بررسی خطر فلزات سنگین بر حیات اکوسیستم تالاب انزلی

مریم پناهنده[۱]، مریم مروتی[۲]*

تاریخ دریافت:۱۳۹۵/۴/۱۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۷/۲۴

چکیده

خطرات ناشی از آلودگی فلزات سنگین در تالاب انزلی به یک نگرانی ملی تبدیل شده و یافتن راه حل‌هایی برای رفع این خطرات پیش از بروز فاجعه‌های زیست محیطی بسیار ضروری می‌باشد. بررسی غلظت فلزات سنگین در چهار بخش تالاب انزلی در ۵ گونه ماهی و ۵ گونه گیاهی (۱۳۹۵-۱۳۹۴) با روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی موید این مطلب است. بیشترین غلظت عناصر به فلز روی در اردک ماهی (۴/۴۵± ۲۶/۳۴ میکرو گرم بر گرم) و کمترین به عنصر کادمیوم در شاه کولی (۰/۰۹± ۰/۱ میکرو گرم بر گرم) اختصاص دارد و در گیاهان بیشترین غلظت به فلز روی در گیاه سراتوفیلوم (۰/۱۳± ۶۲/۴۹ میکرو گرم بر گرم) و کمترین به عنصر کروم در گیاه مریوفیلوم (۰/۰۰۸± ۰/۱۷ میکرو گرم بر گرم) مربوط می‌باشد، همچنین بیشترین میزان تجمع زیستی در گیاه مریم آبی و سه کوله خیز برای عنصر سرب مشاهده شد که نشان دهنده پتانسیل این گیاهان برای کاهش سطح غلظت فلزات در سایتهای آلوده تالاب است. نتایج بررسی ریسک ناشی از فلزات سنگین بر حیات زنده اکوسیستم تالاب انزلی حاکی از آن دارد که عنصر کادمیوم در آب برای حیات زنده تالاب انزلی دارای ریسک بالقوه افزاینده‌ای است که حساسیت هر چه بیشتر مسئولین و متخصصان را می‌طلبد.

واژه‌های کلیدی : تالاب انزلی، حیات اکوسیستم، خطربالقوه، فلزات سنگین

مقدمه

اکوسیستمها بصورت طبیعی در سیر توالی خود دچار تغییر و تحولاتی می‌گردند. اما عملکردهای انسانی اغلب باعث تسریع یا تغییر روند و شدت این تحولات و یا ایجاد تخریب و تغییرات سوءغیر قابل برگشت در این اکوسیستمها می‌شوند. سه عامل رشد جمعیت، تغییرات آب و هوایی، رشد اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری بیشتر از سایر عوامل بر تالابها و منابع آن تاثیر گذاشته و آنها را دگرگون می‌سازند، متأسفانه انسان با فعالیت‌ها و دخالت‌های نابجا و مخرب و آزمندانه خود چنان تأثیری در فرآیند تکاملی تالاب در جهان گذارده که این دخالت‌های مخرب، طبیعت را به طور فزاینده‌ای به تخریب کشانده است (Kalay and Canli, 2000). این تأثیرات از بدو ورود آلودگی به اکوسیستم به صورت کاهش فعالیت‌های زیستی و در برخی موارد تلفات شدید آبزیان نمود پیدا می‌کند (Amini Ranjbar and Shariat, 2006). فلزات سنگین اثرات مختلفی مانند کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میر آبزیان را باعث می‌شوند. این گونه رفتار سبب زوال زیستی آبزیان می‌گردد. این عناصر از

---

۱. کارشناس پژوهشی پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی واحد گیلان، رشت

۲. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، منابع طبیعی و کویرشناسی،دانشگاه اردکان(نویسنده مسئول: mymorovati@ardakan.ac.ir)

طریق ورود به زنجیره غذایی موجب بروز خطرات بهداشتی برای انسان، گیاهان و سایر موجودات زنده می‌شوند (Papagianni et al., 2004) ، فلزات در غلظت بالا می‌توانند اثرات سمیت کشنده‌ای برای برخی موجودات زنده و یا عواقب مرگبار را برای مصرف‌کنندگان به همراه داشته باشند (Chang et al., 1996). با توجه به بررسی بسیاری از محققین مشخص شده که میزان سمیت فلزات سنگین بسته به شکل فلز در آب (معدنی یا آلی)، حضور یا عدم حضور سایر فلزات، فاکتورهای محیطی از قبیل دما، اکسیژن محلول و شرایط موجود زنده از قبیل مرحله زندگی، سن، جنس، میزان فعالیت، نوع تغذیه و ... تغییر می‌کند همچنین سطوح مختلف جذب یک فلز منعکس کننده تفاوت در رژیم غذائی و یا توانائی‌های کنترل هومواستاتیکی دارد (Kalay and Canli, 2000). مطالعات آزمایشگاهی و میدانی در بررسی‌های گوناگون نشان داده که تجمع فلزات در بافت‌های آبزیان بطور اساسی تابع عادات غذایی گونه (Rashed, 2001) ، مدت زمان مواجهه با فلزات (Kalay and Canli, 2000) و PH (Porvari,1998) سن، قد و وزن ماهی (Rehulka, 2002) می‌باشد، ماهی‌ها، پرندگان و گیاهان از بهترین شاخص‌های زیستی آلودگی به فلزات سنگین در اکو سیستم‌های آبی است (Turkmen et al., 2005; Cheroff,1989). بابائی و خداپرست (۱۳۸۴) در تحقیق خود در زمینه سنجش میزان غلظت کل هیدروکربن‌های نفتی و فلزات سنگین (Zn, Pb, Fe, Hg, Cu, Cd, Cr) در خروجی تالاب انزلی در سه ایستگاه از محل استقرارکشتیهای تجاری و مسیر رفت و آمد لنجها و قایقهای دریائی خروجی تالاب انزلی نشان دادند که ایستگاه زیر پل شنبه بازار بدلیل دریافت بخشی از جریانات آبی تالاب انزلی وپساب‌های خانگی شهرستان انزلی و همچنین استقرار شناورهای کیلکا و ایستگاههای قایقهای توریستی حد اکثر غلظت کل هیدروکربن نفتی و فلزات سنگین را دارد و نتایج بدست آمده نشان داد که بجز غلظت جیوه غلظت سایر فلزات از حد مجاز استاندارد پایین تر بوده است. در آرژانتین Marcovecchio (۲۰۰۴) در بررسی‌های خود بر روی ماهی *M.furnier* بعد از سنجش غلظت فلزات سنگین در اندامهای مختلف این گونه آن را به عنوان یک بیواندیکاتور خوب از آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستمهای آبی معرفی کرد، در این بررسی این محقق شاهد ارتباط قوی محتوای فلزات سنگین در گونه با نوع تغذیه و زیستگاه بود. Alinnor و Obiji (۲۰۱۰) در نیجریه غلظت فلزات سنگین سرب، آهن، کادمیوم ، جیوه ، منگنز و سرب را در نمونه‌های ماهیان رودخانه *Nworie* مورد مطالعه قرار دادند. در این بررسی سطح بسیاری از فلزات مذکور از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشتر بود و فلزات به میزان قابل توجهی در بافتهای بدن ماهیان تجمع داشتند که برای سلامت مصرف کنندگان در بلند مدت مخاطره آمیز بوده است. فلزات سنگین در بافت کبد و عضله اردک ماهی تالاب انزلی توسط (Imanpour et al., 2011) مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه فلزات سنگین در ارگانهای ۲۵ اردک ماهی مورد سنجش قرار گرفت. میانگین غلظت فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی به ترتیب ۰/۰۰۱،۰/۲۱،۰، ۰/۱۳ و ۲/۵۵ میکرو گرم بر گرم در بافت عضله بدست آمد. همچنین یک همبستگی منفی بین غلظت فلز سرب در عضله اردک ماهی و وزن این گونه مشاهده شد. غلظت همه فلزات مورد بررسی به استثنای سرب از حداکثر مجاز قابل‌قبول سازمان بهداشت جهانی کمتر بوده است. (Canli, Kalay 2000) در پژوهشی غلظت

فلزات سنگین در ارگانهای دو گونه ماهی *Tilapia zili* در رودخانه *Bennue* توسط دستگاه جذب اتمی مورد سنجش قرار دادند . نتایج معرف غلظت بالای فلزات در گونه *Tilapia* بود. غلظت فلزات در این گونه از رابطه Pb<Cd< Cu<Zn<Cr پیروی کرد در این بررسی مشخص گردید که سطح کروم و روی کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. همچنین Yu-Jun et al., (2012) غلظت فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، جیوه، سرب و روی را در ۷ گونه ماهی توسط روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی بدست آوردند، همچنین ارتباط فاکتورهای طول و وزن بدن با غلظت فلزات در بافت عضله سنجیده شد. در این بررسی بیشترین غلظت مس ۱/۲۲ و روی ۷/۵۵ میلی گرم بر کیلوگرم در گونه *Pelteobagrus fulvidraco* و بالاترین غلظت کادمیوم ۰/۱۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم در گونه *Silurus asotus* و بالاترین غلظت سرب ۰/۸۱۱ و کروم ۰/۲۳۹ میلی گرم بر کیلو گرم در *Carassius auratus, Cyprinus carpio* بدست آمد. رحیمی و رئیسی در پژوهشی (۱۳۸۷) بر روی ۴ گونه ماهی کپور معمولی، کولی، سیاه ماهی و کاراس در رودخانه بهشت آباد چهار محال و بختیاری مشاهده کردند که غلظت دو فلز سرب و کادمیوم در گوشت این ماهیان با استفاده روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی از حد مجاز استانداردهای جهانی بالاتر بوده است که غلظت بالای فلزات مذکور مخصوصا کادمیوم در گوشت ماهیان رودخانه بهشت آباد را به استفاده بی رویه از کودهای مورد مصرف در کشاورزی نسبت دادند. (Hayashi Takehiko 2008) اثرات ناشی از کلروفرم را بر ارگانیزمهای آبی مورد بررسی قرار داد و ارزیابی خطر اکولوژیک ناشی از این عامل را از بررسی فاکتور نسبت خطر[1] با استفاده از کوچکترین مقدار سمیت مزمن ، درصد توزیع گونه‌های حساس بومی و آنالیز عملکرد مورد انتظار پذیرنده تحت اثر عامل تنش زا که با استفاده از محدوده زیر منحنی توزیع احتمالی گونه‌های حساس و غلظت زیست محیطی تعریف می‌شود انجام دادند. غلظت پیش بینی شده محیط زیست[2] در این بررسی ۰/۰۰۰۴۶ میلی گرم بر لیتر بوده است. تمام نتایج بدست آمده گویای این مطلب بود که هیچ خطر قابل قبولی از کلروفرمها ارگانیزمهای آبهای سطحی در ژاپن را در دوره مورد مطالعه تهدید نمی‌کرد. در پژوهشی (Hoseinizadeh et al., 2011) غلظت فلزات سنگین با استفاده از روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی در ارگانهای برگ ، ریشه و ساقه سه گونه گیاهی تالاب انزلی(لویی، سه کوله خیز و مریم آبی) مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی بالاترین تجمع فلزات در بافتهای مورد مطالعه به ترتیب در لویی، سه کوه خیز و مریم آبی مشاهده شد همچنین در این پژوهش مشخص گردید که بیشترین تجمع فلزات در بافت ریشه گیاهان وجود دارد، همچنین دهقان (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای به ارزیابی خطر اکولوژیک ناشی از فلزات سنگین و محاسبه شاخص فاکتور آلودگی در خوریات ماهشهر پرداخت و همزمان با بررسی فون بنتیک، با استفاده از شاخص‌های اکولوژیک و بیولوژیک، خوریات منطقه ماهشهر از نظر سطح سلامت و یا احتمال خطر مورد بررسی قرار داد، طبق نتایج بدست آمده فلز جیوه بیشترین و کادمیوم کمترین نرخ آلودگی را در منطقه دارا بودند. تالاب انزلی یکی از اکوسیستمهای آبی با ارزش استان گیلان است که امروزه شاهد ورود انواع فاضلابهای صنعتی، کشاورزی و خانگی بطور

---

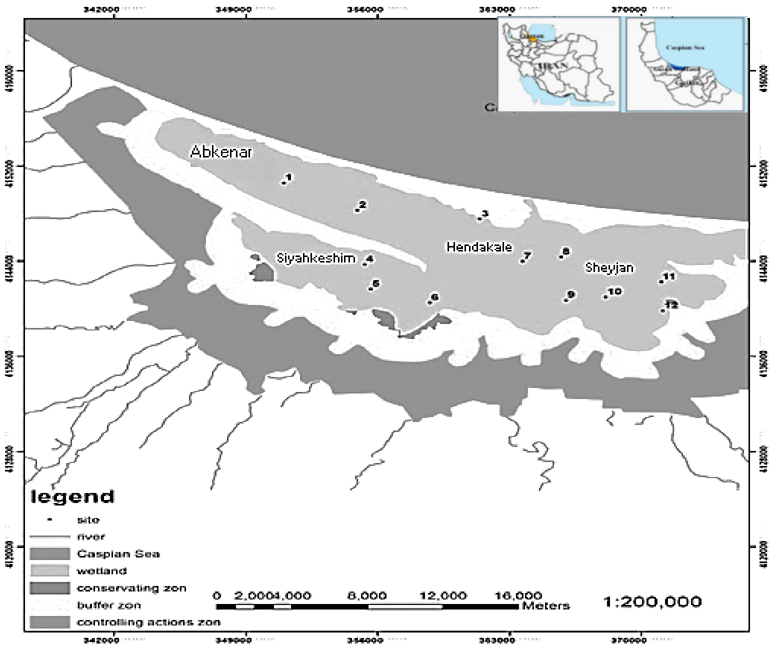
1. Hazard Quotient

2Predicted Environmental Concentration

مستقیم و غیر مستقیم به داخل آن هستیم. با توجه به جایگاه ویژه ماهی در هرم غذایی اکوسیستمهای آبی و همچنین منبع عمده غذایی مناطق ساحلی کشور و ارتباط مستقیم سلامت ماهی بر سلامت مصرف کنندگان و همچنین جایگاه گیاهان بومی منطقه در پایداری چرخه زیستی تالاب در پژوهش حاضر بر آن شدیم که به بررسی میزان تماس و خطر مواجهه ماهی با فلزات سنگین و همچنین اثر فلزات بر گیاهان و نقش آنها در حیات اکوسیستم حساس و شکننده تالاب انزلی بپردازیم.

مواد و روشها

- **تالاب انزلی** : تالاب انزلی یکی از مهمترین اکوسیستم‌هایی است که امروزه به دلیل ورود بسیاری از مواد آلاینده قابلیت و کارایی اولیه خود را برای مصرف توسط موجودات آبزی و انسان از دست داده است. تالاب انزلی در استان گیلان و با مساحتی کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مربع در جنوب غربی دریای خزر در ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و۲۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱).
- **نمونه برداری** : در زمستان سال ۱۳۹۴ توسط یک صیاد و بوسیله تور ماهیگیری در تالاب انزلی بطور تصادفی نمونه‌هایی از ماهیان بومی با تعداد ۵ گونه از بخش‌های مختلف تالاب صید گردید. نوع و تعداد نمونه‌ها عبارت بودند از اردک ماهی (*Esox lucius*) ۱۰ عدد، کپور محلی(Cyprinus carpio) ۱۰عدد، شاه کولی (**Chalcalburnus chalcoides**) ۱۰ عدد ، سیم(**Abramis brama**) ۸ عدد و کاراس (Carassius carassius) ۶ عدد. علت انتخاب گونه‌های مورد نظر را می‌توان به مواردی از قبیل دسترسی آسان، بومی بودن، پرمصرف بودن و ارزش تجاری آنها اشاره کرد. همچنین در بهار سال ۱۳۹۵، ۵ گونه گیاهی بطور تصادفی از بخشهای مختلف تالاب برداشت گردید و جهت بررسی فلزات سنگین با رعایت اصول استاندارد انتقال داده شد. گونه‌های مورد نظر عبارت بودند از : سراتوفیلوم(*Ceratophyllum demersum*) , مریم آبی(*Hydrocotil vulgaris*) ، سه کوله خیز (*Trapa natans*) ، مریوفیلوم (*Myriophyllum*) و عدسک آبی(*Lemna minor*).


342000
349000
356000
363000
370000
Abkenar
Siyahkeshim
Hendakale
Sheyjan
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
legend
site
river
Caspian Sea
wetland
conservating zon
buffer zon
controlling actions zon
0 2,0004,000 8,000 12,000 16,000 Meters
1:200,000
IRAN
Caspian Sea

شکل ۱ : نقشه محدوده مورد بررسی

روش کار

روش بررسی غلظت فلزات در آب ایستگاههای مختلف

در روش بررسی غلظت فلزات در آب تالاب انزلی نمونه‌های برداشت شده از ایستگاههای منتخب در دوره مورد بررسی را به ازمایشگاه منتقل کرده و با استفاده از کاغذ صافی صاف نموده سپس ۱۰۰ میلی لیتر نمونه صاف شده بر داشته و به آن ۵ میلی لیتر اسید نیتریک اضافه نموده با استفاده از هات پلیت تبخیر نمونه تا حجم نمونه به ۱۵ الی ۲۰ میلی لیتر کاهش یابد سپس نمونه به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده آماده تزریق دستگاه جذب اتمی می‌باشد (APHA , 2005).

روش بررسی غلظت فلزات در بدن ماهی‌های منتخب

به منظور بررسی غلظت فلزات سنگین در گونه‌های ماهی ، نمونه‌های ماهی صید شده تالاب انزلی پس از تفکیک و شناسایی، مقداری از بافت عضلانی هر نمونه جدا شد و بمدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰-۸۰ درجه سانتی گراد کاملا خشک و سپس بوسیله هاون نمونه‌ها را کاملا پودر شد و پس از آن ۰/۵ گرم از بافت عضلانی پودر شده بوسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۰۰۱ توزین و به آن ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ و ۱ میلی‌لیتر اسید پرکلریک اضافه شد و در مرحله بعد بوسیله هیتردایجست (هاضم حرارتی) در دمای۱۲۰ درجه سانتی گراد هضم شیمیایی نمونه صورت گرفت و پس از پایان هضم نمونه‌ها و سرد شدن لوله‌ها، نمونه‌ها با کاغذ واتمن ۴۲، صاف و سپس با استفاده از آب مقطر دو بار تقطیر به صورت محلول درآورده شد و در نهایت محلول به حجم

میلی‌لیتر ۵۰ رساندیم و بدین صورت نمونه‌ها آماده تزریق به دستگاه جذب اتمی شد(Watling, 1981) ، کلیه نمونه‌های آماده شده به وسیلهٔ دستگاه جذب اتمی شعله مدل *Shimadzu AA/680* دارای لامپ دوتریم برای تصحیح زمینه و از شعلهٔ هوا - استیلن تعیین مقدار گردید. برای تهیهٔ محلول‌های استاندارد جهت کالیبراسیون دستگاه از محلول‌های ذخیره ۱۰۰۰قسمت در میلیون فلزات استفاده شد.

روش بررسی غلظت فلزات در گیاهان منتخب

در فصل بهار از ایستگاههای مورد بررسی در تالاب انزلی گونه گیاهان آبزی مورد نظر(با سه تکرار در تالاب برداشت گردید. پس از نمونه بردار ی، کارهای مقدماتی از قبیل تثبیت کردن نمونه‌ها با مواد شیمیایی مورد نیاز ، تعیین درجه حرارت محیط انجام شد و بعد گیاهان به آزمایشگاه منتقل شدند . نمونه‌های گیاهی ابتدا با آب مقطر شست و شو داده شده ؛ آنگاه به منظور خشک شدن، نمونه‌های گیاه (تمام اندامها) در داخل ظروف پتری علامت گذاری شده قرار گرفتند و در دستگاه انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها خرد، پودر و الک گردیدند. سپس ۱ گرم از هر نمونه با ترازو وزن گردیدند. برای هضم نمونه‌ها آنها را درون ظرف مناسب ریخته و روی حمام آبی با دمای داخلی ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد . ابتدا ۵ میلی‌لیتر اسید فلوئوریدریک ۶ مول به نمونه‌های گیاهی و رسوبات اضافه شد . سپس ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک و ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک مجدداً اضافه گردید. پس از اتمام هضم، نمونه‌ها صاف گردیدند و توسط اسید نیتریک ۴٪ به حجم ۲۰ میلی لیتر رسانده شدند. بدین ترتیب نمونه‌های هضم شده برای تزریق به دستگاه جذب اتمی درون ظروف پلی اتیلنی در بسته ریخته غلظت فلزات با دستگاه *Shimadzu AAsoil* , 680/680 قرائت گردید.

تخمین خطر ناشی از فلزات سنگین بر حیات زنده اکوسیستم تالابی

در بررسی حاضر فاکتور تجمع زیستی بواسطه بررسی نسبت میانگین غلظت فلزات در بدن ماهیان و گیاهان به میانگین غلظت در آب تالاب انزلی محاسبه گردید همچنین به منظور بررسی خطر بالقوه ناشی از فلزات سنگین بر حیات زنده اکوسیستم تالابی در این مرحله از نسبت غلظت فلزات در آب (میکرو گرم بر لیتر) بر معیارهای پایه که در دستورالعمل ارزیابی تجمع توسط آژانس حفاظت محیطزیست آمریکا برای هریک از موجودات بطور جداگانه بیان شده است استفاده شد. بر اساس معیار طبقه بندی موجود در آژانس برای توصیف نسبت خطر، بحرانی بودن خطرات ناشی از فلزات سنگین در فاز آبی را برای موجودات آبزی مورد بررسی قرار گرفت (EPA,1996a ; EPA1997c) (جدول ۱).

جدول ۱: طبقه بندی میزان خطر بالقوه در ارزیابی ریسک اکولوژیک ناشی از فلزات از فاز آبی در پذیرنده‌ها (EPA.1996a)

محدوده ارزش خارج قسمت خطرHQ))	نمره ارزیابی	توضیحات خطر

۱ >	۱	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده(No hazard)
۱-۱۰	۲	خطر بالقوه به میزان اندک برای پذیرنده (Low hazard)
۱۰-۱۰۰	۳	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده (Moderate hazard)
۱۰۰<	۴	خطر بینهایت برای پذیرنده (High hazard)

آنالیز آماری داده‌ها

محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار Spss نسخه ۱۶ صورت گرفت. به منظور بررسی نرمالیته داده‌ها از آزمون کلموگراف - اسمیرنوف استفاده گردید. همه نتایج بصورت میانگین SD± ارائه و بر اساس سطح معنادار بودن ۰/۰۵ بیان شد. از تحلیل واریانس و آزمون دامنه چندگانه دانکن به منظور مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در گیاهان و گونه‌های ماهی استفاده شد.

نتایج

نتایج بررسی غلظت فلزات سنگین در آب بخشهای مختلف تالاب انزلی در دو دوره زمانی مورد بررسی موید این موضوع است که بیشترین غلظت فلزات به عنصر روی (۰/۰۶± ۱/۷۷) میلی گرم بر لیتر در بخش مرکزی تالاب انزلی و کمترین به عنصر کروم (۰/۰۱±۰/۰۲۷) میلی گرم بر لیتر در بخش غربی تالاب انزلی مربوط بوده است جدول شماره (۲). به استثنای فلز روی میانگین باقی عناصر در آب در بخش شرقی تالاب و در مرتبه بعدی در بخش جنوبی بیشرین مقدار را نشان می‌دهد. محدوده تغییرات میانگین فلزات در آب تالاب نیز ۱/۷۷-۰/۰۲۷ میلی گرم بر لیتر بوده است.

جدول ۲: میانگین غلظت فلزات سنگین در آب چهار بخش تالاب انزلی بر حسب میلی گرم بر لیتر(انحراف معیار ± میانگین)

بخش	کروم	سرب	کادمیوم	روی	مس
غربی	۰/۰۲۷ ±۰/۰۱	۰/۰۳۸ ±۰/۰۳	۰/۰۳۶ ±۰/۰۱	۰/۸۹ ±۰/۰۳	۰/۹۲ ±۰/۰۳
جنوبی	۰/۰۶۶ ±۰/۰۲	۰/۰۶۱ ±۰/۰۲	۰/۰۴۹ ±۰/۰۱	۱/۴۳ ±۰/۰۵	۰/۸۷ ±۰/۰۱
مرکزی	۰/۰۴۹ ±۰/۰۱	۰/۰۵۸ ±۰/۰۳	۰/۰۴۳ ±۰/۰۱	۱/۷۷ ±۰/۰۶	۱/۲۲ ±۰/۰۶
شرقی	۰/۰۷۸ ±۰/۰۳۱	۰/۰۷۲ ±۰/۰۳	۰/۰۶۵ ±۰/۰۱	۱/۲۱ ±۰/۰۵	۱/۵۹ ±۰/۰۷
میانگین	۰/۰۵۵ ±۰/۰۲	۰/۰۵۷ ±۰/۰۱	۰/۰۴۸ ±۰/۱	۱/۴۰ ±۰/۳	۱/۲۴ ±۰/۲
محدوده تغییرات	۰/۰۷۸ -۰/۰۲۷	۰/۳۸ -۰/۰۷۲	۰/۰۳۶ -۰/۰۶۵	۰/۰۸۹ -۱/۷۷	۰/۰۸۷ -۱/۵۹

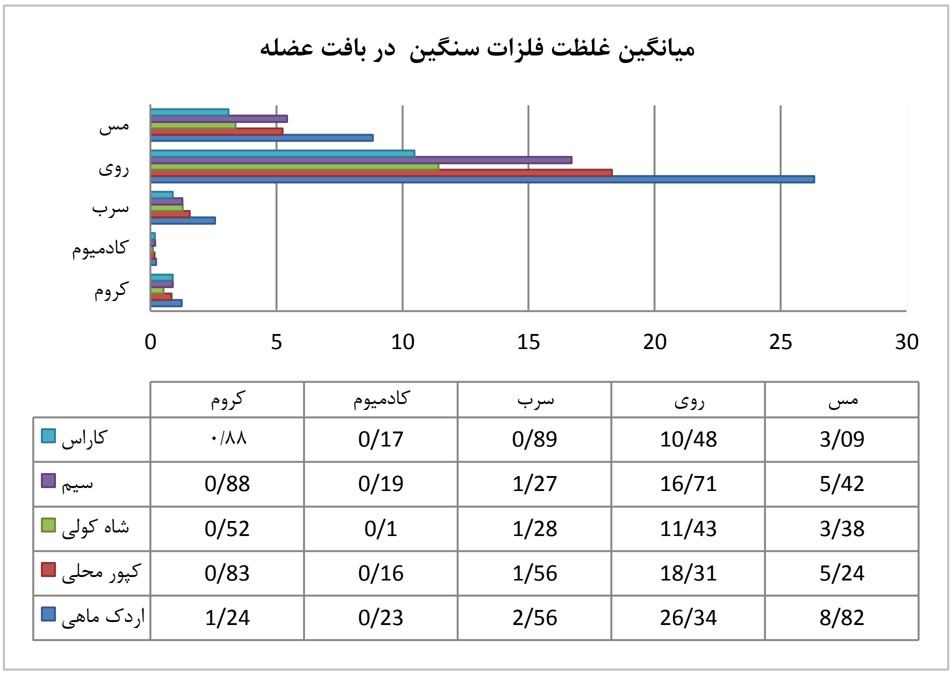
بر اساس نتایج آزمون کلموگروف -اسمیرنوف فرض نرمال بودن مشاهدات مربوط به فلزات سنگین در سطح خطای ۰/۰۵ قابل پذیرش است (P>۰/۰۵) جدول(۳).

جدول۳ : نتایج آزمون کلموگراف – اسمیرنوف برای داده‌های غلظت فلزات در آب تالاب انزلی

متغیر	آماره KS	سطح معناداری

کروم	۰/۴۸۴	۰/۹۷۳
سرب	۰/۳۹۹	۰/۹۹۷
کادمیوم	۰/۵۵۴	۰/۹۱۹
روی	۰/۵۶۶	۰/۷۶۷
مس	۰/۸۰۶	۰/۷۰۲

در سنجش غلظت فلزات در بافت عضله ماهیان بیشترین مقدار در اردک ماهی تالاب انزلی (عنصر روی با میانگین ±۴/۴۵ ۲۶/۳۴ میکرو گرم بر گرم) و کمترین در شاه کولی (عنصر کادمیوم با میانگین ۰/۰۹± ۰/۱ میکرو گرم بر گرم) مشاهده شد (شکل۲).



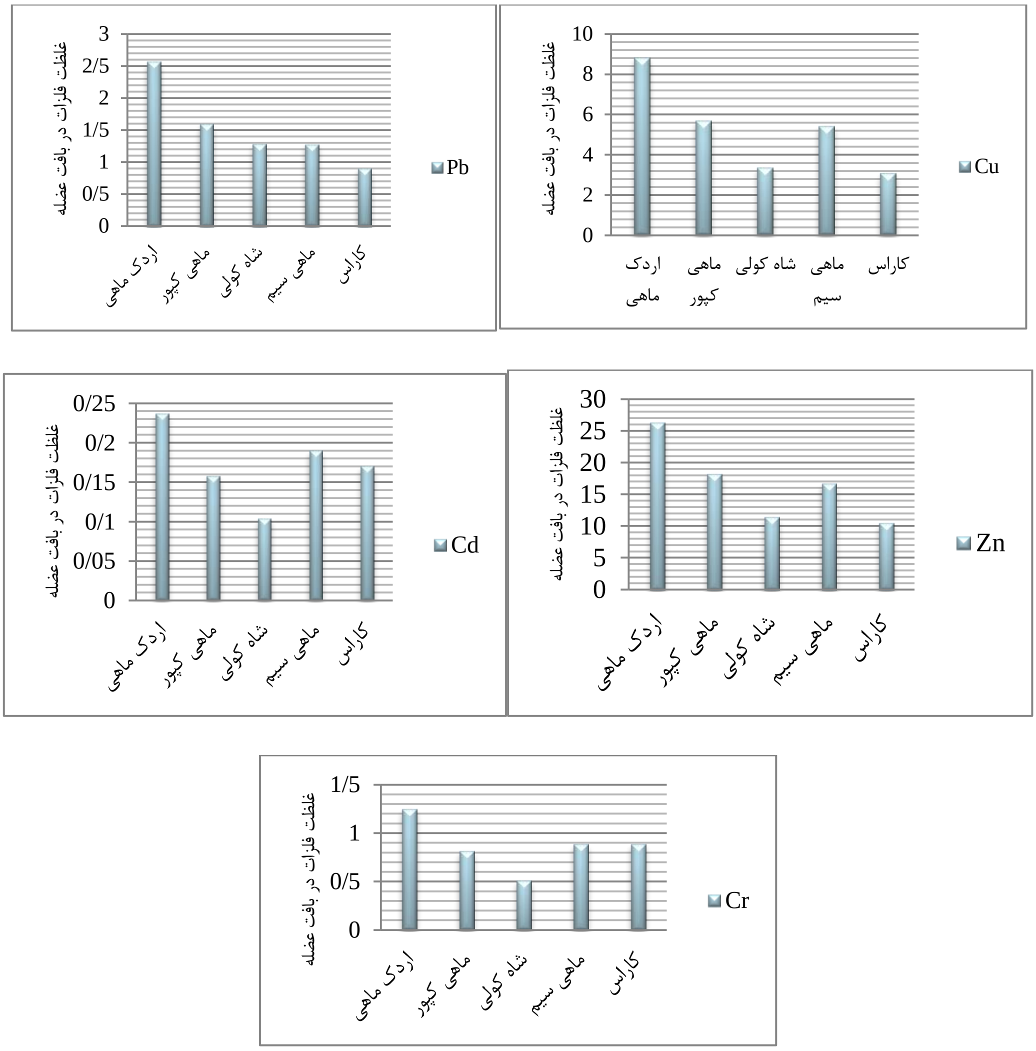
مس	روی	سرب	کادمیوم	کروم	
3/09	10/48	0/89	0/17	۰/۸۸	🟦 کاراس
5/42	16/71	1/27	0/19	0/88	🟪 سیم
3/38	11/43	1/28	0/1	0/52	🟩 شاه کولی
5/24	18/31	1/56	0/16	0/83	🟥 کپور محلی
8/82	26/34	2/56	0/23	1/24	🟦 اردک ماهی

شکل۲ : مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در اردک ماهی، کپور محلی، شاه کولی، سیم و کاراس صید شده از تالاب انزلی در دوره زمانی مورد مطالعه

جدول ۴: نتایج آزمون نرمالیته غلظت فلزات سنگین در بافت عضله گونه‌های ماهیان مورد مطالعه

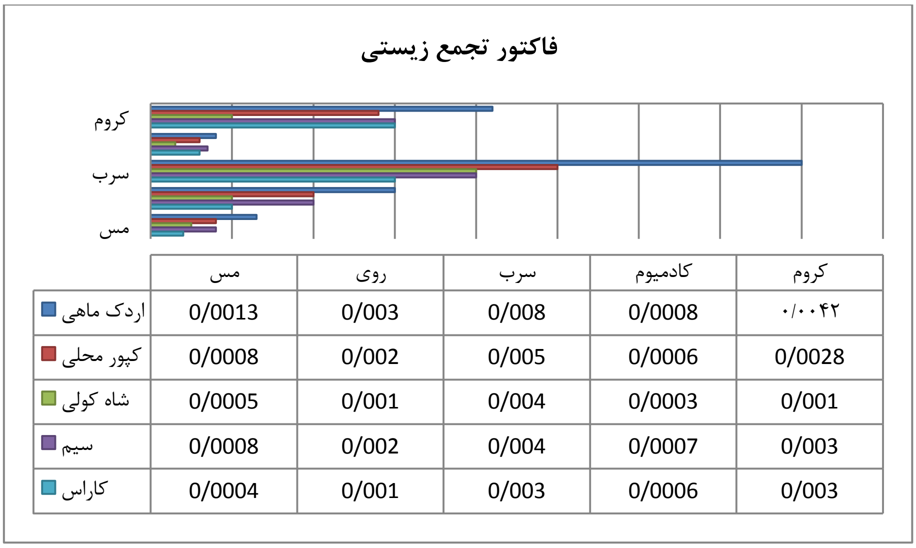
فلز سنگین	نتایج آزمون نرمالیته		نتایج تحلیل واریانس یک طرفه	
	آماره KS	سطح معناداری	آماره F	سطح معناداری
کروم	۰/۶۲۳	۰/۸۳۳	۳۶/۱۳۷	۰/۰۰۰
کادمیوم	۰/۵۲۵	۰/۹۴۶	۱۹/۳۷۸	۰/۰۰۰
سرب	۱/۱۰۴	۰/۱۱۰	۱۷/۲۹۲	۰/۰۰۰
روی	۰/۸۷۹	۰/۴۲۲	۴۹/۲۸۷	۰/۰۰۰
مس	۰/۹۴۴	۰/۳۳۵	۲۱/۶۲۸	۰/۰۰۰

بنابر نتایج بدست آمده از تحلیل واریانس ، بین گونه‌های مختلف از نظر غلظت تمام فلزات سنگین مورد مطالعه، تفاوت معنادار وجود دارد. برای مقایسه دو به دو گونه‌ها از آزمون دانکن استفاده شد شکل شماره (۲)، در هر ستون، گونه‌هایی که با یک حرف انگلیسی مشخص شده اند، تفاوت معناداری در سطح خطای ۰/۰۵ ندارند.



شکل ۳: نتایج آزمون دانکن از مقایسه دو به دو گونه‌ها از لحاظ محتوای غلظت فلزات در بافت عضله

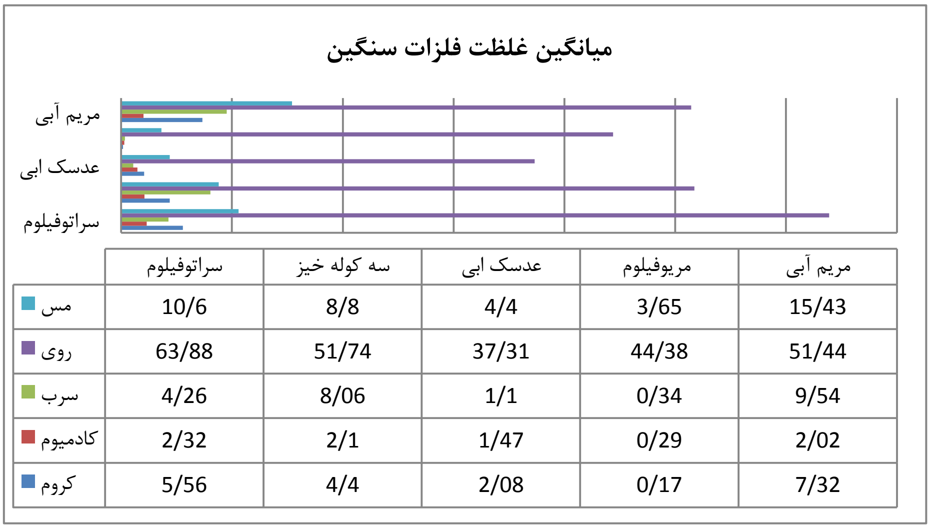
در بررسی فاکتور تجمع زیستی که با توجه به نسبت فلز در ماهی به غلظت فلز در آب محاسبه گردید همانطور که مشاهده می‌شود (شکل۴) بیشترین فاکتور تجمع مربوط به عنصر سرب در گونه اردک ماهی وکمترین مربوط به تجمع عنصر کادمیوم در شاه کولی تالاب انزلی است.



	کروم	کادمیوم	سرب	روی	مس
🟦 اردک ماهی	٠/٠٠۴٢	0/0008	0/008	0/003	0/0013
🟥 کپور محلی	0/0028	0/0006	0/005	0/002	0/0008
🟩 شاه کولی	0/001	0/0003	0/004	0/001	0/0005
🟪 سیم	0/003	0/0007	0/004	0/002	0/0008
🟦 کاراس	0/003	0/0006	0/003	0/001	0/0004

شکل ۴ : مقایسه فاکتور تجمع زیستی فلزات در گونه‌ها با توجه به غلظت فلزات در آب

در بررسی دیگر که بر روی گیاهان منتخب صورت گرفت بالاترین غلظت فلزات تالاب مربوط به فلز روی (۶۲/۴۹ ±۰/۱۳ میکرو گرم بر گرم وزن خشک) در گیاه سراتوفیلوم و کمترین مربوط به عنصر کروم (۰/۱۷ ±۰/۰۰۸میکرو گرم بر گرم وزن خشک) در گیاه مریوفیلوم بود (شکل ۵).



	مریم آبی	مریوفیلوم	عدسک ابی	سه کوله خیز	سراتوفیلوم
🟦 مس	15/43	3/65	4/4	8/8	10/6
🟪 روی	51/44	44/38	37/31	51/74	63/88
🟩 سرب	9/54	0/34	1/1	8/06	4/26
🟥 کادمیوم	2/02	0/29	1/47	2/1	2/32
🟦 کروم	7/32	0/17	2/08	4/4	5/56

شکل۵ : مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در گیاهان بومی تالاب انزلی (مریم آبی ، مریوفیلوم، عدسک آبی، سه کوله خیزی، سراتوفیلوم)

با توجه به نتایج آزمون کلموگروف- اسمیرنوف، فرض نرمال بودن مشاهدات مربوط به تمام فلزات به غیر از کادمیوم در سطح خطای ۰/۰۵ قابل قبول است (P<۰/۰۵). فرض نرمال بودن مشاهدات فلز کادمیوم را نیز می‌توان حداقل در سطح خطای ۰/۰۱ پذیرفت (P> ۰/۰۱).

جدول ۵ : نتایج آنالیز نرمالیته داده‌های غلظت فلزات در نمونه‌های گیاهان مورد مطالعه

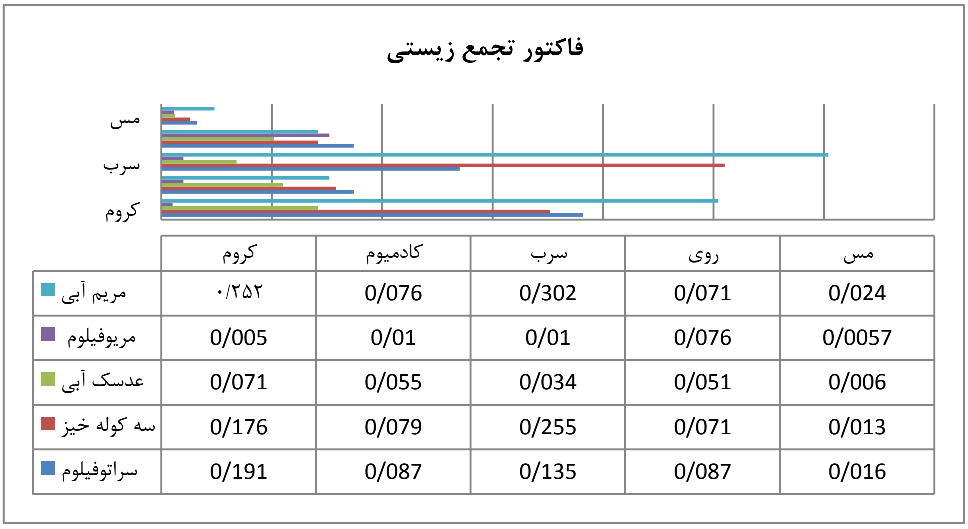
فلز سنگین	نتایج آزمون نرمالیته		نتایج تحلیل واریانس یک طرفه	
	آماره KS	سطح معناداری	آماره F	سطح معناداری
کروم	۱/۲۳۷	۰/۰۹۴	۹/۵۶۷	۰/۰۰۰
کادمیوم	۱/۶۲۲	۰/۰۱۰	۹/۶۹۹	۰/۰۰۰
سرب	۱/۱۲۳	۰/۱۶۰	۷/۸۸۸	۰/۰۰۰
روی	۰/۸۷۹	۰/۳۶۲	۰/۹۴۲	۰/۴۳۱
مس	۰/۹۴۴	۰/۱۸۱	۹/۴۴۵	۰/۰۰۰

بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل واریانس ، غلظت تمام فلزات سنگین (به استثنای فلز روی) در گیاهان چهار بخش تالاب اختلاف معناداری با یکدیگر دارند ($P<0/05$). جدول زیر نتیجه آزمون دانکن را که از مقایسه دو به دوی بخش‌ها بدست آمده است، نشان می‌دهد. در هر ستون بخش‌هایی که با یک حرف مشخص شده اند، در سطح خطای ۰/۰۵ اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند.

جدول ۶: نتایج مقایسه دو به دوی بخش‌ها از لحاظ محتوای فلزات سنگین در گیاهان با استفاده از آزمون دانکن

بخش	کروم	سرب	کادمیوم	روی	مس
غربی	a ۰/۹۵۰	a ۱/۴۹۹	a ۰/۶۸۳	a ۴۳/۱۵۶	a ۵/۹۵۳
مرکزی	b ۳/۸۶۳	b,c ۶/۳۶۴	c ۲/۰۶۹	a ۳۵/۶۵۷	a ۷/۳۱۹
جنوبی	a,b ۲/۹۱	a,b ۴/۲۶۳	b,c ۱/۵۳۷	a۳۸/۶۲۰	a ۶/۹۷۷
شرقی	d ۶/۱۲	c ۸/۳۰۷	b ۱/۳۶۱	a ۴۷/۶۷۳	a ۱۱/۹۲۳

همانطور که از نتایج بر می‌آید فاکتور تجمع زیستی برای گیاهان بیشترین مقدار را در گیاه مریم آبی و در مورد عنصر سرب و کروم نشان می‌دهد. (شکل ۶).



مس	روی	سرب	کادمیوم	کروم	
0/024	0/071	0/302	0/076	۰/۲۵۲	🟦 مریم آبی
0/0057	0/076	0/01	0/01	0/005	🟪 مریوفیلوم
0/006	0/051	0/034	0/055	0/071	🟩 عدسک آبی
0/013	0/071	0/255	0/079	0/176	🟥 سه کوله خیز
0/016	0/087	0/135	0/087	0/191	🟦 سراتوفیلوم

شکل ۶ : مقایسه فاکتور تجمع زیستی در گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در تالاب انزلی

با توجه به میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در آب تالاب انزلی و غلظت‌های پایه برای حیات موجودات آبهای شیرین

(EPA,2011; EPA, 1996a ; EPA, 1997c) به تخمین خطر برای هریک از عناصر پرداختیم که نتایج آن در جدول (۷ و۸) آورده شده است.

جدول۷: نتایج تخمین خطر بالقوه ناشی از فلزات در فاز آبی برای ماهیان تالاب انزلی (با استناد به معیارEPA, 1996a)

آلاینده	غلظت در آب(میکرو گرم بر لیتر)	معیار پایه (میکرو گرم بر لیتر)	خارج قسمت خطر	سطح خطر	توصیف خطر
کادمیوم	۵۳	۱/۷۰	۳۱/۱۷	۳	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
کروم	۵۸	۷۳/۱۸	۰/۷۹	۱	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده
سرب	۶۳	۱۸/۸۸	۳/۳۳	۲	خطر بالقوه به میزان اندک برای پذیرنده
روی	۱۴۴۴	۳۶/۴۱	۳۹/۶۵	۳	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
مس	۱۲۶۳	۳/۸۰	۳۳۲/۰۰	۴	خطر بینهایت برای پذیرنده

با توجه به نتایج بدست آمده از فلزات کادمیوم و روی در آب برای ماهیان تالاب انزلی دارای ریسک بالقوه افزاینده هستند و این در حالیست که عنصر مس از ریسک بالقوه بسیار بالا برای ماهیان و کروم از ریسک بالقوه احتمالی و یا عدم وجود ریسک و سرب از ریسک بالقوه برخوردار است. عنصر مس از ریسک بالقوه بسیار بالایی برای گیاهان برخوردار است.

جدول ۸: نتایج تخمین خطر بالقوه ناشی از فلزات در فاز آبی برای گیاهان بومی تالاب انزلی (با استناد به معیارEPA, 1996a)

آلاینده	غلظت در آب (میکرو گرم بر لیتر)	معیار پایه (میکرو گرم بر لیتر)	خارج قسمت خطر	سطح خطر	توصیف خطر
کادمیوم	۵۳	۲	۲۶/۵۰	۳	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
کروم	۵۸	۲	۲۹/۰۰	۳	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
سرب	۶۳	۵۰۰	۰/۱۲	۱	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده
روی	۱۴۴۴	۳۰	۴۸/۱۳	۳	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
مس	۱۲۶۳	۳/۸	۳۳۲/۰۰	۴	خطر بینهایت برای پذیرنده

همچنین مقایسه‌ای بین مقادیر خطرات بدست آمده در دو شرایط حاد و مزمن مواجهه با معیارهای موجود در دستورالعمل‌ها برای ارزیابی ریسک آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا انجام گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۹ آورده شده است. بر طبق این نتایج عنصر مس در آب تالاب انزلی از خطر بالقوه بسیار بالایی برای حیات آبزیان در هر دو شرایط حاد و مزمن برخوردار است.

جدول۹ : نتایج تخمین خطر بالقوه ناشی از فلزات در فاز آبی برای حفظ حیات تالاب انزلی در شرایط حاد و مزمن (با استناد به معیار EPA,1996a ; EPA, 2011)

آلاینده	غلظت در	معیار پایه	معیار پایه	خارج	خارج	توصیف خطر حاد	توصیف خطر مزمن

	آب(میکرو گرم بر لیتر)	(میکرو گرم بر لیتر) معیار حاد	(میکرو گرم بر لیتر) معیار مزمن	قسمت خطر (حاد)	قسمت خطر (مزمن)		
کادمیوم	۵۳	۳/۹	۱/۱	۱۳/۵۸	۴۸/۱۸	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
کروم	۵۸	۱/۷	۲۱۰	۳۴/۱۱	۰/۲۷	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده
سرب	۶۳	۸۲	۳/۲	۰/۷۶	۱۹/۶۸	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
روی	۱۴۴۴	۱۲۰	۱۱۰	۱۲/۰۳	۱۳/۱۲	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده	خطر بالقوه در حد میانه متمایل به زیاد برای پذیرنده
مس	۱۲۶۳	۱۸	۱۲	۷۰/۱۶	۱۰۵/۲۵	خطر بینهایت برای پذیرنده	خطر بینهایت برای پذیرنده

بحث و نتیجه گیری

به منظور بررسی اثرات ناشی از فلزات سنگین بر حیات زنده اکوسیستم آبی، غلظت فلزات روی، مس، سرب، کادمیوم و کروم در ۵ گونه ماهی بومی و ۵ گونه گیاهی شاخص در تالاب انزلی مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی حاضر میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در بخش شرقی تالاب به مراتب از بخشهای مرکزی ، جنوبی و غربی تالاب مقداری بیشتر بدست آمد که می‌توان گفت که نتایج این بررسی با تحقیق بابایی و خداپرست (۱۳۸۸)، VahdatiRaad و Khara (۲۰۱۱) همخوانی دارد.

تالاب انزلی، بویژه بخش شرقی آن یعنی شیجان به عنوان تله برای رسوبگیر و مواد تغذیه‌ای عمل کرده و این مسئله باعث ایجاد محیط یوتروفیکی در این بخش شده است. مناطق شهری و روستایی احاطه شده با مناطق کشاورزی، سطح وسیعی از حوضهٔ آبخیز تالاب را تشکیل می‌دهند همچنین رودخانهٔ پیربازار با اکسیژن محلول بسیار پایین آلوده‌ترین رودخانهٔ ورودی به تالاب بوده که وارد بخش شیجان می‌شود. ماهیان، گیاهان ، بنتوزها و پرندگان از مهمترین موجوداتی هستند که در تالابها در خطر مواجهه با عوامل تنش زا چون فلزات سنگین هستند. از آنجاییکه پراکنش فلزات سنگین در بافت‌های خوراکی آبزیان از دیدگاه‌های مختلف به ویژه سلامت مصرف کنندگان حائز اهمیت می‌باشد (Amini Ranjbar and Shariat, 2006). و ثبات، پایداری و همچنین تجمع زیستی عناصر سنگین در بدن موجودات زنده آبزی و انتقال آن به حلقه‌های بعدی زنجیره غذایی سبب گردیده تا توجه زیادی به بررسی این فلزات شود.در بررسی حاضر بر روی ماهیان رابطه Zn>Cu>Pb>Cr>Cd در اکثر گونه‌های ماهی در مورد غلظت فلزات بر قرار بود (به استثنای شاه کولی تالاب انزلی) که با بررسی‌های Bethelin و Huang در سال ۱۹۹۵ مبنی بر بیشتر بودن عناصر ضروری نسبت به عناصر غیر ضروری در بافت عضله ماهیان مطابقت داشته است. با توجه به نظریه Cappuzzo و همکاران در سال ۱۹۸۵ هنگامی که فلزات سنگین بیش از حد در محیط وجود داشته باشند به عنوان بازدارنده‌های

آنزیمی عمل می‌کنند. در بررسی حاضر بر اساس نتایج آزمون دامنه چندگانه دانکن، غلظت تمام فلزات سنگین با اختلاف معناداری از سایر گونه‌ها در اردک ماهی بیشتر است. اردک ماهی تالاب نسبت به گونه‌های دیگر قابلیت بیشتری در انباشت فلزات (به ویژه فلز سرب) در بافت عضله خود داشته که با نتایج (Imanpour et al., 2011)، (Canli, Kalay2000) و Yi و Zhang (۲۰۱۰) همخوانی دارد، می‌توان به نوعی آن را به رژیم همه چیز خواری این گونه ارتباط داد، این گونه می‌تواند به عنوان بیواندیکاتور خوب از حضور فلزات در محیط زیست اطرافش باشد. منشاء اصلی سرب در منطقهٔ را علاوه بر پسابهای صنعتی ورودی به تالاب می‌توان به گلوله‌های سربی که بر اثر شکار روانه تالاب می‌شود نسبت داد. گیاهان نیز یکی دیگر از اجزای بسیار حیاتی برای بقاء حیات یک اکوسیستم آبی است. قابلیت تجمع زیستی در گیاهان به دلیل تفاوت در حرکت یونهای فلزی در اندامهای بیولوژیک و عملکرد یکسری پروتئین‌های انتقال دهنده همراه متفاوت است همچنین محتوای فلزات در بافتهای گیاهان به خاطر تفاوت در زمانهای نمونه برداری(سن گیاهان) و حضور منابع آلاینده دیگر در بخشهای متفاوت اکوسیستم و همچنین متفاوت بودن نوع گونه و فلز فرق دارد (Cobbett, 2000; Robinson,1993) که در بررسی حاضر این تفاوت در گونه‌های مورد بررسی به وضوح مشاهده شد. همچنین بر اساس نتایج آزمون دانکن، غلظت اکثر فلزات سنگین در گیاهان بخش شرقی تالاب، با اختلاف معناداری از سایر بخش‌ها، بیشتر می‌باشد. (Lu et al., 2004) در بررسیهای خود به این نتیجه رسیدند که جذب عناصر توسط گیاهان آبزی تاثیر چشمگیری در کیفیت رسوب و آب اکوسیستمهای آبی دارد. گیاه مریم آبی و سه کوله خیز از جمله گیاهانی بودند که تجمع بالایی از عناصر به خصوص عنصر سرب را از محیط در خود نشان دادند که با نتایج بررسی‌های (Hoseinizadeh et al., 2011) همخوانی دارد و می‌توان انها را به عنوان گیاهانی برای کاهش غلظت فلزات مذکور در تالاب نام برد ولی نمی‌توان در زمره گیاهان فرا انباشت قرار داد. پراکنش این گونه در بخش شرقی و مرکزی تالاب زیاد است که می‌تواند به عنوان گونه‌ای مناسب به منظور کاهش بار آلودگی این دو منطقه معرفی گردد. (Baker et al., 2000) در بررسی‌های خود بیان کردند که گیاهان آبزی یکی از مهمترین اجزای تالابها برای انتقال فلزات از رسوبات و آب به اندامهای خود هستند و فلزات از این طریق در دسترس موجودات شبکه غذایی ، ماهیان ، پرندگان ، حیوانات و انسانها قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج بدست آمده و بر طبق معیار آژانس حفاظت محیط زیست (EPA,1996a) در زمینه حد اثر گذاری فلزات در محیط‌های آبی بر روی ماهی و گیاهان، کادمیوم و روی در آب برای ماهیان تالاب انزلی از خطر بالقوه میانه رو به افزایش برخوردار بودند و این در حالی بود که عنصر مس از ریسک بالقوه بسیار بالا برای ماهیان و کروم از ر یسک بالقوه احتمالی و یا عدم وجود ریسک و سرب از ریسک بالقوه پایین برای ماهیان برخوردار بود. همچنین عناصر روی، کادمیوم و کروم در آب تالاب انزلی از ریسک بالقوه میانه به طرف بالا برخوردار بودند و عنصر مس از ریسک بالقوه بسیار بالا و سرب هم از ریسک ناچیز یا عدم ریسک برای گیاهان برخوردار بودند. برخی از گونه‌های گیاهی توانایی جذب و انباشت مقادیر زیادی از عناصر سنگین را دارند بدون این که آثار سم آشکاری برای آنها ایجاد کنند(Cunnigham and Lee, 1995). این خصوصیت در برخی از

گیاهان سبب شده است که برای حذف بسیاری از فلزات از گونه‌هایی که خاصیت انباشت فلزات را از محیطهای آلوده دارند استفاده شود

(Lasat, 2002) همچنین با استناد به معیار آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA, 2011) در زمینه پایین ترین سطح غلظت فلزات در آب‌های شیرین و لب شور در بررسی حاضر کادمیوم، روی و سرب در شرایط مواجهه مزمن دارای خطر بالقوه میانگین به طرف بالا برای حیات اکوسیستم تالاب انزلی می‌باشند و این در حالیست که عنصر مس در آب خطر بالقوه بالایی را برای حیات آبزیان به همراه دارد .همانطور که از نتایج مشخص است وجود عناصر در فاز آبی تالاب انزلی برای حیات موجودات آبزی دارای خطرات بالقوه است و موجبات نگرانی برای موجودات آبزی را فراهم می‌کند. توزیع فلزات مختلفی چون کادمیوم در محیط‌های آبی که اساساً از فرآیندهای صنعتی بدست می‌آیند از مهمترین فاکتورهای خطرزا برای حیات آبزیان است که در بررسی حاضر این خطر بالقوه دیده شد(Davise et al., 1995) در تحقیقات خود بیان کردند که کادمیوم در فاز آبی یکی از مهمترین فلزاتی است که به آسانی توسط گیاهان قابل جذب بوده و از این طریق وارد چرخه بیولوژیکی می‌شود. از آنجایی که فلز سرب و کادمیوم مورد بررسی جزء عناصر سمی در تالاب هستند و از خطرات بالقوه بالا در محیط آبی برای موجودات محسوب می‌شوند توصیه می‌شود که مهمترین منابع تخلیه کننده آنها فهرست بندی شده و تدابیری برای کنترل آنها اتخاذ گردد همچنین توصیه می‌گردد که پایش مداوم فلزات سنگین در رودخانه‌های ورودی منتهی به تالاب انجام گیرد.

منابع

دهقان مدیسه، س. (۱۳۸۶) شناسایی مناطق حساس و تحت اثر در خوریات ماهشهر با استفاده از شاخصهای اکولوژیک و بیولوژیک .رساله ی دکترای تخصصی در رشته بیولوژی دریا .دانشگاه علوم و فنون دریایی. خرمشهر .ص: ۱۴

رحیمی، ا. رییسی، م. (۱۳۸۷) تعیین میزان سرب و کادمیم در گوشت ماهیان صید شده از تالاب چغاخور استان چهارمحال و بختیاری. مجله دامپزشکی ایران ۴:۷۹-۸۳.

بابائی، ه. خداپرست، س. ح. (۱۳۸۸) بررسی میزان هیدروکربن و فلزات سنگین در خروجی تالاب انزلی، مجله علمی تخصصی تالاب، سال اول، ۱: ۳۳-۴۵.

Alinnor, J. and Obiji, I. (2010) Assessment of Trace Metal Composition in Fish Samples from Nworie River. Pakistan Journal of Nutrition 9(1): 81-85.

Amini Ranjbar, G. H. and Shariat, F. (2006) Trace metals (Cu, Cd, Zn, and Pb) in the liver and kidney of *Acipenser persicus* with relation to their concentration in the superficial sediments of the west coast of the southern Caspian Sea. Iranian Journal of Fishers Science 5:19-40.

Baker, A. J. M., Mc Grath, S. P., Reeves, R. D. and Smith, J. A. C. (2000) Metal Hyperaccumulator plants: A review of ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal polluted soils. In: Phytoremediationof contaminated soil and water (Eds): N.Terry and others. Boca Rator , FL7 lewis

publisher, p. 129-158.

Cappuzzo, J. M., Burt, W.V., Duedall, I.W., Park, P. K. and Kester, D.R. (1985) The impact of waste disposal in nearshore environment, in Wastes in the Ocean, Eds., John Wiley & Sons, New York.

Chang, L., Magos, L. and Suzuki, T (Eds.). (1996) Toxicology of Metals. CRC Press, Boca Raton, FL.

Cheroff, B. and Dooley, J. K. (1989) Heavy metals in relation to the biology of Fundulus heteroclitus. Journal Fish Biology 14: 309 - 328.

Cobbett, C. S. (2000) Phytochelatin biosynthesis and function in heavy metal detoxification. *Current* Opinion in Plant Biology 3: 211–216.

Cunningham, S.D., Ow, D. W. (1996) Promises and prospects of phytoremediation. Plant Physiology 110: 715-719.

Environmental Protection Agency U.S. (1996a) Proposed testing guidelines. *Federal Regist*, 61:16486–16488.

Environmental Protection Agency.U.S. (1997c) Guiding Principles for Monte Carlo Analysis. EPA/630/R-97/001.

Environmental Protection Agency U.S. (2011) USEPA Regional Screening Level (RSL) Summary Table: November . Available at: http://www.epa.gov/regshwmd/risk/human/Index.htm.

Hayashi Takehiko, I. (2008) Ecological Risk ASssessment Of Chloroform in JAPANESE suprface waters considering the defference in the reliablety of ecotoxicology data. Austrialan journal ecotoxicology 13: 119-130.

Hoseinizadeh, G. R., Azarpour, E., Motamed, M. K., Ziaeidoustan, H., Moraditochaee, M. and Bozorgi, H. R. (2011) Heavy Metals Phytoremediation Management via Organs of Aquatic Plants of Anzali International Lagoon (Iran). World Applied Sciences Journal 14 (5): 711-715.

Huang, P. M. and Bethelin, J. (1995) Environmental Impact of Soil Component Interaction. Metals, Other Inorganic and Microbial Activities. CRC Press. Florida 376–384.

Imanpour Namin, J., Mohammadi, M., Heydari, S., Monsef Rad, F.(2011) Heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in tissue, liver of Esox lucius and sediment from the Anzali international lagoon- Iran, Caspian. Journal of Environmental science 9(1):1-8.

Kalay, M. and Canlı, M. (2000) Elimination of essential (Cu and Zn) and non-essential (Cd and Pb) metals from tissue of a freshwater fish, Tilapia zilli. Turkish journal of zoology 24: 429– 436.

Lasat, M. M. (2002) Phytoexteraction of toxic metals: A review of biological mechanisms.

Lu, X., Kruatrachue,M., Pokethitiyook, P. and Homyok, K. (2004) Removal of cadmium and zinc by water hyacinth, Eichhornia crassipes. Science Asia 30: 93-103.

Marcovecchio, E. J. (2004) The use of Micropogonias furnieri and Mugil liza as bioindicators of heavy metals pollution in La Plata river estuary, Argentina. Science of The Total Environment 323(1-3): 219-226.

Papagianni, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D. and Kalfakaou, V. (2004) Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). Environmet International 30: 357-362.

Porvari, P. (1998) Development of fish mercury concentrations in finfish reservoirs from 1979 to 1994. The scientific of the total Environment 213: 279-290.

Rashed, M. N. (2001) Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. Environmet International 27:27–33.

Rehulka, J. (2002) Content of inorganic and organic pollutants in the fish from the Slezska Harta reservoir. Czech J.ournal of Animal Science 1:30-44.

Robinson, N. J., Tommey, A. M., Kuske, C. and Jackson, P. J. (1993) Plant metallothioneins. Biochemical Journal 295: 1–10. soils and sediments/ SSSA , Soil Science Society of America, special publication,43.

Turkmen, A., Turkmen, M., Tepe, Y. and Akyurt, I. (2005) Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food chemistry 91:167-172.

VahdatiRaad, L. and Khara H. (2012) Heavy metals phytoremediation by aquatic plants (Hyrocotyleranocloides, Ceratophyllum demersum) of Anzali lagoon. International Journal Marin Science Engeenering 2(4): 249-254.

Watling R. J. (1981) A menul of Method for use in the South Africa Marine pollution programms. South African National Scientific programmes. Report 44: 82

Yi, Y. J and Zhang, SH. (2012) Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River. Environmental Science and Pollution Research 19:3989–3996.

Zhang, J.E., Liu, J.L., Ouyang, Y., Liao, B. W. and Zhao, B.L. (2010)Removal of nutrients and heavy metals from wastewater with mangrove Sonneratia apetala Buch-Ham. Ecological Engineering 36: 807- 8

Hazard of Heavy Metals on the Life of Anzali Wetland Ecosystem

M.Panahandeh[5], M. Morovati*[6]

Received: 2016.7.2
Accepted:2017.10.16

Abstract

Risks of heavy metal pollution in Anzali wetland to become a national concern so finding solutions to address the risks of environmental impacts is essential. The concentrations of heavy metals in four parts of wetland in 5 species of fish and 5 plant species (2015- 2016) by atomic absorption spectrophotometry has been confirmed that the highest concentration of Zinc was in the *Esox lucius* (26.34 ± 4.45µgr /g) and the lowest of Cadmium in **Chalcalburnus chalcoides** (0.1 ± 0.09 µgr /g) also the highest concentration of Zinc in plants was related to *Ceratophyllum demersum* (62.49 ± 0.31µgr /g) and the lowest concentration of chromium in *Myriophyllum* sp (0.17 ± 0.008 µgr /g), also the most of bioaccumulation were observed *in Hydrocotyl Vulgaris* and *Trapa Natans* for Pb indicating the potential for decreasing the concentrations of metals in contaminated sites of wetland. The results of the risk assessment of heavy metals on the living life of the Anzali wetland ecosystem indicate that the cadmium element in water for the Anzali wetland life is at high potential risk, which requires more authorities and experts.

Keywords: Heavy Metals, Potential Hazard, Life of Ecosystem, Anzali Wetland.

---

[5] Environmental Research Institute, Academic Center for Aducation,Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran.

[6] * Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

(Corresponding Author: mymorovati@ardakan.ac.ir)