

بررسی تجمع‌زیستی فلزات سنگین در رسوبات و بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک یال‌دار (*Boleophthalmus dussumieri*) در سواحل خوزستان، خلیج فارس

کبری حیدری^۱، اولیا قلی خلیلی پور^{۲*}؛ همیرا آگاه^۳؛ حسین ذوالقرنین^۴؛ سید مهدی حسینی^۵

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست دریا، دانشگاه علوم فنون دریای خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲-استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم فنون دریای خرمشهر، خرمشهر، ایران

۳-استادیار گروه علوم زیستی دریا، پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران،

ایران

۴-استاد گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم فنون دریای خرمشهر، خرمشهر، ایران

۵-استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم فنون دریای خرمشهر، خرمشهر، ایران

(تاریخ دریافت ۰۸/۰۷/۰۰-تاریخ پذیرش ۱۴/۱۱/۰۰)

چکیده:

نیاز روز افزون انسان به منابع غذایی دریایی و ورود آلودگی‌های مختلف از جمله فلزات سنگین به منابع دریایی یکی از چالش‌های مهم به شمار می‌آید. در این پژوهش، بررسی غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیچه‌ای ماهی گل‌خورک یالدار و رسوبات سواحل خوزستان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین غلظت فلزات کادمیم، روی، آهن تجمع‌یافته در بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک در بین ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0.05$)؛ اما بین غلظت فلزات آرسنیک، کادمیم، کروم، روی، نیکل، آهن در رسوبات ایستگاه‌های مختلف و غلظت آن‌ها در بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$)؛ میانگین غلظت فلزات سنگین آرسنیک، نیکل و کادمیم در بافت ماهیچه‌ای بیش از حد استاندارد جهانی WHO (سال ۲۰۰۴) به‌دست آمد. همچنین، میانگین غلظت روی و آهن در بافت ماهیچه‌ای ماهی از استاندارد ذکر شده پایین‌تر بود. مقایسه غلظت‌های فلزات با استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا (USEPA) (سال ۲۰۰۴) نشان داد که غلظت فلز نیکل در رسوبات ایستگاه‌های مختلف در وضعیت آلودگی شدید (بیشتر از ۴۰) است. با توجه به اینکه سایر مطالعات روی این گونه نشان داده است که می‌توان گل‌خورک یالدار را به‌عنوان شاخص آلودگی در نظر گرفت و نتایج این تحقیق نیز بیانگر تأثیر مناطق آلوده بر میزان انباشتگی فلزات سنگین در بافت ماهیچه‌ای است، بنابراین لازم است به‌منظور جلوگیری از تأثیر آلاینده‌ها به‌خصوص فلزات سنگین بر فرسایش ژنتیکی و در نهایت حذف این گونه از طبیعت مطالعات کامل‌تر صورت گیرد.

کلید واژگان: آلودگی دریا، شاخص زیستی، تجمع زیستی، *Boleophthalmus dussumieri*

۱. مقدمه

گل خورک‌های یالدار منبع اصلی غذای ماهی‌ها و پرندگان محل سکونت خود را تشکیل داده (Clayton, 1993 and Vaughau, 1988) و غذای مورد علاقه مردم تایوان، ژاپن، کره و چین محسوب شده و در شرق آسیا اغلب به عنوان یک منبع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nassirabady *et al.*, 2020). پراکنش این ماهی در ایران در آب‌های شیرین و شور خلیج فارس و دریای عمان و رودخانه‌های کارون، اروندرود، مهران، کول، میناب، مکران می‌باشد همچنین قادر است از رودخانه وارد دریا شده و رودخانه‌ی محل زندگی خود را تغییر دهد (Kachhi *et al.*, 2020). این گونه می‌تواند زیستگاه مشترکی با بسیاری از گونه‌های تجاری در منطقه (میگو، انواع ماهی) داشته و از آنجا که در ایجاد حفره، رسوب‌گذاری، احیا مواد آلی بستر و چرخش مواد مغذی به لایه‌های بالایی آب‌ها (پدیده Bioturbation) نقش مؤثری دارند، همچنین حلقه اتصالی مهمی در زنجیره غذایی محسوب می‌شوند (Clayton, 1993). آلودگی مناطق ساحلی می‌تواند این نقش را کم‌رنگ نماید. از طرفی، با توجه به اینکه شهرهای ساحلی استان خوزستان، فاقد تصفیه‌خانه فاضلاب شهری هستند؛ به عنوان مثال، فاضلاب شهرهای آبادان و خرمشهر بدون تصفیه به رودخانه‌های اروندرود و بهمنشیر تخلیه می‌شوند، تردد فراوان کشتی‌های نفت‌کش و لای‌روبی رسوبات (به منظور سهولت در حرکت کشتی‌ها) می‌تواند سبب افزایش بار آلودگی در بندر خوزستان شود (Azimi *et al.*, 2012) که این امر می‌تواند عامل ورود انواع آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین به بوم‌سازگان آبی منطقه باشد. از آنجا که مطالعات قبلی در این زمینه، حاکی از میزان تجمع آلودگی در جنس نر و ماده این

فلزات سنگین به دلیل اثرات سمی و توان تجمع‌زیستی در گونه‌های مختلف آبزیان کف‌زی خوار و وارد شدن به زنجیره‌های غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Battaglia *et al.*, 2005; Habibian, 2008; Pazira and Khosravi, 2016). حلالیت کم فلزات سنگین در آب، موجب ته‌نشست آن‌ها روی رسوبات بستر می‌شود (Clark, 1997)؛ بنابراین، بررسی مقدار تجمع فلزات در رسوبات، امکان نظارت پیوسته بر آلودگی در یک منطقه را فراهم می‌سازد (Amini Ranjbar and Koneshlo, 1998). مطالعات نشان می‌دهند که رسوبات مناطقی مانند بندر صنعتی و شهری که از سطوح بالای فعالیت‌های صنعتی و شهری برخوردارند، دارای غلظت‌های بالاتری از آلاینده‌ها می‌باشند (Long *et al.*, 2000; Caplat *et al.*, 2009; Dias *et al.*, 2005). در چنین مناطقی سمیت و زمان نیمه‌عمر طولانی فلزات سنگین، آن‌ها را به خطری جدی برای موجودات آبی و بوم‌سازگان‌های مصبی تبدیل کرده است. از آنجا که بسیاری از گونه‌های زیستی به ویژه بنتوزها و بنتوزخوارها بخش بزرگی از دوره زندگی خود را در محیط رسوبی سپری می‌کنند؛ از این رو مواد موجود در رسوبات از طریق چرخه زیستی وارد بدن این موجودات و در نهایت در انتهای زنجیره غذایی وارد بدن انسان می‌شود (Povlesen *et al.*, 2003). بنابراین می‌توانند منجر به بروز خطرات فراوان برای سلامت اکوسیستم و در نهایت انسان شود. یکی از گونه‌هایی که در این بسترهای رسوبی زیست می‌کند گل خورک یال‌دار (*Boleophthalmus dussumieri*) می‌باشد. گل خورک‌ها از جمله

ماهی به‌صورت یکسان (Koosej *et al.*, 2012) و کمتر از حد استاندارد جهانی بوده و نشان‌دهنده تجمع آلودگی در بافت این گونه است (Yekrangi *et al.*, 2014)، همچنین با توجه به اینکه به نظر می‌رسد تجمع فلزات در بافت گل‌خورک‌ها کمتر از رسوبات باشد (Mora *et al.*, 2004). بنابراین به‌منظور مطالعه میزان غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم، روی، نیکل و آهن بر اساس مطالعات Ahmed *et al.*, 2011؛ Ansari *et al.*, 2014) در رسوبات و بافت عضلانی گل‌خورک‌های چهار منطقه از استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت تا علاوه بر مقایسه با استانداردهای جهانی و مطالعات قبلی (Mora *et al.*, 2004; Koosej *et al.*, 2012; Yekrangi *et al.*, 2014) بتوان در مدیریت صحیح این گونه تصمیمات درستی گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

سواحل استان خوزستان به طول تقریبی ۳۰۰ کیلومتر از خرمشهر شروع و تا سواحل بحرکان ادامه دارد. این سواحل به دلیل ساختار جزر و مدی و گلی خود، محل مناسبی برای تغذیه انواع پرندگان آبی و کنار آبی هستند. مصب‌های حساس، خورها و خلیج‌های کوچک ساحلی در سواحل استان خوزستان و همچنین رودخانه‌های اروندرود، بهممنشیر و زهره که وارد دریا شده و در محل تلاقی آن‌ها با دریا زیستگاه‌های مصبی بسیار غنی به وجود آمده محل مناسبی برای توزیع انواع آبزیان می‌باشد. در این پژوهش، چهار منطقه اروند کنار، بحرکان، بندر امام و اسکله صیادی آبادان که از جمله آلوده‌ترین مناطق خوزستان هستند (Heidari *et al.*, 2017)، مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۱). نمونه‌برداری شامل صید ماهیان گل‌خورک (*Boleophthalmus*)

(*dussumieri*) و برداشت رسوب از هر چهار منطقه صورت گرفت. جهت صید ماهی از تور ساچوک به‌صورت تصادفی استفاده شد. بهترین زمان برای صید این ماهی در هنگام مد (زمان حرکت آب به سمت خشکی) می‌باشد که تجمع گل‌خورک‌ها افزایش می‌یابد. برای بررسی میزان فلزات سنگین در بافت ماهی به‌ترتیب تعداد ۲۳، ۳۱، ۲۶ و ۱۳ قطعه ماهی بالغ گل‌خورک از ایستگاه‌های اروندکنار، بحرکان، بندر امام و بندر صیادی آبادان صید گردید. سپس حدود ۵ گرم از بافت ماهیچه‌ای انتهایی قسمت دمی جدا شده و به مدت ۲۴ ساعت در فریزدرایر (تحت خلأ و دمای -50°C) خشک شدند (Heidari *et al.*, 2017). سپس، نمونه‌های خشک شده به کمک هاون چینی به صورت پودر همگن درآمدند. به‌منظور هضم و آنالیز گوشت گل‌خورک، یک گرم از هر نمونه خشک و همگن شده در ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک با اعمال حرارت (۸۵ درجه سانتی‌گراد) کاملاً حل شد. محلول به‌دست آمده به بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتری انتقال داده شد و با آب دو بار تقطیر به حجم رسید. در نهایت، پس از هضم اسیدی، غلظت فلزات و عناصر توسط دستگاه اسپکترومتری نشری پلاسما جفت شونده القائی سنجش شدند (Sposito *et al.*, 1982). محلول استاندارد چند عنصری ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (Merck) برای تهیه محلول‌های استاندارد با غلظت‌های ۲، ۲۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی میزان فلزات سنگین در رسوبات، در هر منطقه به‌صورت مجزا و تصادفی یک ترانسکت موازی با ساحل به طول یک کیلومتر انتخاب شد در هر ترانسکت سه ایستگاه نمونه‌برداری شامل دو گوشه انتهایی ترانسکت و میانه آن انتخاب



شکل ۱ موقعیت چهار منطقه نمونه برداری در طول سواحل خوزستان

گرم از هر نمونه رسوب، با مخلوط (۱:۳، حجم:حجم) HNO_3 و HCl در ظرف تفلونی و بر روی Hot plate به مدت سه ساعت و در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد هضم شدند. محلول هضم شده پس از عبور از صافی، به بالن ۱۰۰ میلی لیتری منتقل و با آب دو بار تقطیر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. محلول فوق جهت تعیین فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیم، کروم، روی، نیکل، آهن) با دستگاه اسپکترومتری نشری پلاسمای جفت القائی (ICP-OES، سری ICAP6000، مدل Spectro Arcos Ametek) آنالیز شدند.

در این مطالعه، به منظور تعیین شدت آلودگی رسوبات از ضریب آلودگی و فاکتور غنی‌شدگی استفاده شد. ضریب غنی‌شدگی روش مناسبی برای تفکیک منشأ طبیعی و انسان‌زاد آلودگی است (Sutherland, 2000) که از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$EF = \frac{\left(\frac{C_M}{C_S}\right)_X}{\left(\frac{C_M}{C_S}\right)_C} \quad \text{رابطه (۱)}$$

شدند. استفاده از ترانسکت موازی ضمن دسترسی بیشتر به زیستگاه این گونه، فرصت نمونه برداری از بالادست و پایین دست هر ایستگاه که آلودگی دارند را نیز فرام می‌کند. در هر ترانسکت تعداد ۹ نمونه رسوب سطحی (سه تکرار در هر ایستگاه) با استفاده از گریپ پترسون نمونه برداری شد. در مجموع، تعداد ۳۶ نمونه رسوب از چهار ایستگاه برداشته شد. نمونه‌های رسوب در ظروف پلی اتیلنی مجزایی که دارای برچسب اطلاعات بود در مجاورت یخ در یخدان به آزمایشگاه منتقل گردید و تا زمان سنجش در آزمایشگاه، در فریزر $-20^{\circ}C$ نگهداری شدند (MacFarlane *et al.*, 2003). به منظور پیشگیری از ایجاد خطا در سنجش، قبل از نمونه برداری تمام ظروف مورد استفاده ابتدا با مواد شوینده شستشو شده، به مدت ۲۴ ساعت در نیتریک اسید ۱۰ درصد قرار گرفته سپس با آب دو بار تقطیر شسته و در آن (دمای ۴۰ درجه سانتی گراد) خشک گردیدند (EPA, 1994). پیش از هضم رسوب، ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون با استفاده از الک استیل غربال شدند. یک

بررسی تجمع‌زیستی فلزات سنگین در رسوبات و بافت ماهیچه‌ای گل خورک یال‌دار...

جدول ۱- غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیچه‌ای گل خورک‌های (*Boleophthalmus dussumier*) منطقه مورد مطالعه

WHO, 2004 (mg/Kg) و مقایسه آن با استاندارد جهانی

WHO	میانگین منطقه مورد مطالعه	ایستگاه‌ها				فلزات و عناصر	
		اسکله آبادان	بندر امام خمینی	بحرکان	اروندکنار	نماد	نام
**۰/۲	ND	ND	ND	ND	ND	Cr	کروم
۰/۱	۰/۹۰±۰/۲۵	۰/۹۴±۰/۱۹	۰/۹۷±۰/۱۴	۰/۸۶±۰/۳۳	۰/۸۴±۰/۲۶	As	آرسنیک
**۰/۲	۱/۰۳±۰/۱۵	۱/۱۵±۰/۳۵	۱/۱۳±۰/۰۲	۰/۸۵±۰/۰۷	۱/۱۳±۰/۰۱	Cd	کادمیم
**۱۰۰	۱/۷۵±۰/۶۳	۱/۴۰±۰/۲۸	۱/۸۹±۰/۶۰	۲/۰۸±۰/۶۰	۱/۰۷±۰/۱۸	Zn	روی
**۰/۳	۳/۰۹±۰/۵۷	۳/۹۰±۰/۰۰	۳/۲۵±۰/۵۸	۲/۸۹±۰/۵۰	۲/۸۶±۰/۵۰	Ni	نیکل
۱۰۰	۱۵/۴±۴/۰۸	۱۲/۲۰±۲/۹۷	۱۱/۶۴±۲/۲۳	۱۶/۶±۲/۸۰	۲۰/۴±۱/۳	Fe	آهن

ND* غیر قابل تشخیص/ زیر حد تشخیص دستگاه ** (Salemi and Hosseini Alhashemi, 2017).

نمونه و ($C_{background}$) غلظت عنصر در نمونه Z زمین است. اگر ($CF > 1$) باشد، نشان‌دهنده وجود آلودگی در رسوبات است و اگر ($CF < 1$) باشد، به این معنی است که آلودگی عنصری قابل اغماض است (Sutherland, 2000).

تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد و کلیه نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۳ رسم شدند. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت ماهی و رسوبات از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه^۱ و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، جهت مقایسات چندگانه از آزمون دانکن^۲ استفاده شد. از ضریب همبستگی پیرسون جهت بررسی میزان همبستگی تجمع فلزات در بافت ماهی و رسوبات استفاده گردید.

۳. نتایج

در این رابطه EF ضریب غنی‌شدگی، ($[C_M/C_S]_X$) غلظت عنصر (M) تقسیم بر (C_S) غلظت آهن در همان نمونه رسوب و ($[C_M/C_S]_e$) غلظت عنصر m موجود در پوسته زمین (یا غلظت زمینه عنصر مورد نظر) تقسیم بر C_S غلظت آهن پوسته زمین (یا غلظت عنصر آهن زمینه). چنانچه (EF) کوچکتر از ۱/۵ باشد فاقد غنی‌شدگی (منشأ طبیعی)، ۵-۱/۳ شدگی کم، بین ۳-۵، ۱۰-۵، ۲۵-۱۰، ۲۵-۵۰ و بیش از ۵۰ به‌ترتیب نشان‌دهنده غنی‌شدگی متوسط، متوسط مایل به زیاد، غنی شدگی زیاد، بسیار زیاد غنی شده و به شدت غنی شده است (Sutherland, 2000; Mwamburi, 2016).

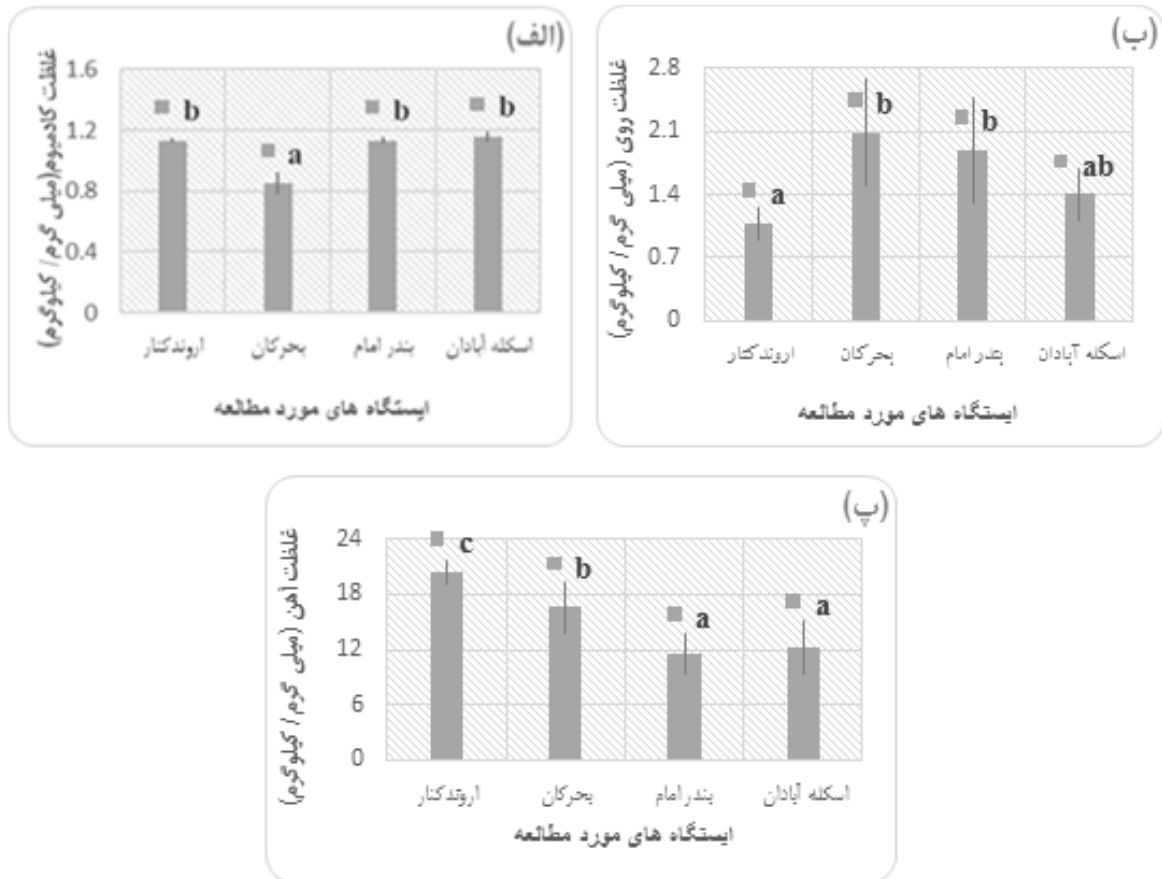
ضریب آلودگی از تقسیم غلظت عنصر در نمونه برداشت شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه به‌دست می‌آید که بیانگر میزان آلودگی رسوبات به عناصر سنگین است. نمونه زمینه از مقایسه رسوبات منطقه با رسوبات محلی که عوامل انسان‌زاد روی آن تأثیرگذار نبوده‌اند با روش‌های آماری در منطقه مورد مطالعه به‌دست می‌آید. ضریب بار آلودگی از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$CF = \frac{C_{Sample}}{C_{Background}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

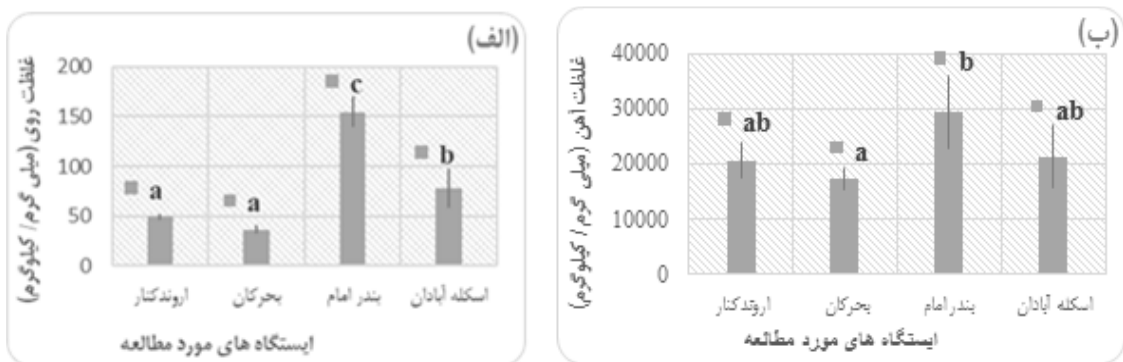
(CF) ضریب آلودگی و (C_{sample}) غلظت عنصر در

¹One Way of ANOVA

²Duncan



شکل ۲- مقایسه غلظت فلزات در بافت گل خورک ماهیان ایستگاه‌های مورد مطالعه. الف- کادمیم، ب- روی، پ- آهن



شکل ۳- غلظت فلزات دارای اختلاف معنی‌دار در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه (الف- آهن و ب- روی)

به فلز آهن با میانگین ۱۵/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار آن مربوط به فلز آرسنیک با میانگین ۰/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد (جدول ۱). غلظت روی و آهن در بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک‌ها در ایستگاه‌های مختلف کمتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و غلظت‌های آرسنیک، کادمیم و نیکل بیش از حد استاندارد (WHO, 2004، جدول ۱) بودند.

نتایج آنالیز فلزات در بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک‌های صید شده از ایستگاه‌های مختلف نشان داد که غلظت کروم زیر حد تشخیص دستگاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم ۰/۰۱) بوده و در این تحقیق ناچیز تشخیص داده شد. توالی غلظت فلزات و عناصر اندازه‌گیری شده در بافت ماهی گل‌خورک به ترتیب $Fe > Ni > Zn > Cd > As$ بود. بیشترین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک‌های ایستگاه‌های مختلف مربوط

بررسی تجمع‌زیستی فلزات سنگین در رسوبات و بافت ماهیچه‌ای گل خورک یال‌دار...

جدول ۲- غلظت فلزات در رسوبات منطقه مورد مطالعه (میلی‌گرم بر کیلوگرم) (آهن بر حسب درصد) و استانداردهای بین‌المللی

TEL/ ISQG	میانگین	اسکله آبادان	بندر امام خمینی	بحرکان	اروندکنار	عناصر	
						نماد	نام
۳۷	۳۶/۹±۵/۳	۳۶/۱۴±۸/۰۸	۳۷/۷۳±۲/۳۳	۳۴/۹۶±۴/۸۱	۳۸/۸۱±۶/۹۵	Cr	کروم
۷/۲۴	۰/۴۶±۰/۱۳	۰/۴۲±۰/۱۲	۰/۵۹±۰/۰۶	۰/۵۱±۰/۰۷	۰/۳۴±۰/۱۵	As	آرسنیک
۰/۶۸	۰/۴۵±۰/۱۲	۰/۴۲±۰/۱۱	۰/۵۸±۰/۰۵	۰/۴۶±۰/۰۸	۰/۳۵±۰/۱۳	Cd	کادمیم
۱۲۴	۷۹/۵۱±۴۹/۱۸	۷۷/۹۶±۱۹/۲۰	۱۵۴/۶۴±۱۵/۹۱	۳۶/۳۰±۴/۳۹	۴۹/۱۳±۳/۱۷	Zn	روی
۱۸	۶۰/۶۷±۶/۸۹	۶۲/۶۷±۸/۱۰	۵۷/۹۷±۱/۳۶	۵۵/۴۰±۵/۵۷	۶۶/۶۷±۷/۰۶	Ni	نیکل
٪ ۱/۶	۲/۲±۰/۰۶	۲/۱±۰/۵۸	۲/۹±۰/۶۷	۱/۷±۰/۱۹	۲/۱±۰/۳۳	Fe	آهن ٪

TEL: Threshold, Effect Level; SQG: Sediment Quality Guidelines.

جدول ۳- شاخص‌های آلودگی و غنی‌شدگی فلزات مورد مطالعه

CF	EF	ERM	ERL	PEL	میانگین پوسته زمین (ISQGs و NOAA)	TEL/ISQG	میانگین	فلزات
۰/۳۷	۰/۹۲	۳۷۰	۸۱		۱۰۰ (Sayadi et al., 2011)	۳۷	۳۶/۹±۵/۳	کروم
۰/۰۴	۰/۰۹	۷۰	۸,۲	۴۱,۶	۱۳ (Rezaei and Gholamdozt, 2015)	۷/۲۴	۰/۴۶±۰/۱۳	آرسنیک
۲/۲۵	۵/۶۳	۶,۹	۲,۱	۴/۲	۰/۲ (Sayadi et al., 2011)	۰/۶۸	۰/۴۵±۰/۱۲	کادمیم
۱/۲۲	۳/۱	۴۱۰	۱۵۰	۲۷۱	۶۵ (Wedepohl, 1995)	۱۲۴	۷۹/۵۱±۴۹/۱۸	روی
۱/۵۲	۳/۸	۵۲	۲۱	۳۶	۴۰ (Wedepohl, 1995)	۱۸	۶۰/۶۷±۶/۸۹	نیکل
۰/۴۸		٪۴۰	٪۲۰		٪۵	٪ ۱/۶	۲/۲±۰/۰۶	آهن ٪

ERL: Effects Range Low; ERM: Effects Range Medium; TEL: Threshold, Effect Level; PEL: Probable Effect Level; SQG: Sediment Quality Guidelines.

نتایج آنالیز فلزات سنگین در رسوبات نشان داد که میزان آهن بیشتر از سایر فلزات بوده و کمترین میزان غلظت فلزات مربوط به کادمیم می‌باشد (جدول ۲). توالی غلظت عناصر مورد تجزیه در رسوبات عبارتند از: $Fe > Zn > Ni > Cr > As > Cd$. بالاترین غلظت عناصر سنگین در رسوبات ایستگاه‌های مختلف مربوط به آهن با میانگین ۲۲۲۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۲/۲ درصد) و کمترین آن‌ها مربوط به کادمیم با میانگین ۰/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۲).

در این مطالعه، فقط بین آهن و روی ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد در حالی که اختلاف میان آرسنیک، کادمیم، نیکل و کروم در رسوبات ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). بحرکان و بندر امام به ترتیب دارای کمترین و بیشترین غلظت آهن بودند (شکل ۳-الف). بیشترین غلظت

غلظت‌های آرسنیک، کادمیم و نیکل به‌طور متوسط به ترتیب ۹، ۱۰۰ و ۶ برابر میزان مجاز اعلام شده بودند. نتایج نشان داد که میانگین غلظت آرسنیک و نیکل تجمع‌یافته در بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک‌های ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P > 0.05$)، در حالی که اختلاف میان غلظت‌های روی، آهن و کادمیم بین ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار بود ($P < 0.05$). غلظت کادمیم در ماهیان ایستگاه بحرکان به‌طور معنی‌داری کمتر از سه ایستگاه دیگر بود (جدول ۱ و شکل ۲-الف). همچنین، غلظت روی در اروندکنار کمترین و در بحرکان و بندر امام بیشترین مقدار را نشان داد (شکل ۲-ب). میزان آهن تجمع‌یافته در بافت ماهیان بندر امام و اسکله صیادی آبادان به‌طور معنی‌داری با مقادیر آهن تجمع‌یافته در بافت ماهیان بحرکان و اروندکنار متفاوت بود ($P < 0.05$) (شکل ۲-پ).

و نابودی زیستی بوم‌سازگان می‌شود (Zanganeh and Lakhan, 2007). برخی فلزات مانند کادمیم و آرسنیک سمی بوده و در اثر تجمع در بافت ماهی می‌تواند مخاطرات زیستی برای آبزیان و در صورت مصرف برای انسان ایجاد کنند.

غلظت فلزات در رسوب: غلظت فلزات در رسوب

در اثر عوامل مختلفی چون سرعت ته‌نشینی، اندازه ذرات، سرعت رسوب‌گذاری ذرات معلق و میزان مواد آلی دچار نوسان شده و سبب اختلاف غلظت فلزات در ایستگاه‌های مختلف می‌شود (Tam and Wong, 2000; Nemr et al., 2007). وجود صنایع مختلف شیمیایی و صنایع دریایی در منطق Z مورد مطالعه و تخلیه پساب‌های صنعتی و شهری (Depledge et al., 1997) به رودخانه اروندرود که حاوی انواع فلزات سنگین هستند از عمده منابع ورود آلودگی فلزات سنگین به‌ویژه نیکل در منطقه است. همچنین، فعالیت‌های گسترده شناورهای تجاری، صیادی، نظامی، مسافری و حمل و نقل کالا به‌ویژه بین سه بندر آبادان، خرمشهر و بصره و سواحل خوزستان از جمله عوامل ورود آلاینده‌های مختلف فلزات سنگین در منطقه می‌باشد (Darami Asl, 2006). اگر چه عامل اصلی افزایش غلظت فلزات در سواحل فاضلاب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و تعمیر کشتی‌ها، کارخانه‌های آبکاری الکترونیکی و منسوجات، تخلیه سوخت‌های کشتی‌ها، صنایع شیمیایی و فرسایش ناشی از هوازدگی سنگ‌ها هستند (Koushafar et al., 2021). بحرکان و اروندرکنار، با سطح آلودگی متوسط، به‌ترتیب دارای کمترین میزان آلودگی بودند. بندر امام و اسکله صیادی آبادان نیز، با سطح آلودگی زیاد، بیشترین آلودگی را به خود اختصاص دادند. به نظر می‌رسد

روی در بندر امام خمینی و کمترین آن در بحرکان اندازه‌گیری شد (شکل ۳-ب). مقایسه غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در رسوبات با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA, 2004) نشان داد که غلظت نیکل در همه ایستگاه‌ها در سطح آلودگی شدید قرار دارد (جدول ۲).

همچنین، نتایج نشان داد که که میزان غلظت کروم در حد آستانه و در گستره آلودگی متوسط است. مقایسه فلزات کادمیم و آرسنیک در رسوبات منطقه مورد مطالعه با میزان استاندارد کیفیت رسوب نشان داد که غلظت این فلزات در محیط کمتر از حد آستانه و از لحاظ آلودگی در گستره رسوبات غیر آلوده قرار داشته و بی‌خطر عنوان می‌شود. عنصر روی در بندر امام خمینی دارای آلودگی متوسط و در سایر ایستگاه‌ها در سطح غیرآلوده می‌باشد. غلظت آهن در گستره پایین آلودگی و در شرایط آلودگی متوسط قرار داشت، اما نیکل با میانگین ۶۰/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در رسوبات اروندرکنار، در گستره آلودگی شدید قرار گرفت (جدول ۳). همچنین، نتایج نشان داد که کادمیم، روی و نیکل با ضریب آلودگی بیش از ۱ و نیز ضریب غنی‌شدگی (EF) بین ۳ تا ۵ دارای آلودگی متوسط در منطقه مورد مطالعه بوده و منشأ آلودگی‌های فوق، انسان‌ساز می‌باشد (جدول ۳).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

برخی عناصر مانند کروم، نیکل و آهن به‌عنوان فلزات ضروری برای فعالیت‌های متابولیکی و آنزیمی لازم و حیاتی هستند. هر چند مقدار زیاد این فلزات برای حیوانات و همچنین برای انسان مضر است (Kheirvar and Dadolahi, 2011) و افزایش بیش از اندازه آن‌ها سبب برهم‌خوردن تعادل بوم‌شناختی

غلظت فلزات در بافت ماهیچه‌ای: نتایج این تحقیق نشان داد که در ایستگاه‌های مورد بررسی میزان عناصر آرسنیک، نیکل و کادمیم در بافت ماهیچه‌ای گل‌خورک در ایستگاه‌های مختلف بیش از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان جهانی بهداشت است (جدول ۱)؛ که این امر می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی نسبی گونه مورد مطالعه باشد. غلظت بالای فلزات سنگین حتی عناصر ضروری مانند روی، مس، نیکل، کبالت، منگنز، آهن و کبالت که تشکیل‌دهنده کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌ها بوده و در فعالیت‌های متابولیکی نیز ضروری هستند، ولی در مقادیر زیاد می‌توانند برای حیوانات و انسان مضر باشند. مطالعات نشان داده است که فلزات سنگین بر شاخص‌های سلامت ماهیان مانند شاخص‌های بیوشیمیایی خون، آنزیم‌های نشانگر، استرس، اکسیداتیو و ژنتیک تأثیرگذار بوده و ضمن ایجاد ضایعات ساختاری و اختلال عملکردی، موجب بروز و افزایش استرس در آن‌ها خواهد شد. برای مثال، حضور غلظت‌های بالای نیکل و کادمیم در کنار سایر فلزاتی مانند کروم و سرب (Vinodhini and Narayanan, 2009; Javed and Usmani, 2017)، همچنین حضور غلظت بالای نیکل در کنار مس، آهن و کبالت (Parvathi et al., 2011, Shaheen and Akhtar, 2012) منجر به افزایش کلسترول کل و بروز استرس در ماهی می‌شود. غلظت بالای برخی فلزات سنگین مانند کادمیم (Seham and Soad, 2005; Javed and Usmani, 2017; Salman, 2011; Parvathi et al., 2011; Javed and Usmani, 2017) فعالیت آنزیمی ماهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بررسی‌ها نشان داده است که تجمع غلظت‌های بالای کادمیم و مس بر سیستم

تردد قایق‌ها و شناورها و نیز تخلیه فاضلاب‌های انسانی و صنعتی به آب‌های این منطقه (بندر امام خمینی و اسکله صیادی آبادان) مقایسه غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در رسوبات با استاندارد جهانی کیفیت رسوب USEPA نشان داد (جدول ۲) که غلظت نیکل و جیوه در همه ایستگاه‌ها در سطح آلودگی شدید قرار دارند. بندر امام خمینی بزرگترین بندر ایران به شمار می‌رود تردد فراوان کشتی‌های نفت‌کش ولای‌روبی رسوبات جهت سهولت در حرکت کشتی‌ها می‌تواند سبب افزایش میزان آلودگی از جمله نیکل در این منطقه شود. نیکل از جمله عناصر مهم آلاینده محیط‌زیست و نیز از اجزای تشکیل‌دهنده نفت محسوب می‌شود (Koushifar et al., 2021). میانگین غلظت این عنصر در نفت خام کشورهای مختلف متفاوت و از رابطه خاصی برخوردار است. به‌طوری که از مقدار فراوانی آن می‌توان به منشأ آلودگی‌های نفتی و همچنین شدت آلودگی پی برد (Ansari et al., 2014). مقایسه فلزات کادمیوم و آرسنیک در رسوبات منطقه مورد مطالعه با استاندارد کیفیت رسوب نشان داد که این فلزات در محیط، از لحاظ آلودگی بی‌خطر تلقی می‌شود. عنصر روی در بندر امام خمینی دارای آلودگی متوسط و در سایر ایستگاه‌ها در سطح غیرآلوده بود. نتایج نشان داد که آهن در رسوبات بندر امام خمینی دارای درجه آلودگی زیاد بود. فلز کادمیوم با کاربرد شاخص‌های فاکتور آلودگی در سطح آلودگی متوسط بود. همچنین سایر مطالعات سنجش فلزات سنگین در رسوبات سواحل خوزستان، نشان دادند که کادمیوم و نیکل بالاتر از حد مجاز (بر اساس استاندارد‌های UK(MAFF), NHMRC, WHO, FDA می‌باشند (Parvaneh et al., 2011).

باشد. با این وجود سایر عوامل از جمله ویژگی‌های شیمیایی منطقه، رفتارهای تغذیه‌ای، دسترسی زیستی فلزات، هیدرودینامیک محیط، تغییرات در ترکیب بافت‌ها، محل نمونه برداری و منابع آلوده کننده و اختلاف غلظت فلزات در گونه مورد مطالعه (Bandani *et al.*, 2011; Hosseini *et al.*, 2015) و همچنین نوع عنصر، گونه آبی، نوع بافت و جنسیت، وزن و سن آبی، عادات غذایی، خصوصیات فیزیولوژیک ماهی و ویژگی‌های بوم‌شناختی و شرایط محیطی را نمی‌توان نادیده گرفت (Fazeli *et al.*, 2012; Razavi *et al.*, 2005).

۵. پیشنهادات

با توجه به اینکه سایر مطالعات بر روی این گونه بیانگر این است که می‌توان گل‌خورک یال‌دار (*Boleophthalmus dussumieri*) را به عنوان شاخص آلودگی در نظر گرفت (Ahmed *et al.*, 2011; Ansari *et al.*, 2014). و نتایج این تحقیق نیز نشان از تأثیر مناطق آلوده بر میزان انباشتگی فلزات سنگین در بافت ماهیچه‌ای دلالت دارد، بنابراین لازم است به منظور جلوگیری از تأثیر آلاینده‌ها به خصوص فلزات سنگین بر فرسایش ژنتیکی و در نهایت حذف این گونه از طبیعت مطالعات جامع‌تری از جمله بررسی رژیم‌های رسوب‌گذاری و جریان‌ات موجود در سواحل خوزستان و تأثیر آن‌ها بر آلودگی رسوبات و بافت جانوران صورت گیرد. از آنجا که در این مطالعه فقط به بررسی فلزات سنگین به عنوان یکی از عوامل ایجاد خطر در منطقه سواحل خوزستان پرداخته شد؛ بنابراین بررسی سایر عوامل آلاینده از جمله آلاینده‌ای مربوط به صنایع پتروشیمی، سموم مختلف، نفت، آلاینده‌ای آلی و سایر آلاینده‌ها در مطالعات دیگر حائز اهمیت

آنتی‌اکسیدانی کبدی ماهی‌های آب شیرین و پارامترهای آنزیمی آن‌ها تأثیرگذار است (Saglam *et al.*, 2017; Javed and Usmani, 2017). از طرفی غلظت بالای برخی فلزات از جمله نیکل می‌تواند باعث شکسته شدت زنجیره DNA ماهی گردد (Ahmad *et al.*, 2006; Javed and Usmani, 2017). با توجه به کوچکی اندازه ماهیان گل‌خورک در اسکله صیادی و مقادیر بالاتری از تجمع آلودگی آرسنیک، کادمیم و نیکل در بافت ماهیان این ایستگاه در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها می‌توان بیان کرد که آلودگی این سه فلز در اسکله صیادی آبادان همانند سایر گونه‌های منطقه نیز، به میزان بیش از حد استاندارد بوده (Kheirvar and Dadolahi, 2011) که منشأ این آلودگی‌ها را می‌توان فعالیت‌های صنعتی، تردد کشتی‌های نفتکش، حفاری و استخراج معادن، وجود پایگاه‌های نفتی و ورود فاضلاب‌های شهری در نظر گرفت (Parvane *et al.*, 2011). فعالیت‌های صنعتی نظیر آبی‌پروری و ورود پساب‌های شهری و روستایی به آب‌های ساحلی سبب افزایش میزان کادمیم این فلزات می‌شود (Mokarram *et al.*, 2021).

هر چند مطالعات صورت گرفته (Agah *et al.*, 2010, 2008) منشأ اصلی آلودگی‌های نیکل و آرسنیک در منطق Z خلیج فارس را منشأ طبیعی تشخیص داده است؛ اما آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های ذکر شده موجب تشدید بار آلاینده‌ها می‌شود (Hosseinkhezri and Tashkhourian, 2011). با توجه به موقعیت ایستگاه صیادی آبادان که به داخل خلیج فارس و در عین حال به آلودگی‌های صنعتی شمال غربی خلیج فارس نزدیک‌تر است، بدیهی است که این ایستگاه از مقادیر بیشتری از آلودگی برخوردار

References

- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R., Baeyens W., 2008. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment* 157, 499-514.
- Agah, H., Owfi, F., Sharif Fazeli, M., Fatemi, S.M.R., Savari, A., 2010. Mercury and methylmercury in the Persian Gulf sediments. *The Journal of Iranian Oceanography. Oceanography* 2(1), 7-13 (English part).
- Ahmad, I., Maria, V.L., Oliveira, M., Pacheco, M., Santos, M., 2006. Oxidative stress and genotoxic effects in gill and kidney of *Anguilla L.* exposed to chromium with or without preexposure to b-naphthoflavone. *Mutation research* 608, 16-28.
- Ahmed, K., Mehedi, Y., Haque, R., Mondol, P., 2011. Heavy metal concentrations in some macrobenthic fauna of the Sundarbans mangrove forest, southwest coast of Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment* 177, 505-514.
- Amini Ranjbar, G., Koneshlo, T., 1998. Quantitative evaluation of mineral pollutants in four species of aquatic plants in Anzali wetland. *Animal science Journal* 38, 23-29. (In Persian)
- Ansari, A., Trivedi, S., Saggi, S., Hasibur R., 2014. Mudskipper: A biological indicator for environmental monitoring and assessment of coastal waters. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2, 22-33.
- Azimi, A., Safahieh, A., Dadollahi Sohrab, A., Zolgharnein, H., Saffar, B., Savari, A., 2012. Assessment of Metallothionein as a Biomarker of Heavy Metal (Hg, Cd, Pb and Cu) in Oyster *Crassostrea gigas* in Imam Khomeini Port. *Journal of oceanography* 3(9), 27-39. (In Persian)
- Bandani, G., Khoshbavar Rostami, H., Yelghi, S., Shokrzadeh, M., Nazari, H., 2011. Concentration of heavy metals (Cd, Cr, Zn, and Pb) in muscle and liver tissues of common carp (*Cyprinus carpio L.*, 1758) from coastal waters of Golestan Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 19(4), 1-10. (In Persian)
- Battaglia, A., Ghidini, S., Campanini, G. and Spaggiari, R., 2005. Heavy metal contamination in little owl (*Athene noctua*) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60, 61-66.
- Borgmann, U., 2000. Methods for assessing the toxicological significance of metals in aquatic ecosystems: bio-accumulation-toxicity relationships, water concentrations and sediment spiking approaches. *Aquatic Ecosystem Health Management* 3, 277-289.
- Caplat, C., Texier, H., Barillier, D., Lelievre, C., 2005. Dredging related metal bioaccumulation in oysters. *Marine Pollution Bulletin* 58, 832-840.
- Clark, R.B., 1997. *Marine Pollution*. 4. Ed. Clarendon press, Oxford. 161 p.
- Clayton, D.A., 1993. Mudskippers. *Oceanography and Marine Bulletin: an annual review* 31, 507-577.
- Darami Asl, R., 2006. Sustainable exploitation of Arvand Free Zone by zoning method, Third National Conference on Environmental Crises in Iran and Strategies for Improving Them, Iran. pp: 15. (In Persian)
- Davies, C.A., Tomlinson, K., Stephenson, T., 1991. Heavy metals in River tees estuary sediments. *Environmental Technology* 12, 961-972.
- Demirak, A., Yilmaz, F., Tuna, A.L., Ozdemir N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissue of *Leuciscus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere* 63(9), 1451-1458.
- Depledge, M.H., Weeks, M.J., Bjerregard, P., 1997. Heavy metal in: *Hand book ecotoxicology*, Vol. 2 (P. callow), pp: 79-105, Black well scientific publication, London.
- Dias, J.F., Fernandez, W.S., Bouffleur, L.A., dos Santos, C.E.I., Amaral, L., Yoneama, M.L., Dias J.F., 2009. Biomonitoring study of seasonal anthropogenic influence at the Itamambuca beach (SP, Brazil), *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* 267, 1960-1964.
- EPA (Environmental Protection Agency), 1994. Interim guidance on interpretation and implementation of aquatic life criteria for metals. U.S. Environmental and implementation of aquatic life criteria for metals.
- Farkas, A., Salanki, J., Specziar, A., 2003. Age and size specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* populating a Low-contaminated site. *Water Research* 37, 959-964.

- Filazi, A., Baskaya, R., and Kum, C., 2003. Metal concentration in tissues of the Black Sea fish (*Mugil auratus*) from Sinop-Icliman, Turkey. *Human and Experimental Toxicology* 22, 85-87.
- Habibian, T., 2008. Survey of biological accumulation of heavy metals (lead, zinc, nickel) in *Johnius elangerii* muscle and sediments of Musa estuary (Mahshahr and Muawi). MSC thesis Islamic Azad University, Ahwaz branch. (In Persian)
- Heidari, C., Khalilipour, O., Aghah, H., Zolgharnein, H., Hossieni, M., 2017. Survey of the Morphometric variation on Mudskipper (*Boleophthalmus dussumieri*) in the Coastal Areas of Khuzestan, *Journal of Animal Environment* 9(3), 285-290. (In Persian)
- Hosseini, M., Nabavi, S.M.B., Golshani, R., Nabavi, S.N., Raeisi Sar Asiab, A., 2016. The concentration of heavy metals Cd, Co, Pb, Cu and Ni in sediment, liver and muscles of flounder *Psettodes erumei* from Bushehr Province, Persian Gulf. *Journal of Animal Research* 28(4), 441-449. (In Persian)
- Hosseinkhezri, P., Tashkhourian, J., 2011. Determination of heavy metals in *Acanthopagrus latus* (Yellowfin seabream) from the Bushehr seaport (coastal of Persian Gulf), Iran. *International Food Resource Journal* 18, 791-794.
- Javed, M., and Usmani, N., 2017. An Overview of the Adverse Effects of Heavy Metal Contamination on Fish Health. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 89, 389-403.
- Javid, A.H., 2008. Identify and measure oil organic pollutants (PAHs, BTEX) and heavy metals nickel, vanadium and mercury in air, water, sediments and organisms in the four operational areas, the research and development Part, Iranian Continental shelf petroleum, 35 pages. (In Persian)
- Karadede, H., Oymak, S.A., Unlu, E., 2004. Heavy metals in Mullet, (*Liza abu*), and Catfish, (*Silurus triostegus*), from the Ataturk dam lake. *Journal of Environment International*, 30(2), 183-188.
- Kheirvar, N., Dadolahi Sohrab, A., 2011. Heavy Metals (Ni, Pb, Cd, & Cu) Concentrations in *Barbus grypus* and Sediments from Arvand River. *Journal of Environmental Science and Technology*, 12(2), 123-131. (In Persian)
- Koosej, N., Rahmani, A., Kamrani, E., Taherizadeh, M.R., 2012. Determination and Measurement of Cadmium Concentration in Muscle of *Periophthalmus waltoni* in Persian Gulf Region. *Journal of Fisheries* 64(4), 333-343. (In Persian)
- Koushafar, A., Savari, A., Sakhaii, N., Archangi, B., KarimiOrgani, F., 2021. Compare the bioaccumulation of heavy metals *Liza abu* (*Liza abu*) and yellow fin seabream (*Acanthopagrus latus*) Bahmanshir River in summer and winter. *Marine Science and Technology* 20(1), 48-60.
- Lionetto, M.G., Caricato, R., Giordano, M.E., Pascariello, M.F., Marinosci, L., Schettino, T., 2003. Integrated use of biomarkers (acetylcholinesterase and antioxidant enzymes activities) in *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* in an Italian coastal marine area. *Marine Pollution Bulletin* 46(3), 324-330.
- Long, E.R., MacDonald, D.D., Severn, C.G., Hong, C.B., 2000. Classifying probabilities of acute toxicity in marine sediments with empirically derived sediment quality guidelines. *Chemistry* 19, 598-601.
- Macfarlane, G.R., Booth, D.J., 2003. Estuarine macro-benthic community structure in the Hawkesbury, river Australia: Relationships with sediment physicochemical and anthropogenic parameters. *Environmental Monitoring and Assessment* 72, 51-78.
- Mahadevan, G., Sachin, M., Gosavi, Giri., Bhavan, Sreekanth., Gladston, Y. and Murugesan, P., 2021. Demographics of Blue-spotted Mudskipper, *Boleophthalmus boddarti* (Pallas, 1770) from Mudflats of Sundarbans, India, Thalassas. *An International Journal of Marine Sciences*.
- Marquenie, J.M., 1985. Bioavailability of micro pollutants *Environmental Technology*, *Environmental technology letter*: 6, 1-11, 351-358.
- Mokarram, M., Obeidi, R., Doulah, A.H., Ziaean, and Nourbakhsh, H., 2021. Investigation of some heavy metals contaminations in the Asalouyeh and its effect on fish muscle (*Scomberomorus guttatus* and *Brachirus orientalis*) in GIS. *Journal of Marine Biology* 12(1), 83-96.
- Mora, S.D., Fowler, S.W., Wyse, E., Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in Gulf and Gulf of Oman, *Marine Pollution Bulletin* 49, 410-424.
- Mwamburi J., 2016. Chromium Distribution and Spatial Variations in the Finer Sediment Grain Size Fraction and Unfractioned Surficial Sediments on

- Nyanza Gulf, of Lake Victoria (East Africa). Journal of Waste Management 2016, 1-15.
- Nassirabady, N., Ghotbeddin, N., Roomiani, L., 2020. Identification and the First Record of Marine bacteria Mudskippers *Boleophthalmus dussumieri* (Valenciennes, 1837) by 16S rRNA on the Northern Intertidal areas of Persian Gulf, Iran. Research Square.
- Nemr, A., Sikaily, A., Khaled. A., 2007. Total and leachable heavy metals in muddy and sandy sediments of Egyptian Coast along Mediterranean Sea. Environmental Monitoring Assessment 129, 151-168.
- Pari Zanganeh, A., Lakhan, C., 2007. A Survey of heavy metal concentrations in the surface sediments along the Iranian coast of the Caspian Sea. Water and Wastewater 18(3), 2-12. (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)
- Parvathi, K., Shivakumar, P., Sarasu, M.R., 2011. Sublethal effects of Chromium on some biochemical profiles of fresh water teleost, *Cyprinus carpio*. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology 2(1), 295-300.
- Povlesen, E., Alshabrawy, M.M., Shindy, M.A., Abu El-Seoud, A., 2003. Heavy metals and hazardous organic pollutants in sediments and mussels in the Gulf of Suez, 1999 and 2001, 4th International Conference and Exhibition for Environmental Technologies: Environment 2003, Cairo International Conference Center.
- Pazira A., Khosravi O., 2016. A comparison of bioaccumulation of heavy metals Nickel and Cadmium in muscle tissues of two species of (*Scomberomorus commerson*) and (*Scomberomorus guttatus*) in Bushehr seaport. Journal of Marine Biology 7(4), 79-89. (In Persian)
- Ruilian, Y., Xing, Y., Yuanhui, Z., Gongren, H., Xianglin, T., 2008. Heavy metal pollution in intertidal sediments from Quanzhou Bay, China. Journal of Environmental Sciences 20, 664-669.
- Saglam, D., Atli, G., Dogan, Z., Baysoy, E., Gurler C., Eroglu A., Canli, M., 2014. Response of the antioxidant system of freshwater fish (*Oreochromis niloticus*) exposed to metals (Cd, Cu) in differing hardness. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 14, 43-52.
- Saha, M., Sarkar, S.K., Bhattacharya, B., 2006. Interspecific variation in heavy metal body concentrations in biota of Sunderban mangrove wetland, northeast India. Environment International 32, 203-207.
- Salemi, M., Hosseini Alhashemi, A., 2017. Bioaccumulation of Heavy Metals (Cadmium, Chromium, Nickel, Zinc), in *Cyprinus carpio* Fish. Journal of Animal Ecology 9(4), 35-45. (In persian)
- Salman, N.A., 2011. Assessment of environmental toxicity in Iraqi Southern marshes using fish as bio-indicators. Ekologija 57(1), 21-29.
- Sayadi, M.H., Sayyed, M.R.G., 2010. Comparative assessment of baseline concentration of the heavy metals in the soils of Tehran (Iran) with the comprisable reference data. Environmental Earth Science 63(6), 1179-1188.
- Seham, A.I, Soad A.M., 2005. Effect of heavy metals accumulation on enzyme activity and histology in liver of some Nile fish in Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries 9, 203-219.
- Shaheen T., Akhtar, T., 2012. Assessment of chromium toxicity in *Cyprinus carpio* through hematological and biochemical blood markers. Turkish Journal of Zoology 36, 682-690.
- Sposito, G., Lund, L.J., Chang, A.C., 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in soil phases. Soil Science Society of American Journal 46, 260-264.
- Sutherland, R.A., 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environmental Geology 39, 611-637.
- Tam, N.Y., and Wong, Y.S., 2000. Spatial variation of Heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. Journal of Environmental Pollution 110(2), 195-205.
- USEPA, (U.S. Environmental Protection Agency). 2004. The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of the United States. EPA-823-R-04-007, Washington, DC.
- Vinodhini, R, Narayanan, M., 2009. The impact of toxic heavy metals on the hematological parameters in common carp (*Cyprinus carpio L.*). Iranian Journal of Environmental Health Science Engineering 6, 23-28.

WHO, 2004. Guidelines for drinking water. 3rd Edition Vol. 1-World Health Organization-http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.

Yekrangi, M., Rahmani, A., Keikhani, M., Koosej, N., 2014. Investigation and measurement of heavy metals (iron and copper) in the muscle tissue of *Periophthalmus waltoni* in the Persian Gulf. The first national conference on new technologies in chemistry and chemical engineering, IRAN. (In

Persian)

Zhang, Q., Jimenez, J.L., Canagaratna, M.R., Allan, J.D., Coe, H., Ulbrich, I., Alfarra, M.R., Takami, A. M. Middlebrook, Y. L. Sun, K. Dzepina, E. Dunlea, K. Docherty, P. F. DeCarlo A., 2007. Ubiquity and dominance of oxygenated species in organic aerosols in anthropogenically-influenced northern hemisphere mid-latitudes. *Geophysical Research Letters* 34, L13801.