مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۴۰۰، سال ۸، شماره ٤: ٤١٢-٤٢٤

سنجش آلودگی فلزات سنگین در آب و تخمین خطر بالقوه ناشی از فلزات بر حیات تالاب انزلی سال۱۳۹۶

معصومه خسروی[1*] ،احسان عطاران[2]، نادر بهرامی فر[3]

[1] کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران،ایران.

[2] مهندسی صنایع و کارشناس تحلیل آماری،شرکت طراحی ومهندسی ،تهران،ایران.

[3] گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران،ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۶/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: تالاب انزلی یکی از مهم ترین تالاب های بین المللی است که در ساحل جنوبی دریای خزر واقع شده است. این تالاب زیستگاه ماهیان، آبزیان و پرندگان با ارزشی است که از ابعاد اکولوژیک و اقتصادی درخور توجه‌اند. در نتیجه روند افزایشی صنعتی شدن مناطق اطراف تالاب ها، نگرانی های ناشی از اثرگذاری فعالیت های انسانی بر بقا این اکوسیستم‌های ارزشمند را افزایش می دهد. در نتیجه این بررسی با هدف سنجش آلودگی برخی از فلزات سنگین در آب تالاب و تخمین خطر بالقوه ناشی از فلزات بر حیات تالاب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: نمونه های آب از سه بخش شرقی، غربی و مرکزی تالاب جمع آوری شدند. نمونه های جمع آوری شده در ظروف پلی‌اتیلنی ریخته شد، سپس pH نمونه‌ها را با اسید نیتریک به زیر ۲ رسانده شد و به آزمایشگاه انتقال داده شده و در دمای ٤ درجه سانتی گراد تا انجام آزمایش های نهایی نگه داری شدند. برای آنالیز نمونه‌ها از دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیکی ساخت شرکت GBC از استرالیا مدل SensAA استفاده شد. تحلیل آماری به وسیله نرم افزار۱۹ SPSS انجام شد.

یافته‌ها: نتایج حاکی از این است که بیشترین غلظت تمامی فلزات مورد بررسی در منطقه شرقی تالاب مشاهده گردید. میانگین غلظت فلزات سنگین در آب تالاب به ترتیب برای کادمیوم ٤/٩٤٣، سرب ۹/۹۲٤، جیوه ۸۲/٤ میکرو گرم بر لیتر و فلز روی ۰/۱۱۵، مس ۰/۰۳میلی گرم بر لیتر در منطقه شرق تالاب، به دست آمد. دراین بررسی ترتیب غلظت فلزات مورد بررسی در نمونه‌های آب در هر سه منطقه به صورت Zn >Hg> Cu >Pb >Cd گزارش گردید. مقایسه بین میزان غلظت فلزات سرب،کادمیوم ،مس وروی مورد مطالعه با استانداردهای بهداشت جهانی(WHO) نشان داد که این مقادیر از سطح استاندارد کمتر بود در حالیکه غلظت فلز جیوه در آب این تالاب در سطح احتمال ۹۹ درصد (P<۰/۰۰۱) از حد استاندارد بیش‌تر بود. همچنین غلظت تمامی عناصر مورد بررسی در آب تالاب انزلی در محدوده عدم خطر بالقوه و یا خطر بالقوه اندک در هر دو وضعیت حاد و مزمن می‌باشد.

نتیجه‌گیری: گزارش غلظت بالای فلزات در بخش شرقی، بیانگر این است که بیشترین آلودگی در بخش شرقی تالاب وجود دارد و این ناحیه متاثر از فعالیت‌های متنوع انسانی است. همچنین مقایسه نتایج حاضر با نتایج پیشین بیانگر یک روند افزایشی می‌باشد و چنانچه تدابیر خاصی از سوی سازمان‌های مربوطه اتخاذ نشود در آینده‌ای نه چندان دور شاهد نابودی این تالاب ارزشمند خواهیم بود.

کلمات کلیدی:آلودگی، فلزات سنگین، آب، خطربالقوه

***نویسنده مسئول:** کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران،ایران
ایمیل:m_khosravi2177@yahoo.com - شماره تماس ;۰۹۳۶۲۱۹۵۴۳۷

مقدمه

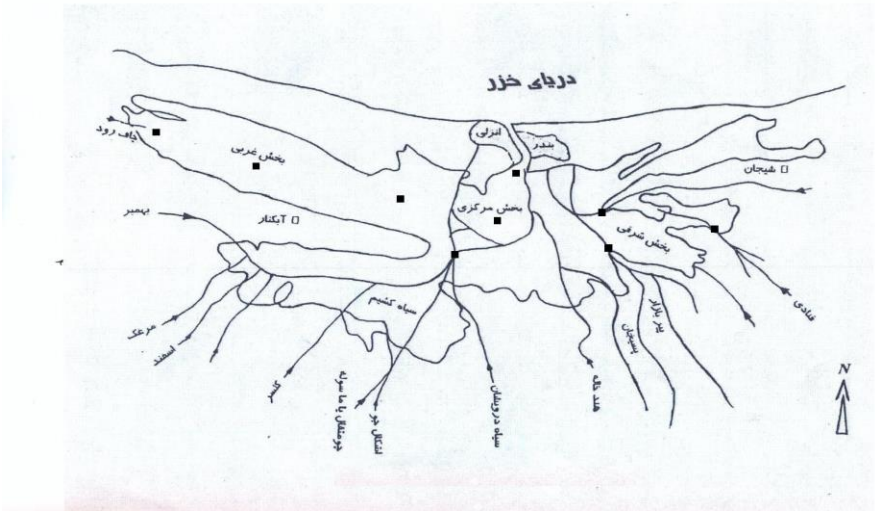
آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین یکی از مسائل و تهدیدات انسانی و محیطی اجتناب ناپذیری است که جوامع بشری با آن رو به رو است. اگرچه به طور طبیعی حضور برخی از فلزات به منظور انجام فعالیت های بیولوژیکی موجودات زنده ضروری هستند اما انتشار آلاینده ها از منابع مختلف منجر به افزایش غلظت عناصر در سطوح خطرناک در محیط زیست برای موجودات زنده شده است[1].آلودگی آب به وسیله فلزات سنگین هم از لحاظ سیکل ژئوشیمیایی و هم سلامت محیط زیست دارای اهمیت می‌باشد. فلزات سنگین را به دو دسته ضروری و نیمه ضروری(Zn, Cu, Ni)که به عنوان نیاز غذایی موجودات است و غیرضروری(Hg, Pb, Cd) که برای موجودات سمی است تقسیم بندی می‌کنند[2]. امروزه آلودگی فلزات سنگین به دلیل سمیت، پایداری، توزیع گسترده و تجزیه ناپذیری زیستی در زنجیره غذایی، به عنوان تهدیدکننده بوم سازگان‌های آبی از اهمیت مطالعاتی زیادی برخوداراست[3] . تالاب‌ها بوم سازگان آبی هستند که دارای ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی، علمی، تفریحی و تفرجی می‌باشند و به عنوان بهبود دهنده کیفیت محیط زیست، زیستگاه جانوران و گیاهان آبزی بوده و حافظ یک سوم گونه‌های جانوری در معرض تهدید و انقراض در جهان می‌باشند[4]. این عناصر هم در منابع طبیعی (هوازدگی سنگهای معدنی و نشت از خاک) و هم در منابع انسان ساخت(خروجی صنایع، فاضلابهای شهری، زغال سنگ و اتمسفر) وجود دارند[5]. تجمع بالای فلزات سنگین در آب می‌تولند منجر به تغییرات اکولوژی جدی شود. تالاب انزلی نیز تحت تاثیر افزایش جمعیت و صنعتی شدن شهرهای حاشیه خود قرار گرفته و موقعیت نگران کننده‌ای از لحاظ میزان آلاینده پیدا نموده است. آلودگی‌های انسانی و غیر انسانی وارد شده به اکوسیستم‌های آبی نهایتا منجر به افزایش میزان آلاینده‌های آلی و معدنی و مخصوصا فلزات سنگین در آب و رسوبات به تبع آن دربدن آبزیان، پرندگان و سایر موجودات کنار آبزی نیز تجمع یافته است. در نهایت آلودگی فلزات سنگین، علاوه بر پیامدهای اقتصادی، به واسطه خصوصیاتی از قبیل سمیت، پایداری و بزرگنمایی زیستی سبب تهدید سلامت موجودات به خصوص موجودات واقع در بخش‌های بالایی زنجیره غذایی و انسان‌ها باشد. تالاب انزلی نیز از این قاعده مستثنی نبوده و بدلیل عدم وجود سیستم تصفیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و همچنین ورود مستقیم پساب‌های کشاورزی حاوی کودها و سموم کشاورزی، در معرض خطر بوده و میزان تجمع آلاینده‌های مختلف در آب، می‌تواند بالا باشد. لذا، از یک سو، عناصر سنگین و سمی، تهدید جدی برای حیات تالاب به حساب می‌آید و از سوی دیگر مواد مغذی ورودی به تالاب باعث رویش بیش از حد گیاهان آبزی شده و مشکل یوترفیکاسیون را ایجاد نموده‌اند[6و7]. در زمینه بررسی آلودگی فلزات سنگین تالاب انزلی پژوهش‌های زیادی در سال‌های پیشین انجام شده که بیانگر اهمیت موضوع می‌باشد، از جمله در سال ۱۳۷۲ ، نوروز اصل در مورد تاثیرات فلزات سنگین در آبهای تالاب انزلی تحقیق نمود .نتایج به دست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که مقادیر فلزات نامبرده در کناره‌های تالاب به دلیل نزدیکی آن به ساحل و تماس مداوم این قسمت با خاک و رسوب کناری، بیشتر از مقادیر این فلزات در سطح آب و مرکز تالاب می‌باشد .همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهند که مقادیر فلزات از سطح به طرف عمق آب به دلیل ته نشینی افزایش می‌یابند[8]. اشجع اردلان و همکاران در سال‌های ۱۳۸۳و۱۳۸٤ میزان عناصر سنگین روی، مس، کادمیوم،سرب و جیوه را در آب، رسوب و اندام دوکفه ای Anodonta cygnea مورد سنجش قرار دادند میزان غلظت فلزات سنگین در آب نشان داد که عنصر روی به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۰۰۵ میلی گرم در لیتر می‌باشد و غلظت سایر فلزات در اکثر مواقع از حد تشخیص دستگاه کمتر بوده است[9]. وصالی ناصح و همکاران در سال ۱۳۹۱ به تحلیل ارتباط بین میزان فلزات

سنگین در نمونه های آب و رسوب تالاب انزلی پرداختند، یافته های حاصل از روش تحلیل همبستگی کانونیک (Canonical correlation analysisیاCCA) بیانگر وجود ارتباط قوی بین دو دسته میزان عناصر در آب و رسوب بود[۱۰]. اکثر پژوهش های انجام شده در این تالاب در نمونه‌های رسوب و انواع گونه‌های جانوری و گیاهی متمرکز است و در خصوص نمونه آب این تالاب ارزشمند پژوهش‌های کمتری به عمل آمده، در حالی که با توجه به اهمیت ارزش این تالاب و وضعیت فعلی آن پایش‌های متوالی از لحاظ سنجش درجه آلودگی تالاب ارزشمند می‌باشد. همچنین از جمله مزایای سنجش آلودگی فلزات سنگین در نمونه آب می‌توان به کم هزینه بودن و در دسترس بودن نمونه برداری اشاره نمود تا از این طریق بتوان با کمترین آسیب وارده به این منطقه پایشی منظم از وضعیت تالاب را به عمل آورد. بنابراین انجام این بررسی از این نظر حائز اهمیت باشد تا علاوه بر تعیین میزان تاثیر فعالیت‌های انسانی بر بار آلودگی این منطقه، داده‌هایی ارائه دهد که سایر محققین درآینده بتوانند مبتنی بر آن نحوه روند تغییر آلودگی تالاب انزلی را درآینده گزارش دهند، و این خود می تواند به مسئولین مربوطه در شناسایی به موقع نقاط تهدیدکننده حیات تالاب و کنترل نمودن آنها کمک شایانی نماید. در همین راستادر این بررسی جهت مشخص نمودن خطر بالقوه ناشی از فلزات سنگین موجود در آب بر حیات اکوسیستم تالاب انزلی در شرایط حاد و مزمن از معیار آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا(EPA US)در سال ۲۰۱۱و۱۹۹۶ استفاده شد.

روش مطالعه

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه برداری

تالاب انزلی جزء ۲۲ تالاب بین‌المللی ایران است که تحت پوشش کنوانسیون رامسر قرار دارد. این تالاب از مهم‌ترین زایشگاه‌های جنوبی دریای خزر و بزرگترین حوضه آب شیرین در جنوب دریای خزر محسوب می‌گردد که در محدوده ۳۷ درجه ۲۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ٤۹ درجه ۱۵ دقیقه تا ٤۰ درجه ٤۹ دقیقه طول شرقی در جنوب استان گیلان واقع شده است[۱۱]. تنوع گونه‌های جانوری شامل آبزیان، پرندگان، خزندگان، دوزیستان و پستانداران حاشیه تالاب نشانه اهمیت تالاب انزلی است. در بهار ۱۳۹٦ پس از بررسی کامل منطقه مورد مطالعه از روی نقشه‌های موجود محل‌های مناسب نمونه‌برداری در سه بخش تالاب انزلی انتخاب شد.در این بررسی تعیین حجم نمونه بر اساس روش مرور ادبیات انتخاب شده است. در این روش حجم نمونه با بررسی مطالعات گذشته ای که روش تحقیق مشابه روش کار مطالعه حاضر را به کار گرفته اند و همان متغیرهایی را مورد سنجش قرار داده‌اند که مدنظر بررسی موجود می‌باشد تعیین شده است. در واقع محل‌های نمونه بردای با استفاده از GPS (سامانه موقعیت یاب جهانی) به گونه ای انتخاب شدند که ایستگاه‌های انتخابی بتوانند به طور همگنی مساحت این تالاب را پوشش دهند. به همین منظور در ابتدا هر بخش از تالاب (غرب، مرکز و شرق) را با استفاده GPS به سه قسمت مساوی تقسیم شد و در هرمنطقه سه ایستگاه مشخص شد و در هر ایستگاه سه تکرار را انجام شد. ابتدا از هر ایستگاه ۳ نمونه آب را برداشته شد و در ظروف پلی‌اتیلنی ریخته شد، سپس pH نمونه‌ها را با اسید نیتریک به زیر ۲ رسانده شد و به آزمایشگاه انتقال داده شده و در دمای ٤ درجه سانتی گراد تا انجام آزمایشات نهایی نگه داری شدند[۱۲]. در شکل ۱ موقعیت رودخانه‌های ورودی به تالاب و ایستگاه‌های نمونه‌برداری ارائه شده است.



شکل ۱: عمده رودخانه های ورودی به تالاب انزلی و محل نمونه‌برداری در تالاب آماده سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها بعد از قرار گرفتن در بطری‌های پلی اتیلنی طبق روش ASTM method در داخل یخ به آزمایشگاه منتقل شدن[۱۳،۱۴] ، سپس نمونه‌ها را با استفاده از کاغذ صافی با منافذ ۰/۵ میکرونی صاف شدند. سپس ۲۵ میلی‌لیتر از هر نمونه را برداشته شد و به هریک ۵ میلی‌لیتر اسید نتیریک غلیظ اضافه شد و به مدت نیم الی یک ساعت در حمام آبی با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از سرد شدن به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد، برای آنالیز نمونه ها از دستگاه طیف سنجی جذب اتمی مجهز به کوره گرافیکی GBC مدل SensAA استفاده شد.ضمناً برای هر گروه از نمونه‌ها، یک نمونه شاهد تهیه و همراه با دیگر نمونه‌ها اندازه‌گیری شد[۱۵]. برای محاسبه حد تشخیص (LOD) هر یک از عناصر، جذب ده اندازه‌گیری تکراری نمونه بلانک توسط دستگاه قرائت شد. سپس انحراف معیار جذب محاسبه و بر اساس رابطه شماره ۱ حد تشخیص برای هریک از عناصر محاسبه گردید. مقادیر محاسبه شده برای حد تشخیص در جدول ۱ گزارش شده‌است. درصد بازیابی برای هر یک از عناصر از طریق اضافه کردن مقدار مشخصی از عناصر فلزی به نمونه‌های آب تعیین شد. در این‌جا یک نمونه از آب را ۱۰ قسمت ۲۵ میلی‌متری تقسیم شد و پنج قسمت دیگر از آن طبق روش‌های ذکر شده هضم و عناصر موجود در آن اندازه‌گیری شدند، پنج قسمت دیگر از آن مقادیر مشخصی از یون‌های فلزی در آن اضافه شده و به دنبال آن هضم و اندازه‌گیری شدند، و در نهایت با استفاده از رابطه شماره ۲درصدهای بازیابی هر یک از عناصر محاسبه شدند که مقادیر آن در جدول ۱ آورده شده است. همچنین در این مطالعه نیز با استفاده از رابطه شماره ۳ درصد خطای نسبی (RSD) هر یک از عناصر محاسبه شدند که مقادیر آن در جدول ۱ آورده شده است.

$$LOD = \frac{3SD_{blank}}{m}$$ رابطه (۱)

SDblank: انحراف معیار محلول شاهد

m: شیب خط منحنی درجه بندی

$$\text{بازیابی درصد} = \frac{\text{شده اسپاتیک نمونه در شده اندازه‌گیری فلز مقدرا}}{\text{نمونه به شده اضافه فلز مقدار + نمونه در شده اندازه‌گیری فلز مقدار}}$$ رابطه (۲)

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{\text{انحراف معیار}}{\text{میانگین}} 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

جدول ۱: حد تشخیص، درصد بازیابی، شرایط لامپ و طول موج هریک از عناصر

عنصر	طول موج(nm)	حد تشخیص (µg/l)	درصد بازیابی	درصد خطای نسبی
Cd	۲۲۸/۸	۰/۰٦۱	۹۵	۲/٤۱٦
Pb	۲۸۳/۳	۰/۵	۹۸	٦/۱۲۰
Hg	۲۵٤	۰/۰۱	۱۰۵	٦/۱٦٦
Zn	۲۱۳/۹	۱۷/۹٤	۹۸	٤/۷۳
CU	**۳۲٤/۸**	**۸/۵۱**	**۱۰۸**	**۷/۸۹**

جدول۲: طبقه بندی میزان خطر بالقوه در ارزیابی اکولوژیک ناشی از فلزات از فاز آبی در پذیرنده ها

محدوده ارزش خارج قسمت خطر HQ	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<	٤	خطر بینهایت برای پذیرندهHigh hazard

تجزیه وتحلیل آماری داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۹ انجام شد. در بررسی حاضر از آزمون‌های Shapiro-Wilk و Kolmogrov-Smirnov ، آزمون‌های دانکن (برای واریانس همگن) و دانت تی سه (واریانس غیر همگن) ، آزمون کروسکال والیس، آزمون من ویت نی یو و آزمون One - Sample T Test استفاده گردید.

تخمین خطر ناشی از فلزات سنگین برحیات اکوسیستم تالابی

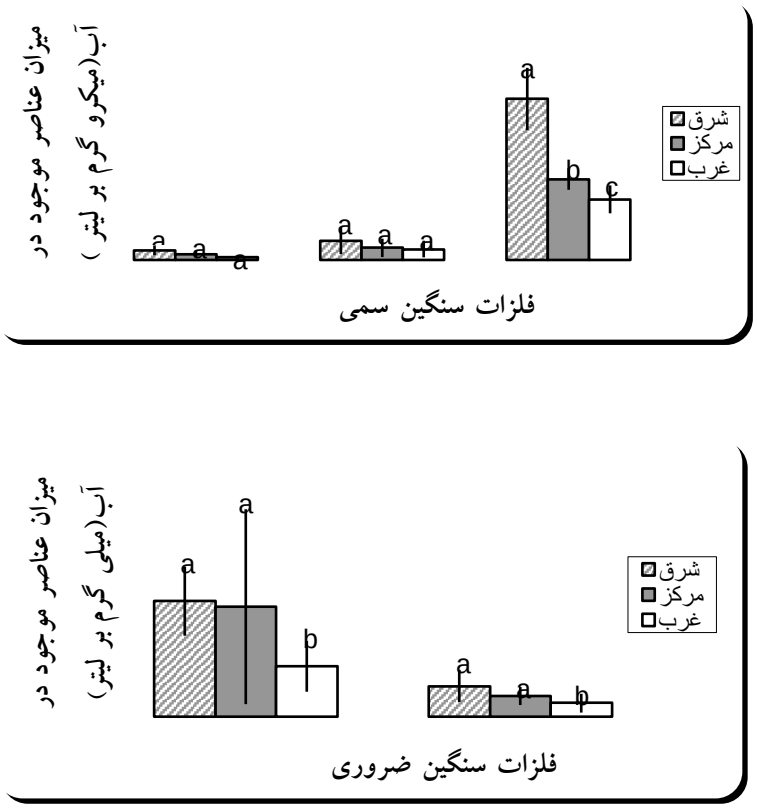
در مطالعه حاضر به منظور تعیین خطر بالقوه ناشی از فلزات سنگین موجود در آب بر حیات اکوسیستم تالاب انزلی در شرایط حاد و مزمن از معیار آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا(EPA US)در سال ۲۰۱۱و۱۹۹٦ استفاده شد . در این مرحله غلظت فلزات به دست آمده در نمونه آب بر معیار پایه که در دستورالعمل ارزیابی تجمع توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکاه بیان شده است به کار گرفته شد. در جدول ۲ معیار طبقه بندی موجود در آژانس برای توصیف نسبت خطر ناشی از فلزات سنگین فاز آبی برای حیات اکوسیستم ارائه شده است [۱٦و۱۷].

یافته‌ها

در این بررسی غلظت فلزات سنگین سمی کادمیوم، سرب، جیوه و فلزات سنگین ضروری مس و روی در نمونه‌های آب، سه منطقه شرقی، مرکزی و غربی تالاب انزلی مورد سنجش قرار گرفته شد. جهت مقایسه مقادیر به دست آمده برای فلزات مورد بررسی در نمونه‌های آب سه منطقه شرق، مرکز و

غرب تالاب و مطالعه این مقادیر با مقادیر اســـتانداردهای جهانی، آزمون‌های آماری زیر مورد اســـتفاده قرار گرفت. ابتدا برای پی بردن به نرمال بودن داده‌ها آزمون Shapiro - Wilk و Kolmogrov-Smirnov انجام شـد. نتایج این آزمون‌ها نشـان داد که برخی از داده‌ها نرمال و برخی غیرنرمال هســـتند. برای داده‌هایی که حالت نرمال داشـــتند آزمون‌های پارامتریک انجام شـد که نتایج حاصـله از این آزمون‌ها در جدول۳ آورده شـده است.

بعد از اینکه آنالیز یک طرفه برای فلزات سنگین ذکر شده در جدول ۳ انجام گرفت با توجه به همگن یا غیر همگن بودن واریانس‌ها آزمون‌های دانکن (برای واریانس همگن) و دانت تی ســـه (واریانس غیر همگن) انجام گرفت. از آنجایی واریـانس فلز جیوه در نمونـه‌هـای آب غیرهمگن بود آزمون دانت تی سه برای بررسی اختلاف میانگین بین دو گروه انجام شـــد که نتایج حاصـــله نشـــان داد که غلظت این فلز برای نمونـه‌هـای آب در ســـه منطقـه بـا هم اختلاف معنی‌داری ($p<0.001$) دارد (نمودار۱). چنانچه نتایج آزمون‌های آماری و نمودار۱ نشان می‌دهند غلظت فلزات سمی سرب و کامیوم در ســه منطقه (علی رغم زیاد بودن آنها در منطقه شـــرقی تالاب انزلی) از نظر آماری معنادار نبود.



نمودار۱: نمودارهای متوسط میزان فلزات سنگین در نمونه‌های آب در سه بخش تالاب انزلی

جدول ۳: نتایج آنالیز واریانس یک طرفه میزان فلزات سنگین در آب سه بخش مورد مطالعه

عنصر	منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری	همگنی واریانس
جیوه	بین گروه‌ها	۱۳۲۸۳/۲۱	۲	۶۶۴۱/۶۰	۵۹/۱۶۵	۰/۰۰۰**	غیر همگن
	داخل گروه‌ها	۲۶۹۴/۱۴	۲۴	۱۱۲/۲۵			
	کل	۱۵۹۷۷/۳۶	۲۶				
سرب	بین گروه‌ها	۱۲۱/۲۳۴	۲	۶۰/۶۱۷	۲/۰۶۴	۰/۱۴۵	همگن
	داخل گروه‌ها	۸۵۱/۵۷۲	۲۹	۲۹/۳۶۵			
	کل	**۹۷۲/۸۰۶**	**۳۱**				

** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ ٪

جدول ٤: نتایج آزمون‌های غیر پارامتریک میزان فلزات سنگین در آب سه بخش مورد مطالعه

نمونه	عنصر	نتایج آزمون کروسکال والیس			نتایج آزمون من ویت نی یو		
		Chi-Square	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	سطح‌معنی‌داری a, b	سطح‌معنی‌داری a, c	**سطح‌معنی‌داری b, c**
آب	Cd	۱/۰۵۵	۲	۰/۵۹۰			
	Zn	۹/۸۰۳	۲	۰/۰۰۷	۰/۵۵۲	۰/۰۰۰	**۰/۳٤۵**
	Cu	**۹/۹۳۲**	**۲**	**۰/۰۰۷**	**۰/۰۸۰**	**۰/۰۰۳**	**۰/۰٦۹**

aنمونه‌های آب بخش شرقی bنمونه‌های آب بخش مرکزی c نمونه‌های آب بخش غربی

جدول ۵: مقایسه غلظت عناصر مورد بررسی در نمونه آب تالاب انزلی با سایر مناطق

		جیوه(میکرو گرم بر لیتر)	کادمیوم(میکروگرم بر لیتر)	سرب(میکرو گرم بر لیتر)	روی(میلی گرم بر لیتر)	مس(میلی گرم بر لیتر)	منبع
مطالعه	شرق	۸۲/٤۳۲	٤/۹٤۳	۹/۹۲٤	۰/۱۱۵	۰/۰۳	
حاضر	مرکز	٤۱/٤۷۵	۳/۰۸۳	٦/۱۸۹	۰/۱۱	۰/۰۲	
حاضر	غرب	۳۱/۰۳۸	۱/۲٦۵	۵/٦۰٦	۰/۰۵	۰/۰۱۳	
تالاب انزلی ۱۳۸٤		N.d	n.d	n.d	۰/۱۱	۰/۰۰۹	۹
تالاب گمیشان ۸۷		–	۱۰۱/۲۸	۱٦۰/۲٦	۰/۰۵۸	–	۱۸
حوزه جنوبی دریا خزر		–	۰/٦۸	۱/٦٤	۰/۱۱	۰/۰۱	۱۹
تالاب آلماگل		–	n.d	n.d	۰/۰۷٦	۰/۰۰۳٦	۲۰
سیرسا/هند		-	۲/٦	۱۷/۹	–	۲۷	۲۱
Harun Abdullah و همکاران (۲۰۰۷)		–	٦	۱۰۰	۰/۰٤۳	۰/۰٤۲	۲۲

برای داده‌هایی که حالت غیرنرمال داشـتند آزمون‌های غیر پارامتریک انجام شـد که نتایج حاصـله از این آزمون‌ها در جدول ٤ آورده شده است.

غلظت دو فلز روی و مس در دو منطقه شـرقی و مرکزی تالاب با هم اختلاف معنی داری نداشت، در حالی غلظت این دو فلز در دو منطقه شـرقی و مرکزی تالاب با منطقه غربی اختلاف معنی داری را نشـان می‌دهد. در تمامی فلزات مورد بررسی بیشترین غلظت به دست آمده مربوط به بخش شرقی تالاب، نواحی نزدیک به شـهر بندر انزلی و محل ورودی های مختلف به تالاب می‌باشد، منطقه مرکزی و غربی تالاب بعد از منطقه شـرقی تالاب در رده دوم و سـوم قرار گرفته‌اند (شـکل ۲). در جدول ۵ میانگین فلزات مورد بررسـی در تالاب انزلی در مقایسه با سایر تحقیقات آورده شده است.

جدول۶: نتایج تخمین خطر بالقوه ناشـی از فلزات در فاز آبی برای حفظ حیات تالاب انزلی در شـرایط حاد ومزمن با اسـتناد به معیار سـازمان حفاظت محیط زیست آمریکا

آلاینده	غلظت در آب(میکرو گرم بر لیتر)	معیار پایه (میکرو گرم بر لیتر) معیار حاد	معیار پایه (میکرو گرم بر لیتر) معیار مزمن	خارج قسمت خطر (حاد)	خارج قسمت خطر (مزمن)	توصیف خطر حاد	توصیف خطر مزمن
دمیوم	٤/٩٤٣	٣/٩	١/١	١/٢٦٧	٤/٤٩٣	خطربالقوه به میزان اندک برای پذیرنده Lowhazard	خطر بالقوه به میزان اندک برای پذیرنده Low hazard
وه	٨٢/٤	١٤٠٠	٧٧٠	٠/٠٥٨	١/٠٧	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده No hazard	خطر بالقوه به میزان اندک برای پذیرنده Low hazard
ب	٩/٩٢٤	٨٢	٣/٢	٠/١٢١	٣/١٠١	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده No hazard	خطر بالقوه به میزان اندک برای پذیرنده Low hazard
ی	١١٥	١٢٠	١١٠	٠/٩٥٨	١/٠٤٥	عدم خطر بالقوه برای پذیرنده No hazard	خطر بالقوه به میزان اندک برای پذیرنده Low hazard
س	٣٠	١٨	١٢	١/٦٦	٢/٥	خطربالقوه به میزان اندک برای پذیرنده Lowhazard	خطر بالقوه به میزان اندک برای پذیرنده Low hazard

جدول ۷: نتایج آزمون مقایسه غلظت عناصر در نمونه آب با سطح استاندارد بهداشت جهانی

فلز	استاندارد کیفی آب WHO (µg/l)	P
سرب	٥٠	کمتر از حد استاندارد ٠/٠٠٠
کادمیوم	٥	کمتر از حد استاندارد ٠/٠٦٧
جیوه	٢	بیش از حد استاندارد ٠/٠٠٠
مس	١٠٠	کمتر از حد استاندارد ٠/٠٠٠
روی	٥٠٠٠	کمتر از حد استاندارد ٠/٠٠٠

بحث

با توجه به فعالیت‌های مختلف انسانی و توسعه و استقرار صنایع مختلف در محدوده بخش شرقی تالاب، می‌توان منبع اصلی آلودگی و عوامل موثر بر افزایش فلزات مورد بررسی را بدلیل ورود غیر مستقیم فاضلاب‌های شهری و صنعتی به رودخانه‌ها و نهایتا به بخش شرقی تالاب دانست. سایر مطالعات نیز حضور مقادیر بالای انواع مختلفی از آلاینده ها را در این ناحیه از تالاب گزارش داده اند[۶و۷]. بررسی غلظت فلزات سنگین در منطقه غربی تالاب که نسبت به منطقه شرقی، فاصله بیشتری با اجتماعات انسانی و صنعتی دارد نشان می‌دهد که مقادیر تعیین شده تمامی عناصر مورد مطالعه بسیار کمتر از نواحی مرکزی و شرقی است. در این بررسی غلظت فلز جیوه در این تالاب قابل توجه بوده، که این آلودگی می‌تولند در نتیجه حضور صنایعی از قبیل رنگ، چوب و کاغذ، نساجی، فلزی، الکتریکی و غیره باشد. در تحلیل اطلاعات جدول ۵ می‌توان بیان نمود که در مقایسه غلظت فلزات مورد بررسی در مطالعه حاضر با سایر پژوهش‌ها غلظت عناصر در این تالاب در حال افزایش است [۹] . همچنین وضعیت تالاب انزلی نسبت به تالاب گمیشان[۱۸] بهتر بوده اما نسبت به تالاب آلاگل آلوده‌تر می‌باشد[۲۰]. در مطالعه حاضر ترتیب غلظت فلزات مورد بررسی در نمونه‌های آب در هر سه منطقه به صورت Zn >Hg> Cu > Pb > Cd گزارش گردید، و فلز روی چون در پوسته زمین زیاد بوده و از حلالیت نسبتا خوبی برخوردار است، در نتیجه میزان آن نسبت به سایر عناصر بیش‌تر گزارش شده است. ظفرزاده وهمکاران (۲۰۱۸) دربررسی که از آلودگی فلزات سنگین در آب تالاب آلماگل استان گلستان انجام داده‌اند ترتیب فلزات به صورت Zn > Cu > Pb > Cd گزارش شده که با تحقیق حاضر همخوانی دارد[۲۰].Zhaoyong و همکاران (۲۰۱۵)در بررسی آلودگی فلزات سنگین در آبهای سطحی کوه‌های تیانشان در شمال غربی چین ترتیب فلزات را بدین گونه Zn > Mn > Cu > Co > Ni > Pb > Cr > As > Hg > Cd گزارش نمودند در این بررسی نیز فلز روی بیشترین و فلز کادمیوم کمترین غلظت را به خود اختصاص داده است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد[۲۳].Gupta و Rai (۲۰۰۹) ترتیب غلظت فلزات را در نمونه‌های آب به صورت Pb > Zn > Cu > Cr > Cd بیان نمودند در این بررسی نیز فلز روی بیش‌ترین و فلز کادمیوم کم‌ترین غلظت را داشت [۲۴]. Canbek و همکارانش ترتیب عناصر سنگین را در آب را به ترتیب Zn > Mn > Fe> Ni>Pb> Cd> Cu> Cr گزارش کردند [۲۵].

Perezو همکاران (۱۹۹۹) تجمع فلزات در نمونه آب را به صورت Hg > Cr > Pb گزارش نمودند[۲۶]. همانگونه که در نتایج مشاهده می‌شود ترتیب غلظت فلزات به گونه‌ای است که می‌توان گفت فلزات سمی غلظت کمتری دارند، اما در این بررسی نیز غلظت کادمیوم و سرب کمتر بوده در حالی جیوه علی‌رغم سمی بودنش در رده دوم قرار گرفت، که این می‌تواند بیانگر تاثیر پذیری تالاب از منابع آلاینده اطراف تالاب باشد..

همچنین مقایسه ای 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 (جدول ٦). برطبق این نتایج غلظت تمامی عناصر موجود در آب تالاب انزلی در محدوده عدم خطر بالقوه و یا خطر بالقوه اندک در هردو وضعیت حاد و مزمن می‌باشد. جهت مقایسه غلظت عناصر مذکور با غلظت‌های استاندارد سازمان بهداشت جهانی از آزمون آماری One - Sample T Test استفاده شد، نتایج این آزمون نشان داد که فلزات سرب، روی و مس در سطح احتمال۹۹ درصد با غلظت استانداردسازمان بهداشت جهانی برای آب تفاوت معنی‌داری داشته و از این استاندارد کمتر بودند در حالی که غلظت فلز کادمیوم با وجود اینکه نسبت به استاندارد کمتر بود اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود[۲۷]. غلظت فلز جیوه در آب این تالاب در سطح احتمال ۰/۰۰۰ (۹۹

درصـد) از حد اسـتاندارد بیش‌تر بود (جدول ۷).اسـتاندارد سـازمان حفاظت محیط زیسـت آمریکا برای فلز جیوه در آب آشـامیدنی ۲۰۰ میکرو گرم بر لیتر بوده نتایج آزمون One - Sample T Test برای این استاندارد نشان داد که غلظت جیوه در آب تالاب انزلی در سطح احتمال ۹۹ درصد (P<۰/۰۰۱) اختلاف معنی‌داری داشـته و از این اسـتاندارد کمتر بود[۱۸و۲۸]. نتیجه مقایسه غلظت جیوه در آب با استاندارد آب آشامیدنی سازمان محیط زیست آمریکا با نتایجی که Gray and Hines (۲۰۰۹) به دسـت آوردند همخوانی داشـته، در بررسـی که توسط این محققین انجام گرفت نیز غلظت جیوه در آب کمتر از حد استاندارد آب آشامیدنی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا بود[۲۹]. تخلیه پسـاب صـنایع موجود در اطراف تالاب، مناطق مسـکونی، فعالیت‌های دامپروری و کشـاورزی از مهم‌ترین منابع برای این آلاینده‌ها محسوب می‌شوند.

نتیجه گیری

همانگونه که بیان شد هدف از این بررسی سنجش آلودگی فلزات سـنگین در آب تالاب انزلی بود. با انجام آزمایشـات و تجزیه وتحلیل آماری نتایج به این نتیجه رسـیدیم که در این تالاب آلودگی فلزات سنگین وجود داشته، هر چند که مقایسه با اسـتانداردهای بهداشـت جهانی نشـان داد که آلودگی این تالاب به فلزات سـنگین(به جز جیوه) کمتر از حد اسـتاندارد بوده، اما چنانچه این روند ادامه یابد در آینده‌ای نه چندان دور حیات این تالاب با ارزش به خطر نابودی خواهد افتاد. در خصـوص میزان آلودگی جیوه در آب تالاب انزلی بررسـی های دقیق‌تری از منابع آلوده کننده ورودی به این تالاب بیشتر مورد بررسـی قرار گیرد تا علاوه بر شـناسـایی منابع آلاینده جیوه، روند افزایشی آن کنترل و کاهش یابد. همچنین پیشنهاد می‌گردد مسـئولین دسـت اندر کار از جمله سـازمان حفاظت محیط زیسـت اسـتان گیلان و...با نظارت و کنترل کیفی منابع آب ورودی به این تالاب ، شـناسـایی منبع آلاینده، ارائه راه‌حل‌های مناسـب جهت کاهش و کنترل آنها از جمله استفاده محدودتر از محصـولات حاوی جیوه در این منطقه و جریمه کردن واحدهای آلوده کننده تالاب خطر آلودگی فلز سـمی جیوه در آب منطقه را کنترل نمایند. در این تالاب ما شـاهد یک روند تدریجی تغییرات مکانی آلودگی فلزات سنگین در نمونه‌ها بودیم به گونه‌ای که آلودگی فلزات سنگین در این تالاب از شـرق به غرب یک روند نزولی داشـت. این روند می‌تواند بیانگر تاثیر صـنایع بخش شـرقی تالاب بر آلودگی فلزات سنگین باشد. گسترش شهرها و افزایش روز افزون تراکم انسـانی در کرانه‌های تالاب انزلی، فقدان وجود سیستم تصفیه فاضلاب و سرازیر شدن فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی از شـهرهای اطراف به درون این تالاب، حیات تالاب انزلی و موجودات آن را به شـدت به خطر انداخته است و لزوم مطالعات دامنه دار آن ضروری است. در نهایت باید تمامی ارگان‌های مرتبط دولتی و غیر دولتی تلاش خود را جهت مدیریت بهینه تالاب انزلی انجام دهند و با یک برنامه‌ریزی منسجم و هدفمند معضلات این تالاب شناسایی گردد و در اولویت بندی جهت برطرف شـدن قرار گیرند و مطالعات دوره‌ای از وضـعیت این تالاب با پشـتوانه و جدیت بیشتری انجام گردد.

تشکر و قدردانی

نهایت تشکر و سپاس از همکاریهای صمیمانه جناب آقای دکتر نادر بهرامی فر و کارشـناس محترم آزمایشـگاه محیط زیسـت دانشـگاه تربیت مدرس جهت کمک‌های بی دریغشان می‌گردد.

References

1. Hatami-manesh M, Hedayatzadeh F, Mahmoodi N. Contamination, Toxicity and Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments of Coastal Areas of Bushehr Province: A Systematic Review Study. jehe. 2021; 8 (3) :271-291. [In Persian]
2. Choi K. Y, Kim S.K, and Chon H. T. Distributions and Accumulations of Heavy Metals in the Sediments of Harbors and Coastal Areas in Korea.Proceedings of the International Symposia on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2008), 4th IGCP 516, and 5th APSEG; ; November 24-26, 2008, Bangkok, Thailand.
3. Islam MS, Hossain MB, Matin A, Sarker MSI. Assessment of heavy metal pollution, distribution and source apportionment in the sediment from Feni River estuary, Bangladesh. J Chemosphere 2018; (202):25-32.
4. 4.hrozi B. The value of wetlands and the role of the Ramsar Convention in their protection. J Environment 1998;(2):24-43. [In Persian]
5. Ramos-Vázquez MA, Armstrong-Altrin JS, Rosales Hoz L, Machain-Castillo ML, Carranza-Edwards A. Geochemistry of deep-sea sediments in two cores retrieved at the mouth of the Coatzacoalcos River delta, western Gulf of Mexico, Mexico. J Arabian Journal of Geosciences 2017;10:148.
6. Hassanzadeh N, Sari AE, Khodabandeh S, Bahramifar N. Occurrence and distribution of two phthalate esters in the sediments of the Anzali wetlands on the coast of the Caspian Sea (Iran). J MarinePollution Bulletin 2014;89(1-2):128-35.
7. Zamani-Ahmadmahmoodi R, Esmaili-Sari A, Mohammadi J, Bakhtiari AR, Savabieasfahani M. Spatial distribution of cadmium and lead in the sediments of the western Anzali wetlands on the coast of the Caspian Sea (Iran). J Marine Pollution Bulletin 2013; 74(1):464-70.
8. Noroz asl ,R. Study of heavy metals in Anzali wetland by atomic absorption spectroscopy and chromatography. Thesis of MSc Chemical, Tarbiat Modares University;1993 . [In Persian]
9. Ashja Ardalan A, Khoshkhoo ZH, Rabbani M, Moini S. 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 (2004-2005). J Pajouhesh and Sazandegi 2007; 19(1): 103-13. [In Persian]
10. Vesali Naseh M R, Karbasi A, Ghazaban F,Baghvand A. Relationship between Heavy Metal Concentration in Water and Sediments in Anzali Wetland, Iran. J Health Syatem 3. 2012; 8 (1) :114-123. [In Persian]
11. Ahmadi M, Khanipour A. Measuring and comparing the concentrations of the heavy metals lead and chromium in the edible muscle tissue of Pike perch (Esox lucius) International Anzali Wetland. J Advanced Aquaculture Sciences2020; 3(3): 55-62. [In Persian]
12. Razo I, Carrizales L, Castro J, Díaz-Barriga F, Monroy M. Arsenic and heavy metal pollution of soil, water and sediments in a semi-arid climate mining area in Mexico. J Water, Air, and Soil Pollution 2004;152(1-4):129-52.
13. Kumar R, Rani M, Gupta H, Gupta B. Trace metal fractionation in water and sediments of an urban river stretch. J Chemical Speciation & Bioavailability 2014; (26):4, 200-209.
14. ASTM. 2000: Annual book of ASTM Standards ASTM, Vol. 11. 01, pp. D1971-95. D-4691-96.
15. Baldwin, D.R., Marshall, W. J. "Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. " Ann. Clin. Biochem, 1999;(36): 267-300.
16. Environmental Protection Agency U.S. Proposed testing guidelines. Federal Regist, 1996a ;61:16486 16488.
17. Environmental Protection Agency U.S. USEPA Regional Screening Level (RSL) Summary Table:November . 2011 Available from: http://www.epa.gov/regshwmd/risk/human/Index.htm
18. Nazari, H. Study of heavy metals (Cd, Cr, Zn, and Pb) in water and sediment from coastal waters of Golestan Province, Iran. J Utilization and Cultivation of Aquatics 2016; 5(1): 25-45. [In Persian]
19. Nasrollahzadeh Saravi H, Najafpour S, Rezaei M, Solaimaniroudi A. Temporal and spatial of heavy metals concentrations (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd and Hg) in Iraniancoastalwaters of the Southern Caspian Sea .J Of Marine Boilogy 2014; 6 (1) :1-12.[In Persian]
20. Zafarzadeh A, Bay A, Fakhri Y, Keramati H & Hosseini Pouya R. Heavy metal (Pb, Cu, Zn, and Cd) concentrations in the water and muscle of common carp (Cyprinus carpio) fish and associated non-carcinogenic risk assessment: Alagol wetland in the Golestan, Iran. J Toxin Reviews 2018;37 (2): 154-160.
21. Herojeet R, Rishi MS, Kishore N. Integrated approach of heavy metal pollution indices and complexity quantification using chemometric models in the Sirsa Basin, Nalagarh valley, Himachal Pradesh, India. J Chinese Journal of Geochemistry 2015;34(4):620-33.
22. Harun Abdullah M, Sidi J, Zaharin Aris A. Heavy Metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in Meretrix meretrix Roding,Water and Sediments from Estuaries in Sabah,

North Borneo. J International Journal of Environmental & Science Education 2007;(2): 69-74.

23. Zhaoyong Z, Abuduwaili J, & Fengqing J. Heavy metal contamination, sources, and pollution assessment of surface water in the Tianshan Mountains of China. J Environ Monit Assess 2015;187: 33.

24. Gupta A , Rai D K. Analysis of some heavy metals in the riverian water, sediments and fish from river Ganges at Allahabad. J Environ Monit Assess 2009;157:449

25. Canbek M, DemirT. A, Uyanoglu M, Bayramoglu G, Emirroglu O, Arslan N, Koyuncu O. Preliminary Assessment of Heavy Metals in Water and some Cyprinidae species from the Porsuk River, Turkey. J Applied Biological Sciences 2007; (3): 91-95.

26. Pe´rez A, Balca´zar M, Zarazu´a-Ortega G, Barcelo´ - Quintal I , D´az-Delgado C. Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir.J Sci. Total Environ1999; (234):185–196.

27. WHO. Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Part I Implications for policy Makers 1995; 255p.

28. Yousefi Z, Zafarzadeh A, Mohammadpour Tahamtan R, Shokrzadeh M, Babanezhad arimi E, Fouladian A et al . Contamination Assessment and Zoning of Heavy Metals in Water and Sediment of Alagol Wetland, Iran 2017 . J Mazandaran Univ Med Sci. 2019; 29 (177):180-194.[In Persian]

29. Gray JE , Hines ME. Biogeochemical mercury methylation in.uenced by reservoir eutrophication, Salmon Falls Creek Reservoir, Idaho. USA J Chemical Geology 2009; (258): 157–167.

Journal of Environmental Health Engineering, August;2020; Vol. 8, No4: 412-424

Measurement of Heavy Metal Pollution in Water and Estimation of Potential Metal Hazards on the Life of Anzali wetland in 2017

Khosravi Masoumeh[1]*, Attaran Ehsan [2] ,Bahramifar Nader[3]

[1]Master of Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
[2]Industrial Engineering and Statistical Analysis Expert, Design and Engineering Company, Tehran, Iran.
[3] Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Email:m_khosravi2177@yahoo.com

Received: 2 March 2021; Accepted: 20 September 2021

ABSTRACT

Background and Aim: Anzali Wetland is one of the most important international wetlands located on the southern shore of the Caspian Sea. This wetland is habitat to valuable fish, aquatic animals and birds that are of ecological and economic importance. As a result of the increasing industrialization of wetlands, concerns about the impact of human activities on the survival of these valuable ecosystems are increasing. As a result of this study, the aim is to measure the pollution of some heavy metals in the water of the wetland and to estimate the potential risk of metals on the life of the wetland.

Materials and Methods: Water samples were collected from three parts of east, west and center of the wetland. The collected samples were poured into polyethylene containers, then pH of the samples was lowered below 2 with nitric acid and transferred to the laboratory and kept at 4 ° C until the final tests. To analyze the samples, an atomic absorption spectroscopy device equipped with a graphic furnace made by GBC Company from Australia, Sens AA model was used. Statistical analysis was performed using SPSS 19 software

Results: The results indicate that the highest concentration of all studied metals was observed in the eastern part of the wetland. The mean concentrations of heavy metals in the wetland water were 4.943 for cadmium, 9.924 for lead, 82.4 µg / L for mercury and 0.115 for zinc and 0.03 mg / l for copper in the eastern part of the wetland, respectively. . In this study, the order of concentrations of the studied metals in water samples in all three regions was reported as Cu> Pb> Cd> Hg> Zn. Comparison between the concentrations of lead, cadmium, copper and zinc metals studied with world health standards (WHO) showed that these values were lower than the standard level while the concentration of mercury in the water of this wetland was 99% ($P < 0.001$).) Was higher than the standard. Also, the concentration of all studied elements in the water of Anzali wetland is in the range of no potential danger or low potential danger in both acute and chronic conditions.

Conclusion: The report of high concentration of metals in the eastern part indicates that the most pollution is in the eastern part of the wetland and this area is affected by various human activities. Also, the comparison of the present results with the previous results indicates an increasing trend, and unless special measures are taken by the relevant organizations, we will see the destruction of this valuable wetland in the not too distant future.

Keywords: Pollution, Heavy metals, Water, Potential hazard