پژوهش و فناوری محیط زیست، ۱۴۰۲، (۱۳)۸، ۱۱۹-۱۳۴

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

بررسی الگوی تغییرات کیفیت آب و شناسایی گیاهان مهاجم آبزی در سدهای آب شرب استان مازندران و ارائه راهکارهای کنترلی دوستدار محیط زیست

پویان مهربان جوبنی*[۱]، هادی مدبری[۲]، سید محمد موسوی[۳]

۱- استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- استادیار گروه پایش منابع آب، پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی

۳- کارشناسی ارشد دفتر مهندسی رودخانه ها و سواحل شرکت آب منطقه ای مازندران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۶/۱۵

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۲/۰۶/۳۱

کلید واژه‌ها:
سدهای آب‌های شرب،
کیفیت زیستی،
گیاهان مهاجم و پارامترهای فیزیکوشیمیائی

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تغییرات زیست‌محیطی، ارزیابی وجود گیاهان آبزی مهاجم و تاثیر آن بر کیفیت آب سدهای آب شرب استان مازندران شامل سد البرز، سد شهید رجایی و سد میجران انجام گرفت. اندازه‌گیری صفات کیفیت آب نشان داد که بهترین شرایط اکسیژن محلول در سد البرز، شهید رجایی و میجران در ماه فروردین به ترتیب با حدود ۱۰ ، ۱۰ و ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بود. به علت لایه‌بندی حرارتی ایجاد شده در ماه مرداد و شهریور میزان اکسیژن محلول همه سدها در عمق ۷ تا ۱۰ متری به حدود صفر رسید. بیشترین مقدار کلروفیل سد البرز در ماه‌های اردیبهشت و خرداد و در عمق ۵ متری با حدود ۴ میلی‌گرم در لیتر، در سد شهید رجایی در ماه مرداد با حدود ۵/۴ میلی‌گرم در لیتر و در سد میجران در ماه مرداد در عمق ۱۰ متری با حدود ۱۱ میلی‌گرم در لیتر بود که بر اساس شاخص کارلسون در این ماه ها سدها در وضعیت یوتروف و تغذیه‌گرا بودند. سد میجران در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در سطح یوتروف و کدورت آن حدود دو برابر دو سد دیگر بود به‌طوری که در ماه شهریور به حدود ۳۰ FTU رسید. بیشترین مقدار فسفات اندازه‌گیری شده در هر سه ماه تیر، مرداد و شهریور در سد میجران مشاهده شد، اما باتوجه به آلودگی بیشتر سدهای البرز و شهیدرجایی نسبت به سد میجران میزان اکسیژن‌خواهی زیستی و شیمیایی سدهای البرز و شهیدرجایی به ترتیب حدود ۲ و ۲/۵ برابر بیشتر از سد میجران مشاهده شد. همچنین میزان کلیفرم مدفوعی سدهای البرز و میجران حدود دو برابر از سد میجران بیشتر بود. علیرغم پایین آمدن مقدار کلیفرم کل شهریورماه در سه سد، مقدار کلیفرم مدفوعی سد البرز در حدود ۳ برابر دیگر سدها بود. دو گیاه هیدریلا و گوشاب شناور به عنوان گیاه مهاجم، بیشتر در سد میجران شناسایی شد که به نظر می‌رسد با پرنده باکلان که در حاشیه سد میجران شب‌نشین هستند، وارد شده است. تغییر لایه‌بندی حرارتی ایجاد شده در سدها از طریق هوادهی به ویژه در ماه‌های مرداد و شهریورماه، جلوگیری از ورود احشام در بالادست سدها و ایجاد بستری مناسب برای تغییر محل زندگی پرندگان باکلان می‌تواند راهکار مناسبی برای کمک به بالابردن شرایط کیفی آب سدهای آب شرب باشد.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: p.mehraban@sanru.ac.ir

Journal of Environmental Research and Technology, 8(13)2023. 119-134

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Patterns of Water Quality Changes, Invasive Aquatic Plant Identification and Environmentally Friendly Control Solutions in Drinking Water Dams of Mazandaran Province

Pooyan MehrabanJouboni*[1], Hadi Modaberi[2], Seyyed Mohammad Mousavi[3]

1- Assistant Professor, Department of Basic Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Assistant Professor, Department of Water Resources Monitoring, Environmental Research Institute of Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Rasht, Iran
3- MSc., Rivers and Coastal Engineering Office of Mazandaran Regional Water Company

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
14/07/2023
Accepted:
05/09/2023
Available online:
22/09/2023

Keywords:
Drinking water dams,
Biological quality,
Invasive plants,
Physicochemical parameters

Abstract

This study was conducted with the aim of investigating environmental changes and evaluating the presence of invasive aquatic plants and its impact on the water quality of drinking water dams in Mazandaran province, including Alborz Dam, Shahid Rajaei Dam and Mijran Dam. Measurement of water quality parameters showed that the best conditions of dissolved oxygen in Alborz, Shahid Rajaei and Meijran dams were around 10, 10 and 16 mg/L, respectively in April. Due to the thermal stratification created in August and September, the content of dissolved oxygen in all dams reached zero at a depth of 7 to 10 m. The highest amount of chlorophyll in Alborz dam was about 4 mg/L at a depth of 5 m in May and June, in Shahid Rajaee dam was about 5.4 mg/L in August and in Meijran dam was about 11 mg/L at a depth of 10 m in August and based on Carlson's index, these dams were eutrophic during these months. Meijran dam was at the eutrophic level in April and May, and its turbidity was about twice as much as the other two dams, so that reached about 30 FTU in September. The highest amount of phosphate measured in July, August and September was observed in Meijran Dam. However, due to the higher pollution of Alborz and Shahidrajai dams compared to Meijran dam, the biological and chemical oxygen demand of Alborz and Shahidrajai dams were about 2 and 2.5 times higher than Meijran dam, respectively. Also, the amount of faecal coliform in Alborz and Meijran dams was twice as high as that of Meijran dam. Despite the decrease in the amount of total coliform in three dams in September, the amount of faecal coliform in Alborz dam was about 3 times more than other dams. Two plants, hydrilla and Potamogeton, were observed as the invasive plants in Meijran dam, which seems that the cormorant bird, that is nocturnal at the edge of Meijran Dam, is the cause of the entry of invasive plants into the dam. Changing thermal layering created in dams through aeration especially in the months of August and September, preventing the entry of cattle upstream of the dams, and Creating a suitable platform for changing the habitat of cormorant birds can be a good solution to help improve the water quality conditions of drinking water dams.

* Corresponding author E-mail address: p.mehraban@sanru.ac.ir

مقدمه

دسترسی به آب سالم یک مسئله مهم در کشورهای در حال توسعه است. طبق گزارش WHO، بین ۷۸۵ تا ۸۴۴ میلیون نفر در سراسر جهان به منابع آب کافی دسترسی ندارند. علاوه بر این، سالانه حدود ۲ میلیون نفر به دلیل بیماری‌های اسهالی جان خود را از دست می‌دهند. بنابراین، دسترسی به آب سالم یک نیاز حیاتی در کشورهای در حال توسعه است (Strobl and Robillard 2008). افزایش تقاضا و مصرف آب برای فعالیت‌های انسانی در کنار کاهش منابع آب طبیعی و آلودگی‌های محیط زیستی، ارزیابی کیفیت آب را تبدیل به یک موضوع مهم در سال‌های اخیر کرده است (شکوهی و مدبری، ۱۳۹۷). مخازن سدها به‌صورت مصنوعی به وجود می‌آیند اما پس از مدتی تبدیل به یک زیستگاه مناسب برای انواع گیاهان و جانوران می‌گردند و نقش یک زیست‌بوم را برعهده می‌گیرند. سالهاست که احداث سدها با وجود مفید بودنشان، اثرهایی ناخوشایند در چرخه آب دارند و این اثرها بیشتر به دلیل زمان ماند بالای آب در مخزن سد به وجود می‌آید. آب شرب به دست آمده از مخازن سدها به علت انواع آلودگی‌های موجود در آب‌های سطحی، مورد تصفیه کامل قرار می‌گیرد (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱). اما بعضی از عوامل به ویژه عوامل زیستی و گیاهی موجب بروز تغییرات عمده‌ای در کیفیت آب دریاچه سد می‌شوند که بعضا مانند بوی نامطبوع، حتی در تصفیه خانه‌ها هم قابل حذف نیستند. با افزایش نرخ واکنش‌ها، غلظت اکسیژن محلول رو به کاهش می‌رود و واکنش‌های شیمیایی محصول‌های دیگری تولید می‌کنند که بیشتر سمی هستند. از سوی دیگر، ساخت سد و ذخیره جریان سطحی می‌تواند باعث افزایش تبخیر، رکود آب و در نتیجه لایه‌بندی حرارتی در مخزن، نشست جامدات معلق، غنی‌سازی مواد غذایی و تغییر در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب در این مخازن شود (Ding et al. 2018). یکی دیگر از عوامل کاهش کیفیت آب در مخازن سدها، ظهور و رشد بی‌رویه گیاهان آبزی می‌باشد. ارتباط رشد گیاهان آبزی با کیفیت آب مخازن سدها نشان می‌دهد که افزایش رشد آنها از حد آستانه صدمات جبران ناپذیری بر پیکره مخزن سد و مدیریت حوضه آبریز وارد می‌کند. ورود گیاهان مهاجم در طول ۲۰۰ سال اخیر با گسترش کشاورزی، افزایش مبادله‌های کالا، افزایش فعالیت‌های بشر و همچنین ویران‌گری روزافزون محیط زیست، روند افزایشی داشته است. گونه‌های غیربومی، به طور طبیعی در فون و فلور یک کشور وجود ندارند و تاریخ تکامل آن‌ها در منطقه دیگری سپری شده است. گستره جغرافیایی این گونه‌ها محدود است و بسیاری از آن‌ها به طور طبیعی قادر به گذشتن از موانع جغرافیایی نیستند و انسان با جابجا کردن گونه‌ها در سراسر جهان این الگو را بر هم زده است (Fabiano et al. 2018). در برخی مواقع ورود گونه‌های گیاهی غیربومی به‌طور جدی منابع طبیعی محلی، تنوع زیستی، محیط اکولوژیکی و کشاورزی، جنگل‌ها، چراگاه‌ها و فرآوری شیلات را تهدید می‌کنند و یک آسیب پایدار باقی می‌گذارد. اضافه شدن عوامل خارجی از جمله گیاهان آبزی مهاجم زمینه ساز رشد و تکثیر بیش از حد فیتوپلانگتون‌ها، اختلال توازن زیستی و پدیده یوتریفیکاسیون در محیط‌های آبی می‌شوند. در جهت کمک به مدیریت کیفی منابع آب روش‌های زیادی برای آنالیز داده‌های مربوط به کیفیت آب وجود دارد که این روش‌ها با توجه به اهداف مطالعات، روش‌های نمونه‌برداری، منطقه مورد مطالعه و همچنین اندازه نمونه‌ها با یکدیگر متفاوت هستند. بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیائی و وضعیت سطح تروفی از مهمترین روش‌ها برای ارزیابی خصوصیات کیفی آب است که به منظور مدیریت، برنامه ریزی مناسب برای حفظ کیفیت آب، سلامت مردم منطقه و ضمن فراهم آوردن اطلاعات اولیه برای پایش مستمر ضروری است. در این زمینه تحقیقات گسترده‌ای در ایران و سایر کشورها صورت گرفته است که نمونه‌هایی از آنها مرور می‌گردد. وضعیت تروفی دریاچه ولشت براساس شاخص تروفی TSI توسط وحیدی و همکاران، ۱۳۹۵ تعیین شد. نتایج نشان داد که این دریاچه براساس مقادیر ازت و فسفر در شرایط مزوتروفی تا یوتروفی و براساس سایر پارامترها در شرایط مزوتروفی قرار می‌گیرد. گل محمدی و شریعتی، ۱۳۹۵ در تحقیقی به بررسی وضعیت تروفی تالاب امیرکلایه با استفاده از روش TSI پرداختند. نتایج نشان داد که این تالاب در فصل‌های پاییز و زمستان در وضعیت مزوتروفیک و در فصل بهار به دلیل ورود روان‌آب‌های کشاورزی در وضعیت مزوتروفیک حاد و در فصل تابستان نیز به علت افزایش ورود روان‌آب‌های کشاورزی و گرمای هوا در وضعیت یوتروفیک قرار دارد. مطالعه‌ای که مددی نیا و همکاران (۲۰۱۴) با هدف بررسی کیفیت آب رودخانه کارون در بازه اهواز با بررسی پارامترهای کیفی آب انجام شد نشان داد که کیفیت آب در فصل پاییز به علت شروع بارندگی و کاهش آلاینده‌ها بهترین وضعیت و در فصل بهار به دلیل کاهش بارندگی، وجود دمای مناسب برای رشد کلی‌فرم‌ها و نیز افزایش کدورت بدترین وضعیت را داشته

است. بررسی جلبک‌های رودخانه بهمنشیر در فصل پاییز و زمستان به دلیل نور کم و ایجاد آلودگی از نوع گل و لای، فراوانی فیتوپلانکتون‌ها پایین بوده است (WQRRSR. 2009). سامانتری و همکاران، 2009 به بررسی دو رودخانه در هندوستان اقدام کردند و چهار پارامتر اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، کلیفرم مدفوعی و pH را اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که کیفیت آب هر دو رودخانه براساس شاخص‌های مورد استفاده به دلیل فعالیت‌های انسانی و توسعه صنایع و افزایش آلودگی، کاهش یافته است. با توجه به اهمیت کیفیت آب شرب سدهای استان مازندران و نظر به این که وجود گیاهان مهاجم در بستره‌های آبی این استان دیده شده و کیفیت آب سدهای شرب را تهدید می‌کند، این مطالعه با هدف بررسی تغییرات زیست محیطی سدهای آب شرب استان مازندران شامل سد البرز، سد شهید رجایی و سد میجران، ارزیابی وجود گیاهان آبزی احتمالا مهاجم، تغییرات مقدار کلیفرمی سدهای آب شرب و ارتباط آن با مقدار کلروفیل، نیترات و فسفات انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

استان مازندران در شمال ایران قرار دارد و مقدار نیاز آب شرب آن حدود ۳۶۰ تا ۴۰۰ میلیون مترمکعب در سال است. بخش عمده نیاز آب شرب استان از طریق آب زیرزمینی تامین می‌شود. محدودیت‌های برداشت آب زیرزمینی به ویژه محدودیت در وضعیت کیفی آب سبب شد تا استفاده از آب‌های سطحی و احداث سدهای مخزنی در دستور کار قرار گیرد. در این راستا، سدهای مخزنی میجران، شهید رجایی و البرز با هدف اصلی کنترل آب‌های سطحی و هدف فرعی تامین آب شرب استان مازندران احداث شد. جدول ۱، مختصات جغرافیایی سدهای آب شرب را در سطح استان مازندران نشان می‌دهد.

جدول (۱) مختصات جغرافیایی سدهای آب شرب را در سطح استان مازندران

نام سد	سد میجران	سد شهید رجایی	سد البرز
طول جغرافیایی تاج سد	۴۷۲۵۳۵	۷۰۰۲۴۴	۶۶۲۲۸۶
عرض جغرافیایی تاج سد	۴۰۷۶۹۶۹	۴۰۱۳۸۵۳	۴۰۱۰۵۶۴

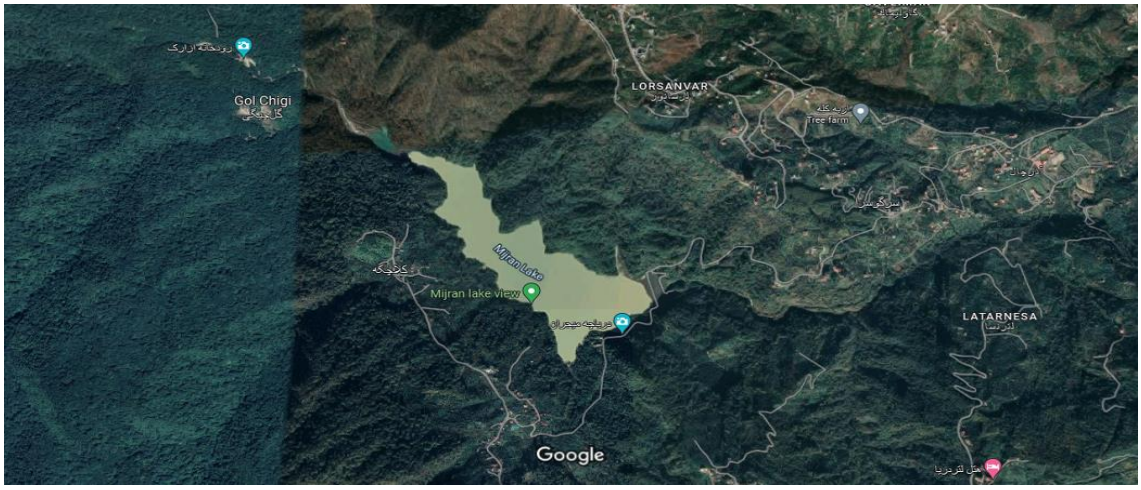
سد البرز سدی سنگریزه‌ای با هسته رسی است که در دهستان لفور، منطقه دئوتک یا همان محل تلاقی ۲ آب و در شهرستان سوادکوه شمالی و ۱۰ کیلومتری جنوب غربی شیرگاه قرار دارد. این سد از ۳ رودخانه آذر رود، اسکلیم رود و کار سنگ تغذیه می‌کند. این سد دهانه‌ای ۸۳۷ متری را پوشش می‌دهد و با عمقی نزدیک به ۷۵ متر، توانایی ذخیره ۱۵۰ میلیون مترمکعب آب را دارا است و با داشتن ساختار طبیعی و پوشش سنگ‌ریزه‌ای مهم‌ترین منبع تأمین آب شهرستان‌های اطراف سوادکوه به شمار می‌آید. حجم فراوان سد البرز می‌تواند آب ۵۴۰۰۰ هکتار زمین کشاورزی از ۲۲۰ روستا شهرهای جویبار، قائمشهر، بابل و بابلسر را به راحتی تامین کند و از نیروی عبور آب به تولید برق مورد نیاز بسیاری از شهرها و روستاهای اطراف بپردازد. شکل ۱، موقعیت قرارگیری سد البرز را نشان می‌دهد.

شکل(۱) سد البرز (ارتفاع ۲۰۰ متری برگرفته شده از google map)

سد شهید رجایی سدی بتنی دو قوسی با سرریز آزاد است که در ۴۵ کیلومتری جنوب غربی ساری واقع در بخش دودانگه و در نزدیکی روستای افراچال می‌باشد و با مساحت ۵۲۰ هکتار، درازای ۸۵۰۰ متر و حجم نهایی ۱۶۰ میلیون مترمکعب آب، با کاربری تأمین آب کشاورزی زمین‌های اطراف سد و تأمین آب آشامیدنی ساخته شد. کاربری‌های شاخص سد شهیدرجایی تأمین آب کشاورزی اراضی دشت تجن، تأمین محل تفرج منطقه‌ای، کنترل طغیان و جلوگیری از خسارات ناشی از سیل، تأمین آب آشامیدنی ساکنین محدوده و تولید برق می‌باشد. شکل ۲، موقعیت قرارگیری سد شهید رجایی را نشان می‌دهد.

شکل(۲) سد شهید رجایی (ارتفاع ۲۰۰ متری برگرفته شده از google map)

سد میجران، سدی سنگریزه‌ای با هسته آسفالته، با ارتفاع حداکثر ۵۴/۵ متر از بستر رودخانه است که در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر رامسر و بر روی رودخانه نسارود قرار دارد. این حوزه با حوزه آبخیز رودخانه صفارود در غرب و حوزه چالکرود در شرق رامسر هم مرز است. حجم مخزن در تراز نرمال ۸ و در حجم مفید آن ۷/۶۵ میلیون متر مکعب است. هدف از این سد که کار ساخت آن در سال ۱۳۷۵ شروع و در سال ۱۳۸۰ خاتمه یافته، تنظیم ۱۵ میلیون متر مکعب آب شامل ۷ میلیون مترمکعب آب شرب و ۸ میلیون آب کشاورزی بود. شکل ۳، موقعیت قرارگیری سد میجران را نشان می‌دهد.



شکل(۳) سد میجران (ارتفاع ۲۰۰ متری برگرفته شده از google map)

روش نمونه‌گیری آب و اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب

به منظور بررسی کیفیت آب و اندازه‌گیری مقدار نیترات، فسفات، نیاز بیولوژیکی و شیمیایی اکسیژن (BOD، COD) و مقدار کلیفرم کل و مدفوعی در دریاچه سدهای آب شرب رجایی، البرز و میجران در مجموع ۹ نمونه آب در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور از بخش نزدیک به تاج سدها برداشت شد. همچنین میزان کلروفیل، pH، اکسیژن محلول و کدورت در عمق‌های مختلف بخش نزدیک به تاج سدهای مذکور با دستگاه CTD در شش ماهه نخست ۱۴۰۱ اندازه‌گیری و تأثیر هر یک از آن‌ها بر مقدار پارامترهای کیفیت آب بررسی شد. میزان جذب پارامترهای فسفات و نیترات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موج‌های ۶۹۰ و ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی با دستگاه COD سنج (مدل آلمانی AL 125)، کلیفرم مدفوعی با استفاده از سواب توتال کلیفرم یکبار مصرف توسط دستگاه hygiena (Ensure plus) و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی با دستگاه BODسنج تعیین شدند.

شاخص تروفی کارلسون

تغذیه‌گرایی یا غنی‌شدن، یک مشکل اساسی در اکوسیستم‌های آبی در تمام جهان است. این توانایی برای توصیف وضعیت موجودات زنده و غیر زنده، رابطه بین پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی و وضعیت اکوسیستم و ارتباط آن با نیازها یا ارزش‌هایی که برای بشر دارد، به کاربرده می‌شود (فلاح و همکاران، ۱۳۹۷). کارلسون در سال ۱۹۷۷ شاخص وضعیت تروفی (TSI) را برای ارزیابی وضعیت تروفی و اندازه‌گیری کمیت تغذیه‌گرایی دریاچه‌ها ابداع کرد. هر ده واحد افزایش در مقادیر این شاخص کاهش ۵۰ درصدی عمق دیسک سکشی، دو برابر شدن میزان فسفر و یک سوم افزایش در غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد. نظرهای مختلفی در ارتباط موادمغذی با پدیده تغذیه‌گرایی و نقش فسفر و نیتروژن در اکوسیستم‌های آبی وجود دارد. برخی مطالعات فسفر را به عنوان مهم‌ترین عامل بازدارنده این پدیده در اکوسیستم‌های آبی و تولید اولیه فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه‌ها و مخازن آب شیرین می‌دانند و برخی این نقش را برای نیتروژن در اکوسیستم‌های دریایی قائل هستند.

مقیاس TSI به ۱۰۰ واحد تقسیم می‌شود و دامنه آن بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر است. این مقیاس بر پایه فسفات کل (TP)، نیتروژن کل (N) و کلروفیل آ (CHl_a) برآورد می‌شود. در این شاخص، وضعیت تروفی برای فسفات کل از رابطه ۱، مدل تروفی برای کلروفیل-آ از رابطه ۲، مدل تروفی برای عمق صفحه سکشی از رابطه ۳، مدل تروفی برای ازت کل از رابطه ۴ و برای محاسبه تروفی کل از رابطه ۵، استفاده می‌شود (پاتیمار و همکاران، ۱۴۰۱).

$$TSI(P) = 14/42\ Ln[TP]+4/15$$ رابطه۱)

$$TSI(Chla) = 30/6 + 9/81\ Ln\ [Chl\text{-}a]$$ رابطه۲)

رابطه ۳) $TSI(SD) = 60 - 14/41 \times Ln [SD]$

رابطه ۴) $TSI (N) = 54/54+14/43 LN(TN)$

رابطه ۵) $TSI = [TSI(P)+TSI(Chl-a)+ TSI(SD)]/3$

SD = عمق شفافیت به متر CHL-a = غلظت کلروفیل-آ به میکروگرم بر لیتر

TP = فسفر کل به میکروگرم بر لیتر TN = نیتروژن کل به میکروگرم بر لیتر

جدول (۲) تقسیم بندی استاندارد شاخص تغذیه گرایی TSI

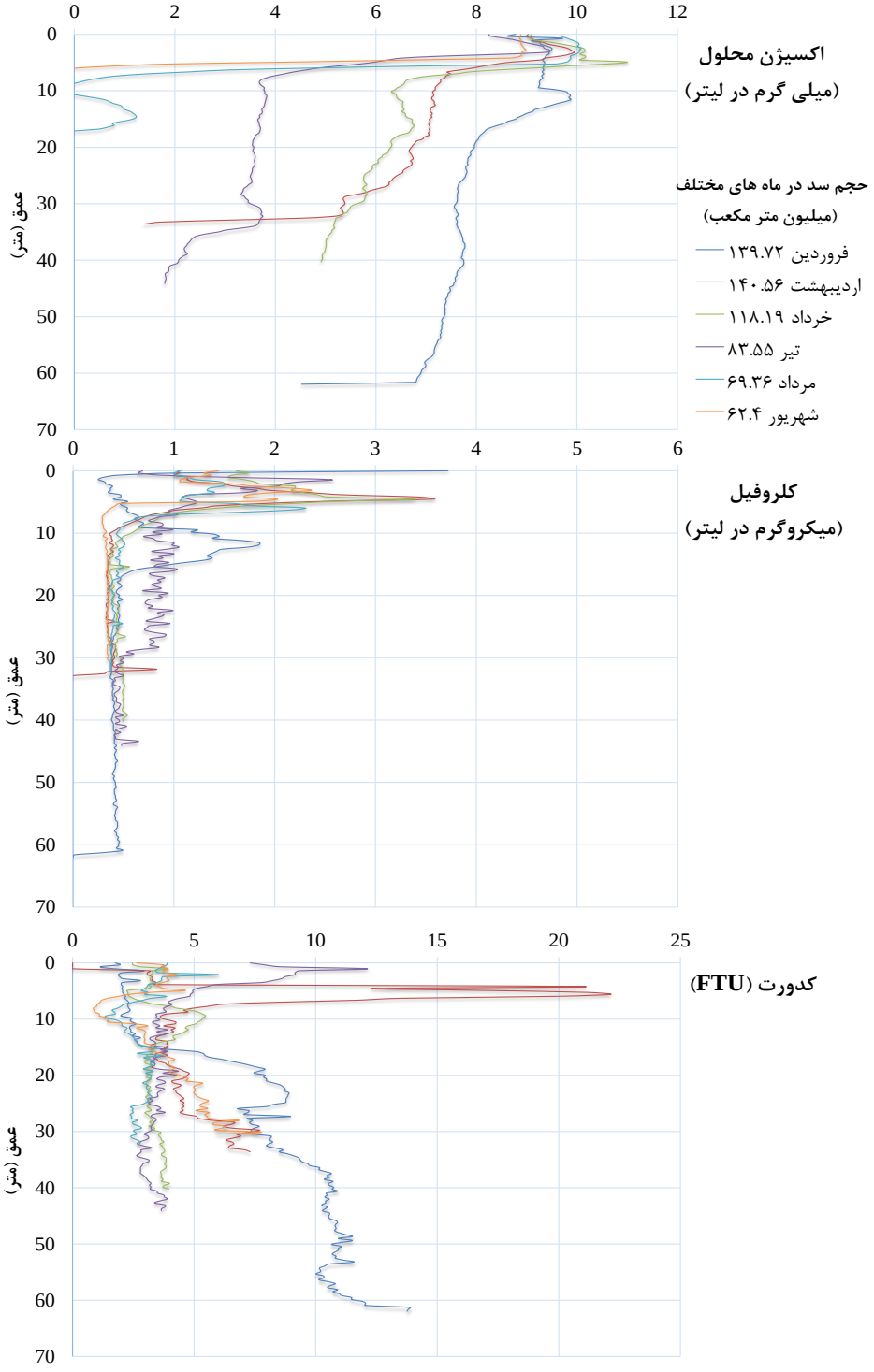
کلاس کیفی آب	مقدار TSI
الیگوتروف	۳۰-۰
مزوتروفیک خفیف	۴۰-۳۰
مزوتروفیک	۵۰-۴۰
مزوتروفیک حاد	۶۰-۵۰
یوتروفیک	۷۰-۶۰
هایپرتروفیک	۸۰-۷۰
هایپرتروفیک حاد	۱۰۰-۸۰

یافته‌های پژوهش

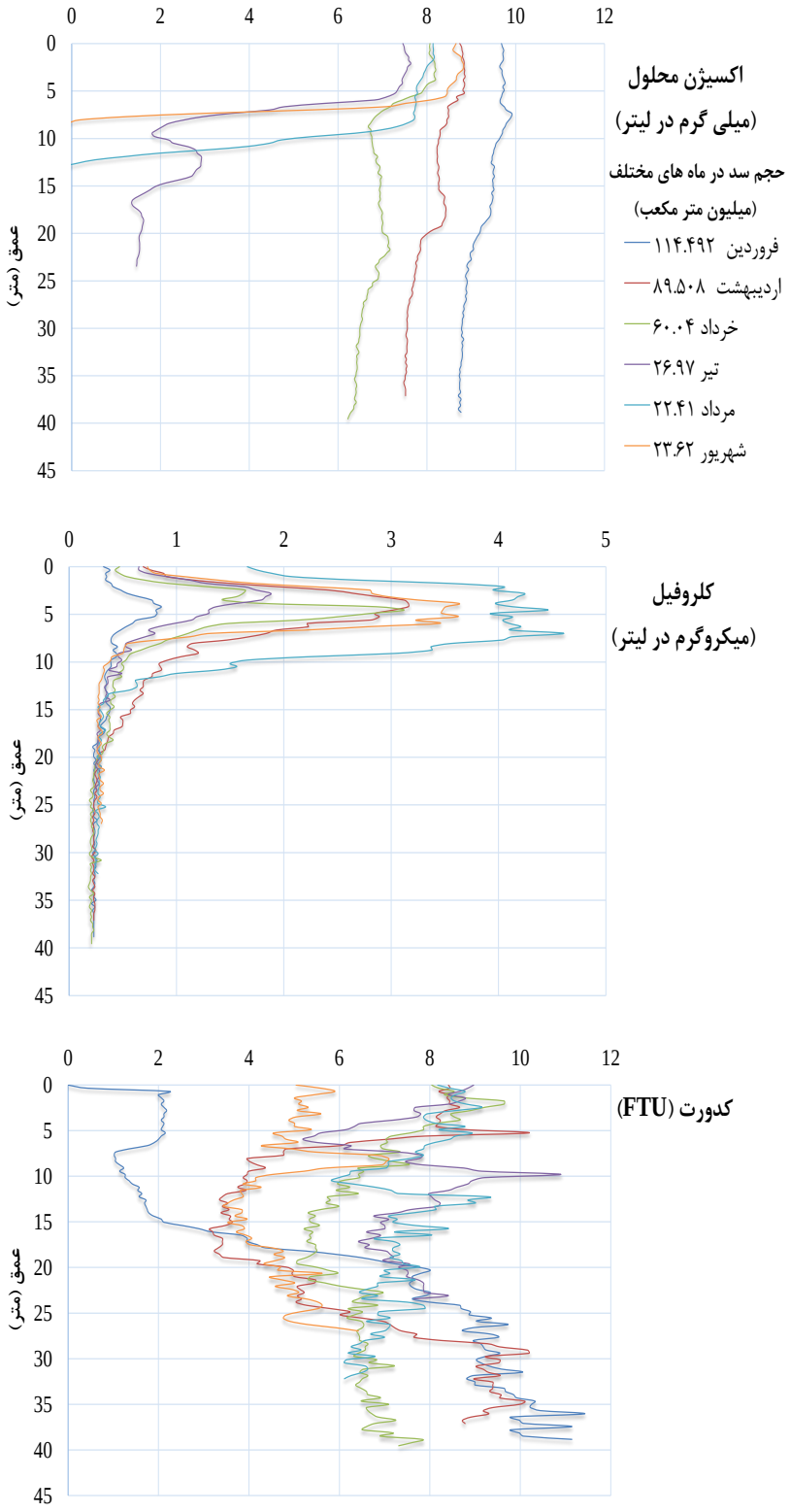
تغییرات شش ماهه شاخص‌های اکسیژن محلول، کلروفیل و کدورت سدهای آب شرب

نتایج مربوط به اکسیژن محلول، مقدار کلروفیل و کدورت آب سد البرز در بازه شش ماهه اول سال ۱۴۰۱ در شکل ۴ نشان داده شده است. داده‌های اندازه‌گیری شده با CTD نشان داد که بهترین شرایط اکسیژن محلول در ماه فروردین با حدود ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در سطح تا حدود ۸ میلی‌گرم در لیتر تا عمق ۶۰ متری با توجه به شرایط بارندگی و بدترین شرایط اکسیژن محلول در ماه‌های مرداد و شهریور دیده شد که در عمق ۷ تا ۱۰ متری اکسیژن محلول به صفر می‌رسد. بیشترین مقدار کلروفیل سد البرز در ماه‌های اردیبهشت و خرداد و در عمق ۵ متری با حدود ۴ میلی‌گرم در لیتر بود که بر اساس شاخص کارلسون در این ماه‌ها سد البرز در سطح یوتروف و تغذیه گرا بود. بیشترین مقدار کدورت در ماه اردیبهشت و در عمق ۵ متری سد البرز با حدود ۲۲ FTU مشاهده شد. در ماه فروردین باتوجه به بارندگی و گردش آب مقدار کدورت تا عمق ۶۰ متری روند افزایش داشت. نتایج مربوط به اکسیژن محلول، مقدار کلروفیل و کدورت آب سد شهید رجایی در بازه شش ماهه اول سال ۱۴۰۱ در شکل ۵ نشان داد که بهترین شرایط اکسیژن محلول در ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد با حدود به ترتیب ۱۰، ۹ و ۸ میلی‌گرم در لیتر در سطح تا عمق ۴۰ متری با توجه به شرایط بارندگی و بدترین شرایط اکسیژن محلول در ماه‌های مرداد و شهریور دیده شد که در عمق ۹ تا ۱۵ متری اکسیژن محلول به صفر رسید. بیشترین مقدار کلروفیل سد شهید رجایی در مرداد با حدود ۵/۴ و سپس در ماه شهریور با حدود ۵/۳ میلی‌گرم در لیتر در عمق ۵ تا ۷ متری مشاهده شد و بر اساس شاخص کارلسون در ماه‌های مرداد و شهریور سد شهیدرجایی در سطح یوتروف بود. کدورت آب سد شهیدرجایی به نسبت سد البرز در ماه‌های مختلف بیشتر بود و تغییرات مشخصی با توجه به شرایط عمق به جز در ماه فروردین مشاهده نشد. همچنین نتایج مربوط به اکسیژن محلول، مقدار کلروفیل و کدورت آب سد میجران در بازه شش ماهه اول سال ۱۴۰۱ در شکل ۶ نشان داد که بهترین شرایط اکسیژن محلول در ماه اردیبهشت و خرداد با حدود ۱۶ میلی‌گرم در لیتر در سطح تا عمق ۱۰ متری با توجه به شرایط بارندگی منطقه و بدترین شرایط اکسیژن محلول در ماه مرداد دیده شد که با وجودی که در سطح، اکسیژن محلول حدود ۱۲ میلی‌گرم در لیتر است اما به طور عجیبی در عمق ۱۱متری اکسیژن محلول به سمت صفر نزول پیدا می‌کند ولی در ماه‌های دیگر بهار و تابستان اکسیژن محلول صفر

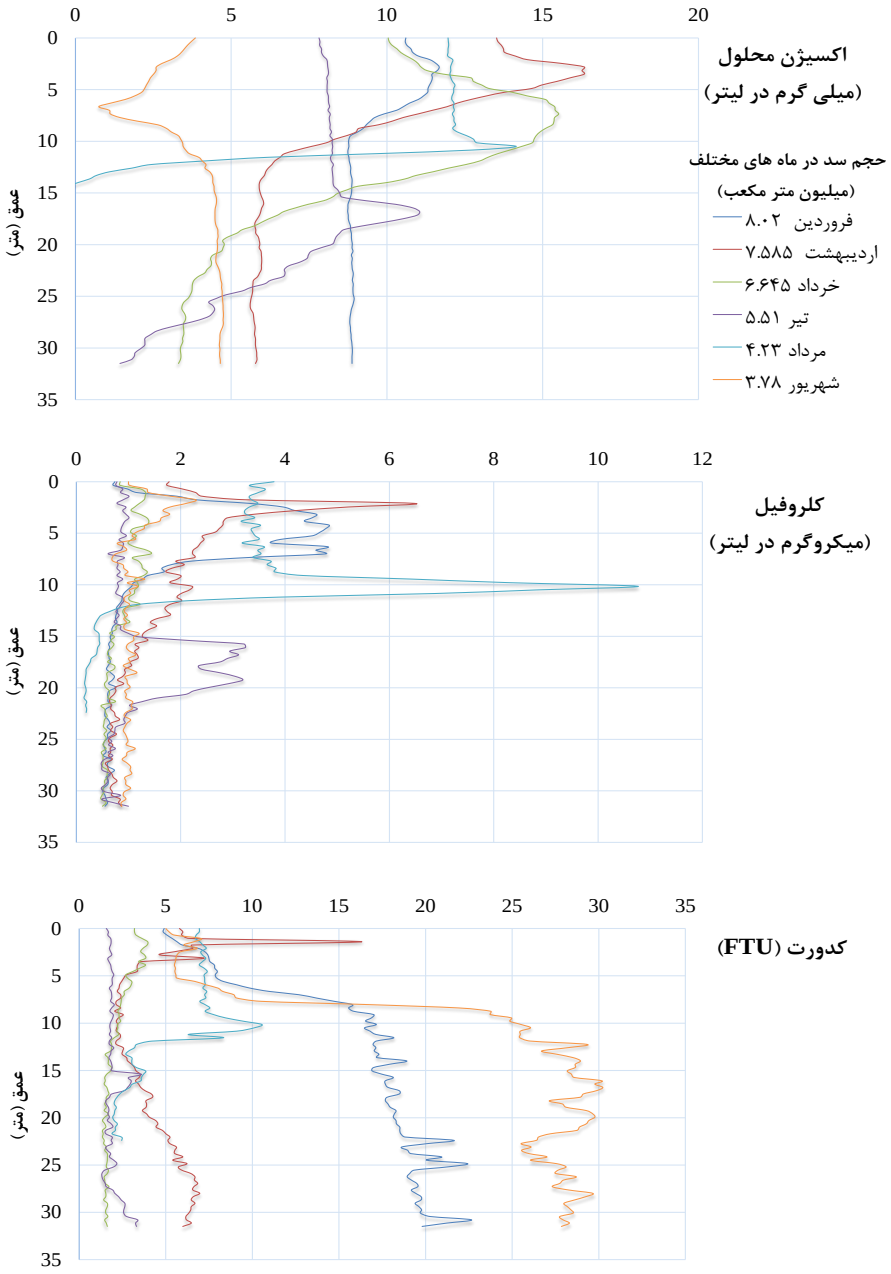
مشاهده نشد. میزان کلروفیل سد میجران به نسبت سدهای دیگر از همه بیشتر بود و بیشترین مقدار کلروفیل در ماه مرداد در عمق ۱۰ متری با حدود ۱۱ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که به علت عمق کم و افزایش مقدار فسفات در این ماه متاسفانه شرایط برای رشد و بلوم جلبک مهیا شده و شرایط آب سد میجران به لحاظ کیفیت شرایط متوسطی دارد. در ماه‌های فروردین و اردیبهشت هم سد میجران در سطح یوتروف بوده است. کدورت سد میجران حدود دوبرابر دو سد دیگر بود به طوری که در ماه شهریور به حدود ۳۰ FTU رسید.



شکل (۴) تغییرات پارامترهای اکسیژن محلول، کلروفیل و کدورت آب سد البرز



شکل(۵) تغییرات پارامترهای اکسیژن محلول، کلروفیل و کدورت آب سد شهیدرجایی



شکل(۶) تغییرات پارامترهای اکسیژن محلول، کلروفیل و کدورت آب سد میجران

تحلیل بررسی‌های نتایج اشکال ۴، ۵ و ۶ نشان داد که اکسیژن محلول در این سدها بسیار با اهمیت است، لذا باید دقت بیشتری بر روی آن انجام شود و توضیحات بیشتری در این مورد ارائه گردد. اکسیژن محلول یکی از معیارهای مهم برای کیفیت آب در نظر گرفته می‌شود، چون شاخص مستقیم توانایی یک منبع آبی برای حمایت از حیات آبی است. در حالی که هر موجود زنده به طور کلی محدوده تحمل اکسیژن محلول خاص خود را دارد، اما سطوح اکسیژن محلول کمتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر نگران کننده هستند و آب‌هایی با سطوح کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر به عنوان آب‌های هیپوکسیک در نظر گرفته شده و معمولا فاقد حیات هستند. در صورتی که مقدار زیادی از مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌های مختلف تجزیه شوند، ممکن است سطح اکسیژن محلول کاهش یابد. با ادامه این فرآیند، میکروارگانیسم‌های موجود در آب، اکسیژن حل شده را مصرف می‌کنند و باعث کاهش سطح آن می‌شوند. سطوح پایین اکسیژن اغلب در

کف ستون آب رخ می‌دهد و بر موجوداتی که در رسوبات زندگی می‌کنند تاثیر می‌گذارد. در برخی از بدنه‌های آبی، سطوح اکسیژن محلول به صورت دوره‌ای، فصلی و حتی به عنوان بخشی از اکولوژی طبیعی روزانه منابع آبی، نوسان می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده، به دلیل اختلاط آب مخزن سد البرز، شهید رجایی و میجران در ابتدای بهار (فروردین و اردیبهشت) مقدار اکسیژن محلول در عمق‌های مختلف به کمتر از چهار میلی‌گرم در لیتر نمی‌رسد و لایه‌بندی حرارتی تشکیل نشده و شرایط دمایی آب در تمامی ترازهای مخزن یکسان و بین ۱۲ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده است. با فرا رسیدن فصل بهار و افزایش دمای آب در لایه‌های سطحی، به تدریج فرآیند لایه‌بندی مخزن شروع شده و تا اواسط تابستان کامل می‌شود، این لایه‌بندی تا اواخر تابستان ادامه دارد. در سد البرز و شهید رجایی در دوره تکمیل شدن لایه‌بندی، حداقل دمای آب در لایه پایینی ۱۲ درجه و حداکثر دما در بالاترین لایه ۲۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. وجود اختلاف دمای بیش از ده درجه سانتی‌گراد بین لایه‌های مختلف، بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها اثر گذاشته و کیفیت آب را در لایه‌های مختلف متفاوت می‌سازد. به عنوان مثال در طی دوره تابستان، رشد جلبک‌ها در تراز بالایی آب به میزان زیادی افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند، رنگ، بو و طعم آب استحصالی از این لایه‌ها را شدیدا تحت تاثیر قرار دهد. لایه‌بندی حرارتی در سد شهیدرجایی و به مقدار کمتر در سد میجران از اواسط بهار به تدریج آغاز شده و تا انتهای فصل تابستان ادامه پیدا نموده است، به طوری که در ماه‌های مرداد و شهریور در سد شهید رجایی و در ماه مرداد در سد میجران مقدار اکسیژن محلول در عمق بیشتر از ۷ متر به صفر نزول پیدا می‌کند. انعکاس لایه‌بندی حرارتی آب مخزن به خوبی در تغییرات دمای آب در خروجی‌های مختلف سدها نمایان است. در فصول گرم سال (بهار و تابستان) با توجه به اختلاف زیاد دمای آب در ترازهای آبگیری و همچنین نبود بارش که سبب اختلاط لایه‌ها شود، انتخاب لایه آبگیر از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌شود. اختلاف دمایی نسبتا زیاد بین ترازهای آبگیری سدها در ماه‌های مختلف به خصوص در ماه‌های تابستان گواه بر این است که شرایط کیفی آب اعماق مختلف مخزن یکنواخت نبوده و برخی از ترازها نسبت به سایر ترازها از کیفیت بهتری برخوردارند. از نظر پارامتر حرارتی، در فصول بهار و تابستان، آب پایین‌ترین لایه بهترین شرایط را بین ترازهای آبگیر دارا است اما به دلیل وجود رسوبات در کف مخزن و نیز احتمال تجزیه مواد آلی در شرایط بی هوازی، کیفیت آب در پایین‌ترین تراز ممکن است از نظر رنگ، طعم و بو نامناسب باشد.

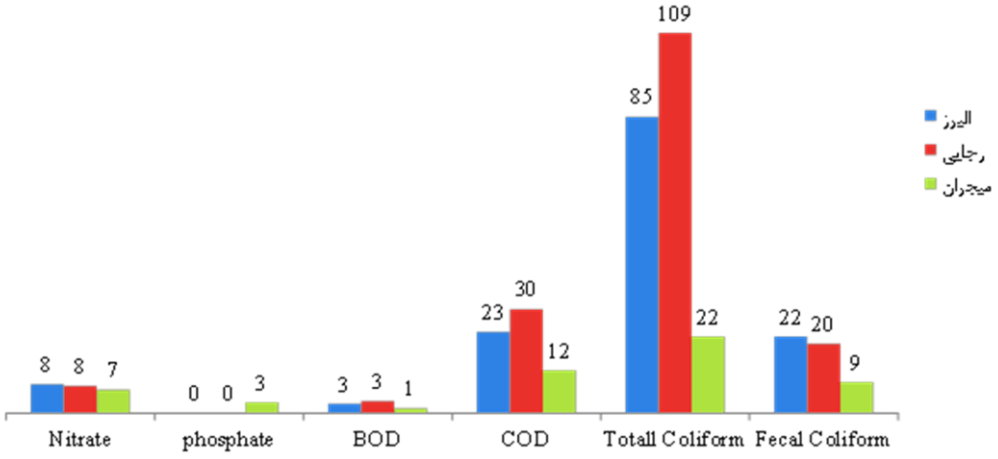
تغییرات میزان نیترات، فسفات، میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی سدهای آب شرب

شاخص‌های نیترات و فسفات کل، میزان BOD و COD، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی سدهای آب شرب در تیرماه نشان داد که بیشترین مقدار فسفات در سد میجران نسبت به سدهای البرز و شهیدرجایی بود. از طرف دیگر با توجه به آلودگی بیشتر سدهای البرز و شهیدرجایی نسبت به سد میجران میزان اکسیژن خواهی زیستی و شیمیایی سدهای البرز و شهیدرجایی به ترتیب حدود ۲ و ۲/۵ برابر بیشتر از سد میجران می‌باشد. همچنین میزان کلیفرم مدفوعی سدهای البرز و میجران حدود دو برابر از سد میجران بیشتر است. شکل ۷ تفاوت محتوای نیترات کل، فسفات کل، میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در سدهای آب شرب البرز، شهید رجایی و میجران را در ماه تیر نشان داد.

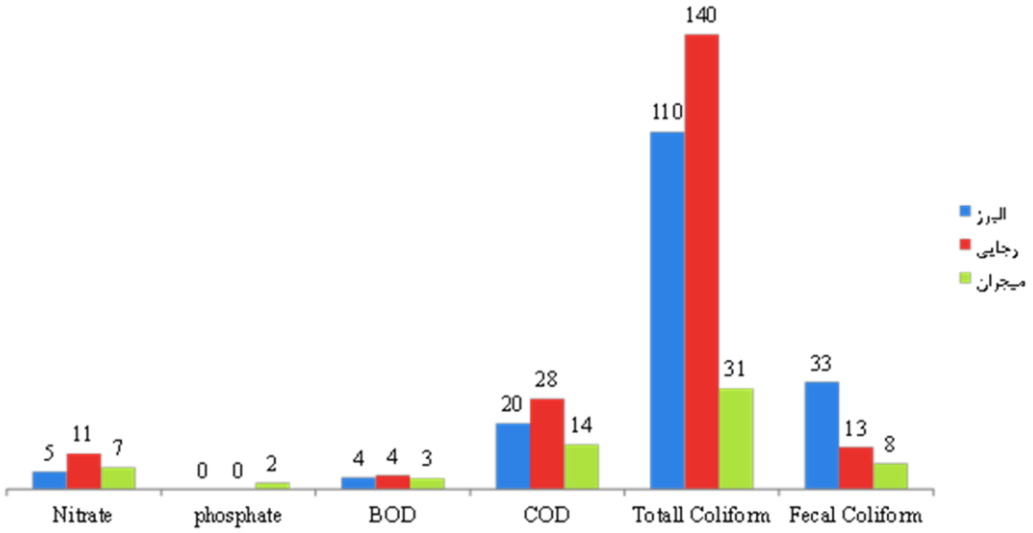
تغییرات غلظت نیترات در مردادماه نشان داد که سد شهیدرجایی بیشترین مقدار نیترات را نسبت سدهای دیگر داشت. این در حالی بود که به مانند ماه تیر، مقدار فسفات سد میجران در مردادماه نیز بیشتر از سدهای البرز و شهیدرجایی بود. میزان اکسیژن خواهی سدهای آب شرب در مردادماه بیشتر از ماه تیر بود. شکل ۸، تفاوت محتوای نیترات کل، فسفات کل، میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی درسدهای آب شرب البرز، شهید رجایی و میجران را در ماه مرداد نشان می‌دهد. همچنین مقدار کلیفرم کل نیز در سدها افزایش پیدا کرده است که در این بین، سد شهیدرجایی با ۱۴۰ MPN/100 ml بالاترین میزان کلیفرم کل را نشان داد، اما میزان کلیفرم مدفوعی سد البرز با ۳۳ MPN/100 ml نسبت به سدهای دیگر تفاوت بسیار محسوسی نشان داد که بالاتر از حد استاندارد ۲۰ MPN/100 ml می‌باشد. علیرغم پایین آمدن مقدار کلیفرم کل در شهریورماه در سه سد اما مقدار

کلیفرم مدفوعی در سد البرز حدود ۳۵ MPN/100 ml به ترتیب در حدود ۲ و ۳ برابر سدهای شهید رجایی و البرز بود. شکل ۹، تفاوت محتوای نیترات کل، فسفات کل، میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی درسدهای آب شرب البرز، شهید رجایی و میجران را در ماه شهریور نشان می‌دهد.

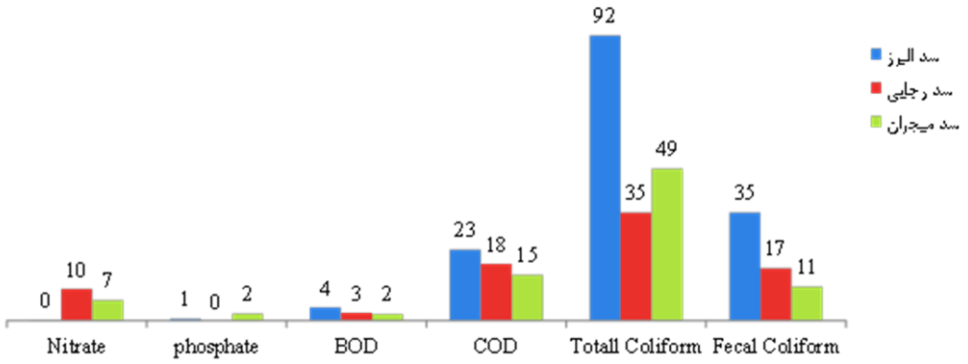
نمونه‌برداری در سد شهیدرجایی در سال ۱۳۹۱ و در فصول بهار، پاییز و زمستان به صورت فصلی و در فصل تابستان به علت افزایش احتمال وقوع شکوفایی جلبکی به صورت ماهانه صورت گرفت (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱). نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص تروفیکی کارلسون در مخزن سد شهید رجایی از خرداد تا مرداد، روند افزایشی نشان داد و پس از آن تا بهمن کاهش یافت. در مجموع سطح تروفیکی در خرداد و مرداد به ترتیب اولیگوتروف و یوتروف برآورد شد و در سایر ماه‌ها مزوتروف بوده است. بررسی نشان داد که در مرداد ماه حداکثر دمای هوا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و به دلیل تقارن با دوره کشاورزی، افزایش ورود کودها به جریانات رودخانه‌ای منتهی به سد صورت گرفت.



شکل(۷) تفاوت محتوای نیترات کل، فسفات کل، میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در سدهای آب شرب در ماه تیر



شکل(۸) تفاوت محتوای نیترات کل، فسفات کل، میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در سدهای آب شرب در ماه مرداد



شکل (۹) تفاوت محتوای نیترات کل، فسفات کل، میزان اکسیژن خواهی بیولوژیکی، میزان اکسیژن خواهی شیمیایی، کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی در سدهای آب شرب در ماه شهریور

شناسایی گیاهان مهاجم در دریاچه سدهای مورد مطالعه

در حال حاضر یکی از مهمترین زیست‌توده مشکل‌زا در این بخش گیاهان آبزی مهاجم است که چندسالی است به داخل مخزن سدهای آب شرب وارد شده است. مطالعات اولیه گیاهان آبزی مهاجم دریاچه سدها به خصوص در سد میجران دو گیاه هیدریلا و گوشاب شناور را به عنوان گیاه مهاجم آبزی نشان داده است. البته در ورودی سد البرز نیز گیاه هیدریلا در ماه مرداد دیده شد. گیاه هیدریلا با نام علمی *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle، یک ماکروفیت آبزی جهان وطنی از تیره Hydrocharitaceae که زادگاه آن شامل استرالیا و بسیاری از جزایر اقیانوس آرام است که جمعیت‌های طبیعی آن اکنون در کشورهای زیادی در سراسر آسیا، اروپا و آفریقا وجود دارد. هیدریلا گیاه آکواریومی است که می‌تواند در منابع آبی الیگوتروف تا تغذیه‌گرا رشد کند. این گیاه می‌تواند عناصر غذایی را از اکوسیستم آبی جذب نماید و آنها را برای مواقع ضروری آتی ذخیره سازد.

گوشاب شناور یا روغن‌واش با نام علمی *Potamogeton crispus* از تیره Potamogetonaceae از جمله گیاهان آبزی چندساله بومی اوراسیا و شمال آفریقاست که دارای ۹۰-۷۵ گونه در سراسر جهان است. گیاه گوشاب شناور گیاهان علفی، چندساله، ریزوم دار و آبزی غرقاب، بدون غده با برگ‌های شناور است که در آب‌های شیرین تا لب شور مانند دریاچه‌های کم عمق، رودخانه‌های کم جریان، جویبارها، کانال‌ها، برکه‌های آب شیرین، اراضی آبگیر حاصل از زهکش و شالیزارهای غرقابی برخوردار از بسترهای حاوی آهک به خوبی رشد می‌کند. این گیاه حتی در آب‌های صاف، فقیر از عناصر غذایی غیر آلوده، اکوسیستم‌های آبی غنی یوتروف و آب‌های مملو از گل و لای استقرار می‌یابد.

بحث و نتیجه گیری

یکی از جنبه‌های مهم پیش‌بینی اثرات محیط زیستی احداث یک سد، پیش‌بینی کیفیت آب مخزن با گذشت زمان و مدیریت برداشت از آن در طول مدت بهره‌برداری است. به طور کلی، احداث سد با توجه به شرایط منطقه و مشخصات فیزیکی مخزن، باعث ایجاد تغییر در کیفیت آب آن و رودخانه پایین‌دست سد می‌شود. بروز فرآیندهایی نظیر لایه‌بندی حرارتی، تجمع شوری (ناشی از آب ورودی و بالا رفتن زمان ماند در مخزن سد) و تغذیه‌گرایی در مخازن از جمله مسائلی است که موجب افت شدید کیفیت آب، و عدم تأمین حد مطلوب کیفیت آب در مصارف مختلف می‌گردد. از آنجا که یکی از اهداف عمده احداث سدها تأمین آب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت بوده است، کاهش کیفیت آب نارضایتی مصرف کنندگان و افزایش هزینه‌های تصفیه را به همراه خواهد داشت. با توجه به لایه‌بندی آب در دریاچه‌ها و مخازن سدها و تاثیر این لایه‌بندی بر خصوصیات آب استحصالی از این منابع، مطالعات گوناگونی تا به حال در جهت بررسی و پیش بینی تغییرات پارامترهای کیفی آب این گونه منابع در فصول مختلف سال انجام گرفته است. وجود لایه‌بندی حرارتی نسبتا پایدار

باعث می‌شود که خصوصیات کیفی آب (مانند رنگ، بو، طعم و ...) در لایه‌های مختلف مخزن بسیار متفاوت باشد. بر اساس نتایج، به دلیل وجود شرایط دمایی بالا و اختلاف دمای ده درجه ای لایه‌های بالا و پایین مخزن سدها، باعث تشکیل لایه‌بندی حرارتی در ماه‌های مرداد و شهریور شده است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که اعمال مدیریت کیفی آب مخزن سد میجران در فصل تابستان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این فصل آبگیری از دریچه‌های تراز ده متر کیفیت بهتری نسبت دریچه‌های پایین تر خواهد داشت. در این دوره آبگیری از بالاترین تراز به دلیل رشد جلبکی زیاد و از پایین ترین تراز به دلیل تجمع رسوبات و ایجاد شرایط بی هوازی توصیه نمی شود. وجود جامدات معلق نه تنها باعث ایجاد جلوه ظاهری نامناسبی می‌گردد، بلکه در ایجاد اکسیژن‌خواهی و شرایط باکتریایی بالا نقش عمده‌ای دارد. حضور مواد جامد محلول در منابع طبیعی آب می‌تواند مشکلات جدی در کیفیت آب ایجاد کند. برخی از مواد شیمیایی محلول می‌توانند سمی بوده و اجزای آن‌ها سرطان‌زا باشند. pH آب، حضور گیاهان و جمعیت میکروارگانیسم‌ها از دیگر عواملی هستند که می‌توانند بر شرایط کیفی سدها موثر باشند. با توجه ایجاد لایه بندی حرارتی در ماه‌های گرم سال به خصوص در سدهای البرز و شهیدرجایی ایجاد تونل‌های هوادهی در این دو سد توصیه می‌شود. باتوجه به اینکه حاشیه سدها بستری بر گردش و تفریح مسافران می‌باشد و از طرف دیگر در روزهای تعطیل ماه‌های مرداد و شهریور تابستان تعداد زیادی از گردشگران روستاهای کناره سد را به عنوان مقصد گردشگری انتخاب می‌کنند. انتخاب روش‌های مناسب فرهنگی جهت توصیه به مسافران و دفع صحیح فضولات انسانی، ایجاد چاه‌های سپتیک، بهسازی مسیرهای رودخانه‌های تغذیه کننده سدها و لایروبی بستر رودخانه‌های ورودی توصیه می‌شود. گیاهان چند ساله آبزی و بر آمده از آب درصد بالایی از گونه‌ها را در اکوسیستم‌های آبی شامل می‌شوند. این امر نشانگر سازگاری بهتر این شکل زیستی در محیط آبی است. در میان گیاهان حاشیه‌ای و برآمده از آب این مناطق نیز بسته به میزان وابستگی گونه‌ها به محیط آبی، انواع چند ساله در نقاط نزدیک به آب بیشتر بوده و به تدریج با دوری از مناطق تحت تاثیر مستقیم آب و کاهش رطوبت بستر، انواع یکساله افزایش می‌یابند. ورود گیاهان آبزی مهاجم به بسترهای آبی بسته یکی از معضلات بزرگی است که گریبانگیر بسیاری از کشورها شده است. دو گیاه هیدریلا و گوشاب شناور به عنوان گیاه مهاجم شناسایی شد. *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle، یک ماکروفیت آبزی جهان وطنی از تیره Hydrocharitaceae که زادگاه آن شامل استرالیا و بسیاری از جزایر اقیانوس آرام است که جمعیت‌های طبیعی آن اکنون در کشورهای زیادی در سراسر آسیا، اروپا و آفریقا وجود دارد (Buckingham GR, Bennett, 1998). این گیاه به عنوان گیاه آکواریومی در ایالات متحده معرفی شد اما بعد از مدتی وارد آب‌های طبیعی کشورهای مختلف شد و اکنون به عنوان یک علف هرز جدی شناخته می‌شود. کنترل علف هرز هیدریلا برای جلوگیری از کاهش گیاهان بومی ضروری است و در بیشتر ایالات‌های آمریکا، داشتن و یا حمل این گونه غیرقانونی است. این گیاه به سرعت رشد می‌کند، به راحتی گسترش می‌یابد و در رقابت با گیاهان بومی کاملا موفق است. این گیاه علاوه بر بذر با تکه تکه شدن نیز گسترش می‌یابد و هر قسمت کوچکی از گیاه توانایی تبدیل شدن به گیاه دیگر را دارد و در مناطق دارای تفریحات آبی، گیاهان به طور مداوم پس از تکه تکه شدن افزایش بسیار زیادی می‌یابد. در ابتدا گیاه هیدریلا به عنوان زیستگاه ماهی‌ها و حیوانات و رونق ماهی‌گیری، مثبت در نظر گرفته شد اما با گذشت زمان و کاهش سطح اکسیژن آب معضل بسیار زیادی را در محیط‌های رویش خود ایجاد کرد (Bianchini et al. 2010). در تحقیقی بررسی‌های کنترل بیولوژیکی آن با شپشک‌ها، مگس‌های گیاهی Ephydridae و پروانه‌های گیاهی Crambidae، بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ در هفت کشور چین، کشورهای جنوب شرقی آسیا و استرالیا بر روی ۴۲۵ جمعیت هیدریلا انجام شده است که نتایج مناسبی در بر نداشت (Purcell et al., 2019). Sousa و همکاران ۲۰۱۰، بر روی توزیع و فراوانی دو گیاه بومی *Egeria najas* و مهاجم *Hydrilla verticillata* که در بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ وارد رودخانه Parana برزیل شده بود، نشان دادند که در حالی که حداکثر زی‌توده *E. najas*، ۳۳۳ گرم وزن خشک در متر مربع و مقدار وزن *H. verticillata* حدود ۱۴۱۵ گرم وزن خشک در مترمربع بود و این مقدار در دوره کم‌آبی با تبخیر و دمای بالای آب به اوج خود رسید. پس از یک دوره سیل *E. najas* و *H. verticillata* عملاً هم‌زمان تولید احیای خود را آغاز کردند، اما *H. verticillata* دارای نرخ افزایش زیست توده بسیار بالاتری بود. گیاه گوشاب شناور یا روغن‌واش با نام علمی *Potamogeton* sp. از جمله گیاهان علفی، چندساله، ریزوم‌دار و آبزی غرقاب، بدون غده با برگ‌های شناور است که در آب‌های شیرین تا لب شور به خوبی رشد می‌کند. دریاچه کریستال در ایالت

کنتیکت آمریکا در سال ۲۰۰۹ مورد تهاجم وسیع گیاه آبزی گوشاب قرار گرفت. این گیاه آبزی مهاجم می‌تواند بقاء گونه‌های گیاهان آبزی بومی را به مخاطره اندازد. این گونه در ماه‌های اردیبهشت تا خرداد به شدت رشد می‌کند و به تولید جوانه‌های انتهایی متراکم می‌پردازد و سپس سریعاً ناپدید می‌گردد. در آزمایشی، کاربرد علفکش دایکوآت دی بروماید با نام تجاری ریوارد در ماه فروردین و قبل از افزایش رشد گیاه انجام پذیرفت تا از تولید توریون‌ها جلوگیری شود. ریوارد علف‌کشی تماسی و دارای بقایایی با تأثیرات کم دوام در محیط زیست است. علاوه بر استفاده از سم ریوارد لایه‌ای جداکننده از نوع تجاری از سطح تا کف دریاچه در اطراف محوطه رشد گوشاب‌ها قبل از تیمار ایجاد شد. نتایج نشان دادند که کاربرد زودهنگام علفکش ریوارد در ماه فروردین بر علیه گوشاب مهاجم در دریاچه کریستال باعث کنترل گیاه در همان سال شد امّا تأثیرات مثبتی در سال بعد نداشت. کاربرد متوالی علفکش ریوارد طی چندین سال در صورتی که تعداد توریون‌های بستر دریاچه کاهش پیدا کنند، به کنترل بادوام‌تری منجر خواهد شد (Asaeda and Pham, 2001). استفاده مداوم از لایه‌های جداکننده تقریباً غیر عملی بود و فقط در تیمارهای شیمیایی اوایل فصل رشد توانست اندکی از گونه‌های گیاهان آبزی بومی محافظت نماید. در صورت عدم استفاده از شیوه کنترل شیمیایی می‌توان از حذف مکانیکی سود جُست. همچنین از جمعیت گیاهان بومی در طی دورهٔ تیمار شیمیایی به میزان اندکی کاسته شد و این گیاهان بومی در سال‌های بعد به خوبی تجدید و ترمیم شدند.

به طور کلی داده‌های این پژوهش نشان داد که سد میجران با توجه به شرایط محیطی نسبت به دو سد دیگر در وضعیت تغذیه‌گرایی یوتروف قرار داشت. به علت لایه‌بندی حرارتی ایجاد شده در ماه مرداد و شهریور میزان اکسیژن محلول و به دنبال آن کیفیت آب سدها به شدت کاهش یافت و باتوجه به آلودگی سدهای البرز و شهیدرجایی در ماه‌های گرم سال به علت تبخیر ورود آلایندهای فاضلابی مسافران و وجود دام در بالادست این سدها مقدار کلیفرم مدفوعی و بار میکروبی این سدها به شدت افزایش و میزان اکسیژن‌خواهی زیستی و شیمیایی به حدود ۳ برابر حد مجاز رسید. از طرف دیگر وجود پرندگانی مانند باکلان که قابلیت مهاجرت و شب مانی‌در حاشیه سدها به خصوص سد میجران را دارند، گیاهان آبزی هیدریلا و گوشاب شناور به عنوان اصلی ترین گیاهان مهاجم وارد سدها شده است که می‌تواند خطرات بالقوه‌ای را در تغییرات کیفیت و وضعیت تغذیه‌گرایی این سدها ایجاد کند. اختلاط آب سدها، هوادهی در فصول گرم سال و تغییر محل زیست پرندگان شب مان در کنار سد می‌تواند از اصلی‌ترین راهکارهای افزایش کیفیت آب سدها باشد.

تشکر و قدردانی

این طرح با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در طرح کاربردی با کد ۱۱-۱۴۰۱-۰۳ و همچنین مساعدت‌های مادی و معنوی شرکت آب‌منطقه‌ای مازندران انجام شد.

منابع

توحیدی، ح. ر. ۱۳۷۷ . تحقیق در رابطه با عوامل موثر در تغییرات کیفی آب مخزن سد طرق و ارائه روشهای بهینه کردن آب دریاچه . کمیته تحقیقات کاربردی شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی (وزارت نیرو).

شرکت مدیریت منابع آب ایران،۱۳۹۱ .تغذیه گرایی مخازن سدها و راهکارهای مقابله. بخش محیط زیست و کیفیت منابع آب، وزارت نیرو، تهران. صفحه ۹.

فلاح، مریم، پیرعلی زفره یی، احمدرضا، و ابراهیمی درچه، عیسی. (۱۳۹۷). ارزیابی وضعیت تروفی تالاب بین المللی انزلی با استفاده از شاخص کارلسون (TSI). مجله پژوهش آب ایران، ۱۲(۱ (پیاپی ۲۸))، ۲۱-۲۹. SID. https://sid.ir/paper/159823/fa

گل محمدی، آ و شریعتی، ف. ۱۳۹۵. بررسی تروفی تالاب امیرکلایه در استان گیلان با استفاده از شاخص TSI. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب. ۸(۳): ۶۳-۷۲.

شکوهی، ع و مدبری، ه. (۱۳۹۷). ارزیابی و مقایسه حساسیت مدل‌های NSFWQI و IRWQI نسبت به پارامترهای کیفی. مجله تحقیقات منابع آب.

ملکی پ، پاتیمار ر، جعفریان ح، ماهینی ع‌س، قربانی ر، قلی‌زاده م، هرسیج م (۲۰۲۲). ارزیابی وضعیت اوتروفی خلیج گرگان با شاخص کارلسون (CTSI). مجله علمی شیلات ایران، ۳۱(۲)، ۱۱۹-۱۲۸.

وحیدی ف، موسوی ندوشن ر، فاطمی س‌م‌ر، جمیلی ش، خم خاجی ن (۱۳۹۵). تعیین وضعیت تروفی دریاچه ولشت با تکیه بر شاخص تروفی TSI ، علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۸(۲): ۴۴۵-۴۵۳.

Asaeda T, Pham HS, Nimal Priyantha DG, Manatunge J, and Hocking GC (2001) Control of algal blooms in reservoirs with a curtain: a numerical analysis. Ecological Engineering.16(3):395-404.

Bianchini I, Cunha-Santino MBD, Milan JAM, Rodrigues CJ and Dias JHP (2010) Growth of *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle under controlled conditions. Hydrobiologia, 644(1), pp.301-312.

Buckingham GR and Bennett CA (1998) Host range studies with *Bagous affinis* (Coleoptera: Curculionidae), an Indian weevil that feeds on Hydrilla tubers. Environmental Entomology, 27(2), pp.469-479.

Carlson RE (1977) A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography, 22(2):361–369.

Deus R, Brito D, Mateus M, Kenov I, Fornaro A, Neves R, Alves CN (2013) Impact evaluation of a pisciculture in the Tucurui reservoir (Para, Brazil) using a two-dimensional water quality model. Journal of Hydrology, 2013, 487: 1–12.

Ding S, Chen M, Gong M, Fan X, Qin B, Xu H, Gao S, Jin Z, Tsang DCW, Zhang C (2018) Internal phosphorus loading from sediments causes seasonal nitrogen limitation for harmful algal blooms. Science of The Total Environment 625(1):872–884.

Fabiano DS, Altair BM, Marcia CB, Sonia MNG, Maria JSY (2008) Water quality index as a simple indicator of aquaculture efects on aquatic bodies. Ecological Indicators, 8: 476-484.

Purcell M, Harms N, Grodowitz M, Zhang J, Ding J, Wheeler G, Zonneveld R. and de Chenon RD (2019) Exploration for candidate biological control agents of the submerged aquatic weed *Hydrilla verticillata*, in Asia and Australia 1996–2013. BioControl, 64(3), pp.233-247.

Samantray P, Mishra B K, Panda C R. and Rout SP (2009) Assessment of water quality index in mahanadi and atharabanki rivers and taldanda canal in paradip area, India. Journal of Human Ecology, 26(3): 153-161

Sousa WTZ, Thomaz SM and Murphy KJ (2010). Response of native *Egeria najas* Planch. and invasive *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle to altered hydroecological regime in a subtropical river. Aquatic Botany, 92(1), pp.40-48

Strobl RO, Robillard PD (2008) Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: a review. Journal of Environmental Management 87(4):639–64.

WQRRSR (2009). Guidelines for water quality studies of large dam reservoirs, No. 313a