

ارزیابی توان تولیدات طبیعی سد آزاد سنندج جهت تولید ماهی

ابوالقاسم روحی*^۱ مهدی نادری جلودار^۱، حسن نصراله زاده ساروی^۱، حسن فضل^۱، محمد علی افرائی^۱ بندپی^۱، مژگان روشن طبری^۱، آسیه مخلوق^۱، فاطمه السادات تهامی^۱، نوربخش خداپرست^۱، رحمان میرزائی^۲ و حمید حسین پور^۲

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی ۹۶۱، ساری، ایران

۲- مدیریت شیلات، سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، سنندج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی پارامترهای زیستی آب پشت سد سنندج و برآورد میزان تولید اولیه و ثانویه و در نهایت توان تولید ماهی بود. در این مطالعه جوامع پلانکتونی و کفزیان به صورت فصلی به همراه سنجش مقدار کلروفیل a طی یکسال از خرداد ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفتند. جمع آوری فیتوپلانکتون بوسیله نسکین از سه لایه سطحی، میانی و لایه نزدیک بستر، زئوپلانکتون توسط تور پلانکتون، تعیین توان تولید اولیه پشت سد دریاچه از طریق سنجش میزان کلروفیل a و بررسی ماکروبتوزها کفزیان (ابی فونها و اینفونها، Infuna) توسط نمونه بردار گرب (bottom grab sampler) صورت گرفت. بررسی میزان کلروفیل a در دریاچه پشت سد آزاد سنندج طی فصول مختلف نشان داد که میانگین سالانه آن $3/5 \pm 0/5$ میلی گرم بر متر مکعب بوده که بیشترین میزان میانگین کلروفیل در فصل زمستان با $8/8 \pm 1/4$ میلی گرم بر متر مکعب و کمترین میزان میانگین آن در فصل تابستان با میانگین $0/6 \pm 0/1$ میلی گرم بر متر مکعب که پتانسیل تولید ماهی از طریق میزان کلروفیل a با تولید اولیه فیتوپلانکتونی 324 گرم در متر مکعب و وزن خشک 162 گرم در متر مکعب، 218 کیلوگرم در هکتار می باشد. ترکیب و تنوع گونه ای فیتوپلانکتون ها نشان داد که در مجموع 54 گونه در دریاچه پشت سد آزاد سنندج شناسائی گردید که در این مطالعه 6 گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta، Chrysophyta، Pyrophyta، Cyanophyta، Chlorophyta و Euglenophyta به ترتیب با 20 ، 9 ، 6 ، 16 ، و 2 گونه مشاهده شدند. همچنین میانگین سالانه فیتوپلانکتون ها $10^5 \times 2/0 \pm 13/4$ عدد در متر مکعب و میانگین زی توده آنها $7/3 \pm 3/3$ میلی گرم بر متر مکعب بود. ترکیب گونه زئوپلانکتون با 25 گونه متعلق به 3 گروه Copepods، Cladocera و Rotatoria بوده که گروه گردان تنان (Rotifera) بیشترین تعداد گونه (18 گونه) را دارا بودند. همچنین میانگین تراکم زئوپلانکتون 20658 ± 8333 عدد در متر مکعب بود. ماکروبتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج متعلق به تنها یک گروه یعنی Oligochaeta (با دو خانواده Tubificidae و Lumbriculidae) بوده که میانگین تراکم و زی توده آن به ترتیب $1145/5 \pm 847/3$ عدد در متر مربع و $4/1 \pm 2/8$ گرم بر متر مربع به ثبت رسید. یافته های این تحقیق بر اساس وضعیت تغذیه گرای (سطح تروفیکی = Trophic index) بیانگر الیگوتروف و الیگومزوتروف این دریاچه بوده است. با توجه به میزان تولیدات اولیه این دریاچه توان تولید 222 کیلو گرم ماهی را دارد.

کلمات کلیدی: دریاچه سد آزاد سنندج، پلانکتون، بنتوز، سطح تروفی.

مقدمه

یکی از مهمترین موجودات زنده در اکوسیستم‌های آبی فیتوپلانکتونها هستند. وجود فیتوپلانکتونها اغلب رشد، ظرفیت تولید مثل و خصوصیات جمعیتی سایر موجودات آبی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mohsenpour Azary et al., 2010). تغییرات در اجتماعات فیتوپلانکتونی در یاقه‌های آب شیرین شاخص خوبی از حالت تروفي و کیفیت زیست محیطی سیستم محسوب می‌شود (Reynolds and Richards, 1996). در پیکره‌های آبی میزان تولید اولیه در آبهای یوتروف بیشتر از آبهای مزوتروف و الیگوتروف حتی آبهای بسیار یوتروف است زیرا در آبهای بسیار یوتروف کیفیت آب کاهش زیادی می‌یابد (Li and Mathias, 1994). بالا رفتن غلظت نیتروژن و فسفر در آب یا فراغنی شدن با مواد مغذی پدیده‌ای است که رشد سریع تعدادی از گونه‌های گیاهی و تغییر کیفیت آب را در بر داشته و به عنوان مشکل اصلی در تقابل با کاربری اولیه دریاچه‌ها خود نمایی می‌کند (Djuangsih, 1992)، و پیامدهایی بد برای ذخایر آب شرب، فعالیتهای تفریحی، توریسم، ورزش یا شیلات اثرات بشر در منابع آبی، کیفیت آب را از نظر غلظت مواد مغذی تغییر داده که نتیجه آن کاهش شفافیت، کاهش غلظت اکسیژن، تغییر جوامع زیستی و کاهش غذای گونه‌ای و افزایش گونه‌های خاصی از جلبکها می‌باشد که به تفصیل تشریح شده و روشهای قابل دسترس برای مدیریت مشکلات مربوط به فراغنی شدن و کاهش مواد مغذی نیز گزارش شده که در برخی مناطق سطح تروفي را از یوتروف به مزوتروف تغییر داده‌است (Cooke and Kennedy, 1989; Guan et al., 2009). بطور کلی دریاچه‌های پشت سد مناطقی

هستند که پتانسیل‌های بالقوه‌ای را در امر آبی‌پروری ایجاد نموده‌اند که باید مورد بهره‌برداری قرار گیرد (میرزاجانی، ۱۳۸۶).

مطالعات مختلفی پلانکتونی نیز در دریاچه‌های پشت سد توسط محققین صورت گرفت که از آن جمله می‌توان به بررسی‌های سبک آرا و مکارمی (۱۳۹۲) با بررسی پلانکتونی سد ارس و سبک آرا و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی جوامع پلانکتونی پایاب سد یامچی اشاره نمودند که مطالعات فیتوپلانکتونی ۴ شاخه و ۴۱ جنس شناسایی گردید که غالبیت مربوط به شاخه باسیلاریوفیتا با ۷۵/۸ درصد جمعیت سالانه فیتوپلانکتونی می‌باشد. در مطالعات زئوپلانکتونی در مجموع ۴ شاخه و ۲۶ جنس شناسایی گردید که بیشترین فراوانی آن مربوط به شاخه روتاتوریا با جنس‌های *Keratella*، *Synchaeta* و *Polyarthra* با ۷۶ درصد جمعیت سالانه زئوپلانکتونی میباشد. Apaydın Yağcı (۲۰۱۴) که بر روی لیمنولوژی سد Gölhisar ترکیه مطالعه داشتند عنوان نمودند که مجموعاً ۶۵ گونه زئوپلانکتون شناسایی گردید که گروه روتیفرا بیشترین تنوع گونه‌ای را با گونه‌های *Polyarthra dolichoptera* و *Keratella cochlearis* دارا بودند.

محبی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه شان ۴۶ گونه جلبکی متعلق به ۵ شاخه دیاتومه‌ها (*Bacillariophyta*)، جلبکهای سبز (*Chlorophyta*)، جلبکهای سبز-آبی (*Cyanobacteria*)، دینوفلاژله‌ها (*Pyrrophyta*) و اوگلنوفیتا (*Euglenophyta*) را شناسایی کردند. باتوجه به میزان شاخص‌ها، ترکیب جمعیتی فیتوپلانکتونها، وجود برخی از گونه‌های

اهداف مطالعه و ساختار نمونه برداری و بررسی دریاچه پشت سد آزاد مبنای استفاده مطلوب از ظرفیت آبی پروری جهت برآورد میزان توان تولید آبزیان (ماهی) می باشد تا از این اطلاعات اولیه برای پایش مستمر دریاچه در گشتاب ورزی نیز استفاده گردد.

مواد و روش ها

استان کردستان با در اختیار داشتن منابع آبی بزرگی همچون سد گاوشان، سد وحدت، سد شهید کاظمی، سد آزاد و دریاچه زریوار از پتانسیل بالقوه آبی پروری برخوردار می باشد. سد آزاد کردستان به عنوان یکی از بزرگترین سدهای خاکی و جزء دریاچه های پشت سد جوان کشور محسوب می گردد که در ۷۵ کیلومتری غرب سنندج در استان کردستان که عملیات اجرایی احداث این سد از سال ۱۳۸۶ آغاز و سال ۱۳۹۰ هم آنگیری آن انجام شد. حجم مخزنی سد آزاد ۳۰۰ میلیون متر مکعب و حجم تنظیم آن ۳۵۰ میلیون متر مکعب بر آورد شده است و از این مقدار سالانه ۱۹۰ میلیون متر مکعب آن به دشت های قروه و دهگلان منتقل می شود. همچنین ۶۵ میلیون متر مکعب از ذخیره سد آزاد نیز برای تامین نیازهای زیست محیطی و اراضی پایین دست به کشاورزی اختصاص خواهد یافت (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱). دریاچه پشت سد مخزنی آزاد در شهرستان سنندج

(استان کردستان) و در مختصات طول و عرض جغرافیایی ۴۶°۳۳' و ۵۵°۲۰' بر روی رودخانه کوماسی در سال ۱۳۸۰ احداث گردید (جدول ۱). مطالعه جوامع زیستی فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و ماکروبتوزهای (کفزیان) به همراه سنجش میزان کلروفیل a (Vollenweider, 1974, APHA, 2005) به

خاص و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، آب این دریاچه در زمهره آبهای یو-هیپرتروف می باشد.

قلیچی و همکاران (۱۳۹۵) فلور پلانکتونی استخرهای پرورش ماهیان گرمابی را بررسی نمودند که در مجموع ۹ رده و ۵۳ جنس از فیتوپلانکتونها شناسایی شد.

البته نتایج برخی مطالعات نشان داده که اضافه کردن مواد غذایی برای بارور نمودن دریاچه ها روی کیفیت آب دریاچه از نظر زیست محیطی و بهداشت عمومی برای مصارف شرب تأثیر منفی قابل توجهی نداشته و اکسیژن لایه تحتانی و فراوانی نسبی جلبکهای سبز آبی نسبت به بارورکننده ها تغییری نداشته است (Vaux et al., 1994)، بالعکس برخی بلومهای جلبکی در تعارض با سطوح تروپی سنجش شده رخ می دهند که می توان افزایش یکی از گونه های سیانوباکتر مثلا در دریاچه بالاتون مجارستان را عنوان کرد که پس از مزوتروف شدن اتفاق افتاد. در اثر افزایش درجه حرارت و تغییر اقلیم سالانه سبب بلوم جلبکی توسط برخی از گونه های سیانوفیتا نظیر Anabaena اتفاق می افتد (Istvánovics, 2009) علاوه بر این بلوم جلبکی یکی از دریاچه های الیگو تروف کانادا (Stanford and Ellis, 2003) در اثر افزایش مواد مغذی وارده از فعالیتهای انسانی بوده است (Boyd, 1992).

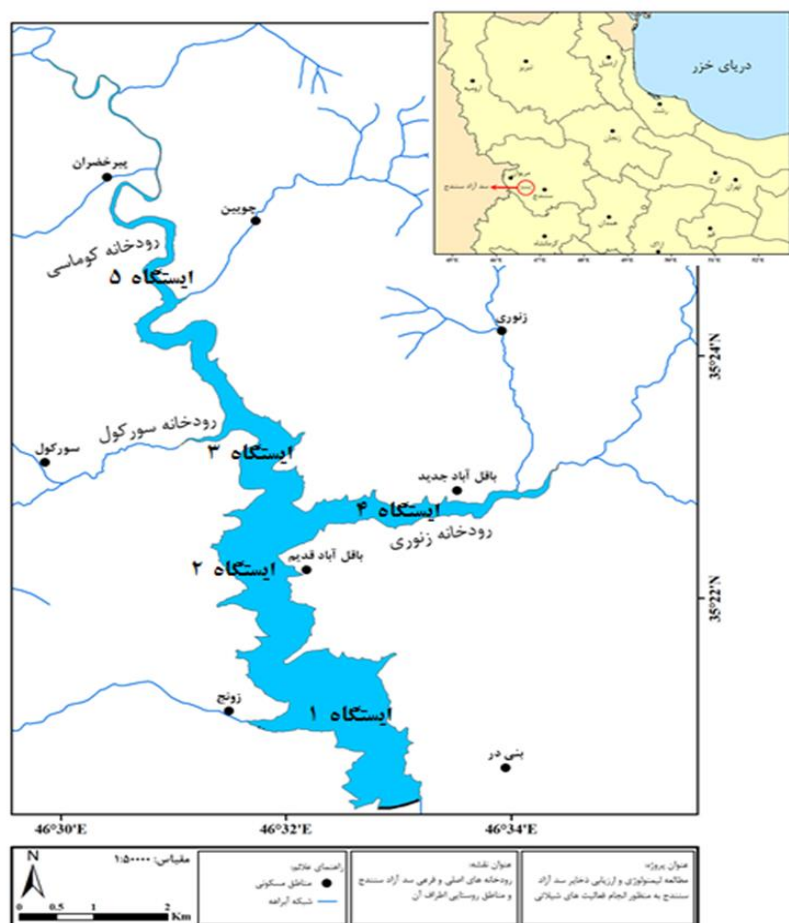
از آنجائیکه سد آزاد سنندج از جمله منابع آبی است که اخیراً آنگیری شده لذا میتواند از استعداد بالقوه ای در فعالیتهای آبی پروری برخوردار باشد. در این راستا مطالعه لیمولوژی این سد بمنظور فعالیت های شیلاتی با رویکرد مطالعه پارامترهای زیستی نظیر پلانکتون ها، کفزیان و میزان تولیدات اولیه و ثانویه از

پارامترهای زیستی آب پشت سد دریاچه سد سنندج و برآورد میزان تولید اولیه و ثانویه و در نهایت توان تولید ماهی بود.

صورت ماهانه در ۵ ایستگاه بر اساس توپوگرافی سد (شکل ۱) بمدت یکسال از خرداد ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ انجام شد که هدف از این تحقیق بررسی

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

ردیف	نام ایستگاه	E	N
۱	ایستگاه شماره (۱)	۴۶°، ۳۲'، ۵۰"	۳۵°، ۲۰'، ۳۶"
۲	ایستگاه شماره (۲)	۴۶°، ۳۱'، ۴۴"	۳۵°، ۲۱'، ۳۸"
۳	ایستگاه شماره (۳)	۴۶°، ۳۱'، ۳۸"	۳۵°، ۲۳'، ۰۷"
۴	ایستگاه شماره (۴)	۴۶°، ۳۳'، ۲۹"	۳۵°، ۲۲'، ۳۷"
۵	ایستگاه شماره (۵)	۴۶°، ۳۰'، ۲۱"	۳۵°، ۲۴'، ۵۰"



شکل ۱: محدوده و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه پشت سد آزاد و نمایی از سطح دریاچه

شفافیت آب با سشی دیسک (Secchi Disk) مشخص و سپس عمق شفافیت در ضریب ثابت ($\times 1/78$) ضرب

متغیرهای زیستی آب شامل فیتوپلانکتون که برای بررسی فیتوپلانکتون عمق لایه نورگیر که ابتدأ مقدار

Ruttner – Kolisko؛ Maosen (1983)؛ (1962)؛ (1974)؛ Tiffany and Britton (1971)؛ Edmondson (1959) و Pontin (1978) استفاده شد. نمونه برداری زئوپلانکتون توسط تور پلانکتون (۴۹ چشمه در هر سانتی متر یا ۱۰۰ میکرون) با قطر دهانه ۳۶ سانتی متر صورت گرفت. در ایستگاه‌ها تعیین شده، تور پلانکتون به عمق مورد نظر (بر اساس لایه بندی موجود در دریاچه؛ یعنی زمانیکه ترموکلاین وجود داشته باشد از لایه‌های سطح تا بالای ترموکلاین، بین لایه بالائی و پائینی ترموکلاین و لایه زیر ترموکلاین تا کف) به صورت کشش عمودی نمونه برداری گردید. هر یک از نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای به حجم ۳۰۰ میلی لیتر منتقل و با فرمالین ۴ درصد تثبیت شد (Wetzel and Linkens, 1991). پس از اتمام نمونه برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ابتدا برای تغلیظ نمونه از تور با چشمه کوچک تر از تور نمونه برداری استفاده و آب اضافی از نمونه خارج گردیدند. نمونه‌ها وارد ظرف مدرج شده و توسط پی پت Stample به حجم ۰/۵ میلی متر پس از همگن کردن روی لام Bogarov شمارش شدند (Newell and Postel *et al.*, 2000; Newell and Witty (2004)؛ Bledzki (2016)؛ Brooks (1959)؛ Wilson (1959) و Yeatman (1959) استفاده گردید.

به منظور تعیین میزان کلروفیل آ ابتدا عمق لایه نورگیر (عمق شفافیت $\times 1/78$) محاسبه شد، سپس بوسیله نسکین از سه لایه سطحی، بخش میانی و بخش پائینی لایه نورگیر مقدار ۲ لیتر آب نمونه برداری شد. نمونه‌ها با کاغذ صافی میلی پور (Millipore filter) همراه با اضافه کردن کربنات منیزیم فیلتر گردید و

گردید (Wetzel, 2001). بوسیله نسکین از سه لایه سطحی، لایه میانی لایه نورگیر و لایه نزدیک بستر دریاچه نمونه برداری شد. سپس نمونه‌های فیتوپلانکتون در محل نمونه برداری بلافاصله با فرمالین (۴ درصد) تثبیت ۱ و مشخصات ایستگاه‌ها و زمان نمونه برداری ثبت گردید و در ظروف شیشه‌ای به حجم ۵۰۰ میلی لیتر به آزمایشگاه پلانکتون شناسی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه به مدت ۱۰ شبانه روز در تاریکی نگهداری شدند تا کاملاً رسوب نمایند. سپس با سیفون ۲ مخصوصی آب لایه فوقانی یا سوپرناتانت ۳ که فاقد هرگونه فیتوپلانکتون بود، تخلیه و قسمت باقیمانده نمونه‌ها طی چند مرحله به مدت ۵ دقیقه، با سانتریفیوژ (مدل Labofuge 200) با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه رسوب دهی ۴ شد تا حجم نهائی نمونه‌ها به ۲۵ - ۳۰ میلی لیتر برسد. نمونه‌ها برای شمارش، توسط پی پت پیستون ۵ با حجم ۰/۱ سانتی متر مکعب روی لام‌های خط کشی شده قرار گرفت (Newell and Newell, 1977) و تعداد هر گونه پس از شناسائی، شمارش گردید. تراکم بر حسب تعداد در متر مکعب و واحد برآورد زی توده بر حسب میلی گرم در متر مکعب بوده که با شمارش تعداد فیتوپلانکتون و ضرب آنها در وزن حجمی، حجم تقریبی هر فیتوپلانکتون بر اساس اندازه گیری ابعاد و محاسبه فرمول‌های هندسی با توجه به شکل فیتوپلانکتون محاسبه شد (سلمانوف، ۱۹۸۷). جهت شناسایی فیتوپلانکتون‌های سد آزاد از منابع شناسائی فیتوپلانکتون‌ها مربوط به آب شیرین از جمله Prescott

¹ Fixation
² siphon
³ supernatant
⁴ Sedimentation
⁵ Stample pipette

کیلو کالری انرژی / متر مربع / سال = $365 \times \text{Kcal}$
 از آنجائیکه میزان انتقال انرژی از تولید کننده اولیه به سطح بعدی (ماهیان فیتوپلانکتون خوار) برابر با ۱۵٪ است و برای تولید یک کیلو گرم گوشت (ماهی) نیاز به ۱/۵ کیلو کالری انرژی نیاز است (Vollenweider, 1974). از این طریق میتوان میزان تولید ماهی را از طریق میزان کیلو کالری انرژی قابل انتقال محاسبه نمود. همچنین شاخص تروفی دریاچه سد آزاد سنندج طبق مدل TSI (Trophic State Index) بر پایه توده زنده فیتوپلانکتونی میزان کلروفیل a برآورد گردد (Wetzel, 2001).

بررسی ماکروبتوزهای (کفزیان) دریاچه پشت سد آزاد سنندج توسط نمونه بردار گرب (bottom grab sampler) جهت بررسی اپی فونها و اینفونها (Infuna) و شستشوی با الک ۵۰۰ میکرون صورت گرفت (Elliot, 1988). در این روش، از هر ایستگاه ۳ زیر نمونه (0.1 m^2) برداشت شده و نمونه‌های حاصله جهت جدا شدن بی مهرگان کفزی بر روی الک با چشمه ۵۰۰ میکرون با آب شستشو گردید و سپس نمونه‌های بدست آمده داخل ظروف پلاستیکی دارای شماره ایستگاه، تاریخ نمونه برداری و شماره نمونه به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها پس از شستشو و رنگ آمیزی با محلول رزینگال^۳، برای نگهداری و شناسایی متعاقب با استفاده از الکل ۷۰ درصد و یا فرمالین ۴ درصد (بسته به حجم نمونه) فیکس شد (APHA, 2005). در آزمایشگاه پس از شستشوی مجدد نمونه‌ها با الک ۵۰۰ میکرون آنها را در سینی تشریح ریخته و اقدام به شمارش، جداسازی و شناسایی موجودات با توجه با کلیدهای شناسایی Elliot

سپس در دمای ۱ درجه سانتیگراد در یخچال نگهداری شد. کاغذ میلی پور را در هاون به همراه مقداری پودر شیشه و ۱ میلی لیتر استون ۹۰٪ سائیده و ماده بدست آمده را در لوله آزمایش ریخته و هاون با مابقی استون یعنی ۹ میلی لیتر شستشو داده شد. لوله آزمایش محتوی کلروفیل را حداقل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری نموده و سپس با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در سانتریفیوژ قرار گرفت. محلول به دست آمده در لوله آزمایش را (تقریباً سبز رنگ) توسط سرنگ به داخل سل یا کووت ۱ اسپکتروفتومتر^۲ منتقل گردید (APHA, 2005).

جهت تعیین توان تولید اولیه در این تحقیق از روش تعیین میزان کلروفیل a استفاده شد. برای محاسبه میزان تولید اولیه از طریق کلروفیل از روش (۱۹۷۴) Vollenweider و (۲۰۰۵) APHA استفاده شد. ضمناً میزان تولید اولیه و تولید ماهی از طریق رابطه:

$$P = R/K \times \text{Chl. A} \times 3/7$$

که در این رابطه P = تولید اولیه بر حسب گرم بر متر مربع در سال، R = مقدار ثابت ۲۰، K = مقدار ثابت ۰/۸ و Chl. A = کلروفیل a بر حسب میلی گرم در متر مکعب است. از آنجائیکه وزن خشک حدود ۰/۵ درصد زی توده موجودات است لذا:

$$Dw = P/0.5$$

که در این رابطه Dw = وزن خشک
 میزان انرژی بر حسب کیلو کالری (Kcal) بر حسب روز و سال برابر است با:
 $\text{Kcal} = Dw \times 5/5 / 1000 =$ متر / کیلو کالری انرژی / متر^۲ / روز

³ Rose Bengal din

¹ covet
² Spectrophotometer

گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta، Chrysophyta، Pyrophyta، Cyanophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۲۰، ۱، ۹، ۶، ۱۶، و ۲ گونه مشاهده شدند. بررسی جوامع فیتوپلانکتونی در طول دوره مطالعه دریاچه پشت سد آزاد سنندج غالبیت گونه ای گروه Bacillariophyta را با ۲۰ گونه در طول سال و پس از آن گروه جلبک های سبز یا Chlorophyta با ۱۶ گونه را نشان می دهد. کمترین فراوانی تنوع گونه ای در گروه Chrysophyta و Euglenophyta به ترتیب با ۱ و ۲ گونه مشاهده گردید.

در دریاچه سد آزاد در طول دوره بیشترین تعداد گونه مشاهده شده در یک فصل مربوط به فصول تابستان و پائیز است که هر کدام از گروه ها با ۲۵ گونه مورد شناسایی قرار گرفت. در حالیکه در فصل زمستان کمترین تعداد گونه به تعداد ۱۸ عدد به چشم می خورد. از اینرو، بررسی فصلی تنوع گونه ای فیتوپلانکتون ها مشخص نمود که در فصل بهار، تابستان، پائیز و زمستان به ترتیب ۲۳، ۲۵، ۲۵ و ۱۸ گونه به ثبت رسید که بیشترین تنوع گونه ای مربوط به فصل تابستان و پائیز با ۲۵ گونه بود (جدول ۲).

(1988)، (1959) Edmondson، (1984) Hynei، (1962) Needham و (1953) Pennak شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیرهای مستقل (ایستگاه ها، فصل ها، اعماق و لایه ها) و متغیر وابسته (تراکم و زیتوده فیتوپلانکتون ها، زئوپلانکتون ها، کفزیان و میزان کلروفیل a) با فرایند لگاریتم طبیعی و با رسم نمودار Q-Q plot نرمال بودن آن بررسی گردید (Bluman, 1998). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون های پارامتریک آنالیز واریانس (ANOVA و آزمون Tukey) بر روی داده های نرمال شده استفاده شد. ثبت اطلاعات و دسته بندی داده ها در نرم افزار Excel, 2003, 2010 و تجزیه و تحلیل داده ها در برنامه های آماری SPSS (Version 11.5) انجام شد. در ضمن میانگین ها به همراه خطای معیار (Mean±SE) محاسبه شد (Siapatis et al., 2008).

نتایج

نتایج بررسی ترکیب و تنوع گونه ای فیتوپلانکتون ها نشان داد که در مجموع ۵۴ گونه در دریاچه پشت سد آزاد سنندج شناسایی گردید که در این مطالعه ۶

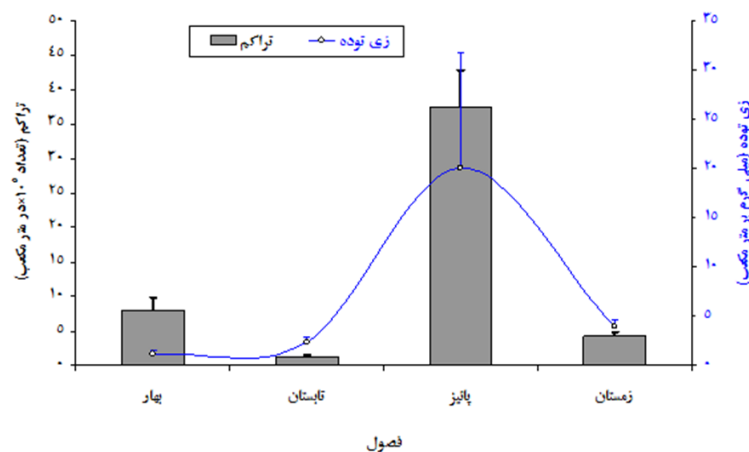
جدول ۲: تعداد گونه های فیتوپلانکتونی شناسایی شده در فصول مختلف در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

گروه فیتوپلانکتون / فصل	Bacillariophyta	Chrysophyta	Pyrophyta	Cyanophyta	Chlorophyta	Euglenophyta	جمع
بهار	۸	۰	۶	۲	۸	۰	۲۴
تابستان	۷	۱	۶	۰	۱۰	۱	۲۵
پائیز	۱۰	۱	۱	۵	۷	۱	۲۵
زمستان	۹	۰	۲	۱	۶	۰	۱۸
جمع	۳۶	۲	۱۵	۸	۳۱	۲	

divergens در دریاچه پشت سد سنندج حضور داشتند.

بررسی تغییرات جمعیتی ۶ گروه فیتوپلانکتونی Bacillariophyta، Chrysophyta، Pyrophyta، Chlorophyta، Cyanophyta و Euglenophyta در دریاچه پشت سد آزاد سنندج نشان داد که میانگین سالانه فیتوپلانکتون ها $(10^5) 2/0 \pm 13/4$ عدد در متر مکعب و میانگین زی توده آنها $3/3 \pm 7/3$ میلی گرم بر متر مکعب بود. بیشترین میزان تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در فصل پائیز به ترتیب با $(10^5) 5/4 \pm 39/4$ عدد در متر مکعب و $11/6 \pm 21/4$ میلی گرم بر متر مکعب و کمترین میزان تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در فصل تابستان به ترتیب با $(10^5) 2/2 \pm 1/6$ عدد در متر مکعب و $0/5 \pm 2/6$ میلی گرم بر متر مکعب به ثبت رسید (شکل ۲).

از گروه Bacillariophyta گونه‌های *Cyclotella menenghiniana*، *Cyclotella caspica* و *Actinocyclus paraduxus* غالبیت بیشتری را نسبت به سایر گونه‌ها در این گروه داشته‌اند. از گروه Pyrophyta گونه‌های *Glenodinium penardi*، *Peridinium latum* و *Goniaulax spinifera* در دریاچه پشت سد سنندج غالبیت بیشتری در میان این گروه داشته، و از گروه Cyanophyta گونه‌های *Chroococcus* sp.، *Merismopedia minima* و *Oscillatoria limosa* در حالیکه *Chlorella* sp.، *Tetraedron* و *Scenedesmus quadricauda* گونه‌های غالب گروه Chlorophyta را تشکیل داده‌اند. گروه‌های Euglenophyta و Chrysophyta با نمایندگی از گونه‌های *Dinobryon* و *Trachelomonas planctonia*



شکل ۲: تغییرات میانگین سالانه تراکم و زی توده فیتوپلانکتون ها در فصول مختلف دریاچه پشت سد آزاد سنندج

menenghiniana از گروه Bacillariophyta و گونه *Glenodinium penardi* از گروه Pyrophyta و گونه

در بررسی فیتوپلانکتونهای دریاچه پشت سد آزاد سنندج گونه‌های *Cyclotella caspica*، *Cyclotella*

گونه *Chlorella sp.* از گروه Chlorophyta با تراکم *Merismopedia minima* از گروه Cyanophyta و بین $۱۰^۵ \times ۳۵$ تا $۱۰^۵ \times ۰/۱$ عدد در متر مکعب بیشترین فراوانی را داشتند (جدول ۳).

جدول ۳: میانگین تراکم و زی توده گونه‌های مختلف گروه‌های فیتوپلانکتونی دریاچه پشت سد آزاد سنندج (تعداد در متر مکعب)

زمستان	پائیز		تابستان		بهار		گروه فیتوپلانکتون / فصول	
	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده		
							Bacillariophyta	
		۴۷/۲۷۲	۱۲۴۴۰۰۰			۰/۰۳۸	۱۰۰۰	<i>Actinocyclus paraduxus</i>
						۰/۰۴۸	۱۶۰۰	<i>Amphora ovalis</i>
						۰/۰۴۸	۱۴۵۰	<i>Amphora sp.</i>
		۰/۲۱۳	۴۶۶۶۷	۰/۰۱۰	۶۷۵			<i>Cocconeis placentula</i>
		۳۹/۳۸۰	۳۵۸۰۰۰۰					<i>Cyclotella caspica</i>
۳/۹۶۵	۳۹۶۵۲۹	۳/۲۴۰	۳۱۱۴۷۰۶	۱/۳۸۴	۴۱۵۱۳	۰/۸۴۴	۷۴۲۷۲۹	<i>Cyclotella menenghiniana</i>
۰/۰۱۳	۱۲۶۰	۰/۸۸۰	۴۰۰۰۰					<i>Cymbella ventricosa</i>
		۰/۰۴۰	۴۰۰۰۰					<i>Diatoma ochki</i>
۰/۰۰۶	۴۶۲۰	۰/۰۰۴	۲۰۰۰۰	۰/۰۰۴	۷۵۰			<i>Navicula cryptocephala</i>
۰/۰۰۷	۱۰۵۰							<i>Navicula sp.</i>
۰/۰۰۲	۲۱۰۰			۰/۰۰۲	۶۰۰	۰/۰۱۰	۱۰۲۸۶	<i>Nitzschia acicularis</i>
۰/۰۰۶	۳۰۴۵							<i>Nitzschia sigma</i>
		۰/۰۸۴	۴۲۰۰۰	۰/۰۷۷	۹۶۰			<i>Nitzschia parva</i>
						۰/۰۰۲	۲۲۶۷	<i>Nitzschia sp.</i>
						۰/۰۰۲	۲۴۰۰	<i>Nitzschia tenuirostris</i>
۰/۰۰۲	۳۲۱۳	۰/۰۷۰	۹۵۶۲۵			۰/۰۳۶	۵۱۶۹۰	<i>Stephanodiscos hantzschii</i>
۰/۰۱۹	۳۱۵۰۰							<i>Stephanodiscos sp.</i>

ادامه جدول ۳:

زمستان		پائیز		تابستان		بهار		
تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	تراکم	زی توده	
								گروه فیتوپلانکتون / فصول
				۰/۰۰۴	۱۰۰۰			<i>Thalassionema nitzschoide</i>
		۳/۶۰۰	۱۸۰۰۰۰	۰/۴۵۰	۲۲۴۸۰			<i>Thalassiosira inserta</i>
۰/۰۱۷	۲۱۰۰							<i>Thalassiosira variabilis</i>
								Chrysophyta
		۰/۲۳۸	۴۷۵۰۰	۰/۴۰۳	۸۰۵۶۷			<i>Dinobryon divergens</i>
								Pyrophyta
				۰/۰۰۸	۱۲۰۰			<i>Exuviaella cordata</i>
				۰/۰۲۵	۱۸۶۰	۰/۰۶۲	۴۷۳۳	<i>Glenodinium penardi</i>
				۰/۱۰۸	۲۷۰۰			<i>Glenodinium behningii</i>
				۰/۱۸۴	۴۵۹۴	۰/۰۳۵	۲۹۱۴	<i>Goniaulax digitale</i>
				۰/۱۰۸	۲۷۰۰			<i>Goniaulax minima</i>
۰/۰۱۳	۱۰۵۰			۰/۰۴۸	۱۲۰۰	۰/۰۰۹	۷۲۰	<i>Goniaulax polyedra</i>
						۰/۰۷۶	۶۳۴۳	<i>Goniaulax spinifera</i>
۰/۰۳۸	۱۲۶۰					۰/۳۹۷	۱۳۲۳۶	<i>Peridinium latum</i>

تعداد فراوان در دریاچه مشاهده گردیدند. گروه آنتن منشعبان^۲ با ۴ گونه و گروه پاروپایان^۳ با ۳ گونه در این دریاچه وجود داشتند. همچنین گروه Meroplankton نیز با دو زئوپلانکتون موقتی Chironomidae و Nematoda تنها در فصل تابستان حضور داشتند. در دریاچه سد آزاد در طول دوره بیشترین تعداد گونه مشاهده شده در یک فصل مربوط به فصول بهار

بررسی زئوپلانکتون‌های دریاچه پشت سد آزاد سندیج در طول دوره مطالعه نشان داد که ۲۵ گونه متعلق به ۳ تاکسون Cladocera، Copepoda و Rotifera شناسائی گردیدند. در آبهای این دریاچه شاخه گردان تنان یا گرد دهانان^۱ (Rotifera) گروه غالب در کل سال با ۱۸ گونه بودند. از این شاخه خانواده های Branchionidae و Asplanchnidae به

^۲ Cladocera^۳ Copepoda^۱ Rotifera /Rotatoria

آبهای پشت دریاچه سد آزاد سنندج در کل سال محدود است (جدول ۴).

(۱۵ گونه) و پائیز (۱۴) است، در حالیکه در فصل تابستان کمترین تعداد گونه به تعداد ۹ عدد به چشم می خورد. بطور کلی تنوع گونه ای زئوپلانکتون ها در

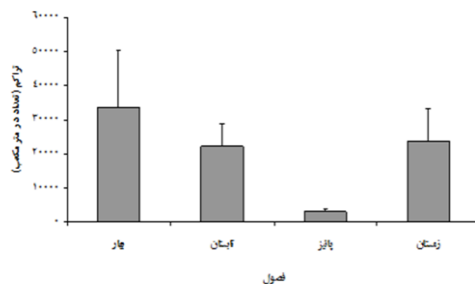
جدول ۴: تعداد گونه و حضور و عدم حضور گونه های زئوپلانکتون در فصول مختلف دریاچه پشت سد آزاد سنندج

فصول				گروه زئوپلانکتونی
زمستان	پائیز	تابستان	بهار	COPEPODA
			+	<i>Cyclops</i> sp.
+	+	+	+	<i>Mesocyclops</i> sp.
+	+			<i>Acartia</i> sp.
۲	۲	۱	۲	جمع
CLADOCERA				
+	+	+	+	<i>Bosmina longirostris</i>
+		+	+	<i>Ceriodaphnia</i> sp.
+	+		+	<i>Daphnia</i> sp.
	+			<i>Diaphanosoma</i> sp.
۳	۳	۲	۳	جمع
ROTIFERA				
+	+	+	+	<i>Asplanchna</i> sp.
			+	<i>Brachianus calcyflorus</i>
		+		<i>Brachionus</i> sp.
+	+			<i>Cephalodella</i> sp.
+	+	+	+	<i>Filina</i> sp.
		+		<i>philodina</i> sp.
	+		+	<i>Keratella</i> sp.
+	+			<i>Keratella</i> sp.
+	+			<i>Lecane</i> sp.
+	+	+		<i>Polyarthra</i> sp.
			+	<i>Polyarthra</i> sp1.
			+	<i>Polyarthra</i> sp2.
		+		<i>Simocephalus</i> sp.
+	+		+	<i>Pompholyx</i> sp.
			+	Rotifera sp.
			+	<i>Synchaeta pectinata</i>
			+	<i>Testudinella</i> sp.
+	+			<i>Platyhelminthes</i> sp.
۸	۹	۶	۱۰	جمع
MEROPLANKTON				
		+		Chironomidae
		+		Nematoda

آن در فصل پائیز با 30.39 ± 6.27 عدد در متر مکعب به ثبت رسید (شکل ۳).

بررسی فراوانی زئوپلانکتون های دریاچه سد آزاد سنندج طی دوره مطالعه نشان داد میانگین تراکم آن 20.658 ± 8.333 عدد در متر مکعب بود. بیشترین میزان میانگین تراکم زئوپلانکتون در فصل بهار با 33.602 ± 16.694 عدد در متر مکعب و کمترین میزان

۱۶۷۳۶±۲۹۷۴۵ عدد در متر مکعب، در فصل تابستان مربوط به گروه آنتن منشعبان با ۵۰۶۲±۱۵۶۹۹ عدد در متر مکعب، در فصول پاییز و زمستان نیز گروه روتیفرها به ترتیب با ۳۸۷±۱۴۸۳ و ۹۱۱۳±۲۱۳۱۰ عدد در متر مکعب مشاهده گردید (جدول ۵).



شکل ۳: میانگین تراکم فصلی زئوپلانکتون‌های شناسایی شده در دریاچه سد آزاد سنندج

بررسی فراوانی گروه‌های مختلف زئوپلانکتونی در دریاچه سد آزاد سنندج در فصول مختلف نشان داد که در فصل بهار بیشترین تراکم متعلق به گروه روتیفرها با

جدول ۵: تراکم و خطای معیار گروه‌های مختلف زئوپلانکتون در دریاچه سد آزاد سنندج (تعداد در متر مکعب)

گروه زئوپلانکتون	بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
	تراکم	خطای معیار	تراکم	خطای معیار	تراکم	خطای معیار	تراکم	خطای معیار
Copepoda	۲۸۴۷	۹۷۸	۳۲۲۷	۱۱۷۴	۱۱۳۵	۲۹۲	۱۷۸۲	۴۶۱
Cladocera	۱۰۱۰	۳۷۹	۲۵۶۹۹	۵۰۶۲	۴۸۱	۱۴۰	۵۷۹	۱۷۴
Rotifera	۲۹۷۴۵	۱۶۷۳۶	۳۲۸۰	۱۷۴۱	۱۴۸۳	۳۸۷	۲۱۳۱۰	۹۱۱۳
Meroplankton			۱۴	۹			۱/۲	۱/۱

عدد در متر مکعب و از گروه Cladocera گونه *Bosmina longirostris* با فراوانی ۱۵۶۶۵±۶۳۰۲ عدد در متر مکعب در فصل تابستان و گونه *Daphnia* sp. با فراوانی ۳۱۲±۶۶۲ عدد در متر مکعب در فصل بهار بیشترین میزان تراکم را داشته‌اند (جدول ۶).

بررسی ماکروبتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج نشان داد که با توجه به جوان بودن این سد تنها یک گروه از کرم‌ها (Annelida) یعنی *Oligochaeta* با دو خانواده *Tubificidae* و *Lumbriculidae* حضور دارند.

بررسی فراوانی گونه‌های مختلف زئوپلانکتونی در طی مطالعه در دریاچه سد آزاد سنندج نشان داد که از گروه Copepoda، گونه *Mesocyclops* sp. nauplius، دارای بیشترین فراوانی با ۱۱۲۱±۲۵۶۵ عدد در متر مکعب در فصل تابستان و گونه *Cyclops* sp. nauplius با فراوانی ۶۹۸±۲۱۴۰ عدد در متر مکعب در فصل بهار، از گروه Rotifera، گونه *Polyarthra* sp1. با فراوانی ۱۳۳۳۱±۲۳۲۸۴ عدد در متر مکعب در فصل بهار و گونه *Pompholyx* sp. با فراوانی ۸۸۵۰±۱۹۷۸۶ عدد در متر مکعب در فصل زمستان، سپس گونه *Brachionus* sp. با فراوانی ۴۱۵۴±۷۸۶۸

جدول ۶: میانگین فراوانی فصلی گونه‌های زئوپلانکتون شناسائی شده در دریاچه سد آزاد سنندج (تعداد در متر مکعب)

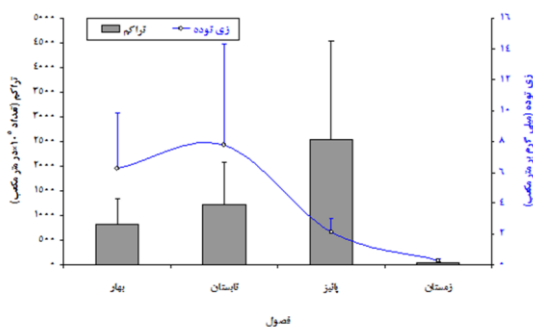
فصول				گروه زئوپلانکتون
زمستان	پائیز	تابستان	بهار	COPEPODA
	۲۱۴۰/۷		۲۱۴۰/۷	Cyclops nauplius
	۶۷۷/۵		۶۷۷/۵	Cyclops sp.
۷۸۳/۲	۲۸/۴	۷۸۳/۲	۲۸/۴	Mesocyclops sp.
۲۵۶۴/۷		۲۵۶۴/۷		Mesocyclops nauplii
				Acartia sp.
CLADOCERA				
۲۳۲۸۴/۰	۱۹۴/۵	۲۳۲۸۴/۰	۱۹۴/۵	Bosmina longirostris
۵۰/۱	۱۵۳/۳	۵۰/۱	۱۵۳/۳	Ceriodaphnia sp.
	۶۶۲/۳		۶۶۲/۳	Daphnia sp.
				Diaphanosoma sp.
ROTIFERA				
۲۹۸۶/۸	۲۹۱۶/۴	۲۹۸۶/۸	۲۹۱۶/۴	Asplanchna sp.
	۱۵/۹		۱۵/۹	Brachianus calcyflorus
۷۸۶۸/۳		۷۸۶۸/۳		Brachionus sp.
				Cephalodella sp.
۲۱۸/۲	۲۴۴/۴	۲۱۸/۲	۲۴۴/۴	Filina sp.
15.7		15.7		philodina sp.
	۱۶/۸		۱۶/۸	Keratella sp.
				Keratella sp.
				Lecane sp.
۵۹/۰		۵۹/۰		Polyarthra sp.
	۲۳۲۸۴/۲		۲۳۲۸۴/۲	Polyarthra sp1.
	۲۹۳/۳		۲۹۳/۳	Polyarthra sp2.
۱۴۷۸/۴		۱۴۷۸/۴		Simocephalus sp.
	۹۹۱/۳		۹۹۱/۳	Pompholyx sp.
	۹۳۳/۳		۹۳۳/۳	Rotifera sp.
	۱۰۶۶/۴		۱۰۶۶/۴	Synchaeta pectinata
	۳۷/۳		۳۷/۳	Testudinella sp.
				Platyhelminthes sp.
MEROPLANKTON				
۲/۴		۲/۴		Chironomidae
۱۱/۶		۱۱/۶		Nematoda

در این دریاچه گونه کرم خاکی *Lumbricus trrestris* از گروه Lumbriculidae و گونه *Tubifex sp.* از گروه Tubificidae به عنوان تنها نمایندگان کفزیان شناسائی شده در تمامی فصول به جزء گروه آخری در فصل بهار مشاهده شدند (جدول ۷).

جدول ۷: تغییرات فراوانی جوامع بنتکی در فصول مختلف دریاچه پشت سد آزاد سنندج

فصول

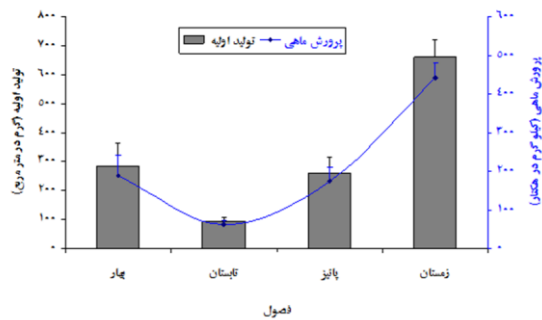
گونه ماکروبتوز	بهار		تابستان		پائیز		زمستان	
	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)	تراکم (تعداد در متر مربع)	زیتوده (گرم بر متر مربع)
<i>Lumbricus trrestris</i>	۱۶۵۰±۹۰۲	۱۲/۵±۶/۳	۲۰۷۰±۱۷۰۸	۱۵/۰±۱۲/۹	۱۶۵۰±۳۹۳۱	۳/۵±۱/۵	۷۱±۳۴	۰/۵±۰/۲
<i>Tubifex</i> sp.	۰±۰	۰±۰	۳۵۹±۳۱۴	۰/۵±۰/۴	۳۵۵±۳۱۵	۰/۷±۰/۵	۱۱±۸	۰/۱±۰/۱



شکل ۴: تغییرات تراکم و زی توده ماکروبتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج

بررسی میزان کلروفیل a در دریاچه پشت سد آزاد سنندج طی فصول مختلف نشان داد که میانگین سالانه آن $۳/۵ \pm ۰/۵$ میلی گرم بر متر مکعب بوده که بیشترین میزان میانگین کلروفیل در فصل زمستان با $۷/۰ \pm ۰/۶$ میلی گرم بر متر مکعب و سپس فصل بهار با میانگین $۳/۰ \pm ۰/۸$ میلی گرم بر متر مکعب و کمترین میزان میانگین آن در فصل تابستان با میانگین $۱/۰ \pm ۰/۲$ میلی گرم بر متر مکعب به ثبت رسید. از طرفی میانگین سالانه میزان تولید اولیه برابر با $۳۲۳/۸ \pm ۵۱/۸$ گرم بر متر مربع بوده که بیشترین میزان میانگین تولید اولیه به ترتیب در فصول زمستان و بهار با دامنه تغییرات $۶۶۱-۲۸۲$ گرم بر متر مربع در روز و کمترین میزان میانگین تولید اولیه به ترتیب در فصول تابستان و پائیز با دامنه تغییرات $۲۶۰-۹۳$ گرم بر متر مربع در روز برآورد گردید (شکل ۵). همچنین شاخص تروفی دریاچه سد

بررسی کمی تراکم و زی توده ماکروبتوزهای موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج نشان داد که میانگین تراکم و زی توده آن به ترتیب $۴/۱ \pm ۲/۸$ گرم بر متر مربع به ثبت رسید. همچنین بررسی تراکم گونه‌های مختلف گروه بنتک در دریاچه نشان داد که بیشترین میزان فراوانی متعلق به گونه *Lumbricus trrestris* به ترتیب با $۴۷۱۲/۸ \pm ۳۹۳۰/۸$ عدد در متر مربع و $۳/۵ \pm ۱/۵$ گرم بر متر مربع در فصل پائیز اندازه گیری شد. در حالیکه کمترین میزان تراکم و زی توده این گونه در فصل زمستان با $۷۱/۴ \pm ۳۴/۵$ عدد در متر مربع و $۰/۵ \pm ۰/۲$ گرم بر متر مربع به ثبت رسید. گونه *Tubifex* sp. بیشترین میزان فراوانی را در فصول تابستان- پائیز با میانگین تراکم و زی توده به ترتیب $۳۶۰/۰ \pm ۳۱۴/۸$ عدد در متر مربع و $۰/۶ \pm ۰/۵$ گرم بر متر مربع دارا بود و کمترین میزان فراوانی این گونه در فصل بهار که در نمونه‌ها مشاهده نگردید و سپس در فصل زمستان با فراوانی $۱۱/۳ \pm ۸/۰$ عدد در متر مربع و زی توده $۰/۱ \pm ۰/۰۶$ گرم بر متر مربع به ثبت رسید (شکل ۴).



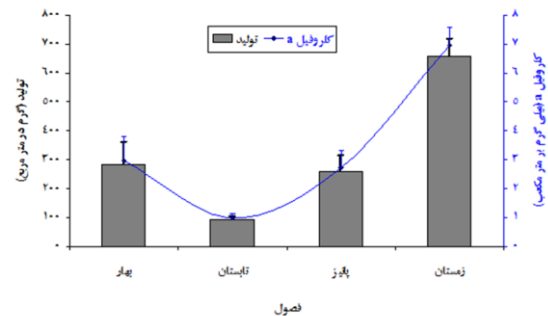
شکل ۶: میانگین میزان پرورش ماهی و تولید اولیه فیتوپلانکتونی در آب سد آزاد سنندج

بحث

انرژی در دسترس خورشید در سطح زمین بایستی طی روند فتوسنتز در خلال تغییرات شیمیایی تثبیت شود تا موجودات زنده بتوانند از آن استفاده کنند. در واقع گیاهان سبز خشکی و فیتوپلانکتونهای دریایی انرژی خورشید را به کمک رنگیزه‌های خود جذب نموده و آن را در ترکیبات آلی که می‌سازند، ذخیره می‌کنند. همه‌ی موجودات فتوسنتز کننده از جمله سیانوباکترها، کلروفیل a دارند. کلروفیل a در حدود ۱ تا ۲ درصد از وزن خشک جلبک‌های پلانکتونی را شامل می‌شود (Grzetic and Camprag, 2010). لذا فیتوپلانکتون‌ها اجزای مهم این سیستم‌ها بشمار می‌روند. عوامل اصلی که بر تولید فیتوپلانکتون‌ها اثر می‌گذارند، عبارتند از: نور، تنوع پذیری مواد مغذی (Kromkamp and Underwood, 1999) محدودیت نفوذ نور که از کدروی آب پدید می‌آید، بعنوان عاملی در کنترل تولید اولیه در مصب‌ها در نظر گرفته می‌شود (Lehman, 1992).

دریاچه پشت سد آزاد سنندج جزء دریاچه‌های جوان با تولید اندک محسوب شده و با توجه به منابع آبرگیری این دریاچه که منبع غنی کننده به خصوصی

آزاد سنندج طبق مدل TSI (Trophic State Index) بر پایه توده زنده فیتوپلانکتونی میزان کلروفیل a، با میانگین سالانه ۴ میلی گرم در متر مکعب خصوصیات مزو-یوتروف را نشان می‌دهد زیرا که TSI $(Chl.A)=9.8*\ln(4.2)+3.6$ برابر است با ۴۰ می‌باشد.



شکل ۵: میانگین فصلی میزان کلروفیل a و تولید اولیه در ستون آب سد آزاد سنندج

در این شرایط، بررسی پتانسیل تولید ماهی از طریق میزان تولید اولیه در فصول مختلف نشان که بطور متوسط با تولید اولیه فیتوپلانکتونی ۳۲۴ گرم در متر مکعب و وزن خشک ۱۶۲ گرم در متر مکعب، میزان برآورد تولید ماهی فیتوپلانکتون خوار ۲۱۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که در طی فصول مختلف با دامنه تغییرات تولید اولیه ۶۶۱-۹۳ و وزن خشک ۳۳۰/۵-۴۵/۵ گرم در متر مکعب، ۴۴۲-۶۱ کیلوگرم ماهی در هکتار برآورد گردید. اگرچه که در طی فصول تابستان و پاییز بدلیل وزن خشک اندک تولیدات فیتوپلانکتونی میزان تولید ماهی نیز پائین تر خواهد بود (شکل ۶).

عدد در متر مکعب هرم تقریبی اکولوژیک این دریاچه را خصوصیات مزو-یوتروف نشان می‌دهد.

مقدار زیئوده جلبکی دریاچه سد آزاد بر اساس کلروفیل a از ۰/۶ در تابستان تا ۴/۹ میلی گرم در فصول پاییز-زمستان نوسان داشته و دارای میانگین ۳/۵ میلی گرم در متر مکعب بوده که با غالبیت شاخه‌های باسیلاریوفیتا و کلروفیتا حکایت از الیگوتروف بودن دریاچه سد آزاد دارد.

فراوانی کلی فیتوپلانکتونها در دریاچه نسبت به بسیاری از محیط‌های آبی دنیا در حد بسیار اندکی قرار داشته (شکل ۲ و جدول ۲) و همگام با اندک بودن زیئوده جلبکی، تولید اندک دریاچه را تأیید می‌کند (متوسط تولید ۳۹۴ میلی گرم بر متر مکعب). تنوع گونه ای فیتوپلانکتونی نیز نسبت به منابع آبی دیگر در حد متوسط قرار داشته (جدول ۳) در حالی که تنوع گونه ای زئوپلانکتونی حتی کمتر از سایر منابع می‌باشد (جدول ۴). فراوانی زئوپلانکتونها در حد کمتر از متوسط بوده (شکل ۳) به طوری که از دریاچه‌های ماکو مهاباد بیشتر و از تالابهای حسنلو و انزلی کمتر بوده است (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۱). از نظر گونه‌های غالب پلانکتونی نمی‌توان مقایسه قابل توجهی را با منابع آبی دیگر ارائه نمود چرا که مثلاً جنس‌های فیتوپلانکتونی *Ankistrodesmus* و *Cyclotella* این منابع آبی همانند دریاچه‌های شور و شیرین دیده شده و در طیف وسیعی از سطوح تروپی به فراوانی مشاهده می‌شوند و بنظر می‌رسد که بتوانند در طی سال‌های آتی بشدت بلام نماید. برخی از گونه‌های غالب در دریاچه سد آزاد خصوصیات زیستی اندک متفاوتی را نشان داده‌اند به طوری که گونه‌های غالب *Cyclotella meneghiniana* و *Cyclotella caspica*

ندارد تصور بر آن است که روند غنی شدن در آن با کندی صورت پذیرد. همان طور که بیان گردید در شرایط کنونی دریاچه شاخه‌های فیتوپلانکتونی غالب *Bacillariophyta* و *Chlorophyta* در همه فصول نمونه‌برداری به شمار رفته که شاخص الیگوتروف بودن محیط دریاچه می‌باشد (Li and Mathias, 1994). با رویکردی به وضعیت فیتوپلانکتون‌ها طی فصول مختلف در دریاچه و مقایسه آن با اکوسیستم‌های مشابه نظیر دریاچه سد تهم در استان زنجان (میرزاجانی و همکاران، ۱۳۹۱) و دریاچه پشت سد بالاتون در مجارستان (Istvánovics *et al.*, 2002) بنظر می‌رسد که با تشدید روند فراغنی شدن، افزایش و غالبیت گروه *Chlorophyta* و *Cyanophyta* همچنان دور از انتظار نخواهد بود.

شاخص تروپی دریاچه سد آزاد سنج طبق مدل TSI (Trophic State Index) بر پایه توده زنده فیتوپلانکتونی میزان کلروفیل a، با میانگین سالانه ۴~ میلی گرم در متر مکعب خصوصیات مزو-یوتروف را نشان می‌دهد زیرا که $TSI = 9.8 * \ln(Chl.A) + 3.6$ برابر است با ۴۰ می‌باشد که چنانچه مقدار شاخص کمتر از ۳۰ باشد دریاچه الیگوتروف، مقدار ۳۰ تا ۵۰ دریاچه مزوتروف، ۵۰ تا ۷۰ یوتروف و بالاتر از ۷۰ دریاچه هایپریوتروف خواهد بود (Wetzel, 2001). بر اساس کلروفیل a میزان تولید اولیه ۳۹۹ میلی گرم در متر مکعب و بر اساس شمارش فیتوپلانکتون‌ها و برآورد میزان زی توده آنها با میانگین سالانه $1.05 \times 10^4 \pm 13/4$ عدد در متر مکعب و میانگین زی توده $3/3 \pm 7/3$ میلی گرم بر متر مکعب و همچنین تراکم میانگین سالانه زئوپلانکتون‌ها با 20658 ± 8333

آورده و در نتیجه به بهبود شرایط اکسیژنی رسوبات کمک می‌کنند.

از آنجائیکه میانگین سالانه میزان کلروفیل a برابر با ۳/۵ میلی گرم در هر متر مکعب می‌باشد، لذا میزان تولید اولیه فیتوپلانکتونی برابر با ۳۳۳ گرم بر متر مربع و وزن خشک آن برابر با ۱۶۶ گرم و میزان انرژی برابر با ۰/۹ کیلوکالری در روز و ۳۳۴ کیلوکالری انرژی در سال است. در صورتی که ۱۰٪ از این انرژی به ماهیانی که تماماً فیتوپلانکتون خوار (نظیر ماهی فیتوفاگ) برسد میتوان گفت که ۲۲ کیلوکالری انرژی در هر متر مربع در سال خواهیم داشت. بنابراین با فرض بر اینکه برای تولید هر گرم گوشت (ماهی) ۱/۵ کیلوکالری مصرف شود، لذا در هر هکتار (۱۰۰۰۰ متر مربع) میتوان ۲۲۲ کیلو گرم ماهی پرورش داد (شکل ۶).

نتایج حاصله از بررسی خصوصیات زیستی دریاچه سد آزاد سنندج را به راحتی می‌توان با دریاچه‌های حاصل از استخراج معادن در ایالت مینوسوتای آمریکا (Axler et al., 1998) مقایسه کرد که از نوع دریاچه‌های الیگوتروف و الیگومزوتروف بوده و تعدادی از آنها برای مصارف شرب نیز استفاده می‌شدند. فعالیت متراکم آبرزی پروری در این نوع دریاچه‌ها می‌تواند خصوصیات لیمنولوژیک آنها را به سمت یوتروف شدن تغییر داده که افزایش مقادیر فسفر و نیتروژن همچنین کاهش اکسیژن در تمامی سطوح آب از شواهد مشهود آن بوده است. یافته‌های این بررسی ضمن آنکه خصوصیات زیستی و غیر زیستی یک مخزن آبی تازه تشکیل در ایران را بیان کرده، اطلاعات لازم جهت بررسی روند تغییرات اکوسیستم را در کنار منابع آبی قدیمی تر فراهم نموده است، تا با پایش مستمر و اعمال مدیریت لازم، کاربری شرب دریاچه را

بیشتر در استخرها و دریاچه‌های لب شور و حتی دریاچه‌های کم عمق هم دیده شده و گونه‌های جنس *Cyclotella* بیشتر در دریاچه‌هایی با آب سخت نیز مشاهده می‌شوند (Pasztaleniec and Poniewozik, 2009).

جنس‌های زئوپلانکتونی *Daphnia* و *Syncheata* و خصوصاً گونه غالب این دریاچه *Polyarthra* sp. نیز در تمامی منابع آبی مشاهده شده و در طیف وسیعی از سطوح تروفی قرار می‌گیرند اگرچه *Syncheata* بیشتر شوری پسند بوده ولی تعداد اندکی از گونه‌های آن در آب شیرین یافت می‌شوند (Pennak, 1953). خصوصیات پلانکتونیک این دریاچه با دریاچه‌های الیگوتروف شمال آمریکا یا کانادا که حضور گونه‌های دیاتومه ای (*Bacillariophyta*) و داینوفلاژلاتها (*Pyrophyta*) مشهود بوده تاحدودی مشابه می‌باشد (Stanford and Ellis, 2003). روتیفرا بیشترین میزان فراوانی را در طی فصول سرد سال یعنی زمستان و بهار دارا هستند و گروه کلادوسراها نیز در فصل گرم سال یعنی تابستان بیشترین میزان فراوانی را دارند (روشن طبری و همکاران، ۱۳۸۲، فاطمی و همکاران، ۱۳۹۲، Roohi et al., 2010).

به طور کلی با بررسی ماکروبتوزهای دریاچه پشت سد آزاد سنندج مشخص شد که تنها کرم‌های حلقوی در رسوبات دریاچه قدرت ادامه حیات دارند. این موجودات با حفاری بستر با ایجاد bioturbation در رسوبات منجر به آزاد سازی بیشتر فسفر از رسوبات به آب دریاچه می‌گردند (Aller, 1982). این پدیده با در دسترسی قرار دادن رسوبات لایه‌های عمیق تر زمینه فعالیت میکروارگانیزم‌ها بر روی رسوبات را فراهم

سپاسگزاری

این تحقیق با مساعدت و همکاری مدیریت شیلات، سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، سنندج و زحمات مدیران و کارشناسان و پرسنل پژوهشکده اکولوژی دریای خزر صورت گرفت که از این طریق از همگی آنها سپاسگزاری می‌نمایم.

منابع

۱. روشن‌طبری، م.، تکمیلیان، ک.، سبک‌آرا، ج.، روحی، ا. و رستمیان، م. ت. ۱۳۸۲. پراکنش ژئوپلانکتون در حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، (۳) ۱۲، صفحه ۹۶-۸۳.
۲. سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م.، ولی‌پور، ع.، ۱۳۹۱. جوامع پلانکتونی پایاب سد یامچی به منظور امکان‌سنجی آبی‌پروری در شهرستان اردبیل، مجله توسعه آبی‌پروری، ۱۰ (۱)، صفحات ۸۹-۷۱.
۳. سبک‌آرا، ج. و مکارمی، م. ۱۳۹۲. پراکنش و فراوانی پلانکتونی و نقش آن‌ها در پرورش ماهی در دریاچه سد ارس. مجله توسعه آبی‌پروری، ۷ (۲)، صفحات ۵۹-۴۱.
۴. سلیمانوف، م. آ.، ۱۹۸۷. نقش میکروفلورها و فیتوپلانکتونها در پروسه‌های تولیدی دریای خزر، مترجم ابوالقاسم شریعتی. ۱۳۷۲. رشت. شیلات ایران. ص ۶۴۹.
۵. شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۱. تغذیه گرای مخازن سدها و راهکارهای مقابله. بخش محیط زیست و کیفیت منابع آب، وزارت نیرو، تهران. ۵۹ صفحه
۶. فاطمی، م.، روشن‌طبری، م.، پورغلام، ر.، موسوی‌ندوشن، ر.، وثوقی، غ. م.، رحمتی، ر.،

برای مدت طولانی تری تداوم دهد. کنترل بار مغذی وارده از حوزه آبخیز دریاچه سد آزاد و اعمال روشهای کاهش فسفر اشاره شده در بالا، در کنار به کارگیری روشهای نوین اکولوژیک همچون پوشش های گیاهی (Wang et al., 2009, Lu et al., 2009, Gao et al., 2009) و سایر موجودات زنجیره های غذایی شامل گروه‌های از ماهیان و ژئوپلانکتون ها قادر خواهد بود محیط دریاچه را برای مدت مدید به صورت الیگوتروف برای کاربری شرب حفظ نماید.

بنابراین تولید آبیان که عمدتاً ماهیان مد نظر است بر عهده فیتوپلانکتون ها و به عبارت دیگر از میزان کلروفیل a ناشی می‌شود که میانگین سالانه آن ۳/۵ میلی گرم بر متر مکعب است و از این میزان کلروفیل به طور متوسط سالانه تولید اولیه ای برابر با ۳۲۳ گرم بر متر مربع در روز بدست می‌آید و در صورتی که ۱۰٪ از این انرژی به ماهیانی که تماماً فیتوپلانکتون خوار (نظیر ماهی فیتوفاگ) برسد میتوان گفت در هر هکتار (۱۰۰۰۰ متر مربع) میتوان ۲۲۲ کیلو گرم ماهی پرورش داد. از طرفی بررسی ژئوپلانکتون‌های دریاچه پشت سد آزاد سنندج در طول دوره مطالعه نشان داد شاخه گردان تنان یا گرد دهانان گروه غالب در کل سال بودند. همچنین میانگین تراکم سالانه ژئوپلانکتون ها ۲۰۶۵۸ عدد در متر مکعب بود که از این نظر جزء دریاچه‌های پشت سد کم باور شده و تولید اندک محاسبه گردید.

در طی بررسی ماکروبتوزها در دریاچه پشت سد آزاد تنها دو گروه شناسائی گردید که با توجه به عدم غنای گونه ای و نیز تراکم پائین گروه‌های کفزیان در دریاچه پشت سد آزاد سنندج گویای این واقعیت است که انتظار زیادی از تولید آبیان با تغذیه ماکروبتوزها نمی‌توان داشت.

- American Public Health Association, Seventeenth Edition.
14. Axler R., S. Yokom, C. Tikkanen, M. McDonald, H. Runke, D. Wilcox, 1998. Restoration of a mine pit lake from aquaculture nutrient enrichment. *Restoration Ecology*. 6(1), 1-19.
 15. Bledzki, L. A., 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 International Publishing, 923 P.
 16. Bluman, A.G., 1998. *Elementary statistics: a step by step approach*. USA : Tom Casson publisher, 3rd edition
 17. Boyd, C. E., 1992. Water quality in ponds for aquaculture. Department of fisheries and applied aquacultures. 114 P.
 18. Brooks, J.L., 1959. Cladocera. Pp. 587-656 in W.T. Edmondson (Ed.). *Freshwater Biology*, Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
 19. Cooke, G. D., R.H. Kennedy., 1989. Water operations technical support program. Water quality management for reservoirs and tail waters. Report 1. In-reservoir water quality management techniques. Tech. Rep. U.S. Army. Engineers Waterways Experiment Station, 186 P.
 20. Djuangsih, N., 1992. Understanding the state of river basin management from an environmental toxicology perspective: An example from water pollution at Citarum River basin, West Java, Indonesia. Proceedings of the second European conference on ecotoxicology, W. Sloof, H. Kruijff, eds. 1993, Vol. Supplies Plumbing Trade Supplies, 1-2, Pp. 283- 292.
 21. Edmondson, W.T., 1959. *Fresh water biology*, New York, London, John Wiley & Sons, Inc. 1248 p.
 22. Elliot, J.M., 1988. *Larvae of the British Ephmerptera: a key with ecological notes*, scientific publication, 145 pp.
 23. Gao, J., Xiong, Z., Zhang, J., Zhang, W, Mba, FO., 2009. Phosphorus removal from water of eutrophic Lake Donghu by five submerged macrophytes, *Desalination* 242: 193-204
 - خداپرست، ن.، ۱۳۹۲. پراکنش گروه های مختلف زئوپلانکتون در اعماق مختلف حوضه ی جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷، *مجله اقیانوس شناسی*، سال چهارم شماره، ۱۴، ص ۸۲-۹۲
 ۷. قلیچی؛ ا.، کمالی سنزیقی، م.، جعفری، م.، ۱۳۹۵. ترکیب فیتوپلانکتونی و نقش آن در میزان تولید ماهی کپور نقره‌ای (*molitrix*) در مزارع پرورش ماهیان گرمابی، *مجله توسعه آبرزی پروری*، ۱۰ (۴)، صفحات ۹۱-۱۰۲.
 ۸. محبی، ف.، عاصم، ع.، محسن پور آذری، ع.، ۱۳۹۱. بررسی جمعیت فیتوپلانکتونی و شاخصهای جمعیتی در دریاچه سد ارس، *مجله زیست شناسی ایران*، جلد ۲۵، شماره ۲، صفحات ۳۲۸-۳۱۶.
 ۹. میرزاجانی، ع.، ۱۳۸۶. بررسی لیمنولوژی دریاچه سد تهم استان زنجان. سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان. مدیریت شیلات استان زنجان. ۹۰ ص.
 ۱۰. میرزاجانی، ع.، عباسی، ک.، سبک آرا، ج.، مکارمی، م.، عابدینی، غ.، بورانی، م.، ۱۳۹۱. لیمنولوژی دریاچه الیگو-مزوتروف تهم در استان زنجان، *مجله زیست شناسی ایران*، جلد ۲۵ (۱)، ۷۴-۸۹.
 11. Aller, R., C., 1982. The effects of macrobenthos on chemical properties of marine sediment and overlying water, Plenum Press, New York, 53-102 pp.
 12. Apaydın Yağcı, M., 2014. Seasonal Variations in Zooplankton Species of Lake Gölhisar, a Shallow Lake in Burdur, Turkey, *Pakistan Journal of Zoology*, 46(4), pp. 927-932.
 13. APHA., 2005. *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*,

36. Pasztaleniec, A., and Poniewozik, M., 2009. Phytoplankton based assessment of the ecological status of four shallow lakes (Eastern Poland) according to water framework Directive- a comparison of approaches. *Limnologia*, 1-8.
37. Pennak, R.W. 1953. Fresh- water invertebrates of the United States, The Ronald press. New York, 769pp.
38. Pontin, R. M., 1978. A key to the fresh water planktonic and semiplanktonic rotifer of the British Isles. Titus Wilson and Son. Ltd. 178p.
39. Postel, L., Fock, H. and Hagen, W., 2000. Biomass and abundance. In: Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.R. and Huntley, M. (Eds.), *Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press, San Diego, pp. 83-192. *Research*, vol. 67, no. 2, Pp. 189-200.
40. Prescott, G. W., 1962. *Algae of the western great lakes area*. Vol 1, 2, 3. W. M.C. Brown Company Publishing, Iowa, U.S.A. 933 p.
41. Reynolds, T. D., and P. A. Richards., 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. PWS Publishing Company, Boston, MA
42. Roohi, A., Kideys, A., Sajjadi, A., Hashemian, A., Pourgholam, R., Fazli, H., Ganjian Khanari, A., Eker-Develi, E., 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. *Biological Invasions*, **12**, 2343–2361.
43. Ruttner-Kollisko A., 1974. *Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy* stutt yart, Schwizer bart'sche VerLagsbuchhandlang, Stuttgart.
44. Siapatis, A., M. Giannoulaki, V. D. Valavanis, A. Palialexis, E. Schismenou, A. Machias and S. Somarakis., 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 612:281–295.
45. Stanford J. A. and B. K. Ellis., 2003. Natural and cultural influences on ecosystems processes in the Flathead River basin (Montana, British Columbia). Pp
24. Grzetic, I., and Camprag, N., 2010. The evolution of the trophic state of the Palic Lake (Serbia), *Journal of the Serbian chemical society*, 75(5): 717-732.
25. Guan, B., Xin, Y., JinHui, J., ZiQiang, T., ShuQing, A., BinHe, G., Ying, C., 2009. Phosphorus removal ability of three inexpensive substrates: Physicochemical properties and application. *Ecological engineering*. 35: 576–581.
26. Hynei, H.B.N., 1984. A key to the adults and nymphs of the British stoneflies, Scientific Publication, 90pp.
27. Istvánovics, V., L., Somlyody, A., Clement. 2002. Cyanobacteria-mediated internal eutrophication in shallow Lake Balaton after load reduction. *Water Research* 36: 3314–3322.
28. Kromkamp, J. and Underwood, G. J. C., 1999. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries, *Advances in Ecological Research* 29: 93-153.
29. Lehman, P.W., 1992. Environmental factors associated with long-term changes in chlorophyll concentration in the Sacramento- San Joaquin delta and Suian bay California *Estuaries* 15: 335-348.
30. Li, S., and Mathias, J., 1994. *Freshwater fishes culture in china: principles and practice*. Elsevier science B. V. 445 P.
31. Lu, S.Y., F.C. Wu, Y. F. Lu, C. S. Xiang, P.Y. Zhang and C.X. Jin., 2009. Phosphorus removal from agricultural runoff by constructed wetland. *Ecological engineering* 35: 402–409
32. Maosen, H., 1983. *Fresh water plankton illustration*. Agriculture Publishing House. 85p.
33. Mohsenpour Azary. A., Mohebbi, F., 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, 77-84.
34. Needham, J. G., 1962. *A guide to the study of fresh-water biology*, Holden-day, INC., San Francisco, 107pp.
35. Newell, G.E. and Newell., R.C., 1977. *Marine plankton: a practical guide*. London: Hutchinson, 420 p.

50. Wetzel, R.G. and Likens G.E., 1991. *Limnological analysis*. New York USA: Springer-Verlag. www.braincoad.com
51. Wetzel, R.G., 2001. *Limnology*, Third Edition: Lake and River Ecosystems, Academic Press, Michigan State University, 763 pp.
52. Wilson, M.S., 1959. Calanoida. Pp. 738-795 in W.T. Edmondson (Ed.). *Freshwater Biology*, Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
53. Witty, L. M., 2004. *Practical Guide to Identifying Freshwater Crustacean Zooplankton, Aquatic Invertebrate Taxonomist*, Cooperative Freshwater Ecology Unit Department of Biology, Laurentian University 935 Ramsey Lake Road Sudbury, Ontario, Canada P3E 2C6, 50p. <http://coopunit.laurentian.ca>
54. Yeatman, H.C., 1959. Cyclopoida. Pp. 796-814 in W.T. Edmondson (Ed.). *Freshwater Biology*, Second Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- 269-284. IN: Baron, J. S. (Editors). *Rocky Mountain future: An ecological perspective*. Island Press, Covelo, California, USA. 325 P.
46. Tiffany, L. H. and Britton, M. E., 1971. *The algae of Illinois*, Hanfer Publishing Company, New York. 407 P.
47. Vaux, P. D., Paulson, L. J., Axler, R. P., Leavitt, S., 1995. The water-quality implications of artificially fertilizing a large desert reservoir for fisheries enhancement. *Water Environ. Res.* 67:189-200.
48. Vollenweider, A.R., 1974. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environmental of Black Sea*. Well scientific publication oxford, London. UK, 210 p.
49. Wang, G. X., Zhang, L. M., Chua, H., Xiang-Dong, L., 2009. A mosaic community of macrophytes for the ecological remediation of eutrophic shallow lakes. *Ecological engineering* 35: 582-590.