

خصوصیات کیفی آب و بررسی روابط آن با جوامع فیتوپلانکتونی و کلروفیل a در دریاچه سد کارون چهار (استان چهارمحال و بختیاری)

سید عبدالمجید موسوی^{*۱}

(۱) استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین، پیشوا، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: majidmousavi79@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۳۱

چکیده

مطالعه حاضر در دریاچه سد کارون چهار استان چهارمحال و بختیاری با هدف تعیین تروفی دریاچه و بررسی برخی روابط بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و زیستی آب از اسفند ۱۳۹۱ تا بهمن ۱۳۹۲ انجام پذیرفت. در این پژوهش سه ایستگاه شامل یک ایستگاه در نزدیکی تاج سد و دو ایستگاه در سرشاخه‌های ورودی دریاچه در رودخانه‌های ارمند و بازفت در نظر گرفته شد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب مانند دما، کدورت، سختی، دما، pH، اکسیژن محلول، اکسیژن مصرفی زیستی، مصرف اکسیژن شیمیایی، کل مواد جامد محلول، مواد جامد معلق کل، نترات و فسفر کل و همچنین عوامل زیستی مانند شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون‌ها و میزان کلروفیل a مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج به-دست آمده در فصول مورد مطالعه ۵ شاخه و ۳۰ گونه فیتوپلانکتونی شناسایی گردید. بیشترین فراوانی به ترتیب مربوط به شاخه‌های Bacillariophyta (۱۷ گونه)، Chlorophyta (۶ گونه)، Chrysophyta (۴ گونه)، Dinophyta (۲ گونه) و Cyanophyta (۱ گونه) بود. بیشینه میزان کلروفیل a در ماه تیر (۴/۹ میکروگرم بر لیتر) و کمینه آن در اسفند (۲/۱ میکروگرم بر لیتر) به دست آمد. نرخ غلظت کلروفیل a نشان‌دهنده غالبیت شرایط الیگوتروفی در دریاچه مورد مطالعه بود. نتایج نشان داد همبستگی کلروفیل با دما دارای بالاترین همبستگی بوده و با جامدات معلق فاقد همبستگی بود ($P > 0.01$). از طرفی غلظت کلروفیل a و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها با شفافیت، نیتروژن کل و فسفر کل همبستگی منفی معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.01$). شاخص غالبیت در تابستان بیشترین (۰/۰۶۱۱۷) و در پاییز کمترین (۰/۰۵۸) میزان را نشان داده و از طرفی شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون در فصل بهار بیشترین (۰/۹۴۸۸۹) و در فصل پاییز کمترین (۰/۹۲۹۰۵) میزان را به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: تروفی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، سد کارون چهار، فیتوپلانکتون، کلروفیل a .

مقدمه

(Wynne, 1985 &). فیتوپلانکتون‌های موجود در منابع آبی یکی از مهمترین شاخص‌های زیستی تعیین‌کننده کیفیت آب محسوب می‌شوند. همچنین فیتوپلانکتون‌ها مهمترین تولیدکنندگان اولیه در آب‌ها به شمار می‌روند که البته گروهی نیز با تولید مواد سمی برای انسان و دیگر آبریان خطرناکی را به بار می‌آورند (Ariyadej et al.,

جلبک‌ها به‌عنوان گروه بسیار متنوعی از جانداران تولیدکننده در منابع آبی مطرح هستند که اغلب آنها دارای کلروفیل a بوده و به اشکال تک‌سلولی و پرسلولی قابل مشاهده می‌باشند. بر اساس رده‌بندی، جلبک‌ها دارای تنوع زیاد ۲۶۰۰۰ گونه در ۲۴ رده می‌باشند (Bold

مصوب 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. دره ساختگاه سد، یک دره ۷ شکل نامتقارن با شیب عمومی تندتر در جناح چپ بوده و عرض دره در تراز ۱۰۳۲+ (تراز تاج سد) در حدود ۳۵۰ متر است، بر این اساس نسبت عرض به ارتفاع دره ۱ به ۸ به دست آمده است. این سد توسط دو رودخانه ارمند و بازفت تغذیه شده و متوسط آورد سالانه رودخانه‌ها ۴/۴۹۲۷×۱۰۰۰۰۰ مترمکعب بوده و دمای حداقل اقلیم محل سد برابر ۸ درجه سانتی‌گراد و دمای حداکثر در محل سد برابر ۳۲/۴ درجه سانتی‌گراد برآورد می‌گردد.

مطالعه‌های مختلفی در زمینه سدسازی در ایران و نقاط مختلف جهان صورت گرفته که به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای که توسط Mohsenpour و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد، تغییرات فصلی ساختار جامعه فیتوپلانکتونی و ارتباط آن با فاکتورهای فیزیکی‌شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد کل فیتوپلانکتون دارای همبستگی مثبتی با آمونیاک داشته، اما با عمق دید سشی دیسک رابطه منفی را از خود نشان می‌دهد. از طرف دیگر همبستگی منفی بین میزان فسفات و تعداد کل فیتوپلانکتون‌ها مشاهده گردید. بین نیترات و تعداد کل فیتوپلانکتون‌ها نیز همبستگی مشاهده نشد. مطالعه‌ای توسط Jafari و Alavi (۲۰۱۰) بر روی رودخانه تالار صورت گرفته و در این مطالعه تغییرات جوامع پلانکتونی بر اساس فصل و خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی آب مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که بین اغلب فاکتورهای کیفی آب و تغییرات جوامع پلانکتونی رابطه معنی‌داری وجود دارد. Buyurgan و همکاران (۲۰۱۰) ساختار جمعیت زئوپلانکتونی را در دریاچه سد Asartep طی سه فصل بهار، تابستان و پاییز در ترکیه مورد بررسی قرار دادند.

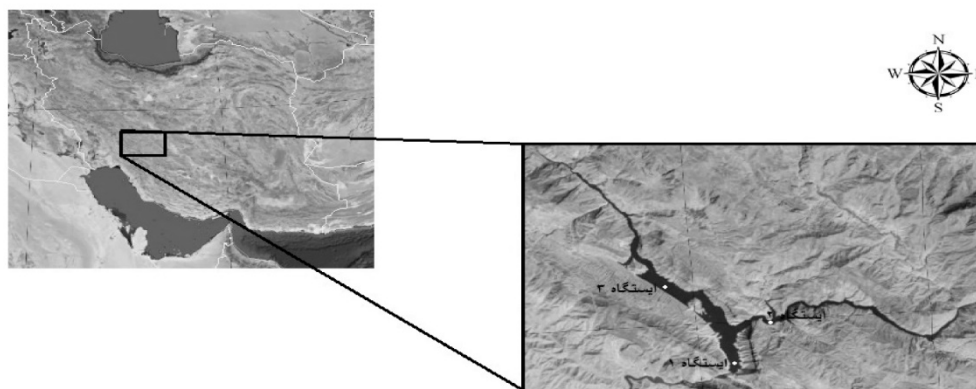
مطالعات فیتوپلانکتونی و نظارت جهت کنترل شرایط زیستی و شیمیایی منابع آبی مفید می‌باشد. ترکیب گونه‌ای و زی‌توده جلبکی تحت تاثیر تعدادی از فاکتورهای فیزیکی (مانند تابش نور و اختلاط آب) و شیمیایی (به‌طور خاص غلظت مواد غذایی) قرار دارد که با توجه به موقعیت مکانی دریاچه در رودخانه، شکل دریاچه و منبع آبی تغذیه‌کننده آن متغیر است (Thornton *et al.*, 1999). به‌طور کلی سه نوع منطقه در دریاچه قابل مشاهده است (Rychtecky & Znachor, 2011): ۱. بالادست که دارای آبی پر تلاطم با زمان ماندگاری کم، عمق پایین و جریان سریع است. مواد معلق جامد و غلظت مواد غذایی در این منطقه از مخزن آبی وابسته به رودخانه‌های تغذیه‌کننده دریاچه تامین می‌شود؛ ۲. منطقه گذر که دارای خصوصیاتمانند تولیدات اولیه و زی‌توده فیتوپلانکتونی بالا، شدت جریان آب پایین، زمان ماندگاری آب بالا همراه با محدودیت مواد مغذی و لایه نوری عمیق‌تری در مقایسه با بخش بالادست می‌باشد (Reynolds, 2006) و ۳. منطقه دریاچه‌ای که این منطقه به دیواره سد ختم شده و معمولاً بیشترین مدت زمان ماندگاری آب را داشته و همچنین در آن محدودیت غذایی مشخص و لایه نوری عمیق‌تر در مقایسه با بالادست مخزن آبی قابل مشاهده می‌شود (Padisa'k *et al.*, 2009). تا اوایل قرن بیستم حدود ۴۵۰،۰۰۰ سد بزرگ (بالاتر از ۱۵ متر) در بیش از ۱۵۰ کشور جهان ساخته شده و سالانه حدود ۱۶۰ تا ۳۲۰ سد بزرگ جدید در دنیا ساخته می‌شود (WCD, 2001). سدسازی طی هزاران سال همواره با نگهداری آب، منافع فراوانی مانند مهار سیلاب، آبیاری مزارع کشاورزی، تامین آب آشامیدنی و تولید جریان برق همراه بوده است. با این حال سدسازی اثرات عمیقی بر محیط‌زیست باقی گذاشته است. سد کارون چهار در جنوب غرب ایران و بر روی رودخانه کارون، بلافاصله در بالادست تقاطع رودخانه‌های منج و کارون و در فاصله ۶۷۰ کیلومتری از

بختیاری صورت گرفت. سد کارون چهار که در سال ۱۳۹۰ کامل شد، بلندترین سد بتونی دوقوسی ایران بود که طول تاج آن از سطح زمین ۲۳۰ متر، مساحت دریاچه آن ۳۲ کیلومترمربع و حجم آب این دریاچه ۲/۲ میلیارد مترمکعب است. در این مطالعه ۳ ایستگاه در نظر گرفته شد. ایستگاه شماره ۱ در نزدیکی تاج سد (۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و ۲۱ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۳۸ دقیقه و ۲۸ ثانیه شرقی)، ایستگاه شماره ۲ واقع در سرشاخه رودخانه ارمند (۳۱ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۹ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۸ ثانیه شرقی) و ایستگاه شماره ۳ در سرشاخه رودخانه بازفت (۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه و ۳۳ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۲۹ دقیقه و ۳۹ ثانیه شرقی) قرار داشتند (شکل ۱).

آنها دریافتند که روتیفرها با ۴۳ گونه جمعیت غالب دریاچه را به خود اختصاص داده‌اند و پس از آنها کلادوسرا با ۳ گونه و کویپودا با ۲ گونه قرار داشتند. با توجه به اینکه تاکنون مطالعاتی مربوط به بررسی جوامع پلانکتونی روی دریاچه سد کارون چهار صورت نگرفته است، پژوهش حاضر با هدف مطالعه جوامع فیتوپلانکتونی و تعیین سطح تروفی دریاچه سد کارون چهار و همچنین بررسی تغییرات آن از نظر تعداد و تراکم، با توجه به تغییرات فصلی و فاکتورهای کیفی آب صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

مطالعه اخیر در دریاچه سد کارون چهار و پایین دست دو رودخانه ارمند و بازفت در استان چهارمحال و



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در دریاچه سد

شد. نمونه‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری کلرفیل a توسط فرمالین ۴ درصد فیکس و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در شرایط تاریک به آزمایشگاه منتقل گردید (APHA, 1999). جهت نمونه‌برداری از آب مورد نیاز در اندازه‌گیری pH و اکسیژن محلول از عمق ۳ متری آب استفاده گردید. برای اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی زیستی، مصرف اکسیژن بیوشیمیایی، کل مواد جامد محلول، مواد جامد معلق کل، نیترات و فسفر کل نمونه‌ها پس از

روش نمونه‌برداری

نمونه‌های آب با استفاده از نمونه‌گیر روتنر (۶ لیتر در هر ایستگاه) از لایه سطحی آب به صورت فصلی از اسفند ۱۳۹۱ تا بهمن ۱۳۹۲ تهیه شد. نمونه‌های به دست آمده برای مطالعه فیتوپلانکتون‌ها بلافاصله توسط محلول لوگول فیکس شد. برای این کار ۰/۷ میلی‌لیتر محلول لوگول در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل گردید و در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا انتقال به آزمایشگاه نگهداری

نمونه‌برداری از لایه بالایی آب بر اساس روش‌های بیان شده در APHA (۱۹۹۹) نگهداری شد. فاکتورهایی مانند کدورت، سختی، دما، pH و اکسیژن محلول در محل نمونه‌برداری توسط دستگاه مولتی‌متر مدل Desktop meter dds-11a ساخت چین و شفافیت به وسیله سشی‌دیسک مورد سنجش قرار گرفت. آنالیز فاکتورهایی شامل نترات، جامدات معلق کل، فسفر کل، ازت کل، مصرف اکسیژن زیستی و مصرف اکسیژن شیمیایی به روش اسپکتوفوتومتری پیشنهادی در APHA با استفاده از دستگاه Hach مدل DR5000 ساخت آمریکا صورت پذیرفت.

طریق فیلتراسیون از آب جدا شدند. فیلتراسیون با استفاده از غشاهای ساخته شده از استات سلولز (۰/۴۵ میکرومتر) یا فیلترهای دارای رشته‌های شیشه‌ای (۱/۲ میکرومتر) انجام شد. فرآیند فیلتراسیون در شرایط فشار مکند سبک (زیر ۳ اتمسفر) جهت جلوگیری از آسیب رسیدن به سلول‌های ظریف جلبک‌ها انجام شد. جهت استخراج از محلول آلی اتانول استفاده شد و محلول کلروفیل a با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتری و روش APHA (۱۹۹۹) تعیین گردید. جهت تعیین سطح تروفی دریاچه از پژوهش‌های Bellinger و Sigeo (۲۰۱۰) استفاده گردید.

شمارش فیتوپلانکتون‌ها و اندازه‌گیری کلروفیل a

جهت شمارش فیتوپلانکتون‌ها از روش رسوب-گذاری استفاده شد. در این روش ۱۰۰ سی‌سی نمونه در استوانه‌های مدرج به آرامی ریخته و به مدت ۲۴ ساعت بدون حرکت و لرزش در یک محیط ثابت قرار داده شدند. رسوب‌گذاری در تاریکی و به دور از هر گونه گرما انجام شد. میزان ۸۰ میلی‌لیتر بالای سیلندر که عاری از جلبک بود را با دقت توسط سیفون U شکل خارج نموده و ۲۰ میلی‌لیتر باقی‌مانده با تکان دادن سیلندر مخلوط گردید. سپس ظروف شیشه‌ای در تاریکی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان شمارش نگهداری شد. فیتوپلانکتون‌های رسوب‌گذاری شده با استفاده از لام سدویک-رافتر و میکروسکوپ اینورت^۱ تا بزرگ‌نمایی ۴۰۰ شناسایی و شمارش گردید (Bellinger & Sigeo, 2010).

تجزیه و تحلیل آماری

جهت محاسبه ارتباط بین غلظت کلرفیل a و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و سنجش‌های کیفی آب در فصول مختلف از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید و برای تعیین این آزمون از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد. جهت بررسی تنوع گونه‌ای از شاخص‌های سیمپسون و شانون و جهت تعیین غنای گونه‌ای از شاخص‌های مارگالف و غالبیت استفاده شد. برای این کار نیز از نرم-افزار Past^{v3} بهره گرفته شد. سپس برای بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین شاخص‌های مختلف در فصول متفاوت ابتدا از آزمون برابری واریانس‌ها استفاده گردید که پس از رد فرضیه برابری واریانس‌ها جهت تعیین معنی‌دار بودن اختلاف بین شاخص‌های زیستی در فصول مختلف از آزمون متغیر چندگانه توکی^۲ استفاده شد.

نتایج

تغییرات خصوصیات کیفی آب در ایستگاه‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. اگرچه تغییراتی بین ایستگاه‌ها از نظر این فاکتورها وجود دارد، مقدار این تغییرات معنی‌دار نیست. به‌عنوان مثال میانگین اکسیژن

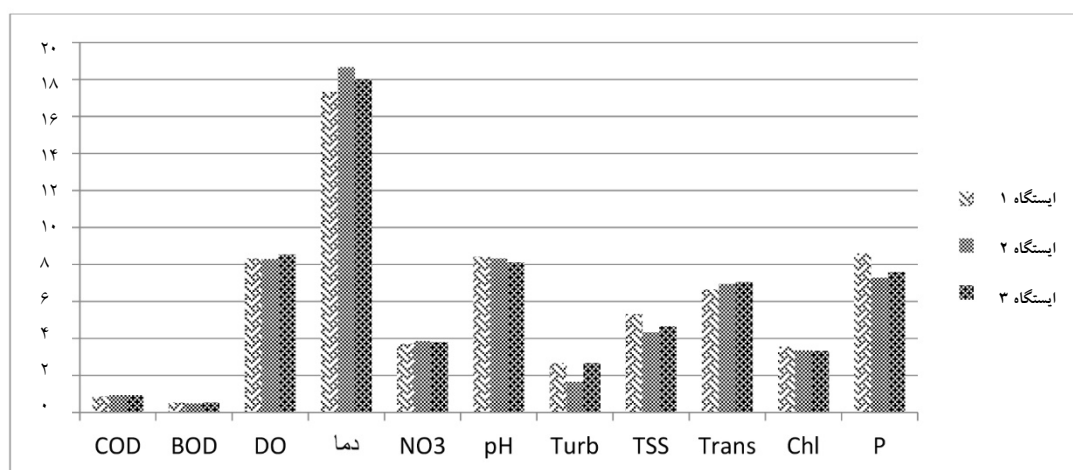
غلظت کلروفیل a با اندازه‌گیری میزان جذب اشعه ماوراءبنفش در طول موج ۶۶۵ نانومتر (کلروفیل a) و ۷۵۰ (کدورت) توسط دستگاه اسپکتوفوتومتری محاسبه گردید (Jafari & Alavi, 2010). همه جلبک‌ها ابتدا از

² Tukey

¹ OLYMPUS BH-2

می‌تواند به دلیل شرایط خاص این ایستگاه و قرار گرفتن در محوطه باز دریاچه و به تبع آن جریان‌های باد شدید باشد. البته این اختلاف نیز همچنان ناچیز است (شکل ۴).

در فصل پاییز اما نوسانات به میزان بیشتری قابل مشاهده است. به‌عنوان مثال متغیر بودن فاکتورهایی که به حضور مواد معلق در آب بستگی دارد مانند TSS و کدورت در ایستگاه ۱ بیشتر از سایر ایستگاه‌ها و همچنین شفافیت اندکی کمتر از آنها قابل مشاهده است که



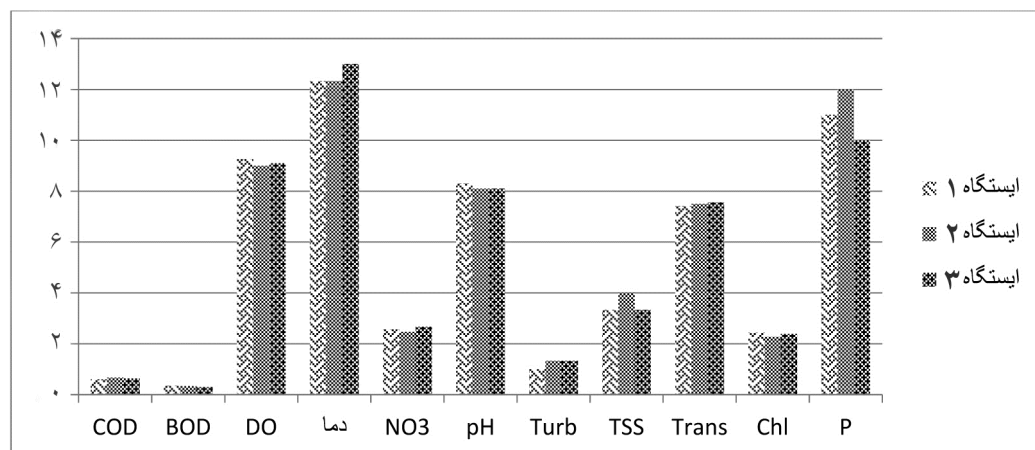
شکل ۴. نمودار مقایسه برخی فاکتورهای کیفی آب بین سه ایستگاه مورد مطالعه در فصل پاییز

COD: مصرف اکسیژن شیمیایی (mg/L); BOD: مصرف اکسیژن بیوشیمیایی (mg/L); DO: اکسیژن محلول (mg/L); دما: (°C); NO₃: نترات (mg/L); کدورت: Turb; Trans: شفافیت (m); Chl: غلظت کلروفیل a (µg/L); TSS: مواد جامد معلق (mg/L); P: فسفر کل (µg/L).

داشته باشد، یافته‌ها نشان داد که میزان فسفر بین ۳ ایستگاه دارای نوسانات بالاتری در مقایسه با دیگر فصول بود (شکل ۵).

در میان دیگر فاکتورها تنها دما و مواد جامد معلق است که اندکی نوسان دارند. مواد جامد معلق در ایستگاه ۲ با میزان ۴ میلی‌گرم در لیتر نسبت به دو ایستگاه دیگر (۳/۳ میلی‌گرم در لیتر) فاصله دارد. به‌طور کلی در فصل زمستان کمترین تغییرات فاکتورهای کیفی آب بین ایستگاه‌ها در مقایسه با دیگر فصول مشاهده گردیده است (شکل ۵).

در حالی که میزان نیتروژن در ایستگاه ۳ با میانگین ۶/۲ میلی‌گرم در لیتر از سایر ایستگاه‌ها بالاتر است، اما مقدار فسفر با ثبت عدد ۸/۳ میکروگرم در لیتر در ایستگاه ۲ نشان‌دهنده بالاترین میزان بین ۳ ایستگاه مورد مطالعه است. در این فصل (پاییز) بر خلاف فصول قبل (بهار و تابستان)، نوسانات بالاتری در میزان کدورت، مواد جامد محلول و نیتروژن مشاهده گردید. یکی از خصوصیات فصل زمستان میزان کم تولیدات اولیه است. اگرچه در زمستان به دلیل کاهش تولیدات، نوسانات زیادی بین ایستگاه‌ها از نظر میزان فسفر کل نباید وجود



شکل ۵. نمودار مقایسه برخی فاکتورهای کیفی آب بین سه ایستگاه مورد مطالعه در فصل زمستان
 COD: مصرف اکسیژن شیمیایی (mg/L); BOD: مصرف اکسیژن بیوشیمیایی (mg/L); DO: اکسیژن محلول (mg/L); دما (°C); NO3: نترات (mg/L); Turb: کدورت
 Trans: شفافیت (m); Chl: غلظت کلروفیل a (µg/L); TSS: مواد جامد معلق (mg/L); P: فسفر کل (µg/L).

جدول ۱. درصد فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتونی به تفکیک فصل

گونه‌های فیتوپلانکتونی	بهار (%)	تابستان (%)	پاییز (%)	زمستان (%)
Bacillariophyta				
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	۳۰/۶۱	۴۸/۹۷	۰	۲۰/۴۲
<i>Cocconeis placentula</i> (Ehr.) Cleve.	۲۵	۵۴/۷۳	۰	۲۰/۲۷
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	۲۱/۲۴	۳۴/۸	۲۸/۹۳	۱۵/۰۳
<i>Cymbella prostrata</i> (Berkeley) Brun	۰	۳۵/۹۸	۰/۴/۲۱	۴۲/۹۸
<i>Cymbella cesatii</i> (Rab.) Grun.	۲۵/۵	۰	۴۷/۹۵	۲۶/۵۴
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	۲۰/۹۸	۵۱/۰۲	۱۹/۷۵	۸/۲۴
<i>Gomphonema parvulum</i> Her.	۳۶/۱۱	۰	۴۱/۶	۲۲/۳
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kutz.	۰	۵۱/۶۴	۴۸/۳۶	۰
<i>Navicula gracilis</i> Ehrenberg	۳۲/۷۵	۶۱/۰۴	۰	۶/۲۱
<i>Navicula tenelloides</i> Meist.	۳۵/۷۲	۰	۵۷/۱۱	۷/۱۷
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh.) Kutz.	۱۹/۷	۴۷/۶۵	۲۰/۷۲	۱۱/۹۳
<i>Nitzschia draveillensis</i> Coste & Ricard	۰	۰	۱۰۰	۰
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kutz) Grun	۴۳/۶۳	۰	۲۵/۶۵	۳۰/۷۲
<i>Nitzschia graciliformis</i> Lange-Bert.	۰	۶۷/۹۹	۳۲/۰۱	۰
<i>Nitzschia acicularis</i> W. Sm.	۳۴/۸۷	۳۷/۲۴	۰	۲۷/۸۹

ادامه جدول ۱. درصد فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتونی به تفکیک فصل

گونه‌های فیتوپلانکتونی	بهار (%)	تابستان (%)	پاییز (%)	زمستان (%)
<i>Nitzschia palea</i> (Kutz)W.Sm.	۵۸/۲۱	۴۱/۷۹	۰	۰
<i>Synedra acus</i> Kützing	۲۹/۹۵	۳۹/۱۵	۱۶/۱۴	۱۴/۷۶
مجموع	۲۳/۴۵	۴۱/۲۲	۱۹/۱	۱۶/۲۳
Chlorophyta				
<i>Closterium leibleini</i> Kütz	۲۵/۵	۳۷/۲۵	۳۷/۲۵	۰
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehr.	۳۹/۷۴	۲۹/۵۲	۳۰/۷۵	۰
<i>Coelastrum astroideum</i> Näg.	۳۵/۳۷	۴۰/۴	۱۸/۱۷	۶/۰۶
<i>Coelastrum astroideum</i>	۲۳/۲	۳۷/۷۱	۱۷/۳۸	۲۱/۷۲
<i>Cosmarium reniforme</i> Arch.	۲۶/۵	۵۳	۲۰/۵	۰
<i>Cosmarium tumidum</i> Lund	۲۷/۰۴	۵۸/۲۱	۱۴/۷۵	۰
مجموع	۲۹/۳۱	۴۴/۳	۲۲/۸۲	۳/۵۸
Chrysophyta				
<i>Dinobryon bavaricum</i> Ehr.	۰	۰	۰	۱۰۰
<i>Synura echinulata</i>	۱۸/۱۸	۹/۰۹	۲۷/۲۷	۲۵/۴۵
<i>Synura uvella</i>	۳۰/۷۷	۱۵/۳۸	۱۵/۳۸	۳۸/۴۶
<i>Mallomonas hamate</i>	۲۵	۱۶/۶۷	۲۵	۳۳/۳۳
مجموع	۲۱/۹۵	۱۲/۲	۱۹/۵۱	۴۶/۳۴
Cyanophyta				
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing	۵۵/۵۶	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱	۰
مجموع	۵۵/۵۶	۳۳/۳۳	۱۱/۱۱	۰
Dinophyta				
<i>Peridinium cinctum</i> Muller	۱۱/۳۲	۵۴/۸۱	۳۳/۸۷	۰
<i>Ceratium hirudinella</i> Muller	۱۵/۴	۵۵/۷۷	۲۸/۸۴	۰
مجموع	۱۳/۱۸	۵۵/۲۵	۳۱/۵۷	۰

در فصل تابستان در میلی‌لیتر از ۱۳ گونه بود (جدول ۱). در فصل تابستان با تنوع ۱۲ گونه، افزایش قابل توجهی در تعداد

فراوانی گونه‌های مختلف فیتوپلانکتونی نشان داد که در شاخه باسیلاریوفیتا در فصل بهار دارای تراکم ۷۷ عدد

لیتر بود. پس از آن بهار با ۹، پاییز با ۸ و تابستان با ۵ عدد در میلی لیتر به ترتیب قرار داشتند. قابل ذکر است که تنوع این شاخه در این فصول ۳ گونه ثبت گردید. از شاخه داینوفیتا و سیانوفیتا در زمستان هیچ موردی مشاهده نگردید. داینوفیتا با تنوع ۲ گونه تابستان ۲۱ عدد، پاییز ۱۲ عدد و بهار ۵ عدد در میلی لیتر و در سیانوفیتا بهار با ۵، تابستان با ۳ و پاییز با ۱ عدد در میلی لیتر در جایگاه بعدی قرار گرفتند (جدول ۲). با توجه به جدول ۲ شاخص غالبیت گونه‌ای در زمستان از سایر پارامترها بالاتر بوده و با ۰/۰۷ بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است.

باسیلاریوفیتا مشاهده گردید، به گونه‌ای که به ۱۳۶ عدد در میلی لیتر رسید. این تعداد در فصل پاییز و زمستان به ۵۳ عدد در میلی لیتر رسید. پس از باسیلاریوفیتا، کلروفیتا قرار دارد. با توجه به نتایج به دست آمده این شاخه با تنوع ۶ گونه در فصول مختلف دارای تعداد مشخصی بودند که از الگوی قبلی تبعیت می نمود. بدین معنی که به ترتیب بالاترین تعداد در تابستان با ۴۳، بهار با ۲۸، پاییز با ۲۲ و زمستان با تنوع ۲ گونه و تعداد ۳ عدد در میلی لیتر قرار دارد. در مورد کریسوفیتا وضعیت متفاوت بود. در این شاخه از فیتوپلانکتون‌ها بالاترین تعداد در فصل زمستان و با تنوع ۴ گونه و تعداد ۱۹ عدد در میلی

جدول ۲. شاخص‌های تنوع در فصول مختلف

بهار	تابستان	پاییز	زمستان	
۲۵	۲۴	۲۴	۱۹	تنوع
۱۲۷	۲۰۹	۱۱۲	۷۶	تعداد
۰/۰۵۱۱۰۹	۰/۰۶۱۱۱۷	۰/۰۵۸	۰/۰۷۰۹۵	غالبیت
۳/۰۸۷	۲/۹۲۴	۲/۹۷۹۷	۲/۷۹۱	شانون
۰/۹۴۸۸۹	۰/۹۳۸۸۸	۰/۹۴۱۹۱	۰/۹۲۹۰۵	سیمپسون
۴/۹۵۴۴	۴/۳۰۵۲	۴/۸۷۴۴	۴/۱۵۶۳	مارگالف

است. بر اساس نتایج به دست آمده کدورت با تمامی فاکتورهای اندازه‌گیری شده همبستگی معنی داری دارد که در این میان با شفافیت و میزان فسفر همبستگی منفی دارد. دما عامل مهمی در زمینه تاثیر بر دیگر فاکتورهای کیفی آب است. با افزایش دما به جز عواملی مانند کلرفیل، کدورت و pH نیز به شکل معنی داری افزایش یافت. pH به جز با اکسیژن محلول و جامدات معلق کل با بقیه پارامترها دارای همبستگی بود.

همبستگی بین فاکتورهای کیفی آب به طور جداگانه با یکدیگر در جدول ۳ مقایسه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از همبستگی بین مصرف اکسیژن شیمیایی و دیگر فاکتورهای کیفی آب مشاهده گردید که این فاکتور با همه فاکتورها به جز اکسیژن محلول دارای همبستگی معنی دار می باشد، اما همبستگی آن با فسفر و شفافیت منفی بوده است. دما نیز با مصرف اکسیژن شیمیایی و بیوشیمیایی دارای همبستگی مثبت و معنی دار

جدول ۳. نتیجه آزمون همبستگی پیرسون بین پارامترهای کیفی آب

P	Chl	Trans	TSS	TN	Turb	pH	NO3	DO	BOD	COD
-۰/۵۱۹ ^{ns}	۰/۶۸۲ ^{ns}	-۰/۵۸۴ ^{ns}	۰/۳۵۶ ^{ns}	۰/۶۳۷ ^{ns}	۰/۴۹۶ ^{ns}	۰/۷۸۸ ^{ns}	۰/۶۰۷ ^{ns}	-۰/۱۵۹	۰/۸۴۴ ^{ns}	۱
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۳	۰/۰۰۰	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
-۰/۵۵۶ ^{ns}	۰/۶۹۱ ^{ns}	-۰/۶۶۹ ^{ns}	۰/۳۳۴ ^{ns}	۰/۵۴۹ ^{ns}	۰/۵۵۰ ^{ns}	۰/۶۰۶ ^{ns}	۰/۵۴۳ ^{ns}	-۰/۳۳۷	۱	BOD
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۴۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۱۶۴	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
۰/۲۰۳	۰/۲۲۳	۰/۲۲۹	-۰/۲۸۹	۰/۰۵۵	-۰/۳۶۵ ^{ns}	۰/۰۶۲	۰/۰۱۵	-۰/۳۲۰	۱	DO
۰/۳۳۵	۰/۱۹۱	۰/۱۷۹	۰/۰۸۷	۰/۲۶۸	۰/۰۲۹	۰/۷۲۰	۰/۹۳۳	۰/۰۵۷	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
-۰/۱۱۵ ^{ns}	۰/۸۴۶ ^{ns}	-۰/۸۸۵ ^{ns}	۰/۲۷۶	۰/۷۷۵ ^{ns}	۰/۸۱۱ ^{ns}	۰/۶۲۰ ^{ns}	۰/۷۸۹ ^{ns}	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	دما
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	NO3
-۰/۶۱۹ ^{ns}	۰/۷۸۶ ^{ns}	-۰/۷۳۳ ^{ns}	۰/۱۹۹	۰/۸۸۹ ^{ns}	۰/۶۰۳ ^{ns}	۰/۶۰۱ ^{ns}	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	pH
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۴۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	Turb
-۰/۲۸۶ ^{ns}	۰/۶۰۷ ^{ns}	-۰/۵۰۶ ^{ns}	۰/۱۱۹	۰/۶۳۷ ^{ns}	۰/۴۹۹ ^{ns}	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	TN
۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۴۹۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	TSS
-۰/۷۱۴ ^{ns}	۰/۸۹۷ ^{ns}	-۰/۸۱۹ ^{ns}	۰/۳۲۳	۰/۵۵۸ ^{ns}	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	Trans
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۵۴	۰/۰۰۲	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	Chl
-۰/۶۶۳ ^{ns}	-۰/۷۸۵ ^{ns}	۰/۶۸۰ ^{ns}	۰/۳۱۳	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۳	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
-۰/۳۳۸	۰/۴۹۱	-۰/۲۸۵	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
۰/۱۶۲	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
۰/۰۷۳۵	-۰/۸۷۹ ^{ns}	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
-۰/۸۷۱ ^{ns}	۱	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری
۰/۰۰۰	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری	همبستگی پیرسون سطح معنی داری

^{ns} همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی دار و ^{*} همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی دار است.
 COD: مصرف اکسیژن شیمیایی؛ BOD: مصرف اکسیژن بیوشیمیایی؛ DO: اکسیژن محلول؛ NO3: نیترات؛ Turb: کدورت؛ TN: نیترژن کل؛ P: فسفر کل؛ TSS: مواد جامد معین؛ Trans: شفافیت؛ Chl: غلظت کلروفیل.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از همبستگی بین مصرف اکسیژن شیمیایی و دیگر پارامترهای کیفی آب مشاهده گردید که این پارامتر با همه فاکتورها به جز اکسیژن محلول دارای همبستگی می باشد، هر چند که همبستگی آن با فسفر و شفافیت منفی بوده است. این به معنی آن است که با کاهش میزان مصرف اکسیژن شیمیایی که معمولا در پی کاهش دما اتفاق می افتد، شفافیت افزایش می یابد. همان گونه که در مطالعات Lobo و همکاران (۲۰۰۴) و Peerapornpisal و همکاران (۲۰۰۱) به دست آمد، چرا که در چنین شرایطی یکی از مهمترین عوامل موثر بر شفافیت که رشد فیتوپلانکتون ها است کاهش یافته و در نتیجه شفافیت افزایش یافته است (Saenger, 1989; Mitrovic et al., 2010; Ekpo et al., 2012). مصرف اکسیژن شیمیایی همچنین با مصرف اکسیژن زیستی دارای همبستگی مثبت با سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۱ می باشد که علت آن همسو بودن عوامل افزایش دما و کاهش هر دو پارامتر ذکر شده می باشد. این موضوع مطابق با مطالعه های Attiogbe و همکاران (۲۰۰۷)، Hur و همکاران (۲۰۱۰) و Kazanci و همکاران (۲۰۰۹) بود. بین اکسیژن محلول با مصرف اکسیژن شیمیایی و مصرف اکسیژن زیستی همبستگی منفی دیده شد، هر چند که این ارتباط معنی دار نبود. این نتایج برخلاف نتایج به دست آمده در مطالعات Kazanci و همکاران (۲۰۰۹) و Yilmaz (۲۰۱۳) بود که علت آن می تواند اختلاف کم بین فصول مختلف از نظر اکسیژن محلول باشد.

دما نیز با مصرف اکسیژن شیمیایی و بیوشیمیایی دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود که علت آن افزایش سرعت فرآیندهای شیمیایی و بیوشیمیایی طی افزایش دما است. غلظت کلروفیل a در زمان افزایش فراوانی فیتوپلانکتونی در محیط آب افزایش می یابد و از طرف دیگر با مصرف فسفات توسط فیتوپلانکتون ها

غلظت فسفر کل نیز کاهش می یابد. یکی از دلایل افزایش مصرف اکسیژن شیمیایی و مصرف اکسیژن زیستی بالا رفتن بار آلی آب و در نتیجه تجزیه شیمیایی و بیوشیمیایی این ترکیبات است (Bartram & Balance, 1996). از این رو با افزایش جمعیت پلانکتونی از یک سو تنفس افزایش می یابد و از سوی دیگر با افزایش مرگ و میر آنها بار آلی زیادتری نیز در شرایط تجزیه شیمیایی و بیوشیمیایی قرار می گیرد که این امر می تواند موجب افزایش مصرف اکسیژن شیمیایی و مصرف اکسیژن زیستی و همسویی آنها با میزان کلروفیل و عدم همسویی آنها با فسفر گردد. همچنین با افزایش چنین شرایطی در محیط آبی (افزایش جمعیت پلانکتونی) کدورت آب نیز افزایش می یابد (Bartram & Balance, 1996). این نتیجه همچنین توسط Nirmal و Oommen (۲۰۱۱) و Zhou و همکاران (۲۰۱۰) به دست آمد. 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 به دلیل مصرف توسط فیتوپلانکتون ها کاهش می یافت. البته نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این پارامتر با اطلاعات به دست آمده از تحقیق Yilmaz (۲۰۱۳) مشابه است. اکسیژن محلول در این پژوهش همبستگی معنی داری با بسیاری از پارامترهای موجود در محیط آبی نداشت که با نتایج به دست آمده در بسیاری از تحقیقات انجام شده در این زمینه مانند Joshi و همکاران (۲۰۰۹) و Garg و همکاران (۲۰۱۰) متفاوت بود. یکی از تفاوت های منبع آبی مورد مطالعه با دیگر منابع آبی در تولیدات پایین و عمق بالای دریاچه مورد مطالعه است که باعث می شود نوسانات شدیدی ناشی از تغییر عوامل مصرف کننده و تولیدکننده اکسیژن در محیط آبی بین فصول مختلف حاصل نگردد. از این رو اختلافات میزان اکسیژن بین فصول معنی دار نبوده و بنابراین همبستگی معنی داری با سایر پارامترها نیز ندارد. دما عامل مهمی در

کردند که فسفات با pH رابطه مستقیم و معنی‌دار و نیترات با آن رابطه غیرمستقیم و معنی‌دار دارد، عکس آنچه در مطالعه اخیر به دست آمده است. Florin (۱۹۵۷) بیان کرد رابطه pH با مصرف اکسیژن بیولوژیکی مثبت و معنی‌دار بوده که پژوهش حاضر نیز به همین نتیجه رسیده است. بر اساس نتایج به دست آمده کدورت با تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری دارد و در این میان با شفافیت و میزان فسفر همبستگی منفی دارد. اما در تحقیق Joshi و همکاران (۲۰۰۹) همه پارامترها به جز فسفر که رابطه مثبت و معنی‌داری دارد، شبیه مطالعه حاضر است. در تحقیق Zhou و همکاران (۲۰۱۰)، Pillay و Pillay (۲۰۱۳) و Joshi و همکاران (۲۰۰۹) کدورت با دما و pH همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار دارد، اما در این تحقیق هر دو همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند، مانند آنچه در Singh و Sharma (۲۰۱۳) و Thirupathiah و همکاران (۲۰۱۲) آمده است.

فراوانی گونه‌های مختلف فیتوپلانکتونی در منابع مختلف آبی می‌تواند نشان‌دهنده شرایط تروفی و آلودگی باشند. در فصل بهار گونه‌های *Synedra acus*، *Achnanthydium minutissimum*، *Cocconies placentula* و *Gomphonema parvulum* به ترتیب با تعداد ۱۱، ۱۰، ۹ و ۹ عدد در میلی‌لیتر دارای بالاترین فراوانی در بین سایر گونه‌ها بودند که حضور گونه‌هایی چون *Achnanthydium minutissimum* نشان‌دهنده بار آلی پایین آب بوده و یکی از شاخص‌های آب‌های الیگوتروف است (Potapova, 2007؛ Wojtal et al., 2011؛ Voudouris & Voutsas, 2012). گونه‌هایی چون *Cocconeis placentula* و *Gomphonema parvulum* در آب‌هایی با مواد مغذی پایین رشد می‌کنند (Lobo et al., 2004) که با توجه به نتایج ذکر شده در بخش پارامترهای کیفی آب حضور این گونه‌ها امری بدیهی به نظر می‌رسد. همچنین حضور گونه *Fragilaria*

زمینه تاثیر بر دیگر پارامترهای کیفی آب است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت با افزایش دما به جز پارامترهای بحث شده، عواملی مانند کلرفیل، کدورت و pH نیز به شکل معنی‌داری افزایش یافت. این یافته‌ها مشابه نتایج به دست آمده با پژوهش Anago و همکاران (۲۰۱۳)، Pillay و Pillay (۲۰۱۳) و Zhou و همکاران (۲۰۱۰) بود. مواد جامد معلق در این پژوهش تنها عاملی بود که با دما همبستگی معنی‌داری نداشت، چرا که میزان آب تحت تاثیر عوامل زیادی بود که گاهی ربطی به دما نداشتند. جریان‌های آبی به خصوص امواج یکی از این عوامل است که باعث می‌گردد مواد معلق از کناره‌های دریاچه به درون محیط آبی رها شود. البته در این پژوهش، کنترل چنین شرایطی حاکم بود و به همین دلیل میزان این مواد به شکل قابل توجهی کم بود (جدول ۱).

pH آب عاملی است که تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد و مشخص‌کننده عکس قدرت یون هیدروژن در محیط آبی است. میزان دی‌اکسید کربن موجود در آب یکی از عواملی است که میزان pH را کاهش می‌دهد، بنابراین عواملی مانند مصرف اکسیژن زیستی و مصرف اکسیژن شیمیایی باید موجب کاهش pH آب شود. اما نکته قابل توجه آن است در طول روز که نمونه‌گیری‌ها صورت گرفته، در شرایطی که فاکتورهای ذکر شده بالا بوده، فتوسنتز نیز به دلیل فعالیت بالای فیتوپلانکتون‌ها افزایش پیدا کرده و در نتیجه میزان دی-اکسید کربن آب کم شده و pH آب نیز به تبع آن بالا رفته است. این شرایط در تحقیق انجام شده توسط Zhou و همکاران (۲۰۱۰)، Anago و همکاران (۲۰۱۳) و Garg و همکاران (۲۰۱۰) نیز آمده است. Zhou و همکاران (۲۰۱۰) و Anago و همکاران (۲۰۱۳) همچنین بیان کردند که pH با دما رابطه مستقیم و معنی‌دار، با کلرفیل و نیترات رابطه مستقیم و معنی‌دار و با فسفات رابطه غیرمستقیم و معنی‌دار دارد؛ نظیر آنچه در تحقیق حاضر به دست آمده است. اما Jafari و Alavi (۲۰۱۰) بیان

و بنابراین در فصل بهار نسبت به سایر گونه‌ها از رشد بالاتری برخوردار است (Saenger, 1989; Bellinger & Sigeo, 2010).

از سیانوفیتا به‌طور کلی تنها یک گونه *Gomphosphaeria aponina* با ۵ عدد در میلی‌لیتر مشاهده گردید. اغلب گونه‌های شاخه سیانوفیتا در دمای ۱۴-۲۷ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کنند (Branco & Necchi, 2001; Shekhar et al., 2008) و از این‌رو آنها را در فصل بهار و تابستان بیشتر می‌توان مشاهده نمود. البته گونه‌هایی مانند *Mastigocladus laminosus* نیز وجود دارند که می‌توانند در دمای ۴۵ درجه نیز سازگار شوند (Likens, 2010). همچنین گونه *Gomphosphaeria aponina* که از مشخصه آب‌های مزوتروف است را در این دریاچه می‌توان مشاهده نمود. نکته قابل توجه عدم حضور جنس‌های *Anabenna* و *Microcystis* در این مطالعه بود که در آب‌های با آلاینده‌های آلی بالا رشد می‌کنند (Markert et al., 2003; Bellinger & Sigeo, 2010). شاخه داینوفیتا با ۲ گونه یکی از کم‌تنوع‌ترین گونه‌های فیتوپلانکتونی را در فصل بهار به خود اختصاص داده است. در این شاخه دو گونه *Peridinium cinctum* و *Ceratium hirudinella* مشاهده گردید که گونه اول با ۶ و گونه دوم با ۳ عدد در میلی‌لیتر به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد را دارا بودند. شرایط در تابستان با بهار متفاوت بود. فراوانی فیتوپلانکتون‌های شناسایی شده نسبت به فصل بهار بسیار زیادتر است، علت عمده آن به شدت تابش نور و دمای آب برمی‌گردد. در شاخه باسیلاریوفیتا تعداد ۱۳۶ عدد سلول در میلی‌لیتر شناسایی شد که این تعداد حدود ۲ برابر تعداد شناسایی شده در فصل بهار است. *Cocconeis placentula* با ۲۴ عدد و *Fragilaria capucina* با ۲۰ عدد در میلی‌لیتر دارای بالاترین فراوانی بودند. عدم حضور گونه‌هایی چون *Cymbella cesatii*

capucina نیز از شاخص‌های آب‌های الیگوتروف است (Markert et al., 2003). اما در عین حال حضور گونه‌ای چون *Cyclotella meneghiniana* که شاخص آب‌های بار آلی است (Wu, 1984)، نشان می‌دهد آلودگی آلی در این منبع آبی وجود دارد، به‌طوری که فراوانی اندک این گونه بیان‌کننده بار آلی اندک در این منبع آبی در طول بهار است.

در شاخه کلروفیتا در فصل بهار هم از نظر تنوع و هم از نظر تراکم وضعیت با باسیلاریوفیتا متفاوت است، به گونه‌ای که بیشترین فراوانی مربوط به گونه *Coelastrum astroideum* با ۶ عدد در میلی‌لیتر و پس از آن گونه *Cosmarium tumidum* با ۵/۵ عدد در میلی‌لیتر و گونه‌های *Closterium moniliferum* و *Cosmarium reniforme* با ۵ عدد در میلی‌لیتر می‌باشد. به‌طور کلی ۲۸ عدد در میلی‌لیتر از شاخه کلروفیتا در این فصل مشاهده گردید. کمترین جمعیت مربوط به گونه *Coelastrum astroideum* می‌باشد که البته این گونه از شاخص‌های آب‌های جاری است (Ranković et al., 2006; Hosmani, 2012) و در ایستگاه‌های ۲ و ۳ (به-ترتیب سرشاخه‌های ارمند و بازفت) جمع‌آوری شده است. حضور فراوان گونه‌هایی مانند *Coelastrum astroideum* که در آب‌های با دمای بالا زندگی می‌کنند نشان‌دهنده بالا بودن دمای آب در این منطقه در فصل بهار است، چرا که این گونه در دمای بالای ۱۲ درجه سانتی-گراد ظاهر می‌گردد (Markert et al., 2003). شاخه کریسوفیتا با فراوانی ۷ عدد در میلی‌لیتر نسبت جمعیتی کمی را به خود اختصاص داده است. این شاخه از فیتوپلانکتون‌ها بیشتر در آب‌های با دمای پایین رشد می‌کند (Saenger, 1989). بنابراین اگر چه این شاخه از تنوع نسبی برخوردار بود، اما از نظر تراکم شرایط مناسبی نداشت. گونه *Synura uvella* هم در شرایط قلیایی رشد می‌کند و دارای دامنه دمایی ۴ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد بوده

دارای دمای بهینه ۱۱ درجه سانتی گراد است (Bigler & Hall, 2002; Felisberto & Rodrigues, 2005). در تابستان نیز مانند سایر فصول، فراوانی گونه‌های شاخص آب‌های با بار آلی پایین از دیگر گونه‌ها بیشتر بوده و به گونه‌ای تمیز بودن این منبع آبی را از نظر بار آلودگی نشان می‌دهد. گونه‌هایی مانند *Achnanthydium minutissimum* کاملا مشخص‌کننده آب‌های با آلودگی پایین می‌باشند، همان‌گونه که در مطالعه‌های Potapova (۲۰۰۷)، Voudouris و Voutsas (۲۰۱۲) و Wojtal و همکاران (۲۰۱۱) آمده است.

کلروفیتا در تابستان نیز مانند بهار از پراکنش مناسبی برخوردار بودند و با فراوانی ۴۳ عدد در میلی‌لیتر، پراکنش نسبتا مناسبی با توجه به خصوصیت کلی آب (الیگوتروف) داشتند. در میان این گونه‌ها مانند فصل بهار گونه‌های *Cosmarium* و *Cosmarium tumidum* هر کدام به ترتیب با ۱۲ و ۱۰ عدد در میلی‌لیتر بالاترین پراکنش را دارا بودند. جنس *Cosmarium reniforme* در میان این گونه‌های فراوان در این فصل می‌باشد. این موضوع توسط Stamenković (۲۰۱۳) و Felisberto و Rodrigues (۲۰۰۵) نیز ذکر شده است. از طرفی به‌طور کلی جنس *Cosmarium* خود شاخص آب‌های الیگومزوتروف بوده و در آب‌های با بار آلی کم رشد می‌کند (Markert et al., 2003; Felisberto & Rodrigues, 2005; Bellinger & Sigeo, 2010). سیانوفیتا اغلب به‌عنوان گونه‌های شاخص آب‌های آلوده مطرح هستند که به میزان محدود در منبع آبی مورد مطالعه یافت شدند. بنابراین جمعیت محدودی حدود ۹ عدد در میلی‌لیتر از این شاخه در نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده گردید، چرا که آب‌های مزوتروف دارای تعداد کمی سیانوفیتا و آب‌های الیگوتروف یا فاقد آن بوده و یا بسیار کم از این شاخه را دارا می‌باشند (Whilton, 2012). بالاترین فراوانی مربوط به گونه

Gomphosphaeria aponina می‌باشد که شاخص آب‌های الیگو و مزوتروف است (Kazanci et al., 2009). از طرفی همین گونه جزو گونه‌های ساکن آب‌های مناطق معتدل تا گرمسیری است (WCD, 2001). بنابراین ظهور آن در این منبع آبی به خصوصیت بوم‌شناختی آن برمی‌گردد.

در شاخه کریسوفیتا اگرچه جنس *Synura* بیشتر در آب‌هایی با دمای پایین ظاهر می‌گردد، اما گونه‌ای مانند *Synura echinulata* می‌تواند تا دمای بالاتر نیز رشد کند و حال آنکه دمای مناسب رشد آن ۱۰-۱۲ درجه سانتی‌گراد است (Bellinger & Sigeo, 2010). البته جنس *Mallomonas hamate* دارای دمای مناسب رشد ۱۴-۱۲ درجه بوده و تا دمای ۲۶ درجه هم از رشد نسبتا مناسبی برخوردار است (Saenger, 1989) و بنابراین در فصل تابستان نیز به میزان قابل توجهی دیده می‌شود. اما در این فصل عامل محدودکننده رشد آن شرایط رو به قلیایی آب است، چرا که این گونه در pH قلیایی دچار محدودیت رشد می‌شود (Bellinger & Sigeo, 2010). داینوفیتا در فصل تابستان دارای فراوانی ۲۱ عدد در میلی‌لیتر است. برخی از گروه‌های داینوفیتا مانند جنس *Peridiniopsis* دارای زندگی هتروتروفی هستند. با این وجود جنس‌های شناسایی شده جزو گروه‌های اوتوتروف می‌باشند. از مشخصه این شاخه می‌توان به رشد در شرایط کمبود مواد مغذی آب خصوصا فسفر و همچنین گسترش رشد در اواسط تابستان و اوایل پاییز اشاره نمود (Bellinger & Sigeo, 2010)، که البته در نمونه‌های شناسایی شده در این تحقیق در بهار نیز مشاهده گردید. در پاییز فراوانی باسیلاریوفیتا ۶۳ عدد در میلی‌لیتر است که بیشترین فراوانی مربوط به گونه *Cyclotella meneghiniana* با ۱۳ عدد در میلی‌لیتر می‌باشد، چرا که دمای مورد علاقه آن بین ۱۳-۲۸ و رشد بیشینه آن در ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (Mitrovic et al., 2010). بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین فراوانی پس از تابستان در پاییز دیده شد.

آب‌های با دمای بالا هستند، در این فصل مشاهده نگردید که مشابه یافته‌های Bellinger و Sigeo (۲۰۱۰)، Kazanci و همکاران (۲۰۰۹) و Wehr و Sheath (۲۰۰۳) بود. با توجه به نمودار ۱ میزان کم اکسیژن محلول در بهار می‌تواند به دلیل تجزیه مواد آلی تجمع یافته در فصل زمستان باشد. چرا که در این فصل به دلیل پایین بودن دما تجزیه مواد آلی به کندی صورت گرفته و در نتیجه بار مواد آلی افزایش می‌یابد. بالا بودن نیترات در فصل بهار که ناشی از تجزیه مواد آلی نیتروژن‌دار است، می‌تواند خود گواهی بر این مطلب باشد. از این رو نیترات نیز در بهار با افزایش همراه بوده و بین فصول مختلف پس از تابستان بالاترین میزان را دارا می‌باشد. در صورتی که این موضوع در مورد تابستان صادق نبوده و بالا بودن میزان نیترات، در تابستان به دلیل ورود مستقیم این ماده معدنی در اثر فعالیت‌های کشاورزی و پرورش ماهی است. به همین دلیل با بالا بودن نیترات، میزان اکسیژن محلول در آب کاهش قابل توجهی ندارد. کم بودن نوسانات میزان اکسیژن موجود در آب از مشخصه منابع آبی با تولیدات پایین است. pH آب در دریاچه‌های با تولیدات بالا دارای نوسانات شدیدی در فصول و ساعات مختلف روز می‌باشد. این نوسانات در ارتباط مستقیم با فتوسنتز و تولید و مصرف دی‌اکسید کربن در آب است.

یافته‌های مربوط به ترکیبات نیتروژن در این پژوهش نشان داد، آمونیاک از مواد سمی است که بیشتر حاصل فعالیت‌های متابولیکی موجودات آبی می‌باشد، بنابراین با توجه به دما افزایش می‌یابد. البته این افزایش نه فقط به دلیل افزایش دما، بلکه به دلیل ایجاد حالت قلیایی در آب نیز می‌باشد. چرا که اگر شرایط در دریاچه قلیایی نباشد به محض تولید آمونیاک این ماده به نیترات تبدیل می‌گردد. با توجه به نتایج، مقدار آمونیاک با نوسانات pH تغییراتی را از خود نشان داد، به گونه‌ای که در pH برابر

در بین بقیه گونه‌ها، گونه غالبی مشاهده نگردید. کلروفیتا در تابستان با ۴۳ عدد در میلی‌لیتر از همه فراوان‌تر بود و پس از آن در بهار و پاییز به ترتیب با ۲۸ و ۲۲ عدد در میلی‌لیتر در رتبه‌های بعدی قرار داشت. حال آنکه در تحقیق Kilnic (۱۹۹۸) بهار بالاترین تراکم را داشته و پاییز و تابستان از نظر فراوانی تقریباً در یک سطح قرار داشتند. در این فصل بیشترین فراوانی مربوط به گونه *Closterium leibleini* با ۶ عدد در میلی‌لیتر است.

اما در فصل زمستان به دلیل کاهش دما و به دنبال آن کاهش نور خورشید و فعالیت میکروارگانیسم‌ها با دیگر فصول اندکی متفاوت است. به‌طور کلی در این فصل میزان تولیدات فیتوپلانکتونی ۷۱ عدد در میلی‌لیتر است که از این تعداد ۴۸ عدد در میلی‌لیتر مربوط به باسیلاریوفیتا، ۱۹ عدد در میلی‌لیتر مربوط به کریسوفیتا و ۴ عدد در میلی‌لیتر مربوط به کلروفیتا می‌باشد. در میان باسیلاریوفیتا، گونه *Cocconeis* و *Cymbella prostrate* با ۸ عدد در میلی‌لیتر بالاترین فراوانی را داشتند. این درحالی است که این گونه جزو گونه‌هایی است که در آب‌هایی با دمای بین ۳۰-۱۵ درجه سانتی-گراد زندگی می‌کنند (Gaiser & Bachmann, 1993). حال آنکه Kilnic (۱۹۹۸) بیان کرده که این گونه دارای بیشترین فراوانی را در زمستان و در دمای بین ۱۲-۸ درجه سانتی‌گراد دارد که البته در این مطالعه فصل زمستان بین دیگر فصول از نظر فراوانی این گونه دارای رتبه سوم است. کریسوفیتا با ۱۹ عدد در میلی‌لیتر از فراوانی بالایی برخوردار بود، چرا که اغلب گونه‌های این شاخه در آب‌هایی با دمای پایین زندگی می‌کردند و عدم وجود شرایط قلیایی در دریاچه و در فصل زمستان، موقعیت مناسبی برای رشد این گونه در این فصل ایجاد کرده است (Whilton, 2012). (Salahuddin et al., 2014; Bellinger & Sigeo, 2010). دیگر شاخه‌ها مانند داینوفیتا و سیانوفیتا که اغلب ساکن

گونه‌ها تمایل دارند در آب‌های سرد زندگی کنند، بیشترین درصد فراوانی را در زمستان با ۴۶ درصد و کمترین آن در تابستان با ۱۲ درصد دارند. همان‌گونه که در مطالعه‌های انجام شده توسط Whilton (۲۰۱۲) و Saenger (۱۹۸۹) به‌دست آمد، از شاخه سیانوفیتا گونه *Gomphosphaeria aponina* به‌دلیل دامنه حرارتی بین ۲۷-۱۴ درجه و نیاز به مواد مغذی کافی در آب در فصل بهار از همه فصل‌ها بیشتر یافت شد (Branco & Likens, 2010; Necchi, 2001).

شاخص‌های زیستی، پراکنش جمعیت‌های مختلف فیتوپلانکتونی را از جوانب مختلف مورد ارزیابی قرار می‌دهد. شاخص شانون نشان‌دهنده تنوع جامعه پلانکتونی است و هرچه شاخص تنوع بالاتر باشد، نشان‌دهنده آب با آلودگی کمتر است. از میزان شاخص شانون مشخص می‌گردد که آب سد کارون چهار جز آب‌های با کیفیت الیگو-مزوتروف است، زیرا آب‌هایی با شاخص ۳ تا ۶ معمولاً آب الیگوتروف است (Ganai Ujong et al., 2013; Sharma & Singh, 2013; Parveen, 2013). پایین بودن مقدار شاخص شانون در تابستان (۲/۹۲۴) نشان‌دهنده الیگوتروف بودن آب است، چرا که در آب‌های الیگوتروف معمولاً در تابستان شاخص شانون پایین می‌باشد و در بهار (۳/۹۷۸) بالاترین تنوع را دارد که مانند یافته‌های مطالعه انجام شده توسط Chopra و همکاران (۲۰۱۳) قرار دارد (Chopra et al., 2013). از طرفی همان‌گونه که مشاهده می‌گردد شاخص شانون با افزایش تنوع گونه‌ای بالا رفته و در بهار با تنوع گونه‌ای ۲۵ دارای بالاترین تنوع مانند مطالعات انجام شده توسط Onyema (۲۰۰۷) و Tas (۲۰۱۳) بود.

منابع

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.

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، اگرچه میزان آن در ماه‌های سرد اندکی بیشتر از ماه‌های گرم سال شد ولی همچنان به‌عنوان عامل محدودکننده رشد فیتوپلانکتون‌ها مطرح بود، چرا که در تابستان و در تیر ماه به ۴ میکروگرم در لیتر رسیده بود. میزان پایین هدایت الکتریکی نیز همچنان نشان‌دهنده مقدار کم الکترولیت‌های موجود در این منبع آبی بود.

تراکم فیتوپلانکتون‌ها از نظر درصد تشکیل جمعیت در فصول مختلف نیز حایز اهمیت است، زیرا که از این طریق می‌توان به گستردگی پراکنش این موجودات پی برد. در شاخه باسیلاریوفیتا به‌ترتیب فصل تابستان با مجموع ۴۱ درصد، بهار با ۲۴ درصد، پاییز با ۱۹ درصد و زمستان با ۱۶ درصد بالاترین درصد جمعیتی را به خود اختصاص دادند (Mathevan et al., 2011). اما Gharib و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که به‌ترتیب بهار، پاییز، تابستان و زمستان قرار دارند. در این میان بیشترین درصد جمعیتی در تابستان مربوط به گونه *Nitzschia graciliformis* با ۶۷ درصد تعلق داشت. دمای اپتیمم این گونه ۲۸-۱۲ درجه سانتی‌گراد است (Bellinger & Sige, 2010). اما حضور صفر درصدی گونه‌هایی چون *Cymbella cesatii* به‌دلیل دمای بهینه ۱۱ درجه سانتی‌گراد برای رشد این پلانکتون است (Bigler & Hall, 2002; Felisberto & Rodrigues, 2005).

در شاخه کلروفیتا بیشترین فراوانی مربوط به فصل تابستان با ۴۴ درصد جمعیتی بین فصول مختلف بود. اما کلا شاخه داینوفیتا به‌دلیل حضور در آب‌های گرم با بیش از ۵۵ درصد بالاترین درصد جمعیتی را در فصل تابستان به خود اختصاص دادند (Wehr, Bigler & Hall, 2002; Kazanci et al., 2009; Sheath, 2003). از طرفی شاخه کریسوفیتا و سیانوفیتا نیز به‌دلیل اینکه بیشتر

- of Gandoman wetland, west of Iran. The Iranian Journal of Botany, 19(2): 153-162.
- Chopra, G., Tyor, A.K. and Aggarwal, N. (2013) Biodiversity and community composition of phytoplankton in three lentic water bodies of different human use. International Journal of Environmental Sciences, 3(3): 1978-1688.
- 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, 15(3): 142-162.
- Felisberto, S.A. and Rodrigues, L. (2005) Abundance of periphytic desmids in two Brazilian reservoirs with distinct environmental conditions. Acta Limnologica Brasiliensia, 17(4): 433-443.
- Florin, M.B. (1957) Plankton of fresh and brackish waters in the Södertälje area. Almqvist and Wiksells boktr, 144p.
- Gaiser, E.E. and Bachmann, R.W. (1993) The ecology and taxonomy of epizoic diatoms on Cladocera. Limnology and Oceanography, 38(3): 628-637.
- Ganai, A.H. and Parveen, S. (2013) Effect of physico-chemical conditions on the structure and composition of the phytoplankton community in Wular Lake at Lankrishipora, Kashmir. International Journal of Biodiversity and Conservation, 6(1): 71-84.
- 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. African Journal of Environmental Science & Technology, 4(2): 061-076.
- Gari, E.N. and Corigliano, M.C. (2007) Spatial and temporal variations of *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenb.) 1854 Grunow, 1884 in drift and periphyton. Brazilian Journal of Biology, 67(4): 587-595.
- Gharib, S.M., El-Sherif, Z.M., Abdel-Halim, A.M. and Radwan, A.A. (2011) Phytoplankton and environmental variables as a water quality indicator for the beaches at Matrouh, south-eastern Mediterranean Sea, Egypt: An assessment. Oceanologia, 53(3): 819-836.
- Hosmani, S.P. (2012) Application of benthic diatom community in lake water quality monitoring. Online International Interdisciplinary Research Journal, 2(3): 21-34.
- Research Journal of Environmental & Earth Sciences, 5(11): 638-644.
- APHA (American Public Health Association). (1999) American water works association, and water pollution control federation. Standard methods for the examination of water and wastewater, biological examination. American Public Health Association, Washington, D.C., 773p.
- Ariyadej, C., Tansakul, R., Tansakul, P. and Angsupanich, S. (2004) Phytoplankton diversity and its relationships to the physico-chemical environment in the Banglang reservoir, Yala province. Songklanakarin Journal of Science & Technology, 26(5): 595-607.
- Attigbe, 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. West African Journal of Applied Ecology, 11(1): 30-41.
- 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, 348p.
- Bellinger, E.G. and Sigee, D.C. (2010) Freshwater algae identification and use as Bioindicators. Blackwell, John Wiley & Sons, Ltd, 285p.
- Bigler, C. and Hall, R.I. (2002) Diatoms as indicators of climatic and limnological change in Swedish Lapland: A 100-lake calibration set and its validation for paleoecological reconstructions. Journal of Paleolimnology, 27(1): 97-115.
- Bold, H.C. and Wynne, M.J. (1985) Introduction to the algae structure and reproduction. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 720p.
- Branco, L.H.Z. and Necchi, O.J (2001) Ecological distribution of Cyanophyceae in lotic ecosystems of São Paulo State. Revista Brasileira de Botanica, 24(1): 99-108.
- Buyurgan, Ö., Altındağ, A. and Kaya, M. (2010) Zooplankton community structure of Asartepe Dam Lake (Ankara, Turkey). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10(2010): 135-138
- Cheraghpour, J., Afsharzadeh, S., Sharifi, M., Ramezannejad-Ghadi, R. and Masoudi, M. (2013) Phytoplankton diversity assessment

- Mohsenpour, A., Moheb, F. and Asem, A. (2011) Seasonal changes in phytoplankton community structure in relation to physico-chemical factors in Bukan dam reservoir (northwest Iran). *Turkish Journal of Botany*, 35(2011): 77-84.
- Nirmal, K.J.I. and Oommen, C. (2011) Phytoplankton composition in related to hydrochemical properties of tropical community wetland, Knewal, Gujarat, India. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(3): 279-292.
- Onyema, I.C. (2007) The phytoplankton composition, abundance and temporal variation of a polluted estuarine Creek in Lagos, Nigeria. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4(2): 93-97.
- Padisa'k, J., Crossetti, L.O. and Naselli-Flores, L. (2009) Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: A critical review with updates. *Hydrobiologia*, 621(1): 1-19.
- Peerapornpisal, Y., Preechapanya, P., Wanathong, P. and Promkutkaew, S. (2001) Use of macroalgae and benthic diatom for water quality assessing in Mae Chaem stream, Chiang Mai, Thailand. *Bibliographic Research and Thesis*: pp. 321-333.
- Pillay, K. and Pillay, S. (2013) Statistical analysis of physico-chemical properties of the estuaries of KwaZulu-Natal, South Africa. *International Journal of Environmental Research*, 7(1): 11-16.
- Potapova, M. (2007) Morphological and ecological variation within the *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex. *Journal of Phycology*, 43(3): 561-575.
- Ranković, B., Simić, S. and Bogdanović, D. (2006) Phytoplankton as indicator of water quality of lakes Bujanj and Šumarice during autumn. *Kragujevac Journal of Science*, 28: 107-114.
- Reynolds, C.S. (2006) *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK, 551p.
- Rychtecky, P. and Znachor, P. (2011) Received: Spatial heterogeneity and seasonal succession of phytoplankton along the longitudinal gradient in a eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, 663(1): 175-186.
- 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*, 10(2010): 2460-2471.
- Jafari, N. and Alavi, S.S. (2010) Phytoplankton community in relation to physico-chemical characteristics of the Talar River, Iran. *Journal of Apply Sciences & Environmental Management*, 14(2): 51-56.
- 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 Journal of Chemistry*, 2(3): 579-587.
- 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*, 1(2009): 45-56.
- Kilnic, S. (1998) A study in the seasonal variation of phytoplankton in Hafik Lake (Sivas, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 22(1): 35-42.
- Likens, G.E. (2010) *Plankton of inland waters, a derivative of encyclopedia of inland Wtws*. Elsevier, Academic Press, Cary Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, 398p.
- Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M., Hermans, 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 Limnologica Brasiliensia*, 16(1): 25-40.
- Markert, B.A., Breure, A.M. and Zechmeister, H.G. (2003) *Bioindicators and Biomonitoring Principles, Concepts and Applications*. Elsevier Science Ltd. The Boulevard, Langford Lane Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK, pp. 285-327.
- Mathevan, P.M., Brintha, M. and Sukumaran, M. (2011) Studies on phytoplankton diversity in response to abiotic factors in Pachiparai dam, Kanyakumari District, Tamil Nadu, India. *Journal of Experimental Biology*, 8(1-2): 29-34.
- Mitrovic, S.M., Hitchcock, J.N., Davie, A.W. and Ryan, D.A. (2010) Growth responses of *Cyclotella meneghiniana* (Bacillariophyceae) to various temperatures. *Journal of Plankton Research*, 32(8):1217-1221.

- perspectives. Wiley and Sons, New York, USA, 246p.
- Ujong, I.G., Offem, B.O. and Bassey, I.O. (2013) Plankton distribution and diversity in tropical earthen fish ponds. *Environment and Natural Resources Research*, 3(3): 45-51.
- Voudouris, K. and Voutsas, D. (2012) Ecological water quality: Water treatment and reuse. In: Tech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia., pp. 183-204.
- WCD (World Commission on Dams). (2001) Dams and development: A new framework for decision-making. London, UK, Earthscan Publications, 356p.
- Wehr, J.D. and Sheath, R.G. (2003) Freshwater algae of North America ecology and classification. Institute of Applied Science, Elsevier Science, USA, 935p.
- Whilton, B.A. (2012) Ecology of cyanobacteria II: Their diversity in space and time. Springer, 700p.
- Wojtal, A.Z., Ector, L., Van de Vijver, B., Morales, E.A., Blanco, S., Piatek, J. and Smieja, A. (2011) The *Achnantheidium minutissimum* complex (*Bacillariophyceae*) in southern Poland. *Algological Studies*, 136(1): 211–238.
- Wu, J. T. (1984) Phytoplankton as bioindicator for water quality in Taipei. *Blt. Bull. Academia Sinica*, pp. 205-214.
- Yilmaz, N. (2013) Phytoplankton composition of Sazlidere Dam Lake, Istanbul, Turkey. *Maejo International Journal of Science & Technology*, 7(2): 203-211.
- 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. *Environmental Monitoring & Assessment*, 176 (1-4):125–141.
- Saenger, P. (1989) Chrysophytes: Aspects and problems. By: J. Kristiansen and R.A. Andersen - Book review. *Australian Journal of Ecology*, 14(1989): 563-564.
- Salahuddin, K., Visavadia, M., Gor, S., Gosai, C., Kumar, V.S. and Dilshad, M.H. (2014) Diel variations in limnological characteristics of Omkareshwar reservoir of Narmada River. *Indian Journal of Ecology & The Natural Environment*, 6(1): 12-24.
- Sharma, K.D. and Singh, R.P. (2013) Correlation between physico-chemical parameters and phytoplanktons of Tighra reservoir, Gwalior, Madhya Pradesh. *International Journal of Security and Networks (IJSN)*, 4(1): 90-95.
- Shekhar, S.T.R., Kiran, B.B., Puttaiah, T., Shivraj, Y. and Mahadevan, K.M. (2008) Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution. *Journal of Environmental Biology*, 29(2): 233-236.
- Stamenković, M. (2013) Impacts of temperature regimes and radiation (PAR and UVR) conditions on the possible geographic distribution of desmids. Hamburg: Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg, 171p.
- Tas, S. (2013) Phytoplankton composition and abundance in the coastal waters of the Datça and Bozburun Peninsulas, south-eastern Aegean Sea (Turkey). *Mediterranean Marine Science*, 15(1): 84-94.
- Thirupathaiah, M., Samatha, C. and Sammaiah, C. (2012) Analysis of water quality using physico-chemical parameters in lower manair reservoir of Karimnagar district. *International Journal of Engineering and Science*, 3(1): 171-180.
- Thornton, K.W., Kimmel, B.L. and Payne, F.F. (1999) Reservoir limnology: Ecological

Physicochemical parameters and their relation to phytoplankton community and chlorophyll *a* concentration in Karoun 4 reservoir (Chahar Mahal and Bakhtiari province)

Seyed Abdolmajid Mousavi^{1*}

- 1) Assistant Professor in Animal Science, Varamin Branch, Islamic Azad University, Pishva, Iran.
*Corresponding Author Email Address: majidmousavi79@gmail.com

Date of submission: 2018/07/22 Date of Acceptance: 2018/10/13

Abstract

The present study was carried out in Karun 4 Dam lake, Chaharmahal-v-Bakhtiari province with the aim of tropic determination and assessing some of the relationships between physical, chemical and biological properties of water from March, 2011 to 2012. Three stations were selected in the dam: one station near the dam wall and two stations at the entrance of Urmand and Bazoft rivers, respectively. Some of physicochemical properties of water including temperature, turbidity, hardness, temperature, pH, dissolved oxygen, biological oxygen demand, chemical oxygen demand, total soluble solids, total suspended solids, nitrates and phosphoric acid, as well as biological properties such as phytoplankton identification and counting, chlorophyll *a* were monthly evaluated. Based on the present results, 5 branches and 30 species of phytoplankton were identified with the most frequency of Bacillariophyta (17 species), Chlorophyta (6 species), Chrysophyta (4 species), Dinophyta (2 species), and Cyanophyta (1 species), respectively. The maximum and minimum chlorophyll *a* content were obtained in June ($4.9 \mu\text{g L}^{-1}$) and its minimum in February ($2.1 \mu\text{g L}^{-1}$), respectively. Findings of the current research showed that chlorophyll *a* concentration correlates with the temperature, while no correlation was found with the suspended solids ($P > 0.01$). On the other hand, chlorophyll *a* content and phytoplankton diversity showed a significant negative correlation with transparency, total nitrogen, and total phosphorus ($P < 0.01$). The highest and lowest richness index was observed in summer (0.061117) and in autumn (0.058), respectively. The Simpson species diversity index was also reached to the highest and lowest value in spring (0.98889) and autumn (0.9905), respectively.

Keywords: Phytoplankton, Chlorophyll *a*, Karoun 4, Physicochemical parameters, Trophic.