port and Pol Port, Hormozgan. Journal of Applied Ichthyological Research. 8(1): 48-57. (in Persian)

Mahdinezhad, S., Tavana, A., Rahnavard, A. 2018. Determination of cadmium, lead, copper and zinc in combination muscle tissue mullet and surface sediments of wetlands Miankaleh. Iranian Journal of Health Sciences Articles in Press, Available Online from 20 January 2018. (in Persian)

Mohammadnabizadeh, S., Pourkhabbaz, A. 2013. Biomonitoring of heavy metals of fish tissues in Khamir and Laft ports of Hormozgan Province. Iranian Veterinary Journal. 9(1): 64-75. (in Persian)

Mohammadnabizadeh, S., Pourkhabbaz, A., Afshari, R., Nowrouzi, M. 2012. Concentrations of Cd, Ni, Pb, and Cr in the two edible fish species *Liza klunzingeri* and *Sillago sihama* collected from Hara biosphere in Iran. Toxicological and Environmental Chemistry. 94(6): 1144-1151.

Nauen C.E. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products. FAO Fisheries Circular. 764. Rome: FAO; p.102.

Navan Maghsoudi, M., Esmaeli Sari, A., Madadizadea, Gh. 2007. A survey of the water pollution with heavy metals Ni, Pb, Hg, Cr, Cd, V, As and total hydrocarbon in Bandar Shahid Rajaii, Bandar Abbas. Iranian Scientific Fisheries Journal. 16(2): 161-166. (in Persian)

Norouzi, M., Bagheri Tavana, M., Ghodrati, Sh., Amirjannati, A. 2018. Evaluate and Compare the Accumulation of the Heavy Metals in Tissues of the Gray Mullet (*Liza aurata*) during the Sexual Maturity and Sexual Rest. Journal of Natural Environment. 71(1): 125-137. (in Persian)

Oryan, S., Tatina, M., Gharibkhani, M. 2011. The impact of oil pollution on the accumulation of heavy metals (Ni, Pb,Cd & V) in muscle tissue of *Pampus argenteus* from the northern part of the Persian Gulf. Journal of Oceanography. 1(4): 61-68. (in Persian)

Parvaneh, M., Khaivar, N., Nikpour, Y., Nabavi, S. 2011. Heavy metals (Hg, Cd, Pb, Ni, Cu) concentrations in *Euryglossa orientalis* and sediments from Khur-e-Musa Creek in Khuzestan Province. Iranian Scientific Fisheries Journal. 20(2): 17-26. (in Persian)

Sadeghi, E., Pirsaheb, M., Mohammadi, M., Salati, A.P., Sharafi, H., Mirzaei, N., Bohlouli, S. 2017. Evaluation of cadmium and lead levels in fillet marine fish (*Otolithes ruber* and *Lutjanus johni*) from Persian Gulf. Annals of Tropical Medicine and Public Health. 10(4): 1015-1018.

Safahieh, A., Farhad, M., Nabavi, S.M.B., Ghanemi, K., Movahedi Nia, A., Darabpour, M. 2012. Accumulation of Heavy Metals Ni, V, Cu and Pb in Sediments and Bivalves *Crassostrea gigas* in Bandar Imam Khomeini. Journal of Oceanography. 2(8): 49-59. (in Persian)

Salihi, I.U., Kutty, S.R.M., Isa, M.H. 2017. Equilibrium and Kinetic Studies on Lead (II) Adsorption by Sugarcane Bagasse Derived Activated Carbon. International Journal of Engineering. Transactions B: Applications. 30(11): 1647-1653.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]

Seifzadeh, M., Golshahi, E., Safiyari, Sh. 2018. Study the concentrations of lead and cadmium in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Talesh of Guilan. Journal of Animal Science Researches. 28(2): 65-79. (in Persian)

Štrbac, S., Kašanin-Grubin, M., Jovančićević, B., Simonović, P. 2015. Bioaccumulation of heavy metals and microelements in silver bream (*Brama brama* L.), northern pike (*Esox lucius* L.), sterlet (*Acipenser ruthenus* L.), and common carp (*Cyprinus carpio* L.) from Tisza River, Serbia. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 78(11): 663-665.

Turekian, K.K., Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. Geological Society of America Bulletin. 72: 175-192.

Vinodhini, R., Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio*. Journal of Environment Science Technology. 5: 179-182.

Zhao, B., Wang, X., Jin, H., Feng, H., Shen, G., Cao, Y., Yu, C., Lu, Z., Zhang, Q. 2018. Spatiotemporal variation and potential risks of seven heavy metals in seawater, sediment, and seafood in Xiangshan Bay, China (2011–2016). Chemosphere. 212: 1163-1171.

Zin, K.P., Lim, L., Bandara, J.S., Thippeswamy, H. 2017. Heavy metals in paddy soils of Brunei Darussalam and their relationship with selected soil properties. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis. 5(3): 64-70.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1400.11.1.5.8]