مطالعه جوامع زئوپلانکتونی و بررسی رابطه آن با پارامترهای غیرزیستی آب دریاچه سد کارون ۴

- **سیدعبدالمجید موسوی***: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **ابوالقاسم کمالی**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **مهدی سلطانی**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **مهدی شمسایی**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۳

چکیده

این مطالعه در دریاچه سد کارون چهار واقع در استان چهارمحال و بختیاری به‌مدت ۱ سال از اسفند ۹۰ تا بهمن ۹۱ صورت گرفت. در این پژوهش سه ایستگاه درنظر گرفته شد، یک ایستگاه در نزدیکی تاج سد و دو ایستگاه در سرشاخه‌های ورودی دریاچه درورودخانه‌های ارمند و بازفت. برخی پارامترهای کیفی آب و هم‌چنین پارامترهای زیستی مانند شناسایی و شمارش زئوپلانکتون‌ها و میزان کلرفیل a مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس بررسی‌های صورت گرفته، چهار گروه زئوپلانکتونی در منطقه مورد مطالعه، شناسایی گردید. که شامل پروتوزوآ (Protozoa)، گردان‌تنان (Rotifera)، کلادوسرا (Cladocera) و پاروپایان (Copepoda) بودند. در این میان روتیفرا با ۲۷ گونه دارای بالاترین تنوع بین گروه‌های شناسایی شده بود. پس آن پاروپایان با ۷، کلادوسرا با ۵ و پروتوزوآ با ٤ گونه بیش‌ترین تنوع گونه‌ای را به‌خود اختصاص دادند. در مقایسه بین فصول مختلف از نظر تنوع، از مجموع ٤٣ گونه شناسایی شده، تابستان با ٣٦ گونه بالاترین تنوع گونه‌ای را دارا بود. پاییز با ۳۵، بهار با ۳۲ و زمستان با ۲۵ گونه در مراحل بعد از نظر تنوع گونه‌ای قرار داشتند. در میان گروه‌های زئوپلانکتونی به‌جز کوپه‌پودا بقیه در فصل زمستان فراوانی بسیار کمی داشتند. نرخ غلظت کلرفیل a، میزان پارامترهایی مانند فسفر و گونه‌های شناسایی شده زئوپلانکتونی نشان‌دهنده غالبیت شرایط الیگوتروفی در دریاچه مورد مطالعه بود. براساس نتایج به‌دست آمده تمامی شاخه‌های زئوپلانکتونی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با پارامترهایی مانند دما، و کلرفیل a بودند ($P<0/01$). از طرفی فراوانی زئوپلانکتون‌ها با اکسیژن محلول همبستگی منفی غیرمعنی‌داری را نشان داد ($P>0/05$).

کلمات کلیدی: گردان‌تنان، پاروپایان، کارون ۴، اکسیژن محلول

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: sm_mousavi792000@yahoo.com

مقدمه

جمعیت زئوپلانکتونی ساکن آب‌های شیرین اجتماع کاملاً متنوعی از موجودات را تشکیل می‌دهند. این موجودات بیش‌تر جزئی از شاخه بی‌مهرگان هستند، اما عمده‌ترین زئوپلانکتون شامل روتیفرها، کلاوسرها، کوپه‌پودها و اوستراکودا هستند، هم‌چنین توزیع و تنوع آن‌ها تحت تأثیر تغییرات فصلی، شرایط فیزیکوشیمیایی و فاکتورهای زیستی (مواد غذایی و فشار شکارگری می‌باشد (Harikrishnan و Abdul Azis، ۱۹۸۹؛ Egborge، ۱۹۷۲؛ Edmonson، ۱۹۶۵). زئوپلانکتون‌ها به‌عنوان منبع غذایی مهمی برای بسیاری از موجودات آبزی مطرح هستند. این موجودات شامل پروتوزوآها، کلادوسرا، کوپه‌پودا، روتیفرا و لارو ماهی می‌باشد که اغلب به‌عنوان شاخص نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. زئوپلانکتون‌ها در محیط‌های مختلف که از نظر فاکتورهایی چون وجود نور، دما و سطوح غذایی متفاوتند زندگی می‌کنند. ترکیب گونه‌ای و فراوانی زئوپلانکتون وابسته به عوامل مختلفی چون شرایط فیزیکوشیمیایی آب، فصل، مورفولوژی دریاچه، حضور ماکروفیت‌ها و جلبک‌ها، وجود شکارگرها و غیره می‌باشد (Florin، ۱۹۵۷). تغییرات فاکتورهای زیستی و غیرزیستی عواملی هستند که در توزیع گونه‌ها مؤثرند. فاکتورهای غیرزیستی مؤثر بر این توزیع، دما، اکسیژن محلول، نور و... می‌باشند. تأثیر این فاکتورها را می‌توان با اندازه‌گیری آن‌ها و بررسی تراکم گونه‌های زئوپلانکتونی مورد ارزیابی قرار داد (Makarewicz، ۱۹۸۴).

سد مخزنی کارون ۴ در جنوب‌غرب ایران و بر روی رودخانه کارون، بلافاصله در بالادست تقاطع رودخانه‌های منج و کارون و در فاصله ۶۷۰ کیلومتری از مصب رودخانه واقع شده است. تراز بستر رودخانه ۸۴۰ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد بوده و عرض آن در ساختگاه سد حدود ۳۰ تا ۶۰ متر می‌باشد. هم‌چنین عمق رسوبات در کف رودخانه در محل طرح در حدود ۳۰ متر است. شکل نامتقارن با شیب عمومی‌تندتر در جناح چپ بوده و عرض دره در تراز ۱۰۳۲+۷ دره ساختگاه سد، یک دره (تراز تاج سد) در حدود ۳۵۰ متر است، بر این اساس نسبت عرض به ارتفاع دره ۱ به ۸ به‌دست آمده است. ساختگاه سد کارون ۴ در مرز استان‌های چهار محال و بختیاری و خوزستان واقع شده و فاصله آن تا شهرکرد ۱۸۵ کیلومتر (جنوب‌غربی شهرکرد) و تا شهر لردگان ۳۵ کیلومتر (غرب-جنوب‌غربی شهر لردگان) می‌باشد. این سد توسط دو رودخانه ارمند و بازفت تغذیه شده و متوسط دبی سالانه رودخانه‌ها ۱۰۰۰۰۰۰×۴/۴۹۲۷ متر مکعب بوده و دمای حداقل اقلیم محل سد برابر ۸ درجه سانتی گراد و دمای حداکثر در محل سد برابر ۳۲/۴ درجه سانتی‌گراد برآورد می‌گردد.

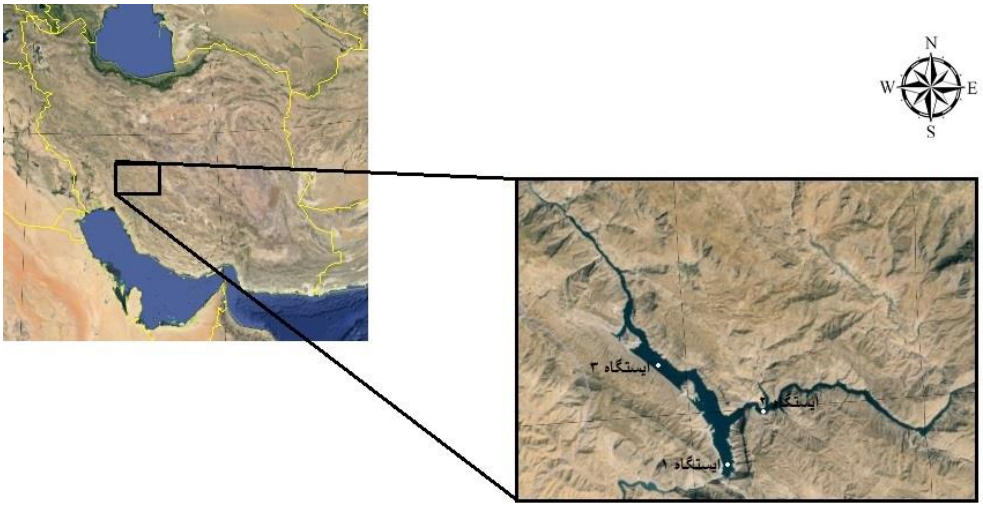
با توجه به این‌که تاکنون مطالعات مربوط به بررسی جوامع پلانکتونی بر روی این دریاچه صورت نگرفته، نتایج به‌دست آمده می‌تواند از منظر زیست‌محیطی بسیار قابل توجه باشد. ازاین‌رو با توجه به تغییرات شدیدی که در اکوسیستم رودخانه کارون صورت گرفته و دریاچه‌ای با حجم مخزن حدود ۲/۵ میلیارد مترمکعب ایجاد می‌گردد، قطعاً تغییراتی نیز در جوامع آبزیان این منطقه مشاهده خواهد شد. چراکه عملاً اکوسیستمی جدید با خصوصیاتی متفاوت در محل ایجاد شده است. از طرفی ترکیب جمعیت پلانکتونی می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای تغییرات خصوصیات کیفی آب مورد مطالعه قرار گیرد. چراکه تغییرات این خصوصیات می‌تواند باعث ظهور گونه‌های جدید و انقراض برخی گونه‌ها یا تغییر در تراکم آن‌ها گردد. با توجه به این‌که تاکنون مطالعاتی مربوط به بررسی جوامع پلانکتونی برروی دریاچه سد کارون ۴ صورت نگرفته است، تحقیق حاضر، با هدف مطالعه جوامع زئوپلانکتونی دریاچه سد کارون ۴ و بررسی تغییرات آن از نظر تعداد و تراکم، با توجه به تغییرات فصلی و فاکتورهای کیفی آب صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: مطالعه حاضر در دریاچه سدکارون ۴ و پایین دست دو رودخانه ارمند و بازفت در استان چهارمحال و بختیاری صورت گرفت. سد کارون ۴ که در سال ۹۰ کامل شد، بلندترین سد بتونی دوقوسی ایران است که طول تاج آن از سطح زمین ۲۳۰ متر، مساحت دریاچه آن ۳۲ کیلومتر مربع و حجم آب این دریاچه ۲/۲ میلیارد مترمکعب می‌باشد. با توجه به شکل ۱، در این مطالعه ۳ ایستگاه درنظر گرفته شد. ایستگاه ۱ در نزیکی تاج سد (″۲۱ ′۳۶ °۳۱ شمالی و ″۲۸ ′۳۸ °۵۰) ایستگاه ۲ واقع در سرشاخه رودخانه ارمند (″۱۹ ′۳۱ °۳۱ شمالی و ″۴۸ ′۳۰ °۵۰شرقی) و ایستگاه ۳ در سرشاخه رودخانه بازفت (″۳۳ ′۴۰ °۳۱ شمالی و ″۳۹ ′۲۹ °۵۰شرقی).

روش نمونه‌برداری: نمونه‌های آب (۶ لیتر در هر ایستگاه) با استفاده از نمونه‌گیر روتنر (Ruttner) به‌صورت ماهیانه از اسفند ۹۰ تا بهمن ۹۱ تهیه گردید. به‌طورکلی سه ایستگاه برای اندازه‌گیری زئوپلانکتون‌ها (شمارش و شناسایی) و بررسی برخی فاکتورهای غیرزیستی آب درنظر گرفته شد.

زئوپلانکتون‌ها معمولاً توسط تورهایی با چشمه‌های ریز نمونه‌برداری می‌شوند. در پژوهش حاضر نیز از تورهایی با چشمه ۲۰۰ میکرونی استفاده شد. کشیدن تور در مسیر عمودی برای تعیین پراکنش عمقی نمونه‌ها صورت گرفت. سپس نمونه‌های به‌دست آمده را درون شیشه تاریک ریخته و برای نگهداری آماده گردید. در این مرحله خصوصیات نمونه‌برداری یعنی زمان، ایستگاه و نوع نمونه با برچسب روی شبشه چسبانده شد. جهت حفظ نمونه های زئوپلانکتونی و فیتوپلانکتونی (برای سنجش کلروفیل *a*) تا انتقال به آزمایشگاه و ارزیابی آزمایشگاهی، از فرمالدئید ۴ درصد استفاده گردید. سپس نمونه‌های تهیه شده در یخ و تاریکی قرار داده شدند. نمونه‌ها تا زمان آنالیز در یخچال در آزمایشگاه نگه‌داری گردیدند. جهت نمونه‌برداری از آب مورد نیاز در اندازه‌گیری pH و اکسیژن محلول (DO) از اعماق میانی آب استفاده گردید. برای اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)، مواد جامد معلق کل (TSS)، نیترات (NO3) و فسفرکل نمونه‌ها پس از نمونه‌برداری از لایه بالایی آب براساس روش‌های بیان شده، عمل گردید (APHA، ۱۹۹۹).



شکل۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در دریاچه سد

سنجش پارامترها: برای شناسایی گونه‌ها از میکروسکوپ تشریحی برجسته (Tereoscopic Dssecting Microscope) مدل MI-420PH10 استفاده گردید (Goswami، ۲۰۰۴). برای این‌کار از همه نمونه‌ها عکس تهیه شده و همه آن‌ها به‌طور جداگانه با استفاده از منابع شناسایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس موارد شناسایی شده مجدداً در آزمایشگاه در نمونه‌های فیکس شده با طی همه روش‌های فوق مورد مقایسه قرار گرفتند و بخش‌ها و اندام‌های مختلف آن‌ها بررسی گردید و در صورت وجود اشتباه مجدداً اصلاح گردید (APHA، ۱۹۹۹). غلظت کلروفیل-*a* توسط دستگاه اسپکتوفوتومتری انجام گردید (Wiśniewska، ۲۰۱۰؛ APHA، ۱۹۹۹). فاکتورهایی مانند کدورت، هدایت الکتریکی (EC)، دما، pH و اکسیژن محلول در محل نمونه‌برداری توسط دستگاه مولتی‌متر مدل AM-1260 و شفافیت به‌وسیله سشی‌دیسک مورد سنجش قرار گرفت. در آنالیز فاکتورهای غیرزیستی اندازه‌گیری شده توسط مولتی‌متر ابتدا توسط روتنر، آب از اعماق مورد تهیه شده و سپس توسط مولتی‌متر اندازه‌گیری گردید. جهت آنالیز فاکتورهایی چون نیترات (میلی‌گرم در لیتر)، میزان جامدات معلق کل (میلی‌گرم در لیتر)، فسفر کل (میکروگرم در لیتر) ، ازت کل (میلی‌گرم در لیتر)،اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (میلی‌گرم در لیتر) و اکسیژن موردنیاز شیمیایی (میلی‌گرم در لیتر) به‌روش اسپکتروفوتومتری و با استفاده از دستگاه Hach مدل DR5000 استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: جهت محاسبه ارتباط بین فراوانی زئوپلانکتون‌ها و پارامترهای کیفی آب و هم‌چنین پارامترهای کیفی آب با یکدیگر از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. جهت تعیین این آزمون، نرم‌افزار SPSS مدل ۱۵ به‌کار گرفته شد. برای بررسی تنوع جوامع زئوپلانکتونی در دریاچه در فصول مختلف از شاخص‌های سیمپسون و شانون، غنای گونه‌ای از شاخص مارگالف، برای یکنواختی از شاخص‌های اونس و اکویتابیلیتی و شاخص غالبیت گونه‌ای استفاده شد که برای این کار، نرم‌افزار Past ورژن ۳ مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

براساس بررسی‌های صورت گرفته، چهار گروه زئوپلانکتونی در منطقه مورد مطالعه، شناسایی گردید که شامل پروتوزوآ، گردان‌تنان، کلادوسرا و پاروپایان بود. در این میان روتیفرا با ۲۷ گونه دارای بالاترین تنوع بین گروه‌های شناسایی شده بودند. سپس پاروپایان با ۷، کلادوسرا با ۵ و پروتوزوآ با ۴ گونه بیش‌ترین تنوع گونه‌ای را به‌خود اختصاص دادند. در مقایسه بین فصول مختلف از نظر تنوع، از مجموع ۴۳ گونه شناسایی شده، تابستان با ۳۶ گونه بالاترین تنوع گونه‌ای را دارا بود. پاییز با ۳۵، بهار با ۳۲ و زمستان با ۲۵ گونه در مراحل بعد از نظر تنوع گونه‌ای قرار داشتند (جدول ۱).

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌گردد که ۴ گونه از پروتوزوآها شناسایی شده است. این جانوران اغلب گونه‌های تک‌سلولی ساکن آب‌های راکد یا آب‌های با جریان کم هستند گونه‌های شناسایی شده موبوط به جنس‌های *Dfflugia* و *Paramecium* بوده که به‌ترتیب از شاخه‌های Sarcomastigophora و Ciliophora می‌باشند.

در میان جنس‌های شناسایی شده، جنس *Dfflugia* هم دارای بیش‌ترین تنوع (۳ گونه) هم دارای بیش‌ترین تعداد است. در فصل تابستان جنس *Paramecium* با ۲/۷ عدد در لیتر و گونه *Difflugia scalpellum* با ۲ عدد در لیتر بالاترین فراوانی را دارند. در این گروه از زئوپلانکتون‌ها فصل زمستان با تنوع ۱ و تعداد ۰/۳ عدد در لیتر دارای کم‌ترین تنوع و تعداد گونه‌ای است. بین گونه‌های شناسایی شده تنها گونه *Difflugia scalpellum* در تمام فصول قابل مشاهده است. این گونه شاخص آب‌های الیگوتروف و مزو تروف است. اما بیش‌ترین فراوانی در مجموع همه فصول مربوط به گونه *Difflugia mulanensis* با ۵/۷ عدد در لیتر است. روتیفرها یکی از رایج‌ترین جانوران پلانکتونی ساکن آب‌های راکد هستند که اندازه مولدین آن‌ها بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ و در برخی گونه‌ها تا ۲۰۰۰ میکرون متفاوت است. همان‌گونه که قبلاً گفته شد، روتیفرها دارای بالاترین تنوع در میان گروه‌های مورد مطالعه بودند. براساس نتایج به‌دست آمده گونه *Aspanchna priodonta* و *Lecane lunaris* با ۴/۳ عدد در لیتر و در تابستان، دارای بالاترین فراوانی بین گونه‌های شناسایی شده هستند. در فصل بهار چند گونه دارای بالاترین فراوانی با ۳/۷ عدد در لیتر هستند (جدول ۱). درفصل بهار چند گونه دارای بالاترین فراوانی با ۳/۷ عدد در لیتر هستند. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد گونه‌های *Aspanchna priodonta* *Brachionus calyciflorus* و *Lepadella ovalis* دارای چنین شرایطی می‌باشند که در این میان گونه *Brachionus calyciflorus* از گونه‌های رایج خوزستان بوده و از گونه‌های رایج فصل بهار می‌باشد. دیگر گونه رایج این فصل *Lepadella ovalis* است که بیش‌ترین فراوانی را در ماه‌های فصل‌های تابستان و بهار دارد. این گونه بیش‌تر در آب‌های راکد هم زندگی پلانکتونی داشته و هم ساکن گیاهان آبزی است. فصل پاییز اگرچه تنوع بالایی از روتیفرها را به‌خود اختصاص می‌دهد، اما گونه‌های شناسایی شده دارای فراوانی بالایی نیستند. در فصل زمستان گونه *Synchaeta pectinata* با ۳/۷ عدد در لیتر و گونه *Keratella quadrata quadrata* با ۲/۷ عدد در لیتر بیش‌ترین فراوانی را داشتند. نکته قابل توجه درمورد زمستان حضور گونه‌هایی چون *Notholca squamula*، *Pleurotrocha petromyzon* و *Cephalodella serrate* است که شاخص آب‌های سرد است. جنس *keratella* دارای بیش‌ترین فراوانی در بین گونه‌های مختلف در فصول متفاوت دارای بالاترین فراوانی می‌باشد. این جنس با گونه‌های *Keratella cochlearis cochlearis*، *K. tecta*، *K. tropica* و *K. quadrata quadrata* فصول مختلف بالاترین فراوانی را دارد. در مورد کلادوسرا در بین فصول مختلف فصل تابستان با تنوع ۵ گونه و فراوانی ۱۵ عدد در لیتر دارای بالاترین تنوع و فراوانی بین فصول مورد مطالعه بود. در این میان گونه *Diaphanosoma brachyurum* با ۴/۳ عدد در لیتر بیش‌ترین فراوانی را در بین گونه‌های شناسایی شده داشت (جدول ۱).

پاروپایان (Copepoda) با تنوع ۷ گونه پس از گردان‌تنان (Rotifera)، بالاترین تنوع را در بین گروه‌های شناسایی شده دارند. با توجه به نتایج به‌دست آمده همه ۷ گونه در فصل تابستان قابل مشاهده‌اند. آن‌ها حتی ار محیط‌های خشکی نیز می‌توانند از فراوانی به‌سزایی برخوردار باشند.

جدول ۱: فراوانی گونه‌های زئوپلانکتونی (org/L) به تفکیک فصل

گونه‌های زئوپلانکتونی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
Protozoa				
lithoplites Difflugia	۰/۷	۱	۱	۰
Difflugia scalpellum	۱	۱	۰/۷	۰/۳
Difflugia mulanensis	۲	۲	۱/۷	۰
sp Paramecium	۰	۲/۷	۱/۳	۰
Rotifera				
priodonta Aspanchna	۳/۷	۴/۳	۲	۱
Brachionus urceolaris urceolaris	۲	۳	۱/۷	۰/۷
Brachionus calyciflorus	۳/۷	۴	۱/۷	۰
Cephalodella gibba	۲	۳	۱/۷	۱/۷
Cephalodella serrata	۰	۰	۰	۲/۳
Colurella sanoamuangae	۲/۷	۳/۷	۲/۳	۱/۷
Conochilus unicornis	۱/۷	۲/۳	۱/۷	۱
Colurella adriatica	۱/۳	۳	۰	۰
Encentrum putorius	۰	۰	۲	۱/۳
Euchlanis dilatata	۲	۲/۳	۱	۰
Itura aurita	۱/۷	۰	۲/۳	۲
Keratella cochlearis cochlearis	۱/۷	۲/۳	۰	۱
Keratella tecta	۱	۱/۳	۱/۷	۱
Keratella tropica	۲/۳	۱	۲	۰/۷
Keratella quadrata quadrata	۰	۰	۰/۷	۲/۳
Lecane closterocerca	۲	۱	۰	۱
Lecane bulla bulla	۱/۳	۳/۷	۲/۷	۰
Lecane lunaris	۲/۳	۴/۳	۲	۰
Lepadella ovalis	۳/۷	۳/۷	۱/۳	۰
Lophocharis oxysternon	۰	۳	۱/۳	۰
Notholca squamula	۰	۰	۰/۷	۱/۷
Pleurotrocha petromyzon	۰	۰	۰	۲
Resticula melandocus	۰/۳	۳	۱/۳	۰
Paradicranophorus aculeatus	۰	۱/۳	۲/۷	۰
Synchaeta pectinata	۲	۰	۲/۷	۳/۷
Trichotria tetractis similis	۲	۳	۱/۷	۰
Tripleuchlanis plicata	۰	۳/۳	۲/۷	۰
Cladocera				
pediculus Polyphemus	۲	۳/۳	۱	۰
Daphnia similes	۳/۳	۳/۳	۲/۷	۰
Daphnia pulex	۳/۳	۴	۲/۷	۱/۷
Leptodora kindtii	۲	۳	۱/۷	۰/۷
Diaphanosoma brachyurum	۲	۴/۳	۱	۰
Copepoda				
Sars *Eudiaptomus gracilis*	۱/۷	۱/۳	۱	۱
Mesocyclops leuckarti	۱/۷	۲/۳	۱	۰
Cyclops scutifer	۲	۱/۳	۰	۱/۷
Trophocyclops prascinus	۰	۱	۲/۷	۱/۷
Eucyclops agilis	۱/۷	۲/۷	۱/۷	۲/۳
Megacyclops viridis	۲	۳	۱	۲
hibernica Nitocra	۲/۷	۳	۱/۳	۱/۳

شاخص‌های زیستی، پراکنش جمعیت‌های مختلف زئوپلانکتونی را از جوانب مختلف مورد ارزیابی قرار می‌دهد. این شاخص‌ها به چند دسته تقسیم می‌گردند که هرکدام روش خاصی برای محاسبه دارد. در این تحقیق، شاخص غالبیت گونه‌ای، غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. برای شاخص تنوع گونه‌ای از شاخص شانون و سیمپسون، برای غنای گونه‌ای از شاخص مارگالف و برای یکنواختی گونه‌ای از شاخص‌های اونس و اکویتابیلیتی استفاده گردید.

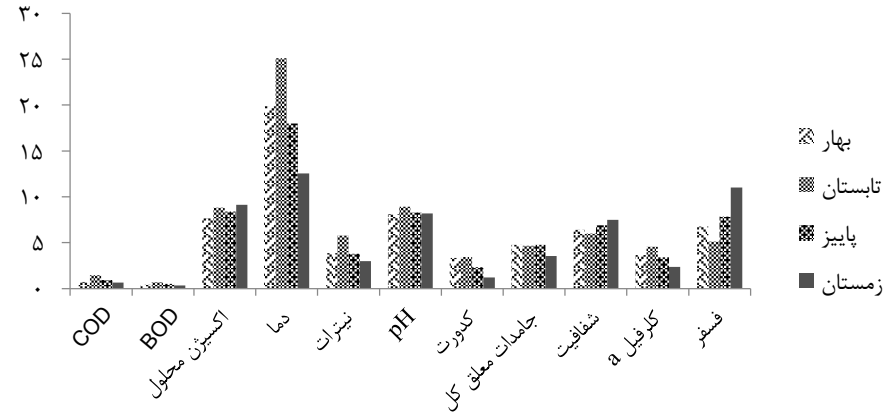
جدول ۲: شاخص‌های مختلف زیستی بین زئوپلانکتون‌ها

	غالبیت	سیمپسون	شانون	اونس	مارگالف	اکویتابیلیتی
بهار	۰/۰۴۲	۰/۹۵۸	۳/۲۴۷	۰/۹۱	۶/۵۳۲	۰/۹۷۲
تابستان	۰/۰۳۵	۰/۹۶۵	۳/۴۳۷	۰/۸۹۸	۷/۳۸۱	۰/۹۷
پاییز	۰/۰۳۶	۰/۹۶۴	۳/۴۱۲	۰/۹۱	۷/۸۲۳	۰/۹۷۲
زمستان	۰/۰۵۵	۰/۹۴۵	۲/۹۸۸	۰/۹۱۸	۵/۶۳۱	۰/۹۷۳

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد شاخص شانون و سیمپسون که نشان‌دهنده تنوع جامعه زئوپلانکتونی است، در فصل تابستان (به‌ترتیب با ۳/۴۳۷ و ۰/۹۶۵) بالاترین میزان را نشان می‌دهد. حال آن‌که در زمستان به میزان ۲/۹۸۸ کم‌ترین تنوع گونه‌ای مشاهده می‌گردد. شاخص‌های یکنواختی (شاخص‌های اونس و اکویتابیلیتی) نیز نوساناتی را بین فصول مختلف از خود نشان می‌دهند. براساس نتایج به‌دست آمده، این شاخص در پاییز با عدد ۰/۹۷۳ در مورد اونس بالاترین مقدار را نشان می‌دهد. شاخص یکنواختی که با اونس و اکویتابیلیتی نشان داده می‌شود نیز بین فصول مختلف تغییراتی دارد. بیش‌ترین میزان شاخص یکنواختی در زمستان با (۰/۹۱۸ و ۰/۹۷۳) و کم‌ترین مقدار آن در تابستان (با ۰/۸۹۸ و ۰/۹۷۳) دیده می‌شود. که دقیقاً عکس شاخص تنوع است. اما شاخص دیگر مارگالف است که نشان‌دهنده غنای گونه‌ای در منطقه مورد مطالعه است. این شاخص به‌ترتیب در پاییز (۷/۸۲۳)، تابستان (۷/۳۸۱)، بهار (۶/۵۳۲) و زمستان (۵/۶۳۱) دیده می‌شود.

براساس تجزیه و تحلیل داده‌ها همان‌گونه که انتظار می‌رفت مقدار آمونیاک با نوسانات pH، تغییراتی را از خود نشان داد. به گونه‌ای که در pH ۹/۱ در مرداد ماه که بالاترین pH را دارا بود میزان آمونیاک به ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر رسید و در اسفند با pH ۸/۱ به کم‌ترین میزان خود یعنی ۰/۱۱ میلی‌گرم در لیتر رسید. میزان فسفر پایین بود و در ماه‌های سرد اندکی بیش‌تر از ماه‌های گرم سال دیده شد. میزان پایین هدایت الکتریکی نیز نشان‌دهنده مقدار کم الکترولیت‌های موجود در این منبع آبی می‌باشد (جدول ۳).

COD در تابستان با ۱/۴۴ (میلی‌گرم در لیتر) بیش‌ترین میزان و در زمستان با ۰/۶۳ (میلی‌گرم در لیتر) دارای کم‌ترین میزان محاسبه شده در بین فصول است. قابل ذکر است که نتایج حاصل شده میانگینی از کل ماه‌ها و ایستگاه‌های مختلف است. BOD نیز مانند COD تغییرات مشابهی را نمایش می‌دهد. اکسیژن محلول در فصل بهار دارای کم‌ترین میزان خود (۷/۷ میلی‌گرم در لیتر) و در زمستان دارای بیش‌ترین حد خود (۹/۱ میلی‌گرم در لیتر) بود. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد pH تنها دارای نوسانات کمی در فصول مختلف است، که بین ۷/۱ در زمستان و ۸/۹ در تابستان دیده می‌شود. تغییرات فسفر نسبت عکس با پارامترهایی مانند نیترات، BOD، COD، دما، کلرفیل a و pH داشته اما با شفافیت، همبستگی مستقیم دارد. در تابستان کلرفیل a نیز بیش‌تر بوده و عکس آن در پاییز و زمستان مقدار آن به شدت کاهش یافته است (شکل ۱).



شکل ۱: نمودار مقایسه‌ای تغییرات میانگین پارامترهای کیفی آب در فصول مختلف

مصرف اکسیژن شیمیایی (میلی‌گرم در لیتر)؛ مصرف اکسیژن بیوشیمیایی (میلی‌گرم در لیتر)؛ اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)؛ دما (درجه سانتی‌گراد)؛ نیترات (میلی‌گرم در لیتر)؛ کدورت (NTU)؛ شفافیت (متر)؛ غلظت کلرفیل a (میکروگرم در لیتر)؛ مواد جامد معلق (میلی‌گرم در لیتر)؛ فسفر کل: (میکروگرم در لیتر).

جدول ۳: میانگین پارامترهای کیفی و بیولوژیکی آب در ایستگاه‌های دریاچه سد کارون ۴

	COD	BOD	NH_3	NH_4	DO	دما	NO_3	NO_2	EC	pH	Turb	N	P	TSS	Trans	Chl
فروردین	۰/۹	۰/۴۵	۰/۱۳	۰/۱۸	۸/۸	۱۶	۳/۹	<۰/۱	۴۸۱	۸/۳	۴	۴/۲	۸	۷	۶/۸	۳/۲۷
اردیبهشت	۰/۴	۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۹	۸	۲۲	۴	<۰/۱	۴۸۳	۸/۱	۴	۴/۴	۶	۴	۶/۳۱	۳/۶۸
خرداد	۱	۰/۵	۰/۱۸	۰/۱۹	۷/۸	۲۲	۳/۶	<۰/۱	۴۴۲	۹/۱	۴	۳/۷	۵	۳	۶/۲۶	۳/۹۶
تیر	۱/۴	۰/۷	۰/۱۹	<۰/۲	۹/۲	۲۵	۶/۶	<۰/۱	۴۲۶	۹	۴	۶/۷	۴	۴	۵/۷۱	۴/۷۳
مرداد	۱/۳	۰/۸	۰/۲	<۰/۲۱	۸/۸	۲۸	۶/۳	<۰/۱	۴۴۱	۹/۱	۴	۶/۳	۵	۴	۵/۷۲	۴/۹
شهریور	۱/۲	۰/۶	۰/۱۷	<۰/۱۶	۸/۶	۲۲	۵/۱	<۰/۱	۵۱۵	۸/۴	۳	۵/۶	۶	۶	۶/۵۶	۴/۲
مهر	۱/۱	۰/۶	۰/۱۸	<۰/۱۸	۸/۴	۲۰	۴	<۰/۱	۵۳۶	۸/۱	۳	۴/۱	۹	۶	۶/۷۸	۳/۳
آبان	۱	۰/۶	۰/۱۶	<۰/۱۸	۸/۶	۱۸	۳/۷	<۰/۱	۵۳۶	۸/۱	۳	۳/۹	۸	۴	۶/۸۱	۳/۶۵
آذر	۰/۷	۰/۴	۰/۱۲	<۰/۱۷	۸/۶	۱۶	۳/۷	<۰/۱	۶۲۱	۸/۱	۲	۴/۱	۶	۴	۷/۵۶	۳/۱۲
دی	۰/۶	۰/۳	۰/۱۴	<۰/۱۶	۹	۱۵	۲/۵	<۰/۱	۶۳۲	۸/۱	۱	۴/۲	۹	۵	۷/۴۳	۲/۷۱
بهمن	۰/۶	۰/۳	۰/۱	<۰/۱۶	۹/۳	۱۲	۴	<۰/۱	۵۳۶	۸/۱	۱	۳/۶	۱۱	۳	۷/۶۱	۲/۳۶
اسفند	۰/۷	۰/۳	۰/۱۱	<۰/۱۸	۹	۱۲	۱/۵	۰/۵	۴۵۹	۸/۱	۲	۱/۵	۱۰	۲	۷/۶۳	۲/۱

COD: اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (میلی‌گرم در لیتر)؛ BOD: اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (میلی‌گرم در لیتر)؛ NH_3: آمونیوم (میلی‌گرم در لیتر)؛ NH_4: آمونیاک (میلی گرم در لیتر)؛ DO: اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)؛ دما (درجه سانتی‌گراد)؛ NO_3: نیترات (میلی‌گرم در لیتر)؛ NO_2: نیتریت (میلی‌گرم در لیتر)؛ EC: هدایت الکتریکی (میکرومتر برسانتی‌متر)؛ Turb: کدورت (NTU)؛ N: نیتروژن کل (میلی‌گرم در لیتر)؛ P: فسفر کل (میکروگرم در لیتر)؛ TSS: مواد جامد معلق (میلی‌گرم در لیتر)؛ Trans: شفافیت (متر)؛ Chl: غلظت کلرفیل a (میکروگرم در لیتر).

نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون بین پارامترهای کیفی آب در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول۴: نتیجه آزمون همبستگی پیرسون بین پارامترهای کیفی آب

		COD	BOD	DO	دما	NO3	pH	Turb	TN	TSS	Trans	Chl	P
COD	همبستگی	۱	۰/۸۲۴**	-۰/۱۵۹	۰/۶۷۷**	۰/۶۰۷**	۰/۷۸۸**	۰/۴۹۶**	۰/۶۳۷**	۰/۳۵۶**	-۰/۵۸۴**	۰/۶۸۴**	-۰/۵۷۹**
	معنی‌داری		۰/۰۰۰	۰/۳۵۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
BOD	همبستگی		۱	-۰/۲۳۷	۰/۶۴۷**	۰/۵۴۲**	۰/۶۰۶**	۰/۵۵۰**	۰/۵۴۹**	۰/۳۳۴**	-۰/۶۶۱**	۰/۶۹۱**	-۰/۵۵۶**
	سطح			۰/۱۶۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
DO	همبستگی			۱	-۰/۳۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۶۲	-۰/۳۶۵**	۰/۰۵۵	-۰/۲۸۹	۰/۲۲۹	۰/۲۲۳	۰/۲۰۳
	معنی‌داری				۰/۰۵۷	۰/۹۳۳	۰/۷۲۰	۰/۰۲۹	۰/۷۴۸	۰/۰۸۷	۰/۱۷۹	۰/۱۹۱	۰/۲۳۵
دما	همبستگی				۱	۰/۷۸۹**	۰/۶۳۰**	۰/۸۲۱**	۰/۷۷۵**	۰/۲۷۶	-۰/۸۸۵**	۰/۹۴۶**	-۰/۸۱۵**
	معنی‌داری					۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
NO3	همبستگی					۱	۰/۶۰۱**	۰/۶۰۳**	۰/۸۸۹**	۰/۱۹۹	-۰/۷۲۳**	۰/۷۸۶**	-۰/۶۱۹**
	معنی‌داری						۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
pH	همبستگی						۱	۰/۴۴۹**	۰/۶۳۷**	۰/۱۱۹,	-۰/۵۰۶**	۰/۶۰۳**	-۰/۴۸۶**
	معنی‌داری							۰/۰۰۶	۰/۰۰۰	۰/۴۹۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳
Turb	همبستگی							۱	۰/۵۵۴**	۰/۳۲۳	-۰/۸۱۹**	۰/۷۹۷**	-۰/۷۱۴**
	معنی‌داری								۰/۰۰۲	۰/۰۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
TN	همبستگی								۱	۰/۳۱۳	۰/۶۸۰**	-۰/۷۸۵**	-۰/۶۵۲**
	معنی‌داری									۰/۰۶۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
TSS	همبستگی									۱	-۰/۲۸۵	۰/۲۹۱	-۰/۲۳۸
	معنی‌داری										۰/۰۹۱	۰/۰۸۵	۰/۱۶۲
Trans	همبستگی										۱	-۰/۸۷۹**	۰/**۷۳۵
	معنی‌داری											۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Chl	همبستگی											۱	-۰/۸۷۱**
	معنی‌داری												۰/۰۰۰

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. * همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است. COD: مصرف اکسیژن شیمیایی، BOD: مصرف اکسیژن بیوشیمیایی، DO: اکسیژن محلول، NO_3 : نیترات، Turb: کدورت، TN: نیتروژن کل، P : فسفر کل، TSS: مواد جامد معلق، Trans: شفافیت، Chl: غلظت کلروفیل

در جدول ۵ همبستگی بین برخی پارامترهای کیفی آب با جمعیت شاخه‌های زئوپلانکتونی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون مشخص شده است. براساس نتایج به‌دست آمده روتیفرها دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با دما هستند. کلرفیل نیز دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با روتیفر است. BOD و فسفر نیز با فراوانی روتیفرها همبستگی مثبت دارد. فراوانی روتیفرها با اکسیژن محلول نسبت عکس و غیرمعنی‌دار است.

جدول ۵: همبستگی بین برخی پارامترهای کیفی آب با جمعیت شاخه‌های زئوپلانکتونی

	Protozoa	Rotifera	Cladocera	Copepoda
COD	۰/۵۳۷	۰/۶۴۰(*)	۰/۷۲۲(**)	۰/۶۷۱(*)
BOD	۰/۶۰۲(*)	۰/۷۴۶(**)	۰/۷۸۷(**)	۰/۵۴۷
DO	-۰/۲۴۶	-۰/۳۹۸	-۰/۲۳۸	۰/۲۲۹
دما	۰/۷۳۸(**)	۰/۶۹۰(**	۰/۸۷۶(**)	۰/۷۳۶(**)
Chl	۰/۸۰۴(**)	۰/۸۲۷(**)	۰/۹۳۲(**)	۰/۶۶۷(*)

** همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. * همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است. COD: مصرف اکسیژن شیمیایی؛ BOD: مصرف اکسیژن بیوشیمیایی، DO: اکسیژن محلول، Chl: غلظت کلرفیل.

بحث

با کاهش میزان COD که معمولاً در پی کاهش دما اتفاق می‌افتد میزان شفافیت افزایش می‌یابد مانند آن‌چه توسط Peerapornpisal و همکاران (۲۰۰۷) و Lobo و همکاران (۲۰۰۴) بیان شد، چرا که در چنین شرایطی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شفافیت که رشد فیتوپلانکتون‌ها است کاهش یافته و در نتیجه شفافیت افزایش یافته است. COD هم‌چنین با BOD دارای همبستگی مثبت با سطح معنی‌داری $p<۰/۰۱$ می‌باشد. که علت آن همسو بودن عوامل افزاینده و کاهنده هر دو پارمتر ذکر شده می‌باشد. Hur و همکاران (۲۰۰۳)، Attiogbe و همکاران (۲۰۰۷) و Kazanci و همکاران (۲۰۰۹) نیز نتایج مشابهی به‌دست آوردند. بین اکسیژن محلول با COD و BOD همبستگی منفی بوده اما معنی‌دار نیست. این نتایج برخلاف نتایج به‌دست آمده توسط Kazanci و همکاران (۲۰۰۹) و Yilmaz (۲۰۱۳) است که علت آن می‌تواند اختلاف کم بین فصول مختلف ازنظر اکسیژن محلول باشد. فسفر به‌عنوان عامل محدودکننده رشد فیتوپلانکتون‌ها مطرح است. چراکه در تابستان و در تیرماه به ۴ میکروگرم در لیتر رسید. دما نیز با مصرف اکسیژن شیمیایی و بیوشیمیایی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار است. علت آن افزایش سرعت فرایندهای شیمیایی و بیوشیمیایی طی افزایش دما است. در زمان افزایش فراوانی فیتوپلانکتونی در محیط آب غلظت کلروفیل نیز افزایش می‌یابد از طرفی با مصرف فسفات غلظت فسفر کل نیز کاهش می‌یابد. یکی از دلیل افزایش COD و BOD بالارفتن بار آلی آب و در نتیجه تجزیه شیمیایی و بیوشیمیایی این ترکیبات است (Bartram و Balance، ۱۹۹۶). از این‌رو با افزایش جمعیت پلانکتونی از یک سو تنفس افزایش می‌یابد و از سوی دیگر با افزایش مرگ‌ومیر آن‌ها بار آلی زیادتری نیز در شرایط تجزیه شیمیایی و بیوشیمیایی قرار می‌گیرد که این امر می‌تواند موجب افزایش COD و BOD و هم‌سویی آن‌ها با میزان کلرفیل و عدم همسویی آن‌ها با فسفر گردد. هم‌چنین با افزایش چنین شرایطی در محیط آبی (افزایش جمعیت پلانکتونی) کدورت آب نیز افزایش می‌یابد (Bartram و Balance، ۱۹۹۶). همان‌گونه که Zhou و همکاران (۲۰۱۰) و Nirmal و همکاران (۲۰۱۱) به چنین نتیجه‌ای رسیدند. همبستگی مثبت نیترات و نیتروژن کل نمایانگر ورود حجم بالای این ماده مغذی در فصل تابستان است چرا که در حالت عادی این ماده مغذی باید به‌دلیل مصرف توسط فیتوپلانکتون‌ها کاهش می‌یافت البته نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این پارامتر با اطلاعات به‌دست آمده از تحقیق Yilmaz (۲۰۱۳) نتایج مشابه و با Sharma (۲۰۱۳) و Joshi و همکاران (۲۰۰۹) نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد. علت این موضوع می‌تواند ورود میزان بالای ترکیبات آلی و معدنی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی در مناطق بالادست رودخانه‌های منتهی به دریاچه باشد. اکسیژن محلول، معنی‌داری با بسیاری از پارامترهای موجود در محیط آبی ندارد که با بسیاری از تحقیقات انجام شده در این زمینه مانند Joshi و همکاران (۲۰۰۹) و Garg و همکاران (۲۰۱۰) متفاوت است. یکی از تفاوت‌های منبع آبی مورد مطالع با دیگر منابع آبی، تولیدات پایین و عمق بالای دریاچه مورد مطالعه نسبت به دیگر منابع آبی است. این امر باعث می‌شود که بین فصول مختلف نوسانات شدیدی ناشی از تغییر عوامل مصرف‌کننده و تولیدکننده اکسیژن در محیط آبی حاصل نگردد، چرا که درصورت بالا بودن عمق انحلال مواد معدنی از رسوبات کف به ستون آب به‌دلیل بالابودن عمق کم بوده در نتیجه تولیدات پلانکتونی به‌شدت کاهش می‌یابد. بنابراین به‌دلیل کاهش تولیدات در دریاچه، فرایند مصرف اکسیژن در طول شب و تولید آن در طول روز نیز با نوسانات کمی روبرو می‌گردد، از این‌رو اختلافات میزان اکسیژن در این فصول نیز به‌شکل قابل‌توجهی نیست. هرچه فتوسنتز بالاتر باشد، میزان فسفر بیش‌تری مصرف شده و مقدار آن در آب کاهش می‌یابد از طرفی عمق دید که نشان‌دهنده شفافیت است نیز کاهش می‌یابد. دما اما عامل مهمی در زمینه تأثیر بر دیگر پارامترهای کیفی آب است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت با افزایش دما به‌جز پارامترهای بحث شده، عواملی مانند کلروفیل، کدورت و pH نیز به‌شکل معنی‌داری افزایش یافت این نتایج توسط Anago و همکاران (۲۰۱۳)، Pillay (۲۰۱۳) و Zhou و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیان شده است. این افزایش نه‌چندان زیاد در تابستان می‌تواند به‌دلیل کاهش میزان دی‌اکسیدکربن موجود در آب تحت تأثیر فتوسنتز باشد. علت آن‌که دما با جامدات معلق همبستگی ندارد این است که، مواد جامد معلق تحت تأثیر عوامل زیادی بوده که گاهی ربطی به دما ندارد. یکی از این عوامل وجود جریانات آبی خصوصاً امواج است. وجود امواج باعث می‌گردد مواد معلقی از کناره‌های دریاچه به درون محیط آبی رها شود که مواد معلق را درمحیط افزایش می‌دهد. pH به‌جز با اکسیژن محلول و TSS با بقیه پارامترها دارای همبستگی بود. pH آب عاملی است که تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد. pH عاملی است که مشخص‌کننده عکس قدرت یون هیدروژن در محیط آبی است. حال عواملی که باعث کاهش هیدروژن در آب شوند، می‌توانند pH آب را افزایش دهند. یکی از این عوامل

میزان دی‌اکسیدکربن موجود در آب است. بنابراین عواملی مانند BOD، COD باید موجب کاهش pH آب شود. اما نکته قابل توجه این است که در طول روز که نمونه‌گیری‌ها صورت گرفته، در شرایطی که فاکتوهای ذکر شده بالا بوده، فتوسنتز نیز به‌دلیل فعالیت بالای فیتوپلانکتون‌ها افزایش پیدا کرده و در نتیجه میزان دی‌اکسیدکربن آب کم شده و pH آب نیز به تبع آن بالا رفته است. این شرایط در تحقیق انجام شده توسط Anago و همکاران (۲۰۱۳)، Garg و همکاران (۲۰۱۰) و Zhou و همکاران (۲۰۱۰) نیز آمده است. Garg و همکاران (۲۰۱۰) و Zhou و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که pH با دما رابطه مستقیم و معنی‌دار، با کلروفیل و نیترات مستقیم و معنی‌دار و با فسفات غیرمستقیم و معنی‌دار دارد. نظیر آن‌چه در تحقیق حاضر به‌دست آمد. اما در مطالعه انجام شده توسط Kazanci و همکاران (۲۰۰۹) مشخص شد که فسفات با pH رابطه مستقیم و معنی‌دار و نیترات با آن رابطه غیرمستقیم و معنی‌دار دارد که مطالعه حاضر را رد می‌کند. در پژوهش انجام شده توسط Forró و همکاران (۲۰۰۸) نظیر نتایج حاصل از این تحقیق، رابطه pH با BOD مثبت و معنی‌دار بود. که علت آن افزایش تولید BOD در طول ماه‌های گرم‌تر و به‌دلیل افزایش فعالیت و تولیدات آبزیان خصوصاً فیتوپلانکتون‌ها است، از طرفی رشد فیتوپلانکتون‌ها با مصرف بالای دی‌اکسیدکربن همراه بوده که خود یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر افزایش pHاست. براساس نتایج به‌دست آمده کدورت با تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری دارد. که در این میان با شفافیت و میزان فسفر همبستگی منفی دارد علت منفی بودن همبستگی کدورت با فسفر این است که مهم‌ترین عامل موثر در ایجاد کدورت در دریاچه‌های وسیع و با عمق زیاد حضور فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌هاست و رشد فیتوپلانکتون‌ها و به‌دنبال آن رشد زئوپلانکتون‌ها با مصرف فسفر آب به‌عنوان ماده مغذی میسر می‌گردد. در تحقیق انجام شده توسط Joshi و همکاران (۲۰۰۹) و Tijare و همکاران (۲۰۰۸) کدورت با دما و pH همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار دارد، اما در این تحقیق افزایش دما به‌دلیل افزایش تولیدات اولیه و افزایش pH به‌علت فرایند ایجاد شده توسط افزایش تولیدات اولیه، همبستگی مثبت و معنی‌داری با کدورت دارند، مانند آن‌چه در مطالعه انجام شده توسط Sharma و Singh (۲۰۱۳) آمده است (جدول ۴).

عدم حضور جنس *Arcella* و گونه‌هایی چون *A. excavata* که شاخص آب‌های آلوده است، نشان‌دهنده تولیدات اولیه پایین در این دریاچه می‌باشد مانند آنچه در مطالعه انجام شده توسط Laher و Lopes (۲۰۰۹)، Todorov و Golemansky (۲۰۰۳) و Tsyganov و Mazei (۲۰۰۶) به‌دست آمد. در میان گروه‌های شناسایی شده گونه *Difflugia mulanensis* شاخص آب‌های الیگوتروف است (Yilmaz، ۲۰۱۳). تابستان و پاییز نیز دارای بالاترین تنوع پروتوزوآ بودند که این موضوع می‌توان با توجه به توالی ظهور و رشد زئوپلانکتون‌ها پس از پیدایش و گسترش فیتوپلانکتون‌ها توجیه نمود (Thorp و Covich، ۲۰۰۱). گونه *Aspanchna priodonta* از گونه‌های بومی ایران و رودخانه کارون است (Reihan- Reshteh و Rahimian، ۲۰۱۴). این گونه از گونه‌هایی است که به‌طور فراوان در آب‌های راکد یافت می‌گردد. این گونه یوری‌ترم بوده و تقریباً در تمام طول سال قابل مشاهده می‌باشد (Bancsi، ۱۹۸۰). از طرفی گونه *Lecane lunaris* نیز از گونه‌های شناسایی شده در ایران است. این گونه بیش‌تر در منطقه حاشیه‌ای (Littoral) یافت می‌گردد، اما در آب‌های باز نیز زیست می‌کند (Bancsi، ۱۹۸۰) (جدول ۲). جنس *keratella* به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع غذایی جنس *Daphnia* مطرح است بنابراین انتظار می‌رود با افزایش جمعیت جنس *Daphnia*، فراوانی جنس *Keratella* نیز کاهش یابد. در مطالعات انجام شده نیز این مسئله به اثبات رسید که اگرچه این همبستگی، معنی‌دار نبود اما به‌صورت منفی خود را نشان داد (Thorp و Covich، ۲۰۰۱). عدم معنی‌داری همبستگی به‌دلیل تأثیر عامل دیگر مانند دمای هوا و رشد و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در رشد هر دو جنس خصوصاً *Keratella* می‌تواند باشد. کلادوسرا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گروه‌های کنترل‌کننده جمعیت فیتوپلانکتون‌ها با توجه به قابلیت فیلترکنندگی بالای خود هستند. چرا که جنس‌هایی مانند دافنی‌ها در مراحل ناپلی از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند (Forró و همکاران، ۲۰۰۸). از نظر محیط زندگی دافنی‌ها در مناطق مختلف محیط آبی از رسوبات گرفته تا سطح آب زندگی می‌کنند. در این میان جنس‌هایی مانند *Daphnia*، *Diapllanosoma*، *Bosmina* و *Leptodora* ساکن مناطق سطحی محیط‌های آبی هستند. در مورد پاروپایان گونه *Eudiaptomus gracilis* به‌دلیل یوری‌ترم بودن در تمام فصول دیده می‌شود به گونه‌ای که در دمای ۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد قابل رؤیت است. اما دمای بهینه آن ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (Bozkurt و Akin، ۲۰۱۲). به‌همین دلیل بیش‌تر در فصل بهار قابل مشاهده است. در مورد پروتوزوآها اما شرایط با آن‌چه در مورد روتیفرا به‌دست آمده متفاوت است. همبستگی فراوانی پروتوزوآها با BOD و دما، مثبت و معنی‌دار و با فسفر منفی و معنی‌دار است که علت آن ظهور حداکثری این شاخه از زئوپلانکتون‌ها در فصل تابستان و پس از ظهور گروه‌ها مختلف

زئوپلانکتونی دیگر مانند روتیفرا است اما در پژوهش آنجام شده توسط Paulose و Maheshwari (۲۰۰۸) عکس این نتیجه به‌دست آمد. به‌طورکلی BOD همه شاخه‌های زئوپلانکتونی به‌جز کوپه‌پودا دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار است چراکه کوپه‌پودا برخلاف سایر گروه‌های زئوپلانکتونی، جزء گروهی از زئوپلانکتون‌ها هستند که هم در وجود شرایط فقیر غذایی و هم در دمای سرد به‌خوبی رشد می‌کند و این موضوع با میزان BOD تولید شده در آب (که در تابستان بالاترین مقدار خود را دارد) هم‌خوانی کاملی ندارد. بنابراین می‌توان گفت با افزایش جمعیت زئوپلانکتونی مصرف بیوشیمیایی اکسیژن نیز افزایش می‌یابد این نتایج مطابق با آن‌چه توسط Ishaq و Khan (۲۰۱۳) و متضاد با آن‌چه توسط Tidame و همکاران (۲۰۰۹) به‌دست آمد می‌باشد. کلادوسرا با COD، BOD و دما و کلرفیل همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. این بدان معنی است که با افزایش جمعیت کلادوسرا پارامترهای ذکر شده افزایش یافته است. این امر به این دلیل است که کلادوسرا برخلاف روتیفرا، هم گیاه‌خوار (اغلب در زمان ناپلی) و هم گوشت‌خوار (اغلب در زمان بلوغ) هستند و به‌جای استفاده از فیتوپلانکتون‌ها از سایر زئوپلانکتون‌ها مانند روتیفرا برای تغذیه استفاده می‌کنند. بنابراین ازنظر توالی پلانکتونی پس از روتیفرها در محیط آب ظاهر می‌گردند و رشد حداکثری این شاخه در تابستان و بلافاصله پس از ظهور روتیفرها به‌عنوان مهم‌ترین منبع غذایی آن‌ها است. این نتایج مطابق آن‌چه در Tidame و همکاران (۲۰۰۹) آمده است می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۵ کوپه‌پودا تنها با دما و COD همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. به‌دلیل آن‌که این گروه از زئوپلانکتون‌ها به‌عنوان شکار مورد استفاده دیگر زئوپلانکتون‌ها قرار نمی‌گیرد، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر جمعیت این گروه از جانوران دما و وفور غذا است و چون این جانوران صرفاً شکارچی هستند (برخلاف روتیفرها و کلادوسرا که در دوران ناپلی از فیتوپلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند) فراوانی آن‌ها وابستگی کم‌تری به کلرفیل *a* دارد (Thorp و Covich، ۲۰۰۱). در مطالعه اخیر، با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به پارامترهای کیفی و فراوانی جمعیت زئوپلانکتونی مشخص گردید که دریاچه مورد مطالعه جزء دریاچه‌های با تولیدات کم بوده و می‌توان آن را دریاچه‌ای الیگومزوتروف نامید. از طرفی روابط بین پارامترهای کیفی آب و فراوانی جمعیت زئوپلانکتونی نشان‌دهنده رابطه بالا و تأثیرپذیری زیاد روتیفرها و کلادوسرا از اغلب پارامترهای کیفی مورد مطالعه آب است. در این میان کوپه‌پودا و پروتوزوآ با ایجاد رابطه معنی‌دار ۴ پارامتر در جایگاه بعد قرار داشتند از طرفی دما با تأثیر بر همه ۴ گروه زئوپلانکتونی مؤثرترین پارامتر بین موارد مورد مطالعه بود.

منابع

1. **APHA (American Public Health Association). 1999.** Standard methods for the examination of water and wastewater, Biological examination. American Water works Association, and Water Pollution Control Federation, American Public Health Association, Washington, D.C. 773 P.
2. **Anago, I.J.; Esenowo, I.K. and Ugwumba, A.A.A., 2013.** The Physico-chemistry and Plankton Diversity of Awba Reservoir University of Ibadan, Ibadan Nigeria. Res. J. Environ. Earth Sci. Vol. 5, No. 11, pp: 638-644.
3. **Attiogbe, F.K.; Glover-Amengor, M. and Nyadziehe, K. T., 2007.** Correlating biochemical and chemical oxygen demand of effluents – A Case Study of Selected Industries in Kumasi, Ghana. Vol. 11, No. 1, pp: 30-41.
4. **Bancsi, I., 1980.** The Rotatoria fauna of the flood-plain of the Bodrog at Sarospatak. Tiscia (Szeged). Vol. 15, pp: 61-92.
5. **Bartram, J. and Balance, R., 1996.** Water Quality Monitoring - A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. UNEP and WHO. 348 P.
6. **Bellinger, E.G. and Sigee, D.C., 2010.** Freshwater algae identification and Use as Bioindicators. Blackwell, John Wiley & Sons, Ltd, 285 P.
7. **Bozkurt, A. and Akin, Ş., 2012.** First record of Eudiaptomus gracilis (G.O. Sars, 1863) (Copepoda: Diaptomida) in the inland waters of Turkey. Turk J Zool. Vol. 36, No. 4, pp: 503-511.
8. **Edmonson, W.T., 1965.** Reproductive rate of planktonic rotifers as related to food and temperature in nature. Ecol Monogr. Vol. 35, pp: 61-111.
9. **Egborge, A.B.M., 1972.** A preliminary checklist of the zooplanktonic organisms of the River Oshun in the Western State of Nigeria. Nigeria Journal of Science. Vol. 6, pp: 67-71.
10. **Ekpo, I.E.; Chude, L.A.; Onuoha, G.C. and Udoh, J.P., 2012.** Studies on the physico-chemical characteristics and nutrients of a tropical rainforest river in southeast Nigeria. AACL Bioflux. Vol. 5, No. 3, pp: 142-162.
11. **Florin, M.B., 1957.** Plankton of fresh and brackish waters in the Södertälje area. Almqvist & Wiksells boktr. 144 P.
12. **Forró, L.; Korovchinsky, N.M.; Kotov, A.A. and Petrusek, A., 2008.** Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. Hydrobiologia. Vol. 595, pp: 177-184.
13. **Garg, R.K.; Rao, R.J.; Uchchariya, D.; Shukla, G. and Saksena, D.N., 2010.** Seasonal variations in water quality and major threats to Ramsagar reservoir, India. Afr. J. Environ. Sci. Technol. Vol. 4, No. 2, pp: 61-76.
14. **Goswami, S.C., 2004.** Zooplankton Methodology, Collection & Identification – a field Manual. National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa. 24 P.

15. **Hur, J.; Lee, B.M.; Lee, T.H. and Park, D.H., 2010.** Estimation of Biological Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Combined Sewer Systems Using Synchronous Fluorescence Spectra. Sensors. Vol. 10, pp: 2460-2471.
16. **Harikrishnan, K. and Abdul Azis P.K., 1989.** Ecology of the Neyyar reservoir-A Preliminary report: In proceedings of Kerala Science Congress, Cochin. pp: 140-145.
17. **Ishaq, F. and Khan, A., 2013.** Comparative assessment of physico-chemical conditions and Plankton diversity of River Tons and Asan in Dehradun District of Uttarakhand. Adv. Appl. Sci. Res. Vol. 4, No. 2, pp: 342-355.
18. **Jafari, N. and AlaviI, S.S., 2010.** Phytoplankton community in relation to physico-chemical characteristics of the Talar River, Iran. J. Appl. Sci. Environ. Manage. Vol. 14, No. 2, pp: 51-56.
19. **Joshi, D.M.; Bhandari, N.S.; Kumar, A. and Agrawal, N., 2009.** Statistical analysis of physicochemical parameters of water of River Ganga in Haridwar direct. Rasayan J.Chem. Vol. 2, No. 3, pp: 579-587.
20. **Kazanci, N.; Oguzkurt, D.G. and Dugel, M., 2009.** Multivariate analysis of phytoplankton assemblages in Beyflehir Lake (Turkey) as a tool of water quality monitoring and management. Review of Hydrobiology. Vol. 1, pp: 45-56.
21. **Laher, D.J.G. and Lopes, S.G.B.C., 2009.** Evaluating the Taxonomic Identity in Four Species of the Lobose Testate Amoebae Genus *Arcella* Ehrenberg, 1832. Acta Protozool. Vol. 48, No. 2, pp: 127-142.
22. **Lobo, E.A.; Callegaro, V.L.M.; Hermany, G.; Bes, D.; Wetzel, C.A. and Olivera, M.A., 2004.** Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. Acta Limnol. Bras. Vol. 16, No. 1, pp: 25-40.
23. **Makarewicz, J.C., 1984** Phytoplankton and zooplankton in Lakes Erie, Lake Huron, and Lake Michigan. U. S. Environmental Protection Agency. 276P.
24. **Megyeri, J., 1961.** Osszehasonifto hidrofaunisztikai vizsgalatok a Tisza holtagain. (Comparative hydrofaunistic investigations in the dead-arms of the Tisza. Acta Acad. Ped. Szeged. pp: 121-133.
25. **Miller, S.A. and Harley, J.P., 2001.** Zoology, 5th Edition.McGraw Hill, Boston, MA. pp: 110-130.
26. **Nirmal Kumar, J.I. and Oommen, C., 2011.** P Phytoplankton composition in related to hydrochemical properties of tropical community wetland, Knewal, Gujarat, India. Applied Ecology and environmental research. Vol. 9, No. 3, pp: 279-292.
27. **Paulose, P.V. and Maheshwari, K., 2008.** Seasonal Variation in Zooplankton Community Structure of Ramgarh. Lake, Jaipur, Rajasthan. Proceedings of Taal, the 12th World Lake Conference. pp: 82-87.
28. **Peerapornpisal, Y.; Preechapanya, P.; Wanathong, P. and Promkutkaew, S.,** Use of macroalgae and benthic diatom for water quality assessing in Mae Chaem stream, Chiang Mai, Thailand. Bibliographic research and thesis. Vol. 27, pp: 321-333.
29. **Pillay, K. and Pillay, S., 2013**. Statistical Analysis of Physico-chemical Properties of the Estuaries of KwaZulu-Natal, South Africa. Int. J. Environ. Res. Vol. 7, No. 1, pp: 11-16.
30. **Reihan-Reshteh, R. and Rahimian, H., 2014.** Rotifers of southwest Iran: a faunistic and biogeographical study. Turkish Journal of Zoology. Vol. 38, pp: 525-537
31. **Saenger, P., 1989.** Chrysophytes: aspects and problems by J Kristiansen & RA Andersen-Book review', Australian Journal of Ecology. vol. 14, pp: 563-564.
32. **Sharma, K.D. and Singh, R.P., 2013.** Correlation between physico-chemical parameters and phytoplanktons of Tighra reservoir, Gwalior, Madhya Pradesh. I.J.S.N. VOL. 4, No. 1, pp: 90-95.
33. **Suresh, S.; Thirumala, S. and Ravind, H.B., 2011.** Zooplankton Diversity and its Relationship with Physico- Chemical Parameters in Kundavada Lake, of Davangere District, Karnataka, India**.** ProEnvironment. Vol. 4, pp: 56-59 .
34. **Thorp, J.H and Covich, A.P., 2001.** Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates, Second Edition. A Harcourt Science and Technology Company, San Diego, California, USA. 1073 P.
35. **Tidame, S.K. and Shinde, S. S.,** Report on correlation of zooplankton with physico- chemical factors from freshwater temple pond. Journal of Experimental Sciences. Vol. 3, No. 7, pp: 13-16.
36. **Tijare, R.V. and Thosar, M.R., 2008.** Rotifer Diversity in Three Lakes of Gadchiroli, a Tribal District of. Maharashtra (India). Proceedings of Taal2007: The 12th World Lake Conference. pp: 480-483.
37. **Todorov, M. and Golemansky, V., 2003.** Morphology, Biometry and Ecology of *Arcella excavata* Cunningham, 1919 (Rhizopoda: Arcellinida). Acta Protozool. Vol. 42, No. 2, pp: 105-111.
38. **Tsyganov, A. and Mazei, Y., 2006.** Morphology, biometry and ecology of *Arcella gibbosa* Penard 1890 (Rhizopoda, Testacealobosea). Protistology. Vol. 4, No. 3, pp: 279-294.
39. **Wiśniewska, M., 2010.** Phytoplankton dynamics in the reservoir lake "Żur" on the Pomeranian Wda River. International Journal of Oceanography and Hydrobiology. Vol. 19, No. 4, pp: 157-171**.**
40. **Yang, J.; Meisterfeld, R.; Zhang, W. and Shen, Y., 2005.** Difflugia mulanensis nov. spec., a freshwater testate amoeba from Lake Mulan, China. European Journal of Protistology. Vol. 41, No. 4, pp: 269-276.
41. **Yilmaz, N. 2013.** Phytoplankton composition of Sazlidere Dam Lake, Istanbul, Turkey. Maejo Int. J. Sci. Technol. Vol. 7, No. 2, pp: 203-211.
42. **Zhou, G.; Zhao, X.; Bi, Y.; Liang, Y.; Hu, J.; Yang, M.; Mei, Y.; Zhu, K.; Zhang, L. and Hu, Z., 2010.** Phytoplankton variation and its relationship with the environment in Xiangxi Bay in spring after damming of the Three-Gorges, China. Environ. Monit. Assess. Vol. 176, pp: 125-141.