مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

تغییرات فصلی اجتماع پلانکتون‌ها در حوضچه‌های نمک پتروشیمی ماهشهر و خور اودله

فرحناز کیانارثی[1*]، کبری جلالی[2]، مهرناز شیرمحمدی[1]، محسن مزرعاوی[1]، حسین هوشمند[1]، جمیل بنی‌طرفی‌زادگان[1]

۱- پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های جنوب کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۶
پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸

کلمات کلیدی:
زئوپلانکتون
حوضچه نمکی پتروشیمی
خور اودله
فیتوپلانکتون
شاخص شانون
WQS

چکیده

مقدمه: فیتوپلانکتون‌ها به عنوان تولیدکنندگان اولیه در پایه شبکه‌های غذایی در اکوسیستم‌های آبی قرار دارند. زئوپلانکتون‌های دریایی جز تولیدکنندگان ثانویه شبکه غذایی دریایی محسوب می‌شوند توزیع و پخش زئوپلانکتون‌ها بر پتانسیل رشد ماهیان منطقه به‌ویژه لارو آن‌ها تأثیر می‌گذارد. حساسیت پلانکتون‌ها به تغییرات جزئی محیط، آن‌ها را به اندیکاتورهای زیستی مناسبی تبدیل کرده که منعکس‌کننده شرایط سلامت اکوسیستم آبی می‌باشند. لارو میگو و ماهی در مرحله آبگیری حوضچه‌های نمکی ماهشهر، از خور اودله به عنوان تنها منبع تأمین‌کننده آب حوضچه‌ها، از طریق پمپاژ به داخل حوضچه ها وارد می‌شوند و در شرایط سخت رشد می‌کنند در نتیجه ارزیابی منظم جهت حفاظت از ساکنین این اکوسیستم آبی ضروری است. هدف از این مطالعه بررسی سلامت زیستی اکوسیستم حوضچه‌های نمک ماهشهر و خور اودله توسط شاخص کیفیت آب (WQS, Water Quality Score) و شاخص‌های اکولوژیکی بر حسب جوامع پلانکتونی این اکوسیستم بود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری از ۷ ایستگاه از خور اودله تا حوضچه‌های نمک ۱و ۲ انجام گرفت. برداشت از آب جهت بررسی فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها توسط تور پلانکتون‌گیری، در چهار فصل از خرداد ۱۴۰۲ تا اردیبهشت ۱۴۰۳ انجام گرفت. عوامل فیزیکی شیمیایی شامل اکسیژن محلول، pH، فسفات، نیترات و اکسیژن خواهی بیوشیمیایی جهت ارزیابی شاخص WQS سنجش شدند. بعضی عوامل فیزیکوشیمیایی از قبیل pH، دما و اکسیژن محلول در محل نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر پرتابل و شوری توسط دستگاه شوری‌سنج اندازه‌گیری گردید. بقیه پارامترها توسط روش‌های استاندارد آزمایشی سنجیده شدند.

نتایج: در طی این تحقیق، با دور شدن از خور و پیشروی به سمت درون حوضچه‌ها فراوانی فیتوپلانکتون‌ها، شوری، نیترات و شاخص غالبیت روند افزایشی و فراوانی زئوپلانکتون‌ها، فسفات، شاخص تنوع، غنای گونه‌ایی و تراززیستی روند کاهشی را نشان داد. همچنین یک پیک زمستانی برای تراکم فیتو پلانکتون‌ها و به دنبال آن یک پیک بهاری برای تراکم زئوپلانکتون‌ها مشاهده شد. در این مطالعه ۵۱ گونه از ۶ شاخه فیتوپلانکتونی و ۱۷ گونه و ۴ لارو از ۲ شاخه زئوپلانکتونی شناسایی شد. میانگین فراوانی برای فیتوپلانکتون‌ها ۴۲۲۹ سلول در لیتر و برای زئوپلانکتون‌ها ۱۰۳۹۵ سلول در لیتر ثبت گردید.خانواده‌های

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: farahnaz.kianersi@gmail.com

Bacillariaceae و Paracalanidae و همچنین مراحل لاروی (ناپلیوس و کوپه‌پودا) گروه‌های غالب را در منطقه به خود اختصاص داده بودند. طبق ارزیابی شاخص WQS رتبه ۲/۶ برای ایستگاه‌های خور و حوضچه نمک شماره ۱ و رتبه ۳/۴ برای ایستگاه‌های درون حوضچه شماره ۲ تعیین شد. مقادیر pH و اکسیژن محلول در طول دوره نمونه‌برداری دارای امتیاز ۵ (کیفیت خوب)، نیتروژن کل، فسفر کل و BOD_5 در طول دوره مطالعه دارای امتیاز ۱ (کیفیت پایین) بودند. در مجموع، ایستگاه‌های خور اودله و ابتدای حوضچه شماره ۱ کیفیت پایین و ایستگاه‌های انتهای حوضچه شماره ۱ و درون حوضچه شماره ۲ دارای کیفیت ضعیف از لحاظ کیفیت آب بوده اند. یک همبستگی مثبت بین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها با میزان شوری و نیترات مشاهده شد. درحالی که زئوپلانکتون‌ها رابط معکوسی با این دو پارامتر نشان دادند.

بحث: طبق بررسی انجام شده با افزایش شوری و نیترات به سمت درون حوضچه‌ها فراوانی فیتوپلانکتون‌ها افزایش درحالی که زئوپلانکتون‌ها کاهش‌یافته بودند که علت آن احتمالاً حساسیت زئوپلانکتون‌ها به شوری و ایجاد فشاراسمزی بیش از حد توان آنها بود که به دنبال آن با کاهش شکارچی و موجود بودن نیترات به عنوان منبع غذایی فیتوپلانکتون‌ها ما شاهد رشد بیشتر فیتوپلانکتون‌ها بودیم. همچنین با پیشروی به سمت حوضچه‌ها به دلیل تبخیر شدید و شوری بالا تنوع گونه‌ایی کاهش‌یافته و گونه‌های مقاوم جمعیت غالب را تشکیل داده بودند. از طرفی با توجه به نتایج شاخص WQS کیفیت آب منطقه پایین بود که می توان آن را به شرایط استرس‌زا همچون تبخیر شدید نسبت داد. بنابراین در حوضچه ها جهت رفا شرایط زیست آبزیان ساکن این منطقه انجام پایش‌های متوالی و شناسایی فاکتورهای استرس‌زا و رفع آن‌ها ضروری می‌باشد.

مقدمه

موجودات پلانکتونی (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون) نقش حیاتی در حفظ تعادل در اکوسیستم‌های آبی دارند (Idam *et al*., 2023). فیتوپلانکتون‌ها به عنوان یک تولیدکننده اولیه، حلقه اساسی در زنجیره‌غذایی هستند. از بی‌کربنات به عنوان منبع کربن برای فتوسنتز استفاده کنند و نقشی اساسی در چرخه مواد مغذی ایفا می‌کنند (Verspagen *et al*., 2014). فیتوپلانکتون‌ها کمتر از ۱٪ از کل زیست‌توده فتوسنتتیک جهان را تشکیل می‌دهند، اما حدود ۵۰٪ از تولید اولیه خالص جهان را به خود اختصاص دادند و منبع اولیه انرژی برای اکوسیستم‌های آبی هستند (Idam *et al*., 2023). بنابراین، هرگونه تغییر در تراکم و تنوع فیتوپلانکتون‌ها باعث تغییر در تراکم و تنوع موجودات در رده‌های بالاتر زنجیره غذایی می‌شود (Schmoker *et al*., 2014). به دلیل حضور فیتوپلانکتون‌ها در همه اکوسیستم‌های آبی و حساسیت به تغییرات جزئی محیط می‌توانند بیانگر کیفیت آب باشند. فاکتورهای فیزیکی و همچنین مواد مغذی از عوامل تأثیرگذار بر جوامع فیتوپلانکتونی هستند بطوریکه در دسترس بودن مواد مغذی عامل اصلی تعیی کننده رشد و فراوانی آن‌ها محسوب می‌شود (Sahu *et al*., 2012).

زئوپلانکتون‌ها یک جزء مهم و یکپارچه از شبکه‌غذایی پلاژیک هستند (Jeppesen *et al*., 2011) و یک پیوند حیاتی بین تولیدکنندگان اولیه و سطوح تغذیه‌ای بالاتر در زنجیره غذایی ایجاد می‌کنند (Zadereev *et al*., 2022). همچنین در چندین فرآیند اکولوژیکی کلیدی مانند چرخه‌های نیتروژن، فسفر و تنظیم کدورت آب نقش دارند (Barnes & Wurtsbaugh, 2015) و شاخص مقرون به صرفه وضعیت تغذیه‌ای و کیفیت اکولوژیکی اکوسیستم‌های آبی هستند (Jeppesen *et al*., 2011). به‌دلیل مصرف مقدار زیادی از تولیدات اولیه و انتقال مواد آلی به لایه‌های عمیق‌تر (از طریق سقوط مواد دفعی و لاشه‌های آن‌ها بعد از مرگ و مهاجرت عمودی روزانه) و پمپ بیولوژیکی، از نظر اکولوژیک نقش مهمی در انتقال انرژی به سطوح بالاتر غذایی در اکوسیستم‌های دریایی

دارند (Hedayati *et al.*, 2017; Abo-Taleb *et al.*, 2020). رابطه بین فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون یک جنبه اساسی از سلامت اکوسیستم‌های آبی را نشان می‌دهد. پلانکتون‌ها به‌دلیل شرایط زیستی و بیولوژیک خاص و تسریع در عکس‌العمل نشان دادن به شرایط محیط‌زیستی، از جمله حساسیت نشان دادن به عوامل مختلف برهم‌زننده تعادل زیستی در منطقه به عنوان مهم‌ترین شاخص و بیواندیکاتور در اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شوند (Afonina & Tashlykova, 2024).

دریاچه‌های شور به تغییرات محیطی حساس هستند که به شدت در طول سال تغییر می‌کند (Felföldi, 2020). شوری آب‌های طبیعی یکی از عوامل محیطی اصلی است که ویژگی‌های ساختاری و عملکردی موجودات آبزی را تعیین می‌کند (Li *et al.*, 2021). اکوسیستم‌های دریاچه شور به طور مشخص دارای شبکه‌های تغذیه‌ای کوتاه هستند و به همین علت آنها را به آزمایشگاه‌های طبیعی ایده‌آل برای ردیابی یک جمعیت و درک پویایی اکوسیستم‌های آبی با شرایط سخت تبدیل می‌کند (Afonina & Tashlykova, 2024). با وجود اهمیت این اکوسیستم‌های آبی، اطلاعات کمی درباره جوامع پلانکتونی در دریاچه‌های نمکی (Jimenez-Melero *et al.*, 2013; Golubkov *et al.*, 2018; Afonina & Tashlykova, 2024) و همچنین خوریات ماهشهر (Savari *et al.*, 2003) وجود دارد. حوضچه‌های نمکی مجتمع پتروشیمی ماهشهر با هدف استحصال نمک به عنوان ماده اولیه برای تولیدات در پتروشیمی احداث گردید که در مرحله آبگیری لارو موجودات آبزی همچون میگو و ماهی از خور اودله به عنوان تنها منبع تأمین‌کننده آب حوضچه‌ها، از طریق پمپاژ به داخل حوضچه‌ها وارد می‌شوند و باتوجه به شرایط سخت حوضچه‌ها از لحاظ شوری بالا، تبخیر آب، عدم جریانات آبی و تبادل اکسیژن شرایط پر استرسی را سپری می‌کنند. این شرایط منحصربه فرد محیطی در حوضچه‌های نمکی، ارزیابی منظم برای بررسی وضعیت این اکوسیستم آبی جهت تدوین اقدامات مدیریتی مفید برای حفاظت موجودات آبزی در این اکوسیستم را ضروری می‌سازد.

هدف از این مطالعه ارزیابی تغییرپذیری جوامع فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی در حوضچه‌های نمکی و خور اودله، بررسی سلامت اکوسیستم با استفاده از شاخص‌های اکولوژیک، شناسایی ارتباط بین جوامع پلانکتونی و پارامترهای کیفی آب در اکوسیستم‌های نمکی و تکمیل دانش موجود در حوزه اکولوژی حوضچه‌های نمکی و ارائه داده‌های جدید درباره تنوع و عملکرد جوامع پلانکتونی در این حوضچه‌ها می‌باشد. اطلاعات به دست آمده می‌تواند برای مدیریت بهتر منابع آب حوضچه‌های نمکی و خور اودله (به عنوان منبع تأمین‌کننده آب حوضچه‌ها) مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این اطلاعات می‌تواند در برنامه‌های پایش سلامت اکوسیستم و شناسایی تغییرات منفی و به دنبال آن در برنامه‌های حفاظت از تنوع زیستی این اکوسیستم‌ها استفاده شود. این مطالعه با ترکیب شاخص‌های اکولوژیک و کیفیت آب، به‌درک بهتری از تعاملات بین جوامع پلانکتونی و محیط‌های شور کمک می‌کند و ابزاری علمی برای مدیریت درست استخراج نمک با حداقل آسیب به اکوسیستم‌های حساس نمکی فراهم می‌نماید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری برای شناسایی جوامع پلانکتونی در حوضچه‌های نمک در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی در شهرستان بندر ماهشهر واقع در جنوب غربی ایران و خور اودله یکی از انشعابات خور موسی واقع در بندر ماهشر به عنوان منبع تأمین‌کننده آب حوضچه‌ها به صورت فصلی با سه تکرار از خرداد ۱۴۰۲ تا اردیبهشت ۱۴۰۳ در ۷ ایستگاه به مختصات جغرافیایی مشخص در جدول ۱ انجامید نمونه‌برداری در فاصله نیم متری از سطح انجام گردید (شکل ۱).

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌ها مورد مطالعه در حوضچه‌های نمکی پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳

جدول ۱- نام و مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری در حوضچه‌های نمک پتروشیمی ماهشهر و خور اودله ۱۴۰۲-۱۴۰۳

نام ایستگاه	مشخصات ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ایستگاه ۱	خور ادوله	″۲۹/۲ ′ ۲۷ °۳۰	″۲۱/۵ ′ ۰۹ ° ۴۹
ایستگاه ۲	قبل از پمپاژ آب به حوضچه‌ها	″۴۸/۵ ′۳۰ ° ۳۰	۲۹/۵ ′ ۰۹ ° ۴۹
ایستگاه ۳	قبل از پمپاژ آب به حوضچه‌ها	″۵۵/۸ ′ ۳۰ ° ۳۰	۳۰ ′ ۰۹ ° ۴۹
ایستگاه ۴	حوضچه شماره یک	″۱۱ ′۳۱ ° ۳۰	″۳۴/۱ ′ ۰۹ ° ۴۹
ایستگاه ۵	حوضچه شماره یک	″۴/۵۰ ′ ۳۱ ° ۳۰	″۲۱/۲ ′ ۰۹ ° ۴۹
ایستگاه ۶	حوضچه شماره دو	″۲۸/۱ ′ ۳۲ ° ۳۰	″۵۵/۵ ′ ۰۷ ° ۴۹
ایستگاه ۷	حوضچه شماره دو	″۱۳/۵ ′ ۳۲ ° ۳۰	″۲/۲۰ ′ ۰۷ ° ۴۹

نمونه‌برداری عوامل هیدروشیمی بوسیله بطری نمونه‌بردار به طور ماهانه در ایستگاه‌های مذکور از سطح آب برای سنجش پارامترهای محیطی همانند pH، شوری، اکسیژن‌محلول (DO)، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD_5)، نیتروژن کل و فسفر کل جهت استفاده در شاخص کیفیت آب (WQS, Water Quality Score) انجام شد. بعضی عوامل فیزیکوشیمیایی از قبیل pH، دما و اکسیژن محلول در محل نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه (Hach, HQ40d Portable Meters) و شوری توسط دستگاه شوری سنج (Mil/S ATAGO) اندازه‌گیری گردید. بقیه عوامل پس از انتقال به ظروف پلی اتیلنی (با حجم یک لیتر) در محیط تاریک و مجاور یخ به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری BOD_5 دو نمونه از بطری‌های درب سنباده‌ای که در کاغذ آلومینیم پیچانده شده بود به مدت پنج روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و محیط تاریک نگهداری گردید و سپس نمونه فوق فیکس و توسط روش وینکلر اندازه‌گیری شد. نیتروژن کل نیز بر اساس میزان کل مواد ازت‌دار اندازه‌گیری شده، محاسبه گردید. نیترات توسط احیا با کادمیم و سپس واکنش با سولفانیلیک اسید، نیتریت به کمک واکنش با

سولفانیلیک اسید و تشکیل نمک حد واسط دی آزونیم و سپس قرائت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۴۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکترو فتومتری اندازه‌گیری شدند. مقدار گاز آمونیاک و یون آمونیم توسط روش نسلر اندازه‌گیری شد. فسفات کل تحت شرایط اسیدی توسط واکنش با آمونیم هپتامولیبدات و معرف احیاء کننده اسیداسکوربیک و قرائت جذب نمونه‌ها در طول موج ۸۸۰ نانومتر انجام گردید (Clesceri *et al*., 1989). به منظور بررسی کیفیت آب در حوضچه‌های نمکی و خور اودله از شاخص WQS استفاده شد (Van Dolah *et al*., 2004). این شاخص با استفاده از چند پارامتر کیفیت آب (Do، pH، فسفات کل، نیتروژن کل و BOD_5) و ارزش‌گذاری هر پارامتر، کیفیت آب‌های ساحلی را از نظر وضعیت سلامت در سه سطح بد (رتبه ۱)، ضعیف (رتبه ۳) و خوب (رتبه ۵) دسته‌بندی می‌کند.

جهت بررسی فیتوپلانکتون‌ها، نمونه‌برداری بوسیله بطری نمونه‌بردار با حجم یک لیتر از لایه سطحی آب صورت گرفت. نمونه‌ها با محلول لوگل در محل تثبیت شدند. برای بررسی زئوپلانکتون‌ها از تورپلانکتون‌گیر با چشمه ۱۰۰ میکرومتر استفاده شد. نمونه‌ها در محل توسط فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند و در نهایت بر اساس کلیدهای شناسایی موجود تا حد امکان در سطح گونه شناسایی و شمارش شدند (Carmelo, 1979; Faust & Gulledge, 2002; Conway *et al*., 2003). فراوانی پلانکتون‌ها بر حسب تعداد در متر مکعب محاسبه گردید. در این مطالعه جهت بررسی تنوع گونه‌ایی از شاخص شانون، جهت بررسی غنای گونه‌ایی از شاخص مارگالف، جهت بررسی نحوه توزیع افراد گونه‌ها از شاخص پایلو و در نهایت جهت بررسی غالبیت از شاخص سیمپسون استفاده گردید. شاخص تنوع شانون، کیفیت آب ها را به ۳ سطح، آب تمیز (میزان شاخص بین ۳ تا ۵)، آلودگی متوسط (بین ۱ تا ۳) و آلودگی شدید (کمتر از ۱) طبقه‌بندی می‌کند (Ludwig & Reynolds, 1988).

برای انجام تحلیل‌های آماری در این مطالعه، از نرم‌افزارهای اکسل ۲۰۱۰ (جهت ترسیم نمودار) و SPSS نسخه ۲۶ (جهت انجام آزمون‌ها) بهره گرفته شد. در ابتدای امر، توزیع نرمال داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک ارزیابی شد. برای بررسی تفاوت‌ها در داده‌ها بر اساس مکان (ایستگاه‌ها) و زمان (فصل‌ها)، از آزمون ANOVA استفاده گردید و در صورت وجود تفاوت معنادار، آزمون تعقیبی توکی برای تشخیص گروه‌های متفاوت به کار رفت. از آنجایی که برخی داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کردند، قبل از اعمال آزمون ANOVA، تبدیل ($\arcsin\sqrt{p}$) روی داده‌ها انجام شد. پس از تبدیل داده‌ها، مجدداً نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون‌های شاپیرو-ویلک و لون بررسی گردید. نتایج به صورت میانگین و انحراف معیار داده‌های اصلی ارائه شد، اما تحلیل‌های آماری بر اساس داده‌های تبدیل‌شده صورت گرفت. جهت بررسی همبستگی بین پارامترهای آب و فراوانی پلانکتون‌ها از آزمون اسپیرمن استفاده شد. شاخص‌های اکولوژیکی نیز با استفاده از نرم‌افزارهای PRIMER5 محاسبه شدند. آستانه معناداری آماری برای تمام آزمون‌ها ۰/۰۵ تعیین شد.

نتایج

نتایج حاصل از مقایسه پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب میان ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصول مختلف در جدول ۲ نمایش داده شد. در فصل بهار، تنها پارامترهای شوری، نیترات و فسفات میان هفت ایستگاه اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). در این فصل، شوری و نیترات در ایستگاه هفت بیشترین مقدار بوده درحالی که فسفات در ایستگاه ۲ بیشترین سطح را داشته بود. در فصل تابستان، تنها پارامترهای شوری، BOD_5، نیترات و فسفات میان هفت ایستگاه اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). در این فصل، بیشترین میزان برای شوری و نیترات در ایستگاه هفت، برای BOD_5 در ایستگاه شش و برای فسفات در ایستگاه دو ثبت گردید. در فصل پاییز و زمستان، تنها پارامترهای شوری، DO، نیترات و فسفات میان هفت ایستگاه اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). در این فصل‌ها، بیشترین میزان برای شوری و نیترات در ایستگاه هفت، برای DO در ایستگاه یک و برای فسفات در ایستگاه سه ثبت گردید.

جدول ۲- مقایسه پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب میان ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک فصل (انحراف معیار ± میانگین)

فصل	ایستگاه	دما (C°)	شوری (ppt)	DO (ppm)	BOD_5 (ppm)	pH	نیترات (ppm)	فسفات (ppm)
بهار	ایستگاه ۱	^{a}۲۷/۳۳±۲/۶۴	۴۲/۶۰ ± ۰/۷۵^{a}	^{a}۹/۷۶±۱/۸۹	^{a}۷/۳۳±۴/۵۶	^{a}۷/۶۹±۰/۱۹	^{a}۹/۸۳±۳/۳۱	^{b}۱/۴۱±۰/۶۸
	ایستگاه ۲	^{a}۲۸/۰۶±۳/۸۵	^{a}۴۰/۹۵± ۱/۲۵	^{a}۸/۵۰±۴	^{a}۵/۷۳±۵/۳۲	^{a}۷/۶۱±۰/۲۳	^{a}۱۰/۲۹±۱/۰۳	۱/۳۳±۰/۶۸^{b}
	ایستگاه ۳	^{a}۲۶/۷۶±۲/۱۵	^{a}۴۰/۹۰ ± ۲/۳۳	^{a}۸/۹۰±۴/۷۸	^{a}۸/۵۰±۴/۴۰	^{a}۷/۶۳±۰/۲۵	^{a}۱۰/۹۰±۰/۵۱	۱/۳۲±۰/۵۲^{b}
	ایستگاه ۴	^{a}۲۶/۰۰±۱/۳۴	^{a}۴۲/۸۶± ۱/۱۹	^{a}۹/۰۳±۲/۳۱	^{a}۷/۰۳±۴/۴۰	^{a}۷/۹۶±۰/۳۲	^{a}۱۱/۷۶±۲	۱/۱۸±۰/۴۷^{b}
	ایستگاه ۵	^{a}۲۶/۲۰±۱/۷۳	^{a}۴۳/۴۶±۰/۶۶	^{a}۸/۹۳±۱/۵۳	^{a}۶/۸۶±۴/۰۹	^{a}۸/۰۰±۰/۴۶	^{a}۱۰/۸۸±۱/۱۰	۰/۸۸±۰/۲۹^{ab}
	ایستگاه ۶	^{a}۲۷/۸۰±۰/۴۳	^{a}۴۹/۴۰±۱/۴۷	^{a}۱۰/۲۳±۱/۰۹	^{a}۹/۶۶±۱/۰۶	^{a}۸/۳۴±۰/۳۳	^{b}۱۶/۶۷±۰/۹۳	۰/۰۶±۰/۰۱^{a}
	ایستگاه ۷	^{a}۳۰/۷۰±۱/۱۱	^{b}۷۷/۶۳±۱۵/۹۲	^{a}۵/۸۲±۱/۰۵	^{a}۹/۳۶±۱/۰۵	^{a}۸/۰۶±۰/۳۹	^{b}۱۷/۳۳±۳/۳۶	۰/۰۶±۰/۰۱^{a}
تابستان	ایستگاه ۱	^{a}۳۰/۲۳±۳/۷۶	^{a}۴۴/۶۰±۰/۴۰	^{a}۷/۷۸±۰/۵۸	^{a}۱/۴۶±۰/۴۳	^{a}۷/۸۱±۰/۰۷	^{a}۱۱/۱۵±۳/۲۵	۰/۶۱±۰/۰۳^{ab}
	ایستگاه ۲	^{a}۲۹/۴۰±۲/۷۰	^{a}۴۴/۸۰±۱۳/۲۳	^{a}۷/۲۲±۲/۶۲	^{ab}۳/۲۵±۰/۳۵	^{a}۷/۷۸±۰/۰۳	^{a}۱۱/۲۵±۳/۳۵	۱/۱۳±۰/۵۷^{b}
	ایستگاه ۳	^{a}۳۱/۲۵±۰/۹۵	^{a}۴۴/۳۰±۰/۱۰	^{a}۷/۱۰±۰/۸۰	^{a}۱/۴۵±۰/۲۵	^{a}۷/۷۱±۰/۰۹	^{a}۱۱/۴۹±۲/۲۱	۰/۶۴±۰/۰۱^{ab}
	ایستگاه ۴	^{a}۳۲/۱۰±۱/۸۵	^{a}۴۵/۲۰±۱/۳۱	^{a}۷/۲۲±۲/۹۹	^{a}۱/۷۱±۱/۵۵	^{a}۷/۷۱±۰/۰۶	^{a}۱۲/۸۱±۲/۰۲	۰/۵۸±۰/۱۱^{ab}
	ایستگاه ۵	^{a}۳۱/۳۳±۲/۳۴	^{a}۴۵/۴۶±۱/۲۷	^{a}۸/۰۵±۲/۳۳	^{b}۴/۵۰±۰/۷۹	^{a}۷/۸۸±۰/۱۸	^{a}۱۲/۰۴±۲/۶۱	۰/۶۱±۰/۰۸^{ab}
	ایستگاه ۶	^{a}۲۷/۸۰±۰/۴۳	^{a}۴۹/۴۰±۱/۴۷	^{a}۸/۳۹±۱/۰۶	^{c}۹/۶۶±۱/۰۶	^{a}۸/۳۴±۰/۳۳	^{a}۱۰/۷۴±۰/۹۳	۰/۰۶±۰/۰۱^{a}
	ایستگاه ۷	^{a}۳۰/۷۰±۱/۱۱	^{b}۷۷/۶۳±۱۵/۹۲	^{a}۸/۵±۱/۰۵	^{c}۹/۳۶±۱/۰۵	^{a}۸/۰۶±۰/۳۹	^{b}۱۶/۶۷±۳/۳۶	۰/۰۶±۰/۰۱^{a}
پاییز	ایستگاه ۱	^{a}۱۹±۲/۷	^{a}۴۳/۶۷±۰/۴۹	^{b}۸/۴۵±۰/۴۰	^{a}۲/۴۸±۰/۹۰	^{a}۷/۹۲±۰/۰۲	^{a}۹/۸۰±۰/۳۱	۱/۴۱±۰/۶۰^{b}
	ایستگاه ۲	^{a}۲۱/۶۰±۲/۷	^{a}۳۴/۶۶±۱۰/۷۰	^{b}۷/۳۳±۰/۶۷	^{a}۴/۵۶±۲/۲۶	^{a}۷/۸۹±۰/۱۱	^{a}۱۰/۴۷±۰/۵۰	۱/۴۵±۰/۵۶^{b}
	ایستگاه ۳	^{a}۲۰/۸۰±۱/۷۰	^{a}۳۳/۹۸±۷/۴۵	^{a}۳/۳۶±۲/۸۵	^{a}۴/۰۸±۲/۸۵	^{a}۷/۸۱±۰/۱۶	^{a}۱۱/۹۷±۲/۳۷	۱/۷۶±۰/۴۲^{b}
	ایستگاه ۴	^{a}۲/۹۰±۳/۶۰	^{a}۴۵/۸۶±۱/۵۵	^{b}۷/۲۳±۰/۷۸	^{a}۴/۶۷±۰/۲۲	^{a}۸/۱۱±۰/۰۳	^{a}۹/۸۰±۰/۳۱	۰/۹۱±۰/۲۴^{a}
	ایستگاه ۵	^{a}۲۱/۲۵±۲/۴۵	^{a}۴۷/۳۲±۰/۵۵	^{b}۷/۲۳±۱/۱۹	^{a}۳/۲۴±۱/۴۵	^{a}۸/۱۳±۰/۰۴	^{a}۱۰/۲۰±۱/۷۵	۰/۷۸±۰/۲۴^{ab}
	ایستگاه ۶	^{a}۲۱/۹۰±۴/۲۰	^{a}۵۶/۶۲±۲/۶۵	^{b}۷/۱۶±۱/۲۵	^{a}۴/۹۶±۱/۸۵	^{a}۹/۰۶±۰/۲۶	^{ab}۱۲/۰۵±۱/۸۲	۰/۲۵±۰/۰۶^{a}
	ایستگاه ۷	^{a}۲۲/۹۰±۲/۷۰	^{b}۷۱/۰۲±۱۵/۹۲	^{b}۵/۲۰±۱/۰۵	^{a}۳/۴۸±۰/۴۳	^{a}۸/۰۹±۰/۰۹	^{b}۱۵/۴۲±۱/۲۰	۰/۲۳±۰/۰۷^{a}
زمستان	ایستگاه ۱	^{a}۱۶/۹۳±۱/۴۹	^{a}۴۲/۵۰±۱	^{b}۱۰/۰۵±۰/۷۵	^{a}۲/۱۶±۰/۷۶	^{a}۷/۹۶±۰/۲۰	^{a}۹/۴۰±۰/۵۲	۱/۳۳±۰/۰۹^{b}
	ایستگاه ۲	^{a}۱۶/۶۶±۱/۴۳	^{a}۴۲±۰/۸۷	^{b}۹/۵۰±۰/۸۰	^{a}۲/۶۰±۰/۷۵	^{a}۸/۰۱±۰/۱۴	^{a}۱۰/۱۵±۰/۴۵	۱/۰۹±۰/۱۲^{b}
	ایستگاه ۳	^{a}۱۷/۲۲±۲/۷۲	^{a}۳۵/۶۰±۱۲/۳۲	^{a}۶/۵۰±۳/۰۸	^{a}۴/۹۰±۳/۰۸	^{a}۸/۰۷±۰/۳۳	^{ab}۱۴/۵۷±۵/۰۶	۲/۰۵±۰/۴۸^{b}
	ایستگاه ۴	^{a}۱۶/۲۰±۱/۹۶	^{a}۴۸/۴۰±۳/۳۰	^{b}۹/۸۵±۰/۱۵	^{a}۶/۶۶±۳/۹۳	^{a}۸/۲۱±۰/۱۱	^{a}۱۰/۱۳±۱/۱۷	۰/۶۴±۰/۲۹^{a}
	ایستگاه ۵	^{a}۱۷/۴۶±۲/۴۵	^{ab}۵۰/۱۶±۱/۴۱	^{b}۸/۳۳±۰/۳۲	^{a}۵/۱۳±۲/۳۱	^{a}۸/۲۷±۰/۰۳	^{a}۱۰/۴۵±۰/۶۸	۰/۳۹±۰/۱۴^{a}
	ایستگاه ۶	^{a}۱۸/۷۶±۴/۲۰	^{b}۶۰/۸۶±۳/۶۰	^{b}۹/۷۰±۲/۱۷	^{a}۶/۵۰±۲/۹۵	^{a}۸/۱۸±۰/۲۷	^{ab}۱۲/۰۵±۲/۲۱	۰/۱۵±۰/۰۴^{a}
	ایستگاه ۷	^{a}۲۰/۵۳±۲/۷۰	^{c}۸۴/۱۳±۸/۷۰	^{b}۷/۰۴±۰/۶۳	^{a}۶/۴۰±۲/۴۲	^{a}۷/۷۵±۰/۲۸	^{b}۱۶/۴۸±۲/۸۸	۰/۰۵±۰/۰۱^{a}
میانگین کل		۲۴/۵۶±۶/۱۳	۴۸/۷۶±۱۳/۴۶	۷/۸۰±۲/۳۵	۴/۹۸±۳/۱۱	۸/۰۲±۰/۳۶	۱۱/۷۳±۲/۶۱	۰/۸۰±۰/۶۳

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان ایستگاه‌های مختلف در هر فصل است ($P<0.05$)

در جدول ۳ پارامترهای مختلف آب، امتیاز هر پارامتر و رتبه کیفی در شاخص WQS در طول سال در ایستگاه‌های مختلف در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر نمایش داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، مقادیر pH و اکسیژن محلول در طول دوره نمونه برداری دارای امتیاز ۵ (کیفیت خوب)، نیتروژن کل، فسفر کل و BOD_5 در طول دوره مطالعه دارای امتیاز ۱ (کیفیت پایین) پایین بوده است. در مجموع، کلیه ایستگاه‌های یک تا پنج دارای رتبه و کیفیت پایین و ایستگاه‌های شش تا هشت دارای رتبه ضعیف از لحاظ کیفیت آب بوده‌اند.

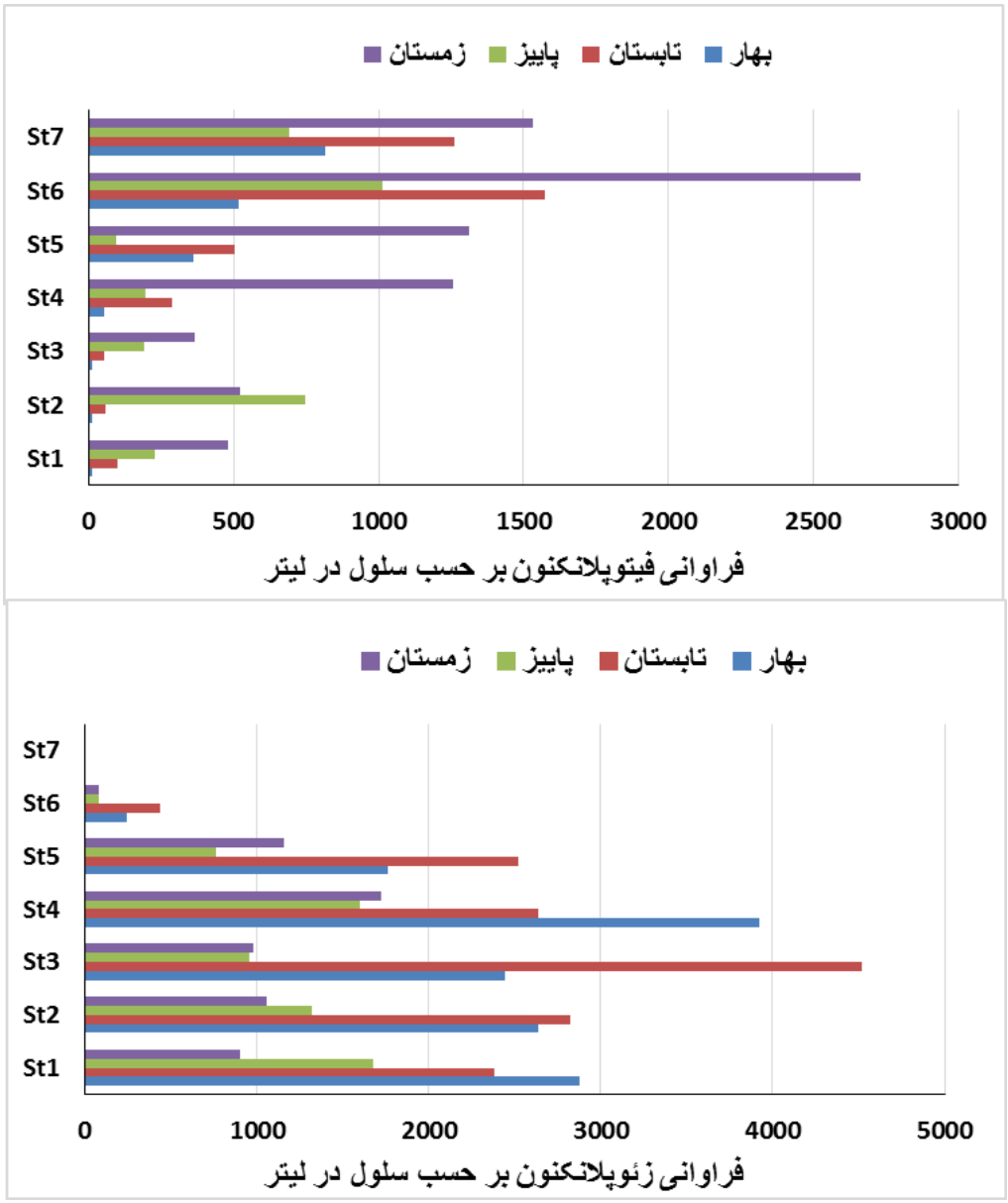
جدول ۳-پارامترهای مختلف آب، امتیاز هر پارامتر و رتبه کیفی در شاخص کیفیت آب (WQS) در طول سال در ایستگاه‌های مختلف ۱۴۰۳-۱۴۰۲

پارامتر	واحد	مقدار	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷
DO	ppm	مقدار	۹/۰۱	۸/۱۴	۶/۵۰	۸/۳۴	۸/۴۸	۸/۳۹	۷/۰۵
		رتبه	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
BOD_5	ppm	مقدار	۳/۴۰	۳/۹۶	۴/۹۹	۵/۲۱	۵/۱۳	۶/۷۰	۶/۶۱
		رتبه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
pH	-	مقدار	۷/۸۶	۷/۸۴	۷/۸۵	۸/۰۱	۸/۰۸	۸/۴۷	۸/۰۴
		رتبه	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
نیتروژن کل	ppm	مقدار	۲/۲۸	۲/۳۹	۲/۷۴	۲/۵۴	۲/۴۷	۲/۷۰	۳/۵۷
		رتبه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
فسفر کل	ppm	مقدار	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۰۳
		رتبه	۱	۱	۱	۱	۱	۵	۵
		جمع امتیازات	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۷	۱۷
		رتبه کل	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۳/۴	۳/۴

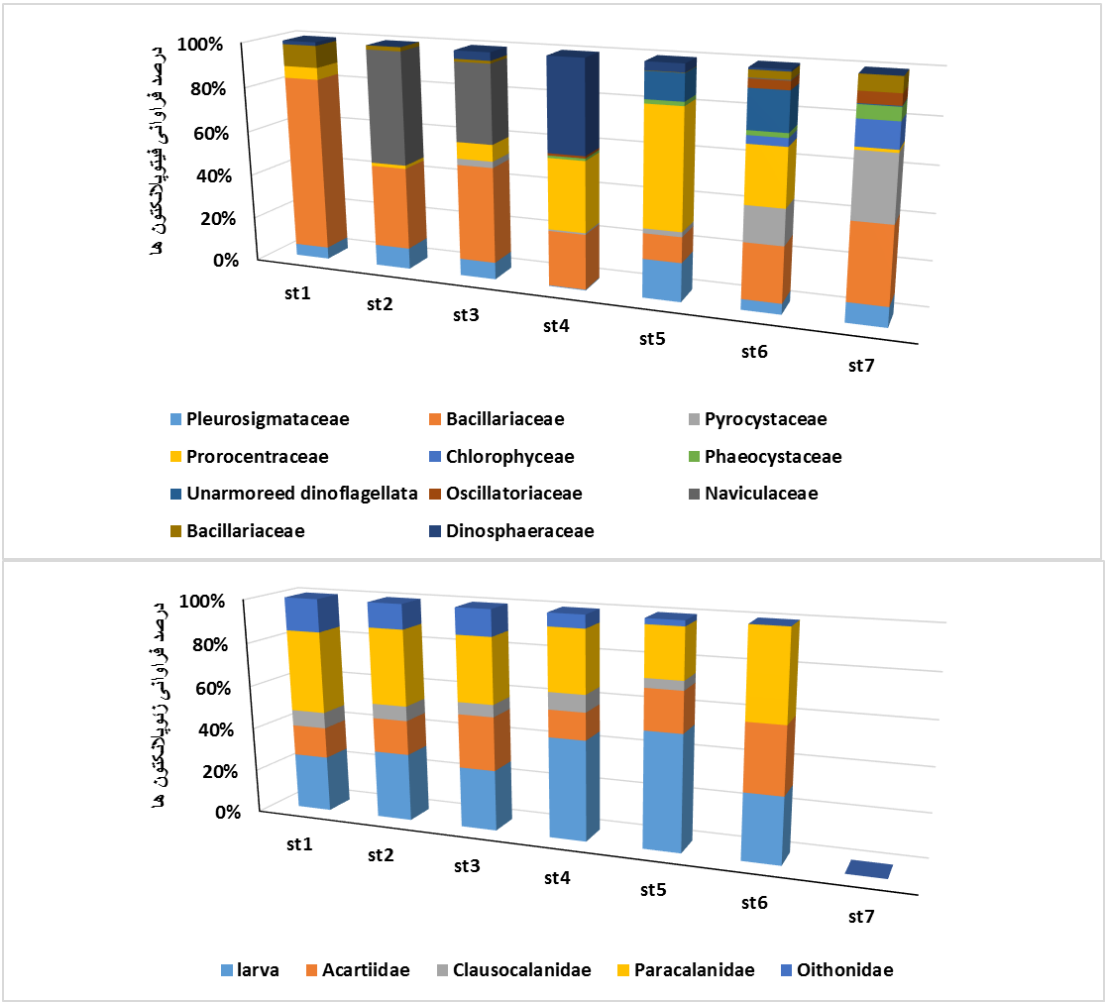
رتبه ۱: بد، رتبه ۳: ضعیف و رتبه ۵: خوب

میانگین کل فراوانی در طی یک سال نمونه‌برداری برای فیتوپلانکتون‌ها ۴۲۲۹ سلول در لیتر و برای زئوپلانکتون‌ها ۱۰۳۹۵ سلول در لیتر گزارش شد. فراوانی کل فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که ایستگاه ۱ در فصل بهار کمترین فراوانی و ایستگاه‌های ۶ در فصل زمستان بیشترین فراوانی را داشته‌اند. در حالی که زئوپلانکتونی در تمامی فصول در ایستگاه ۷ دیده نشد ولی بیشترین تراکم آن‌ها در ایستگاه ۳ در فصل تابستان ثبت گردید (شکل ۲).

در جدول ۴ و ۵ فهرستی از جوامع پلانکتونی شناسایی شده در طول مطالعه آورده شده است. در این مطالعه ۵۱ گونه از ۶ شاخه فیتوپلانکتونی و ۱۷ گونه و ۴ لارو از ۲ شاخه زئوپلانکتونی جداسازی و شناسایی شد. در بین گروه‌های شناسایی شده، گروه دیاتومه‌ها و پاروپایان غالب بودند. درصد فراوانی نسبی خانواده‌های غالب فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی در منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ به تفکیک ارائه شده است. نتایج نشان داد که فراوانی نسبی خانواده Bacillariaceae از گروه دیاتومه در تمامی ایستگاه‌ها از پراکنش مناسبی برخوردار هست و جمعیت غالب را در منطقه به خود اختصاص داده بود. همچنین برای زئوپلانکتون‌ها مراحل لاروی (ناپلیوس و کوپه‌پودا) و خانواده Paracalanidae گروه های غالب را در منطقه تشکیل داده بودند.



شکل ۲- فراوانی جوامع پلانکتونی در ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف ۱۴۰۲-۱۴۰۳



شکل ۳- درصد فراوانی نسبی جوامع پلانکتونی در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳

نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه برای شاخص‌های اکولوژیک فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نشان داد که اثر مستقل ایستگاه‌ها برای شاخص مارگالف (F= ۵/۶۴ و P= ۰/۰۱)، برای شاخص شانون (F= ۲/۲۱ و P= ۰/۰۰)، برای شاخص سیمپسون(F= ۲/۳۶ و P= ۰/۰۴) و برای شاخص پیلو (F= ۳/۰۴ و P= ۰/۰۱) معنی‌دار بود. اثر مستقل فصل‌ها برای شاخص مارگالف (F= ۹/۸۳ و P= ۰/۰۱)، برای شاخص شانون (F= ۱۲/۰۶ و P= ۰/۰۱)، برای شاخص سیمپسون (F= ۷/۶۶ و P= ۰/۰۰) و برای شاخص پیلو (F= ۱۵/۱۶ و P= ۰/۰۱) معنی‌دار بود و اثر متقابل ایستگاه در فصل برای شاخص مارگالف (F= ۵۰/۶۹ و P= ۰/۸۰)، برای شاخص شانون (F= ۰/۶۶ و P= ۰/۸۳)، برای شاخص سیمپسون (F= ۰/۶۸ و P= ۰/۸۱) و برای شاخص پیلو (F= ۰/۳۴ و P= ۰/۹۱) معنی‌دار نبود.

نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه برای شاخص‌های اکولوژیک زئوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نشان داد که اثر مستقل ایستگاه‌ها برای شاخص مارگالف (F= ۸/۷۴ و P= ۰/۰۱)، برای شاخص شانون (F= ۴/۷۳ و P= ۰/۰۰)، برای شاخص سیمپسون(F= ۳/۴۶ و P= ۰/۰۳) و برای شاخص پیلو (F= ۳/۷۲ و P= ۰/۰۰) معنی‌دار بود. اثر مستقل فصل برای شاخص مارگالف (F= ۱/۵۲ و P= ۰/۰۱)، برای شاخص شانون (F= ۳/۶۴ و P= ۰/۰۱)، برای شاخص سیمپسون (F= ۲/۴۳ و P= ۰/۰۰) و برای شاخص پیلو (F= ۲/۹۲ و P= ۰/۰۱) معنی‌دار بود و اثر متقابل ایستگاه در فصل برای شاخص مارگالف (F= ۲/۵۹ و P= ۰/۱۲)، معنی‌دار نبود. ولی برای شاخص شانون (F= ۲/۳۷ و P= ۰/۰۰)، برای شاخص سیمپسون (F= ۲/۱۴ و P= ۰/۰۱) و برای شاخص پیلو (F= ۱/۸۴ و P= ۰/۰۰) معنی‌دار بود. نتایج پس آزمون توکی در جدول ۶ به صورت حروف (a، b، c و غیره) نمایش داده شد. بر اساس شاخص تنوع پلانکتون‌ها، کیفیت آب منطقه در سطح آلودگی متوسط تا شدید قرار داشت.

جدول ۴- فهرست گروه‌ها و گونه‌های مختلف فیتوپلانکتون شناسایی شده در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳

شاخه	جنس/گونه	جنس/گونه	شاخه	جنس/گونه
Heterokontophyta	*Navicula sp.*	*Nitzschia lorenziana*	Chlorophyta	*Chlorophyta*
	Trachyneis antillarum:	*Nitzchia paxillifera*		*Dunaliella salina*
	Caloneis elongata	*Cylindrotheca*		*Scenedesmus*
	Pleurosigma diverse-striatum	*Chaetoceros compressus*	Haptophyta	*Phaeocystis sp.*
	Gyrosigma diminutum	*Cheatocerous decipens*	Myzozoa	*Armored dinoflagellate spp*
	gyrosigma	*Chaetocerous sp2*		*Unarmored dinoflagellata spp*
	Amphiprora gigante	*Rhizosolenia setigera*		*Prorocentrum balticum*
	Surirella fastuosa	*Guinardia*		*Prorocentrum micans*
	Cyclotella litoralis	*Amphora cf. obtusa*		*Alexandrium sp.*
	Cyclotella stylorum	*Lyrella cf. hennedyi*		*Ceratium furca*
	Thalassiosira cathariensis	*Licmophora abbreviata*		*Scrippsiella sp.*
	Thalassiosira atomus	*Trieres mobiliensis*		*Diplosalis sp.*
	Thalassiosira eccentrica	*Corethron histrix*		*Diplosalis orbicularis*
	thalassionema	*Coscinodiscus*		*Protoperidinium*
	Nitzschia sp.	*Coscinodiscopsis jonesiana*		*Diplosallopsis orbicularis*
	Nitzschia longisigma	*Mastogloia erythraea*	Euglenozoa	*Eutreptiella sp.*
	Nitzschia cf. sigmoidea	*Achnanthidium breviceps*	Cyanobacteria	*Oscillatoria*

جدول ۵- فهرست گروه‌ها و گونه‌های مختلف زئوپلانکتون شناسایی شده در خور اودله و حوضچه‌های استحصال نمک پتروشیمی ماهشهر ۱۴۰۲-۱۴۰۳

شاخه	جنس/گونه	جنس/گونه
Anthropoda	*Copepodid larva*	*Hemicyclops*
	Acrocalanus gibber	*Subeucalanus subcrassus*
	Paracalanus parvus	*Clytemnestrea scutellata*
	Parvocalanus crassirostris	*Sapphirina nigromaculata*
	Bestiolina arbica	*Labidocera sp*
	Acartiella faoensis	*Metis holothuriae*
	Acartia ohtsukai	*Euterpina acutifrons*
	Clausocalanus furcatus	*Euterpina sp*
	Oithona simplex	*Naplius larva*
	Oithona attenuata	*Zoa larva*
Annelida	*Polychaeta larva*	

جدول ۶- مقایسه میانگین شاخص‌های اکولوژیک پلانکتون‌ها بین ایستگاه‌های مختلف ۱۴۰۲-۱۴۰۳

ایستگاه		فیتوپلانکتون				زئوپلانکتون			
		مارگالف	شانون	سیمپسون	پیلو	مارگالف	شانون	سیمپسون	پیلو
ایستگاه۱	بیشینه	۰/۷۹	۱/۶۹	۰/۶۳	۱/۸۶	۰/۹۱	۰/۷۳	۰/۵۳	۱/۴۳
	کمینه	۰/۴۵	۰/۷۷	۰/۲۳	۰/۹۴	۰/۶۳	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۷۱
	میانگین	ab۰/۶۳	b۱/۲۴	ab۰/۴۱	a۰/۳۹	b۰/۷۹	b۰/۵۱	a۰/۳۷	bc۱/۱۳
ایستگاه۲	بیشینه	۰/۸۵	۱/۹	۱	۲/۶۸	۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۶۰	۱/۵۳
	کمینه	۰	۰	۰/۱۳	۰	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۲۵	۰/۸۵
	میانگین	ab۰/۵۴	b۱/۲۰	ab۰/۴۵	c۱/۵۸	b۰/۷۱	b۰/۵۴	a۰/۴۱	bc۱/۱۶
ایستگاه۳	بیشینه	۰/۸۹	۱/۴۲	۰/۸۲	۱/۷۶	۰/۸۶	۰/۷۶	۰/۶۲	۱/۵۰
	کمینه	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۱۸	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۷۵
	میانگین	ab۰/۶۲	b۱/۱۰	ab۰/۳۹	bc۱/۳۷	b۰/۷۱	b۰/۵۷	a۰/۴۰	c۱/۲۵
ایستگاه۴	بیشینه	۰/۷۷	۱/۶۸	۰/۶۶	۱/۷۸	۱	۱/۰۷	۰/۶۳	۱/۸۰
	کمینه	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۲۱	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۷۲
	میانگین	ab۰/۶۰	b۱/۰۲	b۰/۵۰	b۱	b۰/۷۶	b۰/۵۶	a۰/۳۹	bc۱/۱۹
ایستگاه۵	بیشینه	۰/۷۳	۱/۷۲	۰/۶۲	۲/۰۴	۰/۹۷	۰/۵۴	۰/۶۴	۱/۰۵
	کمینه	۰/۴۲	۰/۷۳	۰/۲۵	۰/۷۳	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۷۳
	میانگین	ab۰/۵۹	b۱/۰۹	ab۰/۴۷	bc۱/۲۷	b۰/۶۲	b۰/۳۹	a۰/۵۴	b۰/۸۸
ایستگاه۶	بیشینه	۰/۷۸	۱/۵۰	۰/۳۹	۱/۱۵	۰/۵۷	۰/۲۲	۱	۰/۶۳
	کمینه	۰/۶۰	۱/۲۰	۰/۲۸	۰/۸۶	۰	۰	۰/۶۲	۰
	میانگین	b۰/۶۸	b۱/۳۰	a۰/۳۳	ab۰/۹۴	a۰/۱۴	a۰/۰۵	b۰/۸۲	a۰/۱۹
ایستگاه۷	بیشینه	۰/۵۸	۰/۹۷	۰/۷۸	۰/۶۴	۰	۰	۰	۰
	کمینه	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۱	۰	۰	۰	۰
	میانگین	a۰/۴۵	a۰/۶۶	c۰/۶۵	a۰/۵۶	۰	۰	۰	۰

حروف نامشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان ایستگاه‌های مختلف است (P<0.05)

همبستگی بین فاکتورهای آب با تراکم پلانکتون‌ها نشان می‌دهد که تراکم فیتوپلانکتون‌ها با شوری و نیترات رابط مثبت معنی‌داری دارند درحالی که فراوانی زئوپلانکتون‌ها با این دو پارامتر همبستگی منفی و معنی‌داری داشتند (P<0/01) (جدول ۷).

جدول ۷- ضریب همبستگی اسپیرمن بین فاکتورهای فیزیکوشیمایی آب با فراوانی پلانکتون‌ها

	دما	شوری	DO	BOD_5	pH	نیترات	فسفات
فراوانی فیتوپلانکتون‌ها	R=- ۰/۳۰	R=۰/۶۴ **	R=۰/۰۳	R=-۰/۲۷	R=۰/۶۶	R=۰/۵۴ **	R=-۰/۲۶
	P=۰/۱۶	P=۰/۰۰	P=۰/۸۶	P=۰/۱۵	P=۰/۱۲	P=۰/۰۰	P=۰/۷
فراوانی زئوپلانکتون‌ها	R=۰/۳۰	R=-۰/۵۸ **	R=۰/۱۵	R=۰/۲۹	R=۰/۶۱	R=- ۰/۶۵ **	R=۰/۲۵
	P=۰/۱۶	P=۰/۰۱	P=۰/۴۴	P=۰/۱۲	P=۰/۱۱	P=۰/۰۰	P=۰/۱۵

****= معنی داری در سطح ۰/۰۱**

بحث

در منطقه مورد مطالعه میزان شوری از خور به سمت درون حوضچه‌ها یک روند صعودی را نشان می‌داد که با توجه به ماهیت حوضچه‌ها این امر طبیعی بود. همچنین نیترات روند افزایشی و فسفات روند کاهشی را در منطقه از سمت خور تا درون حوضچه‌ها در تمامی فصول نشان می‌دهد که با توجه به افزایش بار مواد آلی به دلیل عدم لایه روبی در منطقه و طبق چرخه نیتروژن، مواد آلی در نهایت به ترکیبات نیتروژن‌دار تبدیل می‌شوند (Prakash & Khanam, 2021) که همین امر باعث افزایش نیترات در حوضچه‌ها شده بود. این روند کاهشی در فسفات به دلیل کاهش حجم آب در حوضچه‌ها می‌باشد در ایستگاه اول تا سوم در نتیجه ورود پساب‌ها شهری میزان فسفات بالا می‌باشد ولی در ایستگاه‌های حوضچه‌ها به دلیل تبخیر و کاهش حجم آب میزان فسفات هم کم می‌شود و فسفات ناشی از تجزیه لاشه جانوران درون حوضچه‌ها درون رسوب ته‌نشین می‌شود و به‌دلیل نبود جریان حرکتی خاصی در حوضچه‌ها از رسوب به آب منتقل نمی‌شود (Faghihi-Rad *et al*., 2021). از طرفی در مطالعه حاضر میزان BOD_5 در فصل تابستان روند افزایشی را نشان می‌دهد. با افزایش دما میزان اکسیژن محلول در آب کاهش و فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده مواد آلی افزایش می‌یابد که همین امر عاملی برای افزایش مصرف اکسیژن درون حوضچه‌های نمکی می‌باشد (Faeed *et al*., 2021).

به منظور یک پارچه کردن داده‌ها و بدست آوردن داده‌ای که بر اساس آن بتوان یک نظر کلی در مورد کیفیت آب داد از شاخص WQS استفاده شد. در مجموع، کلیه ایستگاه‌های یک تا پنج دارای رتبه و کیفیت پایین و ایستگاه‌های شش تا هشت دارای رتبه ضعیف از لحاظ کیفیت آب بوده‌اند. مشابه با این تحقیق، Kianersi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که نتایج حاصل از بررسی کیفیت آب با استفاده از شاخص WQS در ایستگاه‌های واقع در خوریات ماهشهر کیفیت آب پایین بود.

به نظر می‌رسد که در ایستگاه‌های مورد بررسی نوعی توالی صورت گرفته به طوری که با دور شدن از شاخابه خور و نزدیک شدن به حوضچه فیتوپلانکتون‌ها افزایش و زئوپلانکتون‌ها کاهش می‌یابند به‌طوری که در ایستگاه ۷ هیچ‌گونه زئوپلانکتونی ثبت نگردید و رابطه معکوسی بین آنها گزارش شد. به نظر می‌رسد افزایش فشار چرا بر فیتوپلانکتون‌ها باعث کاهش فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های قبل از حوضچه‌ها (ایستگاه ۱، ۲ و ۳) شده بود و در نهایت به دلیل شرایط شوری زیاد در ایستگاه‌های درون حوضچه‌ها (ایستگاه ۴ تا ۷) فراوانی زئوپلانکتون‌ها نیز کاهش و به دنبال آن به دلیل نبود شکارچی و افزایش سطح نیترات فراوانی فیتوپلانکتون‌ها افزایش یافت. مطالعات متعددی عنوان کردند که شوری به دلیل ایجاد استرس اسمزی در زئوپلانکتون‌ها یک عامل محدودکننده برای رشد زئوپلانکنون‌ها می‌باشد و زئوپلانکتون‌ها به عنوان یک گروه نسبت به فیتوپلانکتون‌ها به شوری حساس‌تر هستند (Hintz *et al*., 2017; Moffett *et al*., 2023).

در مطالعه حاضر بیشترین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در فصل سرد سال (پاییز و زمستان) نسبت به فصل گرم سال (بهار و تابستان) بود که با نتایج Bagheri و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد. از آن‌جایی که رده دیاتومه گروه غالب را در منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داده بود این امر را میتوان ناشی از وابستگی پراکنش دیاتومه‌ها به دمایی آب به دلیل داشتن پوسته سیلیسی نسبت داد. بر اساس مطالعات انجام شده Kideys و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند دیاتومه‌ها جمعیت غالب فیتوپلانکتون‌ها در فصل سرد را تشکیل می‌دهند. پیک تولیدمثلی زئوپلانکتون‌ها به طور کلی کمی بعد از شکوفایی جلبکی اتفاق می‌افتد (Mitra & Flynn, 2006). دیاتومه‌ها غذای ترجیهی زئوپلانکتون‌ها هستند. زئوپلانکتون‌ها با چراکردن از دیاتومه‌ها فراوانی فصلی آن‌ها را کنترل می‌کند (Goldenberg *et al*., 2024). به همین دلیل بعد از افزایش فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در فصل سرد سال (پیک زمستانه) فراوانی آن‌ها در فصول گرم کاهش یافت. در مطالعه حاضر بیشترین فراوانی زئوپلانکتون‌ها در فصل‌های گرم سال (تابستان و بهار) ثبت گردید. مشابه با این

تحقیق، Samini و همکاران (۲۰۲۴) بیان کردند که تغییرات کلی زئوپلانکتون‌ها به تغییرات فصلی فیتوپلانکتون‌ها وابسته است و یک پیک در فصل تابستان برای فراوانی زئوپلانکتون‌ها بعد از پیک فیتوپلانکتون‌ها در فصل زمستان در آب‌های سطحی سواحل شمالی خلیج فارس گزارش کردند. بسیاری از گونه‌های زئوپلانکتون شرایط نامطلوب فصلی را با دوره خواب سپری می‌کنند. زمان و شروع و پایان خواب را پارامترهای محیطی همچون دما، دوره نوری و میزان غذا تعیین می‌کند. در فصل زمستان به دلیل تفاوت در چرخه‌های تولیدمثلی، کاهش تولید تخم و الگوهای جابجایی، خواب و فرار از فشار شکارچی جمعیت زئوپلانکتون‌ها کاهش می‌یابد (Shah *et al*., 2013). کاهش تولید تخم در فصل زمستان و افزایش آن در بهار را Zakaria و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند. نتایج مطالعه حاضر بیان می‌کند که شرایط محیطی در فصل گرم (بهار و تابستان) برای رشد و تولیدمثل اغلب زئوپلانکتون‌ها مناسب است. Savari و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه شناسایی و تخمین جمعیت پاروپایان پلانکتونیک خور موسی بیش‌ترین فراوانی پاروپایان را در فصل بهار گزارش نمودند. Zakaria و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی فراوانی، پراکنش و تنوع پاروپایان سواحل مصر (دریای مدیترانه) پرداختند آنها بیش‌ترین فراوانی را در فصل بهار و کمترین فراوانی را در فصل زمستان گزارش نمودند.

دو خانواده Bacillariaceae از دیاتومه‌ها و Paracalanidae از پاروپایان و همچنین مراحل لاروی (ناپلیوس و کوپه‌پودا) گروه‌های غالب را در خور ادوله و حوضچه‌های نمکی به خود اختصاص داده بودند. مشابه با تحقیق حاضر، محققان قبلی بیان کردن که Nitzschia از خانواده Bacillariaceae در منطقه با مواد آلی زیاد و باتلاق‌های نمکی به‌عنوان یکی از جنس‌های اصلی در جمعیت دیاتومه‌ها گزارش شدند (Bertolli *et al*., 2016). Pyghan و همکاران (۲۰۱۱) طی بررسی زئوپلانکتون‌های سواحل خوزستان عنوان کردند که خانواده Paracalanidae با فراوانی نسبی ۵۳ درصد در منطقه بویژه در فصل گرم سال غالب بود. از طرفی لاروهای زئوپلانکتون‌ها به وفور در آب دریا مشاهده شدند. بنابراین غالب بودند در منطقه قابل توجیه است (Zakaria *et al*., 2016).

در مطالعه حاضر، هر چه از خور اودله به سمت درون حوضچه‌ها پیش روی کنیم میزان شاخص‌های تنوع، غنای گونه‌ایی و تراز زیستی پایلو برای جوامع پلانکتونی یه روند نزولی داشت در حالی که شاخص غالبیت یه روند صعودی را نشان می‌داد. یکی از دلایل کاهش شاخص تنوع شانون را می‌توان نامساعد بودن شرایط اکولوژیکی مانند افزایش دما و افزایش شوری عنوان کرد (Moffett *et al*., 2023). براساس مطالعات Afonina و Tashlykova (۲۰۲۴) افزایش شوری باعث کاهش تنوع گونه‌های پلانکتونی در دریاچه نمک واقع در روسیه می‌شود. در این مطالعه براساس شاخص تنوع شانون تمام فصول و ایستگاه‌ها آلودگی متوسط تا شدید محیطی را نشان دادند. از آن‌جایی‌که ارتباط معکوسی بین شاخص شانون و سیمپسون وجود دارد لذا کاملاً مشهود است که مقدار شاخص سیمپسون برخلاف شاخص شانون در ایستگاه‌های ابتدایی کمترین مقدار و در ایستگاه‌های درون حوضچه‌ها بیشترین میزان میانگین را داشته باشد. هر چند که در ایستگاه ۲ در فصل بهار برای فیتوپلانکتون‌ها و ایستگاه ۶ در فصل بهار و زمستان برای زئوپلانکتون‌ها به دلیل تنها حضور یک جنس به ترتیب Nitzschia و Paracalanus غالبیت معادل ۱ شد. این جنس‌ها در مناطق آلوده در سایر مطالعات مشاهده شدند (Morin *et al*., 2012; Boldrocchi *et al*., 2018).

براساس نتایج حاصل از فراوانی رابطه بین تراکم فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکنون‌ها معکوس بوده به طوری که با دور شدن از خور و پیشروی به سمت درون حوضچه‌ها فراوانی فیتوپلانکتون‌ها زیاد و زئوپلانکتون‌ها کاهش یافت که ناشی از افزایش شوری بود. همچنین نوعی توالی فصلی در جوامع پلانکتونی صورت گرفت به طوری که پیک فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در فصول سرد سال و به دنبال آن پیک فراوانی زئوپلانکتون‌ها جهت چرا از آن‌ها در فصول گرم سال قابل مشاهده بود. همچنین با پیشروی به سمت درون حوضچه‌ها با نامساعد شدن شرایط از لحاظ شوری شاخص‌های تنوع، غنای گونه‌ایی و پراکنش گونه‌ایی روند نزولی و شاخص غالبیت روند صعودی را نشان می‌دادند. طبق بررسی شاخص تنوع جوامع پلانکتونی، آلودگی متوسط تا شدید در منطقه حاکم بود. همچنین طبق شاخص WQS کیفیت آب

منطقه مورد مطالعه در حد بد تا ضعیف ثبت گردید. تا حدودی تغییرات مشاهده شده در منطقه را می‌توان به شرایط منحصر به فرد حوضچه‌های نمکی همچون شوری بالا، تبخیر شدید، نبود جریان‌های آبی برای تبادل اکسیژن و تجمع بقایای جانوران و گیاهان نسبت داد هر چند که منبع ورود آب (خور اودله) شرایط مساعدی نداشت. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه یک‌ساله در حوضچه‌های استحصال نمک ماهشهر و بالا بودن میزان نیترات در حوضچه ها که به نوبه خود بر توالی پلانکتون‌ها اثر می‌گذارد، جهت مدیریت بهتر منابع آب حوضچه‌های نمکی می‌توان از روش‌های کاهش‌دهنده نیترات در آب همچون استفاده از سیستم‌های فیلتراسیون بیولوژیکی، رزین‌های تبادل‌یونی، مواد شیمیایی مثل کربن فعال و مدیریت پسآب شهری و صنعتی بهره برد.

منابع

1. **Abo-Taleb, H., Ashour, M., El-Shafei, A., Alataway, A. and Maaty, M.M., 2020**. Biodiversity of Calanoida Copepoda in Different Habitats of the North-Western Red Sea (Hurghada Shelf). Water, 12(3), 656.
2. **Afonina, E.Y. and Tashlykova, N.A., 2024**. Structural and functional diversity of plankton communities along lake salinity gradients. Aquatic Ecology, 58, 717–740.
3. **Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Omar, W.M.W. and Negarestan, H., 2012.** Phytoplankton species composition and abundance in the Southwestern Caspian Sea. Ekoloji, 21(83), 32-43.
4. **Barnes, B.D. and Wurtsbaugh, W.A., 2015**. The effects of salinity on plankton and benthic communities in the Great Salt Lake, Utah, USA: a microcosm experiment. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 72, 807–817.
5. **Bertolli, L.M., Talgatti, D.M. and Torgan, L.C., 2016**. *Nitzschia papillosa* (Bacillariaceae, Bacillariophyta): a new species from a Brazilian salt marsh. Phytotaxa, 247(1), 75-84.
6. **Boldrocchi, G., Omar, Y.M., Rowat, D. and Bettinetti, R., 2018**. First results on zooplankton community composition and contamination by some persistent organic pollutants in the Gulf of Tadjoura (Djibouti). Science of the Total Environment, 627, 812-821.
7. **Carmelo, R., 1979**. Identifying marine phytoplankton. Academic Press, New. York, p. 878.
8. **Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. and Trussell, R.R., 1989**. Standard methods for examination of water and sea water. Seventeenth ed. American Public Health Association, Washington DC.
9. **Conway, D.V., White, R.G., Hugues-Dit-Ciles, J., Gallienne, C.P. and Robins, D.B., 2003.** Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian Ocean. Occasional Publication of the Marine Biological Association of the United Kingdom, No 15, Plymouth, UK, p.354.
10. **Faeed, M., Babaei, H. and Khodaparast, H., 2021**. Evaluation of lake water based on Iran Water Quality Index of Surface Water (IRWQISC) for sustainable development (Ardabil's Neor Lake). Journal of Animal Environment, 13(1), 483-488. (In Persian with English abstract)
11. **Faghihi-Rad, S., Khodayari, M. and Kayalane, F., 2021**. Numerical modeling of phosphorus distribution and transport in water bodies: case study: Sefidrood River. Amirkabir Journal of Civil Engineering, 53(12), 5219 – 5238. (In Persian with English abstract)
12. **Faust, M.A. and Gulledge, R.A., 2002**. Identifying harmful marine dinoflagellates. Washington, DC: Department of Botany, National Museum of Natural History. In Contributions from the United States National Herbarium, 42, 1-144.
13. **Felföldi, T., 2020**. Microbial communities of soda lakes and pans in the Carpathian Basin: a review. Biologia futura, 71(4), 393–404.
14. **Goldenberg, S.U., Spisla, C., Sánchez, N., Taucher, J., Spilling, K., Sswat, M., Fiesinger, A., Fernández-Méndez, M., Krock, B., Hauss, H. and Haussmann, J., 2024**. Diatom-mediated food web functioning under ocean artificial upwelling. Scientific Reports, 14(1), 3955.
15. **Golubkov, S.M., Shadrin, N.V., Golubkova, M.S., Balushkina, E.V. and Litvinchuk, L.F., 2018.** Food chains and their dynamics in ecosystems of shallow lakes with different water salinities.

Russian Journal of Ecology, 49(5), 442–448.

16. **Hedayati, A.A., Pouladi, M., Vazirzadeh, A., Qadermarzi, A. and Mehdipour, N., 2017.** Seasonal variations in abundance and diversity of copepods in Mond River estuary, Bushehr, Persian Gulf. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 18, 447-452.
17. **Hintz, W.D. and Relyea, R.A., 2017**. A salty landscape of fear: Responses of fish and zooplankton to freshwater salinization and predatory stress. Oecologia, 185, 147–156.
18. **Idam, O.A., Yousif, R.A., Mohamed, F.A., Elobied, A.A., Ibrahim, N.S., Ibrahim, S.M. and Mollah, S.A., 2023**. Spatial Distribution and Diversity of Phytoplankton and Zooplankton and Status of Physico-chemical Parameters in White Nile, Blue Nile and River Nile. Journal of Advances in Biology & Biotechnology, 26(8), 1-13.
19. **Jeppesen, E., Nõges, P., Davidson, T.A., Haberman, J. and Nõges, T., 2011**. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific- based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). Hydrobiologia, 676, 270–297.
20. **Jiménez-Melero, R., Gilbert, J.D. and Guerrero, F., 2013**. Secondary production of Arctodiaptomus salinus in a shallow saline pond: comparison of methods. Marine Ecology Progress Series, 483,103–116.
21. **Kianersi, F., Sabzalizadeh, S., Ahangarzadeh, M. and Banitarabizadegan, J., 2016**. Investigation of Mahshahr drinking water quality with emphasis on WQS rating index. 2th National Conference on Sea-based Sustainable Development, 25th-27th January, Khorramshahr, Iran. p.78. (In Persian with English abstract)
22. **Kideys, A.E., Soydemir, N., Eker, E., Vladymyrov, V., Soloviev, D. and Melin, F., 2005**. Phytoplankton distribution in the Caspian Sea during March 2001. Hydrobiologia, 543(1), 159-168.
23. **Li, Z., Gao, Y., Wang, S., Lu, Y., Sun, K. and Jia, J., 2021.** Phytoplankton community response to nutrients along lake salinity and altitude gradients on the Qinghai-Tibet Plateau. Ecological Indicators, 128, 107848.
24. **Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F., 1988**. Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing. John Wiley and Sons, New York. p.337.
25. **Mitra, A. and Flynn, K.J., 2006**. Promotion of harmful algal blooms by zooplankton predatory activity. Biology letters, 2(2), 194-197.
26. **Moffett, E.R., Baker, H.K., Bonadonna, C.C., Shurin, J.B. and Symons, C.C., 2023**. Cascading effects of freshwater salinization on plankton communities in the Sierra Nevada. Limnology and Oceanography Letters, 8(1), 30-37.
27. **Morin, S., Cordonier, A., Lavoie, I., Arini, A., Blanco, S., Duong, T.T., Tornés, E., Bonet, B., Corcoll, N., Faggiano, L. and Laviale, M., 2012.** Consistency in Diatom Response to Metal-Contaminated Environments. In: Guasch, H., Ginebreda, A., Geiszinger, A. (Eds) Emerging and Priority Pollutants in Rivers. The Handbook of Environmental Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 117-146.
28. **Prakash, A. and Khanam, S., 2021**. Nitrogen Pollution Threat to Mariculture and Other Aquatic Ecosystems: An Overview. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 9, 428-433.
29. **Pyghan, S., Savari, A., Sakhai, N., Dostshanas, B. and Dehghan, S., 2011**. Investigating the seasonal changes of the Paracalanidae family in the waters around Ras Bahrkan (northwest of the Persian Gulf). Journal of Marine Biology, 3(11), 1-9. (In Persian with English abstract)
30. **Samini, H., Aliakbari Bidokhti, A.A., Ezam, M. and Valinassab, T., 2024**. Seasonal Patterns in Phytoplankton and Zooplankton across the North of Gulf of Oman: A Numerical Study. Polish Journal of Environmental Studies, 33(3), 3381-3396
31. **Savari, A., Dostshanas, B. and Naboi, M.B., 2003**. Identification and estimation of the population of planktonic copepods in Khor Musi. Scientific Journal of Iranian Fisheries, 12(1), 62-43. (In Persian with English abstract)
32. **Schmoker, C., Mahjoub, M.S., Calbet, A., Hsiao, S.H., Russo, F., Larsen, O., Trottet, A. and Drillet, G., 2014.** A review of the zooplankton in Singapore waters. Raffles Bulletin of Zoology, 62, 726-749.
33. **Shah, J.A. and Shah, G.M., 2013**. Distribution, diversity and abundance of copepod zooplankton of Wular Lake, Kashmir Himalaya. Journal of Ecology and the Natural Environment, 5(2), 24-29.

34. **Van Dolah, R.F., Jutte, P.C., Riekerk, G.H., Levisen, M.V., Scrowe, S., Lewitus, A., Chestnut, D.E., Mcdermoth, W., Bearden, D. and Fulton, M.H., 2004**. The condition of South Carolinas estuarine and coastal habitats during 2001-2002. SCECAP (South Carolina estuarine and coastal assessment program). Technical report USA. No 100, p.73.
35. **Verspagen, J.M.H., Van de Waal, D.B., Finke, J.F., Visser, P.M. and Van Donk, E., 2014.** Rising CO2 levels will intensify phytoplankton blooms in eutrophic and hypertrophic lakes. PLoS ONE, 9(8), 104325
36. **Zadereev, E., Drobotov, A., Anishchenko, O., Kolmakova, A. and Lopatina, T., 2022**. The structuring effects of salinity and nutrient status on zooplankton communities and trophic structure in Siberian lakes. Water 14, 1468.
37. **Zakaria, H.Y., Hassan, A.K.M., Abo-Senna, F.M. and El-Naggar, H.A., 2016**. Abundance, distribution, diversity and zoogeography of epipelagic copepods off the Egyptian Coast (Mediterranean Sea). The Egyptian Journal of Aquatic Research, 42, 459-473.

2024, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Environment & Interdisciplinary Development
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

Seasonal Changes in the Plankton Community in the Petrochemical Salt Ponds of Mahshahr and Odleh Creek

Farahnaz Kianersi[*1], Kobra Jalali[2], Mehrnaz Shirmohammadi[1], Mohsen Mazravei[1], Hossein Houshmand[1], Jamil Banitorfi Zadegan[1]

1[*]- South Iran Aquaculture Research Centre, Iranian Fisheries Science Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization, Ahwaz, Iran
2- Department of Animal Biology, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran

Original Article

Received: 2024.11.26

Accepted: 2025.02.16

Keywords: Zooplankton, Petrochemical salt pond, Odleh Creek, Phytoplankton, Shannon index, WQS

Abstract

Introduction: Phytoplankton are the primary producers at the base of food webs in aquatic ecosystems. Marine zooplankton are the secondary producers of the marine food web. The distribution of zooplankton affects the growth potential of fish in the area, especially their larvae. The sensitivity of plankton to slight changes in the environment has made them suitable biological indicators that reflect the health conditions of the aquatic ecosystem. In the Mahshahr salt ponds, during the dewatering stage, shrimp and fish larvae are introduced into the ponds through pumping from Odleh Creek, which is the only source of water supply to the ponds, where they grow in harsh conditions. As a result, regular assessment is necessary to protect the inhabitants of this aquatic ecosystem. The purpose of this study was to investigate the biological health of the Mahshahr salt ponds and Odleh Creek ecosystem using the Water Quality Score (WQS) and ecological indicators based on the planktonic communities of this ecosystem.

Materials and Methods: Sampling was conducted at seven stations, from Odleh Creek to Salt Ponds 1 and 2. Water samples for the investigation of phytoplankton and zooplankton were collected using a plankton net across four seasons, from May 2023 to April 2024. Physical and chemical factors, including dissolved oxygen, pH, total phosphate, total nitrogen, and biochemical oxygen demand, were measured to evaluate the WQS index. Some physicochemical factors such as pH, temperature, and dissolved oxygen were measured at the sampling site using a portable multi-parameter device, and salinity was measured using a salinometer. The remaining parameters were measured using standard experimental methods.

Results: During this research, moving away from the estuary and towards the ponds showed an increasing trend in the abundance of phytoplankton, salinity, nitrate and dominance index, while the abundance of zooplankton, phosphate, diversity index, species richness, and biological balance exhibited a decreasing trend. A winter peak was observed for phytoplankton density,

* Corresponding Author's email: farahnaz.kianersi@gmail.com

followed by a spring peak for zooplankton density. In this study, 51 species from 6 phytoplankton groups and 17 species and 4 larvae from 2 zooplankton groups were identified. The average abundance of phytoplankton was 4,229 cells per liter, while that of zooplankton was 10,395 cells per liter. The Bacillariaceae and Paracalanidae families, as well as the larval stages (Nauplius and Copepoda), were the dominant groups in the region. According to the evaluation of the WQS index, a rank of 2.6 was determined for the estuary stations and salt pond No. 1, while a rank of 3.4 was determined for the stations inside pond No. 2. According to the WQS index, the values of pH and dissolved oxygen during the sampling period received a score of 5 (good quality), while total nitrogen, total phosphorus, and BOD_5 during the study period received a score of 1 (low quality). Overall, the stations at Odleh Creek and the beginning of pond No. 1 have low quality, whereas the stations at the end of pond No. 1 and inside pond No. 2 have poor quality in terms of water quality. A positive correlation was observed between phytoplankton abundance and salinity and nitrate levels, while zooplankton showed an inverse relationship with these two parameters.

Discussion: According to the study, as salinity and nitrate increased in the ponds, the abundance of phytoplankton increased, while zooplankton decreased. This was probably due to the sensitivity of zooplankton to salinity and the creation of osmotic pressure beyond their capacity. Following this, with the reduction of predators and the availability of nitrate as a food source for phytoplankton, we witnessed greater growth of phytoplankton. Also, as we moved towards the ponds, species diversity decreased due to intense evaporation and high salinity, and resistant species formed the dominant population. On the other hand, according to the results of the WQS index, the water quality of the area was low, which can be attributed to stressful conditions such as intense evaporation. Therefore, in the ponds, it is necessary to conduct continuous monitoring and identify and eliminate stressful factors to improve the living conditions of aquatic animals in this area.