Vol 14, No. 2, Summer 2024

University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management Online ISSN: 2382-9931

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Quality monitoring and self-purification capacity of Sirvan river in Azad Doab interval

Shaho Rostami[1] | Sobhan Rostami[2] | Vafa Rezaei[3]✉

1. Department of Water Science and Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Islamic University, Sanandaj, Iran. Email: shaho.rostami@yahoo.com
2. Department of Water Engineering and Management, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: sobhan_rostami@modares.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Islamic University, Sanandaj, Iran. Email: vafarezaei@iausdj.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 26 September 2023
Received in revised form
19 January 2024
Accepted 22 February 2024
Published online 5 September 2024

Keywords:
Pollutant sources
Qualitative monitoring
Self-purification
Surface water quality index of Iran

ABSTRACT

Due to the increasing pollution from domestic wastewater in urban and rural areas, as well as industrial and agricultural activities, the future of the country's water resources, especially surface water resources, will face inevitable environmental crises. The assessment of the water resources situation to determine the severity of the current crisis and warn about the future is very important and influential. In this research, the quality status and self-purification capacity of the Sirvan River in the Azad Doab interval under the influence of input pollutants along the study area have been investigated. For this research, considering the current conditions and situation, 7 physicochemical water quality parameters, including dissolved oxygen, ammonia, nitrate, phosphate, turbidity, pH, and temperature, were measured and analyzed at 10 selected stations along the approximately 45-kilometer study area in three seasons (winter, spring, and summer) using standard methods. Furthermore, the water quality status of the free water interval was evaluated using the IRWQI water quality index. According to the results obtained, most of the sampling stations had low pollution levels due to adequate water supply, winding path, and appropriate ventilation by wind, and they were qualitatively relatively good. Only in some areas, such as the location of station number 9, the water quality has decreased due to the discharge of wastewater from the city of Sarvabad into the river, but after that point and along the route, it gradually improves towards the desired condition.

Cite this article: Rostami, Sh., Rostami, S., & Rezaei, V. (2024). Quality monitoring and self-purification capacity of Sirvan river in Azad Doab interval. *Journal of Water and Irrigation Management*, 14 (2), 509-525.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2024.364568.1100

© The Author(s).
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2024.364568.1100

دوره چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

پایش کیفی و توان خودپالایی رودخانه سیروان در بازه آزاد دوآب

شاهو رستمی[۱] | سبحان رستمی[۲] | وفا رضایی[۳]✉

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اسلامی، سنندج، ایران. رایانامه: shaho.rostami@yahoo.com

۲. گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: sobhan_rostami@modares.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران. رایانامه: vafarezaei@iausdj.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۶/۱۵

کلیدواژه‌ها:

پایش کیفی

خودپالایی

شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران

منابع آلاینده

چکیده

با توجه به افزایش روزافزون بار آلودگی حاصل از فاضلاب‌های خانگی شهری و روستایی و فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی برای منابع آبی و به‌ویژه منابع آب سطحی و از طرفی عدم اعمال مدیریت و به‌کارگیری روش‌های تصفیه این آلودگی‌ها، آینده منابع آبی کشور با بحران‌های زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری مواجه خواهد شد که بررسی وضعیت منابع آبی جهت مشخص‌نمودن شدت بحران کنونی و هشدار نسبت به آینده، بسیار دارای اهمیت و تأثیرگذار می‌باشد. در این پژوهش وضعیت کیفی و توان خودپالایی رودخانه سیروان در بازه آزاد دوآب تحت تأثیر آلاینده‌های ورودی در طول مسیر موردبررسی قرارگرفته است که برای انجام این پژوهش، با توجه به شرایط و وضعیت موجود، تعداد هفت پارامتر کیفی فیزیکی و شیمیایی آب شامل اکسیژن محلول، آمونیاک، نیترات، فسفات، کدورت، pH و دما در ۱۰ ایستگاه انتخابی در طول مسیر موردمطالعه به طول حدود ۴۵ کیلومتر، در سه نوبت از سال (زمستان، بهار و تابستان)، با استفاده از روش‌های استاندارد مورد اندازه‌گیری و سپس تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هم‌چنین با استفاده از شاخص کیفیت آب IRWQI، وضعیت کیفی رودخانه آزاد دوآب ارزیابی گردید که برابر نتایج به‌دست‌آمده، غالب ایستگاه‌های نمونه‌برداری به‌دلیل آبدهی مناسب، مسیر پرپیچ و خم و تهویه مناسب توسط باد، از آلودگی کمی برخوردار بوده و از لحاظ کیفی در حد نسبتاً خوبی قرار گرفته است، تنها در برخی نقاط از جمله محل ایستگاه شماره ۹ به‌دلیل ورود فاضلاب شهر سروآباد به داخل رودخانه، وضعیت کیفی آب کاهش یافته که پس از آن و پیمایش مسیر، دوباره به سمت وضعیت مطلوب گرایش می‌یابد.

استناد: رستمی، شاهو؛ رستمی، سبحان و رضایی، وفا (۱۴۰۳). پایش کیفی و توان خودپالایی رودخانه سیروان در بازه آزاد دوآب. *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۴ (۲)، ۵۲۵-۵۰۹. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2024.364568.1100

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی از جمله فاضلاب‌های شهری و روستایی، پساب‌های صنعتی، کودهای شیمیایی، ساخت و سازهای بی‌رویه در حریم و بستر رودخانه‌ها و ... و از طرفی عدم نظارت و مدیریت‌های مناسب از سوی دستگاه‌های اجرایی در ارتباط با پایش و کنترل چگونگی رهاسازی پساب‌ها و فاضلاب‌ها باعث شده است که منابع آبی سطحی و زیرزمینی در معرض آلودگی و بروز خسارت‌های جبران‌پذیر زیست‌محیطی از جنبه‌های مختلف قرار بگیرند. آب‌های سطحی به‌ویژه رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی هستند که امروزه به سبب تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و زه‌آب‌های کشاورزی، در معرض آلودگی قرار گرفته‌اند. در اثر افزایش انواع آلودگی‌ها و استفاده از رودخانه‌ها به‌عنوان محل تخلیه آن‌ها، بدون درنظرگرفتن آثار زیست‌محیطی و رعایت‌نکردن استانداردهای تخلیه، توان خودپالایی رودخانه‌ها کاهش‌یافته و کیفیت آب آن‌ها به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفته است، بنابراین برای داشتن آبی با کیفیت مطلوب، ظرفیت پذیرش رودخانه‌ها باید در طول رودخانه مشخص‌شده و در حد قابل‌قبول باقی بماند. با توجه به افت شدید و پایین‌رفتن سطح آب سفره‌های آب زیرزمینی در کشور طی سنوات اخیر به‌دلیل برداشت‌های بی‌رویه در بخش کشاورزی و کاهش نزولات جوی و هم‌چنین پیش‌بینی ادامه همین روند در آینده، عملاً دسترسی به آب‌های زیرزمینی برای نسل‌های بعدی، دشوار و حتی غیرممکن خواهد شد، لذا کنترل آب‌های سطحی موجود و بهره‌برداری از آن‌ها جهت مصارف شرب، صنعت و کشاورزی بیش از پیش موردتوجه قرار گرفته و حفاظت و حراست از این منابع در پیشگیری از ورود آلاینده‌ها به مسیر جریان آب‌های سطحی یکی از مهم‌ترین وظایف دستگاه‌های اجرایی کشور می‌باشد. در حال حاضر متأسفانه غالب آلاینده‌های فوق‌الاشاره، به‌صورت خام و بدون تصفیه وارد مسیر طبیعی و فعال رودخانه‌ها شده و کیفیت آن‌ها و منابع شرب مجاور را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده که هیچ‌گونه برنامه و مدیریتی برای کنترل این آلاینده‌ها در نظر گرفته نشده است و با ادامه این روند در آینده شاهد از بین‌رفتن محیط‌زیست آبزیان و عدم امکان بهره‌برداری از آب‌های سطحی خواهیم بود. این‌گونه پژوهش‌ها با بررسی و پایش کیفی منابع آبی، درجه شدت بحران فعلی را تعیین نموده و احتمال بروز بحران در آینده را پیش‌بینی می‌نماید که اطلاع‌رسانی و بیان علمی این موضوعات، در ایجاد انگیزه بین مسئولین و برنامه‌ریزی برای پیشگیری از ادامه این روند مؤثر خواهد بود. رودخانه آزاد دوآب که سرشاخه‌ای از رودخانه سیروان می‌باشد محل تخلیه غالب فاضلاب‌های شهری و روستایی و هم‌چنین پساب‌های حاصل از طرح‌های پرورش ماهی و کودهای شیمیایی بوده که علاوه بر زیستگاه جانداران آبزی، منابع تأمین آب شرب واقع در طول مسیر رودخانه را تهدید می‌نماید، لذا مطالعه و بررسی وضعیت کیفی این رودخانه و معضلاتی که در آینده با آن روبه‌رو خواهیم بود امری بسیار ضروری می‌باشد.

Miri (2009) به مطالعه میزان پتانسیل پذیرش بار آلودگی رودخانه قره آغاج با استفاده از مدل شبیه‌سازی Qual2kw پرداخت که با انجام نمونه‌برداری در چهار فصل سال و انجام آنالیزهای لازم، نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش بیانگر پتانسیل مناسب خودپالایی رودخانه مذکور در طول مسیر خود بوده است. Tian *et al.* (2011) توان خودپالایی رودخانه جاما در کشور چین را بررسی نمودند به این صورت که سه ناحیه از رودخانه جاما با آلودگی زیاد، آلودگی کم و بدون آلودگی را انتخاب کرده و نمونه‌هایی از آب و گیاهان آبزی جهت آزمایش بار آلودگی را برداشت نمودند که نتایج نشان داد رودخانه جاما توان مناسبی در تصفیه آلاینده‌های آلی ازجمله TN[۱] و TP[۲] دارد، اما در تصفیه فلزات سنگین عملکرد قابل‌قبولی از خود نشان نمی‌دهد، هم‌چنین با آنالیز توانایی جذب سه نمونه گیاه آبزی

مشخص شد که گیاه میریوفیلوم سپیکاتوم بیش‌ترین توانایی جذب آلاینده‌های الی را دارد. Qhazi Mir Saeed (2011) مدل‌سازی کیفی رودخانه جاجرود و میزان قدرت خودپالایی آن را ارزیابی نمود به این صورت که با نمونه‌برداری و جمع‌آوری داده‌هایی از ۱۰ ایستگاه تعیین‌شده در بالادست سد لتیان و آنالیز داده‌ها با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی، به این نتیجه دست یافت که کیفیت آب رودخانه در مجاورت مراکز جمعیتی کاهش می‌یابد، اما به‌طورکلی رودخانه جاجرود در طول مسیر خود دارای پتانسیل خودپالایی مناسبی بوده و آب ورودی به داخل مخزن سد لتیان از کیفیت خوبی برخوردار می‌باشد. Zhang *et al.* (2012) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی به بررسی ظرفیت خودپالایی رودخانه هونگکی پرداختند که پس از نمونه‌برداری، انجام آزمایش‌ها و آنالیز داده‌ها، به این نتیجه دست یافتند که بار آلودگی نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن کل و فسفر کل می‌بایست به‌ترتیب به میزان ۵۰/۹۶ درصد، ۴۴/۱۱ درصد و ۲۲/۹۲ درصد کاهش یابد تا وضعیت کیفی آب رودخانه، مناسب و رضایت‌بخش تلقی گردد. Bostani and Gohargani (2014) به مطالعه و بررسی وضعیت کیفی آب رودخانه بشار با استفاده از مدل Qual2kw پرداختند که برای این منظور تعداد چهار موقعیت در مسیر رودخانه را جهت انجام نمونه‌برداری انتخاب نمودند که تحلیل و آنالیز داده‌های به‌دست‌آمده نشان داد که در شهریور ماه به‌دلیل ورود فاضلاب‌های شهری، فاضلاب‌های آبزی‌پروری و پساب‌های کشاورزی، میزان اکسیژن خواهی رودخانه نسبت به اسفندماه بیش‌تر است، اما به‌طورکلی میزان اکسیژن محلول در رودخانه بشار نسبتاً بالا بوده که نشان از توان مناسب خودپالایی رودخانه در طول مسیر خود دارد. MirHossieny *et al.* (2014) در پژوهشی با هدف بررسی کیفی رودخانه کارون در بازه خوزستان با استفاده از شاخص IRWQI انجام دادند. بدین منظور ۴۴ ایستگاه در محدوده موردنظر انتخاب و نمونه‌برداری و سنجش انجام گرفت و نتایج حاصله براساس شاخص کیفیت آب IRWQIدر طول نمونه‌برداری نشان داد طبق بررسی انجام‌شده در تمام ایستگاه‌ها عدد شاخص بین ۴۷ تا ۷۳ در نوسان است که مشخص می‌کند، کیفیت آب در محدوده خوب تا متوسط قرار دارد و ایستگاه‌های بالادست از کیفیت بالاتری برخوردار بوده‌اند در نهایت کیفیت آب ایستگاه‌های موردمطالعه در کلیه فصل‌ها و ایستگاه‌ها با توجه به تراز استاندارد ملی و بین‌المللی کاربری دارند برای مصارف کشاورزی و آبزیان قابل مصرف می‌باشد. Khadam Mohammadi and Bostani (2016) به مطالعه وضعیت خودپالایی و نقش اکسیژن محلول در کیفیت آب رودخانه کر در بازه مدنظر پرداختند که با تعیین هفت موقعیت مناسب، در ماه‌های کم آب و پر آب سال اقدام به نمونه‌برداری از آب رودخانه نمودند که نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز داده‌ها نشان داد روند تغییرات اکسیژن محلول، مناسب بوده و هرگز به مرز بحرانی نمی‌رسد، لذا رودخانه کر از توان خودپالایی مناسبی برخوردار می‌باشد، اما با توجه به کاهش دبی و افزایش تأثیر فاضلاب‌ها در آینده، رودخانه کر با مشکلاتی موجه خواهد شد. Vafaei *et al.* (2018) ظرفیت خودپالایی رودخانه عباس‌آباد همدان را با استفاده از مدل Qual2kw برای آنالیز پارامترهای DO[۳]، BOD[۴]، NH_4[۵]، NO_3[۶] و PO_4[۷] با درنظرگرفتن استانداردهای کیفی آب در دو بازه از رودخانه به طول‌های ۱/۸۶ و ۴/۳۳ کیلومتر موردبررسی قرار دادند که نتایج حاصل‌شده نشان داد به‌دلیل کوهستانی‌بودن و شیب زیاد منطقه، رودخانه عباس‌آباد در مسیر خود هوادهی مناسبی داشته و از توان خودپالایی قابل‌قبولی در اغلب پارامترها برخوردار می‌باشد. Zotou *et al.* (2019) عملکرد هفت شاخص کیفیت آب (WQI) در رودخانه ووسووزیس واقع در بخش رودوپه، شمال یونان بررسی و به این نتیجه رسیدند که شاخص CCME WQI به‌عنوان مناسب‌ترین، از بین شاخص‌های موردبررسی پیشنهادشده است. Gradilla-Hernandez *et al.* (2020) ارزیابی کیفیت آب دریاچه نیمه‌گرمسیری کاجیتیتالن در مکزیک را با استفاده از شاخص NSFWQI و شاخص کیفیت آب ویژه اکوسیستمی

پیشنهادی جدید (ES-WQI) بررسی کردند. نتایج نشان داد که هر دو شاخص کیفیت آب به‌وضوح با توانایی دریاچه برای حمایت از زندگی آبزیان ارتباط دارد، زیرا حداقل بزرگ‌ترین وقایع مرگ‌ومیر ماهیان بزرگ را نشان می‌دهد. Cristable *et al*. (2020) به بررسی کیفیت آب رودخانه سالور طارم بارات با استفاده از شاخص NSFWQI آن‌ها سه نقطه نمونه‌برداری را در ابتدا، بخش مرکزی و انتهای رودخانه انتخاب و نمونه‌ها را مورد تجزیه‌و تحلیل قراردادند. نتایج نشان داد که کیفیت آب در طبقه متوسط، با محدوده ارزش ۶۷/۹۲-۵۵/۰۶ طبقه‌بندی شده است. Noroozi *et al*. (2020) به بررسی روند تغییرات شاخص کیفیت آب رودخانه زیارت در استان گلستان پرداختند که نتایج حاصل از مطالعه براساس شاخص کیفیت WQI[۸] در پنج ایستگاه در مسیر موردمطالعه نشان داد که بیش‌ترین آلودگی در ایستگاه‌های انتهایی چهارم و پنجم به‌دلیل فعالیت‌های صنعتی، ورود فاضلاب‌ها و پساب‌ها در شهر گرگان به داخل رودخانه می‌باشد. تأثیرگذارترین پارامتر بر کیفیت آب رودخانه زیارت، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD) بوده و پس از آن کل جامدات محلول، کدورت، فسفات، نیترات و کلیفرم‌های گرماپای قرار گرفته‌اند. Fathi and Ahmadi Fard (2020) تأثیر پساب شهری بر کیفیت آب رودخانه سقز را با استفاده از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و شاخص کیفی موردبررسی قرار دادند که با تعیین چهار ایستگاه در قسمت‌های مختلف رودخانه، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از جمله نیترات، فسفات، قلیائیت، آمونیاک، دما، PH، اکسیژن محلول، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی و اکسیژن موردنیاز شیمیایی به‌صورت ماهانه در تابستان اندازه‌گیری شد و براساس نتایج به‌دست‌آمده، شاخص کیفیت آب WQI محاسبه گردید. بررسی‌ها نشان داد که ایستگاه‌های اول و دوم دارای وضعیت کیفی خوب و ایستگاه‌های سوم و چهارم از وضعیت کیفی پایین‌تر (متوسط) برخوردار می‌باشند. Mottahedin *et al*. (2021) کیفیت آب رودخانه حبله‌رود را با استفاده از شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQISC) موردبررسی قرار دادند. در این پژوهش پارامترهای COD، BOD_5، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، کلیفرم گوارشی، آمونیوم، نیترات، فسفات، کدورت، سختی کل و pH، طی چهار فصل از زمستان سال ۱۳۹۸ تا پاییز سال ۱۳۹۹ در سه ایستگاه نمونه‌برداری شامل بالادست روستای بن‌کوه (A)، پایین‌دست روستای بن‌کوه (B) و ده‌سراب (C) مورد پایش قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار IRWQISC، عدد ۶/۵۵ در ایستگاه بالادست روستا در فصل تابستان و کم‌ترین مقدار آن، عدد ۴۰/۴ در ایستگاه پایین-دست روستا در فصل زمستان به‌دست آمد. بنابراین، کیفیت آب رودخانه در ایستگاه بالادست روستای بن‌کوه در فصل تابستان نسبت به ایستگاه‌ها و فصول دیگر بهتر بوده است. Kheyri Soltan Ahmadi (2022) به ارزیابی تحلیلی کیفیت آب در راستای رودخانه مهاباد چای پرداختند و بعد از بررسی شاخص کیفیت آب‌های سطحی اسران ($IRWQI_{SC}$) نتایج دریافت شده نشان داد که کلیفرم مدفوعی، BOD، COD، نیترات، آمونیوم و کدورت اثرپذیری بیش‌تری در تعیین این شاخص دارند. Khalili (2022) به بررسی رودخانه تالار از استان مازندران ایران پرداختند و با استفاده از ترکیب شاخص‌های کیفیت آب و مدل‌سازی چند متغیره و استفاده از شاخص WQI به این نتیجه رسیدند که بیش‌تر آب‌های سطحی منطقه موردبررسی برای مصارف آشامیدنی مناسب نیستند. Mazlomi Mochani *et al*. (2023) به ارزیابی حساسیت شاخص‌های کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI) و شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) بر کیفیت آب رودخانه نکارود پرداختند. آن‌ها تغییرات کیفیت آب رودخانه نکارود از سرچشمه تا محل اتصال به دریای خزر را موردبررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد براساس شاخص $IRWQI_{SC}$ رودخانه در رده کیفی نسبتاً خوب و براساس شاخص NSFWQI در رده کیفی متوسط قرار دارد. کیفیت کلی آب از سرچشمه به سمت خروجی روندی کاهشی را دنبال می‌کند و کاهش آن در فصول گرم‌تر نسبت به فصول سردتر است. رودخانه سیروان با توجه به

ارتباط نزدیک با جوامع انسانی، این رودخانه نسبت به تنش‌ها و فعالیت انسانی آسیب‌پذیر شده و تغییرات زیادی در رودخانه ایجاد شده است. با این‌حال، تخریب در اثر دخالت و فعالیت‌های انسان، باعث شده است که ارائه مؤثر و پایدار خدمات رودخانه (شامل آب شرب، تصفیه آب، انرژی برقابی، جذب مواد آلی، چرخه مواد غذایی، تفریح و زیستگاه گیاهان و جانوران) مختل گردد. برای مقابله با تأثیرات مخرب فعالیت‌های انسانی، ارزیابی و تعیین درجه سلامت رودخانه یکی از معیارهای اساسی مدنظر سازمان‌های مدیریت آب است. تعیین سلامت رودخانه می‌تواند به‌عنوان ابزاری در برآورد جریان زیست‌محیطی و کمی‌نمودن مقدار، زمان‌بندی و کیفیت جریان آب موردنیاز برای استفاده‌های بشری و تداوم حیات اکوسیستم‌های رودخانه‌ای استفاده شود. هدف و نوآوری از پژوهش حاضر آن است که وضعیت کیفی رودخانه آزاد دوآب را تحت تأثیر آلاینده‌های ورودی به مسیر رودخانه با استفاده از شاخص کیفیت آب IRWQI موردبررسی قرار داده و چگونگی توان خودپالایی رودخانه همراه با روند تغییرات هرکدام از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب را تحلیل نماییم. نتایج این بررسی می‌تواند کمک ارزشمندی به اطلاعات واقعی درباره آلودگی آب این منطقه و تدوین کنترل بارگذاری مواد آلاینده در این بازه رودخانه مفید واقع شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. معرفی محدوده موردمطالعه

محل موردمطالعه، یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه سیروان به نام رودخانه آزاد دوآب واقع در استان کردستان، در محدوده شهرستان‌های سنندج و سروآباد می‌باشد که از پایاب سد آزاد با مختصات جغرافیایی (y: ۳۹۱۰۴۳۰، x: ۶۴۱۱۹۹) شروع‌شده و با طی‌نمودن مسیری به طول حدود ۴۵ کیلومتر و گذر از محدوده چندین روستا و شهر سروآباد، در پایان مسیر خود به محل تلاقی با رودخانه گاران با مختصات (y: ۳۹۰۸۵۸۰، x: ۶۲۱۵۶۲) می‌رسد که پس از آن وارد مسیر اصلی رودخانه سیروان شده و با طی مسیری به دریاچه سد داریان و از آنجا به کشور عراق جریان می‌یابد و به رود بزرگ دجله می‌ریزد (شکل ۱). منطقه موردمطالعه در منطقه کوهستانی با سازندهای آهکی، آب‌وهوای معتدل و متوسط بارش سالانه ۷۲۵ میلی‌متر قرار گرفته است. آب‌وهوای مناسب موجب رونق کشاورزی در این شهر شده است. سروآباد به‌دلیل جاذبه‌های دیدنی و روستاهای بسیار زیبا به یکی نقاط اصلی گردشگری در کردستان تبدیل شده است. روستاهای سرسبز و کوهستانی و زیبا از تفرجگاه‌های اصلی مردم منطقه و گردشگران به‌شمار می‌رود. رودخانه آزاد دوآب محل تخلیه غالب فاضلاب‌های خانگی شهری و روستایی، پساب‌های حاصل از کودهای شیمیایی اراضی کشاورزی، پساب‌های مربوط به طرح‌های صنعتی و آبزی‌پروری و ریختن زباله‌ها و فضولات حیوانی احشام خانگی اهالی روستاها به‌صورت نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای می‌باشد. شغل غالب ساکنین منطقه، کشاورزی بوده که اراضی حاصلخیز کشاورزی از ابتدا تا انتهای مسیر موردمطالعه گسترش یافته است و پساب‌های حاصل از کودهای شیمیایی که در این اراضی مورداستفاده قرار می‌گیرد، به مسیر جریان رودخانه وارد می‌شود. با توجه به وضعیت توپوگرافی منطقه، اکثر چاه‌های تأمین آب شرب شهر سروآباد و روستاهای واقع در مسیر، در مجاورت رودخانه سیروان حفر گردیده است و ایجاد هرگونه آلودگی در رودخانه، بر کاهش کیفیت آب این منابع نیز تأثیرگذار خواهد بود. به‌علت نامناسب‌بودن جاده مواصلاتی سروآباد سنندج و هم‌چنین تردد صدها دستگاه تانکر حامل مواد نفتی در طول شبانه‌روز از این مسیر، گاهی شاهد واژگونی این تانکرها در مسیر و حتی سقوط به داخل رودخانه هستیم که منجر به نشت مواد نفتی به مسیر جریان آب رودخانه و ایجاد آلودگی بسیار شدید خواهد شد.

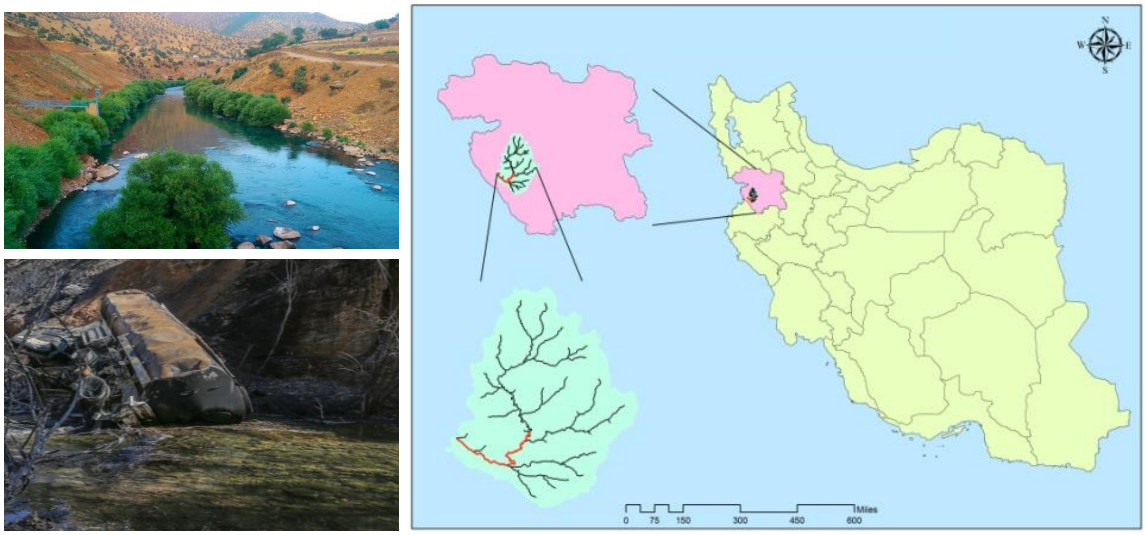

Figure 1. A view of the study area

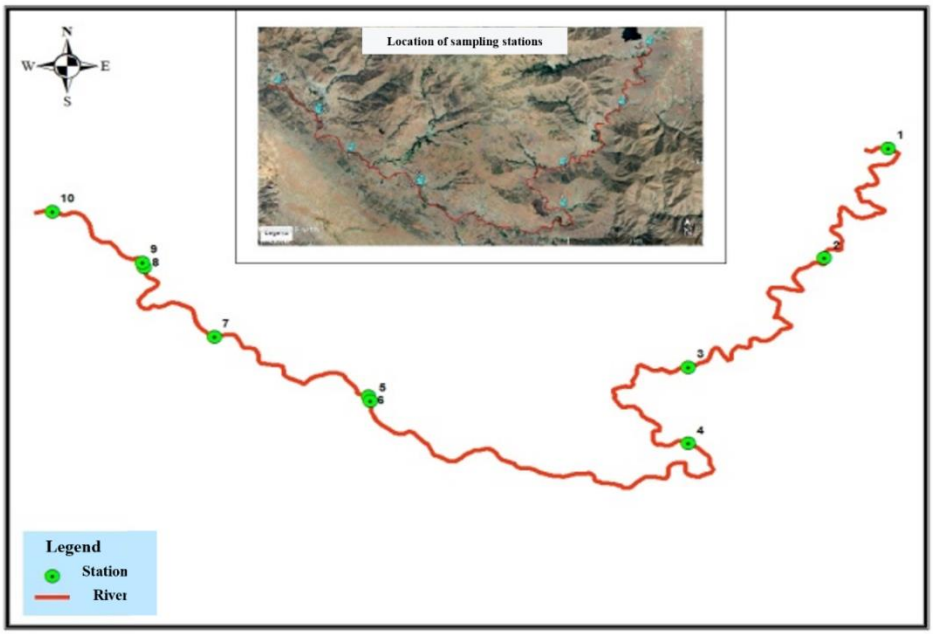

Figure 2. Sampling station locations

۲. ۲. روش‌شناسی مطالعه

جهت انجام این مطالعه، پس از تهیه وسایل و تجهیزات موردنیاز، در سه نوبت از سال در فصول زمستان، بهار و تابستان، با استفاده از روش‌های استاندارد، اقدام به نمونه‌برداری از آب رودخانه از ۱۰ ایستگاه تعیین‌شده در طول مسیر گردید که در جدول (۱) و شکل (۲) مشخصات و موقعیت آن‌ها ارائه شده است. برای این کار تعداد هفت پارامتر فیزیکی و شیمیایی آب شامل اکسیژن محلول، آمونیاک، نیترات، فسفات، کدورت، اسیدیته و دمای آب موردبررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری پارامترهای اکسیژن محلول، اسیدیته و دمای آب به‌دلیل احتمال بروز خطا در فاصله زمانی انتقال تا محل آزمایشگاه، به‌وسیله دستگاه اکسیژن متر در محل ایستگاه‌ها صورت پذیرفت.

Table 1. Sampling station specifications

Station	Address	Distance from the beginning (km)	Coordinates	
			y	x
1	Khoroji Sad Azad	0.6	3910984	641423
2	Pol Mevasali Nagal	6.5	3907371	639993
3	Serehi Burgoro	14	3903761	636883
4	Pol Rostaye of Langreez	20	3901263	636915
5	Pol Rostaye of Karabad	30	3902555	629500
6	Pasab Tarh Parvaresh Mahi	31	3902703	629457
7	Robaroy Karkhanrh Ard	36	3904593	625840
8	Balater az Chah Shorb Shmareh 3	40	3906837	624177
9	Khoroji Fazlab Savrabad	41	3906992	624130
10	Mahal Chah Shorb Abrahim Abad	45	3908630	622009

۲. ۲. ۱. وضعیت کیفیت آب با استفاده از شاخص کیفیت آب IRWQI

کیفیت آب در هر محل منعکس‌کننده اثر عوامل مختلف مانند زمین‌شناسی، شرایط اقلیمی و منابع آلاینده انسانی می‌باشد و پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده‌های پیچیده‌ای می‌شود که حاوی اطلاعات غنی درباره رفتار منابع آب هستند و نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند. در این میان طبقه‌بندی، شبیه‌سازی و تحلیل آماری داده‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی کیفیت آب هستند. این شاخص‌ها ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند که در آن‌ها داده‌های چند پارامتر کیفیت آب در یک فرمول ریاضی که با یک عدد میزان سلامتی آب را نشان می‌دهد شرکت داده می‌شوند. این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است، دسته‌بندی می‌شود.

شاخص IRWQI براساس متداول‌ترین پارامترهای کیفیت منابع آب سطحی ایران و از طرف سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران ارائه شده است. در این روش وزن نسبی پارامترهای فیزیکی وشیمیایی مطابق جدول (۲) تعیین می‌شود. پس از تعیین وزن پارامترها، مقدار شاخص IRWQI با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Hashemi *et al*., 2011).

Table 2. Indicator Parameters and Their Weights

Parameter	Coliform	BOD_5	DO	Nitrate	Phosphate	Turbidity	PH	EC	COD	Ammonium	Hardness
Wight	0.14	0.117	0.097	0.108	0.087	0.062	0.051	0.096	0.093	0.09	0.059
Unite	MPN/ 100ml	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NTU	-	µmhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l-$caco_3$

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} w_i \qquad \text{IRWQI} = [\prod_{i=1}^{n} {I_i}^{w_i}]^{\frac{1}{\gamma}}$$ رابطه ۱)

در رابطه فوق، w_i: وزن پارامتر iام (جدول ۲)، n: تعداد پارامترها، I_i: مقدار شاخص برای پارامتر iام می‌باشد. در نهایت با استفاده از مقدار شاخص IRWQI و رده‌بندی ارائه‌شده در جدول (۳) می‌توان کیفیت آب را ارزیابی نمود.

Table 3. Descriptive equivalent of an index

Numeric value of the index	Less than 15	15-29.9	30-44.9	45-55	55.1-70	70.1-85	More than 85
Descriptive equivalent	Very bad	Bad	Relatively bad	Medium	Relatively good	Good	Very goof

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها و بررسی‌های آزمایشگاهی نمونه‌های آب برداشت از ۱۰ ایستگاه نمونه‌برداری در طول مسیر موردمطالعه در جدول‌های (۴) تا (۶) و شکل‌های (۳) و (۴) زیر جمع‌بندی می‌گردد:

Table 4. Results obtained in Winter

Parameter	Unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DO	mg/l	7.3	9.28	9.42	9.52	9.82	9.1	9.51	10.05	8.43	9.3
NH_3	mg/l	0.107	0.041	0.063	0.217	0.007	0.186	0.11	0.077	0.292	0.121
NO_3	mg/l	2.1	2.3	3.37	3.29	3.66	3.95	3.82	3.72	4.24	3.93
PO_4	mg/l	0.025	0.03	0.04	0.03	0.026	0.032	0.039	0.063	0.25	0.1
NTU	mg/l	2.4	3	4.8	3.3	3.1	2.52	3.15	3.7	11	7.5
PH	-	8.16	8.25	8.36	8.42	8.46	8.39	8.49	8.5	8.48	8.49
EC	µs/cm	310	310	410	410	410	420	400	420	460	460
TDS	mg/l	198	198	262	262	262	269	256	269	294	294
T	°C	7	8.5	8.7	8.2	8.7	8.7	9.5	10.7	11.3	11

Table 5. Results obtained in Spring

Parameter	Unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DO	mg/l	5.1	8.73	7.93	7.88	7.59	6.38	7.44	7.62	7.26	7.88
NH_3	mg/l	0	0.004	0	0	0.047	0.066	0.09	0.19	0.14	0.078
NO_3	mg/l	2.56	2.57	2.5	2.49	2.15	2.39	2.12	2.36	3.42	2.88
PO_4	mg/l	0.03	0.033	0.06	0.05	0.02	0.04	0.04	0.07	0.08	0.1
NTU	mg/l	2.16	5.86	7.66	4.73	3.58	2.81	5.1	14	13	20.2
PH	-	7.8	8.03	8.17	8.21	8.33	8.29	8.39	8.45	8.31	8.43
EC	µs/cm	338	345	350	370	380	393	394	400	420	393
TDS	mg/l	216	221	224	239	243	252	252	256	269	252
T	°C	7.6	9	13	13.2	16	16.3	18	19.2	19.7	19.3

Table 6. Results obtained in Summer

Parameter	unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DO	mg/l	3.09	8.57	7.92	8.34	8.55	5.76	8.13	8.58	8.11	8.95
NH_3	mg/l	0.35	0.53	0.39	0.53	0.42	0.51	0.42	0.5	0.99	0.58
NO_3	mg/l	2.17	2.29	2.25	2.3	2.08	2.22	2.02	2.1	4.08	2.48
PO_4	mg/l	0.022	0.023	0.025	0.015	0.033	0.028	0.047	0.082	0.324	0.069
NTU	mg/l	3.02	1.64	3.58	2.89	3.2	2.14	2.86	2.96	13.4	5.33
PH	-	7.55	7.93	8.28	8.4	8.47	8.22	8.5	8.5	8.15	8.47
EC	µs/cm	308	308	307	310	312	320	316	320	330	322
TDS	mg/l	197	197	196	198	200	205	202	205	211	206
T	°C	9.2	10.3	14.3	12.8	15.1	16.8	16.4	16.6	17.9	16.4

۳. ۱. روند تغییرات اکسیژن محلول

کم‌ترین مقدار اکسیژن محلول در هر سه مرحله از سال در ایستگاه اول اندازه‌گیری شده است که دلیل آن قرارگیری محل ایستگاه اول در پایین‌دست سد آزاد می‌باشد. چرا که آب کف دریاچه سد به‌دلیل عمق زیاد و عدم هوادهی مناسب دارای اکسیژن محلول پایین می‌باشد. در ادامه مسیر به سمت پایین‌دست در اثر جریان در مسیر پر پیچ و خم رودخانه، هوادهی و تهویه مناسب توسط باد، مقدار اکسیژن محلول آب افزایش می‌یابد. در ایستگاه‌های شماره ۶ و ۹ مقدار اکسیژن محلول نسبت به سایر ایستگاه‌ها کاهش‌یافته که دلیل آن ورود پساب یک مورد طرح پرورش ماهی در محل ایستگاه شماره ۶ و ورود فاضلاب خانگی شهر سروآباد در محل ایستگاه شماره ۹ می‌باشد. زمانی‌که پساب طرح پرورش ماهی به داخل رودخانه تخلیه می‌شود، مواد آلی توسط باکتری‌ها به آمونیوم، نیترات، سولفات، دی‌اکسید کربن و غیره شکسته می‌شوند که در این فرایند اکسیژن محلول در آب جهت اکسیداسیون مورداستفاده قرار می‌گیرد و به همین علت کاهش اکسیژن محلول به وجود می‌آید. هم‌چنین ورود فاضلاب‌های خانگی به داخل رودخانه باعث بالارفتن فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده که فعالیت آن‌ها نیازمند مصرف اکسیژن محلول در آب بوده و در نتیجه کاهش میزان اکسیژن محلول را به‌همراه خواهد داشت.

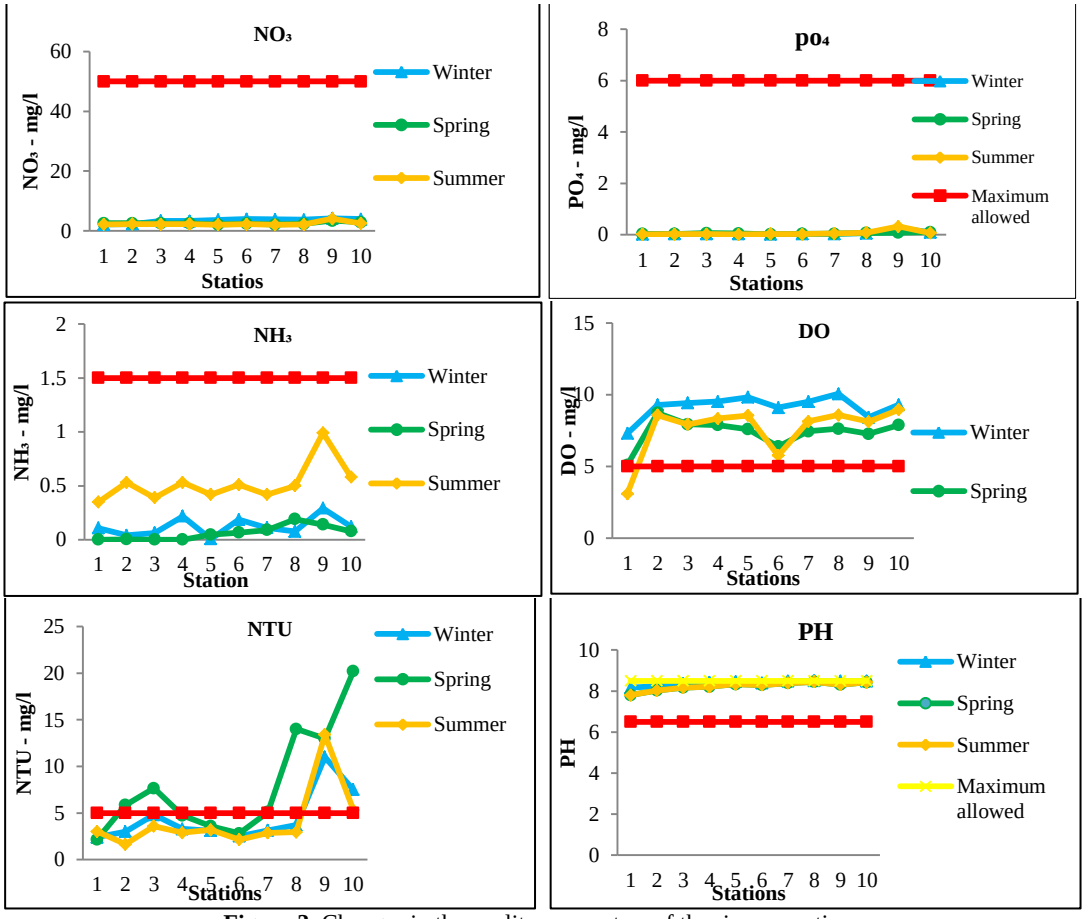

Figure 3. Changes in the quality parameters of the river over time.

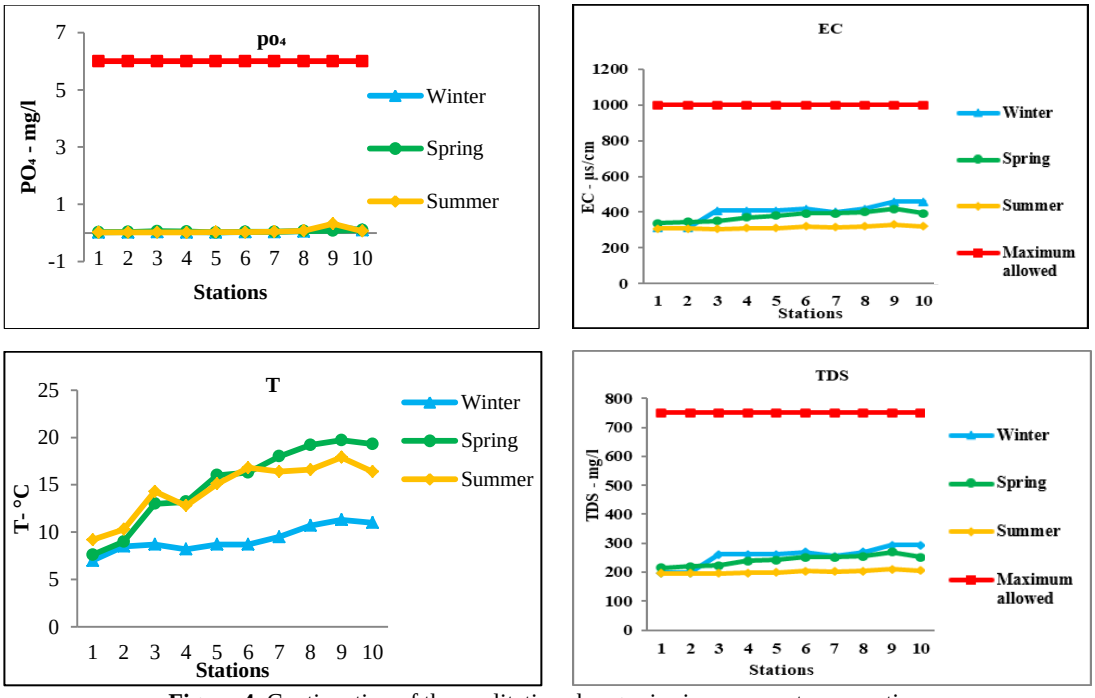

Figure 4. Continuation of the qualitative changes in river parameters over time

برابر استانداردهای موجود به‌ویژه استاندارد کیفیت آب سازمان حفاظت محیط‌زیست، حداقل مقدار اکسیژن محلول موردنیاز در اکوسیستم‌های آبی، ۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که به‌جز در ایستگاه اول در مردادماه، در سایر ایستگاه‌ها و در فصول مختلف همواره از این مقدار بالاتر بوده و می‌توان گفت رودخانه از لحاظ میزان اکسیژن محلول در طول دوره از وضعیت مطلوبی برخوردار می‌باشد.

کاهش مقادیر اکسیژن محلول در فصل بهار و تابستان نسبت به فصل زمستان به‌دلیل افزایش دمای هوا و دمای آب رودخانه بوده چرا که مقدار اکسیژن محلول با مقدار دما رابطه معکوس داشته و هرچه دمای آب افزایش یابد مقدار اکسیژن محلول آب به‌دلیل افزایش فعالیت‌های مولکولی و از دست دادن اکسیژن، کاهش می‌یابد.

۳. ۲. روند تغییرات آمونیاک

ورود پساب طرح‌های آبزی‌پروری و فاضلاب‌های خانگی شهری و روستایی به مسیر جریان آب به‌دلیل تجزیه و شکسته‌شدن مواد آلی و هم‌چنین ورود پساب حاصل از فعالیت‌های کشاورزی به داخل رودخانه موجب افزایش مقادیر آمونیاک محلول در آب می‌گردد. با توجه به نمودار ۲، روند تغییرات مقدار آمونیاک در طول مسیر دارای نوساناتی می‌باشد. علت افزایش مقدار آمونیاک در طول مسیر می‌تواند به‌دلیل ورود فاضلاب خانگی روستاها و پساب طرح‌های آبزی‌پروری باشد که به‌طور مستقیم به مسیر جریان رودخانه وارد می‌شوند. ایستگاه شماره ۶ به‌دلیل قرارگیری در محل خروجی پساب یک طرح پرورش ماهی، افزایش مقدار آمونیاک را به‌همراه داشته است. در ایستگاه شماره ۹ به‌دلیل ورود فاضلاب خانگی شهر سروآباد، مقدار آمونیاک به‌صورت ناگهانی افزایش یافته است که در ادامه و با طی مسیر به سمت ایستگاه شماره ۱۰ روند کاهشی به خود می‌گیرد. مقادیر اندازه‌گیری‌شده آمونیاک در مردادماه نسبت به فصول قبلی اعداد بالاتری می‌باشد که با عنایت به اوج فعالیت‌های کشاورزی در مردادماه، استفاده از کودهای ازته کشاورزی که حاوی مقادیر زیادی آمونیاک بوده، سبب افزایش مقدار آمونیاک محلول در آب می‌گردد. برابر استاندارد ۱۰۵۳ کیفیت آب‌های ایران حداکثر مقدار مطلوب در نظر گرفته‌شده برای آمونیاک محلول در آب (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) بوده که به‌طورکلی در طول مسیر در تمام ایستگاه‌ها در حد قابل‌قبولی می‌باشد و هیچ‌گاه به مرز حداکثر مقدار خود نرسیده است.

۳. ۳. روند تغییرات نیترات

وجود نیترات در آب رودخانه می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی حاصل از فاضلاب خانگی، شست‌وشوی کودهای ازته مورداستفاده در اراضی کشاورزی و هم‌چنین فعالیت استخرهای پرورش ماهی باشد که عمده‌ترین دلیل افزایش نیترات در رودخانه آزاد دوآب، پساب حاصل از کودهای ازته می‌باشد. همچنان که از نتایج مشخص است اختلاف قابل‌توجهی در میزان نیترات اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده نمی‌گردد و به‌طورکلی در هر سه فصل از سال مقدار نیترات محلول از ابتدای مسیر به سمت پایین‌دست دارای یک روند افزایشی می‌باشد. کم‌ترین مقدار آن در محل ایستگاه شماره ۱ به‌دلیل عدم ورود منابع آلاینده اندازه‌گیری شده است، اما در محل ایستگاه شماره ۶ به‌دلیل ورود پساب یک مورد طرح پرورش ماهی و در ایستگاه شماره ۹ به‌علت ورود فاضلاب شهر سروآباد به داخل رودخانه، میزان نیترات نسبت به سایر ایستگاه‌ها مقدار بیش‌تری می‌باشد که در ادامه مسیر به سمت پایین‌دست، به‌دلیل کاهش آلودگی‌های ورودی به داخل رودخانه، وجود پیچ و خم‌های زیاد، تهویه مناسب توسط باد و هم‌چنین تثبیت مواد آلی، مقدار نیترات محلول دوباره روند کاهشی به خود می‌گیرد. به‌طورکلی مقدار نیترات در طول دوره در طول مسیر نسبت به حداکثر مقدار مجاز

تعیین‌شده در استانداردهای موجود ازجمله استاندارد شماره ۱۰۵۳ که برابر ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد، مقدار قابل‌قبولی بوده و هرگز به حد بحرانی نرسیده است.

۳. ۴. روند تغییرات فسفات

با این‌که فسفات‌ها مواد سمی نیستند اما یک تهدید غیرمستقیم جدی برای کیفیت آب به‌شمار می‌روند. با افزایش مقدار فسفات، رشد گیاهان آبزی افزایش‌یافته که موجب کاهش اکسیژن محلول آب و ایجاد شرایط بی‌هوازی شده و در نهایت باعث ایجاد طعم و بو در آب می‌شود. ورود فاضلاب‌های خانگی و آلاینده‌های گسترده مراتع و هم‌چنین کودهای فسفره و ازته‌ای که معمولاً توسط کشاورزان استفاده می‌شود باعث افزایش مقدار فسفات محلول در آب رودخانه می‌گردد. در ایستگاه شماره ۹ به‌دلیل ورود فاضلاب شهر سروآباد به مسیر رودخانه، مقدار فسفات به‌صورت ناگهانی افزایش‌یافته که در ادامه و با طی مسیر، با تثبیت وضعیت و اختلاط فاضلاب ورودی با آب رودخانه سیر نزولی به خود می‌گیرد.

استاندارد مقدار فسفات برای ورود به آب‌های سطحی ۶ میلی‌گرم بر لیتر تعیین‌شده است که بر این اساس وضعیت رودخانه در فصول مختلف در تمام طول مسیر مطلوب ارزیابی می‌گردد هم‌چنین برابر استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (EPA)[۹]، حداکثر مقدار فسفات محلول جهت مصارف شرب برابر ۰/۰۳ میلی‌گرم در لیتر بوده که براساس آن در تعدادی از ایستگاه‌ها وضعیت رودخانه جهت مصارف شرب از لحاظ مقدار فسفات مناسب بوده و در سایر ایستگاه‌ها وضعیت نامناسبی حاکم می‌باشد.

۳. ۵. روند تغییرات کدورت

کدورت عبارت است از وجود ذرات معلق در آب که سبب شکستگی، پراکندگی و جذب تمامی یا قسمتی از نور شده و مانع عبور آن می‌گردد. فرسایش خاک در مجاورت منابع آب‌های سطحی و وقوع سیلاب دو عامل اصلی کدورت آب‌های ایران می‌باشند. با توجه به استاندارد شماره ۱۰۵۳ و استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)[۱۰]، حداکثر مقدار مجاز کدورت آب جهت مصارف شرب برابر ۵ می‌باشد که کدورت کم‌تر از ۱ به‌عنوان وضعیت مطلوب در نظر گرفته شده است. برابر داده‌های به‌دست‌آمده، میزان کدورت در طول مسیر دارای نوساناتی بوده که کم‌ترین مقادیر در ایستگاه ابتدایی اندازه‌گیری شده است که آب خروجی از سد آزاد به‌دلیل ساکن و آرام‌بودن دریاچه سد و ته‌نشین‌شدن ذرات معلق، از کدورت کم‌تری برخوردار می‌باشد. مقدار کدورت به سمت ایستگاه شماره ۳ دارای روند افزایش می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل فرسایش‌پذیربودن بستر و کناره‌ها و هم‌چنین پوشش گیاهی زیاد و رشد فیتوپلانکتون‌ها در محل باشد. در ادامه مسیر به سمت پایین‌دست از مقدار کدورت کاسته شده اما در ایستگاه شماره ۹ به‌صورت ناگهانی به حداکثر مقدار خود، که بسیار بالاتر از حد مجاز می‌باشد، افزایش یافته که ورود فاضلاب شهر سروآباد با ذرات معلق زیاد و کدورت بسیار بالا، مهم‌ترین عامل افزایش کدورت آب رودخانه در محل می‌باشد. بالابودن مقادیر کدورت در اردیبهشت ماه نسبت به فصول دیگر، به‌دلیل سیلابی و گل‌آلودبودن آبراهه‌های فصلی در طول رودخانه می‌باشد. در مردادماه به‌دلیل خشک‌شدن آبراهه‌های فصلی در طول مسیر، مقدار کدورت نسبت به فصول دیگر کم‌تر می‌باشد.

۳. ۶. روند تغییرات PH

به‌طورکلی مقادیر pH از صفر الی ۱۴ متغیر می‌باشد که برابر اکثر استانداردهای موجود میزان PH مناسب زیست‌محیطی مابین مقادیر ۶/۵ الی ۸/۵ قرار می‌گیرد. هرچه مقدار pH به سمت صفر کاهش یابد آب اسیدی‌تر و

باعث خوردگی می‌شود و هرچه به سمت ۱۴ افزایش یابد، قلیایی‌تر و باعث رسوب مواد معدنی خواهد شد. فاضلاب‌های خانگی خالص و تازه معمولی حالتی خنثی و یا متمایل به قلیایی دارند و تنها در صورت ماندن و شروع به عمل گندیدگی، در اثر تجزیه بخشی از مواد آلی، گازهای اسیدی تولید کرده و خاصیت اسیدی پیدا می‌کنند. فاضلاب‌های خانگی شهری و روستایی واقع در مسیر، با توجه به این‌که به‌صورت مستقیم از طریق لوله یا از مسیر آبراهه‌ها به داخل رودخانه جریان می‌یابند، معمولاً شرایط لازم برای عمل تعفن را نداشته و از وضعیتی متمایل به قلیایی برخوردار بوده که موجب افزایش مقدار pH آب رودخانه می‌گردند. هرچند که ورود پساب‌های حاوی املاح و مواد غذایی حاصل از طرح‌های آبزی‌پروری و هم‌چنین ورود املاح اسیدی اراضی کشاورزی باعث افزایش خاصیت اسیدی و کاهش مقدار pH می‌گردد، اما داده‌های اندازه‌گیری‌شده نشان می‌دهد که از ابتدای مسیر به سمت پایین‌دست مقدار pH روندی افزایشی داشته تا حدی که در ایستگاه‌های پایانی به مرز حداکثر مقدار مجاز خود رسیده است که افزایش مقدار pH در طول مسیر به‌دلیل ورود فاضلاب‌های خام خانگی شهری و روستایی و از همه مهم‌تر وضعیت زمین‌شناسی منطقه و قرارگیری مسیر رودخانه در سازندهای آهکی به‌ویژه در بازه‌های انتهایی می‌باشد که باعث افزایش مقدار pH شده است چراکه آهک (کربنات کلسیم)، خاصیت بازی داشته و مقدار pH آب را افزایش می‌دهد. هرچه درجه گرمایی محیط بیش‌تر باشد، عمل گندیدن و تعفن زودتر رخ می‌دهد، لذا کاهش مقدار pH در فصول بهار و تابستان در ایستگاه شماره ۹ به‌دلیل ورود فاضلاب شهر سروآباد بوده که به‌دلیل گرمای هوا و تولید گازهای اسیدی باعث کاهش مقدار pH در محل گردیده است. مقادیر pH در بهمن‌ماه نسبت به فصول دیگر، مقادیر بالاتری بوده که می‌تواند به‌دلیل پایین‌بودن دما باشد چراکه در سرما، آب بیش‌تر به حالت قلیایی نزدیک شده و مقدار pH افزایش می‌یابد.

۳. ۷. روند تغییرات هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی معیاری از توان آب برای هدایت جریان الکتریکی می‌باشد که این ویژگی با کل غلظت مواد یونیزه‌شده در آب (یون مثبت و منفی) و دمایی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود، مرتبط می‌باشد و براساس واحد میکروموس بر سانتی‌متر گزارش می‌گردد. با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی می‌توان به کیفیت آب و طبقه‌بندی آن پی برد. یکی از عوامل مؤثر در هدایت الکتریکی آب، درجه حرارت می‌باشد که با افزایش درجه حرارت، هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد به‌طوری‌که با افزایش یک درجه حرارت، هدایت الکتریکی دو درجه افزایش می‌یابد. گازهای محلول در آب نظیر دی‌اکسید کربن و آمونیاک و هم‌چنین یون‌های H مثبت و OH منفی نیز باعث بالارفتن هدایت الکتریکی آب می‌شوند. با توجه به عدم بارش‌های مناسب در سال جاری، غالب آبدهی رودخانه آزاد دوآب در فصل تابستان از طریق رهاسازی آب از سد آزاد صورت می‌گیرد که به‌دلیل ساکن و آرام بودن آب در دریاچه سد، املاح و ذرات معلق شرایط مناسب جهت ته‌نشینی را داشته و آب خروجی از سد، وضعیت کیفی مناسبی داشته و فاقد املاح و مواد معلق می‌باشد، هم‌چنین با عنایت به دبی بالای آب ورودی به داخل مسیر رودخانه، آلاینده‌های واقع در طول مسیر و سایر عوامل محیطی، قادر به تأثیرگذاری قابل‌توجهی بر وضعیت کیفی آب رودخانه نمی‌باشند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده حاصل از اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده می‌گردد که کم‌ترین مقادیر در ابتدای مسیر به‌دلیل عدم ورود پساب‌های حاوی املاح به داخل رودخانه بوده که با طی‌نمودن مسیر به سمت پایین‌دست با ورود پساب‌های کشاورزی و طرح‌های آبزی‌پروری و هم‌چنین املاح گسترده مراتع مجاور، مقادیر هدایت الکتریکی افزایش‌یافته، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقادیر در

انتهای مسیر اندازه‌گیری شده است. به‌دلیل بالابودن آبدهی رودخانه در مردادماه، آلاینده‌ها و پساب‌های ورودی به مسیر رودخانه، تأثیر چندانی در افزایش مقدار هدایت هیدرولیکی نداشته‌اند و تغییرات مقادیر هدایت هیدرولیکی در طول مسیر، قابل ملاحظه نبوده و تقریباً از روند ثابتی برخوردار می‌باشد. برابر غالب استانداردهای موجود حداکثر مقدار مجاز هدایت الکتریکی جهت مصارف شرب برابر ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد که براساس آن همواره در تمام طول مسیر، مقدار هدایت الکتریکی آب رودخانه پایین‌تر از حداکثر مقدار مجاز بوده و رودخانه از لحاظ هدایت الکتریکی از وضعیت مطلوب و مناسبی برخوردار می‌باشد.

۳. ۸. روند تغییرات جامدات محلول

کل مواد جامد محلول در آب یا TDS[11]، برابر مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب می‌باشد که ممکن است از نظر ماهیت، آلی یا معدنی باشند. TDS را نمی‌توان به‌عنوان معیار اصلی مشخص‌کننده کیفیت آب در نظر گرفت و بیش‌تر درجه شفافیت آب را مشخص می‌کند. بعضی از مواد آلی به‌صورت ذرات کلوئیدی بوده اما بیش‌تر به‌صورت محلول می‌باشند که ممکن است باعث ایجاد بو، رنگ و طعم نامطبوع آب شوند. به‌طورکلی هرچقدر ناخالصی‌های محلول در آب کم‌تر باشد، آن آب گواراتر و سالم‌تر خواهد بود. کل مواد جامد محلول (TDS) و هدایت الکتریکی (EC)[12] رابطه مستقیمی باهم داشته و با افزایش مقدار TDS، مقدار هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. برابر نتایج به‌دست‌آمده، کم‌ترین مقادیر اندازه‌گیری‌شده TDS در ایستگاه‌های ابتدایی اندازه‌گیری شده است که در ادامه مسیر به سمت پایین‌دست به‌دلیل ورود ناخالصی‌های حاصل از پساب‌های کشاورزی و طرح‌های آبزی‌پروری و سایر املاح ورودی اراضی و مراتع مجاور، دارای روندی افزایشی می‌باشد. با توجه به استاندارد ۱۰۵۳ ملی ایران، حداکثر مقدار مطلوب TDS آب برای مصارف شرب برابر ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست حداکثر مقدار مجاز TDS برابر ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته‌شده است که بر این اساس در تمام طول مسیر، وضعیت رودخانه از لحاظ مقادیر TDS مناسب و مطلوب ارزیابی می‌گردد.

شایان ذکر است کاهش مقادیر TDS در مردادماه نسبت به سایر فصول را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در فصل زمستان به‌دلیل ورود آبراهه‌های فصلی، چشمه‌ها، پساب‌ها، فاضلاب‌ها و سایر آلاینده‌های حاوی مواد آلی و غیر آلی به داخل رودخانه و از طرفی عدم رهاسازی آب از محل سد آزاد موجب تغییراتی در وضعیت کیفی آب رودخانه گردیده است، اما در مردادماه با خشک‌شدن آبراهه‌های فصلی و از طرفی رهاسازی آب از سد آزاد با دبی بالا و با شرایط بکر، باعث کاهش اثر منابع فرعی ورودی و ثابت‌شدن مقادیر غالب پارامترها در طول مسیر شده است.

۳. ۹. روند تغییرات دما

ایستگاه شماره ۱ به‌دلیل قرارگیری در پایین‌دست سد آزاد از کم‌ترین مقدار دمای آب در طول مسیر برخوردار می‌باشد. در ادامه و با طی مسیر، دمای آب به‌مرور روند افزایشی به خود می‌گیرد که تا انتهای مسیر ادامه می‌یابد. در ایستگاه شماره ۴ برخلاف انتظار مقدار دما کاهش‌یافته که می‌تواند به‌دلیل سایه‌اندازی ارتفاعات و درختان کناری در آن محدوده باشد که در اثر کاهش جذب نور خورشید، کاهش دمای آب را به‌همراه داشته است. دمای آب رودخانه در مردادماه کم‌تر از اردیبهشت‌ماه می‌باشد که دلیل آن افزایش آبدهی رودخانه در مردادماه به‌دلیل رهاسازی بیش‌تر آب از سد آزاد برای فعالیت نیروگاه برقابی می‌باشد که طبیعتاً با افزایش دبی، تأثیرات محیط بر وضعیت رودخانه کاهش می‌یابد.

۳. ۱۰. تفسیر نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفیت آب IRWQI

با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده، وضعیت کیفی رودخانه آزاد دوآب در فصول زمستان و بهار کاملاً مشابه بوده و به‌جز در ایستگاه شماره ۹ که محل ورود فاضلاب شهر سروآباد به داخل رودخانه می‌باشد، در تمامی ایستگاه‌ها از وضعیت نسبتاً خوبی برخوردار بوده که ایستگاه شماره ۲ به‌دلیل عدم ورود آلودگی قابل‌توجهی به داخل مسیر رودخانه، نسبت به سایر ایستگاه‌ها از وضعیت کیفی بهتری برخوردار می‌باشد (جدول ۷ و شکل ۵).

Table 7. Results of calculating the IRWQI water quality index

Period	Station / Index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Winter	Numerical value	73.25	79.96	69.79	69.99	68.66	66.73	67.08	66.58	54.87	62.78
	Descriptive equivalent	Good	Good	relatively good	relatively good	relatively good	relatively good	relatively good	relatively good	medium	relatively good
Spring	Numerical value	65.76	76.79	73.3	73.76	76.9	70.02	74.33	70.27	69.46	67.02
	Descriptive equivalent	relatively good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	relatively good	relatively good
Summer	Numerical value	65.57	80.84	78.35	77.61	78.07	72.13	76.32	74.78	68.08	72.69
	Descriptive equivalent	relatively good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	relatively good	Good

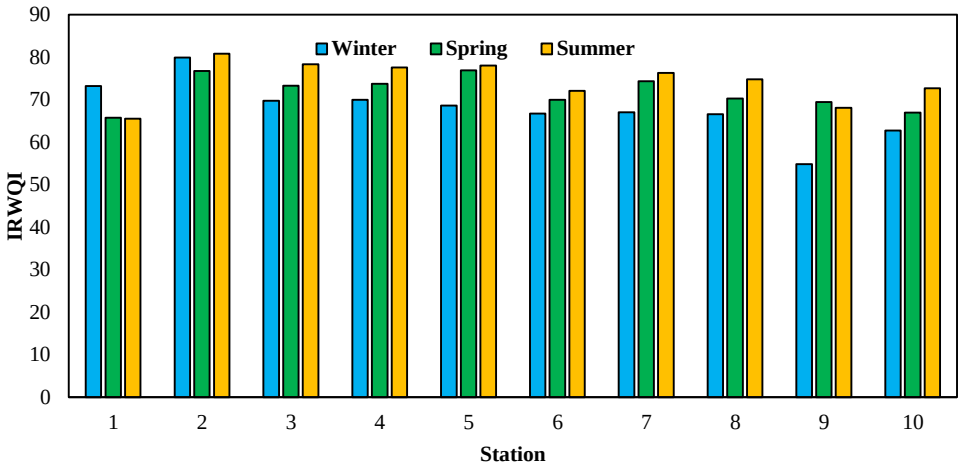

Figure 5. The final results of the IRWQI index

نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفیت آب در مردادماه ۱۴۰۰ بیان‌گر وضعیت کیفی بهتری نسبت به سایر فصول بوده که برخلاف انتظار و به‌دلیل رهاسازی آب از دریاچه سد آزاد جهت فعالیت نیروگاه تولید برق، دبی رودخانه در مردادماه از مقدار بیش‌تری نسبت به اردیبهشت‌ماه برخوردار می‌باشد، که با افزایش دبی، تأثیر آلاینده‌های ورودی به مسیر رودخانه کاهش می‌یابد. شایان ذکر است در سال‌های گذشته و قبل از احداث سد آزاد در ابتدای مسیر موردمطالعه، در سال‌های کم‌آبی، این رودخانه به‌طور کامل خشک شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غالب آبدهی رودخانه آزاد دوآب در مردادماه ۱۴۰۰، از رهاسازی آب دریاچه سد آزاد تأمین‌شده است که با توجه به بکربودن منطقه در ابتدای مسیر، آب رودخانه فاقد آلودگی قابل‌توجهی بوده و با طی‌نمودن مسیر خود به سمت پایین‌دست، توانسته است اثر آلودگی‌های ورودی را تا حد مطلوبی کاهش دهد.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته در این پژوهش، وضعیت فعلی رودخانه آزاد دوآب از لحاظ کیفی در حد نسبتاً خوبی می‌باشد فقط در برخی نقاط از جمله محل ایستگاه شماره ۹ به‌دلیل ورود فاضلاب شهر سروآباد میزان کدورت آب از حد مجاز فراتر رفته و سایر پارامترهای کیفی نیز نسبت به سایر ایستگاه‌ها از وضعیت کیفی پایین‌تری برخوردار می‌باشند. نتایج بیانگر این موضوع می‌باشد که هرچه آبدهی رودخانه بیش‌تر باشد توان خودپالایی آن نیز افزایش‌یافته و اثرات آلاینده‌های ورودی به مسیر خود را کاهش می‌دهد. به‌طورکلی رودخانه آزاد دوآب با توجه به مسیر تقریباً کوهستانی و پر پیچ و خم خود و با عنایت به این‌که از محل سد آزاد به‌صورت دائم تغذیه می‌گردد، توانسته است آلاینده‌های ورودی به مسیر خود را تا حد مناسبی تصفیه نماید و از بار آلودگی ایجادشده بکاهد، اما به‌علت افزایش روزافزون جمعیت منطقه و درنتیجه افزایش فاضلاب ورودی به مسیر جریان آب و هم‌چنین افزایش طرح‌های صنعتی و به‌ویژه آبزی‌پروری در مجاورت رودخانه، احتمال ایجاد آلودگی و شرایط نامناسب و بحرانی در آینده دور از انتظار نیست. محدویت‌هایی که در این پایش کیفی رودخانه وجود داشت می‌توان به کمبود منابع مالی، تجهیزات و فناوری برای انجام آزمایش‌ها و ارزیابی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده اشاره کرد و هم‌چنین در برخی موارد استانداردها و روش‌های پایش کیفیت آب ممکن است به‌صورت یکپارچه و همگرا تعیین نشده باشند که می‌تواند نقص‌هایی در اطلاعات جمع‌آوری‌شده منجر شود. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان توصیه‌هایی را مطرح نمود همچون تعیین اثرات ورود زه‌آب‌ها، پساب‌ها و فاضلاب‌ها بر حیات آبی رودخانه، بررسی میزان فلزات سنگین، کود و سموم شیمیایی وارد شده به رودخانه، پایش روزانه و یا دوره‌ای آب رودخانه و تطبیق آن با استاندارد آب رودخانه‌ها، کاهش مقادیر آلاینده‌ها قبل از ورود به رودخانه و پیوستن به جریان رودخانه، به‌کارگیری محدودیت‌های حقوقی و قانونی جهت جلوگیری از مصارف نامناسب و آلوده‌سازی منابع طبیعی، ارتقای دانش و بینش زیست‌محیطی مسئولین و صاحبان بخش صنعت در مورد خطرات آلاینده‌ها زیست‌محیطی و اثرات مخرب و غیرقابل جبران آن بر آب و حیات آبی رودخانه، تدوین و پایه‌گذاری برنامه‌هایی برای انجام اندازه‌گیری‌ها و کنترل مستمر کیفیت آب رودخانه در نقاط حساس با همکاری سازمان‌های ذیربط مانند سازمان آب و برق، سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت کشاورزی، شرکت آب و فاضلاب و مراکز بهداشت شهرستان سروآباد، فرهنگ‌سازی و افزایش سطح آگاهی مردم بومی منطقه در مورد اهمیت و جایگاه رودخانه سیروان و تالش برای حفاظت از آن و هم‌چنین ایجاد یک جاده فرعی برای تانکرهای حامل مواد نفتی.

۵. پی نوشت‌ها

1. Total Nitrogen
2. Total Phosphorus
3. Dissolved oxygen
4. Biochemical oxygen demand
5. Ammonium Ion
6. Nitrate
7. Phosphate
8. Water Quality Index
9. United States Environmental Protection Agency
10. World Health Organization
11. Total dissolved solids
12. Electrical conductivity

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Bostani, F., & Gohargani, A. (2014). Simulating the water quality of Beshar River in the vicinity of Yasuj city using QUAL2K. *Journal of Water Resources Engineering*, 7(23), 98-85. (In Persian).

Cristable, R. M., Nurdin, E., & Wardhana, W. (2020, March). Water quality analysis of Saluran Tarum Barat, West Java, based on National Sanitation Foundation-Water Quality Index (NSF-WQI). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 481, No. 1, p. 012068). IOP Publishing.

Fathi, Z., & Ahmadifard, N. (2020). Investigating the effect of urban wastewater on water quality in Saqez river using physicochemical factors and quality index. *JOURNAL OF WETLAND ECOBIOLOGY*, 12(45), 23-36. (In Persian).

Gradilla-Hernandez, M. S., de Anda, J., Garcia-Gonzalez, A., Montes, C. Y., Barrios-Pina, H., RuizPalomino, P., & Diaz-Vazquez, D. (2020). Assessment of the water quality of a subtropical lake using the NSF-WQI and a newly proposed ecosystem specific water quality index. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 1-19.

Hashemi, S.H., Farzampour, T., Ramezani, S., & Khoshro, Gh. (2011). *Guideline for calculating the quality index of Iran's water resources*. Iranian Department of Environment.

Khadam Mohammadi, M.M., & Boostani, F. (2016). Evaluating self-purification capacity and the role of dissolved oxygen in the water quality of the Kar River (Case study: Downstream of the Deroudzan dam to the Tajik Lake), *Journal of Water Resources Engineering, 9(30)*, 87-96. (In Persian).

Khalili, R., Sabzehmeidani, M. M., Parvinnia, M., & Ghaedi, M. (2022). Removal of hexavalent chromium ions and mixture dyes by electrospun PAN/grapHene oxide nanofiber decorated with bimetallic nickel–iron LDH. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 18, 100750.

Kheyri Soltan Ahmadi, R., Nazarnezhad, H., & Asadzadeh, F. (2022). Assessment of heavy metal pollution in surface sediments of Mahabad Chairiver. *Journal of Environmental Health Research*, 8(1), 46-58. (In Persian).

Mazlomi Mochani, M., Hatami, A., Moridi, A., & Khalili, R. (2023). Sensitivity assessment of the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI) and IRan Water Quality Index for Surface Water Resources (IRWQIsc) on the water quality of the Neka River. *Water and Irrigation Management*, 13(3), 581-592. (In Persian).

Mir Hossieny, A., Rajabzadeh Qatrami, A., & Khasheai, M. (2014) Study of annual changes in water quality of karun river based on IRWQI, *The second National and Specialized Conference on Environmental Research, Hamadan, Hegmataneh Environmental Assessors Company*. (In Persian).

Miri, M. (2009). *Investigating the potential of pollution load assimilation in Gareh Aghaj River using the QUAL2Kw simulation model*, Master's thesis, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

Mottahedin, P., & Abdoos, A. (2021). Evaluation of Hablehroud River Water Quality Using Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters (IRWQISC) and Response Surface Methodology. *Iran-Water Resources Research, 17(3)*, 1-19. (In Persian).

Qhazi Mir Saeed, H. (2011). *Qualitative Modeling of Jajrud River and Its Self-sustainability Assessment*, Master's Thesis, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

Noroozi, N., Sadeghi, M., & Shahbazi, A. (2020). Study of Changes in Water Quality Index of Ziarat River in Gorgan at 2018. *Journal of Research in Environmental Health*, *6*(3), 250-259. (In Persian).

Tian, S., Wang, Z., & Shang, H. (2011). Study on the Self-purification of Juma River. *Procedia Environmental Sciences*, *11*, 1328-1333.

Vafaei, A., Marofi, S., & azari, A. (2018). Self-purification of interval mountainous Abbas Abad River of Hamedan. *Journal of Environmental Studies*, *43*(4), 727-742. (In Persian).

Zhang, R., Qian, X., Yuan, X., Ye, R., Xia, B., & Wang, Y. (2012). Simulation of water environmental capacity and pollution load reduction using QUAL2K for water environmental management. *International journal of environmental research and public health*, *9*(12), 4504-4521.

Zotou, I., Tsihrintzis, V. A., & Gikas, G. D. (2019). Performance of Seven Water Quality Indices (WQIs) in a Mediterranean River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(8), 505.