

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، سنجند، 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، سنجند، ایران. رایانامه: vafarezaei@iausdj.ac.ir

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 مشخص نمودن شدت بحران کنونی و هشدار نسبت به آینده، بسیار حائز اهمیت و تأثیرگذار می‌باشد. در این تحقیق وضعیت کیفی و توان خود پالایی رودخانه سیروان در بازه آزاد دوآب تحت تأثیر آلاینده‌های ورودی در طول مسیر مورد بررسی قرار گرفته است که برای انجام این تحقیق، 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 مورد مطالعه 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 به دست آمده، غالب ایستگاه‌های نمونه‌برداری به دلیل 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 به دلیل ورود فاضلاب شهر سروآباد به داخل رودخانه، وضعیت کیفی آب کاهش یافته که پس از آن و پیمایش مسیر، مجدداً به سمت وضعیت مطلوب گرایش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: پایش کیفی، خود پالایی، شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران، منابع آلاینده.

Quality Monitoring and Self-Purification Capacity of Sirvan river in Azad Doab Interval

Shaho Rostami¹, Sobhan Rostami², 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

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.

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

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 خسارات جبران ناپذیر 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 زه آب‌های کشاورزی، در معرض آلودگی قرار گرفته‌اند. در اثر افزایش انواع آلودگی‌ها و استفاده از رودخانه‌ها به‌عنوان محل تخلیه آن‌ها، بدون در نظر گرفتن آثار زیست‌محیطی و رعایت نکردن استانداردهای تخلیه، توان خود پالایی رودخانه‌ها کاهش یافته و کیفیت آب آن‌ها به شدت تحت تأثیر قرار گرفته است بنابراین برای داشتن آبی با کیفیت مطلوب، ظرفیت پذیرش رودخانه‌ها باید در طول رودخانه مشخص شده و در حد قابل قبول باقی بماند. با توجه به افت شدید و پایین رفتن سطح آب سفره‌های آب زیرزمینی در کشور طی سنوات اخیر به دلیل 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 مورد توجه 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، به صورت خام و بدون تصفیه وارد مسیر طبیعی و فعال رودخانه‌ها شده و کیفیت آن‌ها و منابع شرب مجاور را به شدت 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 بین رفتن محیط‌زیست آبیان و عدم امکان بهره‌برداری از آب‌های سطحی خواهیم بود. این‌گونه تحقیقات 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 آبی، 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 روبرو 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 به دست آمده از این پژوهش بیانگر پتانسیل مناسب خود پالایی رودخانه مذکور در طول مسیر خود بوده است. (Tian et al. (2011) توان خود پالایی 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 آبی جهت آزمایش بار آلودگی را برداشت نمودند که نتایج نشان داد رودخانه جاما توان مناسبی در تصفیه آلاینده‌های آلی از جمله TN¹ و TP² دارد اما در تصفیه فلزات سنگین عملکرد قابل قبولی از خود نشان نمی‌دهد، همچنین با آنالیز توانایی جذب سه نمونه گیاه آبی مشخص شد که گیاه میریوفیلوم سپیکاتوم بیشترین توانایی جذب آلاینده‌های آلی را دارد. (Qhazi Mir Saeed (2011) مدل‌سازی کیفی رودخانه جاجرود و میزان قدرت خود پالایی 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 خود پالایی مناسبی بوده و آب ورودی به داخل مخزن سد لثیان از کیفیت خوبی برخوردار می‌باشد. (Zhang et al. (2012) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی به بررسی ظرفیت خود پالایی 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 به ترتیب 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 ۴ موقعیت در مسیر رودخانه را جهت انجام نمونه‌برداری انتخاب نمودند که تحلیل و آنالیز داده‌های به‌دست‌آمده نشان داد که در شهریور ماه به دلیل ورود فاضلاب‌های شهری، فاضلاب‌های آبی‌پروری و پساب‌های کشاورزی، میزان اکسیژن خواهی رودخانه نسبت به اسفند ماه بیشتر است، اما به‌طورکلی میزان اکسیژن محلول در رودخانه بشار نسبتاً بالا بوده که نشان از توان مناسب خود پالایی رودخانه در طول مسیر خود دارد. (MirHossieny et al. (2014) در تحقیقی با هدف بررسی کیفی رودخانه کارون در بازه خوزستان با استفاده از شاخص IRWQI انجام دادند. بدین منظور ۴۴ ایستگاه در محدوده مورد نظر انتخاب و نمونه‌برداری و سنجش انجام گرفت و نتایج حاصله براساس شاخص کیفیت آب IRWQI در طول نمونه‌برداری نشان داد طبق بررسی انجام شده 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 مورد مطالعه در کلیه فصل‌ها و ایستگاه‌ها با توجه به تراز استاندارد ملی و بین المللی کاربری دارند برای مصارف کشاورزی و آبیاری قابل مصرف می‌باشد. (Khadam Mohammadi and Bostani (2016) به مطالعه وضعیت خود پالایی و نقش اکسیژن محلول در کیفیت آب رودخانه کر در بازه مدنظر پرداختند که با تعیین ۷ 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 خود پالایی مناسبی برخوردار می‌باشد اما با توجه به کاهش دبی و افزایش تأثیر فاضلاب‌ها در آینده، رودخانه کر با مشکلاتی مواجه خواهد شد. (Vafaei et al. (2018) ظرفیت خود پالایی رودخانه عباس‌آباد همدان را با استفاده از مدل Qual2kw برای آنالیز پارامترهای DO، BOD، NH₄⁺، NO₃⁻ و PO₄³⁻ با در نظر گرفتن استانداردهای کیفی آب در دو بازه از رودخانه به طول‌های ۱.۸۶ و ۴.۳۳ کیلومتر مورد بررسی قرار دادند که نتایج حاصل‌شده نشان داد به دلیل کوهستانی بودن و شیب زیاد منطقه، رودخانه عباس‌آباد در مسیر خود هوادهمی مناسبی داشته و از توان خود پالایی قابل قبولی در غالب پارامترها برخوردار می‌باشد. (Zotou et al. (2019) عملکرد هفت شاخص کیفیت آب (WQI) در رودخانه ووسوزیس واقع در بخش رودوپه، شمال یونان بررسی و به این نتیجه رسیدند که شاخص CCME WQI به‌عنوان مناسب‌ترین، از بین شاخص‌های مورد بررسی پیشنهاد شده است. (Gradilla-Hernandez et al. (2020) ارزیابی کیفیت آب دریاچه نیمه گرمسیری کاجیتیتالن در مکزیک را با استفاده از شاخص NSFQWI 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 آبریان 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 NSFQWI آنها سه نقطه نمونه‌برداری را در ابتدا، بخش مرکزی و انتهای رودخانه انتخاب و نمونه‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. 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 بر اساس شاخص کیفیت WQI^۱ در پنج ایستگاه در مسیر مورد مطالعه نشان داد که بیشترین آلودگی در ایستگاه‌های انتهایی چهارم و پنجم به دلیل فعالیت‌های صنعتی، ورود فاضلاب‌ها و پساب‌ها در شهر گرگان به داخل رودخانه می‌باشد. تأثیر گذارترین پارامتر بر کیفیت آب رودخانه زیارت، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) بوده و پس از آن کل جامدات محلول، کدورت، فسفات، نترات و کلیفرم‌های گرم‌پای 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 مورد بررسی قرار دادند که با تعیین چهار ایستگاه در قسمت‌های مختلف رودخانه، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از جمله نترات، فسفات، قلیائیت، آمونیاک، دما، PH، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی به صورت ماهانه در تابستان اندازه‌گیری شد و بر اساس نتایج به دست آمده، 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) مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق پارامترهای COD، BOD₅، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، کلیفرم گوارشی، آمونیوم، نترات، فسفات، کدورت، سختی کل و pH طی چهار فصل از زمستان سال ۱۳۹۸ تا پاییز سال ۱۳۹۹ در سه ایستگاه- نمونه برداری شامل بالا-دست روستای بن-کوه (A)، پایین-دست روستای بن-کوه (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 ۴/۰۴ در ایستگاه پایین-دست روستا در فصل زمستان به دست آمد. بنابراین، کیفیت آب رودخانه در ایستگاه بالا-دست روستای بن-کوه در فصل تابستان نسبت به ایستگاه-ها 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 (IRWQISC) نتایج دریافت شده نشان داد که کلیفرم مدفوعی، COD، نترات، 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 مورد بررسی 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 (IRWQISC) بر کیفیت آب رودخانه نکارود پرداختند. آنها تغییرات کیفیت آب رودخانه نکارود از سرچشمه تا محل اتصال به دریای خزر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد براساس شاخص IRWQISC 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 این حال تخریب در اثر دخالت و فعالیت‌های انسان، باعث شده است که ارائه مؤثر و پایدار خدمات رودخانه (شامل آب شرب، تصفیه آب، انرژی برقی، 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 مورد نیاز برای استفاده‌های بشری و تداوم حیات اکوسیستم‌های رودخانه‌ای استفاده شود. هدف و نوآوری از تحقیق حاضر آن است که وضعیت کیفی رودخانه آزاد دوآب را تحت تأثیر آلاینده‌های ورودی به مسیر رودخانه با استفاده از شاخص کیفیت آب IRWQI مورد بررسی 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

۱.۲. معرفی محدوده مورد مطالعه

محل مورد مطالعه، 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 ($x: 641199$ $y: 3910430$) شروع شده و با طی نمودن 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 ($x: 621562$ $y: 3908580$) 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 مورد مطالعه در منطقه کوهستانی با سازندهای آهکی، آب و هوای معتدل و متوسط بارش سالانه ۷۲۵ میلی‌متر قرار گرفته است. آب و هوای مناسب موجب رونق کشاورزی در این شهر شده است. سروآباد به دلیل 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 به شمار 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 آبی‌پروری و ریختن زباله‌ها و فضولات حیوانی احشام خانگی اهالی روستاها به صورت نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای می‌باشد. شغل غالب ساکنین منطقه، کشاورزی بوده که اراضی حاصلخیز کشاورزی از ابتدا تا انتهای مسیر مورد مطالعه گسترش یافته است و پساب‌های حاصل از کودهای شیمیایی که در این اراضی مورد استفاده 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. به علت نامناسب بودن 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.

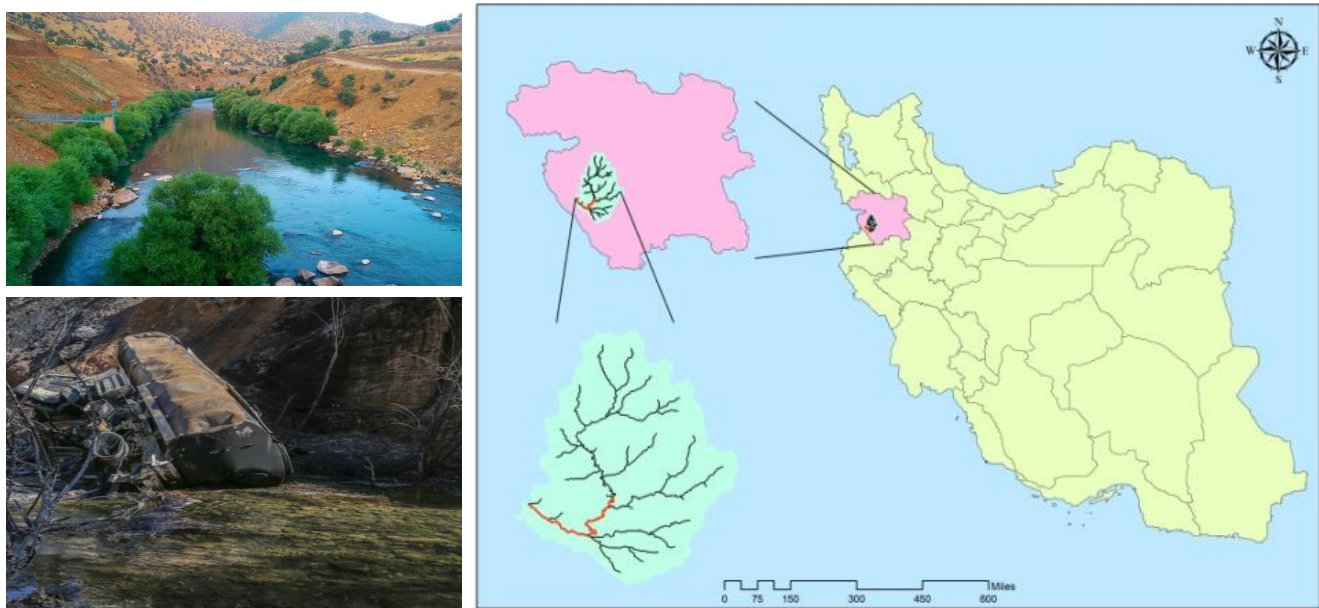


Figure 1. A view of the study area

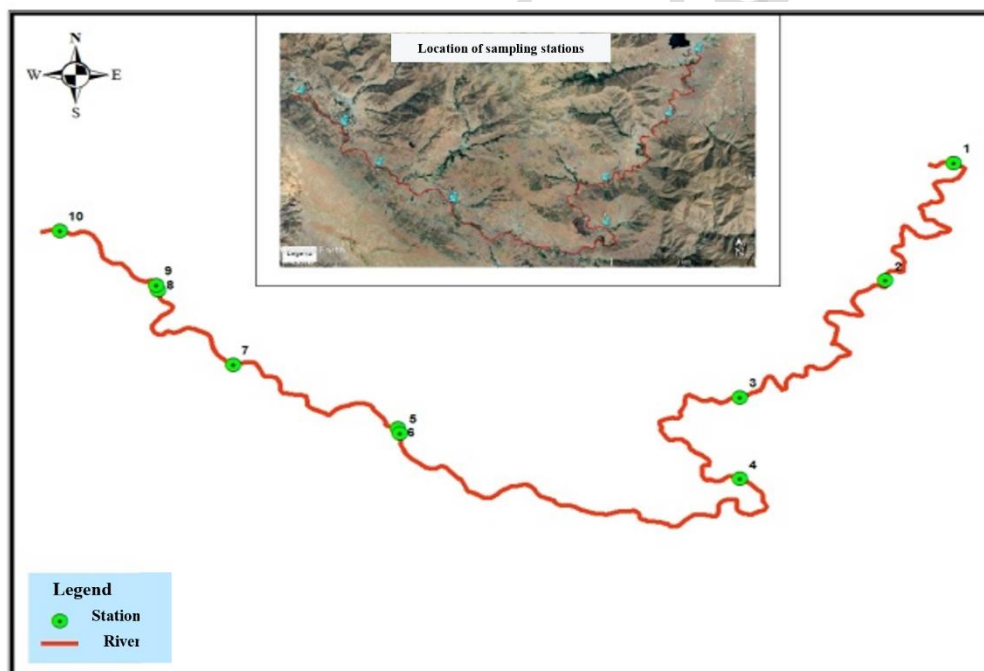


Figure 2. Sampling station locations

۲.۲. روش‌شناسی مطالعه

جهت انجام این مطالعه، پس از تهیه وسایل و تجهیزات مورد نیاز، 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 مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری پارامترهای اکسیژن محلول، اسیدیته و دمای آب به دلیل احتمال بروز خطا در فاصله زمانی انتقال تا محل آزمایشگاه، به‌وسیله دستگاه اکسیژن متر در محل ایستگاه‌ها صورت پذیرفت.

Table 1. Sampling station specifications

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

۱.۲.۲. 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 بر اساس متداولترین پارامترهای کیفیت منابع آب سطحی ایران و از طرف سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران ارائه شده است. در این روش وزن نسبی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی 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

Hardness	Ammonium	COD	EC	PH	Turbidity	Phosphate	Nitrate	DO	BOD ₅	Coliform	Parameter
0.059	0.09	0.093	0.096	0.051	0.062	0.087	0.108	0.097	0.117	0.14	Wight
mg/l-caco ₃	mg/l	mg/l	μmhos/cm	-	NTU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	MPN/100ml	Unite

$$IRWQI = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{w_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad \gamma = \sum_{i=1}^n w_i \quad (1)$$

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

Table 3. Descriptive equivalent of an index.

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

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها و بررسی‌های آزمایشگاهی نمونه‌های آب برداشت از ۱۰ ایستگاه نمونه‌برداری در طول مسیر مورد مطالعه در جداول (۴ الی ۶) و اشکال (۳ و ۴) زیر جمع‌بندی می‌گردد:

Table 4. Results obtained in Winter.

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Unit	Parameter
9.3	8.43	10.05	9.51	9.1	9.82	9.52	9.42	9.28	7.3	mg/l	DO
0.121	0.292	0.077	0.11	0.186	0.007	0.217	0.063	0.041	0.107	mg/l	NH ₃
3.93	4.24	3.72	3.82	3.95	3.66	3.29	3.37	2.3	2.1	mg/l	NO ₃
0.1	0.25	0.063	0.039	0.032	0.026	0.03	0.04	0.03	0.025	mg/l	PO ₄
7.5	11	3.7	3.15	2.52	3.1	3.3	4.8	3	2.4	mg/l	NTU
8.49	8.48	8.5	8.49	8.39	8.46	8.42	8.36	8.25	8.16	-	PH
460	460	420	400	420	410	410	410	310	310	μs/cm	EC
294	294	269	256	269	262	262	262	198	198	mg/l	TDS
11	11.3	10.7	9.5	8.7	8.7	8.2	8.7	8.5	7	°C	T

Table 5. Results obtained in Spring.

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Unit	Parameter
7.88	7.26	7.62	7.44	6.38	7.59	7.88	7.93	8.73	5.1	mg/l	DO
0.078	0.14	0.19	0.09	0.066	0.047	0	0	0.004	0	mg/l	NH ₃
2.88	3.42	2.36	2.12	2.39	2.15	2.49	2.5	2.57	2.56	mg/l	NO ₃
0.1	0.08	0.07	0.04	0.04	0.02	0.05	0.06	0.033	0.03	mg/l	PO ₄
20.2	13	14	5.1	2.81	3.58	4.73	7.66	5.86	2.16	mg/l	NTU
8.43	8.31	8.45	8.39	8.29	8.33	8.21	8.17	8.03	7.8	-	PH
393	420	400	394	393	380	370	350	345	338	μs/cm	EC
252	269	256	252	252	243	239	224	221	216	mg/l	TDS
19.3	19.7	19.2	18	16.3	16	13.2	13	9	7.6	°C	T

Table 6. Results obtained in Summer.

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	unit	Parameter
8.95	8.11	8.58	8.13	5.76	8.55	8.34	7.92	8.57	3.09	mg/l	DO
0.58	0.99	0.5	0.42	0.51	0.42	0.53	0.39	0.53	0.35	mg/l	NH ₃
2.48	4.08	2.1	2.02	2.22	2.08	2.3	2.25	2.29	2.17	mg/l	NO ₃
0.069	0.324	0.082	0.047	0.028	0.033	0.015	0.025	0.023	0.022	mg/l	PO ₄
5.33	13.4	2.96	2.86	2.14	3.2	2.89	3.58	1.64	3.02	mg/l	NTU
8.47	8.15	8.5	8.5	8.22	8.47	8.4	8.28	7.93	7.55	-	PH
322	330	320	316	320	312	310	307	308	308	µs/cm	EC
206	211	205	202	205	200	198	196	197	197	mg/l	TDS
16.4	17.9	16.6	16.4	16.8	15.1	12.8	14.3	10.3	9.2	°C	T

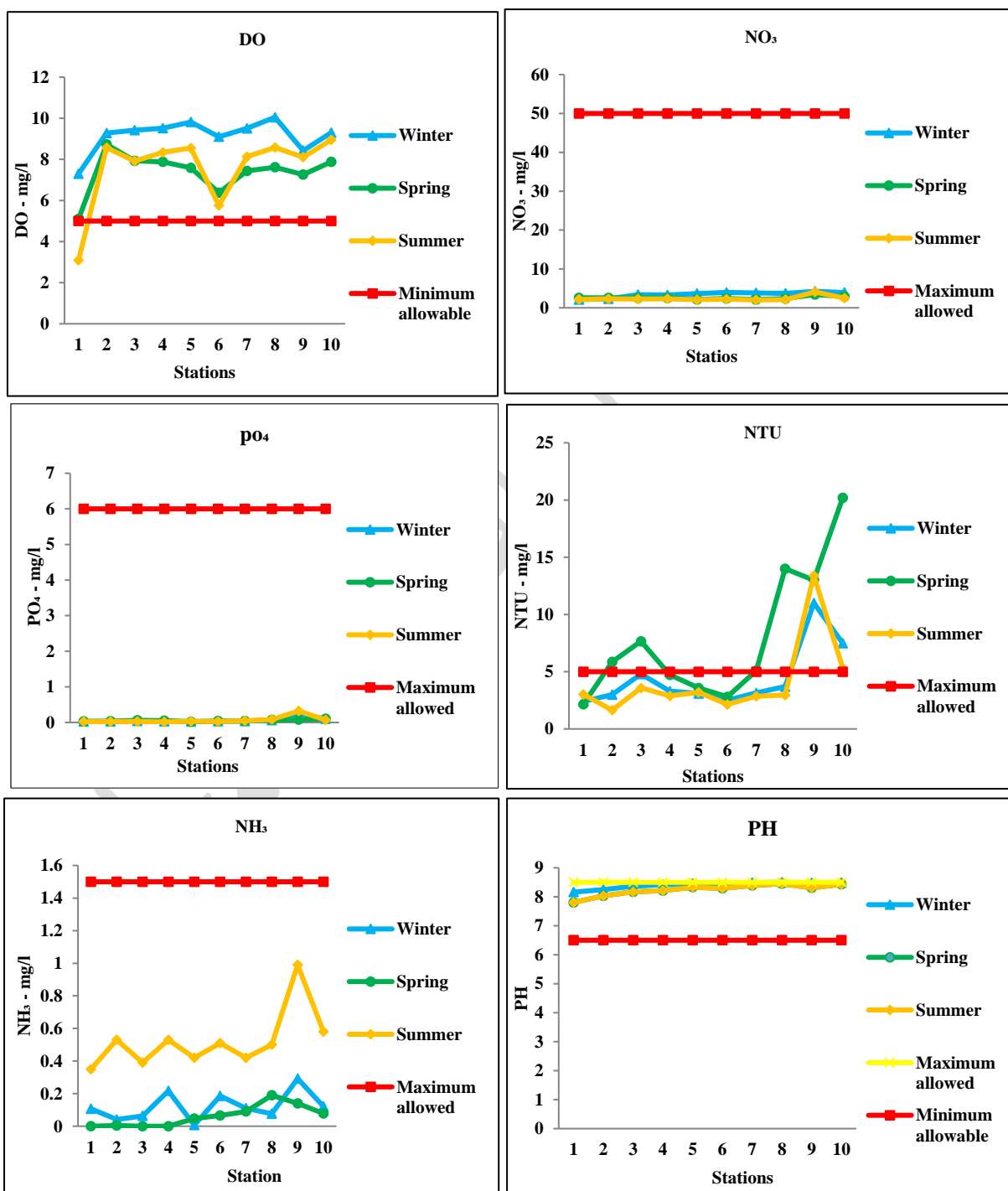


Figure 3. Changes in the quality parameters of the river over time.

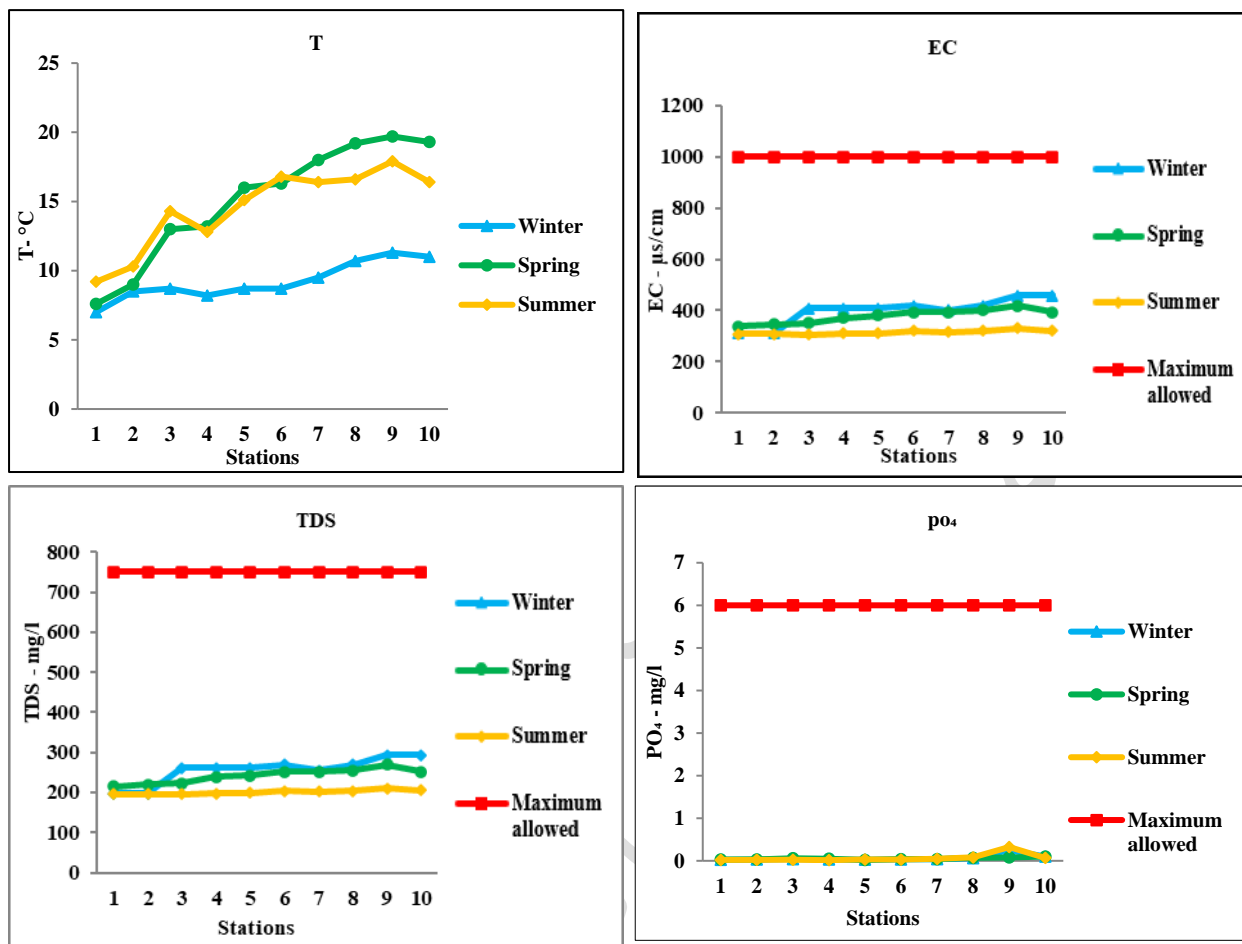


Figure 4. Continuation of the qualitative changes in river parameters over time.

۱.۳. 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 به دلیل 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 کاهش یافته 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. زمانی که پساب طرح پرورش ماهی به داخل رودخانه تخلیه می‌شود، مواد آلی توسط باکتری‌ها به آمونوم، نیترات، سولفات، دی‌اکسید کربن و غیره شکسته می‌شوند که در این فرآیند اکسیژن محلول در آب جهت اکسیداسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد و به همین علت کاهش اکسیژن محلول به وجود می‌آید. همچنین ورود فاضلاب‌های خانگی به داخل رودخانه باعث بالا رفتن فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده که فعالیت آن‌ها نیازمند مصرف اکسیژن محلول در آب بوده و در نتیجه کاهش میزان اکسیژن محلول را به همراه خواهد داشت.

برابر استانداردهای موجود به ویژه استاندارد کیفیت آب سازمان حفاظت محیط زیست، حداقل مقدار اکسیژن محلول مورد نیاز در اکوسیستم های آبی، ۵ میلی گرم در لیتر می باشد، که به جز در ایستگاه اول در مردادماه، در سایر ایستگاه ها و در فصول مختلف همواره از این مقدار بالاتر بوده و می توان گفت رودخانه از لحاظ میزان اکسیژن محلول در طول دوره از وضعیت مطلوبی برخوردار می باشد.

کاهش مقادیر اکسیژن محلول در فصل بهار و تابستان نسبت به فصل زمستان به دلیل افزایش دمای هوا و دمای آب رودخانه بوده چرا که مقدار اکسیژن محلول با مقدار دما رابطه معکوس داشته و هر چه دمای آب افزایش یابد مقدار اکسیژن محلول آب به دلیل افزایش فعالیت های مولکولی و از دست دادن اکسیژن، کاهش می یابد.

۲.۳. روند تغییرات آمونیاک

ورود پساب طرح های آبی پروری و فاضلاب های خانگی شهری و روستایی به مسیر جریان آب به دلیل تجزیه و شکسته شدن مواد آلی و همچنین ورود پساب حاصل از فعالیت های کشاورزی به داخل رودخانه موجب افزایش مقادیر آمونیاک محلول در آب می گردد. با توجه به نمودار ۲، روند تغییرات مقدار آمونیاک در طول مسیر دارای نوساناتی می باشد. علت افزایش مقدار آمونیاک در طول مسیر می تواند به دلیل ورود فاضلاب خانگی روستاها و پساب طرح های آبی پروری باشد که مستقیماً به مسیر جریان رودخانه وارد می شوند. ایستگاه شماره ۶ به دلیل قرارگیری در محل خروجی پساب یک طرح پرورش ماهی، افزایش مقدار آمونیاک را به همراه داشته است. در ایستگاه شماره ۹ به دلیل ورود فاضلاب خانگی شهر سروآباد، مقدار آمونیاک به صورت ناگهانی افزایش یافته است که در ادامه و با طی مسیر به سمت ایستگاه شماره ۱۰ روند کاهشی به خود می گیرد. مقادیر اندازه گیری شده آمونیاک در مرداد ماه نسبت به فصول قبلی اعداد بالاتری می باشد که با عنایت به اوج فعالیت های کشاورزی در مرداد ماه، استفاده از کودهای ازته کشاورزی که حاوی مقادیر زیادی آمونیاک بوده، سبب افزایش مقدار آمونیاک محلول در آب می گردد. برابر استاندارد ۱۰۵۳ کیفیت آب های ایران حداکثر مقدار مطلوب در نظر گرفته شده برای آمونیاک محلول در آب (۱.۵ میلی گرم بر لیتر) بوده که به طور کلی در طول مسیر در تمام ایستگاه ها در حد قابل قبولی می باشد و هیچ گاه به مرز حداکثر مقدار خود نرسیده است.

۳.۳. روند تغییرات نیترات

وجود نیترات در آب رودخانه می تواند نشان دهنده آلودگی حاصل از فاضلاب خانگی، شستشوی کودهای ازته مورد استفاده در اراضی کشاورزی و همچنین فعالیت استخرهای پرورش ماهی باشد که عمده ترین دلیل افزایش نیترات در رودخانه آزاد دوآب، پساب حاصل از کودهای ازته می باشد. همچنان که از نتایج مشخص است اختلاف قابل توجهی در میزان نیترات اندازه گیری شده در ایستگاه های نمونه برداری مشاهده نمی گردد و به طور کلی در هر سه فصل از سال مقدار نیترات محلول از ابتدای مسیر به سمت پایین دست دارای یک روند افزایشی می باشد. کمترین مقدار آن در محل ایستگاه شماره ۱ به دلیل عدم ورود منابع آلاینده اندازه گیری شده است اما در محل ایستگاه شماره ۶ به دلیل ورود پساب یک مورد طرح پرورش ماهی و در ایستگاه شماره ۹ به علت ورود فاضلاب شهر سروآباد به داخل رودخانه، میزان نیترات نسبت به سایر ایستگاه ها مقدار بیشتری می باشد که در ادامه مسیر به سمت پایین دست، به دلیل کاهش آلودگی های ورودی به داخل رودخانه، وجود پیچ و خم های زیاد، تهویه مناسب توسط باد و همچنین تثبیت مواد آلی، مقدار نیترات محلول مجدداً روند کاهشی به خود می گیرد. به طور کلی مقدار نیترات در طول دوره در طول مسیر نسبت به حداکثر مقدار مجاز تعیین شده در استانداردهای موجود از جمله استاندارد شماره ۱۰۵۳ که برابر ۵۰ میلی گرم بر لیتر می باشد، مقدار قابل قبولی بوده و هرگز به حد بحرانی نرسیده است.

۴.۳. روند تغییرات فسفات

باینکه فسفات‌ها مواد سمی نیستند ولی یک تهدید غیرمستقیم جدی برای کیفیت آب به شمار می‌روند. با افزایش مقدار فسفات، رشد گیاهان آبی افزایش یافته که موجب کاهش اکسیژن محلول آب و ایجاد شرایط بی‌هوایی شده و در نهایت باعث ایجاد طعم و بو در آب می‌شود. ورود فاضلاب‌های خانگی و آلاینده‌های گسترده مراعات 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 به دلیل ورود فاضلاب شهر سروآباد به مسیر رودخانه، مقدار فسفات به صورت ناگهانی افزایش یافته 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 تعیین شده 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^۱)، حداکثر مقدار فسفات محلول جهت مصارف شرب برابر ۰.۰۳ میلی‌گرم در لیتر بوده که بر اساس آن در تعدادی از ایستگاه‌ها وضعیت رودخانه جهت مصارف شرب از لحاظ مقدار فسفات مناسب بوده و در سایر ایستگاه‌ها وضعیت نامناسبی حاکم می‌باشد.

۵.۳. 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^۱)، حداکثر مقدار مجاز کدورت آب جهت مصارف شرب برابر ۵ می‌باشد که کدورت کمتر از ۱ به عنوان وضعیت مطلوب در نظر گرفته شده است. برابر داده‌های به دست آمده، میزان کدورت در طول مسیر دارای نوساناتی بوده که کمترین مقادیر در ایستگاه ابتدایی اندازه‌گیری شده است که آب خروجی از سد آزاد به دلیل ساکن و آرام بودن دریاچه سد و ته‌نشین شدن ذرات معلق، از کدورت کمتری برخوردار می‌باشد. مقدار کدورت به سمت ایستگاه شماره ۳ دارای روند افزایش می‌باشد که می‌تواند به دلیل فرسایش پذیر بودن بستر و کناره‌ها و همچنین پوشش گیاهی زیاد و رشد فیتوپلانکتون‌ها در محل باشد. در ادامه مسیر به سمت پایین دست از مقدار کدورت کاسته شده اما در ایستگاه شماره ۹ به صورت 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. بالا بودن مقادیر کدورت در اردیبهشت ماه نسبت به فصول دیگر، به دلیل سیلابی و گل‌آلود بودن آبراهه‌های فصلی در طول رودخانه می‌باشد. در مرداد ماه به دلیل خشک شدن آبراهه‌های فصلی در طول مسیر، مقدار کدورت نسبت به فصول دیگر کمتر می‌باشد.

۶.۳. روند تغییرات PH

به‌طور کلی مقادیر PH از ۰ الی ۱۴ متغیر می‌باشد که برابر اکثر استانداردهای موجود میزان PH مناسب زیست‌محیطی مابین مقادیر ۶.۵ الی ۸.۵ قرار می‌گیرد. هر چه مقدار PH به سمت صفر کاهش یابد آب اسیدی‌تر و باعث خوردگی می‌شود و هر چه 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 آبی‌پروری و همچنین ورود املاح اسیدی اراضی کشاورزی باعث افزایش خاصیت اسیدی و کاهش مقدار PH می‌گردد اما داده‌های اندازه‌گیری شده 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 به دلیل ورود فاضلاب‌های خام خانگی شهری و روستایی و از همه مهم‌تر وضعیت زمین‌شناسی منطقه و قرارگیری مسیر رودخانه در سازندهای آهکی مخصوصاً 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. هر چه 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 به دلیل ورود فاضلاب شهر سروآباد بوده که به دلیل گرمای هوا و تولید گازهای اسیدی باعث کاهش مقدار PH در محل گردیده است. مقادیر PH در بهمن ماه نسبت به فصول دیگر، مقادیر بالاتری بوده که می‌تواند به دلیل پایین بودن دما باشد چراکه در سرما، آب بیشتر به حالت قلیایی نزدیک شده و مقدار PH افزایش می‌یابد.

۷.۳. روند تغییرات هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی معیاری از توان آب برای هدایت جریان الکتریکی می‌باشد که این ویژگی با کل غلظت مواد یونیزه شده در آب (یون مثبت و منفی) و دمایی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود، مرتبط می‌باشد و بر اساس 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 به طوری که 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 بالا رفتن 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 به دلیل 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 قابل توجهی 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 به دلیل عدم ورود پساب‌های حاوی املاح به داخل رودخانه بوده که با طی نمودن مسیر به سمت پایین‌دست با ورود پساب‌های کشاورزی و طرح‌های آبی‌پروری و همچنین املاح گسترده مراتع مجاور، مقادیر هدایت الکتریکی افزایش یافته به طوری که بیشترین مقادیر در انتهای مسیر اندازه‌گیری شده است. به دلیل بالا بودن آبدهی رودخانه در مرداد ماه، 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 بر اساس 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.

۸.۳. روند تغییرات جامدات محلول

کل مواد جامد محلول در آب یا TDS^۱، 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^۲) رابطه مستقیمی باهم داشته و با افزایش مقدار TDS، مقدار هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. برابر نتایج به‌دست‌آمده، کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده TDS در ایستگاه‌های ابتدایی اندازه‌گیری شده است که در ادامه مسیر به سمت پایین‌دست به دلیل ورود ناخالصی‌های حاصل از پساب‌های کشاورزی و طرح‌های آبی‌پروری 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 بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست حداکثر مقدار مجاز TDS برابر ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته شده است که بر این اساس در تمام طول مسیر، وضعیت رودخانه از لحاظ مقادیر TDS مناسب و مطلوب ارزیابی می‌گردد.

شایان‌ذکر است کاهش مقادیر TDS در مرداد ماه نسبت به سایر فصول را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در فصل زمستان به دلیل 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 مرداد ماه با خشک شدن آبراهه‌های فصلی و از طرفی رهاسازی آب از سد آزاد با دبی بالا و با شرایط بکر، باعث کاهش اثر منابع فرعی ورودی و ثابت شدن مقادیر غالب پارامترها در طول مسیر شده است.

۹.۳. روند تغییرات دما

ایستگاه شماره ۱ به دلیل 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 کاهش یافته که می‌تواند به دلیل سایه‌اندازی ارتفاعات و درختان کناری در آن محدوده باشد که در اثر کاهش جذب نور خورشید، کاهش دمای آب را به همراه داشته است. دمای آب رودخانه در مردادماه کمتر از اردیبهشت ماه می‌باشد که دلیل آن افزایش آبدهی رودخانه در مرداد ماه به دلیل رهاسازی بیشتر آب از سد آزاد برای فعالیت نیروگاه برقابی می‌باشد که طبیعتاً با افزایش دبی، تأثیرات محیط بر وضعیت رودخانه کاهش می‌یابد.

۱۰.۳. 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 به دلیل 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.

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

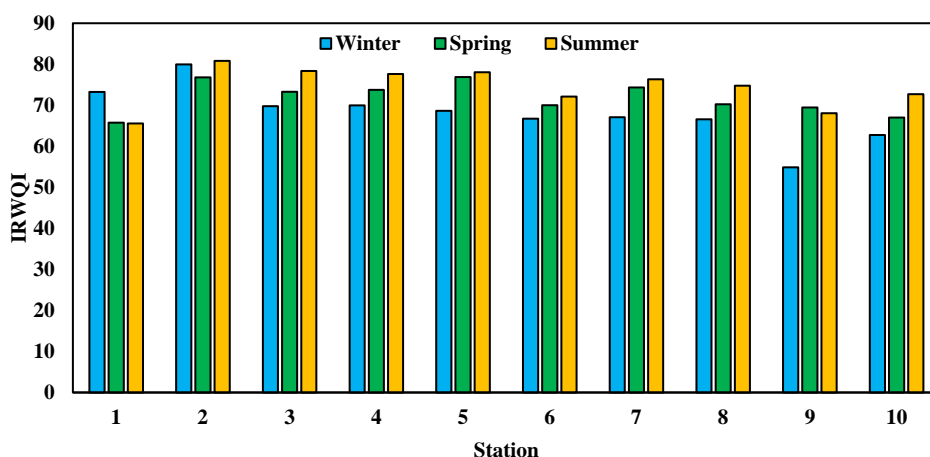


Figure 5. The final results of the IRWQI index

نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفیت آب در مرداد ماه ۱۴۰۰ بیانگر وضعیت کیفی بهتری نسبت به سایر فصول بوده که برخلاف انتظار و به دلیل رهاسازی آب از دریاچه سد آزاد جهت فعالیت نیروگاه تولید برق، دبی رودخانه در مرداد ماه از مقدار بیشتری نسبت به اردیبهشت ماه برخوردار می‌باشد، که با افزایش دبی، تأثیر آلاینده‌های ورودی به مسیر رودخانه کاهش می‌یابد. شایان‌ذکر است در سال‌های گذشته و قبل از احداث سد آزاد در ابتدای مسیر مورد مطالعه، در سال‌های کم‌آبی، این رودخانه به‌طور کامل خشک‌شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غالب آبدهی رودخانه آزاد دوآب در مرداد ماه ۱۴۰۰، از رهاسازی آب دریاچه سد آزاد تأمین‌شده است که با توجه به بکر بودن منطقه در ابتدای مسیر، آب رودخانه فاقد آلودگی قابل‌توجهی بوده و با طی نمودن 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 تحقیق، وضعیت فعلی رودخانه آزاد دوآب از لحاظ کیفی در حد نسبتاً خوبی می‌باشد فقط در برخی نقاط از جمله محل ایستگاه شماره ۹ به دلیل 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 خود پالایی آن نیز افزایش یافته 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 به صورت دائم تغذیه می‌گردد، توانسته است آلاینده‌های ورودی به مسیر خود را تا حد مناسبی تصفیه نماید و از بار آلودگی ایجاد شده بکاهد اما به علت افزایش روزافزون جمعیت منطقه و در نتیجه افزایش فاضلاب ورودی به مسیر جریان آب و همچنین افزایش طرح‌های صنعتی و به‌ویژه آبریزی‌پروری در مجاورت رودخانه، احتمال ایجاد آلودگی و شرایط نامناسب و بحرانی در آینده دور از انتظار نیست. محدودیت‌هایی که در این پایش کیفی رودخانه وجود داشت می‌تواند به کمبود منابع مالی، تجهیزات و فناوری برای انجام آزمایش‌ها و ارزیابی نمونه‌های جمع‌آوری شده اشاره کرد و همچنین در برخی موارد استانداردها و روش‌های پایش کیفیت آب ممکن است به صورت یکپارچه و همگرا تعیین نشده باشند که می‌تواند نقص‌هایی در اطلاعات جمع‌آوری شده منجر شود. با توجه به نتایج این تحقیق 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، بکارگیری محدودیت‌های حقوقی و قانونی جهت جلوگیری از مصارف نامناسب و آلوده‌سازی منابع طبیعی، ارتقاء دانش و بینش زیست محیطی مسئولین و صاحبان بخش صنعت در مورد خطرات آلاینده‌ها زیست محیطی 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، فرهنگ سازی 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.

پی‌نوشت‌ها

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

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

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, Zanyar, & AHMADIFARD, NASROLLAH. (2020). Investigating the effect of urban wastewater on water quality in Saez 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. and 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. and 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. and Gikas, G. D., 2019. Performance of Seven Water Quality Indices (WQIs) in a Mediterranean River. *Environmental monitoring and assessment*. 191(8):505.

نسخه آماده انتشار