

# Investigating the effect of Mamatin bitumen springs on the physical and chemical parameters of Alla River water in Ramhormoz city

Received: 12 August 2024, Accepted: 23 September 2024

Seyedeh Razieh Pourmousavi<sup>1</sup>, Azita Koshafar <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

\*Corresponding Author:  
azitakooosh1348@gmail.com

**How to Cite This Article:**  
Karimi Z, Amarloe A, Mazloomi S. Investigation the trend of Air Quality changes based on the concentration of Particulate Matter (PM10) in the Ilam city: 2019-2023. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;12(1):17-29.

**DOI:**  
[10.61186/jehe.12.1.30](https://doi.org/10.61186/jehe.12.1.30)

## ABSTRACT

**Background:** Rivers are the main natural resources for humans and play a very important role in human life. This research was carried out with the aim of investigating the physical and chemical parameters caused by entry of bitumen layers in the springs of Mamatin on the water of Alla River in Ramhormoz city.

**Materials and Methods:** In this research, the study area of Alla River starts from the exit of the river from the Chuvil River and ends at the connection point of the Alla River with the Maron River, and 5 study stations were selected. Water samples were prepared according to the standard method of American Environmental Health Association. Water samples were collected systematically and planned from each station with 3 repetitions in summer (July) and winter (February) of 2023. In other words, a total of 30 water samples were prepared from 5 stations with 3 repetitions in two seasons.

**Results:** The mean square and sum of square analysis of variance (ANOVA) of the data showed a significant difference in pH concentration ( $P=0.873$ ), electrical conductivity ( $P=0.943$ ), BOD ( $P=0.297$ ), COD ( $P=0.928$ ), DO ( $P=0.893$ ), TSS ( $P=0.739$ ), phosphate ( $P=0.355$ ), total hardness ( $P=0.212$ ) and turbidity ( $P=0.540$ ) were not observed ( $P>0.05$ ). In winter, electrical conductivity (2163.35  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) and TDS (980.16 ppm) in station 4 were higher than other stations ( $P<0.05$ ) and COD (63.56 ppm) and TSS (41 ppm) in Station 1 were obtained higher than the studied stations of Alla River ( $P<0.05$ ). In the summer season, electrical conductivity (1941.44  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), salinity (352.56 ppm), COD (43 ppm), BOD (19.63 ppm) and TDS (1242.67 ppm) in the fifth station compared to other stations The studied values of the Alla River were higher ( $P<0.05$ ).

**Conclusion:** According to the comparison of water quality parameters with the standards of Iran and World Health Organization, it can be said that the water of the Alla River is suitable for agricultural, horticultural, aquaculture and household purposes, but it is suitable for drinking.

**Keywords:** water quality, chemical properties of water, physical parameters of water, the Alla River

## سا بررسی اثر چشممه های قیر ماماتین بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاه

شهرستان رامهرمز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

سیده راضیه پورموسوی<sup>۱</sup>، آزیتا کوشافر<sup>۱\*</sup><sup>۱</sup> گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

## چکیده

**زمینه و هدف:** رودخانه‌ها یکی از منابع طبیعی اصلی برای انسان و نقش بسیار مهمی در زندگی انسان دارند. این تحقیق با هدف بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ناشی از ورود لایه‌های قیر در چشممه‌های قیر ماماتین بر روی آب رودخانه اعلاه شهرستان رامهرمز انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش بازه مورد مطالعه رودخانه اعلاه از محل خروج این رود از تنگ چویل آغاز و در محل ارتباط رودخانه اعلاه با رودخانه مارون ختم می‌شود که ۵ ایستگاه مطالعاتی انتخاب شد. نمونه‌های آب بر اساس روش استاندارد انجمان بهداشت محیط آمریکا تهیه شدند. نمونه‌های آب به صورت سیستماتیک و برنامه‌ریزی شده از هر ایستگاه با ۳ تکرار در فصل تابستان (تیر ماه) و فصل زمستان (بهمن ماه) سال ۱۴۰۲ جمع آوری شدند. به عبارت دیگر در مجموع از ۵ ایستگاه با ۳ تکرار در دو فصل سال، ۳۰ نمونه آب تهیه گردید.

**یافته‌ها:** میانگین مربعات و مجموع مربعات تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) داده‌ها نشان داد در آب رودخانه اعلاه اختلاف معنی‌داری در غلظت pH ( $P=0.975$ )، هدایت الکتریکی ( $P=0.943$ )، BOD ( $P=0.928$ )، COD ( $P=0.927$ )، DO ( $P=0.928$ )، TSS ( $P=0.923$ )، Fسفات ( $P=0.955$ )، سختی کل ( $P=0.947$ ) و کدورت ( $P=0.940$ ) مشاهده نشد ( $P>0.05$ ). در فصل زمستان هدایت الکتریکی ( $P=0.212$ ) ppm ( $2163/35$ ) و COD ( $980/16$  ppm) در ایستگاه ۴ بالاتر از ایستگاه‌های دیگر بودند ( $P<0.05$ ) و TDS ( $63/56$  ppm) در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاه به دست آمدند ( $P<0.05$ ). در فصل تابستان هدایت الکتریکی ( $352/56$  ppm) COD ( $1941/44$  µs/cm)، شوری ( $1242/67$  ppm) TDS ( $19/63$  ppm) BOD ( $43/43$  ppm) و DO ( $14/63$  ppm) در ایستگاه پنجم نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاه بالاتر بودند ( $P<0.05$ ).

**نتیجه گیری:** با توجه به مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی آب با استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی می‌توان چنین بیان کرد که آب رودخانه اعلاه برای مصارف کشاورزی، باطنی، آبزی پروری و خانگی مناسب می‌باشد، اما برای مصرف آشامیدنی مناسب نمی‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** کیفیت آب، خصوصیات شیمیایی آب، پارامترهای فیزیکی آب، رودخانه اعلاه

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

azitakooosh1348@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله:

Karimi Z, Amarloei A, Mazloomi S. Investigation the trend of Air Quality changes based on the concentration of Particulate Matter (PM10) in the Ilam city: 2019-2023. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;12(1):17-29.

DOI:

10.61186/jehc.12.1.30

## مقدمه

هستند<sup>۱</sup>. آلاینده‌های آلی به دلیل حلالیت چربی بالا، آب گریزی و چربی دوستی به طور بسیار موثری در محیط آبی تحت تجمع زیستی قرار می‌گیرند و سپس اثرات خطرناکی را تحمیل می‌کنند. علاوه بر این، آن‌ها نیاز بیولوژیکی اکسیژن و اکسیژن شیمیایی آب را تا حد زیادی تغییر می‌دهند و در نهایت کیفیت آب را بدتر می‌کنند. مصرف منظم چنین آبی باعث ایجاد سرطان خون و تومورهای کلیه می‌شود و در صورت استفاده در فرآیندهای آبیاری، آب آلوده به شدت بر کیفیت و کمیت محصول تأثیر می‌گذارد. بنابراین آلودگی آب به دلیل آلاینده‌های آلی در زمان‌های اخیر توجه قابل توجهی را به خود جلب کرده است زیرا این آلودگی به دلیل رشد سریع جمعیت و فعالیت‌های کشاورزی به طور مداوم در منابع آبی در حال افزایش است<sup>۲،۳</sup>. علاوه بر مواد آلی که با پساب و پسماندهای صنعتی وارد بدن‌های آبی می‌شوند، آب با غلظت‌های مختلف از آلاینده‌های معدنی آلوده می‌شود. این ترکیبات غیرقابل تجزیه زیستی هستند و برای مدت طولانی تری در اکوسیستم‌های آبی باقی می‌مانند. آلاینده‌های معدنی شامل اسیدهای معدنی، سیانیدها، فلوریدها، ترکیبات قلیایی و فلزات سنگین نظیر آرسنیک، جیوه، سرب، کروم، سلنیوم، روی هستند<sup>۴</sup>. آلاینده‌های معدنی از راه تخلیه پساب‌های خانگی، صنعتی و انواع پسماندها، عملیات متالورژی فلزات وارد آب می‌شوند. این نوع آلودگی آب، به ویژه در غلظت‌های بالاتر می‌تواند مشکلات جدی برای سلامتی انسان ایجاد کند و اثرات مخربی بر آبزیان و سایر موجودات زنده داشته باشد<sup>۵</sup>. آلاینده‌های زیستی سمی‌ترین و خطرناک‌ترین آلاینده‌ها در بین انواع آلاینده‌های آب هستند و رفتار و اعمال انسان در درجه اول مسئول این نوع آلودگی در منابع آب می‌باشند. آلاینده‌های زیستی شامل میکروارگانیسم‌ها، کپک‌ها، گرد و غبار خانه، انگل‌ها و ذرات معلق هستند<sup>۶</sup>. مطالعات، منشا و منابع مختلف این آلاینده‌ها، از جمله گرد و غباری که از گیاهان شروع می‌شود، را گزارش کرده‌اند. عفونت‌های منتقل شده توسط افراد و موجودات، ارگانیسم‌های

منابع آب شیرین حیاتی ترین عناصر برای رشد جهانی و پایداری اکوسیستم‌ها هستند که مدیریت نامناسب منابع آب می‌تواند منجر به نگرانی جدی کمبود آب گردد<sup>۷</sup>. آب برای اکوسیستم‌های مختلف، تولید غذا و انرژی و بقای زندگی موجودات زنده حیاتی است<sup>۸</sup> و به عنوان یک پیوند مهم بین زندگی و محیط‌زیست انسان عمل می‌کند<sup>۹</sup>. آب هسته اصلی توسعه اجتماعی - اقتصادی پایدار در زندگی شهری و صنعتی است<sup>۱۰</sup>. بنابراین تامین کافی آب با کیفیت خوب همیشه برای کارهای کشاورزی، صنعتی و خانگی مورد نیاز است<sup>۱۱</sup>.

آلودگی آب به یکی از بزرگترین چالش‌های جامعه جهانی تبدیل شده است. مسائل کمبود آب که توسط آلودگی آب تشدید شده است به طور مداوم موقعیت‌های بحرانی کمیت و کیفیت آب را در بسیاری از نقاط جهان ایجاد می‌کند<sup>۱۲</sup>. در سال‌های اخیر آلاینده‌ها از هر نوعی که باشند، یک نگرانی شدید جهانی هستند. آلاینده‌هایی با منشاء طبیعی یا انسانی همیشه به عنوان ایجاد تغییرات نامطلوب در محیط شناخته شده‌اند و در نتیجه توجه قابل توجهی را صرف نظر از منبع آن به خود جلب کرده‌اند<sup>۱۳</sup>. آلودگی آب به دلیل تأثیرات فاجعه بار آن بر تمام حوزه‌های محیطی و اکوسیستم‌ها به عنوان یک تهدید بزرگ جهانی مطرح شده است. انواع مختلف و متفاوت آلاینده‌های آب را می‌توان به آلاینده‌های آلی، آلاینده‌های معدنی، آلاینده‌های زیستی، آلاینده‌های حرارتی و آلاینده‌های رادیواکتیو تقسیم‌بندی کرد<sup>۱۴</sup>.

آلاینده‌های آلی به طور عمده در طبیعت تجزیه‌پذیر و شامل روغن‌ها، داروهای دور ریخته شده، اسپری‌های حشرات، پاک کننده‌ها و ضایعات آلی خانگی مانند مو و صابون هستند<sup>۱۵</sup> و اقدامات انسان‌زد به طور مداوم وضعیت را تشدید می‌کند و نگرانی‌های جدی را به وضعیت اضافه می‌کند. پسماندهای مواد غذایی، برخی از آفت‌کش‌های ارگانیک کلر ماهیت سمیت کمتری دارند یا غیرسمی

وارد تصفیه خانه شده و جهت شرب شهرستان رامهرمز استفاده می شود و همچنین در مسیر رودخانه روستاهای اطراف از آب رودخانه اعلاه برای کشاورزی استفاده می کنند. بنابراین با توجه به اهمیت رودخانه از نظر شرب و کشاورزی و اثرات محیط زیستی ناشی از آلایندگی چشممه‌های قیر ماماتین، این تحقیق با هدف بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ناشی از پوشش قیر در چشممه‌های قیر ماماتین بر روی آب رودخانه اعلاه شهرستان رامهرمز انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

سرچشممه اصلی رودخانه اعلاه از جنوب غربی کوه‌های زاگرس در استان کهگیلویه و بویر احمد و رود لیراب است که در محلی به نام تنگ چویل و منطقه صیدون رودخانه اعلاه نامیده می شود و تا محل تلاقی با رودخانه مارون ۱۰۶ کیلومتر طول و ۲۳۳۰ کیلومتر مربع حوضه آبریز دارد که مزارع کشاورزی شهرستان باغملک و دشت رامهرمز را آبده‌ی می کند.<sup>۲۱</sup> در این پژوهش بازه مورد مطالعه رودخانه اعلاه از محل خروج این رود از تنگ چویل آغاز و در محل ارتباط رودخانه اعلاه با رودخانه مارون ختم می شود که ۵ ایستگاه مطالعاتی انتخاب شد (شکل ۱). در این پژوهش با توجه به طول رودخانه اعلاه، انتخاب ایستگاه‌های مورد مطالعه، در تمامی طول رودخانه از ابتدای ورودی رودخانه از تنگ چویل تا پایین دست و محل تلاقی با رودخانه مارون بر اساس تغییرات توپوگرافی صورت پذیرفت (جدول ۱).

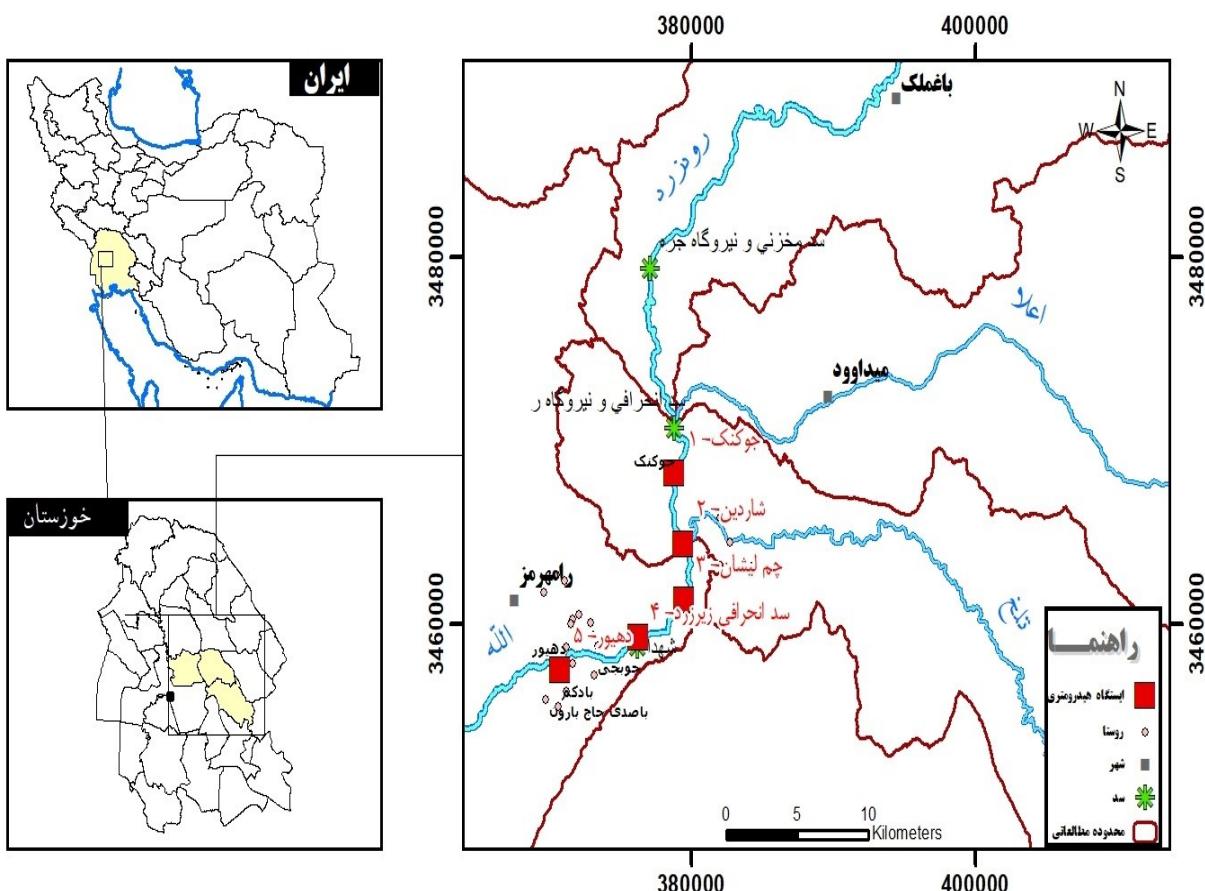
میکروسکوپی منتقل شده توسط افراد، موجودات زنده، و پسماندهای های خاک و گیاه نیز از جمله آلاینده های زیستی هستند.<sup>۱۷</sup>

رودخانه اعلاه یکی از زیرحوضه‌های اصلی رودخانه جراحی در محدوده حوضه آبریز خلیج فارس به طول حدود ۱۰۶ کیلومتر می باشد. رودخانه اعلاه همانند رودخانه مارون یکی از دو شاخه مهم رودخانه جراحی می باشد که از منطقه کوهستانی واقع در ۷۰ کیلومتری شرق و شمال شرقی رامهرمز سرچشممه می گیرد.<sup>۱۸</sup> شاخه اصلی رودخانه سمه لیراب در ناحیه غربی استان کهگیلویه و بویر احمد نام دارد و پس از عبور از محلی به نام تنگلا، رودخانه اعلاه نامگذاری می گردد. در روستای رودزرد با رودخانه زرد تلاقی می نماید، سپس به طرف جنوب جریان می یابد و با رودخانه تلخ تلاقی می کند و وارد دشت رامهرمز می شود.<sup>۱۹</sup> رامهرمز در ۱۱۶ کیلومتری شرق اهواز قرار دارد. در شمال شرق شهر رامهرمز، میان لایه‌هایی از قیر وجود دارند که در فصل گرما ذوب شده و به صورت چشممه قیر به رودخانه اعلاه روانه و به لحاظ جاذبه طبیعی مناظری بی بدیل و به لحاظ محیط زیستی به صورت آلاینده به طبیعت و رودخانه تلخ و در نهایت رودخانه اعلاه وارد می شوند. همچنین در فاصله ۲۵ کیلومتری از این شهر منطقه‌ای به نام ماماتین قرار دارد که از این چشممه‌ها قیر بیرون می آید.<sup>۲۰</sup>

قیر ساختار شیمیایی پیچیده‌ای با هیدروکربن‌های متنوع از خود نشان می دهد که آن را در تماس با آب مستعد جذب به ساختار آب می کند. هنگامی که قیر وارد منابع آبی می شود به عنوان انتقال دهنده سطوح بالای ترکیبات هیدروکربنی می تواند سلامت موجودات زنده و انسان را تهدید کند، زیرا هیدروکربن‌های آروماتیک و آلیفاتیک سمیت متفاوتی دارند و اثرات جهش‌زا، سرطان‌زا و بیماری‌های ایمنی را بر روی موجودات زنده نشان می دهند و در عین حال احتمال تشکیل تومور در اندام‌های بدن و ناهنجاری در سیستم تولید مثل را ایجاد می کنند. بنابراین بر روی رودخانه اعلاه سد انحرافی احداث شده که آب رودخانه در روستای خورشیدیه

جدول ۱. مشخصات ایستگاه های مورد مطالعه رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی
۱	جوکنک	31.34 20793, 49.7256019
۲	شاردین	31.3075471, 49.7326711
۳	چم لیشان	31.280049, 49.733563
۴	سد انحرافی زیوزرد	31.261284, 49.699915
۵	دهیور	31.2444907, 49.6424333



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محل های نمونه برداری آب از رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز

سال ۱۴۰۲ جمع آوری شدند. به عبارت دیگر در مجموع از ۵ ایستگاه با ۳ تکرار در دو فصل سال، ۳۰ نمونه آب تهیه گردید. بدین منظور بطری نمونه بردار پلی اتیلنی استریل و با محلول آب مقطر و اسید نیتریک ۲ درصد (ساخت شرکت مرک آلمان) شستشو گردیدند، سپس در ایستگاه های مورد مطالعه به عمق ۱۰ سانتیمتری فرستاده و نمونه آب برداشت

## نمونه برداری

در این پژوهش نمونه های آب بر اساس روش استاندارد انجمن بهداشت محیط آمریکا تهیه شدند. نمونه های آب به صورت سیستماتیک و برنامه ریزی شده از هر ایستگاه با ۳ تکرار در فصل تابستان (تیر ماه) و فصل زمستان (بهمن ماه)

## سنجهش پارامترها

پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های آب رودخانه اعلاء بر اساس روش‌های استاندارد متد<sup>۱</sup> مربوط به انجمان بهداشت محیط ایالت متحده آمریکا و انجمان آب و محیط زیست ایالت متحده آمریکا سنجش شدند. روش‌های مورد استفاده و دستگاه اندازه گیری هر پارامتر به طور خلاصه در جدول ۲ ارائه شده است.<sup>۲۲</sup>

شد و در هر ایستگاه با ۳ تکرار انجام گردید. در نهایت نمونه‌های آب با اسید سولفوریک غلیظ فیکس، در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری و بلا فاصله به آزمایشگاه در شهر اهواز منتقل شدند.<sup>۲۲</sup>

جدول ۲. روش سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی<sup>۲۲</sup> آب رودخانه اعلاء شهرستان رامهرمز

پارامتر	روش سنجش	دستگاه
pH	استاندارد متد	ستگاه pH سنج پرتابل مدل PH200i ساخت شرکت CLEAN کشور چین
EC	استاندارد متد B 2510	دستگاه پرتابل مدل Cond 3310i شرکت WTW ساخت کشور آلمان
شوری	استاندارد متد 2520B	-
BOD	استاندارد متد D 2510	دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل DR2800 ساخت کمپانی HACH آمریکا
COD	استاندارد متد B 5220	روش هضم برگشتی باز Open Reflux Method
DO	استاندارد متد	روش اصلاح با آزید (Azid Modification)
TDS	استاندارد متد C 2540	-
TSS	استاندارد متد D 2540	روش هضم برگشتی باز Open Reflux Method
فسفات	استاندارد متد	دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل DR2800 ساخت شرکت HACH آمریکا
نیترات	استاندارد متد	دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل DR2800 ساخت شرکت HACH آمریکا
سختی کل	استاندارد متد	روش حجم سنجی با استفاده از EDTA
کدورت	استاندارد متد	دستگاه کدورت سنج پرتابل Aqualytic مدل AL250T-IR ساخت کشور آلمان

۴۱) در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاههای مورد مطالعه رودخانه اعلاء به دست آمدند ( $P < 0.05$ ). نیترات، فسفات و pH آب رودخانه اعلاء در ایستگاههای مورد مطالعه در فصل زمستان اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0.05$ ) و دو پارامتر BOD واریانس یکطرفه (ANOVA One way) انجام شد.

بر اساس تجزیه و تحلیل آماری در فصل تابستان pH، DO و فسفات در آب ایستگاههای مورد مطالعه رودخانه اعلاء اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ). بالاترین مقادیر pH و فسفات به ترتیب در ایستگاه ۱ (۷/۸۶)، ایستگاه ۵ ( $4/98 \text{ ppm}$ ) و ایستگاه ۴ ( $3/68 \text{ ppm}$ ) به دست آمد. هدایت الکتریکی ( $1941/44 \mu\text{s}/\text{cm}$ )، شوری ( $352/56 \text{ ppm}$ ) BOD، COD ( $43 \text{ ppm}$ )، TDS ( $19/63 \text{ ppm}$ ) و TSS ( $1242/67 \text{ ppm}$ ) در ایستگاه ۵ نسبت به سایر ایستگاههای مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ( $P < 0.05$ ). همچنین سختی کل ( $1190/68 \text{ ppm}$ ) و کدورت ( $9/93 \text{ NTU}$ ) در ایستگاه ۳ و ۲ در ایستگاه ۴ نسبت به سایر ایستگاههای مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ( $P < 0.05$ ) (جدول ۵).

## تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ و اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد. مقایسه داده‌ها بین فصل زمستان و تابستان به کمک آزمون تی (T Test) و مقایسه آماری بین ایستگاه‌های مورد مطالعه به کمک تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA One way) انجام شد.

## یافته‌ها

شاخص‌های توصیفی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد مطالعه آب رودخانه اعلاء شامل کمینه، بیشینه، میانگین، انحراف معیار، خطای استاندارد، چولگی و کشیدگی در جدول ۳ ارائه شده است. در این پژوهش مقادیر آماری چولگی و کشیدگی همه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در دامنه ۲ و ۲- بود. در حالت کلی چنانچه چولگی و کشیدگی در بازه ۲ و ۲- نباشد داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نیستند.

در فصل زمستان پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، TSS، TDS، COD، سختی کل و کدورت آب رودخانه اعلاء در ایستگاههای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشتند ( $P < 0.05$ ). هدایت الکتریکی ( $2163/35 \mu\text{s}/\text{cm}$ ) و TDS ( $980/16 \text{ ppm}$ ) در ایستگاه ۴ بالاتر از ایستگاه‌های دیگر بودند ( $P < 0.05$ ) و TSS ( $63/56 \text{ ppm}$ ) COD و ( $P < 0.05$ ) (جدول ۵).

جدول ۳. شاخص های توصیفی مقادیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاه

پارامتر	اصطلاح	كمینه	بيشينه	ميانگين	انحراف	خطاي	چولگي	کشيدگى
اسیديته	pH	۷/۱۸	۷/۹۲	۷/۵۹	۰/۲۰	۰/۰۳	-۰/۱۲	-۱/۱۲
هدایت الکتریکی (µs/cm)	EC	۱۵۲۲/۰۲	۲۱۹۰	۱۷۶۰/۵۱	۲۱۸/۰۳	۳۹/۸۰	+۰/۵۷	-۱/۰۸
شوری (ppm)	Salinity	۰/۰۲	۳۸۴/۵۰	۸۶/۴۰	۱۱۱/۹۴	۲۰/۴۳	۱/۲۴	۱/۲۰
اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (ppm)	BOD	۲/۰۶	۲۱/۳۷	۱۰/۶۳	۵/۱۳	۰/۹۳	+۰/۲۵۴	-۰/۴۰۱
اکسیژن موردنیاز شیمیایی (ppm)	COD	۷	۷۳	۳۲/۵۶	۱۷/۱۱	۳/۱۲	+۰/۱۷۵	-۰/۴۵۶
اکسیژن محلول (ppm)	DO	۲/۹۳	۱۲	۵/۸۸	۲/۳۵	۰/۴۳	+۰/۷۰۳	۰/۰۰۳
کل املاح محلول (ppm)	TDS	۷۵۵	۱۲۵۵/۵۰	۹۷۳/۷۷	۱۲۴/۷۷	۲۲/۷۸	+۰/۴۵۸	+۰/۶۹۲
مواد جامد معلق (ppm)	TSS	۱۱	۴۲	۲۶/۱۳	۹/۸۰	۱/۷۸	+۰/۱۳۶	-۱/۱۹۹
نیترات (ppm)	NO <sub>3</sub>	۰/۲۵	۳/۹۸	۱/۷۴	۰/۹۴	۰/۱۷	+۰/۷۸۲	+۰/۲۰۲
فسفات (ppm)	PO <sub>4</sub>	۰/۰۱	۴/۲۸	۱/۶۱	۰/۶۵	۰/۳۰	+۰/۱۶۳	-۱/۸۹۱
سختی کل (ppm)	TH	۲۳۵	۱۱۹۷	۷۱۴/۸۵	۳۳۵/۷۴	۶۱/۲۹	+۰/۰۰۵	-۱/۷۴۲
کدورت (NTU)	TUB	۷	۹۰	۳۵/۷۶	۳/۱۴	۵/۵۰	+۰/۴۱۹	-۱/۵۰۲

جدول ۴. میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاه در فصل زمستان

پارامتر	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
pH	۷/۳۶±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۷/۲۹±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۷/۴۲±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۷/۵۲±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۷/۵۳±۰/۰۷ <sup>a</sup>
EC (µs/cm)	۱۵۸۴±۴۹/۱۵ <sup>a</sup>	۱۹۲۰/۶۷±۸۶/۷۷ <sup>b</sup>	۱۷۰۴/۳۴±۳۵/۷۱ <sup>c</sup>	۲۱۶۳/۳۵±۲۵/۱۶ <sup>d</sup>	۱۹۸۳/۷۳±۵۲/۹۱ <sup>be</sup>
شوری (ppm)	+۰/۱۷±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	+۰/۰۲۶±۰/۰۰۱ <sup>b</sup>	+۰/۰۱۹±۰/۰۰۳ <sup>ac</sup>	+۰/۰۴۰±۰/۰۰۵ <sup>d</sup>	+۰/۰۴۲±۰/۰۰۲ <sup>de</sup>
BOD (ppm)	۱۵/۲۳±۱/۰۵ <sup>a</sup>	۱۱±۱/۰۱ <sup>b</sup>	۱۱±۱/۰۸ <sup>b</sup>	۱۰/۱۶±۱/۲۵ <sup>b</sup>	۱۰±۰/۹۲ <sup>b</sup>
COD (ppm)	۶۳/۵۶±۸/۱۴ <sup>a</sup>	۳۹±۳/۶۰ <sup>b</sup>	۴۰/۷۳±۳/۲۱ <sup>bc</sup>	۴۲±۴/۵۸ <sup>d</sup>	۳۷/۶۳±۲/۵۱ <sup>e</sup>
DO (ppm)	۱۰/۵۰±۱/۳۲ <sup>a</sup>	۷/۶۳±۰/۳۲ <sup>b</sup>	۷/۱۶±۱/۶۰ <sup>b</sup>	۶/۵۰±۰/۵۰ <sup>b</sup>	۷/۲۶±۰/۸۷ <sup>b</sup>
TDS (ppm)	۷۶۴/۶۳±۸/۱۴ <sup>a</sup>	۸۹۳/۷۶±۲۸/۶۷ <sup>b</sup>	۸۴۲/۱۳±۲۳/۲۴ <sup>c</sup>	۹۸۰/۱۶±۸/۰۸ <sup>d</sup>	۹۷۷±۱۰/۸۱ <sup>de</sup>

$28 \pm 2 / 45^{\text{de}}$	$27 / 73 \pm 5 / 03^{\text{d}}$	$35 / 06 \pm 3 / 78^{\text{c}}$	$19 / 39 \pm 4 / 72^{\text{b}}$	$41 \pm 1^{\text{a}}$	TSS (ppm)
$1 / 42 \pm 0 / 06^{\text{a}}$	$1 / 14 \pm 0 / 07^{\text{a}}$	$1 / 56 \pm 0 / 04^{\text{a}}$	$1 / 46 \pm 0 / 04^{\text{a}}$	$1 / 64 \pm 0 / 03^{\text{a}}$	نیترات (ppm)
$0 / 03 \pm 0 / 005^{\text{a}}$	$0 / 03 \pm 0 / 006^{\text{a}}$	$0 / 01 \pm 0 / 003^{\text{a}}$	$0 / 02 \pm 0 / 008^{\text{a}}$	$0 / 02 \pm 0 / 002^{\text{a}}$	فسفات (ppm)
$467 / 50 \pm 15 / 61^{\text{e}}$	$455 / 16 \pm 7 / 28^{\text{d}}$	$394 / 96 \pm 13 / 61^{\text{c}}$	$428 / 83 \pm 9 / 85^{\text{b}}$	$240 / 26 \pm 6 / 02^{\text{a}}$	سختی کل (ppm)
$56 / 83 \pm 6 / 65^{\text{c}}$	$61 / 83 \pm 2 / 51^{\text{d}}$	$75 / 55 \pm 6 / 65^{\text{c}}$	$39 \pm 7 / 54^{\text{b}}$	$82 / 20 \pm 10 / 24^{\text{a}}$	کدورت (NTU)

حروف متفاوت (a, b, c, d, e) در هر ردیف اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) را نشان می دهد.

جدول ۵. میانگین غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء در فصل تابستان

پارامتر	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
pH	$7 / 86 \pm 0 / 07^{\text{a}}$	$7 / 1 \pm 0 / 05^{\text{a}}$	$7 / 72 \pm 0 / 08^{\text{a}}$	$7 / 61 \pm 0 / 18^{\text{a}}$	$7 / 78 \pm 0 / 07^{\text{a}}$
EC (µs/cm)	$1547 / 76 \pm 15 / 73^{\text{a}}$	$1549 / 61 \pm 24 / 37^{\text{a}}$	$1547 / 31 \pm 9 / 64^{\text{a}}$	$1663 / 32 \pm 12 / 08^{\text{b}}$	$1941 / 44 \pm 18 / 53^{\text{c}}$
شوری (ppm)	$152 / 10 \pm 21 / 31^{\text{a}}$	$86 / 95 \pm 42 / 45^{\text{b}}$	$123 / 69 \pm 24 / 79^{\text{c}}$	$148 / 47 \pm 37 / 95^{\text{d}}$	$352 / 56 \pm 27 / 57^{\text{e}}$
BOD (ppm)	$2 / 63 \pm 0 / 56^{\text{a}}$	$4 / 25 \pm 0 / 77^{\text{b}}$	$7 / 62 \pm 0 / 71^{\text{c}}$	$14 / 74 \pm 4 / 13^{\text{d}}$	$19 / 63 \pm 1 / 78^{\text{e}}$
COD (ppm)	$8 / 46 \pm 1 / 52^{\text{a}}$	$13 \pm 2^{\text{b}}$	$12 \pm 1 / 73^{\text{bc}}$	$25 / 86 \pm 3 / 05^{\text{d}}$	$43 \pm 3^{\text{e}}$
DO (ppm)	$3 \pm 0 / 09^{\text{a}}$	$3 / 25 \pm 0 / 02^{\text{a}}$	$3 / 99 \pm 0 / 42^{\text{a}}$	$4 / 98 \pm 0 / 24^{\text{a}}$	$4 / 52 \pm 0 / 41^{\text{a}}$
TDS (ppm)	$990 / 56 \pm 10 / 06^{\text{a}}$	$991 / 73 \pm 15 / 58^{\text{a}}$	$990 / 27 \pm 6 / 17^{\text{a}}$	$1064 / 52 \pm 7 / 73^{\text{b}}$	$1242 / 67 \pm 11 / 81^{\text{c}}$
TSS (ppm)	$13 / 26 \pm 3 / 05^{\text{a}}$	$13 / 96 \pm 1 / 52^{\text{a}}$	$19 / 37 \pm 1 / 15^{\text{b}}$	$23 / 83 \pm 5 / 77^{\text{c}}$	$30 \pm 10 / 72^{\text{d}}$
نیترات (ppm)	$0 / 98 \pm 0 / 08^{\text{a}}$	$0 / 43 \pm 0 / 02^{\text{a}}$	$2 / 92 \pm 0 / 78^{\text{b}}$	$2 / 53 \pm 0 / 29^{\text{b}}$	$3 / 53 \pm 0 / 39^{\text{b}}$
فسفات (ppm)	$2 / 85 \pm 0 / 30^{\text{a}}$	$3 / 13 \pm 0 / 91^{\text{a}}$	$3 / 40 \pm 0 / 13^{\text{a}}$	$2 / 91 \pm 0 / 34^{\text{a}}$	$3 / 68 \pm 0 / 54^{\text{a}}$
سختی کل (ppm)	$924 / 64 \pm 29 / 02^{\text{a}}$	$1013 / 03 \pm 42 / 87^{\text{b}}$	$1190 / 68 \pm 10 / 96^{\text{c}}$	$1013 / 19 \pm 58 / 04^{\text{bd}}$	$1019 / 22 \pm 21 / 93^{\text{e}}$
کدورت (NTU)	$7 / 16 \pm 0 / 15^{\text{a}}$	$7 / 06 \pm 0 / 05^{\text{a}}$	$9 / 93 \pm 0 / 51^{\text{b}}$	$9 / 90 \pm 0 / 72^{\text{b}}$	$8 / 20 \pm 0 / 36^{\text{ab}}$

حروف متفاوت (a, b, c, d, e) در هر ردیف اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ (P=0.05) را نشان می دهد.

(pH) داری داشت ( $P < 0.05$ ). میانگین مقادیر اسیدیته (H<sup>-</sup>) ( $P = 0.275$ ), هدایت الکتریکی (EC) ( $P = 0.822$ ), اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD) ( $P = 0.355$ )، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (value=) ( $P = 0.055$ ) و نیترات ( $P = 0.064$ ) در آب رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۶).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که میانگین غلظت شوری (P-value=0.021)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (DO) ( $P = 0.004$ ), اکسیژن محلول (COD) ( $P = 0.043$ ), کل املاح محلول (TDS) ( $P = 0.035$ ), مواد جامد معلق (TSS) ( $P = 0.002$ ), فسفات (P-) ( $P = 0.005$ ), کدورت (P-) ( $P = 0.005$ ) و سختی کل ( $P = 0.014$ ) و سختی کل ( $P = 0.022$ ) رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

جدول ۶. مقایسه غلظت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان

Sig	P-value	تابستان	زمستان	پارامتر
$P > 0.05$	0.275	۷/۷۶±۰/۱۲	۷/۴۲±۰/۱۲	اسیدیته
$P > 0.05$	0.822	۱۶۴۹/۸۹±۱۵۸/۴۳	۱۸۷۱/۱۳±۲۱۷/۱۴	هدایت الکتریکی ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
$P < 0.05$	0.021	۱۷۲/۷۷±۹۹/۸۵	۰/۰۲۹±۰/۰۱	شوری (ppm)
$P > 0.05$	0.355	۹/۷۷±۹/۹۰	۱۱/۵۰±۲/۳۲	اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (ppm)
$P < 0.05$	0.004	۲۰/۴۶±۱۳/۲۵	۴۴/۶۶±۱۰/۸۲	اکسیژن موردنیاز شیمیایی (ppm)
$P < 0.05$	0.035	۳/۹۴±۰/۸۱	۷/۸۱±۱/۶۸	اکسیژن محلول (ppm)
$P < 0.05$	0.043	۱۰۵۵/۹۵±۱۰۱/۴۵	۸۹۱/۶۰±۸۶/۵۱	کل املاح محلول (ppm)
$P < 0.05$	0.002	۲۲±۹/۶۶	۳۰/۲۶±۸/۳۱	مواد جامد معلق (ppm)
$P > 0.05$	0.064	۲/۰۴±۱/۲۷	۱/۴۴±۰/۱۸	نیترات (ppm)
$P < 0.05$	0.005	۳/۱۹±۰/۵۴	۰/۰۲۶±۰/۰۰۷	فسفات (ppm)
$P < 0.05$	0.014	۱۰۳۲/۳۳±۹۴/۹۰	۳۹۷/۳۶±۹۲/۱۸	سختی کل (ppm)
$P < 0.05$	0.022	۸/۴۵±۱/۳۵	۶۳/۰۷±۱۶/۷۹	کدورت (NTU)

تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بر اساس میانگین مربعات و مجموع مربعات داده‌ها نشان داد در آب رودخانه اعلاء اختلاف معنی‌داری در غلظت pH ( $P = 0.873$ ), H<sup>-</sup> ( $P = 0.943$ ), هدایت الکتریکی ( $P = 0.087$ ), BOD ( $P = 0.928$ ), COD ( $P = 0.092$ ), TSS ( $P = 0.073$ ), DO ( $P = 0.054$ ), F-value ( $P = 0.005$ ) و کدورت (P-) ( $P = 0.005$ ) مشاهده نشد (جدول ۷).

جدول ۷. تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اعلاء

Sig	F-value	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	پارامتر
۰/۸۷۳	۰/۴۵۸	۰/۰۳۲	۲۹	۰/۵۰۸	میان گروهی
		۰/۰۵۸	۱۴	۰/۷۵۴	درون گروهی
			۴۳	۱/۲۶۲	مجموع
۰/۹۴۳	۰/۴۳۴	۲۹۹۵۵/۴۸۸	۲۹	۴۷۹۲۸۷/۸۱۵	میان گروهی
		۶۹۱۸۴/۳۰۸	۱۴	۸۹۹۳۹۶/۰۰۹	درون گروهی

			۴۳	۱۳۷۸۶۸۳/۸۲۳	مجموع	
۰/۰۰۵	۴/۳۸۳	۱۹۱۶۱/۸۷۲	۲۹	۳۰۶۵۸۹/۹۵۰	میان گروهی	شوری
		۴۳۷۱/۵۶۷	۱۴	۵۶۸۳۰/۳۶۹	درون گروهی	
			۴۳	۳۶۳۴۲۰/۳۱۹	مجموع	
۰/۲۹۷	۱/۳۴۷	۲۹/۸۳۴	۲۹	۴۷۷/۲۳۷	میان گروهی	BOD
		۲۲/۱۴۷	۱۴	۲۸۷/۹۰۸	درون گروهی	
			۴۳	۷۶۵/۲۴۶	مجموع	
۰/۹۲۸	۰/۴۶۱	۱۹۲/۲۰۷	۲۹	۳۰۷۵/۳۱۷	میان گروهی	COD
		۴۱۶/۶۱۹	۱۴	۵۴۱۶/۰۵۰	درون گروهی	
			۴۳	۸۴۹۱/۳۶۷	مجموع	
۰/۸۹۳	۰/۵۱۹	۳/۹۲۴	۲۹	۶۲/۷۸۴	میان گروهی	DO
		۷/۵۶۶	۱۴	۹۸/۳۶۳	درون گروهی	
			۴۳	۱۶۱/۱۴۷	مجموع	
۰/۰۰۶	۴/۲۹۸	۲۳۷۳۱/۲۵۲	۲۹	۳۷۹۷۰۰/۰۳۵	میان گروهی	TDS
		۵۵۲۲/۰۸۶	۱۴	۷۱۷۸۷/۱۱۳	درون گروهی	
			۴۳	۴۵۱۴۸۷/۱۴۹	مجموع	
۰/۷۲۹	۰/۷۱۷	۸۱/۶۶۳	۲۹	۱۳۰۶/۶۰۰	میان گروهی	TSS
		۱۱۳/۹۱۳	۱۴	۱۴۸۰/۸۶۷	درون گروهی	
			۴۳	۲۷۸۷/۴۶۷	مجموع	
۰/۳۵۵	۱/۲۲۵	۳/۰۰۱	۲۹	۴۸/۰۱۸	میان گروهی	فسفات
		۲/۴۳۰	۱۴	۳۱/۵۸۵	درون گروهی	
			۴۳	۷۹/۶۰۳	مجموع	
۰/۲۱۲	۱/۵۶۰	۱۳۴۲۳۵/۱۰۱	۲۹	۲۱۴۹۳۶۱/۶۰۸	میان گروهی	سختی کل
		۸۶۱۲۲/۹۵۹	۱۴	۱۱۱۹۵۹۸/۴۶۷	درون گروهی	
			۴۳	۳۲۶۸۹۶۰/۰۷۵	مجموع	
۰/۵۴۰	۰/۹۵۷	۸۹۰/۷۰۴	۲۹	۱۴۲۵۱/۲۵۸	میان گروهی	کدورت
		۹۳۰/۶۰۹	۱۴	۱۲۰۹۷/۹۱۲	درون گروهی	
			۴۳	۲۶۳۴۹/۱۷۰	مجموع	

در آب، میزان املاح مربوط به فرایش بستر منع آبی و سنگ های مادری و کانی های اکوسیستم نام برده<sup>۲۵،۲۶،۲۷</sup> دو پارامتر کدورت و TDS آب رودخانه اعلاء در دامنه NTU ۷-۹۰ و ppm ۷۵۵-۱۲۵۵/۵۰ آندازه گیری شدند. مقادیر TDS آب رودخانه اعلاء در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (ppm ۷۵۰) و استاندارد ملی ایران (۱۰۰۰) بالاتر بود. همچنین میزان کدورت آب رودخانه اعلاء

## بحث

در این تحقیق مقادیر pH در آب رودخانه اعلاء در دامنه ۷/۱۸-۷/۹۲ به دست آمد که در مقایسه با حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران (۸/۵-۶/۵) هم خوانی دارد. عوامل متعددی بر مقدار pH آب تاثیرگذار می باشند که می توان از موجودات زنده موجود

باشد، آن رودخانه به شدت آلوده محسوب می‌شود.<sup>۲۸</sup>. سازمان بهداشت جهانی استاندارد BOD و COD آب سطحی را ۵ ppm و ۱۵ ppm اعلام کردند<sup>۲۹</sup> که در این تحقیق مقادیر BOD و COD آب رودخانه اعلاء بالاتر گزارش شده است. روستاهای همچو روز و زمین های کشاورزی متعددی در مجاورت رودخانه اعلاء وجود دارند که از آب این اکوسیستم برای مصارف مختلف استفاده می‌کنند و احتمالاً رواناب های سطحی و خروجی پساب آن ها مجلداً وارد این رودخانه می‌شود<sup>۳۰</sup>، چنین به نظر می‌رسد که این مسئله باعث افزایش مقادیر BOD و COD آب رودخانه اعلاء شده است. بیشتر آب‌های طبیعی حاوی مقادیر کمی از ترکیبات آلی هستند و موجودات آبزی از برخی از آنها به عنوان غذا استفاده می‌کنند. میکروارگانیسم های موجود در آب‌های اکسیژن دار، از اکسیژن محلول برای تجزیه اکسیداتیو ترکیبات آلی استفاده کرده و از انرژی آزاد شده برای رشد و نمو و تولید مثل استفاده می‌کنند. جمعیت این میکروارگانیسم‌ها بستگی مقدار غذای موجود افزایش می‌یابد. این متابولیسم میکروبی تقاضای اکسیژن را ایجاد می‌کند که با مقدار ترکیبات آلی مفید غذایی متناسب است. تحت برخی شرایط، متابولیسم میکروبی می‌تواند اکسیژن محلول در آب را سریع‌تر از اکسیژن اتمسفری حل شده در آب، یا اکسیژن تولید شده توسط جلبک‌ها، سیانوبکترها و ماکروفیت‌ها، مصرف کند. ماهی‌ها و حشرات آبزی ممکن است با کاهش اکسیژن توسط متابولیسم میکروبی بمیرند.<sup>۳۱</sup>. سختی کل آب رودخانه اعلاء در دامنه ۱۱۹۷-۲۳۵ میلی گرم بر لیتر به دست آمد که در با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد ملی ایران (۳۰۰ میلی گرم بر لیتر) بالاتر بود. سختی کل آب رودخانه در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) و در فصل زمستان در ایستگاه ۵ در ایستگاه ۳ بالاتر به دست آمد ( $P < 0.05$ ). مقدار سختی آب به بستر جریان آب در سطح زمین و زیر زمین بستگی دارد. آب‌های نواحی آهکی سختی آب زیادتری نسبت آب‌های

در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۵ NTU) و استاندارد ملی ایران (۱ NTU) بالاتر بود.<sup>۳۲</sup>. کدورت بسیار بالای آب رودخانه اعلاء در فصل زمستان می‌تواند به دلیل بارش باران و شرایط نامساعد جوی در این اکوسیستم باشد. همچنین احتمالاً در دو فصل زمستان میزان قیر و رودی از چشمتهای ماماتین بالا بوده است. کدورت و TDS دو پارامتر مهم کیفیت آب رودخانه می‌باشند که به دلیل بالا بودن در آب رودخانه ارس<sup>۳۳</sup> و آب رودخانه Yamuna در کشور هند<sup>۲۸</sup> کیفیت نامناسب آب گزارش شده است.

هدایت الکتریکی در واقع املاح محلول موجود در آب را نشان می‌دهد.<sup>۲۲</sup> در این تحقیق دامنه مقادیر هدایت الکتریکی در آب رودخانه اعلاء ۱۵۲۲-۲۱۹۰ میکرومتر بر سانتی متر به دست آمد که با توجه به استاندارد هدایت الکتریکی (۱۰۰۰ میکرومتر بر سانتی متر)، به نظر می‌رسد این آب برای آشامیدن و مصارف کشاورزی مناسب نیست.<sup>۲۹</sup> تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) بر اساس میانگین مربعات و مجموع مربعات داده ها نشان داد در آب رودخانه اعلاء اختلاف معنی‌داری در غلظت pH، هدایت الکتریکی، TSS، DO، COD، BOD کدورت مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب رودخانه را می‌توان به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت دانست. رودخانه اعلاء در پایین دست رودخانه‌های دیگر نظیر رود تلخ و رود زرد در منطقه نیمه گرمسیری قرار دارد، بنابراین میزان بارندگی و تبخیر به دلیل تفاوت در عرض جغرافیایی می‌تواند بر مقادیر پارامترهای کیفی آب موثر باشد.<sup>۳۰</sup>.

پارامترهای شیمیایی COD، BOD و DO به ترتیب در دامنه ۲۰۶-۲۱۳۷ ppm، ۷-۷۳ ppm و ۲-۱۲ ppm در آب رودخانه اعلاء گزارش شدند. معمولاً در رودخانه های بکر و دست نحورده انسان مقادیر BOD کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر است، اما در رودخانه هایی با آلودگی متوسط BOD در محدوده ۲ تا ۸ میلی گرم در لیتر می‌باشد. اگر مقادیر BOD رودخانه ای بیشتر از ۸ میلی گرم در لیتر

شده به محیط‌های آبی هستند.<sup>۳۸</sup> همچنین بهره‌برداری زیاد، فعالیت شدید کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، بارندگی نسبتاً زیاد، آبیاری بی‌رویه و در مواردی تراکم جمعیت همه از عواملی هستند که می‌توانند سبب آلودگی نیترات و فسفات آب رودخانه‌ها شود.<sup>۳۹</sup>

در فصل زمستان پارامترهای هدایت الکتریکی و TDS در ایستگاه ۴ بالاتر از ایستگاه‌های دیگر بودند ( $P < 0.05$ ) و COD و TSS در ایستگاه ۱ بالاتر از ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء به دست آمدند ( $P < 0.05$ ). افزایش مقادیر هدایت الکتریکی می‌تواند ناشی از تأثیر تبخیر آب رودخانه و نیز ورود جریان‌های آلوده کننده باشد (ستاری و همکاران، ۱۴۰۲). نیترات، فسفات و pH آب رودخانه اعلاء در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل زمستان اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0.05$ ) و دو پارامتر BOD و DO در ایستگاه اول بالاتر از سایر ایستگاه‌های رودخانه اعلاء بودند ( $P < 0.05$ ). در فصل تابستان بالاترین مقادیر pH، DO و فسفات به ترتیب در ایستگاه ۱، ایستگاه ۴ و ایستگاه ۵ به دست آمد ( $P < 0.05$ ). هدایت الکتریکی، شوری، COD، BOD و TDS در ایستگاه ۵ نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ( $P < 0.05$ ). همچنین سختی کل و کدورت در ایستگاه ۳ و TSS در ایستگاه ۴ نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه رودخانه اعلاء بالاتر بودند ( $P < 0.05$ ). بالا بودن غلظت پارامترها در ایستگاه ۱ را می‌توان به دلیل جهت جریان آب و انتقال آلاینده از محیط بالادرست رودخانه به پایین دانست و بالا بودن غلظت پارامترها در ایستگاه‌های ۴ و ۵ رودخانه را می‌توان به علت مزارع کشاورزی و استفاده از کودهای آلی و معدنی و زهکش‌های ناشی از مزارع کشاورزی دانست.<sup>۴۰</sup> بالا بودن کدورت آب در ایستگاه ۳ می‌تواند به دلیل ورود قیر و رنگ تیره آن در محل تلاقی رودخانه تاخت با رودخانه اعلاء باشد. همچنین بالا بودن غلظت پارامتر TDS در ایستگاه ۵ می‌تواند به دلیل ورود آلاینده‌های خانگی و کشاورزی و پسماندهای مختلف از بالادرست تا پایین دست رودخانه

ناواحی سنگی و ماسه‌ای دارد. سختی آب در طول زمان نیز تغییرپذیر است. عموماً سختی آب سطحی در فصل باران، در زمان کم آبی و فصول گرم و خشک، زیادتر می‌شود.<sup>۳۳-۳۴</sup> سنگ‌هایی از نوع مارن و گچ نیز در حوضه مورد مطالعه وجود دارد که فرسایش سنگ‌های مارنی منجر به تولید ذرات ریزدانه رسی و سیلی می‌شود. فرسایش سنگ‌های گچی که عمدتاً از نوع شیمیایی است منجر به تولید املاح گچی می‌گردد که این املاح در ایجاد تغییراتی در کیفیت آب رودخانه مؤثر است. همچنین فرسایش شیمیایی سنگ‌های آهکی نیز باعث افزایش میزان مواد آهکی در آبهای رودخانه اعلاء می‌گردد.<sup>۳۵</sup>

دامنه غلاظت نیترات و فسفات در آب رودخانه اعلاء به ترتیب ۳/۹۸ و ۰/۲۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۱-۰/۲۸ میلی گرم بر لیتر به دست آمد که در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواروبار و جهانی فائق (نیترات و فسفات ۱۰ و ۲ میلی گرم بر لیتر) و استاندارد ملی ایران (نیترات و فسفات ۵۰ و ۰/۲ میلی گرم بر لیتر) میزان فسفات بالاتر بود اما میزان نیترات پایین تر مشاهده شد. نیترات و فسفات آب رودخانه اعلاء در فصل تابستان در ایستگاه ۵ در پایین دست رودخانه بالاتر از بالادرست رودخانه بود. نیترات و فسفات دو ترکیب مهمی هستند که توسط کودهای شیمیایی ایجاد و موجب آلودگی محیط از جمله منابع آب می‌شوند. در بررسی رودخانه زاینده رود با توجه به اینکه بخش عظیمی از ترکیبات فسفاته و ازته توسط رواناب و زهکش کشاورزی وارد می‌شود، می‌توان انتقال مقدار زیادی از این ترکیبات را به پایین دست رودخانه و تالاب گاوخونی انتظار داشت<sup>۳۶</sup> که نتایج این تحقیق را تایید می‌کند. عمدۀ منابع ورود فسفر به محیط‌های آبی، پساب‌های خانگی به خصوص از طریق شوینده‌ها، کودهای شیمیایی و رودی به آب‌های برگشتی و پساب کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و بقایای حیوانی و گیاهی می‌باشند.<sup>۳۷</sup> فاضلاب‌های شهری، صنعتی و آب‌های برگشتی از طریق زهکش‌های کشاورزی، بقایای حیوانی و گیاهی منابع عمدۀ فسفر وارد

ترکیبات نفتالن، پیرن، بنزوپیرن، فلورین، فناترین، آنتراسن، استنفتالن، استنفتالن و فلوراتین در آب پایین تر از حد مجاز استاندارد آزانس حفاظت محیط زیست آمریکا بوده است. اما با توجه به ورود عینی ترکیبات نفتی در آب و وجود آثار آن در بدنه رودخانه احتمال اینکه نوع ترکیبات نفتی با آنچه در این تحقیق بوده متفاوت است و اصول درست کار، این است که از ابتدای کار از برش نفتی آن محل اطلاع حاصل می شد و سپس به دنبال وجود آن ترکیبات تحقیق و آنالیز انجام داده می شد<sup>۳۱</sup>. همچنین در مطالعه دیگری بر روی کیفیت آب رودخانه زرد، تلخ و اعلاء پژوهشگران گزارش کردند که شاخص کیفیت آب در ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری نداشتند<sup>۳۲</sup>.

### نتیجه گیری

مقادیر کدورت، سختی کل، هدایت الکتریکی، فسفات، COD و BOD آب رودخانه اعلاء در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران بالاتر بود، اما مقادیر نیترات و pH در آب رودخانه اعلاء در در مقایسه با حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد ملی ایران پایین تر بود. با توجه به مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی آب با استانداردهای ایران و سازمان بهداشت جهانی می توان چنین بیان کرد که آب رودخانه اعلاء برای مصارف کشاورزی، باگبانی، آبزی پروری و خانگی مناسب می باشد، اما برای مصرف آشامیدنی مناسب نمی باشد. با توجه با نتایج این تحقیق پیشنهاد می گردد آلدگی فلزات سنگین در فضول مختلف سال در آب، رسوبات، ماهیان و گیاهان آبزی رودخانه اعلاء بررسی شود. همچنین با توجه به وجود منشا قیر در رودخانه اعلاء ترکیبات هیدروکربن های آروماتیک و آلیفاتیک آب، رسوبات و ماهیان بررسی شود. با توجه به وجود مزارع کشاورزی متعدد در حاشیه رودخانه اعلاء، سموم علف کش و آفت کش موجود در آب و ماهیان بررسی شود.

باشد<sup>۳۳</sup>. بررسی ها نشان داده است از نظر مکانی در ایستگاه های مورد بررسی به طرف پایین دست رودخانه ارتکند شهر مشهد، افزایش پارامترهای COD و BOD در سطح یک درصد معنی دار است. ضمناً کاهش میزان اکسیژن محلول از نظر زمانی یعنی در فضول مختلف سال در سطح یک درصد معنی دار می باشد<sup>۳۴</sup> که نتایج پارامترهای COD، DO و BOD در آب رودخانه اعلا در فصل زمستان و تابستان را تایید می کند.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها نشان داد که میانگین غلظت شوری ( $P\text{-value}=0.021$ ), اکسیژن موردنیاز شیمیایی (DO) ( $P\text{-value}=0.004$ ), اکسیژن محلول (COD) ( $P=0.043$ ) ( $TDS\text{-value}=0.355$ ), کل املاح محلول (TDS) ( $P\text{-value}=0.002$ ), مواد جامد معلق (TSS) ( $P\text{-value}=0.005$ ), فسفات (P) ( $P\text{-value}=0.005$ ), کدورت ( $P\text{-value}=0.014$ ) آب رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی داری داشت ( $P<0.05$ ). میانگین مقادیر اسیدیته (pH) ( $P=0.275$ ), هدایت الکتریکی (EC) ( $P\text{-value}=0.822$ ), اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD) ( $P\text{-value}=0.355$ ) و نیترات ( $P\text{-value}=0.064$ ) در آب رودخانه اعلاء در دو فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی داری نداشت ( $P>0.05$ ). پارامتر BOD در فصل تابستان در دو ایستگاه ۴ و ۵ بالاتر از فصل زمستان بود. علت این مسئله پایین بودن سطح ورودی آب رودخانه اعلاء در فصل تابستان می باشد که به سمت پایین دست رودخانه به علت ورود آلینده های مختلف پارامترهای کیفی کاهش می یابند<sup>۳۵</sup>. نتایج حاصل از بررسی داده ها بر روی رودخانه سیمراه نشان داد که افزایش غلظت پارامترهای اندازه گیری شده بر اثر ورود پساب های کشاورزی ناشی از زمین های حاشیه رودخانه به آن می باشد و همچنین غلظت آلینده ها در فضول پر باران کاهش و در فضول خشک افزایش می یابد. در تحقیقی غلظت هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در آب های سطحی رودخانه اعلاء بررسی شدند که نتایج نشان داد مقادیر

قیر ماماتین بر روی رودخانه اعلاه "استخراج شده است. نویسنده‌گان مقاله از معاونت پژوهشی و همه همکاران و اساتید گرامی که در مراحل مختلف انجام این تحقیق همکاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

## سپاسگزاری

این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز با عنوان "بررسی آلودگی فلزات سنگین ناشی از پوشش قیر در چشمه

## References

- Kanwal H, Raza A, Zaheer MS, Nadeem M, Ali HH, Manoharadas S, Rizwan M, Kashif MS, Ahmad U, Ikram K, Riaz MW. Transformation of heavy metals from contaminated water to soil, fodder and animals. *Scientific Reports.* 2024;14(1):11705.
- Gill JC, Mankelow J, Mills K. The role of Earth and environmental science in addressing sustainable development priorities in Eastern Africa. *Environmental Development.* 2019;30:3-20.
- Konapala G, Mishra AK, Wada Y, Mann ME. Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nature communications.* 2020;11(1):3044.
- Tortajada C. Contributions of recycled wastewater to clean water and sanitation Sustainable Development Goals. *NPJ Clean Water.* 2020;3(1):22.
- Sdiri A, Pinho J, Ratanatamskul C. Water resource management for sustainable development. *Arabian Journal of Geosciences.* 2018;11:1-2.
- Kummu M, Guillaume JH, de Moel H, Eisner S, Flörke M, Porkka M, Siebert S, Veldkamp TI, Ward PJ. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. *Scientific reports.* 2016;6(1):1-6.
- Mekonnen MM, Hoekstra AY. Four billion people facing severe water scarcity. *Science advances.* 2 (2), e1500323.
- Boretti A, Rosa L. Reassessing the projections of the world water development report. *NPJ Clean Water.* 2019;2(1):15.
- Sharma R, Agrawal PR, Kumar R, Gupta G. Current scenario of heavy metal contamination in water. *Contamination of Water.* 2021:49-64.
- Saita S, Pan-Ngum W, Phuanukoonnon S, Sriwichai P, Silawan T, White LJ, Parker DM. Human population movement and behavioural patterns in malaria hotspots on the Thai–Myanmar border: implications for malaria elimination. *Malaria Journal.* 2019;18:1-4.
- Zacharia JT. Degradation pathways of persistent organic pollutants (POPs) in the environment. *Persistent organic pollutants.* 2019:17-30.
- Zaidi Z, Siddiqui SI, Fatima B, Chaudhry SA. Synthesis of ZnO nanospheres for water treatment through adsorption and photocatalytic degradation: modelling and process optimization. *Materials Research Bulletin.* 2019;120:110584.
- Fatima B, Siddiqui SI, Nirala RK, Vikrant K, Kim KH, Ahmad R, Chaudhry SA. Facile green synthesis of ZnO–CdWO<sub>4</sub> nanoparticles and their potential as adsorbents to remove organic dye. *Environmental Pollution.* 2021;271:116401.
- Alam R, Ahmed Z, Howladar MF. Evaluation of heavy metal contamination in water, soil and plant around the open landfill site Mogla Bazar in Sylhet, Bangladesh, Groundwater for Sustainable Development, 10, 100311.
- Prakash BO. Health risks of potentially toxic metals contaminated water. *Heavy Metal Toxicity in Public Health; Kanayochukwu Nduka, J., Nageeb Rashed, M., Eds. 2020.* 63 P.
- Abdulla NK, Siddiqui SI, Fatima B, Sultana R, Tara N, Hashmi AA, Ahmad R, Mohsin M, Nirala RK, Linh NT, Bach QV. Silver based hybrid nanocomposite: A novel antibacterial material for water cleansing. *Journal of Cleaner Production.* 2021;284:124746.
- Flandroy L, Poutahidis T, Berg G, Clarke G, Dao MC, Decaestecker E, Furman E, Haahtela T, Massart S, Plovier H, Sanz Y. The impact of human activities and lifestyles on the interlinked microbiota and health of humans and of ecosystems. *Science of the total environment.* 2018;627:1018-38.
- Baluti H, Yaqutzadeh G.R. Classification of surface water and underground water in terms of drinking, agriculture and industry (case study of Sidon River, Alaa and Chah Golal Dopran and Seyed Behzad seepage). *Journal of Water Sciences and Engineering,* 2018;9(23):57-70. [In Persian].
- Farhadi N, Orak N, Bani Naimah, S. Investigating the causes of the change of the Alla River in Ramhormoz Alluvial Cone. The 5th National Conference on Geomorphology and Environmental Challenges, Mashhad, 2017;5 p. [In Persian].
- Khazimanejad H, Khademi Kh, Rezania AR., Sabzivand, Sh. Use of roller concrete technology in the construction of river breakwaters, case study: Alaa river organization plan in Khuzestan. 9th International Seminar on River Engineering, Ahvaz, 2012;9 pages. [In Persian].
- Taghipour Sh, Hasanzadeh M, Hosseini Sarqin, S. Introduction of flora, biological form and geographical distribution of Ala and Rudozard region of Khuzestan province. *Journal of Taxonomy and Biosystematics,* 2011;3(9):15-30. [In Persian].
- Baird R, Rice E, Eaton A. Standard methods for the examination of water and wastewaters. Water Environment Federation, Chair Eugene W. Rice, American Public Health Association Andrew D. Eaton, American Water Works Association. 2017;1:71-90.
- Nasralehzadeh Saravi H, Ramin M, Vahedi F, Kharek A, Dostdar M. Determining parameters affecting water quality of Ares River by principal component test method. *Caspian Sea Aquatic Journal,* 2017;7: 1-10. [In Persian].
- Aghaei M, Heshmatpour A, Qare Mahmudlou M, Seyedian, S.M. Checking the water quality of Chehalchai river using IRWQIsc index. *Environmental Science and Technology Quarterly,* 2019;22 (5):166-153. [In Persian].
- Alam MG, Jahan N, Thalib L, Wei B, Maekawa T. Effects of environmental factors on the seasonally change of phytoplankton populations in a closed freshwater pond. *Environment International.* 2001;27(5):363-71.
- Tiwari A, Chauhan SV. Seasonal phytoplanktonic diversity of Kitham lake, Agra. *Magnesium.* 2006;7(17.5):8-5.
- Beamud SG, Diaz MM, Baccalá NB, Pedrozo FL. Analysis of patterns of vertical and temporal distribution of phytoplankton using multifactorial analysis: Acidic Lake Caviahue, Patagonia, Argentina. *Limnologica.* 2010;40(2):140-7.
- Gupta N, Yadav KK, Kumar V, Singh D. Assessment of physicochemical properties of Yamuna River in Agra City. *International Journal of ChemTech Research.* 2013;5(1):528-31.

29. Vesali Nasch MR, Noori R, Berndtsson R, Adamowski J, Sadatipour E. Groundwater pollution sources apportionment in the Ghaen Plain, Iran. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018;15(1):172.
30. Shafii Mutualq Kh, Por Hemmat J, Sedqi H, Hosseini M. Investigating the impact of land use changes on the water quality of Maron River using RS and GIS. Environmental Geology Quarterly, 2015;9(31): 86-69. [In Persian].
31. Barati Gandamkar P, Hassounizadeh H, Hosseini Zare N, Saadat, N. Investigating oil pollution in Ala and Talkhab rivers, Ramhormoz city. 9th International Seminar on River Engineering, Ahvaz, 2013; 8 pages. [In Persian].
32. Ghasemian N, Ghasemian M.A. Investigating the water quality of Ala Ramhormoz river based on water quality indicators (W.Q.I) and GIS system. The second national conference on water and hydraulic structures, Dezful, 2018; 7 P. [In Persian].
33. Shirvani Mahdavi A, Pasdar, H. Investigating the physicochemical parameters and heavy elements in Jajrud river water in Parchin area. Journal of Marine Science and Technology Research, 2010;5 (2): 1-14. [In Persian].
34. Bab Al-Hakmi A, Gholami Sefid Kohi M.A. Analysis of Talar river water quality using multivariate techniques. Watershed Management Journal, 2018; 9 (18): 259-250. [In Persian].
35. Studies on the organization plan of the Ala River. 2008. Geological and morphological studies report. The fourth volume. Ministry of Energy, Water and Electricity Organization of Khuzestan Province, Arvand Green Consulting Engineering Company. 97 p. [In Persian].
36. Rahmani H.R, Mamanposh A.R. Investigating the situation of nitrates and phosphates in the Zayandeh River. 10th Congress of Soil Sciences of Iran, Karaj. 2007; 9 P. [In Persian].
37. Agbague VE, Ekere NR, Shaibu Y. Assessment of the levels of phosphate in detergents samples. International Journal of Chemistry Science, 2015;13(2):771-85.
38. Tyrrell T, Law CS. Low nitrate: phosphate ratios in the global ocean. Nature. 1997;387(6635):793-796.
39. Isiuku BO, Enyoh CE. Pollution and health risks assessment of nitrate and phosphate concentrations in water bodies in South Eastern, Nigeria. Environmental Advances. 2020;2:100018.
40. Ebrahimian Najafabadi M, Ildurmi A, Mortazavi S, Mohammadi Manesh A. Investigating water quality parameters of Gamasiab river in Kermanshah province. 7th National Conference and 5th International Conference on Environmental Sciences, Agriculture and Natural Resources, Hamadan, 2022;9 pages. [In Persian].
41. Khalili R, Parvinnia M, Zali, A. Evaluation of water quality of Garmarood River using National Health Foundation Water Quality Index (NSFWQI), River Pollution Index (RPI) and Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI). Journal of Environmental and Water Engineering, 2020; 6(3): 284-274. [In Persian].
42. Bagharian Kalat A, Lashkaripour G.R, Ghafouri M, Hafzi Moghads N, Ghazanchian G, Ghafourian R. Investigating spatial and temporal changes in the water quality of the Artakand River caused by the effluent of fish farms. Journal of Watershed Engineering and Management, 2013;5(4): 254-243. [In Persian].