

شناسایی و بررسی تراکم و پراکنش فیتوپلانکتونی سد مخزنی کارده در خراسان رضوی

- **محمد صلواتیان***: پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **اکبر پورغلامی‌مقدم**: پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **مرضیه مکارمی**: پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران
- **سپیده خطیب‌حقیقی**: پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

چکیده

به منظور شناسایی و بررسی تراکم و پراکنش فیتوپلانکتونی، نمونه برداری طی ۶ مرحله از فروردین لغایت اسفندماه ۱۳۹۴ در دریاچه مخزنی سد کارده مشهد انجام پذیرفت. نمونه برداری فیتوپلانکتونی به صورت افقی و عمودی از اعماق مختلف (لایه‌های ۰، ۵، ۱۰، ۲۰ متری) توسط برداشت آب با دستگاه روتر و رساندن به حجم ۱۰ لیتر، همگن کردن و در نهایت برداشت یک لیتر از آن صورت گرفت. نمونه‌ها با فرمالین به نسبت ۴ درصد تثبیت و در آزمایشگاه با استفاده از محفظه‌های ۵ میلی‌لیتر و میکروسکوپ معکوس مورد شناسایی و شمارش قرار گرفتند. در این بررسی در مجموع ۳۵ جنس در ۶ شاخه فیتوپلانکتونی شناسایی گردید. از بین جنس‌های شناسایی شده ۸ جنس مربوط به شاخه جلبک‌های دیاتوم (*Bacillariophyta*)، ۱ جنس مربوط به شاخه اگلنوفیتا (*Euglenophyta*)، ۱۳ جنس مربوط به شاخه جلبک‌های سبز (*Chlorophyta*)، ۳ جنس مربوط به شاخه پیروفیتا (*Pyrrophyta*)، ۲ جنس مربوط به شاخه کریزوفیتا (*Chrysophyta*) و ۵ جنس مربوط به شاخه سیانوباکترها (*Cyanophyta*) تعلق داشتند. غالبیت فیتوپلانکتونی در این سد مخزنی با شاخه باسیلاریوفیتا که ۷۳/۸ درصد جمعیت سالانه را دارا بودند و نمونه‌های غالب آن جنس‌های *Cyclotella*، *Navicula* و *Synedra* می‌باشند. شاخه کریزوفیتا با فراوانی ۱۲/۲ درصد که جنس‌های غالب آن به ترتیب فراوانی *Dinobryon* و *Synura* و شاخه جلبک‌های سبز با فراوانی ۸/۲ درصد که جنس‌های غالب آن *Cosmarium*، *Scenedesmus* و *Tetraedron* به ترتیب رتبه‌های فراوانی را در طی سال ۹۴ نشان دادند. میانگین بیش‌ترین تراکم سلول‌های فیتوپلانکتونی در تمامی ماه‌های نمونه برداری به شاخه جلبک‌های دیاتوم بود. میانگین فراوانی سالانه کل شاخه‌های فیتوپلانکتونی 11456 ± 69500 عدد در لیتر بوده که در فصل بهار با فراوانی 67892 ± 40440 عدد در لیتر بالاترین تراکم را نشان داد. فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتونی در فصول تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب با تراکم فراوانی ۱۷۳۲۳۸۳۰، ۱۰۷۸۶۰۸۸ و ۱۶۳۴۶۴۶۷ عدد در لیتر برآورد گردید. حداکثر فراوانی فیتوپلانکتونی در ایستگاه‌های یک (تاج سد) با فراوانی ۷۵۸۹۹۳۲، ایستگاه سه (انتهای دریاچه) با فراوانی ۶۶۳۷۸۰۰ و ایستگاه دو (بخش میانی دریاچه) با فراوانی ۵۴۹۵۷۳۲ عدد در لیتر مشاهده شد. با توجه به شاخص‌های تروپی و با توجه به میزان حد شفافیت، مقادیر فسفات، نیتروژن و کلروفیل a حاصله از داده‌های فیزیکی و شیمیایی، سد مخزنی کارده در حد دریاچه‌های مزوتروف کم قرار می‌گیرد. طبق آزمون‌های غیرپارامتریک کروسکال - والیس و من - ویتنی بین فراوانی فیتوپلانکتونی در ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت ($p > 0.05$). در بررسی فصول نیز فصل بهار با سه فصل دیگر این اختلاف معنی‌دار را نشان داد ($p > 0.05$).

کلمات کلیدی: فیتوپلانکتون، تراکم، پراکنش، سد مخزنی کارده، خراسان رضوی



مقدمه

فیتوپلانکتون‌ها گروهی از جلبک‌های فتوسنتزکننده شناور در آب هستند که نقش مهمی در تامین مواد غذایی و اکسیژن برای سایر جانداران، تثبیت مواد زائد نیتروژن دار و تثبیت دی اکسید کربن دارند. این موجودات تولیدکنندگان اولیه در اکوسیستم‌های آبی محسوب شده و در تعیین میزان آلودگی آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. آن‌ها در زیستگاه‌های آبی مختلف در تمام جهان یافت می‌شوند و تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر اسیدیته، نور و دما قرار می‌گیرند. این جلبک‌ها پایه اولیه تمام شبکه‌های غذایی در اکوسیستم‌های آبی و جزء عناصر مهم چرخه بیوژئوشیمیایی محسوب می‌شوند (محبی و همکاران، ۱۳۹۱). منابع آبی ساکن نظیر سدهای مخزنی علاوه بر اهمیت اقتصادی و اجتماعی از نظر اکولوژیک نیز به عنوان منابعی با ارزش در تولید آبیان به‌شمار می‌آیند. این مخازن به دلیل حجم بالای مواد غذایی محلول و بار مواد آلی وارده از حوضه آبریز جزء سیستم‌های باروری هستند که مواد غذایی جمعیت‌های متعدد گیاهی را تامین می‌کنند. اجزاء اصلی این اکوسیستم‌ها شامل عوامل غیرزنده (عوامل فیزیکی و شیمیایی) و عوامل زنده (تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و تجزیه‌کنندگان) بوده که ارتباط اکولوژیک پیچیده‌ای بین آن‌ها وجود دارد (Balayut, ۱۹۸۳). بررسی زنجیره‌های غذایی در اکوسیستم‌های آبی از نظر آگاهی از رژیم غذایی ماهیان اهمیت بسیار دارد. واضح است که تکثیر و پرورش موجودات غذایی زنده اعم از جانوری و گیاهی برای تغذیه آبیان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (صلواتیان و همکاران، ۱۳۹۰). ترکیب و تراکم فیتوپلانکتونی به عنوان یک نشانگر مکمل میزان تروفی آب قابل استفاده است (Case و همکاران ۲۰۰۸). جوامع فیتوپلانکتونی نشان دهنده تغییرات محیطی بلندمدت و کوتاه مدت در اکوسیستم‌های آبی می‌باشند (غلامی و همکاران، ۱۳۸۴). رشد و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها بستگی به دینامیک آب، مقدار و طیف نور و نیز قابلیت دسترسی به مواد غذایی دارد. کیفیت و ثبات منابع آبی در سراسر جهان مورد توجه می‌باشد، ولی این منابع در حوضه‌های آبریز سیستم‌های آبی داخلی در معرض آلودگی قرار دارند، زیرا فعالیت‌های انسانی تاثیر منفی روی کیفیت آب دریاچه پشت سدها گذاشته است. این اثرات منفی اکثراً ناشی از ورود فاضلاب تصفیه نشده و روان‌آب‌های کشاورزی به سدهاست، به عبارت دیگر فعالیت‌های انسانی باعث تخلیه مقادیر زیادی از مواد غذایی داخل آب پشت سدها می‌گردد که رشد و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها را تحت تاثیر قرار داده و کیفیت و کمیت جمعیت‌های آن‌ها را دچار تغییر می‌نماید (Smith, ۲۰۰۳؛ Newton و همکاران، ۲۰۰۳). فیتوپلانکتون‌ها به علت قابلیت شناسایی خود در آب‌ها، انتشار یکنواختی ندارند و معمولاً به دنبال شرایط بهتری از قبیل مواد مغذی، درجه

حرارت و غیره هستند. در همین راستا مهاجرت‌های درون آبی در ستون عمودی آب دارند به طوری که در طول روز به لایه‌های فوقانی آب با مواد مغذی بیش‌تر (به واسطه وجود نور، فیتوپلانکتون‌ها در این لایه‌ها زیادند) رفته و در شب‌ها به لایه‌های زیرین آب مهاجرت می‌کنند. فیتوپلانکتون‌ها از نظر وجود در آب شیرین از تنوع بیش‌تری نسبت به زئوپلانکتون‌ها برخوردارند (چودار رضایی، ۱۳۸۷). مطالعات بیولوژیکی شامل اطلاعات کمی و کیفی است. مطالعه کمی شامل تخمین تراکم موجودات در یک مسیر مشخص است، این عمل توسط نمونه‌برداری در هر ایستگاه از قبل با روش‌های آماری مشخص شده و سپس شناسایی نمونه‌ها صورت می‌گیرد. علاوه بر اهمیت موجودات پلانکتونی در مشخص کردن میزان آلودگی آب‌ها، این موجودات در تغذیه ماهیان و برآورد استعداد آبی‌پروری اهمیت دارند (صلواتیان و همکاران، ۱۳۹۶).

رودخانه سد کارده با آب دائمی و مناظر زیبای کوهستانی و مجموعه تفریحی دنیای آبی در ساحل سد، یکی از بهترین تفرجگاه‌های خوش آب و هوای مشهد می‌باشد. سد کارده از رودخانه‌های رشته کوه هزار مسجد تغذیه شده و علت انتخاب این نام برای سد، هم‌جوار بودن آن با روستای راهبردی کارده می‌باشد. سد کارده هم‌چنین به عنوان یکی از قدیمی‌ترین سدهای استان خراسان رضوی به حساب می‌آید که در شمال مشهد واقع شده و به واسطه آب و هوای منطقه و نیز میزان آب کافی موجود در خود توانسته مناظر شگفت‌انگیز و بسیار زیبایی را خلق کند. گنجایش آب دریاچه پشت سد کارده ۳۱/۵ میلیون مترمکعب می‌باشد که بخشی از آب منطقه را فراهم می‌آورد. این سد در ۴۸ کیلومتری جاده مشهد به کلات قرار داشته و جنس آن از نوع بتونی دوقوسی متقارن با ارتفاع ۶۷ متر و طول تاج ۱۴۴ متر می‌باشد. در استان خراسان رضوی به منظور بهره‌گیری بهینه از منابع آبی استان، سدهایی احداث شده است که علاوه بر سد کارده می‌توان به سد طرق در شهرستان مشهد، سد شهید یعقوبی در شهرستان تربیت حیدریه و سد دوستی در مرز ایران و ترکمنستان اشاره نمود. سد کارده قسمتی از دره نسبتاً عریض حد فاصل روستای اندرخ و کارده واقع شده است. تاکنون مطالعه جامع بیولوژیکی در زمینه شناسایی فیتوپلانکتون‌ها در سد مخزنی کارده انجام نشده، به همین دلیل لازم است که تحقیقات مستمر و همه‌جانبه‌ای در زمینه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی آن صورت گیرد. هدف از این بررسی تعیین تراکم و پراکنش فیتوپلانکتونی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بررسی حاضر زمینه‌سازی لازم را جهت تعیین توان تولید اولیه در دریاچه پشت سد کارده که در نهایت به اندازه‌گیری میزان زئوپلانکتون‌ها و برآورد ظرفیت قابل صید ماهیان خواهد انجامید.



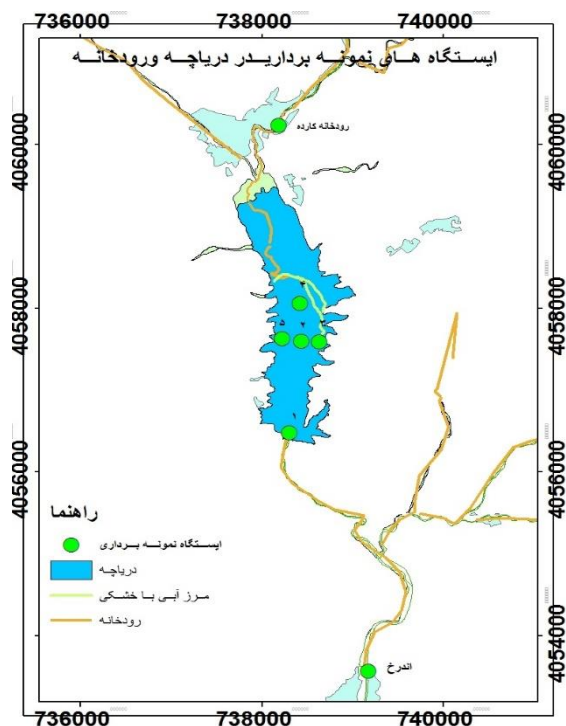
مواد و روش‌ها

پس از مطالعات اولیه، پنج ایستگاه نمونه‌برداری (تاج سد، بخش میانی دریاچه، بخش انتهایی دریاچه، ضلع غربی دریاچه و ضلع شرقی دریاچه) در دریاچه سد مخزنی کارده خراسان رضوی- مشهد از تاریخ فروردین لغایت اسفندماه ۱۳۹۴ در نظر گرفته شد. موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول و شکل ۱ آورده شده است. نمونه‌برداری در فواصل زمانی ماهیانه طی شش ماه و در فصول مختلف از فروردین الی اسفند ماه ۱۳۹۴ انجام گرفت. نمونه‌برداری فیتوپلانکتون‌ها از مناطق سطحی، اعماق ۵ متر، ۱۰ متر و ۲۰ متر توسط برداشت آب با روتنر و لوله پولیکا به مقدار ۱۰ لیتر که پس از همگن‌سازی یک لیتر برداشت می‌شد، انجام می‌گرفت. سپس نمونه‌ها در فرمالین ۴ درصد تثبیت گردیدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها بعد از همگن کردن توسط پی‌پت به محفظه‌های ۵ میلی‌لیتری منتقل و بعد از گذشت زمان کافی جهت رسوب گذاری (معمولاً ۲۴ ساعت)، به وسیله میکروسکوپ اینورت (نیکون) با سه تکرار و شمارش ۸۰ خانه‌ای مورد شناسایی و بررسی قرار گرفتند. اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی (فاکتورهای غیرزیستی) نظیر اندازه‌گیری درجه حرارت آب و هوا، اکسیژن محلول آب، هدایت الکتریکی و اسیدیته توسط دستگاه مولتی‌متر شرکت WTW مدل ۳۴۰i انجام شد. اندازه‌گیری سایر فاکتورهای غیرزیستی نظیر اندازه‌گیری فسفات، نیتрат، کلسیم، سیلیس، منیزیم، سولفات و کلروفیل a که نیاز به زمان بیش‌تری داشت، با برداشت آب از ایستگاه‌های مختلف و انتقال به آزمایشگاه و براساس روش استاندارد متد صورت گرفت (Standard method, ۱۹۸۹). از طرفی با توجه به مقادیر فسفر، نیتروژن و کلروفیل A، شاخص میزان یوتروفی آب دریاچه مشخص و با استاندارد ارزیابی تروپی (OECD, ۱۹۸۲) مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در

دریاچه کارده خراسان رضوی

نام ایستگاه	شماره ایستگاه	مختصات جغرافیایی (UTM)
تاج سد	۱	۴۰° ۵۶' ۵۷۰" طول شرقی و ۰۷° ۳۸' ۳۲۳" عرض شمالی
بخش میانی دریاچه	۲	۴۰° ۵۷' ۰۵۳" طول شرقی و ۰۷° ۳۸' ۳۴۷" عرض شمالی
بخش انتهایی دریاچه	۳	۴۰° ۵۷' ۹۲۸" طول شرقی و ۰۷° ۳۸' ۴۱۰" عرض شمالی
ضلع غربی دریاچه	۴	۴۰° ۵۷' ۷۸۷" طول شرقی و ۰۷° ۳۸' ۶۱۵" عرض شمالی
ضلع شرقی دریاچه	۵	۴۰° ۵۷' ۲۶۶" طول شرقی و ۰۷° ۳۸' ۲۱۷" عرض شمالی



شکل ۱: ترسیم از دریاچه سد کارده و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

جهت نمونه‌برداری و تعیین تراکم فیتوپلانکتون‌ها از روش‌های Newell (۱۹۷۷) و Standard Method (۱۹۸۹) استفاده گردید و جهت شناسایی نمونه‌ها از روش‌های Edmonson (۱۹۵۹)، Pontin (۱۹۷۸) و Ruttner-Kolisko (۱۹۷۴) به کار گرفته شد.

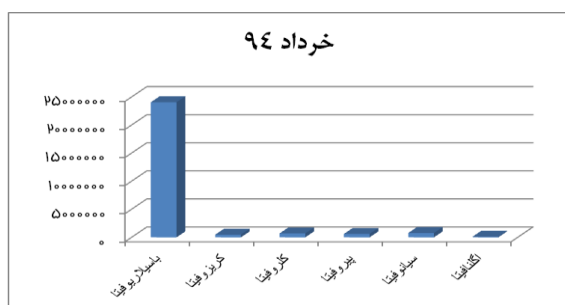
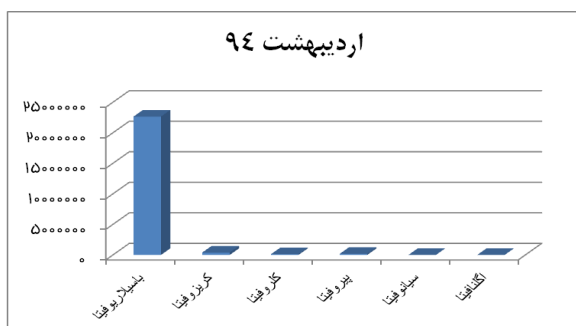
در نهایت تراکم فیتوپلانکتونی به صورت عدد در لیتر در هر ایستگاه تعیین و در فرم‌های اطلاعاتی شاخه‌بندی شده ثبت و تراکم شاخه و سرانجام تراکم کل محاسبه گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور آنالیز فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در اعماق، ایستگاه‌ها و ماه‌های مختلف با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌ها از آزمون‌های غیرپارامتریک کروسکال-والیس و من-ویتنی در برنامه‌های آماری SPSS و ترسیم نمودارها از نرم‌افزارهای Excel، نگارش ۱۳ استفاده گردید.

نتایج

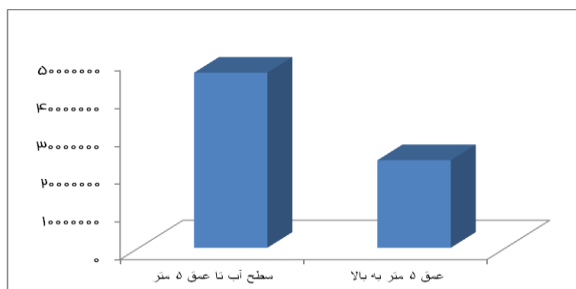
طی مطالعات فیتوپلانکتونی در دریاچه سد مخزنی کارده مجموعاً ۶ شاخه جلبکی در ۳۵ جنس شناسایی شده است که از این میان ۸ جنس مربوط به شاخه جلبک‌های دیاتوم، ۱۳ جنس مربوط به شاخه جلبک‌های سبز، ۳ جنس مربوط به شاخه جلبک‌های پیروفیتا، ۴ جنس مربوط به شاخه جلبک‌های یوگنوفیتا، ۲ جنس متعلق به شاخه



فیتوپلانکتونی نسبت به فصول بهار و تابستان کم تر و میزان آن با کاهش دما به تدریج کم می شود. در این فصل نیز جنس *Cyclotella* از شاخه دیاتوم ها غالب بود. میانگین تراکم فصلی این شاخه 8752629 ± 154200 عدد در لیتر است. شاخه جلبک های سبز میانگین تراکم فصلی 938762 ± 57450 عدد در لیتر داشت، شاخه اگلنوفیتا از لحاظ عددی با اختلاف کمی از شاخه جلبک های سبز قرار داشته و میانگین تراکم فصلی شاخه ذکر شده 921131 ± 31220 عدد در لیتر، شاخه سیانوباکترها با میانگین تراکم فصلی 159900 ± 4765 عدد در لیتر و در نهایت شاخه جلبک های پیروفتا با میانگین فصلی 13666 ± 2475 عدد در لیتر بود (شکل ۲). در فصل زمستان جمعیت فیتوپلانکتونی نسبت به سایر فصول کم تر و میزان آن با کاهش دما به تدریج کم می شود. در این فصل نیز جنس *Cyclotella* از شاخه دیاتوم ها غالب بود. میانگین تراکم فصلی این شاخه 6859661 ± 1375000 عدد در لیتر است (رتبه اول). شاخه جلبک های کریزوفیتا میانگین تراکم فصلی 6721667 ± 1315000 عدد در لیتر (رتبه دوم) داشت و در نهایت شاخه جلبک های سبز میانگین فصلی 2765133 ± 754000 عدد در لیتر بود (شکل ۲). نتایج به دست آمده از آنالیز داده های فیتوپلانکتونی در لایه های مختلف بیانگر این مسئله است که بیشترین تجمع آن ها در لایه های سطحی و کم تر از ۵ متر می باشد. لایه های عمیق تر (بیش از ۵ متر) دارای جمعیت فیتوپلانکتونی کمتری بودند. بیشترین میزان تراکم نمونه های فیتوپلانکتونی در ماه خرداد در لایه های سطحی آب مشاهده گردید، اعماق بیش از ۵ متر از لحاظ جمعیت فیتوپلانکتونی در رتبه های بعدی قرار دارند (شکل ۳).



جلبک های کریزوفیسه و ۵ جنس مربوط به شاخه جلبک های سبز آبی می باشند (جدول ۲). بیشترین جنس های مشاهده شده مربوط به شاخه جلبک های دیاتوم بود و غالبترین جنس از این شاخه که در تمام فصول سال به تعداد زیاد مشاهده شد، جنس *Cyclotella* است. سایر جنس های مهم این شاخه عبارت از *Navicula*، *Nitzschia* و *Synedra* می باشند. شاخه بعدی جلبک کریزوفیتا بود. این شاخه از نظر جمعیت و تنوع در رده دوم اهمیت قرار داشت. جنس های غالب آن *Dinobryon* و *Synura* بودند. شاخه دیاتوم ها $73/81$ درصد جمعیت سالانه و شاخه جلبک های کریزوفیتا $12/2$ درصد این جمعیت را شامل می گردد. سایر شاخه ها درصد جمعیتی کمتری داشتند، به طوری که شاخه جلبک های سبز $8/2$ درصد، شاخه جلبک های اگلنوفیتا $2/7$ درصد، شاخه جلبک های سبز-آبی $1/97$ و در نهایت شاخه جلبک های پیروفتا $1/31$ درصد جمعیت سالانه فیتوپلانکتونی را در این منطقه داشتند. میانگین به دست آمده از پراکنش شاخه های فیتوپلانکتونی در اعماق مختلف نشان می دهد که جمعیت فیتوپلانکتونی از بهار و تابستان روند صعودی داشته و در پاییز و زمستان با افت دما کلیه شاخه های جلبکی روند رشد نزولی را نشان داد. با توجه به آزمون آنالیز واریانس دوطرفه انجام گرفته مشخص گردید که بین ایستگاه های مختلف و ماه های مورد بررسی اثر متقابلی دیده نمی شود ($p > 0/05$). هم چنین بین ماه های مختلف از نظر فراوانی فیتوپلانکتونی اختلاف معنی دار آماری مشاهده نمی گردد ($p > 0/05$). اما آزمون چنددانه توکی نشان می دهد که بین ماه های شهریور و آبان اختلاف وجود دارد. از طرفی بین ایستگاه های مختلف از نظر فراوانی فیتوپلانکتونی اختلاف معنی دار آماری مشاهده نمی گردد ($p > 0/05$). با توجه به آزمون آنالیز واریانس دوطرفه انجام گرفته مشخص گردید که بین ایستگاه های مختلف و اعماق مورد بررسی اثر متقابلی دیده نمی شود ($p > 0/05$). هم چنین بین اعماق مختلف از نظر فراوانی فیتوپلانکتونی اختلاف معنی دار آماری مشاهده نمی گردد ($p > 0/05$). بین ایستگاه های مختلف از نظر فراوانی فیتوپلانکتونی اختلاف معنی دار آماری نیز مشاهده نمی گردد ($p > 0/05$). در فصل بهار نمونه غالب فیتوپلانکتونی مربوط به شاخه دیاتوم ها و جنس *Cyclotella* است. میانگین تراکم فصلی این شاخه 69500449 عدد در لیتر بود. جمعیت فیتوپلانکتونی به خصوص شاخه دیاتوم ها در شهریور ماه به حداکثر خود رسید (5791733 عدد در لیتر). شاخه دیاتوم ها با جنس *Cyclotella* بیشترین فراوانی را داشته است. میانگین تراکم فصلی این شاخه 12279066 ± 1354200 عدد در لیتر بوده است. جمعیت شاخه جلبک های سبز نیز در ماه فوق افزایش داشته و درصد فراوانی آن 2076931 ± 374200 عدد در لیتر شده که در رده دوم قرار دارند. شاخه های جلبک های کریزوفیتا، پیروفتا، اگلنوفیتا و سیانوفیتا در ماه شهریور دارای جمعیت کمی بوده اند (شکل ۲). در فصل پاییز جمعیت

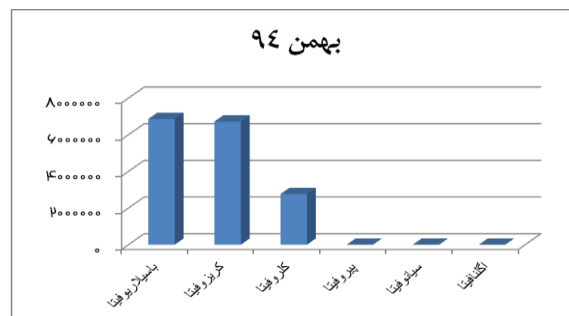
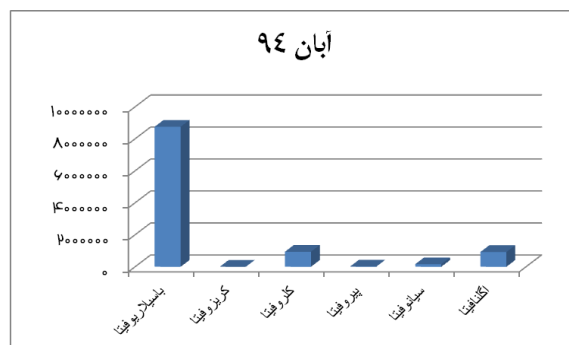
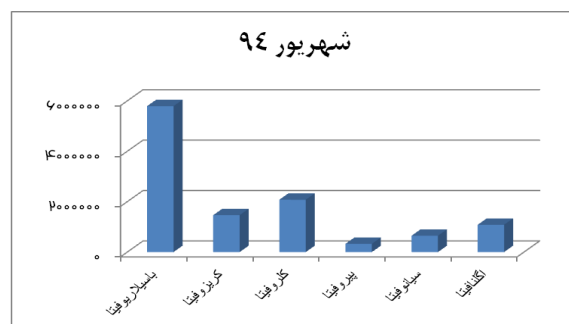
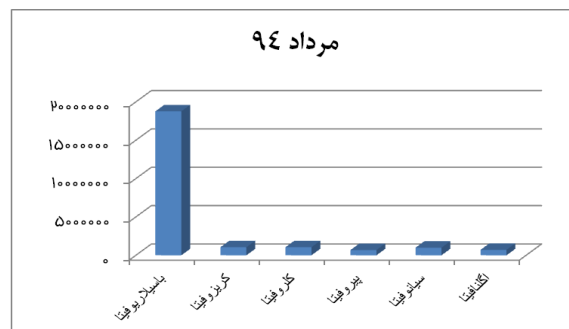


شکل ۳: نمودار رابطه عمق با جمعیت فیتوپلانکتونی دریاچه سد مخزنی کارده

جدول ۲: شناسایی جنس‌های مختلف شاخه‌های فیتوپلانکتونی در دریاچه سد مخزنی کارده

جنس‌های فیتوپلانکتونی	شاخه‌های فیتوپلانکتونی
<i>Cyclotella</i> , <i>Synedra</i> , <i>Navicula</i> , <i>Nitzschia</i> , <i>Pinnularia</i> , <i>Cymbella</i> , <i>Caloneis</i> , <i>Cymatopleura</i>	Bacillariophyta
<i>Euglena</i> , <i>Lepocincilis</i> , <i>Peranema</i> , <i>Phacus</i>	Euglenophyta
<i>Tetraedron</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Carteria</i> , <i>Cosmarium</i> , <i>Staurastrum</i> , <i>Gonium</i> , <i>Closterium</i> , <i>Zygnema</i> , <i>Microstria</i> , <i>Quadrigula</i> , <i>Oocystis</i> , <i>Pediastrum</i> , <i>Ankistrodesmus</i>	Chlorophyta
<i>Ceratium</i> , <i>Peridinium</i> , <i>Glenodinium</i>	Pyrrophyta
<i>Dinobryon</i> , <i>Synura</i>	Chrysophyta
<i>Spirulina</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Merismopedia</i> , <i>Microcystis</i>	Cyanophyta

در هنگام نمونه‌برداری میانگین دمای آب سد کارده در ایستگاه‌های مختلف از ۲۵/۶ تا ۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود. میانگین pH دریاچه ۸/۲۵ تا ۸/۴۹ اندازه‌گیری شد. سایر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی نظیر اندازه‌گیری فسفات، نیترات، سیلیس، کلسیم و ... نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (جدول ۳) که اعداد حاصله با اعداد استاندارد متد مورد مطابقت قرار گرفت (Standard method, ۱۹۸۹). براساس میانگین میزان فسفر کل، ازت کل و کلروفیل a برای دریاچه سد مخزنی کارده به ترتیب اعداد ۰/۰۱۷۴، ۰/۴۰۹ و ۳/۵۶ میلی‌گرم بر لیتر محاسبه شد که وضعیت تروپی براساس جدول استاندارد OECD، از لحاظ فسفر در سطح مزوتروف کم، ازت کل در سطح بین الیگوتروف تا مزوتروف کل و از لحاظ کلروفیل a در سطح مزوتروف کم محاسبه گردید (جدول ۴).



شکل ۲: نمودار میانگین تراکم شاخه‌های فیتوپلانکتونی (عدد در لیتر) دریاچه سد مخزنی کارده در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری

نتایج بررسی‌های اولیه هیدروشیمی آب نشان می‌دهد دامنه تغییرات اکسیژن محلول در ایستگاه‌های پنج گانه به‌طور میانگین از ۵/۳ تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بود. دامنه مقدار هدایت الکتریکی در زمان نمونه‌برداری در سد کارده در ایستگاه‌های پنج گانه بین ۵۷۵ تا ۵۹۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مشخص گردید.



جدول ۳: میانگین برخی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در ایستگاه‌های مختلف مورد بررسی در دریاچه سد مخزنی کارده در سال ۱۳۹۴

ایستگاه‌های نمونه‌برداری	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
فاکتورهای اندازه‌گیری					
درجه حرارت هوا (درجه سانتی‌گراد)	۲۵/۶	۲۵/۷	۲۶/۲	۲۶/۶	۲۶
درجه حرارت آب در سطح (درجه سانتی‌گراد)	۱۹/۵	۲۰/۷	۲۱/۷	۲۲/۱	۲۱/۲
شفافیت آب (سانتی‌متر)	۱۷۳	۱۶۶	۱۵۷	۱۶۴	۱۵۰
pH آب	۸/۲۵	۸/۴۲	۸/۴۹	۸/۴۶	۸/۳۲
هدایت الکتریکی در سطح (μs/cm)	۵۹۳	۵۸۱	۵۷۵	۵۷۶	۵۸۶
اکسیژن (میلی گرم در لیتر)	۸/۷-۵/۳	۹/۱-۵/۶	۱۰-۶/۲	۹/۳-۶/۲	۶/۳-۵/۵
حداکثر عمق نمونه‌برداری (متر)	۲۰	۱۵	۷	۷	۲
فسفات محلول (میلی گرم بر لیتر)	۰/۰۱۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴	۰/۰۲۹
ازت نیتراژ (میلی گرم بر لیتر)	۰/۴۹۵	۰/۴۸۷	۰/۴۴۵	۰/۴۸۹	۰/۱۲۷
سختی کل (میلی گرم بر لیتر)	۲۶۷	۲۶۱	۲۶۰	۲۵۷	۲۵۴
کلسیم (میلی گرم بر لیتر)	۳۹/۲	۳۳/۶	۳۶/۵	۳۹/۹	۳۶/۴
بیکربنات (میلی گرم بر لیتر)	۲۴۲/۳	۲۳۱	۲۱۵	۲۱۰/۴	۲۲۵/۷
سیلیس (میلی گرم بر لیتر)	۲/۶۷	۱/۶۴	۱/۲۵	۰/۹۳	۰/۹۱
ازت آمونیومی (میلی گرم بر لیتر)	۰/۲۰۱	۰/۱۳۹	۰/۱۲۹	۰/۰۹۴	۰/۱۶۳
منیزیم (میلی گرم بر لیتر)	۴۰/۶۲	۴۲/۳۹	۴۰/۶۸	۳۷/۹۲	۳۹/۲۵
سولفات (میلی گرم بر لیتر)	۶۲/۸	۶۰/۶	۶۶/۱	۶۵/۵	۶۶/۵
کلروفیل a (میلی گرم بر مترمکعب)	۴/۰۹	۴/۱۶	۳/۵۱	۲/۴۹	-

جدول ۴: استاندارد ارزیابی تروفی برای دریاچه‌ها براساس OECD (۱۹۸۲)

وضعیت تروفی	فسفر کل (میلی گرم بر لیتر)	ازت کل (میلی گرم بر لیتر)	کلروفیل a (میلی گرم بر مترمکعب)
الیگوتروف	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۰	۰
مزوتروف کم	۰/۰۱۰۰	۰/۶۰۰	۱/۶۰
مزوتروف	۰/۰۲۳۰	۱/۰۰۰	۴/۱۰
مزوتروف بالا	۰/۰۵۰۰	۱/۵۰۰	۱۰
یوتروف	۰/۱۱۰۰	۲/۰۰۰	۲۰
یوتروف بالا	۰/۲۵۰۰	۳/۰۰۰	۴۰
فوق یوتروف	۰/۵۵۰۰	۴/۶۰۰	۱۰۰
بررسی حاضر	۰/۰۱۷۴	۰/۴۰۹	۳/۵۶

بحث

بر مبنای مطالعاتی که بر روی پراکنش و انتشار فیتوپلانتکتون‌ها در ایستگاه‌های مختلف دریاچه سد مخزنی کارده انجام گرفته معلوم گردید که رشد فیتوپلانتکتون‌ها از فصل بهار (ترجیحاً اردیبهشت ماه) با شاخه غالب دیاتومه‌ها که تنوع زیادی هم دارند آغاز شده که این

امر مانع تشکیل شاخه‌های دیگر فیتوپلانتکتونی می‌شود. در فصل تابستان (خصوصاً شهریور ماه)، علاوه بر تراکم شاخه دیاتومه‌ها، دیگر شاخه‌های جلبکی مثل کلروفیتا و کریزوفیتا افزایش جمعیت می‌یابند. سیکل رشدی فیتوپلانتکتون‌ها در پائیز کاهش یافته ولی در زمستان هر چند که کاهش درجه حرارت مشاهده می‌گردد ولی رشد شاخه‌های فیتوپلانتکتونی باسیلاریوفیتا، کریزوفیتا و کلروفیتا احساس می‌گردد که می‌تواند به دلیل مصرف نشدن آن‌ها توسط ماهیان نیز باشد. مطالعات نشان دادند شاخه‌های کلروفیتا و دیاتومه‌ها متنوع‌ترین شاخه‌ها، هم‌چنین شاخه‌های دیاتومه‌ای پرتراکم‌ترین نمونه‌های فیتوپلانتکتونی در سد مخزنی کارده بودند. در فصل زمستان به مرور با سرد شدن هوا جنس‌های دیاتومه‌ای نظیر سیکلوتلا، سیندرا و ناویکولا هم‌چنین جنس‌هایی از شاخه کریزوفیتا مثل دینوبریون و سینورا بیش‌ترین فراوانی را به خود اختصاص داده که جزء فیتوپلانتکتون‌های سرمادوست محسوب می‌شوند و چون فعالیت مصرف کنندگان فیتوپلانتکتونی نیز در این فصل کاهش یافته از این‌رو افزایش تراکم این شاخه‌ها را داریم.

سیکلوتلا که به عنوان جنس غالب از شاخه باسیلاریوفیتا بوده به صورت قرصی شکل و نمونه‌ای حاشیه‌نشین (لیتورال) و دمای مناسب برای رشد آن ۹ تا ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد اما در دمای بالا نیز به خوبی رشد کرده و طیف وسیعی از دریاچه‌های الیگوتروف و یوتروف



را اشغال می نمایند که این موضوع نمایانگر کیفیت خوب زیستی آب می باشد (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۶۷)، از این رو غالبیت جنس سیکلوتلا در شاخه دیاتومها را می توان با پدیده وضعیت خوب کیفی آب در اغلب ایستگاههای مورد مطالعاتی بیان نمود (صلواتیان و همکاران، ۱۳۸۹). به طور کلی دیاتومه های سنتریک مثل سیکلوتلا نشان دهنده یوتروفی و دیاتومه های پینت مثل سیمبلا و ناویکولا نشان دهنده الیگوتروف بودن دریاچه های میانی (Lei, ۲۰۰۵). جنس نیتجتا بیش تر در سطح آب که از نظر هدایت الکتریکی و نیترات و فسفات بالاتر بودند مشاهده شدند که این تراکم بالا در رودخانه زاینده رود توسط شمس و افشارزاده (۱۳۸۷) نیز گزارش شده است. شاخه های جلبکی پیروفتا، اگلنافتا و سیانوفیتا غیر از ماه شهریور که تا حدی رشد داشته اند ولی در سایر ماه های سال رشد چندانی نداشته، پائین بودن درصد جمعیتی اگلنافتا و سیانوفیتا که نشان دهنده آلودگی آب هستند می تواند بیانگر این مسئله باشد که در سد کارده عوامل لازم برای رشد و تکثیر این شاخه وجود نداشته و یا بسیار ناچیز است. مکارمی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه پلانکتونی تالاب انزلی بیان نمودند که بیش ترین فراوانی اگلنافتا در فصل تابستان می تواند به دلیل دمای مناسب و بار زیاد موادی که وارد به این مناطق باشد. خداپرست (۱۳۷۸) در بررسی های خود در تالاب انزلی عنوان نمودند که پائین بودن درصد اگلنافتا نشان دهنده آلودگی ناچیز بوده و می توان گفت در تالاب انزلی عوامل لازم برای رشد این شاخه وجود ندارد که در بررسی حاضر نیز تراکم جمعیتی شاخه مذکور ناچیز بود (با فراوانی سالانه ۲/۷ درصد). از دیدگاه Lehman و همکاران (۲۰۰۴)، جلبک های سبز آبی تمایل دارند در دمایی بالاتر از دمای مورد نیاز دیاتومه ها و دیگر شاخه ها رشد کنند (دره شوری، ۱۳۷۷)، از این رو در تحقیق حاصل هم جلبک های سبز - آبی را فقط در فصل تابستان (شهریور ماه) مشاهده شد. نتایج به دست آمده از مطالعات فیزیکی و شیمیایی آب حاکی از آن است که در سد کارده حرارت در فصول مختلف برای رشد و نمو موجودات آبی مناسب می باشد. حداکثر دمای آب حدود ۲۱/۱ درجه سانتی گراد می باشد. شفافیت آب نیز مطلوب بوده به طوری که در بعضی از ایستگاه ها نور تابستر آن نفوذ می کند، این امر یکی از عوامل فراوانی فیتوپلانکتون ها در منطقه است. Kadri (۱۹۹۸) در شناسایی گونه های مختلف دیاتومها در دریاچه Keban ترکیه بیان نمود که افزایش درجه حرارت و نور عامل مثبت در ازدیاد دیاتومها می باشد که با نتایج حاصل از این بررسی نیز هم خوانی دارد. نور یکی دیگر از فاکتورهای مهم در پراکنش دیاتومه ها و مطالعه روابط تغذیه ای است، به طوری که بهترین رشد دیاتومها در منبع آبی Keban ترکیه در ماه های بهار و تابستان می باشد، در حالی که در تحقیقات حاصل بیش ترین تراکم دیاتومها را در فصل بهار داشتیم. شفافیت عامل مهم دیگر در افزایش تراکم فیتوپلانکتونی و افزایش

میزان کلروفیل a دارد. برآورد میزان شفافیت آب توسط دستگاه سیکسی دیسک در دریاچه (جدول ۳) نیز گویای این مطلب است. مکارمی و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی های فیتوپلانکتونی تالاب انزلی نیز به این موضوع اشاره نمودند که شفافیت آب در تالاب انزلی به خصوص در منطقه آبکنار بسیار مطلوب بوده به طوری که نور تا بستر آن نیز نفوذ می کند. پایین بودن میزان ازت و فسفر (جدول ۳) که دو فاکتور اصلی برای افزایش مواد بیوژن در آب می باشند بیانگر کاهش تولیدات اولیه و الیگوتروف بودن (حاصل خیزی کم) دریاچه می باشد. این موضوع را علیزاده و همکاران (۱۳۸۷) نیز بیان نمودند که هر گونه کمبود ازت و فسفر در محیط های آبی منجر به کاهش شدید تولید اولیه می گردد و به همین دلیل در اغلب آب های طبیعی غیر آلوده کمبود ازت و فسفر اصلی ترین عامل محدودیت توسعه پلانکتونی به شمار می رود. از طرفی پائین بودن اعداد فسفات و ازت نیتريت در اندازه گیری فاکتورهای شیمیایی آب در ایستگاه های مورد مطالعه (جدول ۳) می تواند حاکی از مصرف شدن مواد فوق و تولید مواد فیتوپلانکتونی باشد که این موضوع را بانی (۱۳۷۵) نیز در بررسی ترکیب فیتوپلانکتونی حاصل از کوددهی در استخرها نیز بیان نمود و به این نتیجه رسید که تنوع و تراکم جوامع فیتوپلانکتونی با رژیم هیدروشیمیایی آب رابطه مستقیم دارد و هر گونه تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مستقیماً روی این جوامع تاثیر می گذارد. در زمان اوج فراوانی فیتوپلانکتون ها مقادیر مواد بیوژن کاهش می یابد. این ارتباطات می تواند بیانگر مصرف شدن این مواد توسط فیتوپلانکتون ها باشد. بررسی های بیولوژیک و رژیم حرارتی و ترکیبات هیدروشیمیایی آب دریاچه کارده در مطالعه کنونی بیانگر پایداری غلظت املاح محلول آب، متناسب با حد مطلوب آب های شیرین بوده، همچنین استعداد تولید مواد بیوژن همراه با قلیائیت آب شرایط مساعدی در جهت رشد تولیدات اولیه و ثانویه و توسعه آبریان در این دریاچه را ایجاد می نماید. با توجه به شاخص های ارائه شده (OECD, ۱۹۸۲) و با توجه به میزان حد شفافیت، مقادیر فسفات، نیتروژن و کلروفیل a حاصله از داده های فیزیکوشیمیایی (جدول ۳)، دریاچه سد کارده در حد دریاچه های مزوتروف کم قرار می گیرد (جدول ۴). لذا از لحاظ مدیریتی دریاچه فوق باید طوری برنامه ریزی گردد که سطوح تروفي در همین حد یا پایین تر حفظ گردد تا احیاناً در اثر بلوم های آبی و افزایش سطوح تروفي مشکل ساز نباشد.

تشکر و قدردانی

به رسم معمول در نهایت تواضع و ادب بر خویش فرض دانسته تا از همکاری و مساعدت های سازمان آب و فاضلاب خراسان رضوی، مجری محترم طرح جناب آقای مهندس خداپرست، راهنمایی های



۱۰. غلامی، ع.؛ اجتهادی، ح. و قاسم‌زاده، ف.، ۱۳۸۴. بررسی تنوع گونه‌ای و اکولوژیک فیتوپلانکتون‌های دریاچه بزنگان. مجله علمی شیلات ایران. سال ۴، شماره ۲، صفحات ۷۳ تا ۹۰.
۱۱. فلاحی، م.، ۱۳۷۸. بررسی پلانکتون‌های بخش جنوبی دریای مازندران. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱، شماره ۴، صفحات ۱۹ تا ۳۸.
۱۲. محبی، ف.؛ محسن‌پورآذری، ع. و عاصم، ع.، ۱۳۹۱. بررسی جمعیت فیتوپلانکتونی و شاخص‌های جمعیتی در دریاچه سد ارس. مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۵، شماره ۲، صفحات ۳۱۶ تا ۳۲۸.
۱۳. مکارمی، م.؛ سبک‌آرا، ج. و کفاش‌محمدجانی، ط.، ۱۳۸۵. شناسایی و پراکنش فیتوپلانکتونی در مناطق مختلف تالاب انزلی و نواحی ساحلی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۵، شماره ۱، صفحات ۱۲۹ تا ۱۴۹.
۱۴. مهندسین مشاور یکم. ۱۳۶۷. مطالعات گام اول طرح جامع احیاء تالاب انزلی. جلد ۷. لیمنولوژی جهاد سازندگی، کمیته امور آب.
۱۵. Balayut, E.A., 1983. Stocking and introduction of fish in lakes and reservoirs in the ASEAN countries. FAO technical paper No. 236. FAO, Rome. 82 p.
۱۶. Case, M.; Leca, E.E.; Leita, S.N.; Sant Anna, E.E.; Schwanborn, R. and Moraes Junior, A.T., 2008. Plankton Community as indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. Marine pollution Bulletin.
۱۷. Edmonson, W.T., 1959. Fresh water biology. New York, London. John Wiley and Sons Inc. 1248 p.
۱۸. Kadri, A., 1998. Diatoms (Bacillariophyta) in the Phytoplankton of Keban Reservoir and their seasonal variations. Tr. J. Bot. Turkey. Vol. 22, pp: 25-33.
۱۹. Lei, A.P.; HU, Z.L.; Wang, J.; SHI, Z.X. and TAM, F.Y., 2005. Structure of the phytoplankton community and its relationship to water quality in Donghu lake. Wuhan, China, J. Plant Biology. Vol. 47, No. 1, pp: 27-37.
۲۰. Lehman, J.T.; Abella, S.E.B.; Litt, A.H. and Edmondson, W.T., 2004. Fingerprints of biocomplexity: Taxon-Specific growth of Phytoplankton in relation to environmental factors. Limnology and Oceanography. USA. Vol. 49, No. 4, pp: 1446-1456.
۲۱. Newell, G.E. and Newell, K.C., 1977. Marine plankton, Hutchinson and Co., London. U.K. 242 p.
۲۲. OECD. 1982. Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control, OECD, Paris. Organisation for Economic Cooperation and Development. 154 p.
۲۳. Newton, A.; Icely, J.D.; Falcao, M.; Nobre, A.; Nunes, J.P.; Ferreira, J.G. and Vale, C., 2003. Evaluation of eutrophication in the Ria Formosa coastal lagoon. Portugal. Continental shelf Research. Vol. 23, pp: 1945-1961.
۲۴. Pontin, R.M., 1978. A key to the fresh water planktonic and semiplanktonic rotifera of the British Isles. Titus Wilson and Son. Ltd. 178 p.
۲۵. Ruttner-Kolisko, A., 1974. Plankton rotifers, biology and taxonomy, Austrian Academy of Science. 147 p.
۲۶. Smith, V.A., 2003. Eutrophication of fresh water and coastal marine ecosystems: a global problem. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. Vol. 10, pp: 126-139.
۲۷. Standard Method for examination of water and wastewater. 1989. American Public Health Association. U.S.A. 1194 p.
- ریاست محترم پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی - بندرانزلی آقای دکتر خانی‌پور و معاونین محترم ایشان آقایان دکتر ولی‌پور و مهندس سعید صفایی، کلیه همکاران آزمایشگاه پلانکتون‌شناسی پژوهشکده بالاخص خانم مددی و آقای مهندس سبک‌آرا که در آماده‌سازی و بررسی نمونه‌ها همکاری داشتند تا این تحقیق به سرانجام برسد، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. بانی، ع.، ۱۳۷۵. بررسی ترکیب فیتوپلانکتونی حاصل از انواع کودها در استخرهای پرورش ماهیان گرم‌آبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. صفحات ۸۵ تا ۸۷.
۲. چوداررضایی، س.؛ محسن‌پور، ع.؛ محبی، ف. و شیرینی، ص.، ۱۳۸۷. شناسایی و بررسی فراوانی زئوپلانکتون‌های دریاچه پشت سد ارس. مجموعه مقالات نخستین همایش ملی منابع شیلاتی دریای خزر. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۳. خداپرست، س.ح.، ۱۳۷۸. گزارش نهایی پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی تالاب انزلی طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵. مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ۱۵۶ صفحه.
۴. دره‌شوری، ف.، ۱۳۷۷. مطالعه اکولوژیک و فلور جلبکی دریاچه سد طرق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۴۹ صفحه.
۵. شمس، م. و افشارزاده، س.، ۱۳۸۷. مطالعه تغییرات فیتوپلانکتون‌های دریاچه زاینده‌رود. مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۱، شماره ۵، صفحات ۷۸۴ تا ۷۹۴.
۶. صلواتیان، س.م.؛ عبدالله‌پوری‌ریا، ح.؛ نظامی‌بلوچی، ش.ع.؛ مکارمی، م. و پورغلامی‌مقدم، ا.، ۱۳۸۹. ترکیب گونه‌ای و تعیین تراکم فیتوپلانکتونی در دریاچه پشت سد لار. مجله تالاب. سال ۲، شماره ۳، صفحات ۲۶ تا ۳۸.
۷. صلواتیان، س.م.؛ سبک‌آرا، ج.؛ آذری‌ناکامی، ق.؛ رجیبی‌نژاد، ر.؛ علمی، ا.م. و علی‌اف، ع.ر.، ۱۳۹۰. شناسایی و بررسی تراکم و پراکنش زئوپلانکتونی در دریاچه سد لار استان تهران. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آژادشهر. سال ۵، شماره ۴، صفحات ۱ تا ۱۶.
۸. صلواتیان، س.م.؛ عابدینی، ع. و میرزاخانی، ع.ر.، ۱۳۹۶. شناسایی و تعیین زی‌توده درشت‌بی‌مهرگان کفزی جهت آبی‌پروری در دریاچه مخزنی سد ارسباران. نشریه توسعه آبی‌پروری. جلد ۱۱، شماره ۳، صفحات ۱ تا ۱۱.
۹. علیزاده، ژ.؛ محسن‌پورآذری، ع.؛ صیدگر، م. و علیزاده، م.، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات نیترات و فسفات دریاچه ارس. مجموعه مقالات همایش آبی‌پروری نوین و توسعه پایدار دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل. صفحات ۸۵۸ تا ۸۶۷.

