مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۴، شمارهٔ ۱

بررسی پراکنش و فراوانی پلانکتونی در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد قلعه‌چای

جلیل سبک‌آرا*، مرضیه مکارمی

پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران

* نویسندهٔ مسئول: jsabkara@yahoo.com

تاریخ دریافت: مهرماه ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: آذرماه ۱۳۹۹

چکیده

در طرح توسعهٔ آبزی‌پروری و افزایش تولید در دریاچهٔ پشت سد قلعه چای در عجب‌شیر آذربایجان شرقی، بررسی‌های پلانکتونی به‌عنوان مطالعات پایه در جهت افزایش تولیدات ماهی در این دریاچه در نظر گرفته شد. در این طرح ۵ ایستگاه مطالعاتی در محوطهٔ دریاچهٔ سد و ورودی رودخانه در نظر گرفته شد. بررسی‌ها به‌صورت فصلی از زمستان سال ۱۳۸۹ شروع و به مدت یک سال تا پاییز ۱۳۹۰ ادامه یافت. برای بررسی فیتوپلانکتون یک لیتر آب (فیلتر نشده) وجهت نمونه‌برداری زئوپلانکتون نیز ۳۰ لیتر آب توسط تور شکار زئوپلانکتون ۳۰ میکرون فیلتر شد. نمونه‌ها با فرمالین به نسبت ۴ درصد فیکس شده و در آزمایشگاه بعد از آماده سازی، با میکروسکوپ اینورت شناسایی و شمارش شدند. در مطالعات فیتوپلانکتونی ۲۷ جنس از ۵ شاخه شناسایی شدند. بیشترین فراوانی مربوط به شاخهٔ باسیلاریوفیتا بوده که ۸۱/۱ درصد تراکم فیتوپلانکتونی را به خود اختصاص داده و جنس‌های مهم آن عبارت از *Cyclotella*، *Nitzschia* بودند. در مطالعات زئوپلانکتونی درمجموع ۵ شاخه زئوپلانکتونی و ۲۳ جنس شناسایی شدند. جمعیت غالب زئوپلانکتونی دریاچهٔ مخزنی قلعه‌چای مربوط به شاخهٔ سیلیوفورا (مژه‌داران) بود که جنس‌های مهم آن عبارت از *Tintinnopsis* و *Tintinnidium* بودند. درمجموع مژه‌داران با ۶۸/۱ درصد جمعیت زئوپلانکتونی دریاچه، بیشترین فراوانی را داشتند. مقایسهٔ مشاهدات پلانکتونی نشان داده که این سد مخزنی دارای استعداد و دارای گونه‌های مناسب پلانکتونی جهت تغذیه و پرورش ماهیان و لاروهای آن‌ها بوده، بنابراین می‌توان از ذخایر طبیعی این منبع آبی جهت افزایش تولید ماهیان باارزش شیلاتی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، پتانسیل تولید شیلاتی، قلعه‌چای، استان آذربایجان غربی

مقدمه

محدودیت منابع آب شیرین، برداشت بیش‌ازحد آب‌های زیرزمینی و سرانجام هجوم جبهه‌های آب شور به شیرین، احداث سدهای مخزنی را در اولویت کارهای عمرانی قرار می‌دهد. صنعت سد سازی با شیوه‌های مدرن به‌ویژه سدهای با مقیاس بزرگ در حدود سه دهه قبل در ایران آغاز گردیده است. مطالعه و طراحی سدهای مخزنی بزرگ از حدود سال‌های ۱۳۲۷ شروع و احداث این سدها از اواخر دههٔ ۱۳۳۰ صورت عملی به خود گرفت.

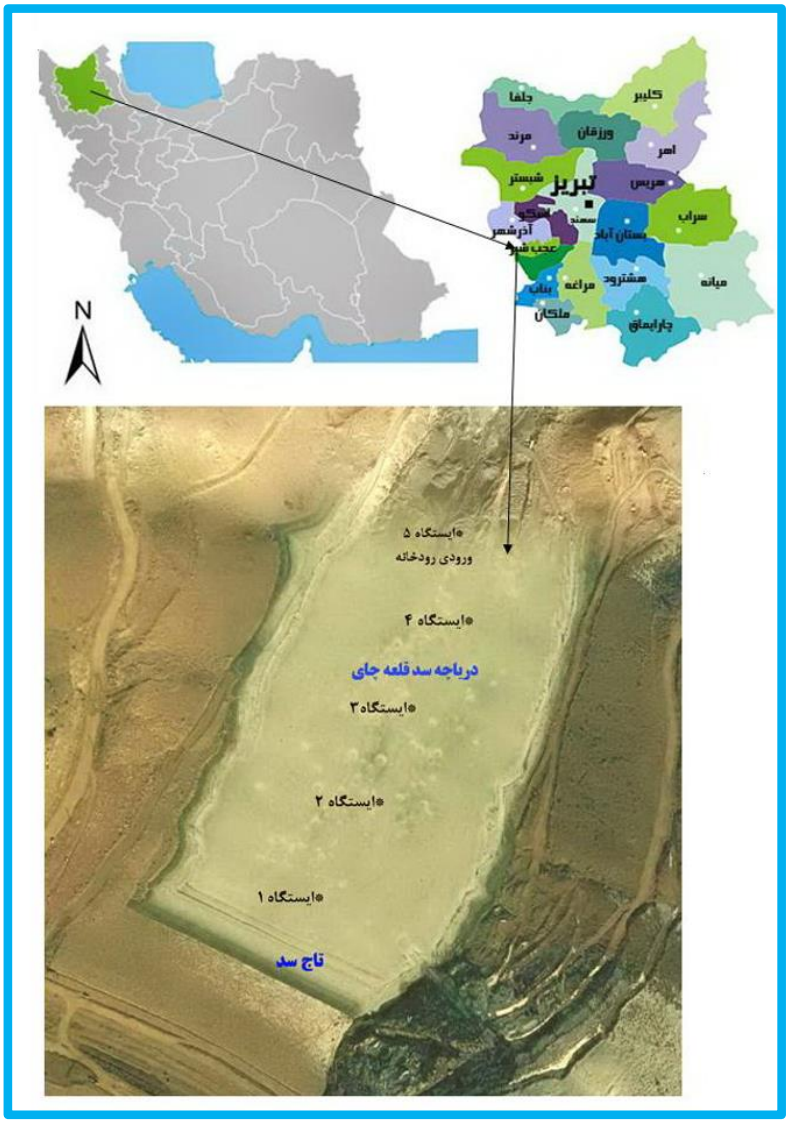
بر اساس آخرین آمار ارائه‌شده توسط سازمان آب کشور، برنامه سدسازی در ایران شامل حدود سد است که ۶۴۷ سد در حال بهره‌برداری بوده و مابقی فازهای مطالعاتی و اجرایی را طی می‌کنند. این سدها برحسب مصالح و عملکرد شامل سدهای خاکی، سدهای بتنی وزنی، سدهای بتنی قوسی و سدهای بتنی پشت‌بنددار می‌باشند. این سازه‌ها که در مسیر رودخانه و برای ذخیره‌سازی منابع آب رودخانه‌ها با اهداف متفاوت احداث می‌شوند، سبب پیامدهای گسترده‌ای در سیستم یکپارچهٔ اکولوژیکی محیط‌زیست می‌شوند (عبدی، ۱۳۸۳).

تولید در هر اکوسیستم آبی وابسته به شرایط زنده و غیرزنده آن است، که مهم‌ترین عامل دراین‌بین وجود مواد بیوژن در آن بوده که سبب افزایش تولیدات اولیه یعنی فیتوپلانکتون شده که در زمرهٔ تولیدات اصلی هر منبع آبی و سرچشمهٔ حیات در آب‌ها می‌باشند. ارتباط تنوع و تراکم فیتوپلانکتون‌ها با سایر آبزیان در بخش شیلات از اهمیت بسزایی برخوردار است (Millman *et al*., 2005)، فیتوپلانکتون‌ها یک منبع غذایی مناسب برای زئوپلانکتون‌ها بوده که خود در مقام بعدی از اهمیت ویژه‌ای در زنجیرهٔ غذایی برخوردار و از ساکنان دائمی آب‌های جاری یا ساکن هستند. از طرفی ماهیان در دوران لاروی به میزان زیادی آن‌ها را به مصرف می‌رسانند، چنانچه لاروهای بسیاری ماهیان از Cladocera و Copepoda تغذیه می‌کنند (Sridhar *et al*., 2010). روتیفرها، بخصوص گونهٔ *Brachionus calyciflorus* یک منبع غذایی عالی جهت تغذیهٔ لاروهای ماهیان آب شیرین هستند (Awales,1991; Watanabe *et al*., 1983). اهمیت روتیفرها در تغذیهٔ لارو ماهیان ازنظر میزان پروتئین و انرژی بخصوص اسیدهای چرب نوع (۳ -Omega) که سبب بالا رفتن فرایندهای گوارشی آن‌ها می شود، قابل‌توجه است (Lubzens, 1989). بنابراین در مطالعات سدهای مخزنی تعیین سطح تولیدات اولیه و ثانویه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Goodland, 1978).

با توجه به قدمت مطالعات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی منابع آبی در سایر کشورها، این مطالعات در ایران سابقه چندانی نداشته و تنها به مطالعهٔ برخی آبگیرها معطوف شده است. همچنین تاریخچهٔ مطالعات سد مخزنی ارس توسط مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان نشان می‌دهد که این مطالعات از سال ۱۳۵۳ شروع و به‌تناوب تا سال ۱۳۸۰ ادامه داشته و هدف از مطالعات پلانکتونی در این سد مخزنی توجه به کاربردهای شیلاتی با تکیه‌بر ابعاد لیمنولوژیک جهت ضمانت بهره‌برداری از دریاچهٔ سد ارس بوده است (سبک‌آرا، ۱۳۷۴؛ سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۸۰). مطالعات جامع سدهای مخزنی ماکو، مهاباد و حسنلو نیز توسط این مرکز انجام و نتایجی مشابه درزمینهٔ ماهی دار کردن این مخازن به دست آمد (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۷۷؛ سبک‌آرا، ۱۳۹۸ و سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴). مطالعات پلانکتونی دریاچه‌های پشت سد در جمهوری آذربایجان و درزمینهٔ تحقیقات هیدرولوژی و هیدروبیولوژی ازجمله بر روی سد مخزنی ارس‌انجام شده، اما کامل‌ترین بررسی بر روی سد مخزنی ارس، توسط محمداف (۱۹۹۰) در طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۷ صورت گرفته و هدف آن بررسی رشد، پراکنش و تولیدات زئوپلانکتون همچنین نقش آن‌ها در منابع غذایی ماهیان و خود پالایی آب بود. تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای روی این سد مخزنی انجام نشده به همین خاطر لازم بود که تحقیقات مستمر و همه‌جانبه‌ای درزمینهٔ هیدرولوژی و هیدروبیولوژی آن صورت گیرد. با انجام این مطالعات می‌توان به استعدادهای بالقوهٔ این منبع آبی برای طرح‌های تولیدی شیلاتی نظیر افزایش ذخایر ماهیان در این منطقه، احداث و توسعه کارگاه‌های پرورش ماهی و پرورش ماهی در قفس دست‌یافت و از جمع‌بندی کل نتایج به‌دست‌آمده می‌توان در اجرای طرح‌های ماهی دار کردن دریاچهٔ سد توسط ماهیان پلانکتون خوار و سایر آبزیان باارزش شیلاتی استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

ساخت گاه سد قلعه‌چای عجب شیر روی رودخانه قلعه‌چای در مختصات جغرافیایی عرض ۳۷ درجه و ۳۱ دقیقهٔ شمالی و طول ۴۶ درجه و ۷ دقیقهٔ شرقی به مساحت ۳۷ هکتار بین دو روستای ینگجه و تجرق در ۲۰ کیلومتری شهرستان عجب‌شیر در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. منبع اصلی تأمین آب این دریاچه از رودخانهٔ قلعه چای و سالانه به میزان ۱۶/۸ میلیون مترمکعب است (یوسف‌زاد، ۱۳۹۱). سد قلعه‌چای با هدف استحصال ۵۵ میلیون مترمکعب آب از آب رودخانهٔ قلعه چای و آبیاری ۱۱ هزار و ۹۰۰ هکتار از اراضی پایاب ساخته شده است. در این راستا ۵ ایستگاه در بخش‌های ورودی، خروجی و پهنهٔ آبی دریاچهٔ سد جهت مطالعه در نظر گرفته شد. شماره و نام ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچهٔ سد قلعه چای در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در دریاچهٔ سد قلعه‌چای

نمونه‌برداری‌ها به‌صورت فصلی از زمستان سال ۱۳۸۹ آغاز و در پاییز سال ۱۳۹۰ خاتمه یافت. جهت نمونه‌برداری فیتوپلانکتونی در پیکرهٔ دریاچهٔ سد بلورلایه‌ای و توسط روتنر یک لیتر آب در هر ایستگاه از اعماق (سطح، ۵، ۱۰ متری و پایین‌تر بر حسب عمق ایستگاه) برداشت و باهم همگن شده و یک نمونه از ستون آب برداشت شد. نمونه‌برداری زئوپلانکتونی نیز با توجه به موقعیت و عمق ایستگاه‌ها صورت‌گرفت به‌طوری‌که در پیکرهٔ دریاچهٔ سد توسط تور کمرشکن (Juday net)، با مش ۵۵ میکرون و به شکل کشش عمودی از کف تا سطح، یک نمونه از ستون آب گرفته شد. نمونه‌ها با فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت و جهت مطالعه به آزمایشگاه منتقل‌شدند. در آزمایشگاه نمونه‌های فیتوپلانکتونی بعد از همگن کردن توسط پیپت به محفظه‌های ۵ میلی‌لیتری شمارش منتقل و پس از گذشت زمان کافی جهت رسوب (حداقل ۲۴ ساعت)، به‌وسیلهٔ میکروسکوپ اینورت ازنظر کمی و کیفی بررسی‌شدند. نمونه‌های زئوپلانکتونی نیز بعداز تعیین حجم عصاره آب فیلترشده مطابق روش گفته شده مورد شناسایی و شمارش قرار گرفتند.

روش نمونه‌برداری و محاسبهٔ تراکم جمعیتی پلانکتون‌ها با استفاده از منابع:

Boney, 1989; Harris *et al*., 2000; APHA, 2005

و جهت شناسایی از منابع:

Kutikowa, 1970; Edmondson, 1976; Presscot, 1976; Patric and Reimer, 1975; Pontin, 1978; Maosen, 1983; Thorp and Covich, 2009; Wehr *et al*., 2015; Bellinger and Sigee, 2010; Bledzki and Rybak, 2016

استفاده شد. درنهایت تراکم پلانکتونی در لیتر در هر ایستگاه تعیین و در فرم‌های اطلاعاتی شاخه‌بندی شده ثبت و تراکم شاخه‌ها و سرانجام تراکم کل محاسبه گردید. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA)، جهت وجود تفاوت معنی‌دار در گروه‌های پلانکتونی برحسب فصول و ایستگاه‌ها، از نرم‌افزار SPSS 16 برای انجام محاسبات آماری و از نرم‌افزار Excel 2010 جهت ترسیم نمودارها استفاده گردید.

یافته‌ها

پلانکتون‌ها بزرگ‌ترین تولیدکنندگان اولیه و ثانویه در محیط‌های آبی هستند که منبع مهم غذایی برای سایر موجودات آبزی ازجمله نکتون‌ها بشمار می‌آیند (Naz and Turkmen, 2005). ترکیب جنس‌ها و تغییرات فصلی آن‌ها به فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی وابسته است. قابلیت دست‌یابی به مواد مغذی در سطوح گسترده می‌تواند تعیین‌کنندهٔ تنوع در تولیدکنندگان اولیه باشد (Raghukumar and Anil, 2003). تغییر در ترکیب جنس‌ها و غالبیت فیتوپلانکتون توسط مکانیزم‌های متفاوتی مانند محدودیت دمایی، میزان نور، مواد مغذی، ته‌نشینی آن‌ها و مصرف توسط زئوپلانکتون و غیره رخ می‌دهد (Ortega - Mayagoitia *et al*., 2003). فیتوپلانکتون به‌عنوان اولین تولیدکننده کربن آلی در زنجیرهٔ غذایی منابع آبی شناخته می‌شود.

در محیط‌های آبی فعالیت‌های زیستی با فتوسنتز آغاز که خود منجر به تشکیل اولین حلقهٔ زنجیرهٔ حیاتی یعنی فیتوپلانکتون گردیده که اساس تغذیه را در هرم غذایی آبزیان تشکیل می‌دهد شدت رشد و توسعهٔ آن‌ها نیز متأثر از عناصری نظیر فسفر، ازت، اکسیژن، هیدروژن و کربن در آب است. از میان عناصر نامبرده شده ازت و فسفر از مهم‌ترین عناصر رشد و توسعهٔ پلانکتونی بشمار رفته که کمبود آن‌ها در محیط‌های آبی منجر به کاهش شدید تولیدات اولیه می‌گردد. با افزایش فیتوپلانکتون جمعیت زئوپلانکتون نیز افزون شده و تراکم آن‌ها به‌طور نسبی کنترل می‌گردد. زئوپلانکتون دومین حلقهٔ زنجیرهٔ غذایی در محیط‌های آبی را تشکیل داده که فیتوپلانکتون را به مصرف رسانده و خود مورد تغذیهٔ نکتون‌ها قرار می‌گیرند. مواد دفعی و بقایای

موجودات زنده در اکوسیستم‌های آبی توسط تجزیه‌کنندگان به مواد غذایی ساده‌تر تبدیل و در زنجیرهٔ غذایی دوباره به مصرف می‌رسند.

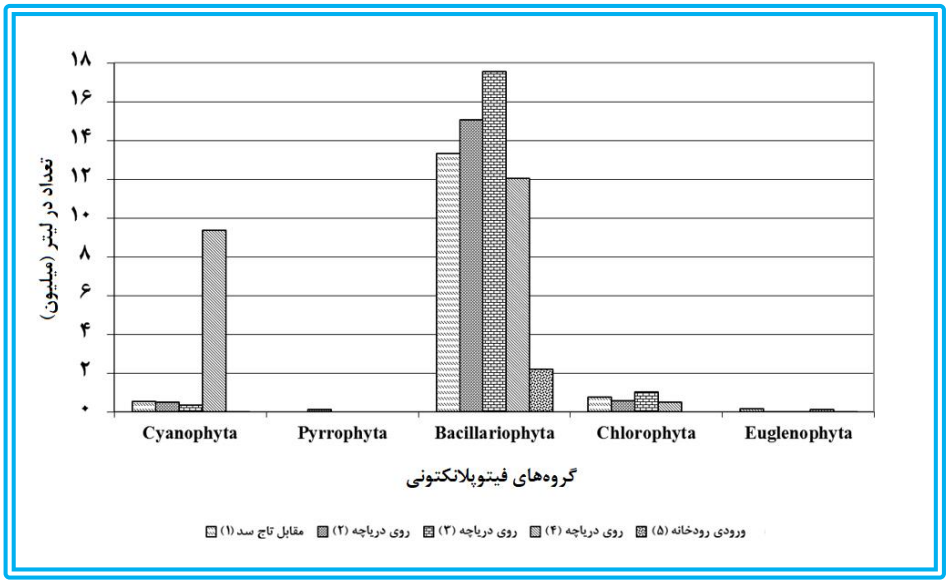
در این تحقیق فیتوپلانکتون‌های دریاچهٔ قلعه چای عجب‌شیر از دو جنبهٔ کمی و کیفی مورد مطالعه قرار گرفتند. به‌طورکلی ۲۷ جنس از ۵ شاخه شناسایی شدند که شامل شاخه‌های Bacillariophyta یا دیاتوم‌ها با ۱۰ جنس، Chlorophyta (جلبک‌های سبز) ۱۱ جنس، Cyanophyta (جلبک‌های سبز- آبی) ۳ جنس، Euglenophyta با ۲ جنس و Pyarrophyta یا دینوفلاژلاتا با ۱ جنس بودند. بیشترین فراوانی جمعیتی مربوط به شاخهٔ باسیلاریوفیتا و ازنظر تنوع شاخه‌های کلروفیتا و باسیلاریوفیتا تقریباً نزدیک به هم بودند.

در فصل زمستان ایستگاه ۱ (مقابل تاج سد)، با فراوانی ۵۳۵۰۰۰۰ عدد در لیتر و در فصل بهار ایستگاه ۲(روی دریاچه) با فراوانی ۵۲۶۵۰۰۰۰ عدد در لیتر و در فصل تابستان ایستگاه ۴ (روی دریاچه) با فراوانی ۳۰۹۷۵۰۰۰ عدد در لیتر و در فصل پاییز ایستگاه ۳ (روی دریاچه) با فراوانی ۱۰۴۰۰۰۰ عدد در لیتر حداکثر جمعیت فیتوپلانکتونی را داشتند. در فصل زمستان ایستگاه ۲ (روی دریاچه) با فراوانی ۳۱۰۰۰۰۰ عدد در لیتر و در فصل بهار و پاییز ایستگاه ۵ (ورودی رودخانه)، به ترتیب با فراوانی‌های ۱۲۰۰۰۰۰ و ۵۴۰۰۰۰ عدد در لیتر و در فصل تابستان ایستگاه ۳ (روی دریاچه) با فراوانی ۶۲۵۰۰۰۰ عدد در لیتر حداقل جمعیت فیتوپلانکتونی را داشتند (شکل‌های ۲ و ۳).

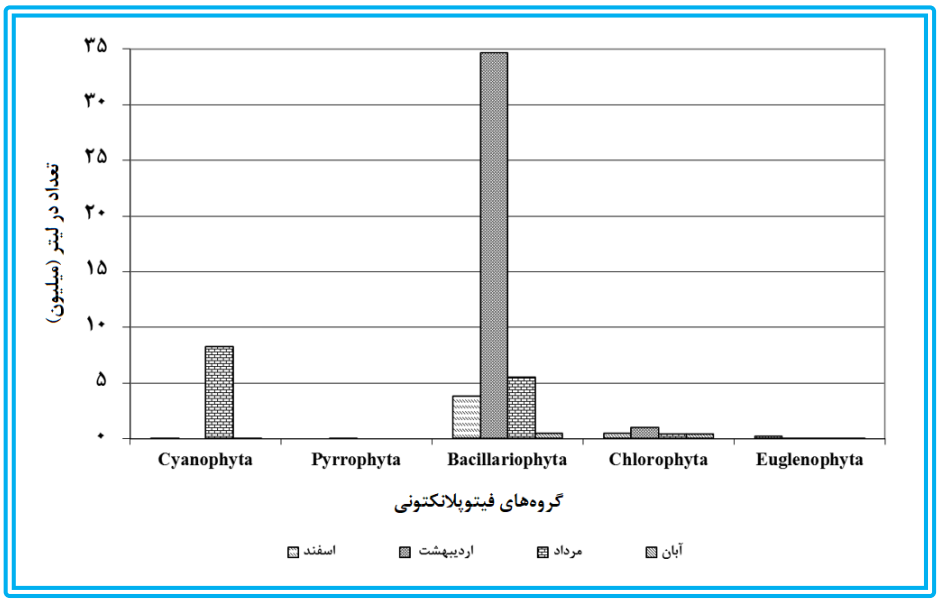
درمجموع میانگین فراوانی شاخهٔ باسیلاریوفیتا در طی چهار دوره نمونه‌برداری ۱۲۰۳۵۳۳۳ عدد در لیتر بود که ۸۱/۱ درصد تراکم این بررسی را به خود اختصاص داد. شاخه سیانوفیتا با ۱۴/۴ درصد و میانگین فراوانی ۲۱۴۲۰۰۰ عدد در لیتر در رتبهٔ دوم قرار داشت. شاخهٔ کلروفیتا با ۳/۸ درصد و میانگین فراوانی ۵۷۰۵۰۰ عدد در لیتر، شاخه‌های اوگلنوفیتا و پیروفیتا به ترتیب با ۰/۵ و ۰/۲ درصد و فراوانی‌های ۷۱۹۱۷ و ۲۲۵۰۰ عدد در لیتر در رده‌های بعدی بودند (شکل ۴).

در فصل زمستان ایستگاه ۵ ورودی رودخانه با فراوانی ۸۱۲ عدد در لیتر و در فصل بهار ایستگاه ۲ روی دریاچهٔ سد با فراوانی ۲۶۵ عدد در لیتر و در فصل تابستان و پاییز ایستگاه ۱ مقابل تاج سد با فراوانی‌های ۶۰ و ۴۰۴ عدد در لیتر بیشترین جمعیت را داشتند. ایستگاه ۱ با فراوانی ۵۶۲ عدد در لیتر در فصل زمستان و ایستگاه ۵ ورودی رودخانه به ترتیب با فراوانی‌های ۹۶ و ۳۶ عدد در لیتر در فصول بهار و پاییز و ایستگاه ۴ روی دریاچهٔ سد با فراوانی ۱۷ عدد در لیتر و در فصل تابستان کمترین جمعیت را داشتند. جمعیت زئوپلانکتونی در فصل تابستان در تمامی ایستگاه‌های این دریاچه در مقایسه با فصول قبل و بعد کم بود (شکل‌های ۵ و ۶).

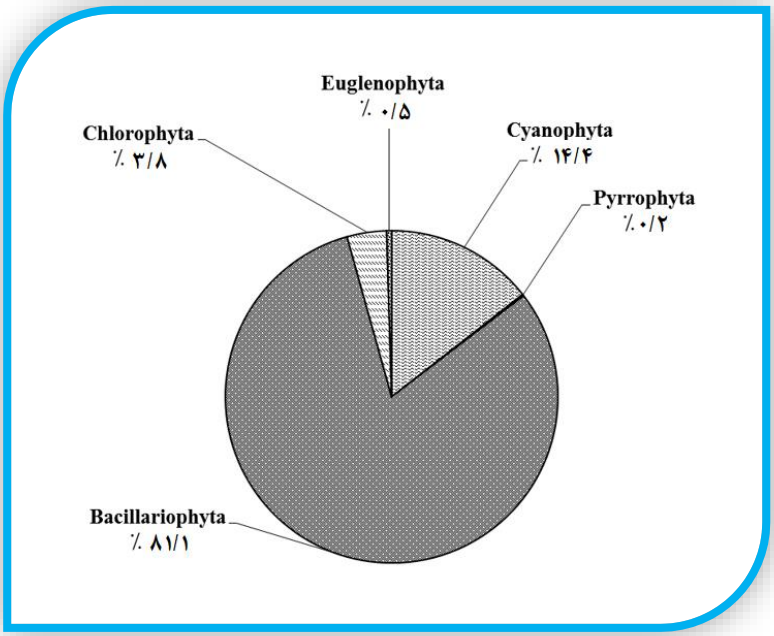
جمعیت غالب پلانکتونی دریاچهٔ مخزنی قلعه چای را Protozoa تشکیل داده و بعدازآن Rotifera قرار داشت. جنس‌های شناسایی‌شده در شاخهٔ مژه‌داران عبارت از Tintinnopsis و Tintinnidium بوده و در این شاخه به دلیل تأثیر مادهٔ تثبیت‌کننده، بسیاری از جنس‌ها شکل اصلی خود را ازدست‌داده و تحت عنوان ناشناخته (Unkown)، نام‌گرفتند. این گروه در فصل زمستان از فراوانی بالایی برخوردار بودند. از شاخهٔ Rhizopoda جنس‌های Arcella Centopyxis و Cyphoderia از دیگر پروتوزوآهای مشاهده‌شده در این دریاچه بودند. وجود بادهای محلی و مواج بودن دریاچهٔ سد یکی از عوامل افزایش کدورت آب شده که درنتیجهٔ آن جمعیت غالب را پروتوزوآ تشکیل دادند. در بسیاری موارد همچون دریاچهٔ شویر جمعیت غالب راTintinnopsis تشکیل می‌دهند (میرزاجانی، ۱۳۸۷). این جمعیت دارای پوستهٔ سخت شبیه به صدف بوده و از نانوپلانکتون و پیکوپلانکتون تغذیه می‌کنند و متعلق به آب‌های هتروتروف و آتوتروف هستند. کوپه‌پوداها از مصرف‌کنندگان Tintinnopsis بوده و شاید یکی از دلایل بالا بودن جمعیت پروتوزوآ در دریاچهٔ شویر (میرزاجانی، ۱۳۸۷) و قلعه چای (یوسف زاد، ۱۳۹۱)، کم بودن جمعیت کوپه‌پودا باشد.



شکل ۲. میانگین فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در ایستگاه‌های دریاچهٔ سد قلعه‌چای ۹۰-۱۳۸۹



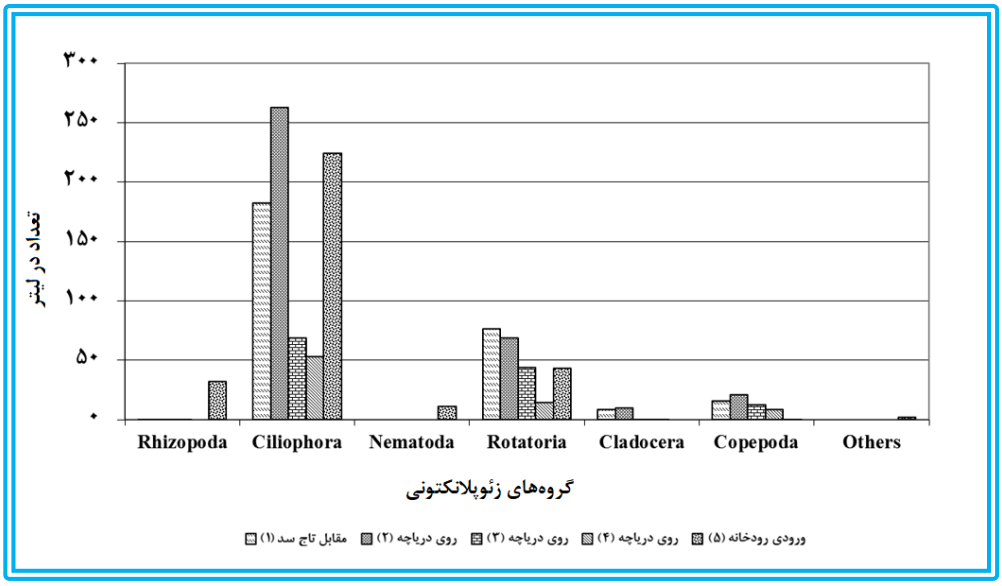
شکل ۳. میانگین فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در ماه‌های مختلف در دریاچهٔ سد قلعه‌چای ۹۰-۱۳۸۹



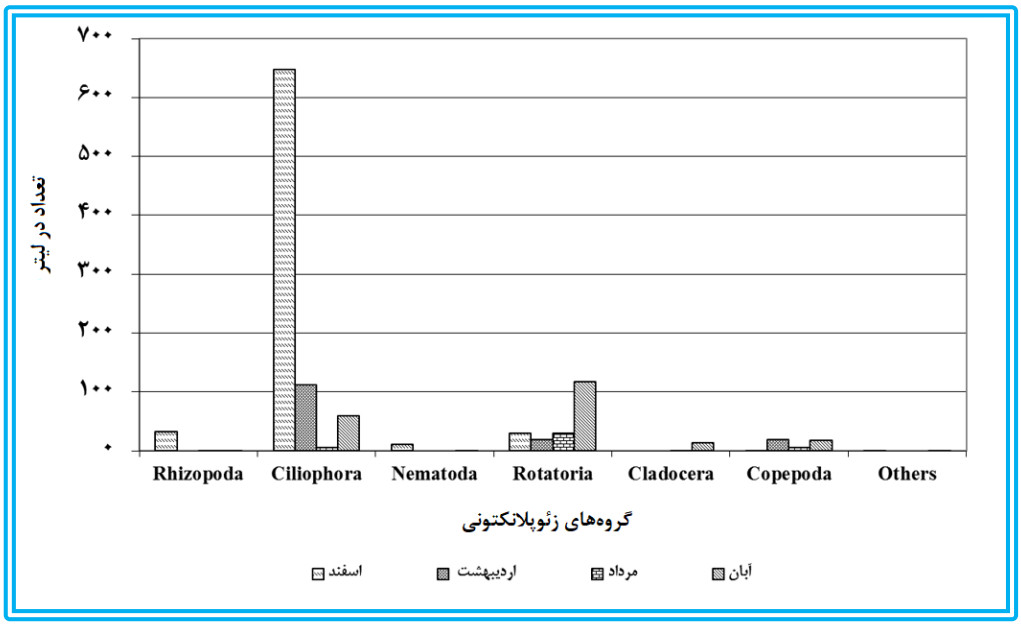
شکل ۴. درصد سالانه گروه‌های فیتوپلانکتونی در دریاچهٔ سد قلعه‌چای ۹۰-۱۳۸۹

در این بررسی در فصل زمستان ۱۳۸۹ و بهار و پاییز ۱۳۹۰، بیشترین میانگین تراکم فیتوپلانکتونی مربوط به شاخهٔ باسیلاریوفیتا با جنس‌های *Cyclotella*، *Nitzschia*، *Achnanthes* و *Diatoma* بود. شاخه کلروفیتا با جنس‌های *Scenedesmus* و *Carteria* در رتبهٔ دوم قرار دا شت. شاخه‌های سیانوفیتا، اوگلنوفیتا و پیروفیتا به ترتیب از تراکم کمتری برخوردار بودند. در فصل تابستان ۱۳۹۰، شاخهٔ سیانوفیتا با جنس‌های *Dactylococoopsis* و *Oscillatoria* غالب بوده و شاخهٔ باسیلاریوفیتا با جنس‌های *Cyclotella*، *Nitzschia* و *Synedra* در رتبه دوم قرار داشتند. از شاخهٔ کلروفیتا و اوگلنوفیتا نیز تعدادی نمونه مشاهده شدند.

در مطالعات زئوپلانکتونی این دریاچه در گروه زئوپلانکتون ۵ شاخهٔ زئوپلانکتونی و ۲۳ جنس شناسایی شدند. دراین‌بین از زیر سلسلهٔ Protozoa، 2 جنس مربوط به شاخهٔ Ciliophora و ۳ جنس مربوط به شاخهٔ ریزوپودا دیده شدند. از شاخهٔ Rotatoria 14 جنس و از شاخهٔ Arthropoda (بندپایان) و راستهٔ Cladocera،2 جنس به همراه مرحلهٔ جنینی و از ردهٔ Copepoda، 2 جنس به همراه مرحلهٔ ناپلی آنان و از مروپلانکتون (پلانکتون‌های غیرواقعی)، جنس شیرونوموس از خانوادهٔ Chironomidae مشاهده گردیدند. درمجموع شاخهٔ سیلیوفورا (مژه‌داران) با میانگین ۳۴۳ عدد در لیتر و ۶۸/۱ درصد جمعیت زئوپلانکتونی دریاچه، فراوان‌ترین و شاخهٔ روتاتوریا با میانگین ۴۹ عدد در لیتر و ۲۱/۲ درصد جمعیت زئوپلانکتونی دریاچه در رتبهٔ بعدی قرار داشتند.

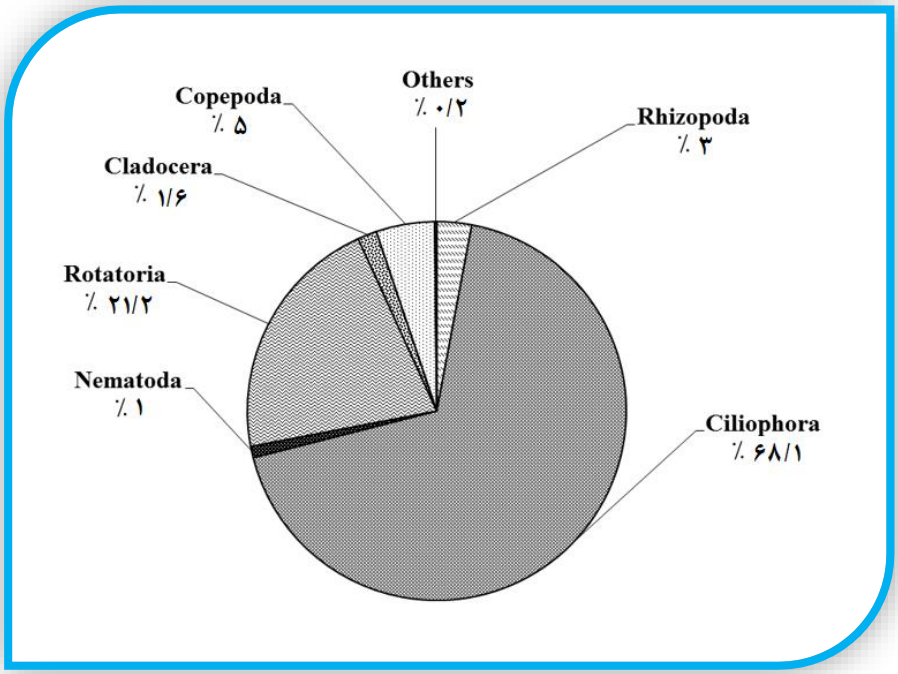


شکل ۵. میانگین فراوانی گروه‌های زئوپلانکتونی در ایستگاه‌های دریاچهٔ سد قلعه‌چای ۹۰-۱۳۸۹



شکل ۶. میانگین فراوانی گروه‌های زئوپلانکتونی در ماه‌های مختلف در دریاچهٔ سد قلعه‌چای ۹۰-۱۳۸۹

از آرتروپودا، ردهٔ کوپه‌پودا و مرحلهٔ ناپلی آن ۵ درصد و ریزوپودا ۳ درصد، کلادوسرا ۱/۶ درصد، از مروپلانکتون‌ها (پلانکتون‌های غیرواقعی) نماتودا ۱ درصد و لارو شیرونومیده (Others) ۰/۲ درصد جمعیت زئوپلانکتونی این دریاچه را تشکیل می‌دادند (شکل ۷).



شکل ۷. درصد سالانه گروه‌های زئوپلانکتونی در دریاچهٔ سد قلعه‌چای ۹۰-۱۳۸۹

جدول ۱ تغییرات فصلی فیتوپلانکتون‌های موجود و جدول ۲ تغییرات فصلی زئوپلانکتون‌ها را در دریاچهٔ سد قلعه چای نشان می‌دهد.

نتایج آنالیز واریانس (ANOVA)، نشان داد اختلاف معنی‌دار بین فراوانی گروه‌های فیتوپلانکتونی در فصول و ایستگاه‌های مختلف وجود ندارد (P>۰/۰۵). درمجموع در این بررسی ایستگاه ۴ (روی دریاچه) با فراوانی ۲۲۰۰۱۶۶۷ عدد در لیتر حداکثر و ایستگاه ۵ (ورودی رودخانه) با فراوانی ۲۲۳۰۰۰۰ عدد در لیتر دارای حداقل میانگین سالانهٔ جمعیت فیتوپلانکتونی بودند (شکل ۸).

در دریاچهٔ مخزنی قلعه چای جنس *Polyarthra* از شاخهٔ روتیفرا از فراوانی بالایی برخوردار بوده و *Conochilus*، *Trichocerca*، *Pompholyx* و *Anuraeopsis* سایر جنس‌های پرجمعیت مشاهده‌شدهٔ این شاخه در دریاچهٔ قلعه‌چای بودند. از شاخهٔ Arthropoda و از میان سخت‌پوستان آنتن‌منشعب یا کلادو سرا، جنس‌های *Daphnia* و *Alona* با مرحلهٔ جنینی آنان و از راستهٔ پاروپایان یا کوپه‌پودا جنس‌های *Cyclops* و *Diaptomus* به همراه مرحلهٔ ناپلئوسی آنان از مهم‌ترین زئوپلانکتون این دریاچه بودند. نتایج آنالیز واریانس (ANOVA)، نشان داد اختلاف معنی‌دار بین فراوانی گروه‌های

زئوپلانکتونی در فصول و ایستگاه‌های مختلف وجود ندارد (P>۰/۰۵). درمجموع ایستگاه ۲ (روی دریاچه) با فراوانی ۳۶۳ عدد در لیتر بیشترین و ایستگاه ۴ (روی دریاچه) با فراوانی ۷۶ عدد در لیتر کمترین میانگین سالانهٔ زئوپلانکتونی را دارا بودند (شکل ۸).

جدول ۱. تنوع و تغییرات فصلی فیتوپلانکتونی در دریاچهٔ سد قلعه‌چای

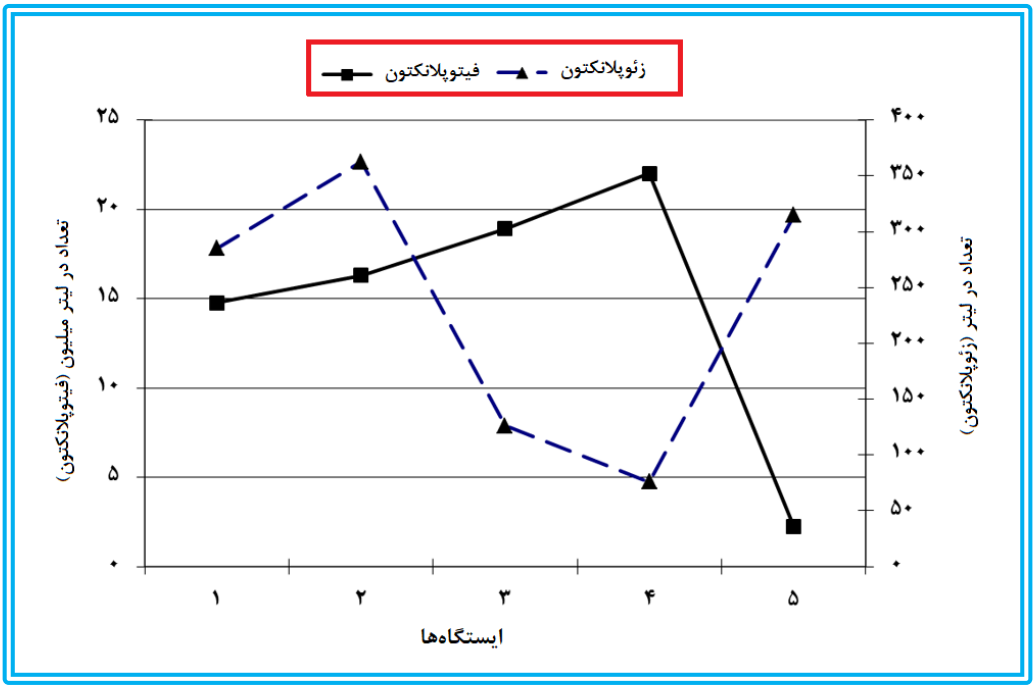
جنس‌ها	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	جنس‌ها	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
Bacillariophyta					*Crucigenia*	-	-	-	+
Achnanthes	+	-	+	+	*Dictyosphaerium*	-	+	-	-
Amphora	+	-	-	-	*Golenkinia*	-	+	-	-
Cyclotella	+	+	+	+	*Kirchneriella*	-	-	-	+
Cymbella	+	+	-	-	*Oocystis*	-	-	+	+
Diatoma	+	+	-	-	*Scenedesmus*	-	-	+	+
Gomphonema	+	+	+	+	*Schroederia*	-	-	+	-
Navicula	+	+	+	+	**Cyanophyta**				
Nitzschia	+	+	+	+	*Dactylococoopsis*	-	-	+	+
Surirella	+	-	-	+	*Microcystis*	-	-	-	+
Synedra	+	+	+	+	*Oscillatoria*	+	-	+	+
Chlorophyta					**Pyrrophyta**				
Actinastrum	-	+	+	-	*Gymnodinium*	-	+	-	-
Ankistrodesmus	-	+	+	-	**Euglenophyta**				
Carteria	+	+	-	-	*Euglena*	+	-	-	-
Cosmarium	+	-	+	-	*Trachelomonas*	+	+	+	+

حضور + عدم حضور –

جدول ۲. تنوع و تغییرات فصلی زئوپلانکتونی در دریاچهٔ سد قلعه‌چای

جنس‌ها	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	جنس‌ها	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
The protozoa					*Keratella*	-	+	+	+
Rhizopoda					*Lepadella*	-	-	+	-
Arcella	+	-	+	+	*Monostyla*	-	-	+	-
Centopyxis	+	-	-	-	*Polyarthra*	-	+	+	+
Cyphoderia	+	-	-	-	*Pompholyx*	-	+	+	-
Ciliophora					*Rotaria*	+	-	-	+
Tintinnidium	-	-	+	-	*Syncheata*	+	+	+	+
Tintinnopsis	+	+	+	-	*Trichocerca*	-	+	+	+
Unknown	+	+	+	+	**Arthropoda**				
Nematoda	+	-	-	+	**Cladocera**				
Rotatoria					*Alona*	-	-	-	+
Anuraeopsis	-	-	-	+	*Daphnia*	-	+	+	+
Ascomorpha	-	-	-	+	Cladocera emberyoni	-	+	+	-
Brachionus	-	+	+	-	**Copepoda**				
Cephalodella	+	+	+	+	*Cyclops*	+	+	+	+
Colurella	+	-	-	-	*Diaptomus*	-	-	-	+
Conochilus	-	-	+	-	Naupli copepoda	+	+	+	+
Filinia	-	-	-	+	**Chironomidae**	+	-	-	+

حضور + عدم حضور –



شکل ۸. مقایسهٔ میانگین فراوانی گروه‌های پلانکتونی در ایستگاه‌های دریاچهٔ سد قلعه‌چای ۹۰-۱۳۸۹

افزایش تولیدات ماهی در سال‌های اولیهٔ احداث سد درنتیجهٔ ورود بار مواد مغذی به محیط دریاچهٔ سد بوده که موجب رشد میکروفیت‌ها و ماکروفیت‌ها شده همچنین باکتری‌ها، پلانکتون‌ها و کفزیان نیز به‌طور هم‌زمان به‌خوبی رشد می‌کنند. این موجودات به‌طور مستقیم مورد تغذیهٔ ماهیان قرارگرفته و ماهیان شکارچی نیز دراین‌بین غذای خود را از ماهیان کوچک‌تر تأمین می‌کنند. به این خاطر در سال‌های اولیهٔ آبگیری تولید ماهی در دریاچه‌های مخزنی مطلوب هستند. بررسی‌ها نشان داده که زمینهٔ کم شدن تولیدات در سدهای مخزنی بستگی به ورود مواد مغذی برون‌زا داشته، از طرفی همان‌طور که ذکر شد افزایش رسوب‌گذاری‌ها نیز سبب می شود فون کفزیان با رسوبات از بین رفته و ماهیان کفزی‌خوار مثل کپور از منابع غذایی محروم شده و درنتیجه جمعیت آن‌ها نقصان یابد (کریم‌پور، ۱۳۸۲).

در مطالعات لیمنولوژی تالاب انزلی (کیمبال و کیمبال، ۱۳۵۳)، مطالعات جامع تالاب انزلی (خداپرست، ۱۳۷۸)، دریاچه‌های سد ماکو (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۷۷)، مهاباد (حیدری و محمدجانی، ۱۳۷۷)، ارس (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۸۰) و حسنلو (سبک‌آرا و مکارمی ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴)، نشان داده که بیشترین تراکم فیتوپلانکتونی در دو زمان اتفاق می‌افتد، یکی در تابستان که درجه حرارت مناسب است و دومین تراکم مطابق روند طبیعی تالاب‌ها و دریاچه‌ها با افزایش درجهٔ حرارت در اوایل مهر و آبان مشاهده می‌شود.

با گرم شدن هوا در فصل تابستان و تغییر درجهٔ حرارت آب، توان تولیدات اولیه در سطح دریاچه افزوده شده و درنهایت در اثر کثرت مواد بیوژن از حداکثر تولیدات برخوردار و درنتیجهٔ آن شکوفایی جلبکی (Water bloom)، معمولاً از گروه جلبک‌های سبز - آبی یا سیانوفیتا، ایجاد می‌گردد. Sze (۱۹۹۳)، بیان می‌دارد که اعضای جلبک‌های سبز - آبی در دمای بالا رشد می‌کنند. در حالت یادشده میزان نیتروژن موجود در آب کاهش می‌یابد زیرا شاخهٔ سیانوفیتا یا سیانوباکترها

تثبیت‌کننده ازت هستند (Suthers and Rissik, 2009). با توجه به اینکه سیانوباکترها از گازکربنیک و بیکربنات هر دو در فتوسنتز استفاده می‌کنند بنابراین این موجودات قادرند در شرایط pH زیاد قلیایی در دریاچه‌های یوتروف به‌سادگی فتوسنتز را انجام دهند. بدین ترتیب در چنین شرایطی، سیانوباکترها می‌توانند گروه غالب در دریاچه باشند (Wetzel, 2001؛ قاسم‌زاده، ۱۳۸۳). همان‌طور که بیان شد باسیلاریوفیتا شاخهٔ فیتوپلانکتونی غالب در این دریاچه بشمار رفته که احتمالاً یکی از دلایل این امر می‌تواند وجود سیلیس کافی در آب دریاچهٔ مذکور باشد. جنس‌های *Cyclotella* و *Nitzschia* بیشترین فراوانی و تعداد مشاهده را داشتند. اعضای شاخهٔ باسیلاریوفیتا دستهٔ بسیار متنوعی از جلبک‌های آب شیرین و آب شور را شامل می شود. این شاخه نقش اصلی در تغذیه زئوپلانکتون و همچنین سایر آبزیان دارند که به صورت تک سلولی، کلنی یا رشته‌ای دیده می‌شوند.

در ترکیب جامعهٔ زئوپلانکتونی دریاچهٔ سد قلعه چای عجب‌شیر جمعیت غالب زئوپلانکتونی را پروتوزوآ تشکیل داده اما بیشترین تنوع مربوط به روتیفرا و در فصل پاییز است. جنس‌های مختلف این شاخه به دلیل دارا بودن اسیدهای چرب نوع امگا-۳ مورد تغذیهٔ ماهیان و لاروهای آن‌ها قرار می‌گیرند. این حالت در یک دورهٔکوتاه بهاره - تابستانه که مورد تغذیهٔ تمامی بچه ماهیان قرارمی گیرند، مشهودتر است (سبک‌آرا و مکارمی، ۱۳۹۲). بررسی تغذیهٔ بچه ماهیان کپور در دریاچهٔ سد ارس را که توده‌ای‌ترین گونهٔ ماهیان در این دریاچه هستند نشان داد که زئوپلانکتون در فصل بهار، ۱۸ تا ۹۸ درصد غذای بچه‌کپور معمولی به طول ۵۰ - ۸ میلی‌متر را تشکیل می‌دهد (محمداف، ۱۹۹۰). همچنین نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تغذیهٔ ماهیان در دریاچهٔ سدهای ماکو و مهاباد (عبدالملکی و همکاران، ۱۳۷۹) و ارس (محمداف، ۱۹۹۰)، بیانگر این مسئله است که زئوپلانکتون از اواسط اردیبهشت و خرداد تا نیمهٔ اول تیرماه دارای بیشترین اهمیت شیلاتی هستند. حداکثر تولیدات زئوپلانکتونی با حداکثر مقدار لارو بچه ماهیانی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند، هم‌زمان است. از نیمهٔ دوم تیرماه مصرف زئوپلانکتون کاهش می‌یابد اما رکود تابستانی و کاهش حجم کل مخزن آبی موجب کم شدن تولید آن‌ها می‌شود که به‌مرور با تغییر فصل و پائین آمدن درجهٔ حرارت، این حالت ادامه می‌یابد.

درمجموع مهم‌ترین عامل در تولیدات پلانکتونی در دریاچه‌ها، کیفیت آب و سپس طول سواحل و حوزهٔ دریاچه نیز بسیار مهم هستند. دریاچه‌های با عمق کم تولیدات زیادتری نسبت به دریاچه‌های عمیق دارند زیرا که بیشترین منطقهٔ تولیدات، تحت تأثیر نور آفتاب قرار دارد. در دریاچه‌های کم‌عمق این لایه‌ها به سبب کم‌عمق بودن دریاچه در تماس با لایه‌های عمیق‌تر بوده و بنابراین تولیدات پلانکتونی در تمامی لایه‌های آب صورت می‌گیرد (Suthers and Rissik, 2019). فاکتورهای دیگری چون طول فصل رشد نیز در تولیدات پلانکتونی مؤثرند (Thompson, 1941). مقدار زیاد تولیدات اولیه، مرگ آن‌ها را در پی داشته و در رسوبات انباشته می شوند (Meybeck, 1992). مقایسهٔ میانگین تغییرات سالانهٔ جمعیت فیتو و زئوپلانکتونی در ایستگاه‌های مختلف نیز نشان می‌دهد که این تغییرات در طول سال در ایستگاه‌ها باهم هماهنگی دارند. بنا به عبارتی تغییرات تراکم زئوپلانکتون موازی با افزایش تراکم فیتوپلانکتون و با تأخیر زمانی کوتاهی رخ داده است. این تغییرات به‌نوعی رابطهٔ متعارف بین شکار و شکارچی را نشان می‌دهد (Watanabe *et al*., 1983).

مخازن آبی سامانه‌های اکولوژیکی پیچیده و پویایی هستند که با فعالیت‌های بشری در تعامل هستند (Rivera *et al*., 2007). اگرچه مواد مغذی برای گیاهان و جانوران حیاتی هستند، اما غلظت زیاد آن‌ها می‌تواند کیفیت آب‌وخاک را کاهش دهد. دو ماده مغذی فسفر و نیتروژن می‌توانند موجب یوتریفیکاسیون یا فراغنی شدن برکه‌ها و دریاچه‌ها شوند (Bouraoui and Grizzetti, 2008). یوتریفیکاسیون پدیده‌ای است که در پیکره‌های آبی دریافت‌کننده میزان زیاد مواد مغذی، مشاهده می‌شود. این پدیده و به دنبال آن افزایش غلظت فیتوپلانکتون می‌تواند کیفیت آب را تحت تأثیر قرار دهد (Quiblier *et al*., 2008). مشخصهٔ این پدیدهٔ شکوفایی جلبک‌های سبز یا سبز - آبی و تغییرات شدید اکسیژن محلول بوده که معمولاً محیط آب را برای زندگی ماهی‌ها و زئوپلانکتون تحمل‌ناپذیر می‌نماید. دانشمندان بر این باورند که یوتریفیکاسیون می‌تواند ترکیب گونه‌های یک زیستگاه را دگرگون کرده و شکوفایی جلبکی مضر که یکی از پیامدهای یوتریفیکاسیون است در

آب‌های سطحی سراسر جهان به‌کرات مشاهده شود (Onderka, 2007). بررسی جوامع پلانکتونی در لایه‌های مختلف آب و برآورد تولیدات اولیه در سطوح مختلف آب شمای بهتری از برآورد میزان تولید ماهی را نشان می‌دهد. در شرایط کنونی همان‌طور که بیان گردید Bacillariophyta و Cyanophyta شاخه‌های فیتوپلانکتونی غالب در دریاچهٔ قلعه چای در طول مطالعه بوده و با توجه به شاخص‌های تروفی (Sifa and Mathias, 1994)، در ردیف دریاچه‌های مزوتروف قرار می‌گیرد (Winberg, 1972).

سطح تروفی از راهه‌ای دیگر نیز قابل‌تشخیص است که برخی از آن‌ها همچون معیار تروفیکی کلروفیل a، فسفات کل و نیترات کل قابل‌ذکر می‌باشند اما معیار تروفیکی فاکتور فسفات به ازت که توسط Carlson (۱۳۸۰)، ارائه گردید (جدول ۳) از درجهٔ اطمینان بالاتری برخوردار بوده که بر اساس آن دریاچهٔ سد قلعه‌چای با قرار گرفتن در محدودهٔ ۳۰ تا ۵۰ در زمره دریاچه‌های مزوتروف است. بر اساس شاخص کلروفیل a (Vollenweider *et al*., 1982)، دریاچهٔ سد قلعه‌چای خصوصیات مزو - یوتروف (بالاتر از ۳ میکروگرم در لیتر) رانشان داده و همچنین شاخص فسفات کل بر اساس (Vollenweider *et al*., 1982)، برای دریاچه‌های مزوتروف با دامنهٔ ۰/۰۹۵–۰/۰۱ و برای دریاچه‌های یوتروف دارای دامنه ۰/۳۸–۰/۰۹۶ میلی‌گرم در لیتر بیان شده است. براین اساس دریاچهٔ سد قلعه‌چای با میزان میانگین ۰/۰۷۴ میلی‌گرم در لیتر فسفر باید جزء دریاچه‌های مزوتروف طبقه‌بندی شود (Boyd, 1998). این دریاچه با استفاده از شاخص Carlson (۱۹۸۰)، در گروه مزو-یوتروف قرار می‌گیرد (یوسف‌زاد، ۱۳۹۱). میانگین ازت کل برای دریاچه‌های مزوتروف بر اساس (Vollenweider *et al*., 1982) با دامنهٔ ۰/۶۳– ۰/۳۰۷ میلی‌گرم در لیتر ارائه شده که در دریاچهٔ سد قلعه‌چای این مقدار بالاتر از ۰/۵۹ میلی‌گرم در لیتر بوده اما نمایه‌های دیگر محیط‌های یوتروف همچون میزان ازت کل، حداکثر میزان کلروفیل و جوامع فیتوپلانکتونی آشکار نمی‌شود که تأییدکننده سایر شاخص‌ها برای مزوتروف بودن دریاچه است (Kratzer and Brezonik, 1981). در مخازن دریاچه‌ها معمولاً نسبت نیتروژن به فسفر کمتر از ۱۵ است. در غیر این صورت دریاچه وضعیت غیرطبیعی خواهد داشت. بر طبق داده‌های حاصل در دریاچهٔ پشت سد قلعه‌چای نسبت نیتروژن به فسفر ۷/۷ است و نشان می‌دهد که بدین لحاظ این دریاچه وضعیت عادی و طبیعی دارد (یوسف‌زاد، ۱۳۹۱).

موقعیت جغرافیایی این سد مخزنی که در فصول مختلف سال اختلاف درجهٔ آب و هوایی در آن بسیار چشمگیر بوده به‌ویژه در فصل زمستان و بخصوص در ماه‌های دی و بهمن که سطح دریاچه تقریباً یخ می‌بندد، همچنین بالا بودن درجه حرارت در فصل تابستان، موجودات آبزی محدودی می‌توانند چنین اختلاف دمایی را در فصول مختلف سال تحمل کرده و با شرایط هیدرولوژی چنین دریاچه‌ای سازگاری یابند زیرا شرایط فیزیکی و شیمیائی آب نقش مهمی در انتشار موجودات آبزی دارد. هدف مدیریت شیلاتی در سدهای مخزنی و دریاچه‌ها افزایش بردا شت از ماهی در حد بهینه و تولید پایدار ا ست. این مدیریت برای برطرف کردن موانع و کاهش جمعیت ماهیان سه راه در پیش دارد، اول انجام تدابیر محیطی، دوم تنظیم جمعیت ماهیان در رابطه با غذای موجود و سوم تنظیم و کنترل صید و برداشت. برای رسیدن به این هدف مدیریت شیلاتی، باید الگوی تغییرات جمعیت ماهیان مانند پویایی، فراوانی، زی‌توده و حداکثر محصول قابل‌برداشت پایدار مورد بررسی قرار گیرد.

توصیهٔ ترویجی

تداوم ورود مواد آلی از حوزه آبخیز، ورود و خروج آب (تعویض آب)، مواد مغذی، ارگانیزم‌های غذایی درمجموع بر توان تولید ماهیان در یک دریاچه سد اثر می‌گذارند. تولید ماهی در یک مخزن سد با آبی که سیستم آبی دریافت می‌کند و نیز اکوسیستم خشکی (حوزه آبخیز)، در ارتباط بوده و بررسی شاخص‌های مختلفی چون مواد مغذی، شکل مخزن، زی‌تودهٔ پلانکتونی و مجموع تولیدات بیولوژیک ضروری است.

جدول ۳. طبقه‌بندی وضعیت تغذیه گرایی و قابلیت باروری آب مخازن بر اساس میانگین غلظت مواد مغذی، کلروفیل، عمق سیشی دیسک و اکسیژن محلول در مقایسه با دریاچهٔ قلعه‌چای

اقتباس از:

(Häkanson, 1980; Häkanson and Jansson, 1983; Meybeck *et al*., 1989)

وضعیت تغذیه گرایی	میانگین غلظت فسفر کل (mg/m^3)	میانگین سالیانهٔکلروفیل (mg/m^3)	حداکثر غلظت کلروفیل (mg/m^3)	میانگین سالیانهٔ عمق قابل مشاهده دیسک (m)	حداقل عمق قابل مشاهده دیسک (m)	حداقل میزان اکسیژن محلول (%sat)
اولیگوتروف	≤۱۰	≤۲/۵	≤۸	≤۶	≤۳	۸۰-۹۰
مزوترف	۱۰-۳۵	۲/۵-۸	۸-۲۵	۳-۶	۱/۵-۳	۴۰-۸۰
یوتروف	۳۵-۱۰۰	۸-۲۵	۲۵-۷۵	۱/۵-۳	۰/۷-۱/۵	۱۰-۴۰
هایپروتروف	≤۱۰۰	≤۲۵	≤۷۵	≤۱/۵	≤۰/۷	≤۱۰
دریاچهٔ سد قلعه چای	۷۴	۶/۱۶	۱۵/۳	۰/۴	۱/۵	۸۶

ازاین‌رو توانایی تولید ماهی بازتابی از سایر تولیدات ا ست که درنهایت به ماهی قابل بهره‌برداری بدل می شود. تولید ماهی در سازگان‌های آبی تحت تأثیر منابع غذایی ا ست و ا ساس منابع غذایی را تولیدات اولیه تشکیل می‌دهند و تولیدات اولیه به میزان زیادی وابسته به رژیم هیدروشیمیایی مخزن آبی سدها است. توانایی تولید ماهی بستگی به تولید موفقیت‌آمیز تمامی ارگانیزم‌های غذایی و نیز مواد آلی دریاچه داشته که وابسته به مواد غیرزنده، ارگانیزم‌ها و فعالیت‌های انسانی است.

مطالعات شیلاتی پس از احداث سد و آبگیری آن معنا یافته و سپس برنامهٔ مدیریتی ازنظر ماهی دار کردن دریاچه طراحی می‌گردد. در این خصوص آگاهی از عواملی مثل خصوصیات زیست‌شناختی، فیزیکی و شیمیایی، تعداد و اندازهٔ ماهیان قابل‌د سترس و عواملی که سبب تغییر فراوانی جمعیت‌ها شود امری بسیار مهم ا ست. معرفی مستمر بچه ماهی به منابع آبی یکی از راهبردهای بسیار مهم افزایش تولید ماهی و ا ستفاده از حداکثر ظرفیت‌های تولید مخازن آبی بشمار می‌رود که در آن از انواع گونه‌های سریع الر شد باارزش تجاری و خوراکی بالا ا ستفاده شده که این گونه‌ها عموماً غیربومی می‌با شند. از دیگر موارد

راهبردی افزایش تولید ماهی در منابع آبی که نقش بسیار مهم و مؤثری را دارا هستند، ترکیب گونه‌های رهاسازی شده بوده و این ترکیب بر اساس رفتار زیستی و نوع تغذیه استوار است.

در فعالیت‌های شیلاتی مخازن پشت سدها باید برخی مشخصه‌های شناخته‌شده از قبیل تغییرات سطح آب، میانگین سطح و عمق آب در دسترس باشند تا توانایی بالقوهٔ دریاچه برای تولید آبزیان مطلوب واقع گردد. با برخی اقدامات مدیریتی همچون معرفی گونه‌های جدید آبزی‌پروری، وضع قوانین صید، رعایت اصول مهندسی ساخت و عملیات پرورش همچون هوادهی طبقهٔ هیپولیمنیون، می‌توان به افزایش تولید و برداشت محصولات شیلاتی کمک نمود. با تمام این‌احوال تنها تجربه و آزمایش و مطالعات تکمیلی آینده می‌تواند جوابگوی مسائل متعددی باشد که در بالا بردن سطح تولیدات در این گونه منابع آبی مؤثر هستند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در قالب طرح خاص به سفارش ادارهٔ کل شیلات استان آذربایجان شرقی توسط پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی انجام شد، بدین‌وسیله از همکاری و مساعدت‌های مدیران و کارشناسان آن اداره کل به دلیل همکاری در اجرای پروژه، ریاست وقت پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری، مجری طرح مهندس یوسف‌زاد، خانم مددی و همکاران آزمایشگاه پلانکتون جهت آماده‌سازی نمونه‌ها و آقایان صیادرحیم و زحمتکش که زحمت نمونه‌برداری‌ها را تقبل نمودند، سپاسگزاریم.

منابع

۱- حیدری، ع. و محمدجانی، ط.، ۱۳۷۷. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی دریاچهٔ سد مهاباد. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۶۵ صفحه.

۲- خداپرست، س.ح.، ۱۳۷۸. گزارش نهایی پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی تالاب انزلی طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۱۴۹ صفحه.

۳- سبک‌آرا، ج.، ۱۳۷۴. گزارش پلانکتونی دریاچهٔ سد ارس و حوزهٔ آبریز. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۸۱ صفحه.

۴- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۷۷. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی دریاچهٔ سد ماکو. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۷۵ صفحه.

۵- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۰. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی طرح پایش دریاچهٔ سد ارس. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۶۷ صفحه.

۶- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۱. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی طرح جامع شیلاتی دریاچه سد حسنلو، فاز اول. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران، پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۲۵ صفحه.

۷- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۴. گزارش نهایی مطالعات پلانکتونی دریاچهٔ سد حسنلو فاز سوم. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران، پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، ۱۶ صفحه.

۸- سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ۱۳۸۲. گزارش نهایی پلانکتونی پروژهٔ مطالعات محل‌های تکثیر طبیعی ماهیان مهاجر تالاب انزلی در سال ۱۳۸۱. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی کشور (مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان)، صفحات ۴۲-۲۱.

۹- عبدالملکی، ش.، سبک‌آرا، ج.، شمالی، م.، عباسی، ک.، قانع، ا. و میرهاشمی‌نسب، ف.، ۱۳۷۹. گزارش نهایی مطالعات تفضیلی سدهای ماکو و مهاباد. مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان، انتشارات معاونت آبزیان شیلات ایران، ۱۶۱ صفحه.

۱۰- سبک‌آرا، ج.، ۱۳۹۸. مروری بر پراکنش و فراوانی پلانکتونی در راستای توسعهٔ آبزی‌پروری در دریاچهٔ سد مهاباد. مرکز توسعهٔ پژوهش‌های نوین ایران، نشریهٔ علوم زیستی و زیست‌فناوری، دوره ۵، شماره ۴، صفحات ۱-۱۷.

۱۱- عبدی، پ.، ۱۳۸۳. احداث سدهای خاکی راهکاری برای جلوگیری از اتلاف و بهینه‌سازی و ارتقای بهره‌وری از منابع آب سطحی برای گسترش فعالیت‌های کشاورزی (مطالعهٔ موردی استان زنجان). اولین همایش روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، تهران.

۱۲- قاسم‌زاد، ف.، ۱۳۸۳. لیمنولوژی (اکولوژی آب‌های شیرین). موسسهٔ چاپ دانشگاه فردوسی، مشهد، ۲۴۹ صفحه.

۱۳- کریم‌پور، م.، تقوی، ا. یوسف‌زاد، ا.، صیادرحیم، م. و زحمتکش، ی.ع.، ۱۳۸۲. پایش ذخایر شاه‌میگوی دریاچهٔ مخزنی سد ارس. ۹۷ صفحه.

۱۴- کیمبال، کنت د. و کیمبال، س.ف.، ۱۳۵۳. مطالعات لیمنولوژی تالاب انزلی. ترجمه مهندس حسین‌پور، انتشارات جهاد سازندگی استان گیلان (۱۳۶۶)، ۱۱۴ صفحه.

۱۵- محمداف، ر.ا.، ۱۹۹۰. زئوپلانکتون‌های مخزن آبی نخجوان. ترجمهٔ یونس عادلی، مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان، ۳۸ صفحه.

۱۶- میرزاجانی، ع.، ۱۳۸۷. بررسی منابع غذایی دریاچهٔ سد خاکی شویر استان زنجان. سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان، مدیریت شیلات استان زنجان، ۸۴ صفحه.

۱۷- یوسف‌زاد، ا.، ۱۳۹۱. مطالعات منبع آبی قلعه‌چای در استان آذربایجان شرقی. پژوهشکدهٔ آبزی‌پروری آب‌های داخلی، ۱۱۴ صفحه.

18- American Poblic Helth Association (APHA)., 2005. Standard Metod for the Examination of Water and Waste Water. Washigton, DC, USA. 1265P.

19- Awaless, A., 1991. Mass Culture and Nutritional quality of The Fresh Water Rotifre (*Brachionus calyciflorus*) For Gudgoen (Gobio gobio L.) European Aqueaculture. Society, Special Publication No 15. *Gent, Belgium*.

20- Bellinger, E.G4

21- ., Sigee, D.C.(2010). Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators. *John Wiley and Sons publication.* 136P.

22- Boyd, C.E. and Tuker, C.S., 1998. Pond aquaculture water quality management. *Kluwer Academic Publisher* ,London. 700P.

23- Boney, A.D., 1989. PhytoplanktonEdward Annoid. *British library cataloguing publication data*. 118P.

24- Bledzki, L.A. and Rybak, J.I., 2016. *Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis*. Springer.

25- Bouraoui, F. and Grizzetti, B., 2008. An integrated modelling framework to estimate the fate of nutrients: Application to the Loire (France). *Ecological Modelling*, *212*(3-4), pp.450-459.
26- Carlson, R.E., 1980. More complications in the chlorophyll-Secchi disk relationship. *Limnology and oceanography*, *25*(2), pp.379-382.
27- Edmondson, W.T.,1959. Fresh Water Biology. Newyourk, London. *John wiley and sons Inc*. 1248P.
28- Goodland, R.J., 1978. *Environmental assessment of the Tucuruí hydroproject, rio Tocantins, Amazonia, Brazil*. Eletronorte.
29- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research*, *14*(8), pp.975-1001.
30- Håkanson, L. and Jansson, M., 1983. *Principles of lake sedimentology* (Vol. 109, pp. 24-31). Berlin: Springer-verlag
31- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.R. and Huntley, M. eds., 2000. *ICES zooplankton methodology manual*. Elsevier. Academic Press.707P.
32- Kratzer, C.R. and Brezonik, P.L., 1981. A carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida lakes 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, *17*(4), pp.713-715
33- Kutikowa , L .A., 1970 . Eurotatoria . CCCP. Leningrad. 743P.
34- Sifa, L. and Mathias, J., 1994. Freshwater fish culture in China: principles and practice. Elsevier science B.
35- V.. 445P.
36- Lubzens, E., 1989. Possible use of rotifers resting eggs and preserved live rotifers (*Brachionus plicatilis*) in aquaculture and mariculture. 218P.
37- Onderka, M., 2007. Correlations between several environmental factors affecting the bloom events of cyanobacteria in Liptovska Mara reservoir (Slovakia)—A simple regression model. *Ecological Modelling*, *209*(2-4), pp.412-416.
38- Millman, M., Cherrier, C. and Ramstack, J., 2005. The seasonal succession of the phytoplankton community in Ada Hayden lake, North Basin, Ames, Iowa. *Limnology Laboratory, Iowa State University, Ames, Iowa*.
39- Maosen, H., 1983. Fresh Water Plankton Illustration . Agriculture publishing house.85P.
40- Meybeck, M., Chapman, D.V. and Helmer, R., 1990. Global freshwater quality: a first assessment. In *Global freshwater quality: A first assessment* (pp. 306-306).
41- Naz, M. and Türkmen, M., 2005. Phytoplankton biomass and species composition of Lake Gölbaşı (Hatay-Turkey). *Turkish Journal of Biology*, *29*(1), pp.49-56.
42- Ortega-Mayagoitia, E., Rojo, C. and Rodrigo, M.A., 2003. Controlling factors of phytoplankton assemblages in wetlands: an experimental approach. In *Phytoplankton and Equilibrium Concept: The Ecology of Steady-State Assemblages* (pp. 177-186). Springer, Dordrecht.
43- Vollenweider, R.A. and Kerekes, J., 1982. Eutrophication of waters. *Monitoring, Assessment and Control. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris*, *156.*
44- Patric, K.R. and Reimer, C.W., 1975. The diatoms of the United States . Exclusive of Alaska and Hawaii .688P.

45- Pontin, R.M., 1978. *A key to the freshwater planktonic and semi-planktonic Rotifera of the British Isles* (No. 38). Hyperion Books.
46- Presscot, G.W., 1976. The Fresh Water Algae .WM.C.*Brown company publishing*, Iowa .348 P.
47- Quiblier, C., Leboulanger, C., Sané, S. and Dufour, P., 2008. Phytoplankton growth control and risk of cyanobacterial blooms in the lower Senegal River delta region. *Water research*, *42*(4-5), pp.1023-1034.
48- Raghukumar, S. and Anil, A.C., 2003. Marine biodiversity and ecosystem functioning: A perspective. *Current Science*, *84*(7), pp.884-892.
49- Rivera, E.C., de Queiroz, J.F., Ferraz, J.M. and Ortega, E., 2007. Systems models to evaluate eutrophication in the Broa Reservoir, São Carlos, Brazil. *Ecological Modelling*, *202*(3-4), pp.518-526.
50- Wehr, J.D., Sheath, R.G. and Kociolek, J.P. eds., 2015. *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Elsevier.
51- Sridhar, R., Thangaradjou, T. and Kannan, L., 2010. Spatial and temporal variations in phytoplankton in coral reef and seagrass ecosystems of the Palk Bay, southeast coast of India. *Journal of Environmental Biology*, *31*(5), p.765.
52- Suthers, I., Rissik, D. and Richardson, A. eds., 2019. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO publishing.
53- Suthers, I., Rissik, D. and Richardson, A. eds., 2019. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO publishing.
54- Sze, P., 1993. A biology of the algae. Wm. C. *Brown Communications. Inc. Dubuque. USA*, p.3.
55- Thompson, D.H., 1941. A symposium of Hydrobioligy. University of Wisconsin Press, Madison, pp.446-450.
56- Thorp, J.H. and Covich, A.P. eds., 2009. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic press.
57- Watanabe, T., Kitajima, C. and Fujita, S., 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, *34*(1-2), pp.115-143.
58- Wetzel, R.G., 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. gulf professional publishing.
59- Winberg, G.G., 1971. Methods for the estimation of production of aquatic animals Academic Press New York.