Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

Evaluation of the effect of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fish farms on the water quality of Zarin Gol River using a physicochemical index (WQI)

Altin Ghojoghi[1], Rasoul Ghorbani[*2], Rahman Patimar[3], Abdolrassoul Salmanmahiny[4], Rahmat Naddafi[5], Abdolazim Fazel[6], Timothy D. Jardine[7]

1. Dept. of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: altin.ghojoghi@gmail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rasulghorbani@gmail.com
3. Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavoos University, Gonbad Kavoos, Iran. E-mail: rpatimar@gmail.com
4. Dept. of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: rassoulmahiny@gmail.com
5. Associate Prof., Dept. of Coastal Research, Uppsala University of Agricultural Sciences, Sweden. E-mail: rahmat.naddafi@slu.se
6. Inland Waters Aquatics Resources Research Center of Gorgan, Gorgan, Iran. E-mail: a.fazel58@gmail.com
7. Toxicology Centre and School of Environment and Sustainability, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. E-mail: tim.jardine@usask.ca

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 09.02.2022
Revised: 09.15.2022
Accepted: 10.04.2022

Keywords:
Rainbow trout fish farm,
WQI water quality index,
Zarin Gol River

ABSTRACT

The excessive growth of the aquaculture industry, in addition to using more natural resources, causes a disturbance to the biological and non-biological balance through effluent releases, and water quality indicators provide the possibility of better management of pollution and direction for targeted biological monitoring. The purpose of this research was to evaluate the nitrogen load of the basin and rainbow trout breeding farm on the water quality of Zarin Gol River in Golestan province, Iran, based on a standard index (WQI) by measuring water quality parameters including: pH, total phosphate, temperature, nitrate, dissolved oxygen, turbidity, and total coliform. Sampling was done seasonally at five stations (before and after the first and second fish farm and 1000 meters downstream from the second fish farm) in 2018. The results showed that the concentration of nitrogen and phosphorus in the river during the six months of fish breeding on the second farm was estimated to be 2.1 tons of nitrogen and 0.3 tons of phosphorus. According to the WQI, the results showed that the water quality values in all the studied stations are 79.7 to 87.8, which indicates excellent water quality according to the descriptive table. It seems that under the current conditions, the Zarin Gol River has the ability to self-purification the effluent of two fish farms with the expected capacity.

Cite this article: Ghojoghi, Altin, Ghorbani, Rasoul, Patimar, Rahman, Salmanmahiny, Abdolrassoul, Naddafi, Rahmat, Fazel, Abdolazim, D. Jardine, Timothy. 2024. Evaluation of the effect of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fish farms on the water quality of Zarin Gol River using a physicochemical index (WQI). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (4), 159-172.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20570.1702
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

ارزیابی اثر مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) بر کیفیت آب رودخانه زرین‌گل با استفاده از شاخص فیزیکوشیمیایی (WQI)

آلتین قجقی[۱]، رسول قربانی*[۲]، رحمان پاتیمار[۳]، عبدالرسول سلمان ماهینی[٤]، رحمت ندافی[٥]، عبدالعظیم فاضل[٦]، تیموتی دی جاردین[۷]

۱. گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: altin.ghojoghi@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: rasulghorbani@gmail.com

۳. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: rpatimar@gmail.com

٤. گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: rassoulmahiny@gmail.com

٥. دانشیار گروه منابع آبزی، بخش تحقیقات ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی اپسالا، سوئد. رایانامه: rahmat.naddafi@slu.se

٦. مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: a.fazel58@gmail.com

۷. مرکز سم‌شناسی و دانشکده محیط‌زیست و پایداری، دانشگاه ساسکاچوان، ساسکاتون، ساسکاچوان، کانادا. رایانامه: tim.jardine@usask.ca

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٦/۱۱
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰٦/۲٤
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۷/۱۲

واژه‌های کلیدی:
رودخانه زرین‌گل،
شاخص کیفیت آب WQI،
مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

چکیده

رشد بی‌رویه صنعت آبزی‌پروری باعث برهم خوردن تعادل زیستی و غیرزیستی آب از طریق خروج پساب می‌شود و شاخص‌های کیفیت آب امکان مدیریت بهتر آلودگی‌ها و پایش زیستی هدفمند را فراهم می‌کند. هدف از این پژوهش، محاسبه بار نیتروژن حوضه و نیز مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و تعیین کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در استان گلستان براساس شاخص استاندارد WQI با اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب شامل: pH، فسفات کل، دما، نیترات، اکسیژن محلول، کدورت و توتال کلی‌فرم است. شاخص‌های کیفی آب از ۵ ایستگاه (قبل و ۲۰۰ متر بعد از پرورش ماهی اول و دوم و ۱۰۰۰ متر بعد از پرورش ماهی دوم) به‌صورت فصلی در سال ۱۳۹۸ مورد نمونه‌برداری قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن و فسفر در رودخانه در طول مدت ٦ ماه پرورش ماهی مربوط به مزرعه دوم، معادل ۲/۱ تن نیتروژن و ۰/۳ تن فسفر برآورد گردید. براساس شاخص WQI نتایج نشان داد که مقادیر کیفی آب در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در محدوده ۷۹/۷ تا ۸۷/۸ است که در رده کیفیت خوب ارزیابی گردید. به‌نظر می‌رسد در

شرایط حاضر، رودخانه زرین‌گل توان خودپالایی پساب خروجی دو مزرعه پرورش ماهی با ظرفیت پیش‌بینی‌شده را دارد.

استناد: قجقی، آلتین، قربانی، رسول، پاتیمار، رحمان، سلمان ماهینی، عبدالرسول، ندافی، رحمت، فاضل، عبدالعظیم، دی جاردین، تیموتی (۱۴۰۲). ارزیابی اثر مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) بر کیفیت آب رودخانه زرین‌گل با استفاده از شاخص فیزیکوشیمیایی (WQI). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۴)، ۱۷۲-۱۵۹.
DOI: 10.22069/japu.2022.20570.1702

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

رودخانه‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین منبع آب سطحی، دارای ارزش اکولوژیکی و اقتصادی می‌باشند و از آسیب‌پذیرترین محیط‌ها نسبت به عوامل مخرب محیطی هستند. تمرکز فعالیت‌های انسانی در اطراف رودخانه‌ها، ساختار طبیعی آن‌ها را بر هم زده است؛ به‌طوری‌که در سال‌های اخیر با رشد جوامع بشری، اثر فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی، معدن‌کاوی، کشاورزی و صنعتی بر کیفیت آب و رسوب رودخانه‌ها افزایش یافته است. در واقع این فعالیت‌ها، توزیع طبیعی عناصر رودخانه‌ها را بر هم زده و غلظت آن‌ها را به بالاتر از حد طبیعی می‌رساند (۱، ۲، ۳).

ویژگی‌های شیمیایی آب رودخانه در هر نقطه، نمایانگر عوامل مهم و تأثیرگذاری مانند بارش‌های جوی، زمین‌شناسی حوضه آبریز، شرایط آب و هوایی و ورودی حاصل از فعالیت‌های انسانی است (٤، ٥، ٦). در بین فعالیت‌های انسانی، پرورش ماهیان سردآبی در بالادست رودخانه‌ها، یکی از اصلی‌ترین عوامل انتشار آلودگی آلی در طول آن است. ارزیابی خسارت فعالیت‌های پرورش ماهی نشان می‌دهد که در نهایت مواد زاید متابولیکی و غذای دست نخورده به محیط آبی وارد می‌شود. این موارد، منبع اصلی مواد مغذی هم‌چون نیتروژن و فسفر است که نقش مهمی در پدیده تغذیه‌گرایی در محیط‌های آبی را دارا می‌باشند (۷). یکی از اهداف اصلی در پرورش ماهی، کاهش مواد مغذی دفع شده در آب است (۸). نیتروژن (N) و فسفر (P) در ضایعات متابولیکی تولید شده توسط ماهی، منشأ اکثر ضایعات نیتروژن و فسفر حل‌شده ناشی از آبزی‌پروری با ظرفیت متراکم است. تولید بیش از حد این دو عنصر در پساب سیستم‌های آبزی‌پروری منجر به اتروفیکاسیون و در نتیجه تغییر در اکوسیستم آبی می‌شود (۹). مقدار باقی‌مانده غذایی به اندازه پرورش، گونه‌های ماهی، شیوه‌های پرورش و ویژگی‌های غذا بستگی دارد (۱۰). به دلیل افزایش زیاد پرورش ماهی، میزان پس‌مانده رسوب شده در مخازن پرورش و به‌خصوص رودخانه‌ها به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. رودخانه‌ها به‌دلیل موقعیت ویژه خود به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در معرض ورود آلاینده‌ها قرار می‌گیرند. ارزیابی و مدیریت مواد مغذی در سیستم‌های رودخانه‌ای طی چند دهه گذشته بخش مهمی از مدیریت منابع آب بوده است. مواد آلی و مواد مغذی توسط تولیدکنندگان اولیه جذب یا مستقیماً توسط مصرف‌کنندگان مصرف می‌شوند و بدین‌ترتیب وارد شبکه‌های غذایی می‌شود (۱۱).

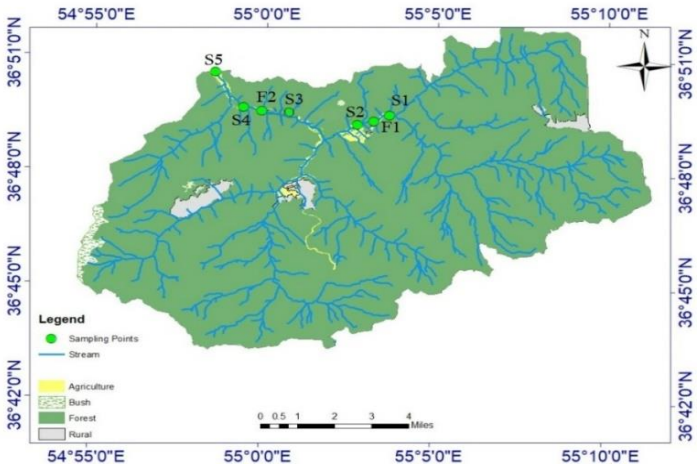
در مطالعه اثرات نیتروژن و فسفر اضافی در کشاورزی بر کیفیت سطحی در هلند توسط Oenema و همکاران (۲۰۰۵) نتایج نشان داد که شستشوی نیترات به آب‌های زیرزمینی و تخلیه نیتروژن و فسفر به آب‌های سطحی با مازاد نیتروژن و فسفر، وضعیت هیدرولوژیکی، کاربری زمین و نوع خاک ارتباط دارد (۱۲). Mirbagheri و همکاران (۲۰۱۱) در برآورد تغییرات نیتروژن و فسفر در رودخانه چالوس با استفاده از مدل خودپالایی رودخانه نشان دادند که قدرت خودپالایی رودخانه کم بوده و روند افزایشی در میزان نیتروژن آلی هم‌زمان با ورود فاضلاب‌ها قابل‌ملاحظه می‌باشد. کیفیت آب توسط برخی پژوهش‌گران برای ارزیابی وضعیت کیفی منابع آب رودخانه‌ها استفاده شده است (۱۳). صادقی و همکاران (۱۳۹٤)، در ارزیابی کیفیت آب رودخانه زرین‌گل از نظر شرب و کشاورزی و عوامل مؤثر در آن و هم‌چنین تأثیر بارگذاری‌های شدید در این حوضه، بیان داشتند به‌دلیل دستکاری‌های شدید در محیط طبیعی از جمله حفر معادن و جاده‌سازی کیفیت آب در رودخانه زرین‌گل کاهش یافته است (۱٤). اعظمی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی کیفیت آب رودخانه قزل‌اوزن را با استفاده از شاخص NSFWQI نشان دادند که شاخص کیفیت آب بیانگر

تأثیرات بسیار زیاد کشت زیتون است (۱۵). Ewaid و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه کیفیت آب رودخانه دجله در عراق گزارش داد که بدترین کیفیت آب در فصل زمستان و بهار و بهترین کیفیت مربوط به تابستان و پاییز بوده است و کیفیت پایین آب را به مقادیر بیش‌تر کدورت در آب نسبت دادند (۱۶). Ebrahimi و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از شاخص NSFWQI در ارزیابی کیفیت آب رودخانه سفیدرود در شمال ایران، میانگین امتیاز کیفیت آب رودخانه حدود ۴۹ محاسبه کردند که در طبقه "بد" قرار داشت (۱۷). Singh و همکاران (۲۰۲۱) WQI رودخانه Marshyangdi را مورد بررسی قرار دادند که مقادیر WQI از ۳۲/۵ تا ۴۶/۹ را نشان دادند که کیفیت آب در همه ایستگاه‌ها بد بودند (۱۸). از آن‌جایی‌که با بررسی شاخص‌های کیفی آب امکان مدیریت بهتر جهت آلودگی‌ها و پایش زیستی وجود دارد و با توجه به تأثیر منفی عوامل انسان‌ساز مانند کشاورزی و جاده‌سازی بر روی این منبع آبی و عدم بررسی فعالیت‌های انسانی دیگر مانند تأثیر مزارع پرورش ماهی روی کیفیت آب این رودخانه، این مطالعه با هدف پایش رودخانه زرین‌گل و اثر وجود پساب دو مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به داخل رودخانه با بررسی شاخص کیفی آب WQI انجام شد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز رودخانه زرین‌گل یکی از سرشاخه‌های گرگانرود است در موقعیت جغرافیایی "۴۰ '۳۴ °۵۴ تا "۳۶ '۱۱ °۵۵ شرقی و "۳۰ '۴۳ °۳۶ تا "۴۴ '۰۸ °۳۷ شمالی قرار گرفته است. مساحت حوزه آبخیز آن در حدود ۳۴۲/۸۲ کیلومتر و حداکثر ارتفاع حوزه ۲۸۰۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۲۸۰ متر می‌باشد. طول رودخانه ۲۲ کیلومتر با بستر سنگی-شنی می‌باشد. این رودخانه در فاصله ۱۲ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان علی‌آبادکتول واقع شده است.

پس از بازدید میدانی از رودخانه با توجه به کاربری‌های مختلف در حاشیه آن تعداد ۵ ایستگاه به‌صورت فصلی در سال ۱۳۹۸ شامل؛ ایستگاه اول: قبل از پرورش ماهی اول، ۲۰۰ متر بعد از خروجی پرورش ماهی اول، قبل از پرورش ماهی دوم، ۲۰۰ متر بعد از خروجی پرورش ماهی دوم و ۱۰۰۰ متر بعد از خروجی پرورش ماهی دوم تعیین و موقعیت آن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GPS ثبت شد. هم‌چنین کاربری‌های غالب (مانند کشاورزی، جنگل، آبزی‌پروری) در نقشه مشخص، کدگذاری و تفکیک شد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه منطقه مطالعاتی رودخانه زرین‌گل استان گلستان.

نمونه‌های آب به‌صورت فصلی به‌صورت ۳ تکرار با استفاده از ظروف پلی‌اتیلن جمع‌آوری گردید. ۷ پارامتر (اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوع، pH، نیترات، فسفات، دما، کدورت) اندازه‌گیری گردید. نمونه‌برداری از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب مانند دمای آب، کدورت، اکسیژن محلول، اسیدیته، با استفاده از دستگاه آزمایشگاه صحرایی واگتچ (فتومتر مدل ۷۱۰۰) اندازه‌گیری گردید. پارامترهای نیترات (میلی‌گرم در لیتر) و فسفات (میلی‌گرم در لیتر)، بعد از نگهداری در دمای ٤ درجه در آزمایشگاه به‌وسیله روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری گردیدند. نمونه‌ها در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه نگهداری شدند تا فعالیت میکروارگانیسم‌ها را غیرفعال کنند. برای تعیین میزان کلیفرم، از روش ۹MPN لوله‌ای (تعداد کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌متر نمونه) استفاده شد (۱۹).

براساس میزان نیترات کل و نیز مقادیر دبی روزانه رودخانه زرین‌گل، میزان بار نیتروژن حوضه و نیز پرورش ماهی دوم با استفاده از نرم‌افزار Web Based Load Calculation Using LOADEST برآورد گردید.

شاخص کیفیت، یک عدد بدون واحد است که میزان کیفیت آب را بیان می‌کند (۲۰). استفاده از شاخص WQI توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران نیز پیشنهاد شده است که این شاخص با استفاده از ۸ پارامتر کیفی آب شامل: اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، pH، BOD_5، نیترات، فسفات، دما وکدورت محاسبه می‌شود (۲۱). با استفاده از منحنی‌های معیار مناسبی که برای هر یک از ۸ پارامتر وجود دارد، زیر شاخص آن پارامتر را استخراج کرده و به همراه وزن هر پارامتر (جدول ۱)؛ (کیفیت آب) در هر ایستگاه محاسبه می‌شود (۲۲).

$$WQIa=\sum_{i=1}^{n} WiQi \qquad (۱)$$

که در آن، Qi زیرشاخص هر پارامتر؛ Wi فاکتور وزنی هر پارامتر.

باید خاطرنشان ساخت که وقتی یک پارامتر از دست برود، مجموع فاکتورهای وزن‌دهی شده که داده‌های آن موجود است را می‌توان برای شاخص WQI اصلاح شده استفاده کرد. در حقیقت، مجموع مقادیر شاخص پارامتریک به مجموع فاکتورهای وزن‌دهی‌شده داده‌های موجود تقسیم می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱- فاکتورهای وزنی کیفیت آب بر اساس شاخص WQI.

پارامتر کیفی آب	واحد اندازه‌گیری	فاکتور وزنی
اکسیژن محلول	درصد اشباع	۰/۱۷
pH	-	۰/۱۱
کلیفرم مدفوعی	تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر	۰/۱۷
دما	درجه سانتی‌گراد	۰/۱
کدورت	NTU	۰/۰۸
فسفات	میلی‌گرم در لیتر	۰/۱
نیترات	میلی‌گرم در لیتر	۰/۱
BOD_5	میلی‌گرم در لیتر	۰/۱۱

هم‌چنین براساس گروه‌بندی امتیازات کلی شاخص (جدول ۲) می‌توان ایستگاه‌های موردنظر را از نظر وضعیت کیفی طبقه‌بندی نمود و برای نمایش بهتر، می‌توان از رنگ‌های استانداردی که برای آن ارائه شده استفاده کرد (۲۳).

جدول ۲- گروه‌بندی کیفیت آب رودخانه‌ها بر اساس امتیاز کلی شاخص WQI.

رنگ	طبقه کیفی	مقدار شاخص به‌دست آمده
قرمز	بسیار بد	۰-۲٤
نارنجی	بد	۲۵-٤۹
زرد	متوسط	۵۰-٦۹
سبز	خوب	۷۰-۸۹
آبی	عالی	۹۰-۱۰۰

در این پژوهش، جهت آنالیز داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح اطمینان ۵ درصد و مقایسه میانگین سالانه داده‌ها از آزمون LSD در سطح اطمینان ۵ درصد با نرم‌افزار SPSS 16 تجزیه و تحلیل گردید.

نتایج و بحث

پایش منابع آبی از طریق تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی، یک معیار قابل اعتماد برای ارزیابی کیفیت آن است؛ زیرا چنین اندازه‌گیری‌هایی به عنوان شاخصی برای منابع احتمالی آلودگی عمل می‌کنند. تجزیه و تحلیل نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اطلاعات قابل توجهی از کیفیت آب رودخانه زرین‌گل ارائه می‌دهد. باید توجه داشت که اکثر جانوران و گیاهان آبزی در محدوده خاصی از دما زنده می‌مانند اما تغییرات شدید را تحمل نمی‌کنند (۲٤). دما اساساً به دلیل تأثیرات آن بر واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاصی که در آب و موجودات آبزی اتفاق می‌افتد، مهم است (۲۵). دمای آب در رودخانه زرین‌گل در تمام ایستگاه‌ها با استاندارد کیفیت منابع آبی رودخانه‌ها مطابقت دارد.

مقادیر DO در محدوده ۱۱/۵-۸ میلی‌گرم در لیتر گزارش گردید. کم‌ترین میزان اکسیژن محلول (DO) در تابستان و بیش‌ترین آن در زمستان مشاهده شد که نشان از کیفیت آب خوب است. وجود اکسیژن محلول برای حفظ انواع اشکال حیات بیولوژیکی در آب ضروری است و اثر تخلیه پسماندها در یک بدنه آبی تا حد زیادی توسط تعادل اکسیژن سیستم تعیین می‌شود (۲۵). بدنه‌های آبی طبیعی دارای سطوح بالایی از اکسیژن هستند که بسته به دما، تلاطم آب و فشار اتمسفر متفاوت است (۲٦) هرچه آب سردتر باشد، اکسیژن بیش‌تری می‌تواند در خود نگه دارد (۲۷). اکسیژن محلول برای بقای موجودات آبزی ضروری است و یک شاخص تعیین‌کننده برای سلامت اکوسیستم آبی است. DO کم نشان‌دهنده تقاضای بالای میکروارگانیسم‌ها برای اکسیژن است (۲۸). هرچه مواد آلی که محیط آبی را آلوده می‌کنند بیش‌تر باشد، مقدار اکسیژن بیش‌تری برای تجزیه این مواد مصرف می‌شود به طوری که محتوای اکسیژن محلول در آب بسیار کم می‌شود. کوماری و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزایش دما باعث کاهش

انحلال DO محیط در آب رودخانه می‌شود. علاوه بر این، فعالیت‌های بالاتر میکروارگانیسم‌ها باعث می‌شود که مقادیر DO در تابستان پایین باشد، زیرا برای فعالیت‌های متابولیسمی و مواد آلی به مقدار قابل‌توجهی اکسیژن نیاز دارند (۲۹). DO باید بیش‌تر از ٤ میلی‌گرم در لیتر باشد، بنابراین در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی با استاندارد کیفی مطابقت دارد. مقادیر کدورت آب در بین فصول و ایستگاه‌های مختلف با دامنه ۱/۵ در پاییز تا ٤۳٤ NTU در تابستان متفاوت بود که در تابستان بالاتر از استانداردها مشاهده شد. بیش‌ترین کدورت در ایستگاه ۳ (قبل از پرورش ماهی رنجبر) بود، که به‌دلیل بستر گلی-ماسه‌ای رودخانه است. pH یک پارامتر فیزیکوشیمیایی مهم آب رودخانه است که بر ترکیب زیستی بدنه آبی تأثیر می‌گذارد و نقش حیاتی در اکوسیستم ایفا می‌کند زیرا تمام عملکردهای بیوشیمیایی و حفظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب تا حد زیادی به pH وابسته است (۳۰). در مطالعه حاضر اسیدیته بین ۹/۲۳-۷/۷۹ بود. در رودخانه‌های ایران محدوده مناسب pH بین ٦/۵ تا ۹ می‌باشد که این مقادیر برای رودخانه زرین‌گل کمی بیش‌تر از محدوده استاندارد بود و بیش‌ترین مقدار آن در ایستگاه ٤ (بعد از پرورش ماهی رنجبر) مشاهده شد. این ممکن است به‌دلیل تخلیه پساب پرورش ماهی در امتداد بدنه آبی مربوط باشد که توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شود. این فرآیند هم‌چنین اکسیژن مصرف و دی اکسید کربن آزاد می‌کند.

جدول ۳- میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌های مختلف رودخانه زرین‌گل در سال ۱۳۹۸.

پارامتر/ ایستگاه	قبل از مزرعه اول	۲۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه اول	قبل از مزرعه دوم	۲۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه دوم	۱۰۰۰ متر بعد از مزرعه دوم
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	۹/٦٦ ± ۰/۸۷	۹/۲۳ ± ۱/۲۹	۹/۱٦ ± ۱/۲۹	۸/۵۷ ± ۰/۱۷	۸/۹٤ ±۰/۷۵
اسیدیته	۸/٤۷ ± ۰/۳	۸/٦۲ ± ۰/٤۸	۸/۷۵ ±۰/۱۹	۹/۰۷ ± ۱/٤۹	۸/۵۸ ± ۰/۱۲
E. coli	۰/۹۲۵ ± ۰/۰۹^{d}	۲/۲۷ ± ۰/۰۹^{b}	۲/۱۵ ± ۰/۱۲^{b}	۲/۷۸ ±۰/۱٦^{a}	۱/۸ ±۰/۰۸^{c}
دما (سانتی‌گراد)	۱۳/۹۵ ± ٤/۱۳	۱۳/۸۷ ± ۳/۷۵	۱۷/۲۵ ± ۵/۹	۱۷/۷ ± ۷/۰۹	۱۹/۳۲ ± ٤/۱٤
کدورت (NTU)	۳۵/۳ ± ۲۵/۳	۹۰/٤۷ ± ۸۵/۱۸	۱٦۹/۳۵ ± ۱۹۲/۳۸	۹۲/۱۲ ± ۷۹/۳۹	۱۰٤/۳۵ ± ۹۳/۹۰
فسفات (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۱۷ ± ۰/۱٦^{b}	۰/۳۵ ± ۰/۲۱^{ab}	۰/۳ ±۰/۲۱^{ab}	۰/۵۸ ± ۰/٤^{a}	۰/۲۷ ± ۰/۱۲^{ab}
نیترات (میلی‌گرم در لیتر)	۱/٤ ± ۱/۱۸	۱/۷ ± ۱/۰٦	۱/۵ ± ۰/۷٤	۱/۸۳ ± ۱/۲۳	۰/۵٦ ± ۰/٤۳
کل مواد جامد محلول (میکروگرم در لیتر)	۸٦۱ ± ٤۵۳/۹٦	۳۵۸/۷۵ ± ۲۲۹/٤۵	۵۳٤ ± ۱۸۵/۲٦	۵۷۹/۵ ± ۲۰۸/۵۹	٤۹٦ ± ۹۱/۹۲
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۱۲۰/٤ ± ۱۲۲/٤	٦۵/۵ ± ۷۱/۷۲	۸۰/٦۹ ±۷۱/۸۸	۸۵/۵٦ ± ۷۸/۰۹	۷۵/۳٦ ± ٦۲/۲۷
شوری (گرم در لیتر)	۰/٤۷ ± ۰/٤۹	۰/۲۸ ± ۰/۱۸	۰/۳۵ ± ۰/۲۷	۰/۳۵ ± ۰/۲۸	۰/۳۲ ± ۰/۲۲

مقادیر *E. coli* در بین ایستگاه‌های مختلف معنی‌دار بود. بیش‌ترین مقدار در ایستگاه ۲۰۰ متری بعد از پرورش ماهی دوم و کم‌ترین میزان مربوط به ایستگاه اول (قبل از پرورش ماهی اول) بود. مقادیر اکسیژن محلول، اسیدیته، دما، کدورت، کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، شوری و نیترات در ایستگاه‌ها مختلف اختلاف معنی‌دار نداشتند. نیترات پارامتر ضروری برای نشان دادن وضعیت آلودگی و دخالت انسان در رودخانه است. غلظت نیترات در ۵ ایستگاه بین ۰/۵٦ تا ۱/۸۳ میلی‌گرم در لیتر نسبتاً بالا بود. این به شدت به فعالیت‌های انسانی در این نزدیکی مربوط می‌شود. منبع اصلی آلودگی آب رودخانه‌ها از پساب مزارع ماهی به همراه پساب کشاورزی و فرسایش خاک ناشی می‌شود. محتوای نیترات باید کم‌تر از ۱ میلی‌گرم در لیتر باشد، بنابراین نیترات در چهار ایستگاه مغایر با مقادیر استاندارد کیفیت بود. غلظت فسفات نشانه‌ای از سطوح مواد مغذی سیستم رودخانه است. فسفر یک ماده مغذی ضروری برای رشد موجودات است و بهره‌وری اولیه سیستم آب تازه را افزایش می‌دهد. غلظت فسفات در رودخانه زرین‌گل بین ۰/۵۸–۰/۱۷ میلی‌گرم در لیتر بود که در ایستگاه ۲۰۰ متر بعد از مزرعه دوم به‌طور معنی‌دار بالاتر از ایستگاه اول (قبل از مزرعه اول) بود. منبع فسفات در آب از هوازدگی مواد معدنی سنگ، تجزیه مواد آلی، کودها و مواد معدنی فسفاته به دست می‌آید. محتوای کل فسفات باید کم‌تر از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر باشد. بنابراین، فسفات به‌جز در ایستگاه اول در بقیه ایستگاه‌ها بالاتر از استاندارد کیفی آب رودخانه‌ها بود. از آن‌جایی‌که رودخانه زرین‌گل پساب‌های حاصل از آبزی‌پروری و کشاورزی را در بخش‌های مختلف رودخانه دریافت می‌کند، برای تخمین مقادیر نیتروژن و فسفر رها شده از مزرعه پرورش ماهی دوم به رودخانه، مساحت حوضه قبل از مزرعه پرورش ماهی و بعد از آن با نرم‌افزار ArcMap محاسبه گردید. با در نظر گرفتن مساحت حوضه و دبی آب رودخانه، مقادیر نیتروژن قبل و بعد از پرورش ماهی دوم محاسبه گردید. مقادیر بارهای نیتروژن حوضه در قبل و بعد از پرورش ماهی دوم ۲۳٦ و ۲٤۰/۲ تن در سال و مقادیر نیتروژن برآوردی مربوط به پرورش ماهی معادل ٤/۲ تن در سال محاسبه شد. برای فسفر مقادیر بارگذاری سالانه قبل و بعد از پرورش ماهی دوم ۵۱/۹ و ۵۲/۵ کیلوگرم در تن در سال و مقادیر فسفر برآوردی مربوط به پرورش ماهی ۰/٦ تن در سال برآورد شد (جدول ٤).

جدول ٤- مقادیر برآوردی نیتروژن کل و فسفر کل در استخرهای پرورش ماهی رنجبر و ضمیری در رودخانه زرین‌گل.

پارامتر	ایستگاه	مساحت حوضه کیلومتر مربع	کل بارگذاری سالانه برآوردی (تن در سال)
N	قبل از پرورش ماهی دوم	۲۳۲/٦	۲۳٦
	بعد از پرورش ماهی دوم	۲۹۰/۵	۲٤۰/۲
	اثر پرورش ماهی	۵۷/۹	٤/۲
P	قبل از پرورش ماهی دوم	۲۳۲/٦	۵۱/۹
	بعد از پرورش ماهی دوم	۲۹۰/۵	۵۲/۵
	اثر پرورش ماهی	_	۰/٦

در بررسی مقادیر مختلف اشکال نیتروژن و فسفر در قبل و بعد از مزرعه پرورش ماهی مورد مطالعه، با توجه به این‌که در ایستگاه‌های قبل از پرورش ماهی، عملیات کشاورزی به‌خصوص شالیکاری یکی از اصلی‌ترین کاربری‌های اراضی حاشیه مناطق مورد بررسی می‌باشد، می‌توان ورود کودهای کشاورزی نیتراته و فسفاته به داخل اکوسیستم و نیز در ایستگاه بعد از مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، پساب حاصل از آن نیز مزید بر افزایش مقادیر نیتروژن و فسفر در رودخانه است. با این‌که سرعت و دبی بالای آب رودخانه زرین‌گل، زمان لازم جهت واکنش‌های نیتریفیکاسیون را نمی‌تواند فراهم کند و این امر سبب عدم تجمع بیش‌تر این مواد در اکوسیستم می‌گردد، با اینحال پساب‌های کاربری‌های موجود از اصلی‌ترین دلایل آلودگی فسفاته و به‌خصوص نیتراته در ایستگاه پایین‌دست مزرعه می‌باشند. به‌نظر می‌رسد با توجه به کاهش بارندگی در سال‌های اخیر و بالتبع کاهش دبی آب رودخانه زرین‌گل، این رودخانه در زمان کم‌ترین دبی آب با حدود ۱۰۰ لیتر در ثانیه، ظرفیت فعلی مزرعه ماهی رنجبر در مرحله حداکثر ظرفیت پذیرش رودخانه از نظر پذیرش نیتروژن (حدود ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) بوده و ظرفیت پرورش نباید بیش از این میزان افزایش یابد. هم‌چنین با توجه میزان بارگذاری سالانه برآوردی مربوط به پرورش ماهی معادل ٤/۲ تن در سال نیتروژن و ۰//٦ تن فسفر در سال، مقادیر آن برای ٦ ماه به ترتیب معادل ۲/۱ تن و ۰/۳ تن برآورد گردید که بسیار نزدیک به برآورد ۱/٤ تن نیتروژن و ۰/۲ تن فسفر بر اساس مدل Islam (۲۰۰۵) است (۳۱).

نتایج شاخص‌های کیفی آب WQI برای پنج ایستگاه رودخانه زرین‌گل نشان داد که میانگین امتیاز کیفی آب رودخانه زرین‌گل حدود ۷٤/۸۷ تا ۸۹/۰۵ بوده که در دسته‌بندی خوب و سبز طبقه‌بندی می‌شوند. بیش‌ترین کیفیت مربوط به فصل پاییز بسته به ایستگاه بود، در حالی‌که فصل زمستان نسبت به سایر فصول مقدار پایین‌تری را نشان داد (جدول ۵).

جدول ۵- شاخص کیفیت آب WQI در فصول مختلف در رودخانه زرین‌گل در سال ۱۳۹۸.

فصل/ پارامتر	قبل از مزرعه اول	۲۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه اول	قبل از مزرعه دوم	۲۰۰ متر بعد از خروجی مزرعه دوم	۱۰۰۰ متر بعد از مزرعه دوم
بهار	۸٦/۹٤ (خوب)	۸۱/۳۹ (خوب)	۷۹/۵۱ (خوب)	۸۲/۱۲ (خوب)	۸۲/٦۱ (خوب)
تابستان	۸۷/۲۲ (خوب)	۷۸/٤۵ (خوب)	۷۷/۸۰ (خوب)	۷٤/۸۷ (خوب)	۷٦/۹٦ (خوب)
پاییز	۸۸/۰۷ (خوب)	۸۳/۹۰ (خوب)	۸٤/۷۸ (خوب)	۸٦/٤۸ (خوب)	۸۸/٤۷ (خوب)
زمستان	۸۹/۰۵ (خوب)	۸۳/۷٦ (خوب)	۷۹/۸۵ (خوب)	۷۵/۳۷ (خوب)	۷۹/۸۵ (خوب)

در این مطالعه ۸ پارامتر برای محاسبه WQI در نظر گرفته شد. اما داده مربوط به BOD_5 در دسترس نبود. اما وزن‌ها با توجه به شدت مرتبط به هر پارامتر اختصاص داده شده و سپس از میانگین وزن کل برای WQI استفاده شد تا اثر کمبود پارامتر مزبور به حداقل برسد. روند تغییرات کیفیت آب در هر ایستگاه تقریباً یکسان بود که WQI بین ایستگاه‌ها با کیفیت خوب طبقه‌بندی گردید. از عوامل تأثیرگذار بر روی این شاخص می‌توان به رعایت سقف مجاز تناژ مزارع ماهی و دبی مناسب آب رودخانه اشاره کرد که نقش قابل‌توجهی در رقیق کردن پساب آن‌ها دارد. در بین ۵ ایستگاه، ایستگاه ٤ (بعد از پرورش ماهی رنجبر) در

فصول تابستان و زمستان دارای کم‌ترین WQI بود در حالی‌که فصل زمستان یک روند صعودی در WQI مشاهده گردید. رودخانه زرین‌گل از میان مناطق جنگلی، مزارع کشاورزی و پرورش ماهی عبور می‌کند با این وجود میزان WQI در محدوده خوب نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی صورت گرفته در محدوده این رودخانه رواناب‌های فشرده و غلیظ در داخل و اطراف رودخانه رهاسازی نمی‌کنند. هم‌چنین نظارت محیط‌زیست نیز در دستیابی به سطح بالای WQI در این رودخانه کمک کرده است که مطالعه Effandi و همکاران (۲۰۱۵) بر روی رودخانه Ciambulawung نتایج مذکور را تأیید می‌کند (۲۵). مقدار شاخص WQI به ترتیب قبل از پرورش ماهی ضمیری > بعد از پل > بعد از پرورش ماهی ضمیری > قبل از پرورش ماهی رنجبر > بعد از پرورش ماهی رنجبر بود. در پژوهش صادقی و همکاران (۱۳۹٤) در رودخانه زرین‌گل، مقادیر به‌دست آمده برای WQI بین ۵۰ و ۷۰ قرار داشتند که بسته به منبع آلاینده از فصلی به فصل دیگر و از ایستگاه نمونه‌برداری به ایستگاه دیگر متفاوت است (۱٤). منابع اصلی آلودگی بر روی زرین‌گل که بر بخش تجزیه و تحلیل شده از این مطالعه تأثیر می‌گذارد عبارتند از: پرورش ماهی، فعالیت‌های کشاورزی (کودهای مبتنی بر نیتروژن و فسفر) و فاضلاب است. باید توجه داشت که رودخانه‌ها زمانی که در کنار صنایع آلوده‌تر هستند، روند آلودگی بیش‌تری را نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه در این خصوص با نتایج کاظمی و همکاران (۱۳۹۷) در رودخانه لنگرود رودخان مغایرت داشت (۳۲) و هم راستا با مطالعه Chakravarty و Gupta (۲۰۲۱) در رودخانه جاتینگا و Enrique و همکاران (۲۰۰۷) در اسپانیا بود که کیفیت آب را خوب و عالی ارزیابی کرده بود (۳۳، ۳٤). جدول ٦ مقایسه مقادیر وزنی WQI محاسبه شده در مطالعه حاضر را با مقادیر گزارش شده در مطالعات دیگر برای رودخانه‌های مختلف ایران نشان می‌دهد. جدول نشان می‌دهد که مقادیر WQI به‌دست آمده در مطالعه حاضر تقریباً در محدوده مقادیر گزارش شده در مطالعات دیگر قرار دارد.

جدول ٦- مقایسه مقادیر کیفیت آب WQI با سایر مطالعات انجام شده در ایران.

منطقه مورد مطالعه	WQI	منبع
رودخانه قزل‌اوزن	۲٦-۵۵	اعظمی و همکاران (۱۳۹۸)
رودخانه گرگانرود	٤۰/۹٤ - ٤۸/۱۷	قاضیانی و همکاران (۱۳۹۹)
رودخانه سفیدرود	۳۰-۷۰	ابراهیمی و همکاران (۲۰۲۰)
رودخانه چالوس	۱۵/٦۲- ۸/٤۹	خلیلی و همکاران (۱٤۰۰)
رودخانه زرین‌گل	۵۰-۷۰	صادقی و همکاران (۱۳۹٤)
رودخانه زرین‌گل	۸۷/۰۵-۷٤/۸۹	مطالعه حاضر

نظارت بر پارامترهای بیشتر و گنجاندن آن‌ها در WQI برای محاسبه دقیق‌تر نماینده WQI از کیفیت واقعی آب مفید خواهد بود. با این‌حال، نظارت بر پارامترهای بیش‌تر ممکن است به‌دلیل کمبود منابع و زیرساخت در کشورهای در حال توسعه مانند ایران چالش‌برانگیز باشد. بنابراین، پیش‌بینی WQI با چند پارامتر در موقعیت‌های محدود منابع مفید خواهد بود. این مطالعه ارزیابی تأثیر بالقوه پساب‌های مزرعه

قزل‌آلا بر کیفیت آب رودخانه زرین‌گل را بر اساس شاخص کیفیت آب (WQI) ارائه می‌کند. غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد مطالعه مانند اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوع، pH، نیترات، فسفات، دما، کدورت تعیین شده و مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی بود. بر اساس WQI، می‌توان نتیجه گرفت که آب رودخانه با توجه به پارامترهای انتخابی برای موجودات آبزی مطلوب است، بنابراین وضعیت سالم رودخانه را در تمام مکان‌های مورد مطالعه نشان داد. کیفیت آب عالی در رودخانه زرین‌گل احتمالاً به‌دلیل خودپالایی و جریان زیاد ست که به رقیق شدن آب کمک می‌کند. تغییرات فضایی و ارتفاعی بیش‌تر در مطالعه حاضر مشاهده نشده است، که با کلاس کیفیت آب یکسان در تمام ایستگاه‌ها توجیه می‌شود. در دوره‌های بحرانی، اقدامات خاصی باید برای به حداقل رساندن اثرات منفی بر آب‌های دریافت‌کننده، مانند خوراک کم فسفر، کاهش هدررفت غذا، افزایش تصفیه فاضلاب یا کاهش بارگیری ماهی انجام گردد. انتظار می‌رود این نتایج مطالعه اطلاعات پایه را در مورد وضعیت فعلی کیفیت آب در امتداد بخش طولی رودخانه زرین‌گل ارائه دهد که می‌تواند برای مقامات مربوطه برای مدیریت کیفیت آب برای حفظ اکوسیستم آبی مفید باشد.

منابع

1. Tayab, A. (2012). Ph.D. Thesis, "Exploring the Perceptions of Cultural Competence among Personal Support Workers in an Ontario Long-Term Care Home: A Case Study" Faculty of Applied Health Sciences Brock University, 182 p.
2. Yu, K. C., Tsal, L. J., Chen, S. H., & Ho, S. T. (2001). Chemical binding of heavy metals in anionic river sediments. *Water Research*. 35 (17), 4086-4096.
3. Izquierdo, C., Usero, J., & Gracia, I. (1997). Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Marine pollution bulletin*. 34 (2), 123-128.
4. Jang, C. S., Liou, Y. T., & Liang, C. P. (2010). "Probabilistically determining roles of groundwater used in aquacultural fishponds." *Journal of Hydrology*. 388, 491-500.
5. Shokoohi, A., & Bahmani, O. (2021). Comparative Evaluation of NSFWQI and IRWQISC Indicators in River Quality Assessment. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 10 (3), 97-114.
6. Aminpour Sheybani, S., Mohammadi, M., Khaledian, M. R., & Mirroshandel, A. (2016). Water quality evaluation of Gazroudbar River using NSFWQI and Liou indices. *Wetland Ecobiology*. 8 (1), 63-74.
7. Pillay, T. R. V. (1992). Aquaculture and the Environmental. Fishing New Books, England.
8. Fournier, V., Gournier, V., Gouillou-Coustans, M. F., Metailler, R., Vachot, C., Moriceau, J., Le Delliou, H., Huelvan, C., Desbruyeres, E., & Kaushik, S. J. (2003). Excess dietary arginine affects urea excretion but does not improve N utilization in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and *turbot Psetta maxima*. *Aquaculture*, Amsterdam. 217, 559-576.
9. Jahan, P., Watanabe, T., Kiron, I., & Satoh, S. H. (2003a). Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. *Fisheries Science*, Tokyo. 69, 219-225.
10. Mallekh, R., Boujard, T., & Lagardere, J. P. (1999). Evaluation of retention and environmental discharge of nitrogen and phosphorus by farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). North *American Journal of Aquaculture*. 61, 141-145.
11. Lazzari, R., & Baldisserotto, B. (2008). Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. Boletim do Instituto dE. *Pesca*. 34 (4), 591-600.

12. Oenema, O., van Liere, L., & Schoumans, O. (2005). Effects of lowering nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture on the quality of groundwater and surface water in the Netherlands. *Journal of Hydrology*. 304 (1-4), 289-301.
13. Mirbagheri, S. A., Mahmoudi, Sh., & Khezri, S. M. (2011). Modeling Nitrogen and Phosphorus Changes During Challus River In Year 2008-2009 Using Software Qual2k. *Journal of Civil and Environmental Engineering* (University of Tabriz). 40 (3(63)), 49-60. [In Persian]
14. Sadeghi, M., Bay, A., Bay, N., Soflaie, N., Mehdinejad, M. H., & Mallah, M. (2015). The survey of Zarin-Gol River water quality in Golestan Province using NSF-WQI and IRWQISC. *Journal of Health in the Field*. 3 (3), 27-33.
15. Aazami, J., Kiani Mehr, N., Zamani, A., Abdolahi, Z., Zarein, M., & Jafari, N. (2019). Water Quality Assessment of Ghezelozan River in Zanjan Province Using NSFWQI, IRWQI and Liou. *Jehe*. 6 (4), 385-400.
16. Ewaid, S. H., Abed, S. A., & Kadhum, S. A. (2018). Predicting the Tigris River water quality within Baghdad, Iraq by using water quality index and regression analysis. *Environ. Technol. Innov.* 11, 390-398.
17. Ebraheim, G., Zonoozi, M. H., & Saeedi, M. A. (2020). Comparative study on the performance of NSFWQIm and IRWQIscin water quality assessment of Sefidroud River in northern Iran. *Environ. Monit. Assess*. 192(11), 677. **DOI: 10.1007/s10661-020-08630-6.**
18. Singh, G., Patel, N., Jindal, T., Srivastava, P., & Bhowmik, A. (2020). Assessment of spatial and temporal variations in water quality by the application of multivariate methods Statistical in the Kali River, Uttar Pradesh India. *Environ. Monit. Assess*. 192 (394), 1-26.
19. Miraslow, R., & Vcadimir, N. (1990). Practical environmental analysis. Published by Royal Society of Chemistry (**www.rec.org**). 466 p.
20. Saksena, D. N., Garg, R. K., & Rao, R. J. (2008). Water quality and pollution status of Chambal River in National Chambal Sanctuary, Madhya Pradesh. *Journal of Environmental Biology*. 29 (5), 701-10.
21. Tavakoli, F., Mohammadi-Rouzbahani, M., & Sobhan-Ardekani, S. (2018). Survey of the River Water Quality Using Water Quality Indices (Case Study: Aligoodarz River). *Journal of Environmental Science and Technology*. Article in press.
22. Landwehr, J. M., & Deininger, R. A. (1976). A Comparison of Several Water Quality Indexes. 48 (5), 954-958.
23. Program to prevent and reduce the pollution of important rivers of Iran, 2013.
24. Noorbakhsh, J., Seyedmahalleh, E., Darvishi, G., & Merhdadi, N. (2014). "An Evaluation of Water Quality from Siahrod River, Haraz River, and BabolroodRiver by NSFWQI Index," *Current World Environ*. 9 (1), 59-64.
25. Effendi, H., & Romanto, Wardiatno, Y. (2015). Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI2003. Yogyakarta: Kanisiu. *Procedia Environmental Sciences*. 24, 228-237.
26. Said, A., Stevens, D. K., & Sehlke, G. (2004). Environmental assessment an innovative index for evaluating water quality in streams. *Environmental Management*. 34 (3), 406-14.
27. Ott, W. R. (1978). Environmental indices: theory and practice. Michigan: Ann Arbor Science. 21.
28. Buchari, Arka I. W., Putra, K. G. D., & Dewi, I. (2001). *Environmental chemistry*. Jakarta: DJPT.
29. Kumari, M., Tripathi, S., Pathak, V., & Tripathi, B. (2013). Chemometric characterization of river water quality. *Environ. Monit. Assess*. 185, 3081-3092.
30. Tadesse, M., Tsegaye, D., & Girma, G. (2018). Assessment of the level of some physico-chemical parameters and heavy metals of Rebu River in Oromia region, Ethiopia. *MOJBiology and Medicine*. 3 (4), 99-11.

31. Islam, Md. Shahidul. (2005). Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. *Marine Pollution Bulletin*. 50, 48-61.
32. Kazemi, P., Shariati, F., & Keshavarz Shokri, A. (2018). Langroud river water quality assessment using NSFWQI qualitative indicators. *Environmental Sciences*. 16 (3), 65-78.
33. Chakravarty, T., & Gupta, S. (2021). Monitoring of river health using aquatic insects: A study on Jatinga River, North East India. *Aquatic Research*. 4 (4), 363-375.
34. Enrique, S., Manuel, F. C., Juan, V., Angel, R., Marı, G. G., Lissette, T., et al. 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators*. 7, 315-328.