15(1) 279-284, Spring 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

# Seasonal changes of heavy metals in surface waters of the four areas of Anzali Wetland

*Maryam Pedram Jarf [1], Abolghasem Kamali [1*], Hossein Khara [2], Nima Pourang [3], Pezhman Hosseini Shokrabi [1]*

[1] *Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran*
[3] *Iranian Fisheries Science Research Institute, Agriculture Research Education and Organization, Tehran, Iran*

**Key Words**
Heavy metals
Surface waters
Seasonal changes
Metal Pollution Index

**Abstract**

**Introduction:** Contamination of aquatic ecosystems with heavy metals is a threat to the health and life of aquatic animals and, as a result, human health. This research was conducted to investigate the concentration of heavy metals (copper, nickel, lead, cadmium and iron) in Anzali Wetland.

**Materials & Methods:** In order to measure the amount of heavy metals in Anzali Wetland, sampling was done from four stations during four seasons (2019-2020). The concentration of heavy metals was determined using a plasma atomic spectrometer.

**Results:** The results showed that the average annual concentrations of Cu, Ni, Pb, Cd and Fe in water were 66/16±36/17, 16/60±12/25, 45/46±21/63, 15/51±7/24 and 75/43±26/80 µg/L, respectively. The decreasing trend of metal concentration in water was obtained as Fe>Cu>Pb>Ni>Cd. The concentration of these metals was higher in winter and autumn compared to other seasons. The concentration of all the investigated metals was lower than the national standard of Iran. Compared to WHO and USEPA standards, the amount of Cu, Ni and Fe metals was lower and the amount of Pb and Cd metals was higher than these standards.

**Conclusion:** Based on the results of this survey, the amount of heavy metals in the surveyed areas is very low, which indicates the absence of serious pollution in the area.

* Corresponding Author's email: kamali.abolghasem@gmail.com
Received: 31 January 2022; Reviewed: 6 March 2022; Revised: 8 May 2022; Accepted: 10 June 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.357294.2867

**مقاله پژوهشی**

# تغییرات فصلی فلزات سنگین در آب‌های سطحی مناطق چهارگانه تالاب انزلی

*مریم پدرام ژرف[۱]، ابوالقاسم کمالی[۱*]، حسین خارا[۲]، نیما پورنگ[۳]، پژمان حسینی‌شکرابی[۱]*

[۱] گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

[۳] مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

**کلمات کلیدی**

فلزات سنگین
آب‌های سطحی
تغییرات فصلی
شاخص آلودگی فلزات (MPI)

**چکیده**

**مقدمه:** آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین، تهدیدی برای سلامت و حیات آبزیان و به تبع آن، سلامت انسان است. این تحقیق به‌منظور بررسی میزان غلظت فلزات سنگین (مس، نیکل، سرب، کادمیوم و آهن) در آب تالاب انزلی صورت پذیرفت.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در آب تالاب انزلی، نمونه‌گیری از چهار ایستگاه در طی چهار فصل (۱۳۹۹-۱۳۹۸) انجام شد. غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه طیف‌سنج اتمی پلاسما تعیین گردید.

**نتایج:** نتایج نشان دادند که میانگین غلظت سالانه فلزات مس، نیکل، سرب، کادمیوم و آهن به‌ترتیب ۱۶/۱۷±۶۶/۳۶، ۱۲/۲۵ ±۱۶/۶۱، ۲۱/۶۳±۴۵/۴۶، ۷/۲۴±۱۵/۵۱ و ۲۶/۸۰±۷۵/۴۴ میکروگرم در لیتر بود. روند نزولی غلظت فلزات در آب به صورت Cd<Ni<Pb<Cu<Fe به‌دست آمد. غلظت این فلزات در فصل زمستان و پائیز نسبت به فصول دیگر بیش‌تر بود. غلظت تمامی فلزات مورد بررسی پائین‌تر از استاندارد ملی ایران بود. در مقایسه با استانداردهای WHO و USEPA، میزان فلزات Cu، Ni و Fe پائین‌تر و میزان فلزات Pb و Cd بالاتر از این استانداردها بود.

**بحث و نتیجه‌گیری:** براساس نتایج این بررسی، میزان فلزات سنگین در مناطق مورد بررسی بسیار کم بوده که نشان‌دهنده عدم آلودگی جدی در منطقه می‌باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: kamali.abolghasem@gmail.com



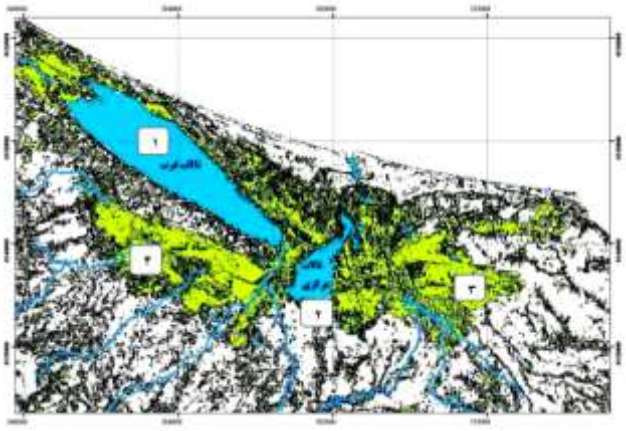
تاریخ دریافت: ۱۱ بهمن ۱۴۰۰؛ تاریخ داوری: ۱۵ اسفند ۱۴۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱۸ اردیبهشت ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۲۰ خرداد ۱۴۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.357294.2867

## مقدمه

تالاب انزلی ازجمله مهم‌ترین تالاب‌های بین‌المللی ارزشمند در لیست کنوانسیون رامسر می‌باشد که بستر زیست و تولیدمثل گونه‌های مختلف گیاهان و جانوران آبزی می‌باشد. فعالیت‌های انسانی مختلف در محدوده تالاب انزلی اعم از فاضلاب‌های خانگی، صنعتی، کشاورزی و گردشگری از منابع اصلی آلوده‌کننده تالاب هستند (۱). آلاینده‌های مختلف آلی و معدنی تحت تأثیر عوامل طبیعی و غیرطبیعی، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به رودخانه‌ها و در نهایت به دریاها و دریاچه‌ها راه می‌یابند. بخشی از این آلاینده‌ها طی فرآیندهای بیولوژیک تجزیه شده و برخی دیگر مانند فلزات سنگین در چرخه حیات در بستر رودخانه‌ها و دریاچه‌ها تثبیت شده و مشکلات عدیده‌ای را ایجاد می‌کنند (۲). فلزات سنگین به‌علت اثرات سمی و توان انباشتگی زیستی در گونه‌های مختلف آبزیان و حتی وارد شدن به زنجیره غذایی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آلاینده‌ها محسوب می‌شوند (۳). آلودگی اکوسیستم‌های آبی تحت تأثیر فلزات سنگین را می‌توان از طریق مطالعه آب مورد بررسی قرار داد. میزان بالای فلزات سنگین در آب، تغییرات اکولوژیکی مهمی را می‌تواند ایجاد کند (۴). براساس ایجاد آلودگی و پتانسیل خطر، فلزاتی مانند نیکل، سرب و کادمیوم جزء فلزات مخرب هستند و در دسته عناصر غیرضروری برای نیاز غذایی موجودات تقسیم بندی می‌شوند و عناصری مانند آهن و مس در دسته عناصر ضروری قرار می‌گیرند (۵، ۶). پژوهش های بسیاری در زمینه بررسی آلودگی فلزات سنگین در تالاب انزلی انجام شده است که نشان‌دهنده اهمیت این موضوع است. بر طبق مطالعه Khosravi و همکاران، بیش‌ترین غلظت فلزات مورد بررسی در منطقه شرقی تالاب انزلی و به‌صورت Cd<Pb<Cu<Hg<Zn مشاهده گردید (۷). Jaffari و Hassanzadeh، با استفاده از شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) نشان دادند که در قسمت شرقی تالاب آلودگی شدید و خطر بوم‌شناسی فلزات در این ناحیه و هم‌چنین وضعیت مطلوب بوم‌شناسی در منطقه آبکنار وجود دارد (۸). Fallah و همکاران، در بررسی تغییرات فلزات سنگین در تالاب انزلی گزارش دادند که غلظت این فلزات در فصل بهار و تابستان نسبت به فصول دیگر بیش‌تر بود (۹). در مطالعه Alabdeh و همکاران، میزان فلزات آهن، مس، سرب، نیکل و کادمیوم به‌ترتیب ۴۲۰، ۱۰۰، ۰/۱۱، ۲/۱۳ و ۰/۱ میکروگرم در لیتر به‌دست آمد. هم‌چنین، گزارش دادند که قسمت شرقی تالاب نسبت به سایر قسمت‌ها دارای آلودگی بیش‌تری بود (۱۰). هدف از این مطالعه ارزیابی تغییرات فصلی در میزان فلزات سنگین مس، سرب، نیکل، کادمیوم و آهن، در آب‌های سطحی چهار ایستگاه از تالاب انزلی و مقایسه آن‌ها با استانداردهای جهانی و مطالعات دیگر و هم‌چنین، ارزیابی شاخص آلودگی فلزات (MPI) در نمونه‌های آب بود.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، بندرانزلی با موقعیت جغرافیایی ´۲۵ و °۴۹ شرقی و ´۲۸ و °۳۷ شمالی در جنوب‌غربی دریای خزر در استان گیلان قرار دارد. نمونه‌برداری از آب، از چهار ایستگاه (آبکنار، شماره ۱)، (مرکزی، شماره ۲)، (شیجان، شماره ۳) و (سیاه کشیم، شماره ۴) طی چهار فصل (۱۳۹۸-۱۳۹۹) و با ۳ تکرار، انجام شد (شکل ۱).



**شکل ۱: موقعیت جغرافیایی تالاب انزلی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری**

با استفاده از بطری نمونه‌بردار روتنر استریل شده، نمونه‌های آب از سطح جمع‌آوری شدند. سپس با کاغذ واتمن ۰/۴۵ میکرومتر فیلتر شده و در بطری‌های پلی‌اتیلنی ریخته شدند. pH نمونه‌ها با استفاده از HNO3 (Merck ۱۰٪) در حد ۲ تنظیم شده و در دمای ۴° سانتی‌گراد در آزمایشگاه نگه‌داری شدند. اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در نمونه‌های آب با استفاده از دستگاه طیف‌سنج اتمی پلاسما (ICP-AES) (Spectro –Germany) انجام شد (۱۱). شاخص آلودگی فلزات سنگین (MPI) به‌منظور مقایسه سطوح کلی تجمع فلزات در نمونه‌های آب به‌کار رفت و میزان نهایی بار فلزات در آن‌ها تعیین شد. به‌طوری‌که، Mn = غلظت فلز n در نمونه و به‌صورت میکروگرم در لیتر بیان شد (۱۲):

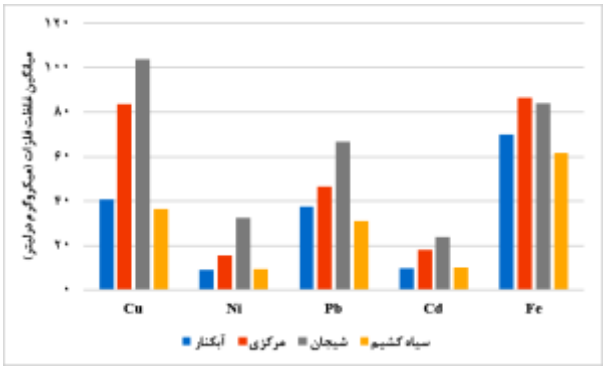
$$MPI = (M1 \times M2 \times M3 \times \ldots \times Mn)1/n$$

برای تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و برای رسم نمودار از برنامه Excel استفاده گردید. در ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk بررسی گردید. در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها، برای مقایسه میانگین داده‌های هر یک از فلزات سنگین در آب تالاب در فصول مختلف و ایستگاه‌های مورد بررسی از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای جداسازی گروه‌های همگن از آزمون Tukey در سطح احتمال ٪۵ استفاده شد.

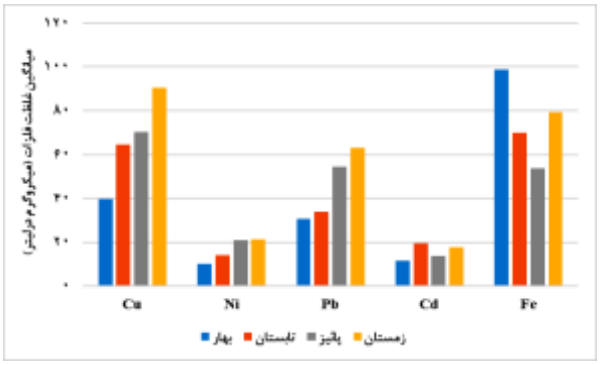
برای داده‌های غیرنرمال از آزمون غیرپارامتریک Kruskal-Wallis و در مقایسه جفتی از آزمون Mann-Whitney استفاده گردید.

## نتایج

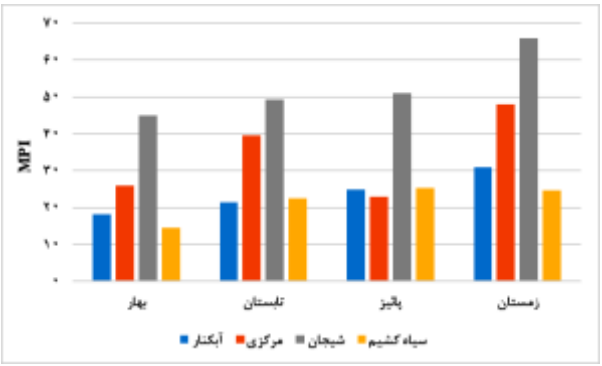
براساس نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین میزان غلظت فلز مربوط به Cu (۱۹/۴۵±۱۰۳/۸۵ میکروگرم در لیتر) در ایستگاه شیجان (ایستگاه شماره ۳) و کم‌ترین میزان غلظت فلز مربوط به Ni (۱/۸۱±۹/۱۳ میکروگرم در لیتر) در ایستگاه آبکنار (ایستگاه شماره ۱) بود. بالاترین میزان غلظت فلزات Ni، Pb و Cd در ایستگاه شیجان و بالاترین میزان غلظت فلز Fe در ایستگاه مرکزی (ایستگاه شماره ۲) مشاهده شد. پائین‌ترین میزان غلظت فلزات Cu، Pb و Fe در ایستگاه سیاه کشیم و پائین‌ترین میزان غلظت فلز Cd در ایستگاه آبکنار مشاهده شد. روند نزولی غلظت فلزات به‌صورت Cd<Ni<Pb<Cu<Fe بود (شکل ۲). میزان غلظت هر کدام از فلزات Cu، Ni و Cd در بین ۴ ایستگاه دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (P<۰/۰۵). نتایج به‌دست آمده نشان دادند که بالاترین میزان غلظت فلز مربوط به Fe (۷/۵۷±۹۸/۶۷ میکروگرم در لیتر) و پائین‌ترین میزان غلظت فلز مربوط به Ni (۵/۳۵±۱۰/۰۲ میکروگرم در لیتر) در بهار بود. بیش‌ترین میزان غلظت فلزات Cu، Ni و Pb در زمستان و بیش‌ترین میزان غلظت Cd در تابستان بود. کم‌ترین میزان غلظت فلزات Cu، Pb و Cd در بهار و کم‌ترین میزان غلظت Fe در پائیز بود (شکل ۳). میزان غلظت هیچ‌یک از فلزات سنگین بین فصول مختلف دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبود (P>۰/۰۵). شکل ۴، شاخص آلودگی فلزات سنگین در هر ایستگاه، طی چهار فصل مورد بررسی را نشان می‌دهد. در مجموع می‌توان گفت که روند نزولی شاخص آلودگی فلزات سنگین براساس ایستگاه به‌صورت شیجان>مرکزی>آبکنار>سیاه کشیم بود. هم‌چنین، روند نزولی شاخص فلزات سنگین در چهار فصل به‌صورت زمستان>پائیز>تابستان>بهار بود.




**شکل ۲: نمودار میانگین غلظت فلزات در آب تالاب انزلی در ایستگاه‌های مختلف**




**شکل ۳: نمودار میانگین غلظت فلزات در آب تالاب انزلی در فصول مختلف**




**شکل ۴: نمودار مقایسه شاخص MPI در چهار ایستگاه به تفکیک فصل**

## بحث

تالاب انزلی به چهار بخش مهم تقسیم می‌شود : بخش شرقی (شیجان)، بخش مرکزی، بخش غربی (آبکنار) و سیاه کشیم (۱۶). هفت منبع اصلی آلودگی تهدیدکننده تالاب انزلی، رودخانه‌ها، فاضلاب‌های شهری، صنایع، فعالیت‌های تجاری، معادن، کشاورزی و پساب بیمارستانی هستند. این پساب‌ها حاوی انواع آلاینده‌ها مانند فلزات سنگین هستند (۱۷). با توجه به وجود صنایع گوناگون در بخش شرقی تالاب و ورود رودخانه‌های آلوده‌ای از قبیل پیربازار و پسیخان به این بخش از تالاب، می‌توان بخش شرقی تالاب را آلوده‌تر از سایر قسمت‌ها دانست (۱۸، ۱۰). قسمت غربی تالاب کم‌ترین غلظت فلزات را نسبت به بخش مرکزی و شرقی دارا می‌باشد زیرا مواجهه کم‌تری با منابع آلاینده دارد. تفاوت در میزان آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی تحت تأثیر عواملی مانند فاصله از منابع آلاینده است که منطقه غربی تالاب فاصله بیش‌تری با صنایع و مناطق شهری دارد (۱۹). بخش‌های مرکزی و خروجی تالاب نیز میزان بالایی از فلزات را دارند به سبب این‌که تعداد زیادی از رودخانه‌ها، آلاینده‌هایی را که

از شهرها، صنایع و مناطق کشاورزی با خود حمل کرده به این بخش‌ها تخلیه می‌کنند (۱۰). سایر مطالعات نیز میزان بالای آلاینده‌ها در ناحیه شرقی تالاب را گزارش داده‌اند (۸، ۷) که با نتایج تحقیق حاضر مشابه بود. بررسی غلظت فلزات سنگین و مقایسه آن‌ها با استانداردهای بین‌المللی نشان داد، مقادیر فلزات Pb و Cd بالاتر و میزان Cu، Ni و Fe پائین‌تر از میزان استاندارد بود. در مطالعه Mirroshandel و Abdous، میزان فلزات روی، کروم، مس، نیکل و آهن پائین‌تر از حد استاندارد و میزان کادمیوم، سرب و جیوه بالاتر از حد استاندارد به‌دست آمد که مشابهت با تحقیق حاضر را نشان می‌دهد (۲۰). به‌دلیل وجود نیکل و سرب در ترکیبات نفتی، فعالیت شناورهای دریایی می‌تواند نقش مهمی را در ورود مواد نفتی و فلزات سنگین به تالاب ایفا کند. هم‌چنین به سبب نزدیکی تالاب به ایستگاه‌های گاز، مزارع کشاورزی، صنایع و فاضلاب‌های شهری، این فلزات به تالاب راه می‌یابند. صنایع مختلف از قبیل ساخت فولاد، سرامیک، پلاستیک و کارخانه لبنیات در شهرهای رشت، بندر انزلی، فومن و صومعه سرا منابع اصلی سرب هستند (۲۱). مقادیر بالایی از سرب از طریق رودخانه پیربازار به تالاب وارد می‌شود که در تمام فصول سال بیش‌ترین میزان آن در ایستگاه شیجان اندازه‌گیری شده است. در مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی به‌دست آمده است (۲۲). میزان کادمیوم از سایر فلزات اندازه‌گیری شده کم‌تر بود و بیش‌ترین میزان آن در فصل تابستان مشاهده شد که از این نظر با تحقیق Fallah و همکاران (۹)، مشابه بود. کادمیوم می‌تواند از طریق فعالیت شناورها و اسکله‌های نفتی به تالاب راه یابد (۲۳). فلزات مس و آهن از عناصر ضروری به‌حساب می‌آیند. فراوانی بیش‌تر این فلزات در تالاب به ساختار زمین‌شناسی آن ارتباط دارد. بالا بودن غلظت فلز آهن در آب به‌دلیل فراوانی این فلز در پوسته زمین می‌باشد (۲۴). در این مطالعه نتایج نشان دادند که میزان غلظت فلزات مورد بررسی در فصول زمستان و پائیز بالاتر از میزان آن‌ها در فصول تابستان و بهار بود. در مطالعه Fallah و همکاران، بر روی تالاب انزلی، بیش‌ترین میزان غلظت فلزات سنگین در فصول بهار و تابستان به‌دست آمد که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد (۹). تأثیر فصول و میزان بارندگی در افزایش و کاهش میزان غلظت فلزات سنگین در آب در مطالعات دیگر نیز تأیید شده است. Duman و Kar، در تحقیق خود بر روی تغییرات فصلی فلزات بر روی دریاچه سد Yamula در ترکیه اعلام کردند که در فصل بهار افزایش بارندگی منجر به کاهش غلظت فلزات سنگین می‌شود. هم‌چنین گزارش دادند که میزان غلظت فلزات (Ni، Cu، Cd و Pb) در تابستان و پائیز بالاتر از زمستان و بهار بود، که نتایج برای پائیز و بهار با تحقیق حاضر تشابه دارد ولی در مورد تابستان و زمستان با تحقیق حاضر متفاوت است. هم‌چنین، بیش‌ترین میزان غلظت فلزات مربوط به روی و مس بود و بیش‌ترین میزان غلظت کادمیوم در تابستان مشاهده شد که این موارد مطابقت با تحقیق حاضر را نشان می‌دهد (۲۵). در مطالعه Nasehi و همکاران، بر روی فلزات سنگین در رودخانه ارس، بیش‌ترین غلظت فلزات (Pb، Cd، Ni، Fe و Cu) در فصل تابستان و کم‌ترین آن‌ها در زمستان مشاهده شد که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. هم‌چنین، بالاترین میزان غلظت فلز مربوط به آهن و در فصل بهار بود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۶). با بررسی نتایج این مطالعه مشاهده شد که غلظت فلزات سنگین در بخش شرقی تالاب به‌دلیل ورود رودخانه‌های آلوده به آن، از سایر قسمت‌ها بالاتر بود. هم‌چنین میزان غلظت فلزات در فصول زمستان و پائیز از فصول دیگر بالاتر بود. عواملی مانند پساب ورودی در زمان نمونه‌برداری و هم‌چنین فرآیندهای طبیعی در این مورد تأثیرگذار بوده‌اند. میزان فلزات سرب و کادمیوم بالاتر از استانداردهای WHO و USEPA بود که با توجه به نوع بهره‌برداری از آب تالاب باید مورد توجه قرار بگیرد. کودهای ازته، فسفره و سموم شیمیایی که در زمین‌های کشاورزی و شالیزارهای اطراف مورد استفاده قرار گرفته و سبب آلودگی رواناب‌های کشاورزی می‌شود، می‌تواند از منابع عمده فلز کادمیوم محسوب گردد. هم‌چنین، فاضلاب صنعتی و سوخت قایق‌های موتوری از منابع آلودگی فلزات سرب و کادمیوم در تالاب هستند. در جدول ۱، میانگین غلظت فلزات سنگین در آب تالاب انزلی در تحقیق حاضر با استاندارد ملی ایران، استانداردهای جهانی WHO (سازمان بهداشت جهانی) و USEPA (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا) و مقادیر آن‌ها در رودخانه‌ها و دریاچه‌های پنج قاره جهان مقایسه شده است. غلظت فلزات Cu، Ni، Pb، Cd و Fe پائین‌تر از استاندارد ملی ایران بود. در مقایسه با استانداردهای WHO و USEPA، میزان فلزات Cu، Ni و Fe پائین‌تر و میزان فلزات Pb و Cd بالاتر از این استانداردها بود. از نظر مقایسه با مقادیر مربوط به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها در ۵ قاره جهان، مقدار فلزات Cu، Ni، Pb، Cd و Fe پائین‌تر از آسیا، مقادیر فلزات Ni و Fe پائین‌تر و مقادیر فلزات Cu، Pb و Cd بالاتر از اروپا، میانگین غلظت فلزات Pb و Fe پائین‌تر و غلظت فلزات Cu، Ni و Cd بالاتر از آمریکای شمالی و میانگین غلظت تمامی فلزات از مقادیر آن‌ها در آمریکای جنوبی و آفریقا پائین‌تر بود. در جدول ۲، مقایسه میانگین غلظت فلزات مورد بررسی در آب تالاب انزلی با سایر مطالعات بر روی همین تالاب آورده شده است. غلظت فلزات نیکل، سرب و کادمیوم در تحقیق حاضر بالاتر و میزان فلزات مس و آهن پائین‌تر از میزان آن‌ها در مطالعه Alabdeh و همکاران (۱۰) بود. هم‌چنین، میزان فلزات مس، سرب و کادمیوم در مطالعه Fallah و همکاران، از میزان آن‌ها در تحقیق حاضر

بالاتر بود(۹). در مطالعه Jaffari و Hassanzadeh، میزان فلزات مس، سرب و کادمیوم پائین‌تر از میزان آن‌ها در تحقیق حاضر بود (۸).

**جدول ۱: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین (میکروگرم در لیتر) در آب تالاب انزلی با رودخانه‌ها و دریاچه‌های ۵ قاره جهان و استانداردهای ملی ایران، WHO و USEPA**

| فلز | استاندارد ملی ایران (۱۳) | WHO (۱۴، ۱۵) | USEPA (۱۴، ۱۵) | آمریکای جنوبی (۱۳) | آمریکای شمالی (۱۳) | اروپا (۱۳) | آسیا (۱۳) | آفریقا (۱۳) | مطالعه حاضر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu | ۲۰۰۰ | ۲۰۰۰ | ۱۳۰۰ | ۱۴۲/۶۴ | ۱۵/۹۰ | ۱۴/۶۳ | ۳۴۵/۸۵ | ۱۹۰/۷۹ | ۶۶/۱۶ |
| Ni | ۷۰ | ۲۰ | - | ۳۳/۵۵ | ۱۰/۹۳ | ۱۳۷/۴۷ | ۵۴/۸۴ | ۱۳۱/۶۹ | ۱۶/۶۱ |
| Pb | ۵۰ | ۱۰ | ۱۵ | ۳۳۲/۹۳ | ۱۶۳/۲۸ | ۱۴/۳۱ | ۹۲/۷۰ | ۸۳/۸۲ | ۴۵/۴۶ |
| Cd | ۵۰ | ۳ | ۵ | ۶۳/۵۴ | ۱/۱۲ | ۵/۶۹ | ۱۷/۷۵ | ۴۵/۰۴ | ۱۵/۵۱ |
| Fe | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۳۰۰ | ۱۲۰۳/۸۹ | ۲۷۴/۰۶ | ۲۴۳/۷۵ | ۳۱۵۲/۷۸ | ۲۰۱۲/۸۲ | ۷۵/۴۴ |

۱. World Health Organization, ۲. United States Environmental Protection Agency.

**جدول ۲: مقایسه غلظت فلزات سنگین مورد بررسی (میکروگرم در لیتر) در آب تالاب انزلی با سایر مطالعات**

| تالاب/ فلز | Cu | Ni | Pb | Cd | Fe | منبع |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تالاب انزلی | ۱۰۰ | ۲/۱۳ | ۰/۱۱ | ۰/۱ | ۴۲۰ | (۱۰) |
| تالاب انزلی | - | ۳۰ | ۲۳۹ | ۷۸ | - | (۹) |
| تالاب انزلی | ۲۱/۹۵ | - | ۴/۳۹ | ۱/۲۵ | - | (۸) |
| تالاب انزلی | ۶۶/۱۶ | ۱۶/۶۱ | ۴۵/۴۶ | ۱۵/۵۱ | ۷۵/۴۴ | مطالعه حاضر |

در مجموع نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده عدم آلودگی جدی منطقه‌است و خطری‌را متوجه حیات آبزیان نمی‌کند اما آنالیز منظم و دوره‌ای وضعیت آلاینده‌های موجود در آب تالاب و هم‌چنین در بافت‌های آبزیان توصیه می‌گردد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از جناب آقای مهندس هادی بابائی در پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی و همکاران‌شان، به جهت کمک‌های بی‌دریغ‌شان، کمال تشکر و سپاس را دارند.

## منابع


1. **Ashja Ardalan, A., Khoshkhoo, Zh., Rabbani, M. and Moini, M., 2007.** Comparative study for heavy metal concentration (Zn, Cu, Pb, Cd and Hg) in water, sediments and soft tissue of Anzali Lagoon anodont (*Anodonta cygnea*) sampled in two seasons, Autumn and spring. J of Pajouhesh & Sazandegi. (73): 103-113. (In Persian)
2. **Clarck, R.B., 1992.** The effects of contaminations in aquatic systems are of particular concern due to their persistence and toxicity. Unlike organic contaminants whose toxicity decrease with biodegradation, metals cannot be degraded further and their toxic effects can long lasting. Pollution Oxford: U. K. Clarendon press.
3. **Ture, M., Kilic, N.B. and Altinok, I., 2020.** Relationship between heavy metal accumulation in fish muscle and heavy metal resistance genes in bacteria isolated from fish. Biological Trace Element Research. 199(4): 1595-1603. http://doi.org/10.1007/s1201 1-20-12246-0.
4. **Fan, H., Chen, S., Li, Z., Liu, P. and Yang, X., 2020.** Assessment of heavy metals in water, sediment and shellfish organisms in typical areas of the Yangtze river estuary, China. Marine Pollution Bulletin. 151: 1-9.
5. **Zuliani, T., Vidmar, J., Drinčić, A., Ščančar, J., Horvat, M., Nečemer, M., Piria, M., Simonović, P., Paunović, M. and Milačič, R., 2019.** Potentially toxic elements in muscle tissue of different fish species from the Sva River and risk assessment for consumers. Sci. Total Environ. 650: 958-969.
6. **Nikolić, D., Skorić, S., Lenhardt, M., Hegediš, A. and Krpo-Ćetković, J.K., 2020.** Risk assessment of using fish from different type of reservoirs as human food, A study on European perch (*Perca fluviatilis*). Environ pollut. 257:113586. https://doi.org/10.1016/j.envpol. 2019.113586.
7. **Khosravi, M., Attaran, E. and Bahramifar, N., 2020.** Measurement of heavy metal pollution in water and estimation of potential metal hazards in the life of Anzali Wetland in 2017. J of Environmental Health Engineernig. 8(4): 412-424. (In Persian)
8. **Jaffari, F. and Hassanzadeh, N., 2019.** Ecological quality assessment of Anzali Wetland for heavy metals using heavy metal pollution index (HPI). Iran J. Health & Environ. 12(2): 173-184. (In Persian)
9. **Fallah, M., Pirali Zefrehi, A. and Hedayati, S.A., 2019.** Spatiotemporal assessment of some heavy metals in the Anzali wetland during 2007-2014. Health & Development J. 8(2): 114-128. (In Persian)
10. **Alabdeh, D., Karbassi, A.R., Omidvar, B. and Sarang, A., 2020.** Speciation of metals and metalloids in Anzali Wetland, Iran International J of Environmental Science and Technology. 14(3): 1411-1424.
11. **American Public Health Association (APHA). 2005.** Standard methods for the examination of water and waste water 21st edn. American Public Health Association, Washington, DC. 1220 p.
12. **Usero, J., Gonzalez–Regalado, E. and Gracia, E., 1997.** Trace metals in the bivalve molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the Atlantic Coast of Southern Spain. Environment International. 23(3): 291-298.

13. **Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H. and Yao, X., 2020.** Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. Global Ecology and Conservation. 22: e00925.

14. **Velayatzadeh, M. and Koshafar, A., 2019.** Pollution Assessment some of heavy metals in water and surface sediments of Nasseri Wetland (Khorramshahr). Sci J of School of Public Health and Institute of Public Health Res. 18(2): 157-168. (In Persian)

15. **Roomiani, L. and Payandeh, Kh., 2017.** Investigation the accumulation of heavy metals in water, surface sediments and four species of aquatic plants of Karkheh River. J of Wetland Ecobiology Scientific Research. 9(33): 69-84.

16. **Esmaeilzadeh, M., Karbassi, A. and Moattar, F., 2016.** Assessment of metal pollution in the Anzali wetland sediments using chemical partitioning method and pollution indices. Acta Oceanal Sin. 35(10): 28-36.

17. **Pourang, N., Richardson, C.A. and Mortazavi, M.S., 2010.** Heavy metal concentrations in the soft tissues of swan mussel (*Anodonta cygnea*) and surficial sediments from Anzali Wetland, Iran. Environ Mon Assess. 163(1-4): 195-213.

18. **Zamani Ahmadmahmoodi, R., Esmaili Sari, A., Mohammadi, J., Bakhtiari, A. and Savabiesfahani, M., 2013.** Spatial distributiona of cadmium and lead in the sediments of the western Anzali Wetland o the coast of the Caspian Sea (Iran). J Marine Poll Bull. 74(1): 464-470.

19. **Jamshidi, S. and Bastami, K., 2016.** Metal contamination and its ecological risk assessment in the surface sediments of Anzali Wetland, Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin. 113(1-2): 559-565.

20. **Mirroshandel, M. and Abdous, A., 2013.** Monitoring the level of ten heavy metals in 24 points of water and surface sediments of Anzali wetland, the 1th Conference and Exhibition on Environment Energy and Clean Industry. Tehran University, Grad Fac of Environ. 14 p. (In Persian)

21. **Khanipour, A., Ahmadi, M. and Seifzadeh, M., 2018.** Study on bioaccumulation of heavy metals (Cd, Ni, Zn and Pb) in the muscle of wels catfish (*Silurus glanis*) in the Anzali Wetland. Iranian J of Fisheries Sciences. 17(1): 244-50.

22. **Sertaj, M., Fatollahi, F. and Filizadeh, Y., 2005.** An investigation of the evolution of distribution and accumulation of heavy metals (Cr, Ni, Cu, Cd, Zn and Pb) in Anzali Wetland's sediments. Iranian J of Natural Researches. 58(3): 623-634. (In Persian)

23. **Khodaparast, H., 2002.** Comprehensive study of Anzali Lagoon fisheries, Fisheries Department of Guilan Province, Deputy of Breeding. Guilan: Project Moderator: Fisheries Researches Center of Guilan Province. (In Persian)

24. **Babaei, H., Saberi, H., Pourang, N., Khodaparast, S.H. and Mohsenpour, H., 2021.** Assessment of heavy metals and PAHs concentration of water in Neour Lake (Ardbil Province). J of Animal Environment. 13(3): 363-372. (In Persian)

25. **Duman, F. and Kar, M., 2012.** Temporal variation of metals in water, sediment and tissues of the European Chup *(Squalis cephalus* L.). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 89: 428-433.

26. **Nasehi, F., Hassani, A.H., Monavvari, M., Karbassi, A.R. and Khorasani, N., 2013.** Evaluation the metallic pollution of riverine water and sediments: a case study of Aras River. Environmental Monitoring and Assessment. 185: 197-203.