



Investigating the Potential of Native Plants in Phytoremediation of Heavy Metals and Nutrients in the Latian and Lar Dam Reservoirs

F. Kakouei Dinaki¹, M. Cheraghi^{2*}, B. Lorestani², S. Sobhan Ardakani³, and A. Chamani⁴

Abstract

Investigation and control of bioaccumulation of heavy metals is very important due to pollution load, ecological risk and very high consequences to human health as well as the uncertainty of the type, amount and manner of pollutants entering water sources. In this regard, determining the level of pollution of heavy metals, nitrate and phosphate in the Latian and Lar dam reservoirs, as well as the potential of Lemna minor, Typha Latifolia and Nasturtium microphyll in phytoremediation of heavy metals and nutrients of these sources were considered in this study. For this purpose, 40 water samples were collected from different depths of Latian and Lar dam lakes as well as 3 samples from the leaves of plant species at random intervals in summer and autumn. After preparing and processing the samples in the laboratory, the average residual concentration of elements was read by ICP. Results showed the mean concentrations of copper, lead, iron and nitrate in Latian dam lake as 0.009, 0.27, 0.10 and 0.07 mg/l, respectively. In Lar dam lake the concentrations were respectively 0.004, 0.26, 0.06 and 1.27 mg/l. In all cases except lead, the values were less than the standard allowable limits. Also, the average phosphate concentrations in Latian and Lar dam reservoirs were 0.07 and 1.27 mg/l, respectively, which was over the standard allowable limit in Lar dam reservoir. Also, in Latian dam, Lemna minor plant has high efficiency in removing lead and phosphate elements, Typha Latifolia has high efficiency in removing iron, and leek juice has high efficiency in removing copper and nitrate. In Lar dam, Typha Latifolia was more efficient in removing iron, copper, lead and nitrate, and leek juice in removing Phosphate. The low average concentration of heavy elements in the reservoir of Lar Dam compared to Latian Dam is related to the considerable area of good pastures and heavy rainfall in the Lar catchment; i.e. the type of land use, vegetation pattern and air humidity in Jajroud and Lar Dam catchments affect this issue.

Keywords: Water Resources, Heavy Metal Pollution, Phytoremediation, Latian Dam, Lar Dam.

Received: February 15, 2021

Accepted: August 14, 2021

بررسی قابلیت گیاهان بومی در گیاه‌پالایی فلزات سنگین و مواد مغذی در مخازن سد های لتیان و لار

فاطمه کاکویی دینکی^۱، مهرداد چراغی^{۲*}، بهاره لورستانی^۲، سهیل سبحان اردکانی^۳ و عاطفه چمنی^۴

چکیده

بررسی و کنترل تجمع زیستی فلزات سنگین به دلیل بار آلودگی، خطر اکولوژیکی و عوارض بسیار بالایی که برای سلامت انسان‌ها و همچنین نامشخص بودن نوع، مقدار و چگونگی ورود آلاینده‌ها به منابع آبی دارد از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد، در این راستا تعیین میزان آلودگی فلزات سنگین و نیترات و فسفات در مخازن سد های لتیان و لار و همچنین پتانسیل گیاهان لمنا، لویی و آب‌تره در گیاه‌پالایی فلزات سنگین و مواد مغذی این منابع مدنظر این بررسی قرار گرفت. به این منظور ۴۰ نمونه آب از اعماق مختلف دریاچه سد های لتیان و لار و ۳ نمونه از قسمت برگ گونه‌های گیاهی در فواصل تصادفی در فصول تابستان و پاییز جمع‌آوری و پس از آماده‌سازی و فرآوری نمونه‌ها در آزمایشگاه، میانگین غلظت باقیمانده عناصر توسط دستگاه‌های ICP و اسپکتروفتومتر قرائت شد. نتایج به‌دست‌آمده میانگین غلظت عناصر مس، سرب، آهن و نیترات در دریاچه سد لتیان به ترتیب ۰/۰۰۹، ۰/۲۷، ۰/۱۰ و ۰/۰۷ میلی‌گرم در لیتر و در دریاچه سد لار به ترتیب ۰/۰۰۴، ۰/۲۶، ۰/۰۶ و ۱/۲۷ میلی‌گرم در لیتر را نشان داد که در تمامی موارد به‌جز عنصر سرب کمتر از حد مجاز استانداردهای مربوطه بود. همچنین میانگین غلظت فسفات در دریاچه سد لتیان و لار به ترتیب ۰/۰۷ و ۱/۲۷ میلی‌گرم در لیتر بوده که در سد لتیان کمتر و در سد لار بیشتر از حد استاندارد می‌باشد. همچنین، در سد لتیان گیاه لمنا در حذف عناصر سرب و فسفات، گیاه لویی در حذف آهن و آب‌تره در حذف مس و نیترات کارایی بالایی داشته اما در سد لار گیاه لویی در حذف عنصر آهن، مس، سرب و نیترات، آب‌تره در حذف فسفات کارایی بالاتری داشته است. کم بودن میانگین غلظت عناصر سنگین در مخزن سد لار نسبت به سد لتیان با مساحت قابل توجه مراتع خوب و بارش فراوان در حوضه آبریز لار مرتبط است؛ بنابراین نوع کاربری اراضی، الگوی پوشش گیاهی و رطوبت هوا در حوضه‌های آبریز جاجرود و لار بر این مسأله تأثیرگذار می‌باشد.

کلمات کلیدی: منابع آب، آلودگی فلزات سنگین، گیاه‌پالایی، سد لتیان، سد لار.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۵/۲۳

1- Ph.D. Student in Environmental Science, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. Email: f.kakouei@gmail.com

2- Associate Professor in Environmental Sciences, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. Email: cheraghi@iauh.ac.ir, lorestanib@iauh.ac.ir

3- Professor in Environmental Science, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. Email: s_sobhan@iauh.ac.ir

4- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: Atefeh_chamani@yahoo.com

*- Corresponding Author

DOI: [20.1001.1.17352347.1400.17.2.9.2](https://doi.org/10.1001.1.17352347.1400.17.2.9.2)

۱- دانشجوی دکتری تخصصی محیط زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۳- استاد گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۴- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۴۰۰ امکانپذیر است.

۱- مقدمه

به امکان گیاه‌پالایی جلبک اسپیرولینا در آب آلوده و Lui et al. (2016)، به شناسایی نقاط بحرانی آلودگی منابع آب بر اساس چند عامل در مقیاس حوضه آبریز با تکنیک سوات و Schen et al. (2015)، به بررسی روش ارزیابی مبتنی بر همبستگی بر اساس بارش برای شناسایی مناطق بحرانی آلودگی منابع آب و Garajdani et al. (2015)، به ارزیابی نگرش‌های ساکنان و میزان تمایل ایشان به پرداخت هزینه‌های کنترل آلودگی آب در منطقه آلپ پرپا در جنوب شرقی آلبانی پرداخته است. در جمع‌بندی محقق از ۱۶ مطالعه انجام شده در ۵ سال گذشته در حوزه گیاه‌پالایی، بیشترین گیاه مورد استفاده به ترتیب لویی (۶ مورد)، لمانا (۵ مورد) و عدسک آبی (۴ مورد) و بیشترین آلودگی رفع شده به ترتیب کادمیوم (۷ مورد)، سرب (۸ مورد) و روی (۷ مورد) بوده است. اما آنچه این مطالعه را نسبت به مطالعات مشابه خود متفاوت کرده است، استفاده از گیاهان آبیزی مختص جغرافیایی منطقه حوضه‌های آبریز مورد مطالعه و قابلیت آنها در امر تصفیه فلزات سنگین و نیترات و فسفات با استفاده از فناوری کم‌هزینه، پایدار و سازگار با محیط‌زیست در مخازن سدهای لتیان و لار است.

۲- روش انجام کار

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

– **حوضه آبریز جاجرود:** حوضه آبریز جاجرود در شمال شرقی شهرستان تهران، بین طول ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۲ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی با مساحت ۱۸۹۰ کیلومتر مربع واقع شده است (مطابق شکل ۱). رودخانه جاجرود یکی از اصلی‌ترین رودخانه‌های تغذیه‌کننده سد لتیان و از رودهای مهم و حیاتی استان تهران است. با توجه به شرایط اقلیمی و توپوگرافی حوضه رودخانه جاجرود، مقادیر آب‌دهی در شاخه‌های اصلی و فرعی آن متغیر بوده و با تغییر عواملی چون بارندگی، ساختار زمین، توپوگرافی و مصارف منطقه‌ای آب، تفاوت‌های قابل توجهی در آب‌دهی آنها مشاهده می‌شود.

– **حوضه آبریز لار:** این حوضه در قسمت شمال شرق شهر تهران، بین عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۰ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۴۱ درجه و ۵۲ دقیقه و در مجاورت حوضه آبخیز سد لتیان با مساحتی بالغ بر ۷۳۰۰۰ هکتار واقع شده است (مطابق شکل ۱). حوضه یاد شده شامل زیر حوضه‌های دلیچای، سفیدآب، خرسنگ، آب‌سفید، برم گزل دره، امامهنگ، سیاه‌پلاس، کمردشت، خشکه‌رود و حوضه رودخانه‌های خشکه‌رود، لار، سوربندی است. در سال ۱۳۵۹ کار احداث سد لار به اتمام رسید و با استفاده از تونل ۲۶ کیلومتری لار- لتیان به منبع تأمین آب شرب تهران اضافه شد.

کشور ایران علی‌رغم برخورداری از طرح‌های متعدد توسعه منابع آب و کاربرد آنها، متأسفانه پذیرای متنوع‌ترین و گسترده‌ترین انواع آلاینده‌ها در منابع آب بوده و به دلیل تمرکز بسیاری از عوامل آلاینده صنعتی، شهری و کشاورزی؛ نگرانی‌های علمی و اجرایی زیادی در زمینه کیفیت و آلودگی منابع آبی خود دارد (Hosseini zare et al., 2001; Sahihi Oskoe et al., 2019). به‌طور کلی، آلودگی آب از طیف وسیعی از فعالیت‌های انسانی، شهری، صنعتی و کشاورزی نشأت می‌گیرد که در آن آلاینده‌ها منبع ورودی قابل مشاهده و معینی ندارند اما به‌صورت گسترده وارد منابع آب از جمله حوضه‌های آبریز و دریاچه‌های آب ذخیره در پشت دیواره سدها می‌شوند. آلودگی‌های فلزات سنگین فاکتور مهمی در تعیین کیفیت آب به‌ویژه آب‌های شیرین را نمایان می‌سازد؛ بنابراین، کنترل پیوسته آلودگی آب‌ها و منابع آلاینده‌ها از دشواری، پیچیدگی و به تبع آن، از اهمیت بالاتری برخوردار است (Zeiger et al., 2016; Nedjimi, 2021). از طرف دیگر، رفع آلودگی آب و بازگرداندن آب آلوده به سطح کیفیت مطلوب، کار بسیار دشوار و پرهزینه‌ای است؛ بنابراین، جلوگیری از آلودگی آب؛ به لحاظ زمان، هزینه و عقلانیت، اقدامی به‌صرفه می‌باشد. در این زمینه، پوشش گیاهی از جمله مواردی است که می‌تواند به کنترل منابع آلودگی کمک کند (Shen et al., 2015; Lui et al., 2016). در واقع، پوشش گیاهی بومی به‌عنوان فناوری پایدار، کم‌هزینه و سازگار با محیط‌زیست، قابلیت‌های متعددی دارد که از آن جمله به عملکرد فیلتر گونه در برابر آلودگی‌های هوا، آب، خاک و آلودگی صوتی می‌توان اشاره کرد (Singh et al., 2016). پژوهش‌های متعددی به مطالعه و ارزیابی به کنترل آلوده‌کننده آب‌های سطحی و زیرزمینی پرداخته‌اند. Sahihi Oskooi et al. (2019) به توانایی گیاه‌پالایی گونه‌های مرتعی در آلودگی مس و منگنز، Firooz shahian et al. (2018) به پایش عناصر سنگین کادمیوم، نیکل و وانادیوم در گیاهان آبی‌زی نی و لویی در تالاب هورالعظیم خوزستان پرداخته‌اند و همچنین Romani and Payandeh (2016) توانایی جذب جیوه و کادمیوم در گیاه ناز باتلاقی در رودخانه کرخه پرداخت. Kamasi et al. (2015) به ارزیابی کیفی آب‌های سطحی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در آلودگی این آب‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی انجام دادند و Bashiri and Sarang (2015)، به ارزیابی و برآورد نیتروژن و فسفر با استفاده از مدل سوات در حوضه آبریز سد ایلام پرداخته‌اند. Hamed and Mohammad (2020) در مطالعه‌ای راندمان حذف آلاینده‌های آمونیاک، مس و روی را توسط گیاه لمانا از محیط‌های آبی ارزیابی کرد. Galcynksa et al. (2019) کارآیی و راندمان گیاه لمانا در حذف آلودگی اکوسیستم‌های آبی را بررسی کرد. Adamia et al. (2018)

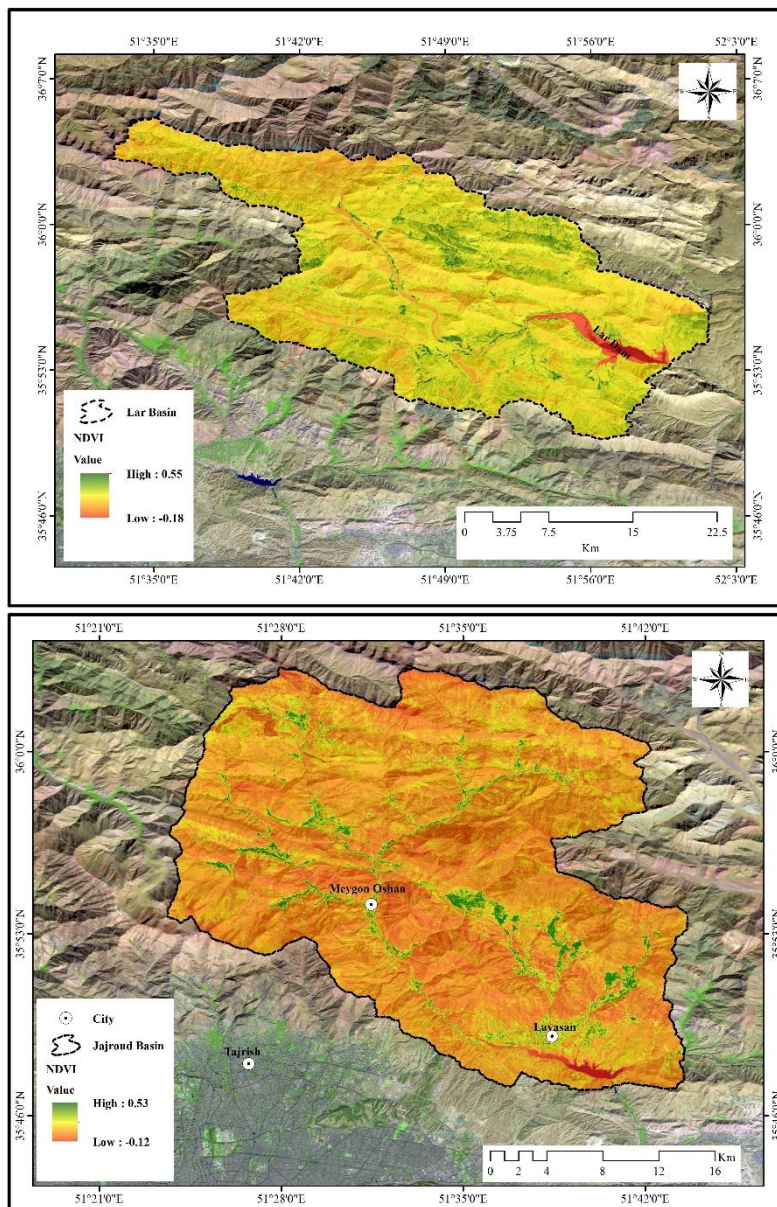


Fig. 1- Jajrud and Lar watershed geographical location

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه‌های آبریز جاجرود و لار

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شد. به منظور نمونه‌برداری از اعماق دریاچه هم از دستگاه نمونه‌برداری کمر نقطه‌ای استفاده شد (دستورالعمل ۲۷۴ نمونه‌برداری آب کشور). نمونه‌برداری از سطح تا عمق ۵۰ متری هر ۱۰ متر در ساحل دریاچه سد انجام گرفت و به عبارت دیگر، برای هر بار نمونه‌برداری از شش عمق مختلف (سطح، اعماق ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ متری) داخل دریاچه سدها تهیه گردید. همچنین از هر عمق تعداد سه نمونه تهیه شد؛ بنابراین، در مجموع برای هر بار نمونه‌برداری، ۱۸ نمونه از دریاچه سدها برداشت شد (Monavari et al., 2012).

نمونه‌برداری از آب: داده‌های کیفیت آب طی سه ماه در فصول تابستان و پاییز از ورودی و خروجی راکتور در داخل دریاچه سدها جمع‌آوری شد. در این راکتورها به صورت پایلوت بدون گیاه و حاوی گیاه‌های بومی هر کدام در سه نقطه در هنگام ورود و خروج، نمونه‌برداری آب انجام شد. برای این کار ۲ راکتور شیمیایی کوچک آزمایشگاهی به صورت پایلوت بدون گیاه و حاوی گیاه لویی، گیاه آب‌تره و گیاه لمنا با طول ۲ و عرض ۱/۵ متر و عمق ۶۰ سانتی‌متر و با زمان ماند ۴ روز ساخته شد. به منظور جمع‌آوری داده‌های میزان فسفات، نیترات و فلزات سنگین (شامل سرب، مس، آهن)، نمونه‌برداری از اعماق ساحل دریاچه سدها به صورت ماهانه برای

– اندازه‌گیری فسفات: برای اندازه‌گیری مقدار فسفات موجود در آب بعد از نمونه‌برداری از دستگاه اسپکتروفتومتر Hach مدل dr2800 استفاده شد (Mozaffarizadeh et al., 2013).

– اندازه‌گیری نیترات: برای اندازه‌گیری مقدار نیترات موجود در آب از دستگاه اسپکتروفتومتر Hach مدل dr2800 استفاده شد (Ahmadpoor et al., 2014).

– اندازه‌گیری فلزات سنگین: به‌منظور اندازه‌گیری میانگین غلظت باقیمانده فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی Perkin- Elmer مدل ۲۳۸۰ قرائت گردید (Malakoutian et al., 2013; Hassanpoor et al., 2010).

– نمونه‌برداری از گیاهان: نمونه‌برداری از گیاهان به روش نمونه برداری خطی (ترانسکت) انجام شد. به این منظور، نوار ترانسکت از مرکز شبکه راکتور به دو سمت شرق و غرب به‌صورت عمود نصب شده و نمونه‌برداری از گیاهانی که با ترانسکت در تماس بودند، صورت گرفت. حداقل سه نمونه از قسمت برگ هرگونه گیاهی در فواصل تصادفی جمع‌آوری گردید. طول ترانسکت و فاصله آن‌ها از یکدیگر و تعداد پلات‌های نمونه‌برداری (۱۰ نقطه در طول هر ترانسکت) با توجه به تغییرات پوشش گیاهی در دو حوضه آبریز و خصوصیات منطقه مطابق جدول ۱ و در شکل‌های ۳ و ۲ تعیین شدند (Kazemzadeh et al., 2011).

Table 1- Geographical coordinates of sampling stations

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

Station Number	Station Name	Geographical coordinates	
		Latitude	Longitude
1	Lar Dam Catchment	51,778560	35,959782
2	Lar Dam Catchment	51,811729	35,907360
3	Lar Dam Catchment	51,876670	35,913945
4	Latian Dam Catchment	51,624211	35,808650
5	Latian Dam Catchment	51,582518	35,820275
6	Latian Dam Catchment	51,564525	35,836174

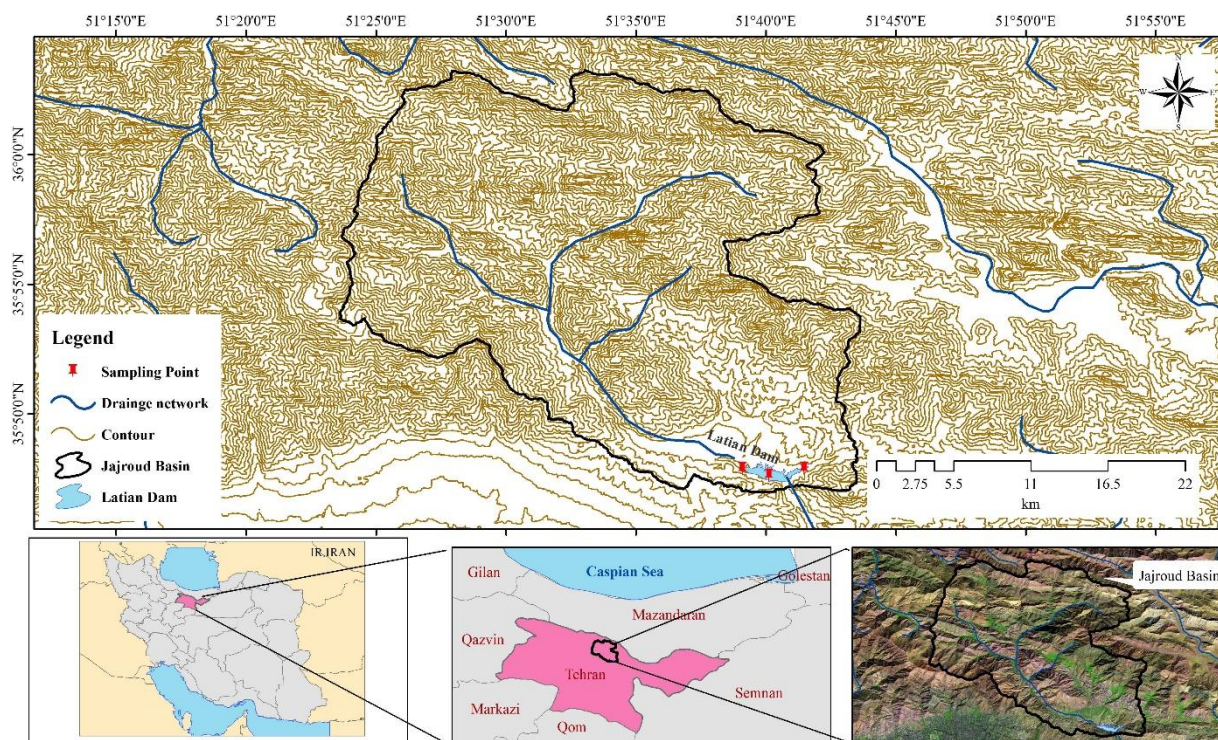


Fig. 2- Location of sampling stations in Latian Dam reservoir

شکل ۲- موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سد لتیان

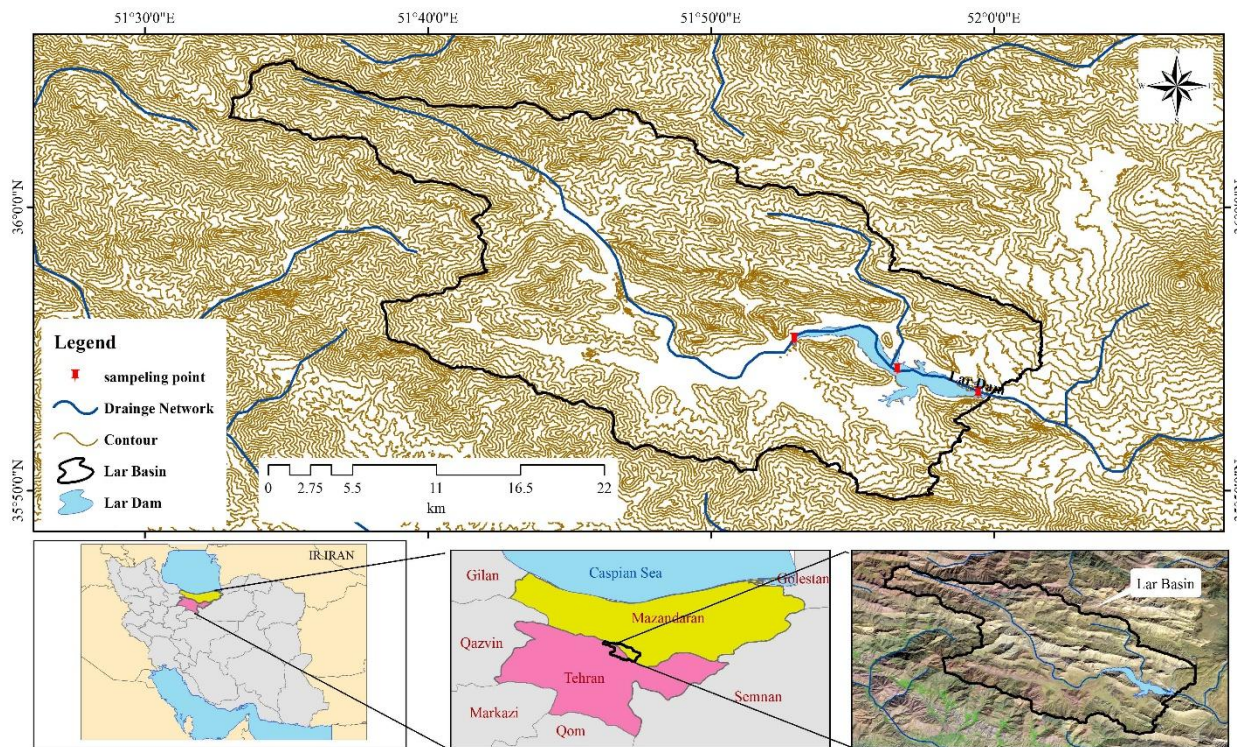


Fig. 3- Location of sampling stations in Lar Dam reservoir

شکل ۳- موقعیت استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سد لار

در میان عناصر سنگین مورد بررسی عنصر سرب در هر دو سد لتیان و لار به ترتیب با میانگین غلظت 0.26 ± 0.16 و 0.27 ± 0.20 میلی‌گرم بر لیتر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده درحالی‌که عنصر مس در هر دو سد لتیان و لار به ترتیب با میانگین غلظت 0.09 ± 0.01 و 0.04 ± 0.05 میلی‌گرم بر لیتر کمترین مقدار را داشته است. همچنین با توجه به نتایج حاصل، نیترات در هر دو سد لتیان و لار به ترتیب با میانگین غلظت $5/25 \pm 2/59$ و $2/52 \pm 1/04$ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین مقدار را در بین آلاینده‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده است، مقدار آلاینده‌ها در بازه زمانی مورد بررسی متغیر بوده و در فصول پرباران‌تر حجم آلودگی وارده به آب از منابع آلاینده دریاچه مانند رودخانه‌های منتهی به دریاچه، پساب خروجی از صنایع واقع در اطراف منطقه و آبشویی مراتع اطراف دریاچه در هر دو سد افزایش یافته و به تبع آن میانگین غلظت باقیمانده آلاینده‌های مورد بررسی در این پژوهش هم در آب در هر دو سد لتیان و لار افزایش یافته است. (Yari moghaddam et al. 2019). هم در تحقیقات خود به نتایج مشابه دست یافته و بیان کردند که در فصول تابستان و پاییز (کم‌آبی) و همچنین زمستان میانگین غلظت سرب کمتر از فصل بهار (پرآبی) بوده، زیرا در فصول کم‌آبی میانگین غلظت

برای تعیین میزان واقعی جذب عناصر سنگین توسط گیاهان لویی، لمانا و آب‌تره، ضریب انتقال عناصر از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$TF = Mpc/Msc \quad (1)$$

در رابطه (۱): TF نشان‌دهنده ضریب انتقال، Mpc بیانگر غلظت فلز سنگین در گیاه (میلی‌گرم در کیلوگرم) و Msc نیز نشان‌دهنده غلظت فلز سنگین در رسوب (میلی‌گرم در کیلوگرم) است (Bahmaniar, 2006).

پردازش آماری نتایج: برای پردازش آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. بدین صورت که از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها، از آزمون‌های تی تک نمونه‌ای، تحلیل واریانس یک‌طرفه (آزمون چند دامنه‌ای دانکن) و ضریب همبستگی پیرسون نیز به ترتیب برای مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین با رهنمود سازمان‌های جهانی، مقایسه میانگین غلظت عناصر بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری و همچنین گیاهان مورد بررسی استفاده شد.

۳- نتایج

نتایج مربوط به تعیین غلظت باقیمانده فلزات سنگین، نیترات، فسفات، دما و pH در نمونه‌های آب سدهای لتیان و لار (جدول ۲) می‌باشد.

Table 2- Mean concentrations of iron, lead, copper, nitrate and phosphate (mg/l), and pH and temperature (°C) in water samples

جدول ۲- میانگین غلظت عناصر آهن، سرب، مس، نیترات و فسفات (میلی گرم در لیتر) و pH و دما در نمونه‌های آب					
Latian Dam					
Sampling round	1	2	3	4	Standard ±Mean Deviation
Copper	0.012	0.024	0.001	0.001	0.009±0.01
Lead	0.10	0.11	0.37	0.52	0.27±0.20
Iron	0.001	0.169	0.025	0.208	0.10±0.10
Nitrate	3.1	8.6	6	3.3	5.25±2.59
Phosphate	0.147	0.083	0.009	0.08	0.07±0.05
Temperature	10	15	9.43	9	10.85±2.79
pH	8.37	8.37	8.27	8.30	8.32±0.05
Lar Dam					
Copper	0.003	0.001	0.012	0.001	0.004±0.005
Lead	0.08	0.46	0.33	0.20	0.26±0.16
Iron	0.029	0.002	0.119	0.124	0.06±0.06
Nitrate	3.6	2.8	1.10	2.6	2.52±1.04
Phosphate	0.778	0.08	4.1	0.15	1.27±1.90
Temperature	10	15	9.62	9	10.90±2.76
pH	8.33	8.16	8.10	8.12	8.17±0.10

تجمع یافته نیترات در سدهای لار و لتیان با مقادیر ۴/۵۱ و ۴/۱ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب مربوط به گیاهان لویی و آب تره و بیشترین غلظت تجمع یافته فسفات در سدهای لار و لتیان با مقادیر ۱/۲۳۵ و ۰/۱۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب مربوط به گیاهان آب تره و لمنا بوده است. باتوجه به یافته‌های مطالعه، در سد لتیان گیاه لویی در حذف آهن (میانگین غلظت تجمع یافته ۰/۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم)، آب تره در حذف مس (میانگین غلظت تجمع یافته ۰/۰۲۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم)، لمنا در حذف سرب (میانگین غلظت تجمع یافته ۰/۹۸ میلی گرم بر کیلوگرم)، آب تره در حذف نیترات (میانگین غلظت تجمع یافته ۴/۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و لمنا در حذف فسفات (میانگین غلظت تجمع یافته ۰/۱۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم)؛ و در سد لار گیاه لویی در حذف آهن، مس، سرب و نیترات (به ترتیب با میانگین غلظت تجمع یافته ۰/۰۸۴۵، ۰/۰۰۳، ۰/۲۸ و ۴/۵۱ میلی گرم بر کیلوگرم)، و آب تره در حذف فسفات (میانگین غلظت تجمع یافته ۱/۲۳۵ میلی گرم بر کیلوگرم) کارایی بالایی داشته‌اند. نتایج حاصل از مطالعه (2009) Ghanadpoor et al.، (2011) Ayatollahi et al. و (2013) Qaemi et al. هم مؤید نتایج حاصل از پژوهش حاضر هستند. (2015) Ugya et al. در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که گیاه لمنا بهترین گزینه برای حذف آلاینده‌ها است، زیرا بیشترین درصد کاهش و بالاترین بهره‌وری اولیه را نشان می‌دهد؛ (2005) Kara در پژوهش خود بیان کرد که آب تره توانایی بالایی در تجمع مس و روی داشته؛ اما در حذف نیکل کارایی زیادی ندارد. همچنین میانگین غلظت مس و سرب در این پژوهش به ترتیب ۱۱/۸۱ و ۱۲/۰۶ میکروگرم بر لیتر بوده است.

سرب کاهش یافته و بالا بودن غلظت این عنصر در بهار به علت شسته شدن خاک آلوده به فاضلاب روستایی و پساب‌های کشاورزی در اثر بارندگی است و یا ممکن است ناشی از زمین‌شناسی و خاک حوزه باشد.

نتایج حاصل از گروه‌بندی آماری میانگین غلظت تجمع یافته عناصر سرب، مس، آهن، نیترات و فسفات در نمونه‌های آب و گیاهان لویی، لمنا و آب تره در دو سد لار و لتیان (جداول ۳ تا ۵) می‌باشد، میانگین غلظت تجمع یافته عنصر مس در تمامی نمونه‌ها در سد لتیان از سد لار بیشتر بوده است، اما میانگین غلظت تجمع یافته عنصر آهن در تمامی نمونه‌های آب و گیاهان به جز گیاه لمنا در سد لتیان از سد لار بیشتر بوده است. همچنین، میانگین غلظت تجمع یافته عنصر مس در تمامی نمونه‌های آب و گیاهان لمنا، لویی و آب تره در سد لتیان از سد لار بیشتر بوده است. همچنین بیشترین غلظت تجمع یافته عنصر مس در سدهای لار و لتیان با مقادیر ۰/۰۰۳ و ۰/۰۲۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب مربوط به گیاهان آب تره و لویی بوده است. میانگین غلظت تجمع یافته عناصر سرب و نیترات در تمامی نمونه‌های آب و گیاهان به جز گیاه لویی در سد لتیان از سد لار بیشتر بوده، درحالی که میانگین غلظت تجمع یافته فسفات در تمامی نمونه‌های آب و گیاهان به جز گیاه لویی در سد لار از سد لتیان بیشتر بوده است. علاوه بر این، با توجه به نتایج حاصل از نمودارهای مذکور بیشترین غلظت تجمع یافته عنصر آهن در سدهای لار و لتیان به ترتیب با مقادیر ۰/۱۲ و ۱/۶ میلی گرم بر کیلوگرم مربوط به گیاه لویی، بیشترین غلظت تجمع یافته عنصر سرب در سدهای لار و لتیان با مقادیر ۰/۹۸ و ۰/۲۸ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب مربوط به گیاهان لمنا و لویی، بیشترین غلظت

Table 3- Mean concentration of iron, lead, copper, nitrate and phosphate (mg/l) in Lemna minor
جدول ۳- میانگین غلظت عناصر آهن، سرب، مس، نیترات و فسفات (میلی گرم در لیتر) در گیاه لمانا

Latian Dam					
Sampling round	1	2	3	4	Standard \pm Mean Deviation
Copper	0.00	0.02	0.023	0.011	0.012 \pm 0.01
Lead	0.00	0.001	0.21	0.37	0.098 \pm 0.18
Iron	0.00	0.1	0.025	0.107	0.058 \pm 0.05
Nitrate	2.07	6.19	5.17	2.11	3.885 \pm 2.11
Phosphate	0.099	0.171	0.101	0.08	0.112 \pm 0.03
Lar Dam					
Copper	0.001	0.00	0.0012	0.00	0.0005 \pm 0.00
Lead	0.02	0.216	0.201	0.10	0.134 \pm 0.09
Iron	0.025	0.10	0.109	0.104	0.084 \pm 0.03
Nitrate	2.06	1.071	1.082	1.63	1.460 \pm 0.47
Phosphate	0.551	0.07	3.2	0.009	0.957 \pm 1.51

Table 4- Mean concentration of iron, lead, copper, nitrate, and phosphate (mg / l) in Typha Latifolica
جدول ۴- میانگین غلظت عناصر آهن، سرب، مس، نیترات و فسفات (میلی گرم در لیتر) در گیاه لوبی

Latian Dam					
Sampling round	1	2	3	4	Standard \pm Mean Deviation
Copper	0.012	0.024	0.001	0.001	0.009 \pm 0.01
Lead	0.001	0.01	0.07	0.05	0.280 \pm 0.48
Iron	0.10	0.16	0.021	0.201	0.120 \pm 0.07
Nitrate	3.01	8	4.01	3.02	4.510 \pm 2.37
Phosphate	0.137	0.081	0.00	0.001	0.054 \pm 0.06
Lar Dam					
Copper	0.002	0.00	0.01	0.00	0.003 \pm 0.00
Lead	0.03	0.21	0.32	0.20	0.190 \pm 0.11
Iron	0.02	0.00	0.021	0.08	0.160 \pm 0.00
Nitrate	2.51	2.51	2.11	2	2.28 \pm 0.26
Phosphate	0.08	0.07	0.15	0.06	0.090 \pm 0.04

Table 5- Mean concentration of iron, lead, copper, nitrate, and phosphate (mg / l) in Nasturtium microphyllum

جدول ۵- میانگین غلظت عناصر آهن، سرب، مس، نیترات و فسفات (میلی گرم در لیتر) در گیاه آب تره

Latian Dam					
Sampling round	1	2	3	4	Standard \pm Mean Deviation
Copper	0.081	0.001	0.001	0.002	0.021 \pm 0.03
Lead	0.10	0.00	0.17	0.33	0.125 \pm 0.09
Iron	0.01	0.119	0.015	0.128	0.068 \pm 0.06
Nitrate	2.01	6.3	6.1	2.003	4.103 \pm 2.42
Phosphate	0.11	0.08	0.10	0.07	0.090 \pm 0.101
Lar Dam					
Copper	0.001	0.00	0.001	0.00	0.0005 \pm 0.00
Lead	0.01	0.16	0.13	0.01	0.077 \pm 0.07
Iron	0.00	0.013	0.107	0.10	0.055 \pm 0.05
Nitrate	2.51	1.07	0.27	0.21	1.015 \pm 1.07
Phosphate	0.71	0.08	4	0.15	1.23 \pm 1.86

لتیان (جدول ۳ تا ۵) بیانگر آن است که عنصر مس در هر دو سد لتیان و لار (به ترتیب با میانگین غلظت 0.12 ± 0.01 و 0.005 ± 0.001 میلی‌گرم بر لیتر در گیاه لمانا، 0.009 ± 0.001 و 0.03 ± 0.001 میلی‌گرم بر لیتر در گیاه لویی و غلظت 0.21 ± 0.03 و 0.005 ± 0.001 میلی‌گرم بر لیتر در گیاه آب‌تره) کمترین مقدار را به خود اختصاص داده درحالی‌که عنصر سرب در هر دو سد لتیان و لار (به ترتیب با میانگین غلظت 0.98 ± 0.18 و 0.19 ± 0.134 میلی‌گرم بر لیتر در گیاه لمانا، 0.28 ± 0.48 و 0.125 ± 0.09 میلی‌گرم بر لیتر در گیاه لویی و 0.077 ± 0.07 میلی‌گرم بر لیتر در گیاه آب‌تره) بیشترین مقدار را داشته است. همچنین، باتوجه به نتایج حاصل، میانگین غلظت تجمع یافته نیترا در هر دو سد لتیان و لار (به ترتیب با میانگین غلظت $3/885 \pm 2/11$ و $1/460 \pm 0/47$ میلی‌گرم بر لیتر در گیاه لمانا، $4/510 \pm 2/37$ و $2/28 \pm 0/26$ میلی‌گرم بر لیتر در گیاه لویی و $4/103 \pm 2/42$ و $1/015 \pm 1/07$ میلی‌گرم بر لیتر در گیاه آب‌تره) بیشترین مقدار را در بین آلاینده‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده است.

نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر مس، سرب، آهن و نیترا در نمونه‌های آب با رهنمود سازمان بهداشت جهانی، سازمان خواروبار جهانی و استاندارد کیفیت آب ایران (جدول ۶) ارائه شده است. میانگین غلظت عناصر مس و نیترا در نمونه‌های آب سد لتیان با رهنمود این سازمان‌ها اختلاف معنی‌دار آماری داشته ($P < 0.05$) و میانگین غلظت عناصر سرب و آهن در نمونه‌های آب این سد با رهنمود سازمان‌های مذکور اختلاف معنی‌دار آماری نداشت ($P > 0.05$) و در تمامی عناصر به جز سرب کمتر از حد استاندارد بود. همچنین میانگین غلظت تمامی عناصر به جز سرب در نمونه‌های آب سد لار با رهنمود سازمان‌های مربوطه اختلاف معنی‌دار آماری نداشته ($P > 0.05$) و در تمامی عناصر به جز سرب کمتر از حد استاندارد بود. همچنین، نتایج مقایسه میانگین غلظت فسفات در نمونه‌های آب دریاچه سدهای لار و لتیان برای ماهیان سردآبی و گرم آبی با رهنمود استاندارد کیفیت آب ایران (جدول ۷)، نشان داد میانگین غلظت فسفات در نمونه‌های آب هر دو سد با رهنمود این سازمان اختلاف معنی‌دار آماری نداشته ($P > 0.05$) و در سد لتیان کمتر و در سد لار بیشتر از حد استاندارد بوده است. بالا بودن غلظت فسفات می‌تواند هشدار برای خطر زیاد شدن جلبک‌ها و ماکروفیت‌ها بوده که موجب تخریب محیط‌های آبی می‌شود. در تابستان هم شاهد حداکثر غلظت فسفات بوده‌ایم که علت آن همانند نیترا کاهش سطح تراز آب همراه با افزایش غلظت است که نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیر کاربری‌های مختلف بر آلاینده‌های مورد مطالعه است.

(Samimi Loghmani et al., 2013) در پژوهش خود دریافتند تیمار گیاه آبی لویی در کاهش فسفات نسبت به تیمار بدون گیاه نقش مؤثرتری دارد به طوری‌که تأثیر گیاه لویی در کاهش فسفات بین ۸ تا ۲۰٪ است؛ بنابراین این گیاه نقش مهمی در کاهش غلظت فسفات دارد. همچنین گیاهان آبی با حمایت بیشتر از باکتری‌ها سبب افزایش جذب میکروبی فسفات در منطقه رایزوسفر گیاهی (اطراف ریشه گیاه) می‌شوند. به طور کلی باتوجه به مطالعات انجام شده و نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد در کاهش غلظت فسفات در طول زمان فرایندهای مختلفی تأثیر دارند. نتایج این پژوهش در حذف نیترا نشان داد، اثر گیاه لویی بر کاهش فرم‌های مختلف نیتروژن در پساب اولیه نسبت به تیمار بدون گیاه مشهودتر است و در پساب رقیق شده، تأثیر گیاه در حذف نیترا احتمالاً به علت غلظت کمتر سایر عناصر غذایی و در نتیجه رشد کمتر گیاهان، کمتر بوده است و می‌توان بیان کرد تالاب‌های بدون گیاه نیز در کاهش نیترا کارایی دارند، زیرا نقش مؤثرتر فرایندهای دنیتریفیکاسیون و نیتریفیکاسیون در برداشت نیترا نسبت به جذب گیاهی تأیید شده است. با این وجود نتایج کلی پژوهش تأثیر بیشتر تالاب‌های مصنوعی گیاهی در حذف مواد غذایی نسبت به تالاب‌های مصنوعی بدون گیاه را نشان داد و این نتیجه مشابه با نتایج سایر پژوهش‌ها بود؛ زیرا در تالاب‌های گیاهی علاوه بر جذب گیاهی مواد غذایی، ریشه‌های گیاهان یک زیستگاه مناسب برای فعالیت‌های میکروبی فراهم می‌کنند و سبب افزایش جمعیت‌های میکروبی در این تالاب‌ها نسبت به تالاب‌های بدون گیاه می‌شوند و از طرفی در حذف مواد غذایی در همه تالاب‌ها فرایندهای میکروبی نقش اصلی دارند (Zimmo et al., 2004; Christian et al., 2005). همچنین، گیاهان آبی با انتشار اکسیژن به وسیله فرایند فتوسنتز در محیط‌های آبی اکسیژن لازم برای اکسید آمونیوم به نیترا را به وسیله باکتری فراهم می‌کنند، ضمن این‌که فرایند تنفس گیاه می‌تواند سطح اکسیژن در تالاب‌ها را کاهش داده و فرایند دنیتریفیکاسیون را فعال کند و نیترا را به گاز نیتروژن تبدیل نماید (Chang, 2009). نتایج حاصل در کل دوره مطالعه (Sobhan Ardakani et al., 2011)، نشان داد حذف مواد مغذی نیترا و فسفات توسط گیاه لویی بین ۲۴ تا ۴۰ درصد بوده است. در رابطه با حذف کم نیترا، عمل انتقال نیتروژن در سیستم تالاب به وسیله فعالیت میکروبی، جذب گیاهی و تولید بافت صورت می‌گیرد. توسعه توان حذف نیترا تالاب‌ها ممکن است نیازمند چند سال زمان باشد؛ چراکه به تعادل رسیدن گیاهان، سیستم ریشه، لایه پسمانده، خاک‌ها و مواد ته‌نشین شده می‌تواند به اندازه ۲ یا ۳ فصل رشد وقت بگیرد.

نتایج بررسی میانگین غلظت تجمع یافته فلزات سنگین سرب، مس و آهن و نیترا و فسفات در گیاهان لمانا، لویی و آب‌تره در دو سد لار و

Table 6- Results of comparing the average concentrations of copper, lead, iron and nitrate (mg/l) in water samples under the guidance of the World Health Organization, the World Food Organization and the Iranian Water Quality Standard

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر مس، سرب، آهن و نیترات (میلی گرم در لیتر) در نمونه‌های آب با رهنمود سازمان بهداشت جهانی، سازمان خواروبار جهانی و استاندارد کیفیت آب ایران

Elements	Standard Value (mg/l)	Number	Confidence Level (95%)		Level of significance	D.O.F	T	Average	Standard Deviation
			Upper Limit	Lower Limit					
Latian Dam									
Copper	2	4	-1.9730	-2.0079	0.00	3	-362.91	0.009	-1.990
Iron	0.3	4	-0.0353	-0.3632	0.03	3	-3.86	0.10	-0.199
Lead	0.01	4	0.5922	-0.0622	0.08	3	2.57	0.27	0.265
Nitrate	50	4	-40.6199	-48.8800	0.00	3	-34.48	5.25	-44.750
Lar Dam									
Copper	2	4	-1.9873	-2.0041	0.00	3	-759.99	0.004	-1.995
Iron	0.3	4	-0.1325	-0.3305	0.005	3	-7.44	0.06	-0.231
Lead	0.01	4	0.5059	-0.0059	0.05	3	3.10	0.26	0.250
Nitrate	50	4	-45.8143	-49.1356	0.00	3	-90.98	2.52	-47.475

Table 7- The average phosphate concentration (mg/L) in water samples for cold-water and hot-water fish compared to the Iranian standard water quality standard guidelines

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین غلظت فسفات (میلی گرم در لیتر) در نمونه‌های آب برای ماهیان سرد آبی و گرم آبی با رهنمود استاندارد کیفیت آب ایران

Parameters	Standard Value based on WHO, FAO (mg/kg)	Number	Average	Confidence Level (95%)		Level of significance	D.O.F	T	Standard Deviation
				Upper Limit	Lower Limit				
Latian Dam									
Phosphate (warm water)	0.13	4	0.07	0.0394	-0.1399	0.17	3	-1.78	-0.05
Phosphate (Cold water)	0.065	4	0.07	0.1044	-0.0749	0.63	3	0.52	0.014
Lar Dam									
Phosphate (warm water)	0.13	4	1.27	4.1830	-1.8890	0.31	3	1.20	1.147
Phosphate (Cold water)	0.065	4	1.27	4.2480	-1.8240	0.29	3	1.27	1.212

بزرگ، کلاک، ناران، گلندوک، جائیج، نجارکلا، ناظم‌آباد، رودبار قصران و شورکاب لواسان، دماوند و ورامین، وارد رودخانه جاجرود و سپس سد لتیان می‌گردد، که این مسأله می‌تواند بر بیشتر بودن میانگین غلظت عناصر مس، سرب، آهن و نیترات در دریاچه سد لتیان نسبت به دریاچه سد لار اثرگذار باشد. همچنین، پژوهش‌ها حاکی از آن است که آلاینده‌های ناشی از کاربری صنعتی تأثیرگذارترین آلاینده‌های آب‌های سطحی هستند (Kamassi and Sharghi, 2015). برای تولید نیترات و فسفات، بیشترین سهم را به ترتیب کود حیوانی و کود شیمیایی دارد (Bashiri and Sarang, 2015). با توجه به مقادیر نیترات و فسفات مشاهده شده در دو حوضه آبریز مورد مطالعه، می‌توان دریافت که در اراضی باغی حوضه آبریز جاجرود بیشتر از کودهای

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه آماری میانگین غلظت باقیمانده عناصر سرب، آهن، مس و نیترات اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد بررسی بر اساس آزمون ANOVA، به‌طور کلی میانگین غلظت باقیمانده عناصر سرب، آهن، مس و نیترات اندازه‌گیری شده در آب دریاچه سد لتیان بیشتر از دریاچه سد لار بوده است. اما میانگین غلظت باقیمانده فسفات اندازه‌گیری شده در آب دریاچه سد لار به مراتب بیشتر از دریاچه سد لتیان بوده است. از آنجا که مقدار آلودگی‌های فلزات سنگین موجود در آب با کاربری اراضی منطقه در ارتباط است، با مقایسه تصاویر (۱) و (۲)، در می‌یابیم که در حوضه آبریز جاجرود (سد لتیان) کاربری باغ و شهری بیشتر از حوضه آبریز لار است. همچنین فاضلاب ناشی از فعالیت‌های انسانی در سبو

این که میانگین غلظت عناصر سنگین مورد بررسی به جز سرب پایین تر از حد استاندارد بود، با در نظر گرفتن این نکته که این آب برای شرب مورد استفاده قرار می‌گیرد پیشنهاد می‌شود اندازه‌گیری این عناصر به ویژه سرب به طور متوالی در منطقه انجام شود. همچنین، نتایج نشان داد در سد لتیان گیاه لمنا در حذف عناصر سرب و فسفات، گیاه لویی در حذف آهن و آب‌تره مس و نیترات کارایی بالایی داشته؛ اما در سد لار گیاه لویی در حذف عنصر آهن، مس، سرب، نیترات، آب‌تره حذف فسفات کارایی بالایی داشته است. در پایان این نتیجه کلی قابل تصور است که روش‌های پالایش آب‌های آلوده توسط گیاهان آبی راهکاری مناسب برای حذف آلاینده‌ها محسوب می‌شوند که علاوه بر هزینه کم، فناوری ساده و مصرف انرژی پایین در اصلاح و بهبود محیط‌زیست نقش مؤثری دارند و می‌توانند به عنوان روش‌های پالایش بیولوژیکی (ثانویه) جایگزین روش‌های متداول شوند.

۵- مراجع

- AbediKoopai J, Gamalian M, Dorafshan M (2019) Improving the quality of leachate from Isfahan landfill by phytoremediation method using vetiver and straw plants for use in green space irrigation. *Journal of Water and Wastewater* 127(31):101-111 (In Persian)
- Adamia G, Choogovadze M, Chokheli L, Gigolashvili G, Gordeziani M, Khatishashvil G, Kurashvili M, Pruidze M, Varazi T (2018) About possibility of alga spirulina application for phytoremediation of water polluted with 2,4,6- trinitrotolouen. *Annals of Agrarian Science* 16(3):1512-1887
- Ahmadi H, Malekian A, Abedi R (2011) The most appropriate statistical method for estimating suspended sediment of Jajrud River (Case study: Rudak station of Jajrud watershed). *Journal of Environmental Erosion Research* 2(5):78-88 (In Persian)
- Ahmadpoor Z, Khormiyova M, Jalali Honarmand S, Chogha Mirza K, Khan Ahmadi M (2014) The ability of spring grass (*Nastutium officinale*) and mint (*Mentha pulegium*) to absorb excess water nitrate and phosphate. *Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology)* 29(4):765-775 (In Persian)
- Amonia A, Shayan S, Yamani M (2018) Identification of erosion areas using surface albedo algorithm of Landsat 8 satellite images (Case study of Jajrud watershed). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering* 13(44):114-122
- Asghari Saraskanrood P, Faizullahpour M, Mohammad Nejad V (2012) Investigation of Sediment Delivery

حیوانی و در باغات حوضه آبریز لار بیشتر از کودهای شیمیایی استفاده می‌شود. تولید نیترات همچنین با فاضلاب‌های شهری در ارتباط است. پژوهشی که پیرامون پراکنش نیترات در آبخوان‌های بحرانی شهر مشهد انجام شده، نشان داده که علت عمده افزایش این نوع آلودگی طی سال‌های گذشته، جمع‌آوری و دفع غیراصولی فاضلاب تولیدی شهر مشهد به چاه‌های جاذب و نفوذ از این چاه‌ها به آبخوان دشت مشهد بوده است. بر این اساس، وجود منطقه شهری در حوضه آبریز جاجرود بر بالا بودن میانگین نیترات موجود در دریاچه سد لتیان بی‌تأثیر نبوده است. همچنین، پژوهش‌ها حاکی از آن است که الگوی پوشش گیاهی منطقه بر کاهش آلودگی‌های فلزات سنگین تأثیرگذار است و افزایش پوشش گیاهی مناسب در منطقه به‌عنوان بهترین شیوه مدیریت مؤثر، جهت کاهش آلودگی‌های فلزات سنگین تأیید شده است (Pasandideh Fard et al., 2015). بر این اساس وجود مساحت قابل‌توجهی از مراتع خوب در حوضه آبریز رودخانه لار در کم بودن مقدار آلاینده‌های مس، سرب، آهن و نیترات دریاچه سد لار مؤثر بوده است.

۴- جمع‌بندی

رودخانه‌ها جزء کوچکی از منابع آب‌های جهان می‌باشند و به‌عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعتی مطرح هستند. هدف از این مطالعه تعیین میزان آلودگی‌هایی با منابعی مانند فلزات سنگین سرب، آهن، مس، نیترات و فسفات در دریاچه سدهای لار و لتیان بود و نتایج نشان داد که میانگین غلظت تمامی آلاینده‌های مورد بررسی در این پژوهش در دریاچه سد لتیان نسبت به سد لار بیشتر بوده که می‌توان علت آن را به بالا بودن سطح کاربری فضای شهری و به تبع آن نفوذ تدریجی فاضلاب ناشی از فعالیت‌های انسانی همراه با رواناب‌های شهری و رسیدن آن به منابع آبی مورد بررسی نسبت داد. همچنین، بالا بودن میزان فسفات در دریاچه سد لار به کاربری باغات و مزارع و استفاده از کود در مزارع اطراف دریاچه و ورود رواناب‌های حاوی فسفات مربوط است. فعالیت‌های انسانی به‌ویژه توسعه گردشگری به‌عنوان نیروی محرکه مهم در آلودگی در حوضه‌های آبریز لار و جاجرود تأثیر زیادی بر تجمع و انتقال فلزات سنگین در این اکوسیستم‌ها دارد. کم بودن میانگین غلظت عناصر سنگین سرب، آهن و مس در حوضه دریاچه سد لار نسبت به سد لتیان با مساحت قابل‌توجه مراتع خوب در حوضه آبریز لار مرتبط است؛ بنابراین نوع کاربری اراضی و الگوی پوشش گیاهی و رطوبت هوا در حوضه‌های آبریز جاجرود و لار بر این مسئله تأثیرگذار می‌باشد. باین حال، بررسی‌های کامل‌تر در این مورد به‌ویژه در سایر فصول بهار و زمستان در آینده توصیه می‌گردد. در کل با توجه به

- Harguinteguy C, Cofre M, Fernandez Cirelli A, Pignata M (2016) The macrophytes *Potamogeton pusillus* L. and *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. as potential bioindicators of a river contaminated by heavy metals. *Microchemical Journal* 124(1):228–234
- Hassan Pour M, Pourkhabaz A, Victim R (2010) Measurement of heavy metals in water, sediment and wild bird Changar in the southeastern shore of the Caspian Sea. *Quarterly Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 21(1):121-130 (In Persian)
- Hosseini zare N, Gholami A, Panahpoor A, Nejadi A (2015) Identification and determination of pollution contamination of agricultural pollutants in Karun and Dez river basins. *Engineering and Irrigation Sciences (Scientific Journal of Agriculture)* 39(3):121-134 (In Persian)
- Javanshir khoei A, Verno A, Rafei Gh (2014) Evaluation of the performance of algae-bacterial biofilm system based on treatment Biological of urban wastewater. *Journal of Aquatic Ecology* 4(4):8-17 (In Persian)
- Kamasi M, Sharghi S (2016) Outing and classification of effective factors in the groundwater level decline using cross and coherence wavelet transforms: Case study Silakhor Plain Aquifer. *Journal of Irrigation and Water Engineering* 7(28):138-150 (In Persian)
- Kara Y (2005) Bioaccumulation of Cu, Zn and Ni from the wastewater by treated *Nasturtium officinale*. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2(1):63-67
- Kazemzadeh Khoei J, Nouri A, Purng N, Alizadeh M, Qureshi H (2011) Investigation and measurement of heavy metals nickel, lead, copper, manganese, zinc, cadmium and vanadium in edible vegetables south of Tehran refinery. *Quarterly Journal of Environmental Research* 3(6):65-74 (In Persian)
- Lui R, Xu F, Zhang P, Yu W, Cong M (2016) Identifying non- point source critical source areas based on multi factors at a basin scale with SWAT. *Journal of Hydrology* 53(1):379-388
- Mahajan P, Kaushal J (2018) Role of phytoremediation in reducing cadmium toxicity in soil and water. *Journal of Toxicology* 2018(1):1-17
- Malakotian M, Khashi Z (2013) Investigation of concentrations of heavy metals arsenic, cadmium, lead, copper in drinking water resources of southeastern villages of Rafsanjan plain. *Journal of Field Health* 2(1):1-9 (In Persian)
- Mohammad T, Hamad M (2020) Comparative study on the performance of *Typha latifolia* and *Cyperus Papyrus* on the removal of heavy metals and enteric Ratio (SDR) in Jajroud River Basin. *Quantitative Geomorphological Research* 2(1):67-78 (In Persian)
- Askari A, Velayatzadeh M (2013) Heavy metals in aquatic. *Islamic Azad University of Ahvaz* 1(1):380-391 (In Persian)
- Ayatollah Sh, Sobhan Ardakani S, Ehteshami M, Hossein Shahi D, Salehi Vaziri A, Talebi P (2011) Evaluation of the efficiency of Louis plant in subsurface artificial wetland in Yazd municipal wastewater treatment. *Journal of Health and Development* 12(1):33-43 (In Persian)
- Azami J, Moradpour H, Keiani Mehr N (2015) A review of biomarkers of heavy metal contaminated environments. *Quarterly Journal of Man and the Environment* 2(15):13-24 (In Persian)
- Bianchi E, Biancalani A, Beradi C, Antal A, Fibbi D, Coppi A, Lastrucci L, Bussoti N, Colzi I, Renai L, Scordo C, Delbaba M (2020) Improving the efficiency of wastewater treatment plants: Bio-removal of heavy-metals and pharmaceuticals by *Azolla filiculoides* and *Lemna minuta*. *Science of the Total Environment* 746:141-219
- Chang H, Yang X, Fang H (2009) In-situ nitrogen removal from the eutrophic water by microbial-plant integrated system. *Journal of Zhejiang University* 17(7):521-531
- Christian R, Lauchlan H (2005) The interacting effects of temperature and plant community type on nutrient removal in wetland microcosms. *Postharvest Biology and Technology* 96(9):1039-1047
- Firooz Shahian N, Payende K, Sabzalipour S (2018) Monitoring of heavy elements of cadmium, nickel and vanadium in aquatic plants of straw and louie in Horalazim wetland of Khuzestan province. *Journal of Animal Environment* 11(4):359-368 (In Persian)
- Galcynksa M, Mankowska N, Milke J, Busko M (2019) Possibilities and limitations of using *Lemna minor*, *Hydrocharis morsus-ranae* and *Ceratophyllum demersum* in removing metals with contaminated water. *Journal of Waters and Land Development* 40(3):161–173
- Ghanad poor J, Zand Moghaddam A, Safahie A (2009) Accumulation of heavy metals lead, zinc, nickel and cadmium in Louis (*Typha latifolia*) and Arvand and Bahmanshir river sediments in winter. *Quarterly Journal of Wetlands-Islamic Azad University, Ahvaz Branch* 2(5):29-36 (In Persian)
- Hamidian A, Nowruznia H, Mirzaei R (2015) Phytoremediation capability of *Nelumbo nucifera* aquatic plant in the removal of heavy metals (copper, chromium, lead, arsenic and cadmium) in Anzali Wetland. *Journal of Natural Environment, Natural Resources of Iran* 63(9):643-633 (In Persian)

- Sahihi Oskooi T, Jafari M, Javadi A, Tahmourth M (2019) Evaluation of phytoremediation ability of rangeland species to soils contaminated with copper and manganese. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 51(6):1570-1594
- Samimi Loghmani S, Abbaspour A, Qasemzadeh Ganjaei M, Samsar H (2013) The role of *Louis aquatic* plant in the removal of nitrogen and phosphorus from municipal wastewater. *Journal of Soil and Water Conservation Research* 20(5):99-114 (In Persian)
- Shen Z, Hou X, Li W, Ainia G, Chen L, Gong Y (2015) Impact of landscape pattern at multiple spatial scales on water quality; A case study in a typical urbanized watershed in China. *Journal of Ecological Indicators* 48(1):417-427
- Singh G, Sarawat D (2016) Development and evaluation of targeted marginal land mapping approach in SWAT model for simulating water quality impacts of selected second-generation bio feedstock. *Journal of Environmental Modeling and Software* 81(1):26-39
- Sufian J, Golchin A, Jahanban L, Gheiratie Arani L (2019) The effect of cadmium application and salinity of aqueous solutions on the growth and concentration of nutrients in aqueous *Lemna*. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* 32(3):582-595
- Subhanarkani S, Ayatollah Sh, Ehteshami M, Hossein shahi D (2011) Efficiency of *Louis* plant in subsurface artificial wetland in Yazd municipal wastewater treatment. *Journal of Environmental Health and Development* 5(1):63-69 (In Persian)
- Ugya A, Toma I, Abba A (2015) Comparative studies on the efficiency of *lemna minor* L, *ecchorniacrassipes* and *pistiastratiotes* in the phytoremediation of refinery waste water. *Science World Journal* 10(3):32-36
- Wang W, Yue Q, Xu X, Gao B, Zhang J (2010) Optimized conditions in preparation of giant reed quaternary amino anion exchanger for phosphate removal. *Chemical Engineering Journal* 157(1):161-167
- Zeigera S, Hubbart J (2016) A SWOT model validation of nested-scale contemporaneous stream flow, suspended sediment and nutrients from a multiple land use watershed of the central USA. *Journal of Science of the Total Environment* 27(3):89-92
- bacteria from wastewater by surface constructed wetlands. *Chemosphere Journals* 260(1):127-551
- Mohammadi Golrang B, Mashayekhi M, Habibi M (2006) Economic evaluation of dams built on Lar river (Tehran province). *Journal of Geographical Research* 85(1):114-138 (In Persian)
- Mozaffarizadeh J, Sajjadi Z (2013) Investigation of chemical pollution of groundwater in Borazjan plain. *Journal of Southern Medicine* 17(5):927-937 (In Persian)
- Munwari M, Nouri J, Sohrabunia N (2012) Effect of phytoplankton accumulation on water quality of Karaj Dam. *Quarterly Journal of Water and Wastewater* 24(2):19-30
- Nedjimi B (2021) Phytoremediation: A sustainable environmental technology for heavy metal decontamination. *SN Applied Science Nature Journal* 3:286
- pasandidehfard Z, Salman Mahini A, Mirkarimi H, Gholamalifard M (2013) Modeling non-point pollution using Geographic Information System (GIS) to provide the Best Management Practices (BMP) in Gorganrood watershed. *Quarterly Journal of Applied Ecology* 3(8):43-53 (In Persian)
- Qaeni M, Romani L, Safar khanlo H (2013) Investigation of Arsenic, Mercury, Zinc and Copper in Kara, Ney, Louis and Pirooz aquatic plants in Dez River. *Quarterly Journal of Wetland Eco-Biology Islamic Azad University Ahvaz Branch* 6(22):49-58
- Rajae F, Ismaili Sari A, Salman Mahini A, Delaware M, Masah boani A (2014) Investigating the relationship between the shape and structure of vegetation spots with non-point pollution sources to provide management solutions to improve water quality. *Quarterly Journal of Environmental Science and Engineering* 2(3):455-464 (In Persian)
- Rastmanesh F, Zarasvandi A, Safaei S (2016) Investigation of heavy metal pollution in Khorramabad river sediments. 32nd Meeting and the First International Congress of Earth Sciences, Geological Survey of Iran 5(17):11-22
- Romiani L, Payende Kh (2016) Investigation of accumulation of heavy metals in water, surface sediments and four species of aquatic plants of Karkheh River. *Quarterly Journal of Wetland Ecology Islamic Azad University Ahvaz Branch* 9(33):64-89 (In Persian)