13(3) 383-390, Autumn 2021

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

Original Research Paper

Comparison of the Mehr housing effluent, agricultural effluent and municipal waste landfill on heavy metal concentrations and their anthropogenic origin in Kiaklayeh wetland sediments

Fereshteh Taleshi, Keivan Saeb*

Department of environment, Tonekabon branch, Islamic Azad university, Tonekabon, Iran

Key Words
Kiaklayeh wetland
Heavy metals
Sediments
Enrichment ratio
Land accumulation index

Abstract

Introduction: Kiaklayeh wetland is being destroyed due to the actions of the municipality and the negligence of the natural resources department. The growth and development of urban and industrial activities has led to the release of heavy metals into aquatic ecosystems.

Materials & Methods: In the present study, the concentrations of iron, aluminum, zinc, nickel, vanadium, manganese, barium and lead in the sediment of three areas of Kiaklayeh wetland that are affected by Mehr housing effluent, agricultural effluent and municipal waste landfill were investigated. Also, the enrichment coefficient (EF) and land accumulation index (Igeo) were studied among the three regions.

Result: The results showed that the accumulation of aluminum, manganese and nickel in sediments receiving agricultural and housing effluents is more than an area of the wetland that is affected by the municipal landfill, but the concentration of lead in sediments near the landfill is more than two areas in another parts of the wetland.

Conclusion: An Enrichment ratio higher than 1 was obtained for zinc and lead in the area affected by the landfill, for aluminum in the area affected by agricultural effluent and for vanadium in the area contaminated with Mehr housing effluent.

* Corresponding Author's email: keivansaeb@gmail.com
Received: 7 July 2020; Reviewed: 17 September 2020; Revised: 19 October 2020; Accepted: 20 November 2020
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.249083.2354

مقاله پژوهشی

مقایسه سهم پساب مسکن مهر، پساب کشاورزی و محل دفن زباله‌های شهری بر غلظت فلزات سنگین و بررسی منشأ آنتروپوژنیک آن‌ها در رسوبات تالاب کیاکلایه

*فرشته طالشی، کیوان صائب**

گروه محیط زیست، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

کلمات کلیدی

تالاب کیاکلایه
فلزات سنگین
رسوبات
ضریب غنی شدگی
شاخص زمین انباشت

چکیده

مقدمه: اقدامات مخرب شهری در سایه فقدان توجه سازمان‌های ناظر منجره به ایجاد صدمات جبران ناپذیری به تالاب کیاکلایه شده است. رشد و توسعه فعالیت‌های شهری و صنعتی منجر به رهایش فلزات سنگین به این اکوسیستم آبی شده است.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر، غلظت آهن، آلومینیوم، روی، نیکل، وانادیم، منگنز، باریم و سرب را در رسوبات سه منطقه از تالاب کیاکلایه که تحت تاثیر پساب مسکن مهر، پساب کشاورزی و محل دپوی زباله شهری هستند، مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین ضریب غنی شدگی (EF) و شاخص زمین انباشت (Igeo) در بین سه منطقه بررسی شد.

نتایج: نتایج نشان داد که تجمع آلومینیوم، منگنز و نیکل در رسوبات دریافت کننده پساب کشاورزی و مسکن مهر و بیش‌تر از منطقه‌ای از تالاب است که تحت تاثیر محل دپوی زباله شهری قرار دارد. شوینده‌های حاوی سولفات آلومنیوم می‌تواند خاستگاه این عنصر در این منطقه باشد. با توجه به حضور زباله‌های پلاستیکی و الکتریکی در محل دپوی زباله‌ها غلظت سرب در رسوبات نزدیک به این محل بیش‌تر از دو منطقه دیگر تالاب بوده است. ضریب غنی شدگی بالاتر از ۱ برای روی و سرب در منطقه تحت تاثیر دپوی زباله، و برای آلومینیوم منطقه تحت تاثیر پساب کشاورزی و هم‌چنین برای وانادیم در منطقه آلوده به پساب مسکن مهر به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری و بحث: با توجه به نتایج حاضر می‌توان نتیجه گرفت که براساس معیارهای جهانی این تالاب از نظر سرب و آلومنیوم در رده آلوده قرار می‌گیرد و در سایر عناصر هم با توجه به انباشت روز افزون این عناصر از طریق مجراهای وردی به تالاب این مقدار در سال‌های آتی می‌تواند به محدوده خطر برسد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: keivansaeb@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۷ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۲۷ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۸ مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۳۰ آبان ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.249083.2354

مقدمه

با افزایش نرخ رشد جمعیت ورود آلاینده‌ها با منشا انسانی حاوی مقادیر زیاد فلزات سنگین به اکوسیستم‌های آبی، به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است و این آلاینده‌ها به‌عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط‌های آبی به‌شمار می‌آیند. لذا هر ساله دامنه گسترده‌ای از فلزات شامل فلزات سنگین و غیرسنگین با منشا طبیعی و انسان ساخت وارد محیط زیست می‌شوند. این در حالی است که قدرت پالایش محیط زیست برای این حجم از آلاینده‌ها کافی نبوده و تجمع فلزات سنگین در محیط زیست غیرقابل انکار می‌باشد (Miloskovic و Simic، ۲۰۱۵). افزایش بی‌رویه جمعیت و در پی آن توسعه مناطق کشاورزی، استفاده از کودها و سموم دفع آفات موجب شده است تا فاضلاب شهری و هم‌چنین پساب‌های کشاورزی متشکل از ترکیبات شیمیایی مختلف به‌طور فزاینده‌ای وارد اکوسیستم‌های آبی گردد. (Pham و همکاران، ۲۰۲۰). تالاب، زیست بوم ارزشمندی است که در بین انواع زیست بوم‌های طبیعی، کارکردهای بسیار گوناگونی دارد و علاوه بر حفاظت از تنوع زیستی، دارای ارزش‌های طبیعی، اقتصادی و اجتماعی دیگری نیز هست. اهمیت تالاب، زمانی بیش‌تر مشخص می‌شود که توجه شود که بیش از یک سوم جمعیت جهان در حاشیه تالاب‌ها، رودخانه‌ها، برکه‌ها و سواحل زندگی می‌کنند. با وجود این، همواره این زیست بوم‌ها با مخاطرات زیادی مواجه بوده‌اند که در این میان، تهدیدات ناشی از فعالیت‌های انسانی، بیش از سایر عوامل، نظم و تعادل زیستی آن‌ها را برهم می‌زند (طلایی و دریادل، ۱۳۹۶). تالاب کیاکلایه یکی از غنی‌ترین تالاب‌های استان گیلان به لحاظ تنوع گونه‌های حیاتی بوده که علاوه بر جذب گردشگر و بهبود چرخه اقتصادی حاشیه‌نشینان نقش تعیین کننده‌ای در پایداری اکوسیستم طبیعی دارد، ولی متاسفانه طی دهه اخیر شدیداً در معرض آلودگی‌های ناشی از فاضلاب مسکن مهر، پساب‌های کشاورزی (عمدتاً شامل فضولات دامی و سرریز آبیاری‌های آغشته به سموم شیمیایی) و محل دپوی زباله‌های شهری قرار گرفته است. مقادیر زیادی از آلاینده‌ها (آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها) مستقیماً وارد تالاب می‌گردند. نشت قیر مذاب توسط شهرداری لنگرود و نیز تخلیه روغن و ضایعات توسط ماشین‌آلات سنگین مستقر جهت انجام پروژه‌های عمرانی که منبع اصلی هیدروکربن‌های می‌باشند، دیگر عوامل تهدیدکننده تالاب می‌باشند. اگرچه پساب شهر لنگرود مستقیماً وارد تالاب نمی‌گردد ولی پساب روستاهای سالکویه بالا و پایین وارد تالاب می‌شود. مهم‌ترین منبع آلودگی ناشی از پساب شامل شیرابه‌های حاصل از دفن و دفع پسماندهای شهری لنگرود می‌باشد (رمضانی‌گورابی، ۱۳۸۵). فلزات سنگین به‌عنوان یکی از آلاینده‌های زیست‌محیطی اثرات مختلفی از جمله کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میر در آبزیان را باعث می‌شوند که این اثرات منجر به زوال زیستی آبزیان می‌گردد. نابودی یا کاهش گونه‌ای خاص سبب تغییر در اکوسیستم آبی گشته و توازون آن‌ها را برهم می‌زند (Öztürk و همکاران، ۲۰۰۹). در محیط‌های آلوده به فلزات سنگین، عمدتاً فلزاتی ازجمله کادمیوم، نیکل، سرب، جیوه، آرسنیک، روی و نیکل به‌عنوان آلاینده‌های معمول یافت می‌شوند و به‌دلیل پایداری و حضور طولانی مدت این فلزات اکوسیستم‌های آبی، آلودگی فلزات سنگین در بین جوامع علمی و پژوهشگران اکولوژیک اهمیت بالایی دارد، در واقع این فلزات در اکوسیستم‌های آبی اختلالات بیولوژیک فراوانی به‌وجود خواهند آورد درحالی‌که سالیان زیادی طول خواهد کشید تا میزان بسیار کمی از آلودگی‌های فلزی وارد شده به یک اکوسیستم آبی از این محیط‌ها حذف گردد (Nordberg و همکاران، ۲۰۰۷). یافته‌ها اثرات طولانی‌مدت مواجهه با مقادیر کم‌تر سرب روی کودکان به‌خوبی نشان می‌دهد که سبب اثر نامطلوب سرب بر عملکرد ذهنی و نیز مشکلات رفتاری در کودکان می‌شود. در اکوسیستم‌های آبی فلزات سنگین ابتدا توسط فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانیسم‌های کوچک‌تر دیگر جذب می‌شوند. سپس به‌ترتیب آن‌ها توسط موجودات بزرگ‌تر خورده شده و درنهایت وارد بدن انسان می‌شوند (عقیلی و آقایی‌مقدم، ۱۳۹۶). در حال حاضر، بسیاری از رودخانه‌ها و تالاب‌های ایران در معرض آلودگی‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشند که تجمع آلودگی فلزات سنگین ناشی از فاضلاب‌های شهری، پساب‌های کشاورزی و صنعتی در آب و رسوبات و آبزیان نیز گزارش شده است (مرتضوی و صابری‌نسب، ۱۳۹۶؛ طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۶؛ فیروزشاهیان و همکاران، ۱۳۹۷). از این‌رو، هدف از مطالعه حاضر، بررسی و مقایسه تاثیر فاضلاب مسکن مهر، پساب‌های کشاورزی و محل دپوی زباله‌های شهری بر میزان بار آلودگی فلزات (سرب، نیکل، مس، روی، باریم، آهن، منگنز، وانادیوم، آلومینیوم) در رسوبات تالاب کیاکلایه و هم‌چنین تعیین داشتن یا نداشتن منشا آنتروپوژنیک فلزات مذکور و دسته‌بندی میزان آلودگی رسوبات مناطق مختلف این اکوسیستم آبی برای تک‌تک این فلزات می‌باشد.

مواد و روش ها

منطقه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری: تالاب کیاکلایه لنگرود در موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه و ۵۳ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۹ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی در جنوب شهر لنگرودو در فاصله ۳ کیلومتری لیلاکوه واقع شده است. پس از بررسی کامل منطقه مورد مطالعه از روی نقشه‌های موجود، محل‌های مناسب

نمونه‌برداری در سه منطقه تالاب کیاکلایه یعنی مکان‌هایی که تحت تاثیر پساب اراضی کشاورزی، محل دپوی زباله شهری و منطقه نزدیک به محل تخلیه پساب مسکن مهر بودند، انتخاب گشت (شکل ۱).

شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری رسوب: ابتدا از هر منطقه از تالاب با فواصل مشخص ۷ نمونه از رسوبات بستر (با استفاده از ون وین گرب) و آب‌در ظروف پلی‌اتیلنی جمع‌آوری گشت، سپس pH نمونه‌های آب را با استفاده از اسیدنیتریک به زیر ۲ رسید و هم‌چنین نمونه‌های رسوب در داخل پلاستیک زیپ‌دار جمع‌آوری گشت و در نهایت به آزمایشگاه منتقل شدند و تا انجام آزمایشات و آنالیزهای نهایی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری شدند.

آماده‌سازی نمونه‌ها جهت سنجش فلزات سنگین: نمونه‌های رسوب جمع‌آوری شده در دستگاه فریزدرایر به‌مدت ۲۴ ساعت کاملاً خشک شدند، بعداز آسیاب نمونه‌ها با الک (مش ۶۳ میکرون) غربال شدند. برای آنالیز فلزات سنگین از هر نمونه یک گرم توزین و در ارلن ریخته شد و با اسیدفلوئوریدریک، اسیدنیتریک و اسیدکلریدریک ۶۵ درصد (شرکت مرک آلمان) در دمای ۹۰-۸۵ درجه سانتی‌گراد با کمک هیتر، هضم شدند و در نهایت حجم نمونه‌ها به ۵۰ میلی‌لیتر رسید. ضمناً برای هر گروه از نمونه‌ها، یک نمونه شاهد تهیّه و همراه با دیگر نمونه‌ها آنالیز شد. و سپس غلظت فلزات سنگین با استفاده از دستگاه ICP-OES (مدل wista-mpx) سنجش گردید (Qin و همکاران، ۲۰۱۳).

شاخص‌های تعیین کننده آلودگی فلزات سنگین

شاخص ضریب غنی شدگی (EF:Enrichment factor): یکی از شاخص‌هایی است که از طریق آن می‌توان تنها به داشتن یا نداشتن منشا آنتروپوژنیک فلزات سنگین مورد مطالعه در یک اکوسیستم آبی پی برد (Wang و همکاران، ۲۰۱۵).

$$EF = \frac{\left(C_n/C_{Fe}\right)\ sample}{\left(B_n/B_{Fe}\right)\ background}$$

EF = ضریب غنی شدگی، Cn = غلظت فلز مورد بررسی در نمونه رسوب، B_n = غلظت پیشینه جهانی ژئوشیمیایی فلز n (ارائه شده در شیل Shale average) (Sulaiman و همکاران، ۲۰۱۹)، C_{Fe}= غلظت عنصر مرجع (آهن) در نمونه رسوب، C_{Fe} = غلظت پیشینه جهانی ژئوشیمیایی عنصر مرجع

شاخص زمین انباشت (Igeo: Geo-accumulation index) مولر: شاخصی جهت بررسی و دسته‌بندی میزان آلودگی مناطق یا رسوبات مناطق مختلف یک اکوسیستم آبی برای تک‌تک فلزات سنگین مورد بررسی در یک مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Zuo و همکاران، ۲۰۱۶).

$$I_{geo} = Log_2\left(\frac{C_n}{1.5\ B_n}\right)$$

Igeo= شاخص زمین انباشت، Cn= غلظت فلز n در نمونه رسوب مورد مطالعه، Bn= غلظت پیشینه جهانی ژئوشیمیایی فلز n، ۱/۵= ضریب سنگ‌شناسی به‌علت واریانس فرسایشی خاک و سنگ‌ها (جدول ۱).

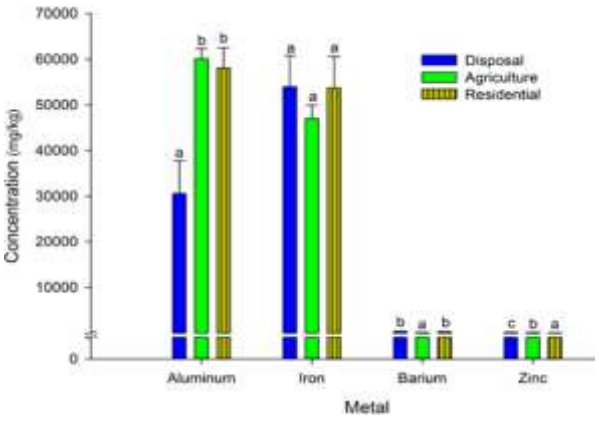
جدول ۱: دسته‌بندی مولر برای شاخص Igeo در رسوبات

کیفیت رسوب	طبقه Igeo	Igeo
غیر آلوده	۰	< ۰
غیر آلوده - نسبتاً آلوده	۱	۱-۰
نسبتاً آلوده	۲	۲-۱
نسبتاً آلوده - خیلی آلوده	۳	۳-۲
خیلی آلوده	۴	۴-۳
خیلی آلوده - شدیداً آلوده	۵	۵-۴
شدیداً آلوده	۶	>۶

پردازش آماری داده‌ها: پردازش آماری همه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت. ابتدا جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنو استفاده شد. جهت آنالیز آماری داده‌های از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Sigmaplot نسخه ۱۲ استفاده شد.

نتایج

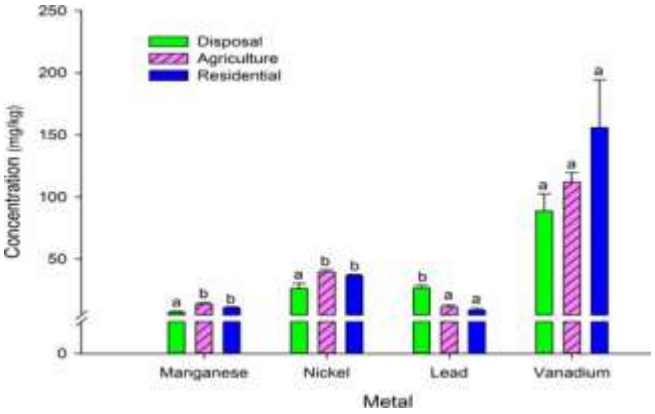
غلظت فلزات سنگین در رسوبات: غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از تالاب کیاکلایه که تحت تاثیر آلاینده‌های ناشی از دپوی زباله شهری، پساب کشاورزی و پساب منطقه مسکن مهر هستند پس از آنالیزهای آماری، در برخی موارد بین ایستگاه‌ها غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. به‌طوری‌که غلظت آلومینیوم در رسوباتی که تحت تاثیر پساب کشاورزی و مسکن مهر هستند به‌میزان قابل توجهی بیش‌تر از ایستگاهی است که تحت تاثیر دپوی زباله قرار دارد ($p<۰/۰۵$). از طرفی میزان غلظت باریم و روی به‌ترتیب در رسوبات ایستگاه‌های تحت تاثیر پساب کشاورزی و مسکن مهر کم‌تر از ایستگاه تحت تاثیر دپوی زباله بود (شکل ۲، $p<۰/۰۵$).



شکل ۲: نمودار غلظت آلومینیوم، آهن، باریم و روی در رسوبات سه منطقه تالاب کیاکلایه که تحت تاثیر پساب مسکن مهر و کشاورزی و هم‌چنین منطقه دپوی زباله قرار دارند.

غلظت منگنز و نیکل در بخش منطقه مسکن مهر و کشاورزی در مقایسه با ایستگاهی که تحت تاثیر دپوی زباله قرار دارد میزان خیلی بالاتری نشان داد، در صورتی‌که میزان سرب اندازه‌گیری شده در رسوبات نزدیک به دپوی زباله شهری به لحاظ آماری در مقایسه با دو ایستگاه دیگر غلظت بالاتری را نشان داد (شکل ۳، $p<۰/۰۵$).

ضریب غنی شدگی (EF: Enrichment factor): نتایج حاصل از بررسی وضعیت غنای غلظت فلزات مورد بررسی در مطالعه حاضر براساس انتخاب فلز آهن به‌عنوان معیار مقایسه‌ای با EF برابر با ۱ (EF= ۱) نشان داد که در رسوباتی از تالاب کیاکلایه که تحت تاثیر آلودگی ناشی از دپوی زباله قرار دارند، تنها EF مربوط به فلز روی بالاتر از عدد معیار می‌باشد (EF= ۱/۷۶۷۳)، ولی دیگر فلزات در این ایستگاه همگی میزان EF پایین‌تر و نزدیک به عدد معیار را نشان دادند. این فاکتور در رسوباتی که پساب‌های کشاورزی را دریافت می‌کنند، درخصوص آلومینیوم EF به‌ترتیب اعداد ۱/۶۹۴۹ به‌دست آمد. هم‌چنین در ایستگاهی که پساب مسکن‌مهر وارد می‌شود، میزان این فاکتور درخصوص فلز وانادیم بالاتر از واحد معیار یعنی به‌ترتیب ارقام ۱/۳۵۶ و ۱/۰۵۳ را نشان داد (جدول ۲).



شکل ۳: نمودار غلظت منگنز، نیکل، سرب و وانادیم در رسوبات سه منطقه تالاب کیاکلایه که تحت تاثیر پساب مسکن مهر و کشاورزی و هم‌چنین منطقه دپوی زباله قرار دارند.

شاخص زمین انباشت (Igeo: Geoaccumulation index): نتایج حاصل از چگونگی و مقایسه وضعیت انباشتگی فلزات مورد بررسی در رسوبات سه ایستگاه نمونه‌برداری تالاب کیاکلایه در جدول ۲ نشان داده شده است. در رسوباتی از تالاب که تحت تاثیر دپوی زباله شهری قرار دارند نشان داده شد که براساس دسته‌بندی مولر، فلز روی (Igeo =۰/۴۳۱) در مقایسه با دیگر فلزات مورد بررسی در این ایستگاه به‌عنوان آلاینده‌ای است که با توجه به‌میزان غلظت خود کیفیت رسوبات را به‌سمت تا حدودی آلوده پیش‌برده‌است (جدول ۲).

همبستگی بین فلزات سنگین در رسوبات: نتایج حاصل از آزمون پیرسون نشان داد که همبستگی مثبت بسیار بالایی در سطح اطمینان ۹۵ تا ۹۹ درصد بین با وانادیم، روی، سرب، نیکل و آهن و هم‌چنین با همین درصد اطمینان بین آهن با وانادیم، روی و سرب در رسوبات ایستگاهی از تالاب که آلاینده‌های مسکن مهر به‌آن وارد می‌شود، وجود دارد (جدول ۳).

جدول ۲: شاخص زمین انباشت (Igeo) و ضریب EF نمونه‌های بررسی شده

ایستگاه	فلز							
	آلومینیوم	باریم	آهن	منگنز	نیکل	سرب	وانادیم	روی
منطقه دپوی زباله	-۱/۹۶۸[a]	-۱/۱۹۳[a]	-۰/۳۹۰[a]	-۷/۵۲۵[a]	-۱/۹۴۸[a]	-۰/۱۶۷[a]	-۱/۱۳۶[a]	۰/۴۳۱[b]
منطقه کشاورزی	-۰/۹۹۶ [a]	-۲/۷۳۱ [a]	-۰/۵۹۰ [a]	-۶/۵۵۵ [a]	-۱/۳۶۶ [a]	-۱/۳۹[a]	-۰/۷۹۸[a]	-۰/۰۹۴[a]
منطقه مسکن مهر	-۱/۰۴۶ [a]	-۱/۴۱۸ [a]	-۰/۳۹۷ [a]	-۶/۸۹۲ [a]	-۱/۴۶۸ [a]	-۱/۷۶۹[a]	-۰/۳۲۱ [a]	-۰/۵۸۴ [a]
منطقه دپوی زباله	۰/۳۳۵۰	۰/۵۷۲۹	۱	۰/۰۰۷۱	۰/۳۳۹۶	*۱/۶۷	۰/۵۹۶۳	*۱/۷۶۷۳
منطقه کشاورزی	*۱/۶۹۴۹	۰/۰۱۲۲	۱	۰/۰۱۸۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۲۰

a: غیرآلوده b: کمی آلوده

جدول ۳: همبستگی فلزات سنگین در رسوبات در دو ایستگاه مسکن مهر و محل پساب زباله شهری

		آلومینیوم	باریم	آهن	منگنز	نیکل	سرب	وانادیم	روی
تحت تاثیر پساب مسکن	مس	**۰/۹							
	آهن			۱					
	منگنز		*-۰/۷۹	**۰/۹۷	۱				
	نیکل					۱			
	سرب			*۰/۸۷			۱		
	وانادیم			**۰/۹۹	*۰/۸۵		*۰/۸۵	۱	
	روی			**۰/۹۲		*۰/۸۷		**۰/۹۴	**۱**
دپوی زباله شهری	آرسنیک				** ۰/۹	* ۰/۷۷			
	باریم								*-۰/۷۷
	مس					*۰/۷۵			
	آهن					-*۰/۸۶			

** همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد (p<۰/۰۱) * همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد (p<۰/۰۵)

در رسوبات ایستگاهی از تالاب که تحت تاثیر آلاینده‌های ناشی از دپوی زباله شهری قرار دارد بین فلزات سنگین مورد بررسی همبستگی‌های کم‌تری مشاهده شد. در بخشی از تالاب بین منگنز با آرسنیک همبستگی مثبت بالایی با سطح اطمینان ۹۹ درصد مشاهده شد. اما در بخشی از رسوبات تالاب که پساب‌های کشاورزی باعث آلوده شدن آن می‌گردد، تنها بین باریم و وانادیم همبستگی مثبت با سطح معنی‌داری ۹۵ درصد مشاهده شد.

بحث

سرعت بالای رشد صنعت و توسعه اقتصادی در مناطق ساحلی باعث ورود حجم بالایی از فلزات‌سنگین از طریق پساب‌های مدیریت نشده صنعتی و شهری به‌درون محیط‌های آبی می‌گردد.امروزه آلودگی اکوسیستم‌های آبی (به‌ویژه تالاب‌ها) به فلزات سنگین به‌عنوان یکی از مشکلات جهانی زیست محیطی مطرح است. از دیدگاه ژئوشیمی زیست‌محیطی، رسوبات مهم‌ترین بخش سنگ کره به‌شمار می‌روند، زیرا رسوبات نقش خیلی مهمی در کنترل فلزات در محیط‌های آبی ایفا می‌کنند (Mashiatullah ، ۲۰۱۳). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت آلومینیوم در رسوبات ایستگاه‌هایی از تالاب کیاکلایه که تحت تاثیر پساب‌های کشاورزی و مسکن مهر می‌باشند، به‌میزان قابل توجهی بیش‌تر از ایستگاهی است که تحت تاثیر منطقه دپوی زباله شهری است که می‌تواند ناشی از کودهایی مورداستفاده در کشاورزی باشد که حاوی میزان بالایی از آلومینیوم هستند (Kareem، ۲۰۱۵). هم‌چنین وجود سولفات آلومینیوم Al2(SO4)3 در شوینده‌ها به‌عنوان عامل کف‌زا در صابون‌ها و ژل‌ها (Saunders و Powers، ۱۹۸۷) و ترکیب رنگ‌ها (Takassi و Hamoule، ۲۰۱۴؛ Asfaram و همکاران، ۲۰۱۸) می‌تواند از دلایل بالا بودن میزان آلومینیوم در این بخش از تالاب باشد. در تحقیق فاضلی و همکاران (۱۳۹۴) در تالاب میقان اراک غلظت این فلز بالا گزارش شده است و دلیل آن را پساب‌های صنعتی‌وارده به تالاب بیان کردند.قابل ذکر است که بیش‌تر آلومنیوم وارد شده به تالاب‌ها و رودخانه‌ها می‌تواند از منبع پساب‌های سولفاته باشد. (فاضلی و همکاران، ۱۳۹۴)

باریم تقریباً ۰/۰۴ درصد از پوسته زمین را شامل می‌شود و به همین خاطر در محیط زیست تقریباً با غلظت‌های بالا حضور دارد. باریم به‌طور طبیعی از طریق هوازدگی سنگ‌ها و از طریق آنتروپوژنیک به‌ویژه صنعت به درون اکوسیستم‌ها راه پیدا می‌کند (Nordberg و همکاران، ۲۰۱۴). در مطالعه حاضر نشان داده شد که میزان باریم در رسوبات دو ایستگاه نمونه‌برداری که تحت تاثیر پساب مسکن مهر و منطقه دپوی زباله شهری هستند به لحاظ آماری بالاتر از ایستگاه دیگر است. با توجه به این‌که این فلز در محیط خانگی می‌تواند در ساختار رنگ‌ها، لامپ‌های فلورسنت و کم مصرف، کاشی، سرامیک و موزائیک استفاده شده باشد. لذا می‌توان این عوامل را دلیل بالا بودن غلظت باریم در پساب مسکن مهر لحاظ کرد. هم‌چنین به‌دلیل استفاده بالای این فلز در صنعت لاستیک‌سازی، پلاستیک‌سازی، ظروف شیشه‌ای، جوشکاری و در نهایت دپوی این محصولات در منطقه دپوی زباله شهر (Nordberg، ۲۰۱۴)، می‌توان اذعان داشت که این عوامل باعث شده که میزان باریم در رسوبات بخشی از تالاب که تحت تاثیر محل دپوی زباله شهری هستند، افزایش یابد. روی (Zn) در بین عناصر حدود ۰/۰۲ درصد از وزن پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. این فلز بعد از آهن، آلومینیوم و مس بیش‌ترین مصرف صنعتی را در دنیا به‌خود اختصاص داده است. مطالعات نشان دادند که در طی سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۸۳ حدود ۳۷۵-۷۷ هزار تن از این فلز وارد اکوسیستم‌های آبی گشت (Nordberg، ۲۰۱۴). امروزه جهت تولید محصولات فلزی مقاوم به خوردگی، همگی به‌صورت آلیاژهایی تولید می‌شوند که حتماً باید در ساختار آن‌ها فلز روی به‌کار گرفته شود. در نتیجه بیش‌ترین مصرف این فلز در بحث ساخت ورقه‌های گالوانیزه و گالوانیزه کردن می‌باشد که تقریباً نیمی از مصرف صنعتی فلز روی را به‌خود اختصاص داده است. بنابراین احتمالاً دلیل بالا بودن غلظت این فلز در ایستگاه‌هایی از تالاب که تحت تاثیر مکان دپوی زباله شهری و پساب کشاورزی هستند، به‌ترتیب می‌تواند دپوی مواد حاوی گالوانیزه و کودهای کشاورزی و حشره‌کش‌های حاوی روی (سولفات روی) باشد. نتایج این تحقیق با نتایج خزایی و خباز (۱۳۹۱) مطابقت دارد و غلظت روی در تالاب انزلی نیز از استانداردهای جهانی بالاتر بوده است. در قرن حاضر، میانگین غلظت نیکل در رسوبات سطحی تقریباً ۲۵ برابر افزایش یافته است. گزارش شده که میزان غلظت این فلز در اکوسیستم‌های آب شیرین بیش‌تر از محیط‌های دریایی است. هم‌چنین آلودگی فلزاتی مثل نیکل در خاک‌ها کشاورزی به‌خاطر فعالیت‌های صنعتی و استفاده از سوخت‌های فسیلی افزایش یافته است (Islam و همکاران، ۲۰۱۹). از این‌رو این موضوع می‌تواند تنها یکی از دلایل افزایش نیکل در پساب شهری باشد، ولی به‌طور کلی در مطالعه حاضر نمی‌توان با اطمینان بالا به منابع اصلی رهایش این فلز به درون پساب مسکن مهر اشاره نمود. این حقیقت برای فلز منگنز در صنعت و محیط خانگی و شهری نیز صدق می‌کند (Schofield، ۲۰۱۷). اگرچه درخصوص بخشی از تالاب که پساب کشاورزی وارد می‌شود، می‌توان گفت که کودهای کشاورزی به‌ویژه سولفات منگنز احتمالاً باعث افزایش این فلز در آن بخش از تالاب می‌گردد. حجم بالایی از زباله‌های جامد شهری که در محل‌های دپوی زباله دفع می‌شوند شامل مواد پلاستیکی، منسوجات، مواد حاوی رنگ‌های مختلف، زباله‌های الکترونیکی و غیره هستند و از طرفی این نوع از زباله‌ها در ساختار آن‌ها به‌میزان خیلی زیادی کادمیوم، سرب و کروم استفاده می‌شود، بنابراین در شیرابه و خاک این مکان‌ها، میزان بالایی از فلزات مذکور قابل سنجش می‌باشد (Tangahu و همکاران، ۲۰۱۱؛ Zou و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج این مطالعه بیان می‌کند که غلظت سرب، در رسوباتی از تالاب که تحت تاثیر منطقه دپوی زباله شهری قرار دارند به‌میزان قابل توجهی در مقایسه با دو ایستگاه دیگر افزایش معنی‌دار داشته است. بنابراین می‌توان گفت که به‌دلایل فوق الذکر، تجمع بالای این فلزات در رسوبات بخشی از تالاب که نزدیک به محل دپوی زباله‌های شهری است به احتمال خیلی زیاد ناشی از زباله‌های ذکر شده، می‌باشد. هم‌چنین مطالعه Mirroshandel و Abdous (۲۰۱۳) در تالاب انزلی 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. هم‌چنین فلاح و همکاران (۱۳۸۶) نیز غلظت نیکل و سرب را در تالاب انزلی بالاتر از استانداردهای جهانی گزارش کرده‌اند (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶). در گزارشی دیگر در تالاب چغاخور غلظت فلزات آهن، منگنز، نیکل، روی و مس پایین‌تر از استانداردهای جهانی اعلام شده است که می‌تواند به‌دلیل بکر بودن و دور بودن این تالاب از منطقه مسکونی باشد درحالی‌که درباره تالاب کیاکلایه این شرایط صدق نمی‌کند (علی‌بیگی و همکاران، ۱۳۹۶).

فاکتور ضریب غنی‌شدگی (EF) ابزاری بسیار مفید جهت ارزیابی میزان آلودگی‌ها در محیط می‌باشد، چراکه درخصوص تک‌تک عناصر فلزی درون رسوبات مورد بررسی بیان می‌کند که تحت تاثیر عوامل آنتروپوژنیک در غلظت آن‌ها چه تغییری رخ داده است است. نتیجه حاصل از این ضریب برای هر عنصر مورد مطالعه هر چقدر به ضریب غنی‌شدگی عنصر مرجع نزدیک باشد (یعنی به عدد ۱) نشان‌دهنده این است که عنصر مورد مطالعه با درصد بسیار بالا منشا طبیعی دارد و هرچه از ضریب عنصر مرجع بیش‌تر باشد (EF>۱) نشان‌دهنده این است که عوامل آنتروپوژنیک نقش خیلی زیادی در افزایش غلظت آن عنصر در مکان مورد مطالعه دارند (Wang و همکاران، ۲۰۱۵؛ Mashiatullah و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به این‌که در مطالعه حاضر آهن (Fe)

به‌عنوان عنصر مرجع با EF=۱ انتخاب شده‌است، در رسوبات ایستگاهی از تالاب که تحت تاثیر دپوی زباله شهری است، روی و سرب به‌ترتیب با EF=۱/۷۶ و EF=۱/۶۷ دو فلزی هستند که در این بخش از تالاب آلودگی ناشی از غلظت بالای آن‌ها بیش‌تر منشا آنتروپوژنیک دارد (سرب < روی=EF). هم‌چنین نشان‌داده شد که رسوباتی از تالاب که پساب کشاورزی را دریافت می‌کنند، بالاترین آلودگی مربوط به کادمیوم با EF= ۶/۳۶ به‌دست آمد که نشان از دخالت بسیار بالای عوامل آنتروپوژنیک در غلظت فلز مذکور در این بخش از تالاب دارد، و نیز آلومینیوم در این بخش از تالاب به‌عنوان دومین فلز با منشا آنتروپوژنیک با EF=۱/۶۹ شناخته شد (آلومینیوم < کادمیوم=EF). رسوباتی از تالاب که پساب مسکن مهر به آن‌جا وارد می‌گردد. به‌طورکلی براساس فاکتورهای غنی‌شدگی به‌دست آمده از فلزات مورد مطالعه در سه منطقه تالاب کیاکلایه این موضوع را اثبات می‌کند که در بین فلزاتی که فاکتور مذکور بیش‌تر از عنصر مرجع (EF=۱) می‌باشد، روی بیش‌ترین منشا آنتروپوژنیک و وانادیم کم‌ترین منشا آنتروپوژنیک را دارد (وانادیم< سرب < آلومینیوم < روی= EF). شاخص زمین انباشت (Igeo) مولر نیز برای بررسی تجمع فلزات سنگین در رسوبات استفاده می‌شود و درجه آلودگی فلز را در رسوبات محیط‌های آبی و هم‌چنین نقشه‌ای از وضعیت آلودگی مناطق کوچک یک اکوسیستم نشان می‌دهد. این شاخص دارای چند طبقه آلودگی است که هر کدام از این طبقات نشان‌دهنده میزان آلودگی مربوط به فلز مورد مطالعه است به‌طوری‌که فلزات سنگین مورد مطالعه برحسب میزان غلظت خود می‌توانند در طبقه شدت آلودگی متفاوتی قرار بگیرند (جدول ۲) (Fosu-Mensah و همکاران، ۲۰۱۶؛ Mashiatullah و همکاران، ۲۰۱۳). براساس نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری شاخص زمین انباشت در مطالعه حاضر و مقایسه آن‌ها با طبقه‌بندی مولر می‌توان گفت که در رسوباتی از تالاب که تحت تاثیر محل دپوی زباله هستند تنها فلز روی با "۱> Igeo >۰" در طبقه دوم یعنی غیرآلوده- نسبتاً آلوده قرار می‌گیرد ولی سایر فلزات همگی میزان آلودگی در طبقه غیرآلوده نشان دادند. در رسوبات محل تخلیه پساب مسکن مهر بالاترین نیز تمامی فلزات در طبقه غیرآلوده قرار می‌گیرند.

با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که سه منبع بررسی شده که دخیل در آلودگی تالاب هستند، همگی نقش بالایی در افزایش آلاینده‌های فلزی سمی در اکوسیستم مورد مطالعه داشته‌اند. به‌طوری‌که افزایش خیلی بالای بار آلودگی این فلزات توسط یک منبع آلودگی (پساب مسکن مهر) و از طرف دیگری تخلیه پساب‌های حاوی فلزات سنگین خیلی خطرناک ولو در میزان کم از منبع دیگر آلودگی تالاب، اکوسیستم را به‌لحاظ اکولوژیک و بیولوژیک ناشی از فلزات سنگین، سمی و آلوده کرده‌اند. اگرچه شاخص‌های زمین انباشت و ضریب غنی‌شدگی برای اکثر عناصر عدد محدود غیر آلوده و یا کمی آلوده را نشان می‌دهد اما غلظت‌های به‌دست آمده در عناصری مانند باریم و وانادیم نشان می‌دهد که خیلی زودتر از آن‌چه مورد انتظار است این منطقه از نظر این عناصر نیز در محدوده آلوده قرار خواهد گرفت و تجمع این فلزات روز به روز بیش‌تر خواهد شد. غلظت بالای سرب و آلومنیوم به‌خصوص در ایستگاه‌های مسکن مهر و محل دپوی زباله‌ها نیز در وضعیت هشدار قرار دارد و با توجه به روند شهرنشینی و عدم مدیریت صحیح فاضلاب‌ها توسط سازمان محیط‌زیست و شهرداری این وضعیت می‌تواند خطرناک‌تر نیز شود. لذا به‌نظر می‌رسد به توجه به اهمیت این تالاب که به نوعی نقش اکولوژیک و محیط زیستی در زیست بوم منطقه دارد مطالعات و پایش‌های بعدی باید انجام شده و در صورت نیاز اقداماتی در جهت بهبود شرایط انجام گردد.

منابع

۱. **خزایی، ط. و پورخباز، ع.، ۱۳۹۱.** بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی با اندازه‌های متفاوت مطالعه موردی: تالاب انزلی. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب. جلد ۳، شماره ۱۱، صفحات ۴۷ تا ۵۶.

۲. **رمضانی‌گورابی، ب.، ۱۳۸۵.** شناخت پتانسیل‌های اکوتوریستی آسایش زیست اقلیمی (بیوکلیماتیک) تالاب کیاکلایه لنگرود با روش اوانز. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره ۷، صفحات ۷۳ تا ۸۷.

۳. **طباطبایی، ا.؛ گندمکار، م.؛ اسکندری، ص. و طباطبایی، ا.، ۱۳۹۶.** بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین خاک تالاب بندعلی‌خان ورامین و تاثیرات زیست‌محیطی. فصلنامه مطالعات علوم محیط زیست. جلد ۲، شماره ۳ ، صفحات ۴۷۶ تا ۴۸۴.

۴. **طلایی، ف. و دریادل، ا.؛ ۱۳۹۴.** بررسی چالش‌های تالاب انزلی و راهکارهای رفع آن در چارچوب کنوانسیون رامسر. مجله حقوقی بین‌المللی. شماره ۵۲، صفحات ۲۷۷ تا ۳۱۲.

۵. **عقیلی، ک. و آقایی‌مقدم، ع.، ۱۳۹۶.** سنجش میزان تجمع فلزات سنگین آب و رسوب قبل و بعد از پرورش ماهی دریایی (*Cyprinus carpio*) در محیط محصور در خلیج گرگان (شرق کانال خوزینی). فصلنامه محیط‌زیست جانوری. جلد ۱۰، شماره ۴، صفحات ۳۳۱ تا ۳۳۸.

۶. **علی‌بیگی، ح.؛ میرزایی، ا. و زمانی‌احمدمحمودی، ر.، ۱۳۹۶.** بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی تالاب چغاخور. محیط‌شناسی. جلد ۴۳، شماره ۱، صفحات ۱۴۹ تا ۱۶۱.

۷. **فاضلی، ف. و شعبانی‌فردجهرمی، س.، ۱۳۹۴.** ارزیابی غلظت فلزات سنگین در تالاب میقان اراک. زیست‌شناسی کاربردی. جلد ۲۸، شماره ۲، صفحات ۷۵ تا ۹۴.

۸. **فلاح،م.؛ پیرعلی‌زفره‌ئی، ا. و هدایتی، ع.،۱۳۹۶.** ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی فلزات سنگین در تالاب بین‌المللی انزلی در بازه زمانی ۱۳۸۶-۱۳۹۳. مجله بهداشت و توسعه. جلد ۸، شماره ۲، صفحات ۱۱۴ تا ۱۲۸.

۹. **فیروزشاهیان، ن.؛ پاینده، خ. و سبزعلی‌پور، س.، ۱۳۹۷.** ارزیابی آلودگی فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم و وانادیوم) در آب و رسوبات تالاب هورالعظیم استان خوزستان. فصلنامه محیط زیست جانوری. جلد ۱۱، شماره ۴، صفحات ۳۵۹ تا ۳۶۸.

۱۰. **مرتضوی، ث. و صابری‌نسب، ف.، ۱۳۹۶.** پهنه‌بندی غلظت و ارزیابی ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در رسوبات تالاب میقان. فصلنامه اکوهیدرولوژی. جلد ۴، شماره ۲، صفحات ۵۳۳ تا ۵۴۵.

۱۱. **مرتضوی، ث.؛ رحمانی، ج. و چمنی، ع.، ۱۳۹۶.** پایش زیستی فلزات سنگین با استفاده از گیاه نی (*Phragmites australis*) در تالاب هشیلان کرمانشاه. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. جلد ۱۹، شماره ۴، صفحات ۶۷ تا ۷۹.

12. **Asfaram, A.; Ghaedi, M.; Dashtian, K. and Ghezelbash, G.R., 2018.** Preparation and characterization of Mn0. 4Zn0. 6Fe2O4 nanoparticles supported on dead cells of Yarrowia lipolytica as a novel and efficient adsorbent/biosorbent composite for the removal of azo food dyes: central composite design optimization study. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. Vol. 6, No. 7, pp: 4549-4563.

13. **Cao, X.; Ma, L.Q. and Shiralipour, A., 2003.** Effects of compost and phosphate amendments on arsenic mobility in soils and arsenic uptake by the hyperaccumulator, *Pteris vittata* L. Environmental Pollution. Vol. 126, No. 2, pp: 157-167.

14. **Fosu-Mensah, B.; Okoffo, Y.; Darko, E. and Gordon, G., 2016.** Assessment of organochlorine pesticide residues in soils and drinking water sources from cocoa farms in Ghana. Springer Plus. Vol. 5, No.1, pp: 869.

15. **Friberg, L.; Elinder, G.; Kjellström, T. and Nordberg, G., 1986**. Cadmium and health: a toxicological and epidemiological appraisal. CRC Press Boca Raton, FL. 210 p.

16. **Gonçalves. Jr.; Nacke, A.; Schwantes, H. and Coelho, G., 2014.** Heavy Metal Contamination in Brazilian Agricultural Soils due to Application of Fertilizers. Environmental Risk Assessment of Soil Contamination. Ed. Intech Open. Vol. 4, pp: 105-135.

17. **Islam, M.A.; Awual, M.R. and Angove, M.J., 2019.** A review on nickel (II) adsorption in single and binary component systems and future path. J of Environmental Chemical Engineering. Vol. 7, No. 5, pp: 103305.

18. **Ju, Y.R.; Chen, C.F.; Chen, C.W.; Tsai, M.L.; Wu, J.C. and Dong, C.D., 2019.** An integrative assessment to determine the sediment toxicity of Kaohsiung Harbor in Taiwan: combining chemical analysis and cytotoxicity assay. Environmental Science and Pollution Research. Vol. 26, No. 33.

19. **Kareem, I.A.; 2015.** Soil chemical properties as influenced by *Albizia lebbeck* Benth (rattle tree) under agri silvicultural system (alley cropping) with *Solanum tuberosum* Lin.(potato). Donnish Journal of Horticulture and Forestry (UK). Vol. 1, No. 1, pp: 1-11.

20. **Mashiatullah, A.; Chaudhary, M.Z.; Ahmad, N.; Javed, T. and Ghaffar, A., 2013.** Metal pollution and ecological risk assessment in marine sediments of Karachi Coast, Pakistan. Environmental monitoring and assessment Vol. 185, No. 2, pp: 1555-1565.

21. **Miloskovic, A. and Simic, V., 2015**. Arsenic and Other Trace Elements in Five Edible Fish Species in Relation to Fish Size and Weight and Potential Health Risks for Human Consumption. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 24, No. 1, pp: 199-206.

22. **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; 2013 Dec 2-3; Tehran: Tehran University, Graduate Faculty of Environment. 14 p. (In Persian).

23. **Nordberg, F.; Fowler, A. and Nordberg, M., 2014**. Handbook on the Toxicology of Metals, Academic Pressm. 110 p.

24. **Nordberg, F.; Fowler, B.; Nordberg, M. and Friberg, T., 2007**. Introduction-general considerations and international perspectives. pp: 1-9.

25. **Öztürk, M.G.; Özözen, O. and Minareci, E., 2009**. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering. Vol. 6, No. 1, pp: 73-11.

26. **Pham, N.M.; Huynh, T.L. and Nasir, M.A., 2020.** Environmental consequences of population, affluence and technological progress for European countries: A Malthusian view. Journal of Environmental Management. Vol. 260, pp: 110143.

27. **Qin, Y.; Zhang, Z.; Li, L.; Chen, C.; Shun, S. and Huang, Y., 2013.** Inductively coupled plasma orthogonal acceleration time-of-flight mass spectrometry (ICP-oa-TOF-MS) analysis of heavy metal content in *Indocalamus tessellates* samples. Food chemistry. Vol. 141, No. 3, pp: 2154-2157.

28. **Saunders, F.M. and Powers, T.J., 1987.** Reclamation of Aluminum Finishing Sludges, School of Civil Engineering, Georgia Institute of Technology.

29. **Schofield, K., 2017.** The metal neurotoxins: an important role in current human neural epidemics? International journal of environmental research and public health. Vol. 14, No. 12, pp: 1511.

30. **Sulaiman, M.; Salawu, B. and Barambu, A.U., 2019.** Assessment of Concentrations and Ecological Risk of Heavy Metals at Resident and Remediated Soils of Uncontrolled Mining Site at Dareta Village, Zamfara, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. Vol. 23, No. 1, pp: 187-193.

31. **Takassi, M.A. and Hamoule, T., 2014**. Removal of Aluminum from Water and Industrial Waste Water. Oriental Journal of Chemistry. Vol. 31, No. 3, pp: 2365-2364.

32. **Tangahu, B.V.; Sheikh, Abdullah, S.R.; Basri, H.; Idris, M.; Anuar, N. and Mukhlisin, M., 2011.** A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. International Journal of Chemical Engineering. Vol. 2011, pp: 1-31.

33. **Wang, Y.; Yang, L.; Kong, L.; Liu, E.; Wang, L. and Zhu, J., 2015.** Spatial distribution, ecological risk assessment and source identification for heavy metals in surface sediments from Dongping Lake, Shandong, East China. Catena. Vol. 125, pp: 200-205.

34. **Zou, J.; Yu, K.; Zhang, Z.; Jiang, W. and Liu, D., 2009.** Antioxidant response system and chlorophyll fluorescence in chromium (VI)-treated *Zea mays* L. seedlings. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica. Vol. 51, No.1, pp: 23-33.