doi: 10.22034/8.2.114

مجله بهداشت و توسعه **مقاله پژوهشی**

سال هشتم/شماره ۲/ تابستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۱ **تاریخ پذیرش:** ۹۷/۱۲/۷

ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی فلزات سنگین در تالاب بین‌المللی انزلی در بازه زمانی ۱۳۸۶-۱۳۹۳

مریم فلاح[۱]، احمدرضا پیرعلی زفره ئی[۲]، سید علی‌اکبر هدایتی[۳]

چکیده

مقدمه: امروزه منابع آبی تحت تأثیر عوامل مختلف از قبیل ورود مواد آلی، عوامل بیماری‌زا (باکتریایی و میکروبی)، موادمعدنی (ازجمله فلزات سنگین) قرار گرفته است. به همین دلیل نیاز به بررسی مداوم تغییرات مکانی و زمانی آلاینده‌های زیست‌محیطی از مهم‌ترین مؤلفه‌های مطالعات کیفی آب است.

روش‌ها: نمونه‌برداری از (سرب، نیکل، روی و کادمیوم) در آب تالاب از ۸ ایستگاه مختلف طی چهار فصل سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. بعد از انجام مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری عناصر براساس روش پیشنهاد شده در کتاب استاندارد متد استفاده شد.

نتایج: در بین ایستگاه‌ها بیشترین غلظت فلزات در ایستگاه پیر بازار اندازه‌گیری شد. غلظت این فلزات در فصل بهار و تابستان نسبت به بقیه فصل‌ها بیشتر بود. نتایج حاصل نشان داد که ترتیب غلظت فلزات در آب ایستگاه‌های مختلف در چهار فصل به ترتیب به‌صورت Pb>Zn>Cd>Ni بود. در کل غلظت فلزات نسبت به سال ۱۳۸۶ روند افزایشی نشان داد و بیشتر از استانداردهای موجود بود. میزان غلظت هریک از فلزات در ایستگاه‌های مختلف سال ۱۳۹۳ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P>0/05$)؛ اما با مدت‌زمان مشابه خود در سال ۱۳۸۶ اختلاف معنی‌دار را نشان داد ($P<0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: اتخاذ روش‌های مدیریتی مناسب جهت ارزیابی زیست‌محیطی جامع همراه با کنترل آلاینده‌هایی که منشأ انسانی دارند و کاهش بار آلی پساب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی، پایش‌های کیفی آب در طول سال و در نهایت بهسازی تالاب انزلی پیشنهاد می‌گردد.

واژگان کلیدی: تالاب انزلی، فلزات سنگین، سرب، نیکل، روی، کادمیوم

مقدمه

تالاب‌ها اکوسیستم‌های با ارزشی هستند که از کارکردهای متنوعی مانند حفاظت از تنوع زیستی، و ارزش‌های طبیعی، اقتصادی و اجتماعی متعدد برخوردار هستند. تالاب‌ها علاوه بر جنبه‌های تنوع زیستی، با کارکردهای مختلف خود، زندگی جوامع انسانی را نیز تا حد زیادی تحت تأثیر قرار داده اند (۱،۲). کنترل و کیفیت آب‌های سطحی یکی از موارد کلیدی در برنامه‌های حفاظت محیط‌زیست در بسیاری از کشورها است، امروزه بسیاری از رودخانه‌ها و تالاب‌ها به بستری جهت انتقال پساب‌ها و پسماندها تبدیل شده‌اند و منابع آلوده کننده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای بر کیفیت آن‌ها تأثیر می‌گذارند (۳،۴)؛ لذا تعیین مقادیر آلاینده‌ای زیست‌محیطی و بررسی اثر آن بر کیفیت آب‌های سطحی در انتخاب مناسب‌ترین فعالیت مدیریتی بسیار حائز اهمیت می‌باشد (۵).

۱-کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشجوی دکتری، گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار، گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

نویسنده‌ی مسئول: مریم فلاح **Email:** Maryam.fallah85@gmail.com

آدرس: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، گروه محیط زیست **تلفن:** ۰۹۳۳۴۴۰۹۵۸۳ **فاکس:** ۰۳۱۳۳۹۱۲۸۴۰

فلزات سنگین در نتیجه عمل هوازدگی سنگ‌ها و خاک‌ها، فعالیت‌های آتش‌فشانی و انسانی به اکوسیستم‌های آبی راه می‌یابند (۶). فلزات سنگین به علت اثرات سمّی، توان تجمع زیستی در گونه‌های مختلف آبزیان، تخریب ناپذیربودن و وارد شدن به زنجیره‌های غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند (۷،۸). بسیاری از فلزات به‌طور طبیعی از اجزاء متشکل اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند و حتی تعدادی از آن‌ها در بقاء موجودات زنده نقش حائز اهمیتی را ایفا می‌کنند (۹). بااین‌وجود چنانچه میزان این عناصر به دلایل گوناگونی از حدود معینی فراتر رود باعث به مخاطره افتادن حیات آبزیان می‌گردد؛ زیرا سریعاً سبب بر هم خوردن تعادل بوم‌شناختی شده و موجبات نابودی زیستی اکوسیستم را فراهم می‌سازد (۱۰،۱۱). آلودگی اکوسیستم‌های آبی به فلزات سنگین می‌تواند از طریق بررسی آب مورد تأیید قرار گیرد. تجمع بالای فلزات سنگین در آب می‌تواند منجر به تغییرات اکولوژی جدی شود (۱۲). در بحث آلودگی، فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند و با توجه به پتانسیل خطر و ایجاد آلودگی، فلزات سنگینی مانند آرسنیک، کادمیم، کروم، سرب و روی بیش از بقیه مخرب هستند (۱۳،۱۴). یکی از مهم‌ترین مسائل در هر اکوسیستم آبی حفظ شرایط زیستی آن جهت تداوم بقای موجودات زنده به وسیله جلوگیری از آلودگی است (۱۵). تالاب بین‌المللی انزلی از نظر آلودگی فلزات سنگین تاکنون مورد مطالعات فراوانی در مورد آب و رسوب قرار گرفته است (۲۴-۱۶).

زمانی هرگلانی و همکاران فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، نیکل، سرب، روی و آهن را در رسوبات ۱۶ ایستگاه تالاب انزلی در آذر ۱۳۸۹ موردبررسی قرار دادند، نتایج حاکی از آلودگی بالای آرسنیک و کادمیوم و آلودگی کم آهن و کروم در تالاب بود (۱۶). میرروشندل و عبدوس مقادیر (مس، سرب، نیکل، منگنز، روی، آهن، کروم، کبالت، کادمیوم، جیوه) را در ۲۴ ایستگاه از تالاب انزلی از زمستان ۱۳۸۹ طی ۶ فصل بررسی کردند (۱۸). مطالعه خسروی و همکاران در بررسی رسوبات سه بخش تالاب انزلی طی سال ۱۳۸۷ نشان داد که بیشترین غلظت در منطقه شرقی تالاب و ترتیب غلظت فلزات در رسوبات هر سه منطقه به‌صورت Zn >Cu>Hg >Cd> Pb می‌باشد (۲۳). بابایی و خداپرست مقادیر فلزات سنگین (Zn, Pb, Fe, Hg, Cu, Cd, Cr) و کل هیدروکربن نفتی را در سه ایستگاه خروجی تالاب بین‌المللی انزلی مورد مطالعه قرار دادند، نتایج نشان داد که ایستگاه‌های زیر پل شنبه بازار حداکثر غلظت فلزات سنگین مذکور و کل هیدروکربن نفتی را به خود اختصاص داده است (۲۴). خداپرست میزان کل هیدروکربن نفتی و فلزات سنگین را طی سال ۱۳۸۰ در مناطق مختلف تالاب انزلی موردبررسی قرار داد (۱۷). بابایی و همکاران گزارش کردند که غلظت عناصر آهن و سپس مس بیشترین مقدار را در رسوبات تالاب انزلی دارد و میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات قسمت شرق تالاب بیشتر از مناطق دیگر تالاب است (۲۰). مطالعه سرتاج و همکاران طی نمونه‌برداری رسوبات ۱۵ ایستگاه در تالاب انزلی نشان داد که بین فلزات سنگین، روی بیشترین مقدار را دارا است و همچنین منطقه شرق تالاب آلوده‌تر از غرب تالاب بود (۱۹). مطالعه پایدار و همکاران طی نمونه‌برداری آب و رسوبات در ۱۸ ایستگاه تالاب انزلی نشان داد که میزان فلزات سنگین بالاتر از استاندارد جهانی است و

منطقه شرق تالاب آلوده‌تر بود (۲۱). امینی رنجبر میزان تجمع فلزات سنگین را در رسوبات سطحی تالاب انزلی موردمطالعه قرار داد، نتایج حاصله نشان داد که میزان فلزات سنگین در ایستگاه‌ها و فصول مختلف تفاوت آماری معنی‌داری ندارند. همچنین مقادیر فلزات مزبور در نواحی ساحلی و به دنبال تماس با خاک و رسوب این بخش، بیشتر از مقادیر آن در سطح و مرکز تالاب است و مقادیر فلزات سنگین نیز از سطح به عمق به دلیل ته‌نشینی افزایش می‌یابد (۲۲). در کل اهداف این تحقیق شامل دو بخش، بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی مقادیر فلزات سنگین (سرب، نیکل، روی و کادمیوم) تالاب بین‌المللی انزلی در ۱۳۹۳ و مقایسه روند تغییرات آن با سال ۱۳۸۶ و استانداردهای موجود بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر یک مطالعه توصیفی- تحلیلی، مقطعی است. تالاب انزلی در شمال ایران، سواحل جنوبی دریای خزر، در استان گیلان و در شهرستان انزلی قرار دارد. تالاب انزلی در جنوب غرب دریای خزر و در استان گیلان در طول جغرافیایی شرقی "۲۰ و '۱۴ و°۴۹ تا "۴۵ و '۳۶ و°۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی شمالی "۳۰ و '۲۲ و°۳۷تا "۸ و '۳۲ و°۳۷ شمالی قرار گرفته است (۲۵) (شکل ۱). حوزه آبخیز تالاب انزلی بخش کوچکی از خط ساحلی جنوبی دریای خزر است. مساحت حوزه آب‌خیز تالاب انزلی ۳۶۱۰ کیلومتر مربع و در حدود ۲٪ حوزه آب خیز دریای خزر است. تالاب انزلی در سال ۱۳۵۴ در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر به ثبت رسید و همچنین سازمان بین‌المللی حیات پرندگان، این تالاب را به‌عنوان زیستگاه با اهمیت برای پرندگان تشخیص داده است (۲۶).

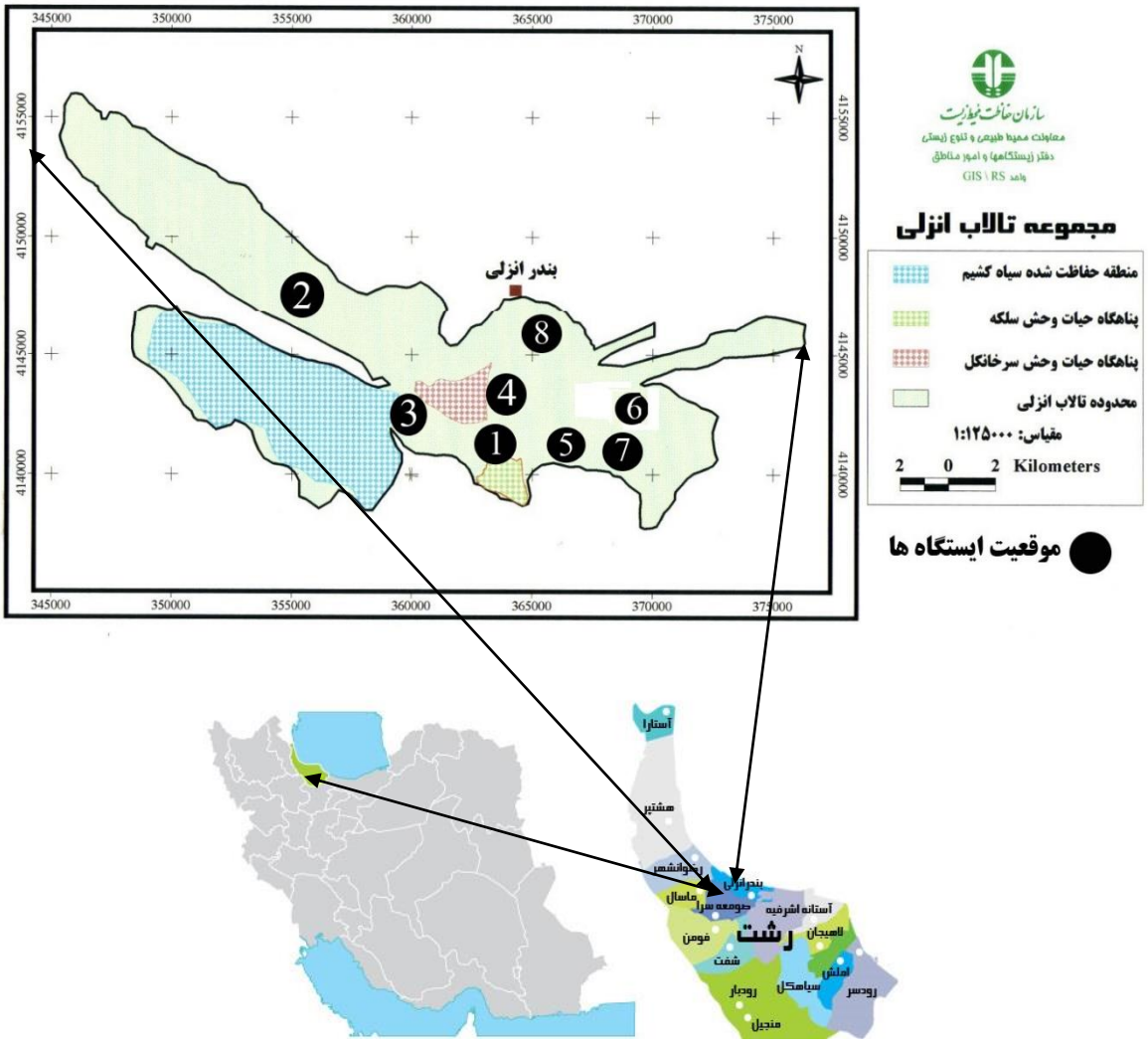
فاکتورهای مورد آزمایش فلزات سنگین (سرب، نیکل، روی و کادمیوم) به‌صورت دو نوبت در هر فصل به فاصله ۴۵ روز با سه تکرار از بهار تا زمستان ۱۳۹۳ در ۸ ایستگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. بعد از بررسی کامل منطقه موردمطالعه، نقاط نمونه‌برداری بر روی نقشه تعیین گردیده و برای انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری نکاتی از قبیل نوع پوشش گیاهی منطقه، عمق آب، رودخانه‌های ورودی و نوع آلودگی آن‌ها، سهولت دسترسی در تمام فصول سال و پارامترهای دیگر ارزیابی شد. جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعه را نشان می‌دهد.

برای نمونه‌برداری از آب تالاب بین‌المللی انزلی از ظرف‌های پلی اتیلن یک لیتری استفاده شد. نمونه‌ها از سطوح مختلف آب جداگانه برداشت و با هم ترکیب شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، توسط اسید نیتریک ۶۵ درصد، هضم اسیدی شدند و به مدت ۲۴ساعت زیر هود قرار داده شدند. بعد از ۲۴ ساعت، نمونه‌ها به مدت حدود ۳ ساعت در بن ماری در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای جلوگیری از تبخیر و نیز افزایش pH به طور متوالی به نمونه آب مقطر اضافه شد، پس از سپری شدن این زمان و خنک شدن، نمونه توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ (تخلخل ۰/۴۵ میکرومتر)، صاف و با آب مقطر در بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری به حجم رسانده شد و در نهایت آماده سنجش توسط دستگاه شدند. محلول استاندارد هر فلز از محلول ۱۰۰۰ ppm تهیه شد.

غلظت فلزات موردمطالعه در نمونه‌های آب توسط دستگاه جذب اتمی مدل Thermo Model 97 GFS- آمریکا، به روش کوره گرافیتی بر اساس کتاب استاندارد متد ارزیابی شد (۲۷). در نهایت

یافته‌های به دست آمده با داده‌های سال ۱۳۸۶ مربـوط به سازمان حفاظت محیط‌زیست مقایسه گردید.

بعد از سنجش عناصر موردنظر و به دست آوردن مقدار فلزات سنگین موردمطالعه در ایستگاه‌های تعریف شده، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov–Smirnov مورد ارزیابی قرار گرفت. از آزمون One-way ANOVA به‌منظور مقایسه بین میانگین غلظت عناصر در ایستگاه‌ها استفاده شد. برای مقایسه بین یافته‌های حاصل از این تحقیق (سال ۱۳۹۳) و داده‌های مربوط به سال ۱۳۸۶ بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری در زمان‌های مشابه از آزمون Paired-Sample t-test استفاده شد. بررسی همبستگی بین غلظت‌های فلزات مختلف نیز با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون (Pearson) صورت پذیرفت. آنالیز آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و رسم نمودارها با استفاده از برنامه Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام شد.



شکل ۱: موقعیت تالاب بین‌المللی انزلی در نقشه

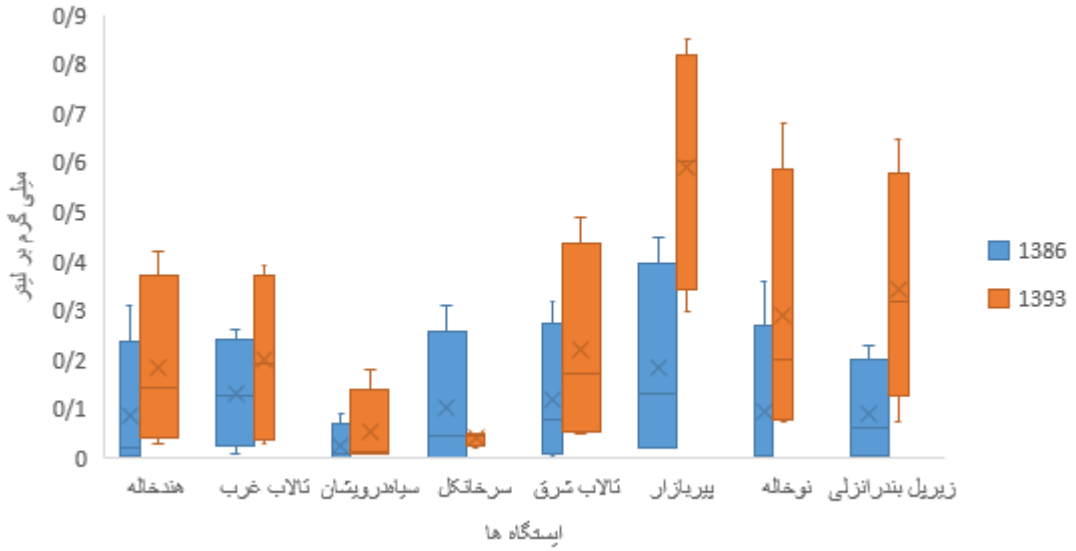
جدول ۱: طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های موردمطالعه تالاب بین‌المللی انزلی

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	هندخاله	۴۹° ۲۷' ۱۴"	۳۷° ۲۳' ۵۴"
۲	تالاب غرب (آبکنار)	۴۹° ۲۴' ۲۰"	۳۷° ۲۶' ۳۵"
۳	سیاه‌درویشان	۴۹° ۲۵' ۲۹"	۳۷° ۲۶' ۹"
۴	سرخانکل	۴۹° ۲۵' ۴۲"	۳۷° ۲۳' ۵۳"
۵	نوخاله	۴۹° ۳۰' ۱"	۳۷° ۲۴' ۱۲"
۶	تالاب شرق	۴۹° ۳۰' ۱۵"	۳۷° ۲۵' ۱۷"
۷	پیربازار	۴۹° ۳۰' ۷"	۳۷° ۲۴' ۱۱"
۸	زیرپل بندر انزلی	۴۹° ۲۷' ۵۴"	۳۷° ۲۷' ۴۸"

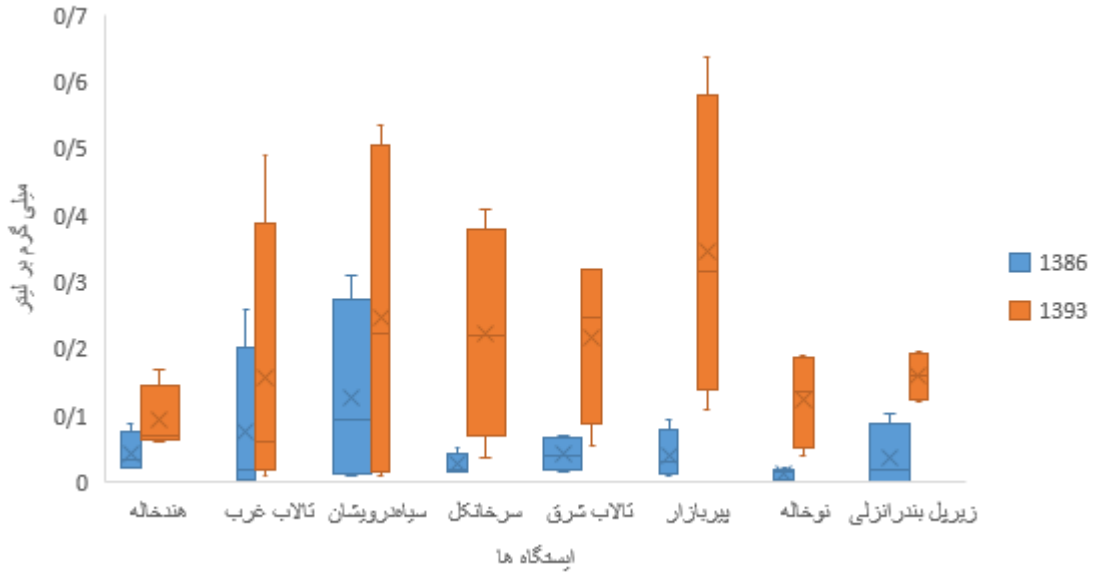
نتایج

مقادیر مختلف فلزات سنگین طی ایستگاه‌های مختلف سال ۱۳۹۳ و مدت‌زمان مشابه آن در سال ۱۳۸۶ به ترتیب در شکل‌های ۲-۵ آورده شده است.

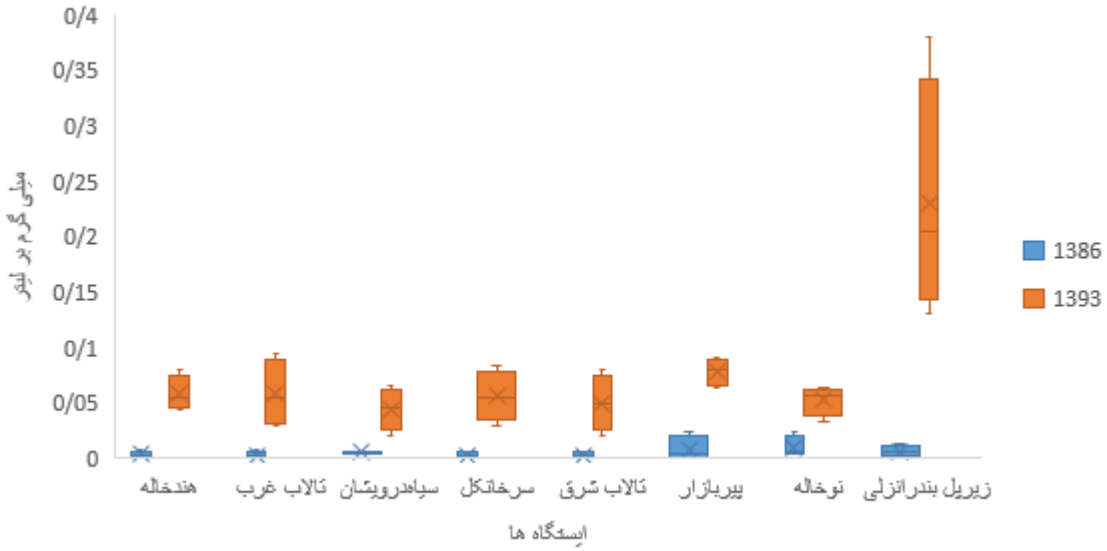
در بین ایستگاه‌های مختلف بیش‌ترین غلظت فلزات سنگین در ایستگاه پیربازار مشاهده شد.



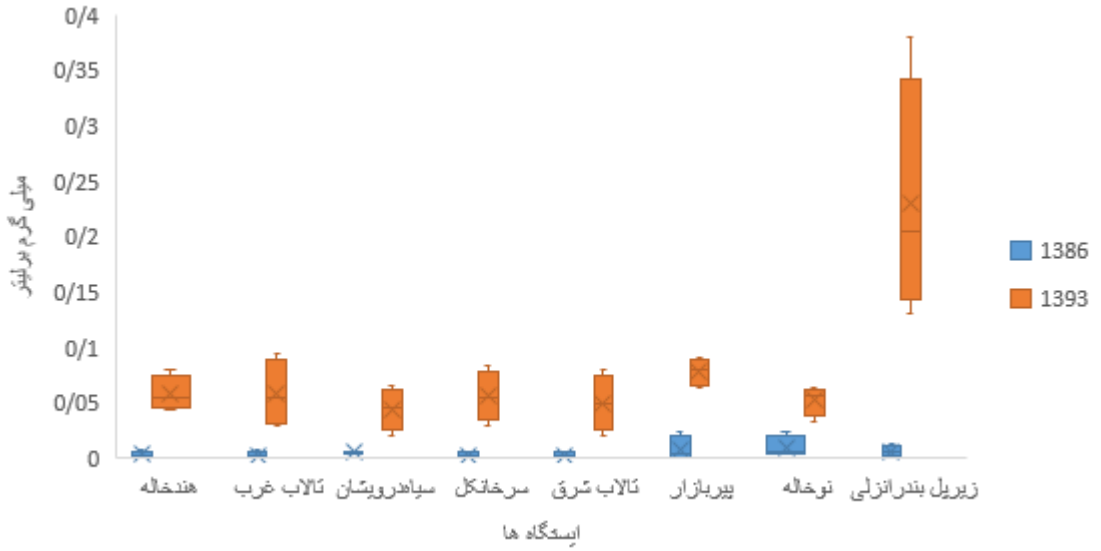
شکل ۲: غلظت سرب برحسب میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه‌های مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶



شکل ۳: غلظت روی برحسب میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه‌های مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶

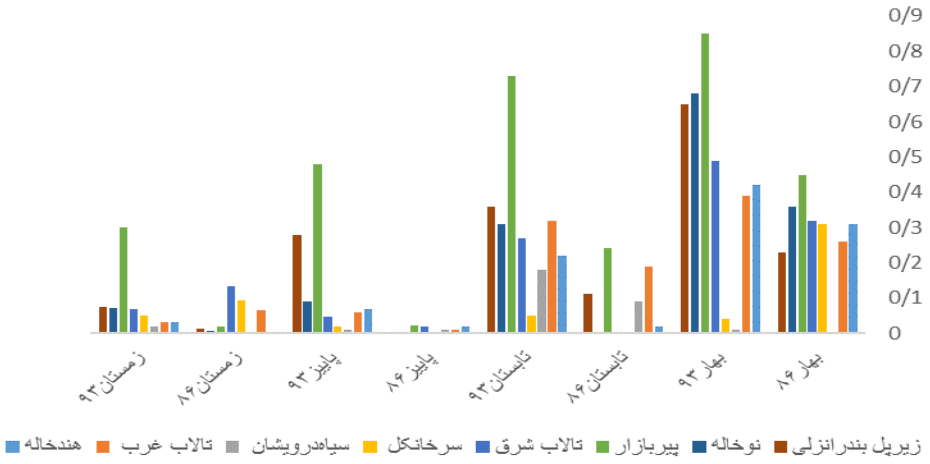


شکل ۴: غلظت کادمیوم برحسب میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه‌های مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶

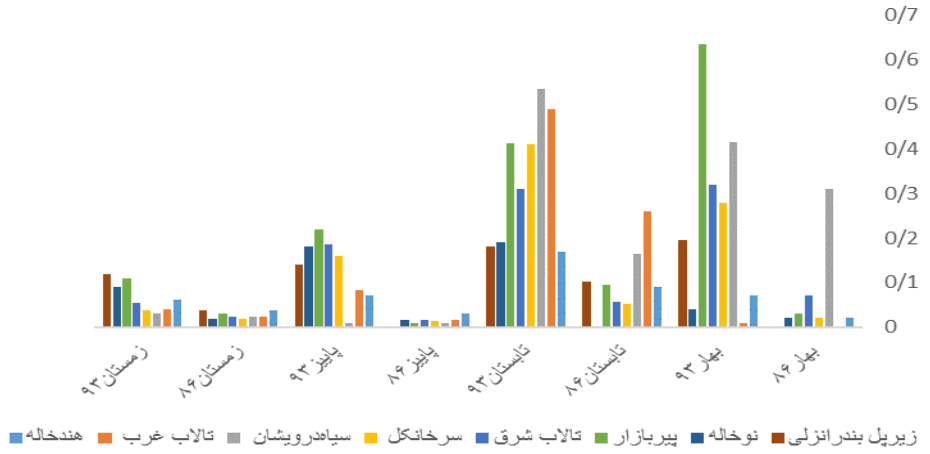


شکل ۵ : غلظت نیکل برحسب میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه‌های مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶

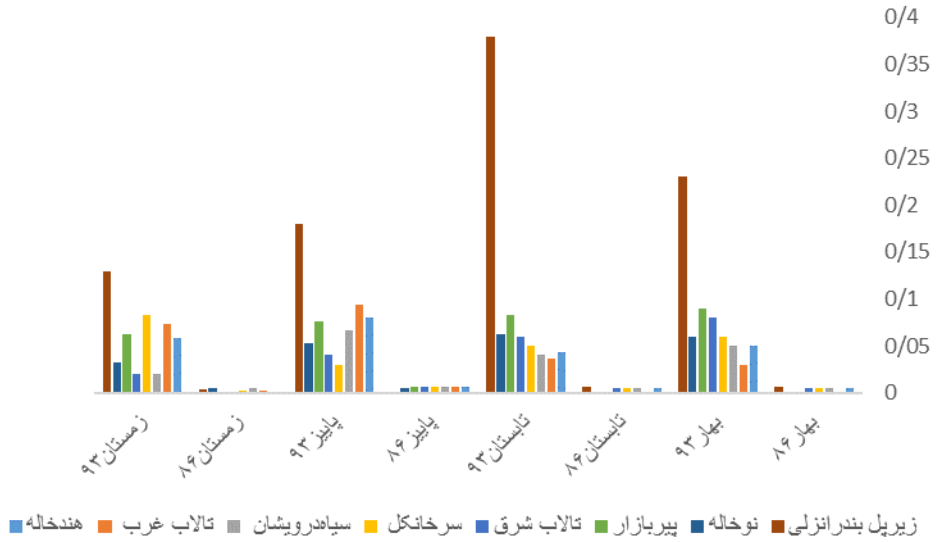
مقادیر مختلف فلزات سنگین طی فصول مختلف سال ۱۳۹۳ و مدت‌زمان مشابه آن در سال ۱۳۸۶ به ترتیب در شکل‌های ۶-۹ آورده شده است. در بین فصول مختلف، تغییرات غلظت فلزات در فصل بهار نسبت به سایر فصول بیشتر بود. با توجه به شکل ۲ و ۶، بیشترین میزان سرب در پیربازار (۰/۸۵ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل بهار و کم‌ترین میزان در سیاه درویشان (۰/۰۱۱ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل تابستان بود. بیشترین غلظت فلز روی در پیربازار (۰/۶۳ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل بهار و کم‌ترین میزان آن در تالاب غرب (۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل بهار بود (شکل ۳ و ۷). بیشترین میزان کادمیوم نیز در زیرپل بندرانزلی (۰/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل تابستان و کم‌ترین آن در سیاه‌درویشان (۰/۰۲ میلی‌گرم برلیتر) در زمستان بود (شکل ۴ و ۸). همان‌طور که در شکل ۵ و ۹ مشاهده شد، بیشترین غلظت نیکل در زیرپل بندرانزلی (۰/۰۸۴ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل بهار و کم‌ترین آن در تالاب غرب (۰/۰۰۷ میلی‌گرم بر لیتر) در فصل تابستان بود. در بین فلزات مطالعه شده غلظت نیکل کمتر از بقیه و دامنه تغییرات آن نیز محدودتر می‌باشد. ترتیب غلظت فلزات سنگین در طول سال ۱۳۹۳ به‌صورت Ni<Cd<Zn<Pb بود.



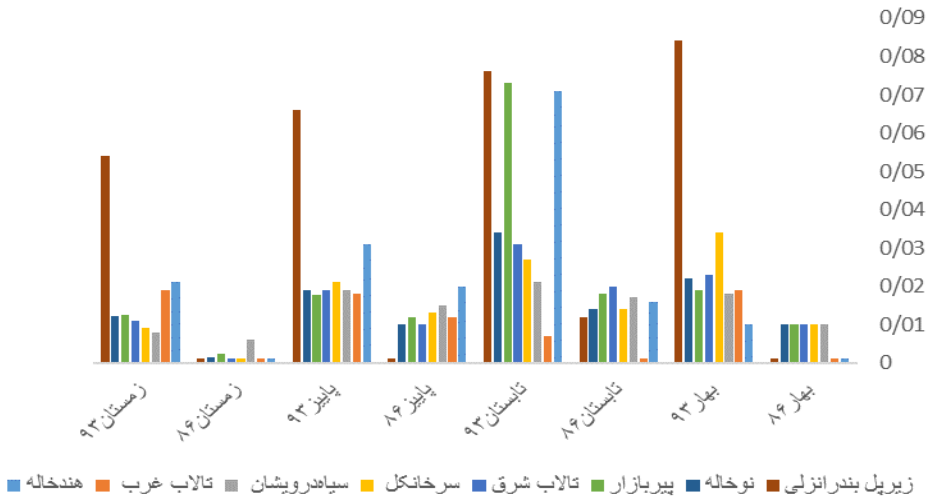
شکل ۶ : غلظت سرب برحسب میلی‌گرم بر لیتر در فصول مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶



شکل ۷: غلظت روی برحسب میلی‌گرم بر لیتر در فصول مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶



شکل ۸: غلظت کادمیوم برحسب میلی‌گرم بر لیتر در فصول مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶



شکل ۹: غلظت نیکل برحسب میلی‌گرم بر لیتر در فصول مختلف سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۸۶

میزان غلظت هریک از فلزات در ایستگاه‌های مختلف سال ۱۳۹۳ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (P>۰/۰۵)؛ اما با مدت‌زمان مشابه خود در سال ۱۳۸۶ اختلاف معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج آزمون **t-test** در ایستگاه‌های موردمطالعه در سطح اطمینان ۹۵٪

فصل	فلزات سنگین			
	سرب	نیکل	کادمیوم	روی
بهار ۱۳۸۶	۰/۲۸۰±۰/۰۰۱	۰/۰۰۶۶±۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۹±۰/۰۰۱
بهار ۱۳۹۳	*۰/۴۴۱±۰/۰۹	*۰/۰۲۸±۰/۰۰۱	*۰/۰۸۱±۰/۰۰۴	*۰/۲۴۵±۰/۰۰۳
تابستان ۱۳۸۶	۰/۰۸±/۰۰۶	۰/۰۱۴±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱	۰/۱۰۲±۰/۰۰۱
تابستان ۱۳۹۳	*۰/۳۰۵±۰/۰۷	*۰/۰۴۲±۰/۰۰۲	*۰/۰۹۴±۰/۰۰۲۵	*۰/۳۳۷±۱۹۴/۷
پاییز ۱۳۸۶	۰/۰۱۰۷±۰/۰۰۴	۰/۰۱۱±۰/۰۰۱	۰/۰۰۵±۰/۰۰۱۴	۰/۰۱۳۵±۰/۰۰۰۲
پاییز ۱۳۹۳	*۰/۱۳۲±۰/۰۱۶	*۰/۰۲۶±۰/۰۰۸	*۰/۰۷۷±۰/۰۰۱	*۰/۱۳±۰/۰۰۱
زمستان ۱۳۸۶	۰/۰۴۱±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰	۰/۰۰۲±۰/۰۰	۰/۰۲۶±۰/۰۰۰۳
زمستان ۱۳۹۳	*۰/۰۸±۰/۰۰۲	۰/۰۱۸±۰/۰۰۱	*۰/۰۶±۰/۰۰۱۵	*۰/۰۶۸±۰/۰۰۰۱

*به معنای وجود اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

ضرایب همبستگی بین فلزات سنگین مشاهده شده در مطالعه در جدول ۳ گزارش شد. نتایج حاکی از همبستگی بالا بین فلزات موردمطالعه بود.

جدول ۳: ضرایب همبستگی بین فلزات سنگین مشاهده شده در مطالعه

پارامتر	سرب	نیکل	کادمیوم	روی
سرب	۱			
نیکل	*۰/۸	۱		
کادمیوم	*۰/۷۷	**۰/۸۵	۱	
روی	*۰/۹۲	**۰/۶۹	**۰/۸۲	۱

* همبستگی در سطح ۰/۰۵** همبستگی در سطح ۰/۰۱

میانگین فلزات سنگین موردبررسی در نمونه آب تالاب انزلی با استانداردهای مختلف و مطالعات انجام شده (میلی‌گرم بر لیتر) در جدول ۴ مورد مقایسه قرار گرفت. در مقایسه با استانداردهای جهانی(EPA ، RUSSIA،CANADA، WHO،UK(MAFF) و استاندارد ملی ایران (۲۸-۳۱) و مطالعات صورت گرفته پایدار و همکاران، میر روشندل و عبدوس، (۱۸،۲۱) (جدول ۳) فلزات سرب، روی، کادمیوم در اکثر ایستگاه‌ها و طی فصول مختلف بالاتر از استانداردها و مطالعات بود. در مورد نیکل با توجه به تغییرات کم آن، این اختلاف کمتر بود.

جدول ۴: مقایسه میانگین فلزات سنگین موردبررسی در نمونه آب تالاب انزلی با استانداردهای مختلف (میلی‌گرم بر لیتر)

استاندارد/ فلز سنگین	سرب	روی	نیکل	کادمیوم	منبع
دریاچه و تالاب	<۰/۰۱	<۰/۰۱	-	<۰/۰۱	(۳۲)
آب‌های سطحی	۰/۰۰۵	-	۰/۱۴۴	۰/۰۱	(۳۳)
آب آشامیدنی	۰	۰/۳۵	-	۰/۰۰۵	(۳۴)
کشاورزی	۵	۲	۰/۲	۰/۰۰۵	(۳۵)
حیات آبزیان	۰/۰۵	<۰/۱	-	۰/۰۵	(۳۶)
EPA	۰/۰۳	۵	-	۰/۰۵	(۲۸)
UK(MAFF)	۰/۰۵	۰/۵	۰/۲	۰/۰۰۱	(۲۹)
WHO	۰/۰۱	۳	۰/۰۲	۰/۰۰۳	(۳۰)
CANADA	۰/۰۰۱-۰/۰۰۷	۰/۰۳	۰/۰۲۴-۰/۱۵	۰/۰۰۲-۰/۰۰۱۸	(۳۱)
RUSSIA	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	(۳۱)
استاندارد ایران	۰/۰۵	۱۵	۰/۰۷	۰/۰۰۳	(۳۷)
پایدار و همکاران	۰/۰۲۸۸	۰/۱۸۴۵	۰/۰۲۸۹	-	(۲۱)
مطالعه میرروشندل و عبدوس	۰/۱۰۸	۰/۱۸۵	۰/۰۲۸	۰/۰۱۱	(۱۸)
مطالعه اخیر(میانگین)	۰/۲۳۹	۰/۱۹۵	۰/۰۳۰	۰/۰۷۸	

بحث

نتایج به دست آمده نشان‌دهنده این است که غلظت عناصر سرب به ترتیب در ایستگاه‌های پیربازار، نوخاله و زیرپل بندرانزلی، روی در ایستگاه پیربازار، نیکل و کادمیوم در ایستگاه زیرپل بندرانزلی بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بود. نتایج مطالعه میرروشندل و عبدوس نشان داد بالاترین مقدار میانگین فلزات سنگین و ماکزیمم غلظت (روی، آهن، مس، منگنز،کروم و سرب در آب) در ایستگاه پیر بازار و کادمیوم، نیکل و جیوه در ایستگاه زیر پل انزلی و خروجی تالاب می‌باشد (۱۸)، که با نتایج این تحقیق مشابه بود. بررسی غلظت فلزات سنگین و مقایسه آن با مقدار مجاز این عناصر در آب‌های سطحی و محل زیست آبزیان و مطالعات دیگر نشان داد مقادیر فلزات موردمطالعه در مقایسه با استانداردهای جهانی سطح بالاتری دارد (جدول ۴). مطالعه میرروشندل و عبدوس نشان داد آلودگی این تالاب به فلزات سنگین روی، کروم، مس، نیکل و آهن پایین‌تر از حد استاندارد بود؛ اما میزان آلودگی به فلزات کادمیوم، سرب و جیوه بالاتر از حد استاندارد می‌باشد (۱۸). Wogu و همکاران با مطالعه بر روی ۹ فلز سنگین مشابه در نیجریه در آب رودخانه Warri که پذیرنده پساب‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب شهری است، نشان دادند که در آب این رودخانه غلظت

فلزات Ni, Mn, Cr, Cd بیشتر از مقادیر استاندارد اعلام شده برای آب است و آب آن برای سلامت و بهداشت عمومی مضر می‌باشد (۳۸). دامنه نیکل در آب تالاب انزلی بین ۰/۰۰۷ تا ۰/۰۸۴ میلی‌گرم بر لیتر بود، کم‌ترین غلظت نیکل در زمستان اندازه‌گیری شد. میزان این فلز در فصل بهار نسبت به سایر فصول بیشتر بوده و علاوه براین ایستگاه زیرپل بندرانزلی در بین ایستگاه‌ها، بیشترین غلظت نیکل را به خود اختصاص داده است. سرب و نیکل در ترکیبات نفتی یافت می‌شود، فعالیت شناورهای دریایی و فعالیت‌های دیگر مرتبط در این بخش از تالاب نقش بسزایی در افزایش مواد نفتی و فلزات سنگین دارا می‌باشند (۳۹). با توجه به این‌که ایستگاه‌های خروجی تالاب مانند زیرپل بندرانزلی محل عبور شناورها و کشتی‌ها و محل استقرار اسکله‌ها و استخراج نفت می‌باشد؛ لذا می‌توان آن را یکی از دلایل مقادیر بالای این فلزات در این نواحی نام برد. در مطالعات دیگر نیز نتایج مشابه به دست آمده است (۱۷،۲۰). فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی مقادیر زیادی سرب به همراه دارند، در تمام فصول سال بیشترین میزان آن در ایستگاه پیربازار اندازه‌گیری شد. با توجه به وجود صنایع مختلف در این محدوده تالاب (جدول ۵) می‌توان ورود پساب و فاضلاب‌ها از طریق پیربازار به تالاب را از عوامل آلودگی آن ذکر کرد. در مطالعات دیگر نیز نتایج مشابه به دست آمده بود (۱۹-۱۷). مقادیر بالای روی، سرب و نیکل در ایستگاه‌های خروجی تالاب و پیربازار در مطالعه پایدار و همکاران نیز مشاهده شد (۲۱)، میزان کادمیوم نیز نسبت به سرب و روی از مقدار کمتری برخوردار بود. کادمیوم به طور نسبی در فصول بهار و تابستان بیشترین غلظت را نشان داد و در ایستگاه زیرپل بندرانزلی بیشترین غلظت را داشته است. این ایستگاه هم همان‌طور که ذکر شد تحت تأثیر عبور و وجود شناورها و اسکله‌های نفتی می‌باشد. در مطالعه پایدار و همکاران ترتیب غلظت فلزات به‌صورت Cr<Pb<Ni<V<Zn گزارش شده بود (۲۱). در این مطالعه در تمام فصول سال بیشترین میزان روی در ایستگاه پیربازار و در فصل بهار مشاهده شد و روی بعد از سرب بالاترین مقدار را داشت. علاوه بر عوامل آلاینده ذکر شده در این ایستگاه، چون عنصر روی در پوسته زمین زیاد است و از حلالیت نسبی خوبی در آب برخوردار است (۲۱) می‌تواند از دلایل بالا بودن آن در تالاب بین‌المللی انزلی باشد.

در کل نتایج حاکی از افزایش فلزات سنگین موردمطالعه در فصول بهار و تابستان نسبت به فصول پاییز و زمستان بود.

تأثیر فصول خشک و تبخیر آب در افزایش غلظت فلزات سنگین در آب در مطالعات دیگر نیز تأیید شده است. Obasohan و Eguavoen در تحقیق خود تحت عنوان اثر تغییرات فصلی در تجمع زیستی فلزات زیستی در ماهی آب شیرین اعلام کردند که فصول خشک بر سطح تجمعی فلزات سنگین در آب و ماهی پرورش یافته در آن مؤثر می‌باشد (۴۰).

همچنین در بررسی رودخانه Wear توسط Neal و همکاران، نشان داده شد که بارندگی موجب افزایش حجم آب رودخانه شده و از غلظت آلاینده‌ها در رودخانه کاسته می‌گردد (۴۱). به همین دلیل در تحقیق حاضر نیز افزایش دبی طی افزایش بارندگی در فصول پاییز و زمستان در منطقه، می‌تواند سبب افزایش نسبی حجم آب تالاب و باعث رقیق شدن آلاینده‌ها و کاهش میزان فلزات سنگین شود. از طرفی

واکنش‌های تبادل یونی و ترسیب شیمیایی تحت تأثیر دما است (۱۹)؛ لذا می‌توان استدلال کرد علاوه بر عوامل فوق غلظت فلزات در فصول سرد تحت تأثیر دما قرار دارد. با بررسی نتایج این مطالعه مشاهده شد که ایستگاه‌های واقع در بخش شرق تالاب انزلی نسبت به غرب تالاب آلودگی بالاتری از نظر فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل دارند که در توافق با مطالعات میرروشندل و عبدوس، سرتاج و همکاران و پایدار و همکاران، بود (۱۸،۱۹،۲۱). خداپرست نشان داد که غلظت فلزات سنگین در بخش شرقی تالاب بیشتر از مناطق دیگر تالاب بوده است (۱۷). از طرفی قسمت غرب تالاب نسبت به شرق آن (۴۲) عمیق‌تر بوده و آبی که از شرق و مرکز به تالاب وارد می‌شود نسبت به حوزه غربی تالاب، سریع‌تر زهکش می‌شود (۴۳). نتایج آنالیز آماری در بین ایستگاه‌های مختلف و فلزات سنگین نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سال ۱۳۹۳ بود ($P>0/05$) ، از طرفی تمام ایستگاه‌ها و فلزات این تحقیق، با مدت‌زمان مشابه خود در سال ۱۳۸۶ اختلاف معنی‌دار نشان دادند ($P<0/05$) که می‌تواند دلایل این مطالعه در افزایش آلودگی تالاب به این فلزات طی سالیان اخیر را تأیید نماید (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسات همبستگی بین فلزات سنگین مطالعه شده، همبستگی بالا و معنی‌داری را بین فلزات این مطالعه نشان داد (جدول ۳). از مشاهده همبستگی مثبت بین فلزات سنگین می‌توان چنین استنباط کرد که منابع ورودی این عناصر به تالاب یکسان است (۴۴)؛ لذا می‌توان اذعان نمود که فلزات موردمطالعه احتمالاً دارای منشأ واحد بوده‌اند.

جدول ۵: صنایع عمده در اطراف تالاب انزلی(۴۲)

بخش	تعداد کارخانه	فاضلاب و پساب تولیدی (تن در سال)
صنایع نساجی	۱۱	۲۵۸۲
صنایع غذایی	۱۵	۱۳۸۹
صنایع الکتریک	۳	۶۰۵
صنایع سرامیک	۶	۲۵۶
صنایع فلزی و ماشین‌آلات	۵	۲۹۷
صنایع شیمیایی	۱	۲۰۰
کل	۴۱	۵۵۹۹

نتیجه‌گیری

نتایج آنالیز فلزات سنگین Zn, Cd, Pb و Ni با توجه به استانداردها و در مقایسه با سال ۱۳۸۶، تغییرات فاحشی را نشان می‌دهند. تشخیص وضعیت دقیق آلودگی ناشی از فلزات سنگین در تالاب امری دشوار می‌باشد؛ لذا لزوم انجام پایش‌های ماهانه در بسیاری از نقاط در سرتاسر تالاب کاملاً محسوس می‌باشد. علاوه بر این، مراحل نمونه‌گیری و آنالیز باید تحت بررسی مجدد قرار گیرد. همچنین با توجه به اهمیت تالاب بین‌المللی انزلی، اتخاذ راهکارهای مدیریتی مناسب جهت کنترل ورود آلاینده‌ها به آن توصیه می‌گردد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب طرح پژوهشی انجام گرفت، که بدین‌وسیله از آن معاونت قدردانی می‌شود. همچنین از سازمان حفاظت محیط‌زیست که در انجام این پژوهش همکاری کردند، سپاسگزاری می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

References

1. Azari Dehkordi F. Determining the border of the preserved area in Anzali wetlands. Tehran: The Iranian Department of Environmental Protection; 2009. Persian

2. Etezad M. 1994. Project for studying the ecology and hydrology of Anzali wetland and its rivers and output stream, The Iranian Department of Environmental Protection. Tehran: 1994. Persian

3.Ganjidoost H.The protection of Quantitative and qualitative identification of urban, industrial and agricultural waste water sources in the Siahdarvishan protected area and providing a management plan for reduction and control and purification of pollutants, Tehran: 2005. Persian

4. Ramírez A, Solano F, Fernández N. Physico-chemical water quality indices - a comparative review. Revista BISTUA 2004; 2(1): 19-30.

5. Pirasteh M. The protection and restoration of the Anzali wetland, Vol. 1. Guilan: Guilan Province Department of Environmental Protection; 1995. Persian

6. Li X, Liu L, Wang Y, Luo G, Chen X, Yang X, et al. Integrated Assessment of Heavy Metal Contamination in Sediments from a Coastal Industrial Basin, NE China. PLoS ONE 2012;7(6): e39690.
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039690

7. Rauret G, F. López-Sánchez J, Sahuquillo A, Rubio R, Davidson C, Ure A, et al. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. J Environ Monit 1999;1(1):57-61. doi: 10.1039/A807854H

8. Rana SV. Environmental Pollution: Health and Toxicology. 2th ed. Oxford, U.K: Alpha Science Intl Ltd; 2011.

9. Demirak A, Yilmaz F, Tuna AL, Ozdemir N. Heavy metals in water, sediment and tissues of Leuciscus cephalus from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere 2006;63(9):1451-8. doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.09.033

10. Esmaeeili Sari A. Project for studying the ecology and hydrology of the Anzali wetland and its input rivers and output streams; 2002. Persian

11. Khoshnoud R. Investigation of heavy metals accumulation in two species of shrimp (V, Pb, Ni, Hg, Cd) of Bandar Abbas and Bandar Lengeh, [dissertation]. Ahvaz: Islamic Azad University-Ahvaz Branch; 2006. Persian

12. Altindag A, Yigit S. Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beysehir, Turkey. Chemosphere 2005;60(4):552-6.

13. Harrison RM. Pollution: Causes, Effects and Control. 4th ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry; 2001.

14. Morillo J, Usero J, Gracia I. Partitioning of metals in sediments from the Odiel River (Spain). Environ Int 2002;28(4):263-71. doi: 10.1016/S0160-4120(02)00033-8

15. Monavari M. Ecological Survey of Anzali Wetland. Guilan: Gilakan Press; 1990. Persian

16. Zamani Hargalani F, Karbassi A., Monavari SM, Abroomand Azar P. Origin and Partitioning of Heavy Metals in Sediments of the Anzali Wetland. Environmental Sciences 2013; 11(2):79-88. Persian

17. Khodaparast H. Investigation of oil hydrocarbons in floating sites in Anzali Wetland and Coasts of the Caspian Sea (Guilan Province), Guilan: Guilan Province Department of Environmental Protection; 2007. Persian

18. Mirroshandel M. Abdous A. Monitoring the level of ten heavy metals in 24 points of water and surface sediments of Anzali wetland, The 1th Conference and Exihibition on Environment Energy and Clean Industry; 2013 Dec 2-3; Tehran: Tehran University, Graduate Faculty of Environment; 2013. P. 14. Persian

19. Sertaj M, Fatollahi F, Filizadeh Y. 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

Journal of Natural Resources 2005; 58(3):623-34. Persian
20. Babaei H, Khodaparast H, Abedini A. Contamination of sediments with heavy metals Cd, Cn, Fe, Ph in the east of Anzali Lagoon. Iranian Scientific Fisheries Journal 2007;16(1):9-16. Persian doi: 10.22092/isfj.2007.114926
21. Paydar M, Sharif Fazeli M, Riahi AR. Determination of heavy metals content in Astacus leptodactylus caspicus in Anzali Lagoon. Iranian Scientific Fisheries Journal 2003; 12(2): 1-14. Persian
22. Amini Ranjbar G. Heavy metal concentration in surficial sediments from Anzali wetland. Iranian Scientific Fisheries Journal 1992; 3(3): 5-27. Persian doi: 10.22092/isfj.1994.113910
23. Khosravi M, Bahramifar N, Ghasempouri M. Survey of Heavy Metals (Cd, Pb, Hg, Zn and Cu) Contamination in Sediment of Three Sites AnzaliWetland. Iran J Health & Environ 2011; 4(2): 223-32. Persian
24. Babaei H, Khodaparast SH. Study on the Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) and heavy metals (Zn, Cu, Fe, Pb, Cr, Cd and Hg) Concentrations in Anzali Wetland Outlets. Journal of Wetland Ecobiology 2009;1(1):33-45. Persian
25. Sabet Raftar K. Azolla analysis of the environmental impacts on aquatic ecosystems of the wetlands [dissertation]. Tehran: Tehran University; 1994. Persian)
26. Esmaeeili H. Areas under the supervision of the Environmental Protection. Guilan: Department of Guilan Province; 1999. Persian
27. Eaton AD, Clesceri LS, Greenberg AE, Franson MA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association; 1995.
28. The Environmental Protection Agency (EPA). 2003. Drinking Water Contaminants – Standards and Regulations. [cited 2018 Jun 10]. Available from: http:// https://19january2017snapshot.epa.gov/dwstandard sregulations_.html
29. Gray NF. Drinking Water Quality: Problems and Solutions. 2th ed. NewYork: Cambridge University Press; 2008.
30. World Health Organization (WHO). Guidelines for drinking water quality; 2004 [cited 2018 Jun 11]. Available from:https://www.who.int/water_sanitation_health/ dwq/GDWQ2004web.pdf
31. Chapman DV. Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. 2th ed. London & NewYork: CRC Press; 1996.
32. Yang H, Shen Z, Zhu S, Wang W. Heavy metals in wetland plants and soil of Lake Taihu, China. Environ Toxicol Chem 2008;27(1):38-42. doi: 10.1897/07-089.1
33. Newcomb DJ, Hale K, Phillipuk CR, Schleifer D, Stanuikynas TJ. Surface water and Riparian areas of the Raritan River Basin: A technical report for the Raritan Basin Watershed Management Project. New Jersey Environmental Digital Library; 2002.
34. Brenner A, Hoekstra EJ. Drinking water quality standards and regulations. IWA Publishing; 2012.
35. Ayers RS, Westcot DW. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome; 1985.
36. Wang Y, Chen P, Cui R, Si W, Zhang Y, Ji W. Heavy metal concentrations in water, sediment, and tissues of two fish species (Triplohysa pappenheimi, Gobio hwanghensis) from the Lanzhou section of the Yellow River, China. Environ Monit Assess 2010;165(1-4):97-102. doi: 10.1007/s10661-009-0929-2.
37. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI 1053: 1972. *Specifications for drinking water*. Iran: ISIRI; 1972.
38. Wogu MD, Okaka CE. Pollution studies on Nigerian rivers: Heavy metals in surface water of Warri river, Delta State. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 2011; 1(3):7-12.
39. Khodaparast H. Comprehensive study of Anzali lagoon fisheries, Fisheries Departmant of Guilan Province, Deputy of Breeding. Guilan: Project Moderator: Fisheries Research Center of Guilan Province; 2002. Persian
40. Obasohan EE, Eguavoen OI. 2008. Seasonal variations of bioaccumulation of heavy metals in a freshwater fish (Erpetoichthys calabaricus) from Ogba River, Benin City, Nigeria. Indian Journal of Animal Research 2008;42(3):171-9.
41. Neal C, Jarvie HP, Whitton BA, Gemmell J. The water quality of the River Wear, north-east England. Sci Total Environ 2000; 251-252:153-72. doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00408-3
42. Japan International Cooperation Agency, Department of the Environment, Ministry of Jihad-E-Agriculture the Islamic Republic of Iran. The Study on Integrated Management for Ecosystem Conservation of the Anzali Wetland in the Islamic Republic of Iran; 2005. p. 182.
43. Ministry of Jihad. Ministry of Jihad, Water Committee. Studies for reviving the Anzali wetlands; 1988. Vol. 1-2. p. 320. Persian
44. Qu W, Kelderman P. Heavy metal contents in the Delft canal sediments and suspended solids of the River Rhine: multivariate analysis for source tracing. Chemosphere 2001;45(6-7):919-25.

Health and Development Journal Original Article

Vol. 8, No. 2, Summer 2019 Received: 22.06.2018 Accepted: 26.02.2019

Spatiotemporal assessment of some heavy metals in the Anzali International Wetland during 2007-2014

Maryam Fallah[1], Ahmadreza Pirali Zefrehei[2], Seyed Aliakbar Hedayati[3]

Abstract

Background: Todays, water resources are affected by various factors such as organic materials, pathogens (bacterial and microbial agents), and minerals (including heavy metals). For this reason, continuously examining the spatiotemporal changes in environmental pollutants is one of the most critical components of water quality studies.

Methods: The sampling of some heavy metals (Ni, Cd, Zn, Pb) took place from 8 different stations in four seasons of 2014. After the preparation of the samples, they were used to measure the elements based on the technique proposed in Standard Methods.

Results: Among the studied stations, the highest concentrations of metals were measured at the Pirbazar Station. The concentration of these metals was higher in the spring and summer than in the rest of the seasons. The results showed that the concentration of metals in water at different stations in the four seasons was Ni<Cd<Zn<Pb, respectively. In general, the concentration of heavy metals in 2014 was higher than 2007 and higher than the available standards. The concentration of each of the metals at various stations in 2014 was not significantly different ($P>0.05$), but the results of the paired-sample t-test showed a significant increase in heavy metals(Ni, Cd, Zn, Pb) in comparison with the results obtained in 2007 ($P<0.05$).

Conclusion: Adoption of appropriate management approaches for comprehensive environmental assessment and control of anthropogenic pollutants, reducing the organic load from industrial, urban and agriculture waste, continuous quality surveillence around the year and finally environmentally upgrading the wetland is suggested.

Keywords: Anzali wetland, Heavy metals, Lead, Nickel, Zinc, Cadmium

Citation: Fallah M, Pirali Zefrehei AR, Hedayati SA. Spatiotemporal assessment of some heavy metals in the Anzali International Wetland during 2007-2014. Health and Development Journal 2019; 8(2):114-28. [In Persian] doi: 10.22034/8.2.114

© 2019 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1- MSc, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2- PhD Student, Department of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3- Associate Professor, Department of Aquatics Production and Exploitation, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
Corresponding Author: Maryam Fallah **Email:** Maryam.fallah85@gmail.com
Address: Department of Environmental Sciences, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
Tel: 09334409583 **Fax:** 03133912840