بررسی تنوع و فراوانی پلانکتون در آب توازن کشتی‌های ورودی به خلیج‌فارس (بندر بوشهر)

رضا تلیان[۱]
نرگس جواد زاده پورشالکوهی[۲*]
علی‌محمد صنعتی[۳]
مریم محمدی روزبهانی[٤]
محسن نوری نژاد[٥]

۱و ۴.گروه علوم محیطزیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲.گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۳.گروه محیطزیست، پژوهشکده خلیج‌فارس، دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر، ایران
۵. موسسه علوم و تحقیقات میگوی ایران، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، بوشهر، ایران

***مسئول مکاتبات:**
nargesjavadzadeh@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۱۰۷۹۰
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۲
این مقاله برگرفته از رساله دکتری است.

چکیده

کشتیرانی یکی از مهم‌ترین راه‌های انتقال گونه‌های غیربومی می‌باشد. در تحقیق حاضر نمونه‌برداری از ۱۰ کشتی ورودی به بندر بوشهر از زمستان ۱۳۹۶ تا تابستان ۱۳۹۷ بر اساس استاندارد متد MEPC173(58) در دو فصل سرد و گرم صورت گرفت. نمونه‌برداری پلانکتون‌ها توسط پمپ کف کش از مخازن کشتی‌ها انجام شد. مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری شده در آب توازن کشتی‌های موردمطالعه نشان داد که میزان میانگین دما ۲۶/۲ درجه سانتی‌گراد، pH برابر با ۸/۱۷، شوری، ۳۷/۹۰ قسمت در هزار و TOC حدود ۳۴/۷۳ قسمت در میلیون بود. درمجموع تعداد ۵۳ گونه فیتوپلانکتون از ۳۹ جنس، ۲۳ خانواده، ۱۸ راسته و ۳ شاخه شناسایی شدند. Ochrophyta با ۱۸ خانواده و ۷۸/۷۳ درصد، Myzozoa با ۴ خانواده و ۲۰/۳۲ درصد و Haptophyta با ۱ خانواده و ۰/۹۴ درصد، به ترتیب بیشترین تا کمترین شاخه‌های یافت شده در آب توازن کشتی‌های موردمطالعه بودند. گونه‌های زئوپلانکتون شناسایی‌شده در این تحقیق، متعلق به ۷ شاخه، ۱۱ رده، ۱۵ راسته، ۳۳ خانواده و ۳۸ جنس و ۴۸ گونه بودند. Arthropoda با ۲۳ خانواده و ۳۸ گونه، ۵۷/۲۵ درصد از گونه‌ها (بیشترین تراکم)، Cliophora با دو خانواده و دو گونه ۱۹/۵۸ درصد، Ctenophora با دو خانواده و دو گونه، ۱۲/۲۲ درصد، Annelida با دو خانواده و دو گونه، ۳/۳۱ درصد، Cnidaria با یک خانواده و یک‌گونه ۲/۲۹ درصد، شاخه Chaetognata با یک خانواده و یک‌گونه ۱/۷۸ درصد و Chordata با دو خانواده و دو گونه ۱/۵۲ درصد از گونه‌ها (کمترین تراکم) را به خود اختصاص دادند. همچنین در بین گونه‌های شناسایی‌شده گونه مهاجمی نیز شناسایی نشد که خود بیانگر آن است که خطری اکوسیستم ساحلی بندر بوشهر را به جهت انتقال گونه‌های مهاجم از طریق آب‌های منطقه شمالی اقیانوس هند تهدید نمی‌کند و روش تعویض آب مخازن می‌تواند به‌عنوان یک روش مدیریتی مناسب در تعدیل خطر انتقال گونه‌های غیربومی به بندر بوشهر به کار گرفته شود. شاخه Chaetognata با یک خانواده و یک‌گونه ۱/۷۸ درصد و Chordata با دو خانواده و دو گونه ۱/۵۲ درصد از گونه‌ها (کمترین تراکم) را به خود اختصاص دادند. همچنین در بین گونه‌های شناسایی‌شده گونه مهاجمی نیز شناسایی نشد که خود بیانگر آن است که خطری اکوسیستم ساحلی بندر بوشهر را به جهت انتقال گونه‌های مهاجم از طریق آب‌های منطقه شمالی اقیانوس هند تهدید نمی‌کند و روش تعویض آب مخازن می‌تواند به‌عنوان یک روش مدیریتی مناسب در تعدیل خطر انتقال گونه‌های غیربومی به بندر بوشهر به کار گرفته شود.

واژگان کلیدی: پلانکتون، آب توازن، گونه مهاجم، خلیج‌فارس.

مقدمه

امروزه حمل‌ونقل بیش از ۸۰ درصد کالاهای دنیا به لحاظ حجم و حدود ۷۰ درصد به لحاظ ارزش، از طریق دریاها صورت می‌گیرد (Shi, 2016). کشتی‌ها مسئولیت حمل و جابجایی بیش از ۴۰ درصد گونه‌های آبزی غیربومی در جهان را بر عهده دارند (Steichen and Quigg, 2015) و از ۹۰ سال پیش تاکنون به‌عنوان یکی از بخش‌های مهم انتقال موجودات زنده دریایی محسوب می‌گردند (Hallegraeff and Bolch, 1991).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

در کشتیرانی، موجودات زنده از طریق آب توازن یا در رسوبات تانک‌ها و یا با چسبیدن به بدنه کشتی‌ها یا مجرای آبگیری آن‌ها منتقل می‌شوند. مطالعات آب توازن در بخش‌های مختلف جهان نشان داد که کشتی‌ها انتقال موجودات آبزی را در طول مرزهای آبی تسهیل بخشیده است (Gollasch *et al*., 2000؛ Carlton, 1985). کشتی‌ها برای حفظ ثبات و پایداری در حین بارگیری و تخلیه کالا و حرکت در دریا برای جبران کاهش وزن خود به آب توازن احتیاج دارند (Grob and Pollet, 2016). سالانه بیش از ۱۰ بیلیون تن آب توازن توسط کشتی‌ها در سرتاسر دنیا جابجا می‌گردد (Wu *et al*., 2019). مهره‌داران، بی‌مهرگان، گیاهان، جلبک‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌های غیربومی می‌توانند همگی از آب توازن کشتی‌ها منتقل شوند (Carlton and Geller, 1993؛ Wu *et al*., 2019). پدیده انتقال گونه‌های مهاجم و غیربومی توسط آب توازن کشتی‌ها، به‌عنوان یکی از چهار تهدید بزرگی بوده که دریاها و اقیانوس‌ها را در جهان تحت تأثیر قرار داده و باعث تغییرات زیست‌محیطی در ابعاد جهانی گشته است (Zhang *et al*., 2013؛ David *et al*., 2015).

یک‌گونه دریایی درصورتی‌که بتواند در اکوسیستم جدید استقراریافته و به حیات خود ادامه دهد و توانایی تکثیر و تولیدمثل داشته باشد گونه مهاجم معرفی می‌شود. گونه‌های غیربومی قادرند شرایط نامطلوب و نامساعد محیطی درون مخازن آب توازن را تحمل کرده و در زمان ورود به اکوسیستم پذیرنده می‌توانند جایگزین موجودات اندمیک و بومی آن منطقه شده و باعث کاهش تنوع زیستی و ژنتیکی منطقه گردند (Steichen and Quigg, 2015). تانک‌های آب توازن یک کشتی می‌توانند بین ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ گونه مهاجم و غیربومی را جابجا کند که خود تهدیدی برای اقتصاد مناطق ساحلی و سلامت عمومی مردم و تنوع زیستی طبیعت منطقه می‌باشد (Castro *et al*., 2017; David *et al*., 2015). گونه‌های مهاجم نوعی آلودگی غیرقابل‌برگشت محسوب می‌گردند که هیچ فرآیند درمانی برای از بین بردن اثر آن در دسترس نمی‌باشد (Enshaei and Mesbahi, 2011). در حال حاضر مسئله گونه‌های مهاجم به‌عنوان عامل مهم در انقراض برخی گونه‌ها و یکسان‌سازی اکوسیستم و یکنواختی محیط زنده دنیا قلمداد می‌گردد (Bailey *et al*., 2011). فیتوپلانکتون‌ها اساس زنجیره غذایی در محیط آبی بوده و عوامل اصلی در تولید مواد آلی هستند. اجتماع زئوپلانکتون‌ها نیز در انتقال جریان انرژی در زنجیره غذایی و چرخه مواد مغذی و تغییرات مجموعه‌ای از جمعیت‌های پویای زنجیره در درون اکوسیستم تاثیرگذار است (Mustapha, 2009)، توزیع آن‌ها در محیط به مجموعه عوامل فیزیکی مانند دما، شوری، کدورت و جریان مواد غذایی موردنیاز بستگی دارد (Paulone, 2007).

در سال‌های اخیر گزارش‌ها زیادی مبنی بر انتقال گونه‌های پلانکتونی توسط آب توازن کشتی‌ها و بررسی کارایی تعویض آب توازن در انتقال گونه‌های مهاجم ارائه‌شده است (McCollin *et al*., 2007; Chandrasekera and Fernando, 2009; Grob and Pollet, 2016; Desai *et al*., 2018; Jenhani *et al*., 2018). Zvyagintsev و همکاران (۲۰۰۹) بعد از بررسی گونه‌های پلانکتونی منتقل‌شده توسط آب توازن کشتی‌های ورودی به بندر Novorossiysk در روسیه، آب توازن کشتی‌ها را منبع اصلی خطر زیست‌محیطی آب‌های منطقه بیان کرده و گزارش نمود که آب توازن کشتی‌ها می‌تواند انواع مختلفی از گونه‌های بیگانه را با خود جابجا کند. سنگ پور و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی فیتوپلانکتون موجود در مخزن دو نفت‌کش در اسکله نفتی بندر خارک ایران پرداخت. ایشان گزارش کردند که گونه‌های غالب شناسایی‌شده بومی مناطق گرمسیری اقیانوس هند–آرام بوده و گونه مضر تشخیص داده نمی‌شوند و قبلاً نیز در خلیج‌فارس گزارش گردیده است. سلامی اصل و سواری (۱۳۹۵) نیز به بررسی و شناسایی گروه‌های زئوپلانکتون انتقال‌یافته توسط تخلیه آب توازن کشتی‌های ورودی به پایانه‌های بندر امام خمینی پرداخت. ایشان گزارش کرد در بین گونه‌های شناسایی‌شده هیچ‌گونه مهاجمی دیده نشده است.

یکی از مهم‌ترین آبراهه‌ها در منطقه خاورمیانه، خلیج‌فارس می‌باشد. این محیط‌زیست دریایی با عمق متوسط ۳۵ متر، شوری و دمای بالا و مساحتی برابر با ۲۴۱۰۰۰ کیلومترمربع، شامل انواع مختلفی از دلفین‌ها، وال‌ها و بیش از ۵۰۰ گونه ماهی بوده که بسیاری از این جنس‌ها بومی منطقه بوده و حیات آن‌ها وابستگی بالایی به این اکوسیستم دارد (Naser, 2013; Nosrati-Ghods *et al*., 2017; Pazira *et al*., 2019). این منطقه اهمیت بسیار زیادی ازلحاظ اکولوژیکی، سیاسی، منابع طبیعی و اقتصادی داشته و شاهد تردد بیش از ۶۰ درصد از تانکرهای غول‌پیکر نفتی

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

در دنیا می‌باشد (Mirza *et al.*, 2014). این میزان تردد موجب شده که آبزیان موجود در این پیکره آبی به خاطر فشارهای زیاد، دامنه تحمل‌شان نسبت به تغییرات محیطی کم بوده و با ورود آلاینده‌ها و گونه‌های غیربومی به این پهنه آبی به‌شدت آسیب‌پذیر باشند.

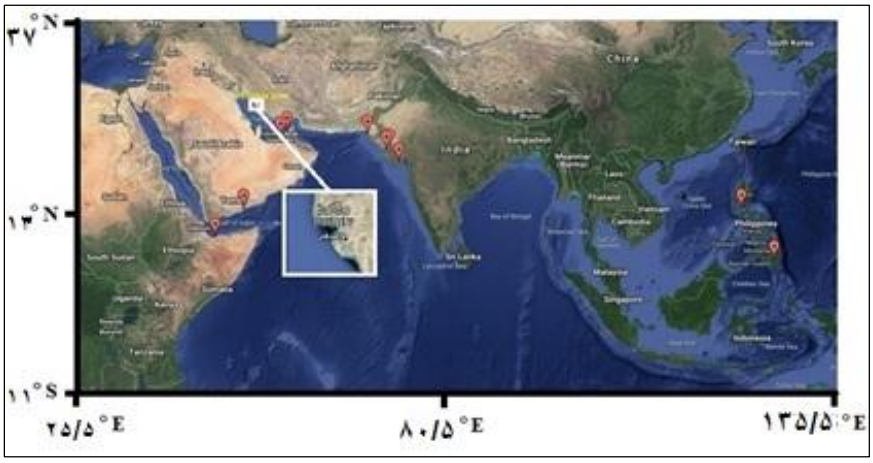
بندر بوشهر در ایران یکی از بنادر مهم در حاشیه خلیج‌فارس بوده که دارای پتانسیل و ظرفیت‌های بالایی در زیرساخت‌های مورد نیاز جهت گسترش و توسعه صنعت حمل‌ونقل دریایی می‌باشد. این بندر به دلیل توانایی بالا در پهلوگیری انواع مختلفی از کشتی‌های یخچالی، نفتی، رورو، مسافربری، کالابر عمومی، کانتینری و فله‌بر شاهد تردد بالای شناورها به خود می‌باشد. این حجم از تردد کشتی‌ها بالطبع زمینه ورود انواع مختلفی از گونه‌های غیربومی و مهاجم را از طریق آب توازن کشتی‌ها فراهم می‌سازد. لذا موضوع شناسایی عوامل تهدیدکننده‌ای که از این طریق به اکوسیستم‌های دریایی وارد و باعث کاهش یا از بین رفتن کارایی و سلامت این اکوسیستم می‌گردد، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. قوانین مدیریت آب توازن کشتی‌ها که توسط سازمان جهانی دریانوردی (IMO) تصویب گردیده، همگی جهت کاهش معرفی گونه‌های غیربومی و آلودگی‌ها در آب و رسوب مخازن به آب‌های مناطق دیگر می‌باشد (Tjahjono *et al.*, 2017). کنوانسیون مدیریت آب توازن (Ballast Water Management) دو اصل اساسی را معرفی کرده که یکی تعویض آب توازن در دریاهای باز و دور از ساحل یا (Ballast Water Exchange) بوده و به استاندارد D-1 معروف می‌باشد و دیگری استاندارد D-2 که مربوط به تعداد ارگانیسم‌های موجود در آب توازن تخلیه‌شده می‌باشد. امروزه تعویض آب توازن، پرکاربردترین و گسترده‌ترین روش مورداستفاده در کشتی‌ها می‌باشد (David *et al.*, 2018). بنا به قوانین IMO تمامی کشتی‌ها از ۸ سپتامبر ۲۰۱۷ (۱۸ شهریور ۱۳۹۶) باید آبی را که جهت توازن خود از بنادر یا زیستگاه‌های ساحلی دریافت کرده در ۲۰۰ مایلی بندر مقصد یا در اقیانوس‌ها تعویض نمایند که این به دلیل شرایط متفاوت محیطی بین مناطق ساحلی با وسط اقیانوس‌ها می‌باشد (Cordell *et al.*, 2015). با توجه به گزارش ارائه‌شده توسط برخی محققین مبنی بر عدم کارایی کنوانسیون آب توازن کشتی‌ها در خلیج‌فارس و دیگر نقاط دنیا، در جلوگیری از ورود گونه‌های مهاجم و غیربومی به آب‌های پذیرنده و بنادر مقصد و مشاهده گونه‌های مهاجم در مخازن توازن (McCollin *et al.*, 2007; Garrett *et al.*, 2014; Al-Yamani *et al.*, 2015; Hallegraeff, 2015)، همچنین حساس و شکننده بودن اکوسیستم‌های ساحلی در اثر ورود گونه‌های مهاجم و آلاینده‌ها، لذا این مطالعه باهدف بررسی کارایی این شیوه مدیریت در حذف گونه‌های مهاجم آبزی در تانک‌های آب توازن کشتی‌های ورودی به بندر بوشهر انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، نمونه‌برداری از ۱۰ فروند کشتی ورودی به اسکله‌های منطقه ویژه اقتصادی بندر بوشهر واقع در مرکز استان بوشهر صورت گرفت. نمونه‌برداری در زمستان ۱۳۹۶ از کشتی‌های ۱ تا ۵ (در فصل سرد) و در تابستان ۱۳۹۷ در کشتی‌های ۶ تا ۱۰ (در فصل گرم) بر اساس استاندارد متد EPC 173(58) و در زمان پهلوگیری کشتی‌ها به اسکله انجام شد (Nosrati-Ghods *et al.*, 2017). موقعیت جغرافیایی منطقه پهلوگیری کشتی‌ها در بندر بوشهر در شکل ۱، محل بارگیری آب توازن کشتی‌های موردمطالعه در شکل ۲ و مشخصات کشتی‌های موردمطالعه، بنادر مبدأ و مقصد هرکدام در جدول ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی بندر بوشهر و منطقه پهلوگیری کشتی‌های موردمطالعه (منبع تصویر: Google Earth).



شکل ۲: بنادر مبدأ کشتی‌های ورودی به بندر بوشهر.

جدول ۱: مشخصات کشتی‌های موردمطالعه (۱۳۹۷-۱۳۹۶).

No.	بندر مبدأ	نوع کشتی	ظرفیت آب توازن (مترمکعب)	فصل نمونه‌برداری
۱	Kandla, India	Tanker	۳۹۵۰	زمستان
۲	Mina Zayed, Emirate	Bulk carrier	۱۲۰۰۰	زمستان
۳	Hamriya, Emirate	Tanker	۳۲۰۰	زمستان
۴	Berbera, Somalia	General cargo	۴۱۳۵	زمستان
۵	Davao, Philippines	Reefer	۳۵۳۰	زمستان
۶	Manila,Philippines	Reefer	۲۸۰۰	تابستان
۷	Karachi, Pakistan	Tanker	۲۲۰۰	تابستان
۸	Mukalla,Yemen	Tanker	۶۵۰۰	تابستان
۹	Mundra, India	General cargo	۴۲۰۰	تابستان
۱۰	Pipavav, India	Container	۲۰۵۰۰	تابستان

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

نمونه‌برداری به دلیل حجم بالای نگهداری آب از تانک جلویی کشتی یا FPT (Forward Peak Tank) صورت گرفت (Gollasch *et al.*, 2000; Hallegraeff and Bolcht, 1991). تمامی کشتی‌ها از روش تخلیه و پر کردن مجدد (Empty Refill) برای تعویض آب توازن خود استفاده کرده بودند. با توجه به اینکه عوامل فیزیکی درون تانک‌ها می‌تواند بر روی جمعیت گونه‌های منتقل‌شده تأثیرگذار باشد (Kolda *et al.*, 2019)، لذا دمای آب درون تانک‌ها به کمک دماسنج، شوری توسط شوری سنج چشمی مدل ATAGOS/Mill و میزان کربن آلی کل (TOC=Total Organic Carbon) به‌وسیله دستگاه TOCN-4100 SHIMADZU ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری گردید. برای فیتوپلانکتون از هر ۳ لایه بالایی، میانی و پایینی مخزن آب توازن به مقدار ۲۰ لیتر آب به کمک پمپ کف کش تهیه گردید (DiBacco *et al.*, 2011). نمونه‌برداری زئوپلانکتون از مخازن کشتی‌ها (ارتفاع مخزن ۵ متر بود) نیز توسط پمپ و با کمک توری ۱۰۰ میکرونی از سه لایه سطحی، میانی و عمقی به مقدار هر لایه ۱۰۰ لیتر انجام گرفت (McCollin et al., 2008). نمونه‌های جمع شده در کالکتور تور پس از انتقال به ظرف مناسب با کمک محلول لوگول ۵ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند و به‌وسیله میکروسکوپ اینورت و لام هیدروبیوس ۵ میلی‌لیتر و به کمک کلیدهای شناسایی معتبر شناسایی و شمارش انجام گرفت (Harris *et al.*, 2000; Al-Yamani *et al.*, 2011; Desai *et al.*, 2018). در انتها داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف موردبررسی قرار گرفت و پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، اختلاف معنی‌دار بین پارامترها با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One–way ANOVA) بررسی شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد. ضریب هبستگی بین تعداد نمونه‌ها و فاکتورهای محیطی موردمحاسبه و بررسی قرار گرفت. کلیه محاسبات آماری در نرم‌افزارSPSS ویرایش ۲۰ انجام گردید.

نتایج

مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده که شامل دما، pH، شوری و میزان کربن آلی کل بود، در جدول ۲ نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان دما در آب توازن کشتی‌های موردمطالعه در محدوده ۳۱–۲۲ درجه سانتی‌گراد با میانگین ۲۶/۲ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. میزان pH نیز در محدوده بین ۸/۶–۷/۹ با میانگین ۸/۱۷ بود. بیشترین pH متعلق به کشتی شماره ۳ از بندر جبل علی امارات و کمترین pH متعلق به کشتی شماره ۸ از بندر مکلا یمن بود. میزان شوری در آب توازن کشتی‌های موردمطالعه نیز در محدوده ۴۲–۳۵ قسمت در هزار به دست آمد که بیشترین میزان متعلق به کشتی شماره ۱۰ از بندر پی پاواو هندوستان و کمترین میزان متعلق به کشتی شماره ۵ از بندر داوائو فیلیپین بود. با توجه به جدول ۵، مشاهده گردید که ارتباط معنی‌داری بین دما و شوری وجود داشته به‌طوری‌که با افزایش دما میزان شوری نیز افزایش پیدا کرد ($P < ۰/۰۱$). میزان کربن آلی کل بین ۵۸/۱۲ –۲۱/۰۱ قسمت در میلیون متغیر بود (با میانگین ۳۴/۷۳ قسمت در میلیون)، بیشترین میزان متعلق به کشتی ۷ از بندرکراچی پاکستان و کمترین میزان متعلق به کشتی ۵ از بندر داوائو فیلیپین بود.

نتایج حاصل از فیتوپلانکتون یافت شده در مخازن توازن کشتی‌های موردمطالعه در جدول شماره ۳ نشان داده‌شده است. در این مطالعه ۳ شاخه، ۳ رده، ۱۸ راسته، ۲۳ خانواده، ۳۹ جنس و ۵۳ گونه مشاهده گردید. همان‌طور که از جدول مذکور برمی‌آید در تمامی کشتی‌ها گونه‌های فیتوپلانکتونی مشاهده گردید. گونه *Nitzschia behrei*، با ۵/۷۸ درصد بیشترین و گونه *Bacteriastrum hyalinum* با ۰/۱۳ درصد کمترین درصد از گونه‌های یافت شده را به خود اختصاص دادند. همچنین شاخه Ochrophyta با ۱۸ خانواده و ۷۸/۷۳ درصد، شاخه هاگداران یا Myzozoa با ۴ خانواده و ۲۰/۳۲ درصد و شاخه Haptophyta با ۱ خانواده و ۰/۹۴ درصد، به ترتیب بیشترین تا کمترین شاخه‌های یافت شده درون تانک‌های توازن کشتی‌های موردمطالعه را به خود اختصاص دادند. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در دو فصل سرد و گرم و نتایج

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

به‌دست‌آمده اگرچه تعداد گونه‌ها در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بود ولی این اختلاف معنی‌دار نبود (P >۰/۰۵). گونه‌های *Coscinodiscus centralis, Coscinodiscus asteromphalus, Chaetoceros denticulatus* در همه مخازن توازن یافت شد.

جدول ۲: پارامترهای فیزیکو شیمیایی موردمطالعه در آب توازن کشتی‌ها (۱۳۹۷-۱۳۹۶).

فصل نمونه‌برداری	pH	شوری (قسمت در هزار)	کربن آلی کل (قسمت در میلیون)	دما (درجه سانتی‌گراد)	کشور و بندر مبدأ	شماره کشتی
سرد	۸/۱	۳۶	۳۲/۸۰	۲۳	Kandla, India	۱
سرد	۸/۳	۳۷	۲۵/۱۵	۲۴	Mina Zayed, Emirate	۲
سرد	۸/۶	۳۶	۲۸/۱۰	۲۲	Hamriye, Emirate	۳
سرد	۸	۳۷	۲۷/۸۰	۲۳	Berbera,Somaliai	۴
سرد	۸/۵	۳۵	۲۱/۰۱	۲۴	Davao, Philippines	۵
گرم	۸	۳۸	۲۶/۷۳	۲۸	Manila, Philippines	۶
گرم	۸/۱	۴۰	۵۸/۱۲	۲۸	Karachi, Pakistan	۷
گرم	۷/۹	۳۸	۲۸/۸۴	۲۹	Mukalla,Yemen	۸
گرم	۸	۴۰	۵۲/۶۸	۳۰	Mondra, India	۹
گرم	۸/۲	۴۲	۴۶/۱۱	۳۱	Pipavav, India	۱۰
	۸/۱۷	۳۷/۹۰	۳۴/۷۳	۲۶/۲	میانگین	

بر اساس شکل ۳ کشتی ۹ از موندرا-هند، با ۱۶/۱۵ درصد و کشتی ۷ از کراچی پاکستان با ۱/۶۷ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی گونه‌های یافت شده را به خود اختصاص دادند. همچنین همان‌طور که از شکل ۴ برمی‌آید بیشترین تنوع گونه‌ای در کشتی شماره ۳ رسیده از بندر حمریه امارات با ۴۱ گونه و کمترین تنوع مربوط به کشتی رسیده از کراچی پاکستان با ۱۷ گونه بود.

جدول ۳: دسته‌بندی فیتوپلانکتون یافت شده برحسب فصل و کشتی (۱۳۹۷-۱۳۹۶).

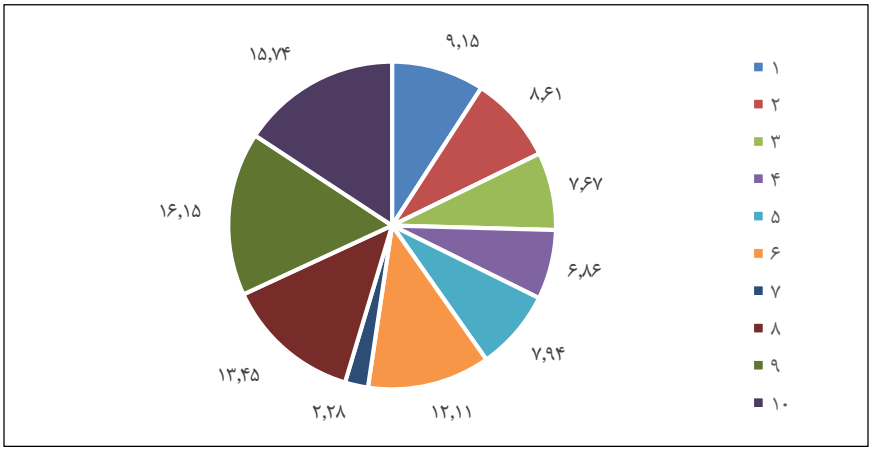
Division	Class	Order	Family	Genus/spices	فصل مشاهده‌شده	کشتی یافت شده
Myzozoa	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ostreopsidaceae	*Alexandrium minutum*	سرد	۵ ،۱،۲،۳
				Pyrodinium bahamense	سرد-گرم	۱۰ ،۱،۲،۳،۹
			Ceratiaceae	*Ceratium furca*	سرد-گرم	۱،۲،۳،۴،۵،۸،۹
				Ceratium lineatum	سرد-گرم	۲،۳،۴،۷،۸،۹،۱۰
				Ceratium massiliense	سرد-گرم	،۱،۳،۴،۵،۶،۸،۹ ۱۰
		Dinophysiales	Dinophysiaceae	*Dinophysis acuta*	سرد-گرم	۳،۴،۵،۶،۹،۱۰
		Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	*Cochlodinium* sp.	گرم	۷،۸،۹
				Gymnodinium sp	سرد	۱،۲،۳،۴،۵
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Amphora* sp.	سرد	۱،۲،۳،۴،۵

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

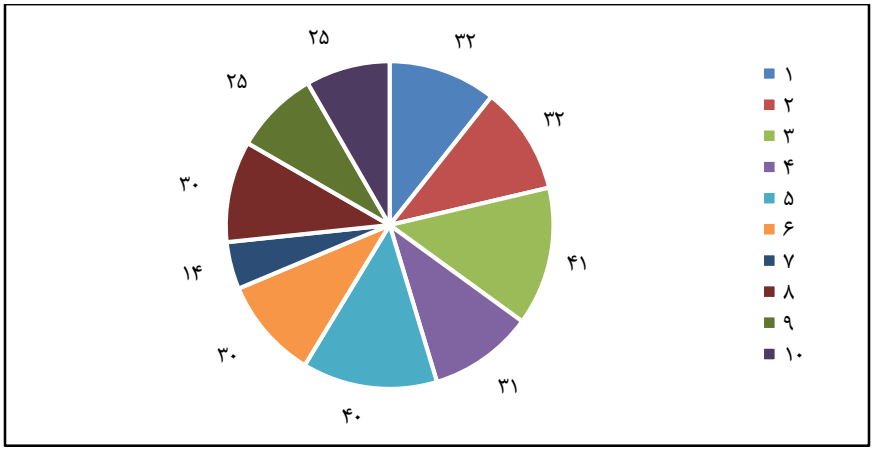
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Asterionella* sp.	سرد–گرم	۱،۲،۳،۱۰
			Asterionellopsis glacialis	سرد–گرم	،۲،۳،۴،۵،۶،۸،۹ ۱۰
			Synedra sp.	سرد–گرم	۱،۲،۴،۵،۶،۷،۸
			Fragilaria Lyngbye	سرد–گرم	۳،۵،۶،۸
	Asterolamprales	Asterolampraceae	*Asteromphalus flabellatus*	سرد–گرم	۱،۲،۳،۸،۹،۱۰
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Bacillaria socialis*	سرد–گرم	۲،۴،۵،۶،۸،۹
			Cylindrotheca fusiformis	سرد–گرم	۲،۳،۴،۵،۱۰
			Nitzchia longissima	سرد–گرم	۲،۴،۵،۶
			Nitzschia behrei	سرد–گرم	۳،۴،۵،۸،۹،۱۰
			Pseudo-nitzschia delicatissima	سرد–گرم	۲،۳،۴،۵،۶،۸
			Pseudo-nitzschia seriata	سرد–گرم	۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸
	Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	*Bacteriastrum hyalinum*	سرد	۱
			Chaetoceros denticulatus	سرد–گرم	همه کشتی‌ها
			Chaetoceros socialis	سرد–گرم	۲،۳،۴،۵،۸،۹،۱۰
	Hemiaulales	Bellerocheaceae	*Bellerochea malleus*	سرد–گرم	۱،۲،۳،۴،۶،۱۰
		Hemiaulaceae	*Cerataulina pelagica*	سرد–گرم	،۱،۲،۳،۴،۵،۶،۸ ۱۰
			Hemiaulus sp.	سرد–گرم	۵،۶
			Eucampia sp.	سرد–گرم	۳،۵،۶،۸،۹،۱۰
	Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	*Coscinodiscus* sp.	سرد–گرم	۱،۲،۳،۵،۶،۷،۸،۹
			Coscinodiscus asteromphalus	سرد–گرم	همه کشتی‌ها
			Coscinodiscus centralis	سرد–گرم	همه کشتی‌ها
			Coscinodiscus granii	سرد–گرم	۳،۴،۵،۸،۱۰
			Coscinodiscus marginatus	سرد	۱،۵
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	*Dactyliosolen* sp.	سرد–گرم	۳،۴،۵،۶،۹،۱۰
			Guinardia flaccida	سرد–گرم	۳،۵،۸،۹،۱۰
			Guinardia striata	سرد	۳،۵
			Rhizosolenia bergonii	سرد	۶،۹،۱۰
			Rhizosolenia cochlea	سرد–گرم	،۱،۲،۳،۵،۶،۷ ۸،۹،۱۰
			Rhizosolenia imbricata	سرد–گرم	۲،۳،۴،۵،۶
			Rhizosolenia setigera	سرد–گرم	۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹
	Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	*Ditylum bailey*	سرد–گرم	۲،۴،۵،۶،۸،۹،۱۰

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

				Helicotheca sp.	سرد–گرم	۲،۳،۷،۸
		Thalassiosirales	Lauderiaceae	*Lauderia annulata*	سرد–گرم	۱،۳،۶
			Skeletonemaceae	*Skeletonema* sp.	سرد–گرم	۲،۳،۴،۵،۶
				Skeletonema Greville	سرد	۲،۳،۴
			Thalassiosiraceae	*Thalassiosira* sp.	سرد–گرم	۲،۳،۵،۷،۸
				Planktoniella sp.	سرد–گرم	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸
		Leptocylindrales	Leptocylindraceae	*Leptocylindrus minimus*	سرد–گرم	۱،۵،۶
		Mastogloiales	Mastogloiaceae	*Mastogloia arabica*	سرد–گرم	۳،۴،۵،۶،۹،۱۰
		Naviculales	Naviculaceae	*Navicula* sp.	سرد–گرم	۱،۸،۹،۱۰
			Pleurosigmataceae	*Pleurosigma cuspidatum*	سرد–گرم	۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸
		Triceratiales	Triceratiaceae	*Odontella mobiliensis*	سرد	۱،۲،۳،۴،۵
Haptophyta	Prymnesiophyceae	Phaeocystales	Phaeocystaceae	*Phaeocystis* sp.	سرد	۲،۵،۶



شکل ۳: تفکیک کشتی‌های موردمطالعه بر اساس فراوانی فیتوپلانکتون یافت شده (درصد) (۱۳۹۷-۱۳۹۶).



شکل ٤: تفکیک کشتی‌های موردمطالعه بر اساس تنوع فیتوپلانکتون یافت شده (۱۳۹۷-۱۳۹۶).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

نتایج حاصل از نمونه‌برداری زئوپلانکتون یافت شده در آب توازن کشتی‌های موردمطالعه در جدول ۴ آورده شده است. گونه‌های یافت شده در این تحقیق، متعلق به ۷ شاخه، ۱۱ رده، ۱۵ راسته، ۳۳ خانواده، ۳۸ جنس و ۴۸ گونه بودند. بعد از بررسی مخازن کشتی‌ها مشخص گردید، شاخه بندپایان یا Arthropoda با چهار رده، شش راسته، ۲۳ خانواده، ۲۹ جنس و ۳۸ گونه، ۵۷/۲۵ درصد از گونه‌ها، شاخه مژه‌داران یا Cliophora با یک رده، یک راسته، دو خانواده، دو جنس و دو گونه ۱۹/۵۸ درصد، شاخه شانه‌داران یا Ctenophora با دو رده، دو راسته و دو خانواده، دو جنس و دو گونه، ۱۲/۲۲ درصد، شاخه کرم‌های حلقوی یا Annelidae با یک رده، دو راسته، دو خانواده و دو جنس و دو گونه، ۳/۳۱ درصد، شاخه کیسه‌تنان یا Cnidari با یک رده، یک راسته، یک خانواده و یک جنس و یک‌گونه ۲/۲۹ درصد، شاخه کرم‌های پیکانی یا Chaetognata با یک رده، یک راسته، یک خانواده و یک جنس و یک‌گونه ۲/۲۹ درصد، شاخه کرم‌های پیکانی یا Chaetognata با ۱ رده، ۱ راسته و ۱ خانواده و ۱ جنس و ۱ گونه ۱/۷۸ درصد و شاخه طنابداران یا Chordata با ۱ رده، ۱ راسته، ۲ خانواده و ۲ جنس و ۲ گونه ۱/۵۲ درصد از گونه‌ها را به خود اختصاص داده بودند.. شاخه بندپایان با ۵۷/۲۵ درصد و شاخه طنابداران با ۱/۵۲ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد تراکم گونه‌ها را شامل بودند.

جدول ٤: دسته‌بندی زئوپلانکتون یافت شده برحسب فصل و کشتی (۱۳۹۷-۱۳۹٦).

Phylum	Class	Order	Family	Genus/spices	فصل مشاهده شده	کشتی یافت شده
Ciliophora	Oligotrichea	Choreotrichida	Codonellidae	*Tintinnopsis* sp.	سرد–گرم	۱،۳،۴،۵،۷،۸،۹،۱۰
			Tintinnidiidae	*Leprotintinnus bubiyanicus*	سرد–گرم	۲،۳،۴،۸،۹،۱۰
Ctenophora	Tentaculata	Cydippida	Pleurobrachiidae	*Pleurobrachia pileus*	سرد–گرم	۲،۳،۴،۸،۹،۱۰
	Nuda	Beroida	Beroidae	*Beroe* sp.	سرد–گرم	۱،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰
Cnidaria	Hydrozoa	Siphonophorae	Diphyidae	*Diphyes chamissonis*	سرد–گرم	۱،۲،۳،۵،۶،۱۰
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Lopadorhynchidae	*Pelagobia longicirrata*	سرد–گرم	۲،۸،۱۰
		Errantia	Nereidae	*Nereis* sp.	سرد–گرم	۲،۶،۸،۹،۱۰
Arthropoda	Ostracoda	Myodocopida	Cypridinidae	*Cypridina* sp.	سرد–گرم	۱،۶،۸،۹،۱۰
	Branchiopoda	Cladocera	Sididae	*Penilia avirostris*	سرد–گرم	۲،۹
	Hexanauplia	Calanoida	Calanidae	*Canthocalanus pauper*	سرد–گرم	۲،۸،۹،۱۰
			Paracalanidae	*Acrocalanus gibber*	گرم	۶
				Paracalanus indicus	سرد–گرم	۱،۱۰
				Paracalanus sp.	سرد–گرم	۲،۳،۵،۶،۸
				Parvocalanus crassirostris	گرم	۶،۹،۱۰
				Parvocalanus elegans	سرد–گرم	۲،۴۸
			Eucalanidae	*Subeucalanus subcrassus*	سرد–گرم	۴،۶،۸،۹

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

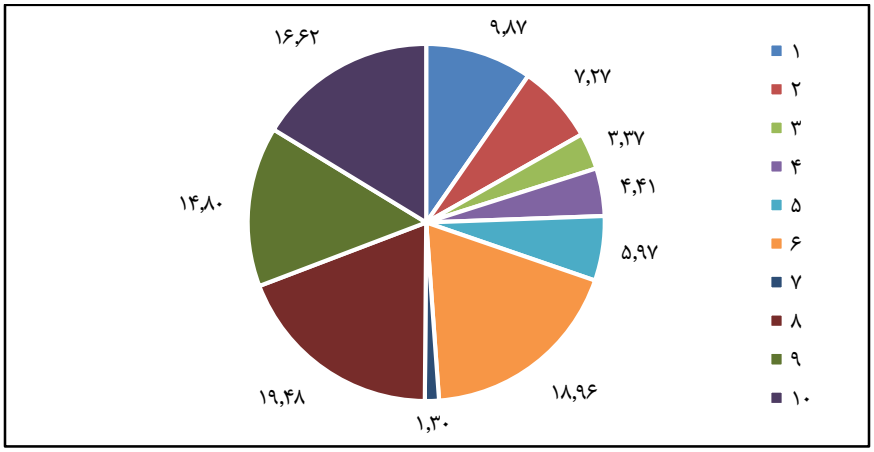
Phylum	Class	Order	Family	Genus/spices	فصل مشاهده شده	کشتی یافت شده
				Euchaeta concinna	سرد-گرم	۴،۷،۹،۱۰
				Euchaeta rimana	گرم	۸،۹
			Centropagidae	*Centropages furcatus*	گرم	۶،۸،۹،۱۰
				Centropages orsinii	سرد-گرم	۱،۳،۹
				Centropages tenuiremis	سرد	۱
			Pseudodiaptomidae	*Pseudodiaptomus arabicus*	سرد	۱،۳
				Pseudodiaptomus ardjuna	گرم	۸
			Temoridae	*Temora turbinata*	سرد-گرم	۲،۸
			Pontellida	*Calanopia elliptica*	گرم	۱۰
				Labidocera sp.	گرم	۲،۱۰
			Acartiidae	*Pontellopsis herdmani*	گرم	۶
				Acartia fossae	سرد-گرم	۱،۳،۸،۱۰
			Acartiidae	*Acartia amboinensis*	سرد-گرم	۵،۶
			Acartiidae	*Acartia ohtsukai*	سرد	۱،۴
			Acartiidae	*Acartiella faoensis*	سرد-گرم	۴،۸
		Cyclopoida	Oithonidae	*Oithona brevicornis*	گرم	۸،۱۰
			Oithonidae	*Oithona* sp.	گرم	۸،۱۰
			Oncaeidae	*Oncaea clevei*	سرد-گرم	۱،۲،۳،۵،۸،۹،۱۰
			Sapphirinidae	*Sapphirina nigromaculata*	سرد-گرم	۳،۹،۱۰
			Corycaeidae	*Corycaeus andrewsi*	گرم	۹
		Harpacticoida	Ectinosomatidae	*Microsetella* sp.	سرد-گرم	۱،۲،۸،۹،۱۰
			Miraciidae	*Macrosetella gracilis*	سرد-گرم	۳،۶،۸،۹،۱۰
			Tachidiidae	*Euterpina acutifrons*	سرد-گرم	۱،۲،۱۰
			Peltidiidae	*Clytemnestra scutellata*	سرد-گرم	۳،۶،۸،۹
	Malacostraca	Mysida	Mysidae	*Rhopalophthalmus* sp.	سرد-گرم	۱،۶،۱۰

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

Phylum	Class	Order	Family	Genus/spices	فصل مشاهده شده	کشتی یافت شده
		Decapoda	Luciferidae	*Lucifer hanseni*	سرد-گرم	۱،۴،۵،۹،۱۰
			Paguridae	*Pagurus* sp.	سرد-گرم	۱،۵،۶،۹
			Parthenopidae	*Parthenope* sp.	سرد-گرم	۱،۵،۹،۱۰
			Porcellanidae	*Pachycheles sp*	سرد	۱،۵
Chaetognatha	Sagittoidea	Aphragmophora	Sagittidae	*Sagitta regularis*	سرد-گرم	۱،۲،۶،۱۰
Chordata	Appendicularia	Copelata	Oikopleuridae	*Oikopleura dioica*	سرد	۱
			Fritillariidae	*Appendicularia sicula*	گرم	۶،۸،۹

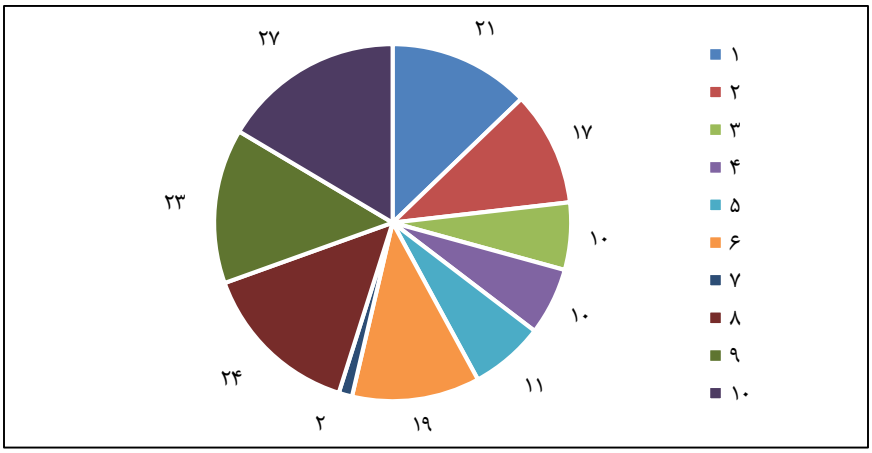
با توجه به شکل ۵، مشخص گردید که کشتی ۸ از کشور مکلا- یمن با ۱۹/۴۸ درصد، بیشترین درصد گونه‌ها و کشتی ۷ ازکراچی-پاکستان، با ۱/۳۰ درصد، کمترین درصد گونه‌ها را به خود اختصاص دادند. همچنین با توجه به شکل ۶ و بررسی تنوع گونه‌های زئوپلانکتونی یافت شده در کشتی‌های موردمطالعه مشخص گردید که کشتی ۱۰ رسیده از پی پاواو - هند با ۲۷ گونه دارای بیشترین تنوع گونه‌ای و کشتی ۷ رسیده از کراچی -پاکستان با ۲ گونه، دارای کمترین تنوع گونه‌ای بین کشتی‌های موردمطالعه بود.

ماتریکس همبستگی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و تعداد فیتو و زئوپلانکتون یافت شده از مخازن توازن در جدول ۵ نشان داده‌شده است. جوامع زئوپلانکتونی به محدوده وسیعی از اختلالات شامل میزان و ظرفیت مواد مغذی واکنش نشان می‌دهند. لذا با توجه به وابسته بودن رشد و نمو پلانکتون‌ها به شرایط محیطی و امکان کنترل جمعیت این گونه‌ها از طریق کنترل این عوامل، در این تحقیق میزان همبستگی بین تراکم پلانکتون یافت شده در مخازن توازن کشتی‌ها و برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی موردبررسی قرار گرفت. جدول ۵ ماتریکس همبستگی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و تعداد زئو و فیتوپلانکتون یافت شده درون مخازن توازن را نشان می‌دهد. همبستگی در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد بررسی گردیده است.



شکل ۵: تفکیک کشتی‌های موردمطالعه برحسب تعداد زئوپلانکتون یافت شده (درصد) (۱۳۹۷-۱۳۹۶).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]



شکل ٦: تفکیک کشتی‌های موردمطالعه بر اساس تنوع زئوپلانکتون یافت شده (۱۳۹۷-۱۳۹٦).

جدول ٥: ماتریکس همبستگی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، تعداد زئو و فیتو پلانکتون‌های یافت شده (۱۳۹۷-۱۳۹٦).

	زئوپلانکتون	فیتوپلانکتون	TOC	دما	شوری	pH
زئوپلانکتون	۱					
فیتوپلانکتون	۰/۸۷۹**	۱				
TOC	-۰/۰۰۷	۰/۰۸۷	۱			
دما	۰/۶۸۲*	۰/۵۸۲	۰/۶۳۰	۱		
شوری	۰/۳۹۸	۰/۴۳۷	۰/۸۰۷**	۰/۸۷۵**	۱	
pH	-۰/۴۵۴	-۰/۲۷۸	-۰/۳۲۷	-۰/۵۴۰	-۰/۴۴۷	۱

TOC کربن آلی کل.

*معنی‌داری همبستگی در سطح ۰/۰۵ درصد.

** معنی‌داری همبستگی در سطح ۰/۰۱ درصد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج برخی مطالعات نشان داده‌اند که پارامترهای غیر زیستی نظیر pH، شفافیت، درجه حرارت، اکسیژن محلول، قلیاییت کل، نیتروژن و فسفات کل و برخی مواد غیرمغذی متناسب با نوسانات فصلی، تنوع و فراوانی جوامع پلانکتونی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Gabyshev and Gabyshevav, 2019؛ محسنی زاده و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از جدول ۲، دمای آب تانک‌های توازن در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بود که این ناشی از تغییر دما در فصول مختلف می‌باشد. میانگین دمای اندازه‌گیری شده تانک‌های توازن کشتی‌های موردمطالعه ۲۶/۲ درجه سانتی‌گراد بود. دمای اندازه‌گیری شده تانک‌ها همگی در دامنه دمایی خلیج‌فارس قرار داشتند و به مطالعات قبلی در این زمینه نزدیک بود (صادقی، ۱۳۹۶؛ Nosrati-Ghods, 2017). شوری اندازه‌گیری شده نمونه‌های آب مخازن در فصل تابستان بیش از فصل زمستان بوده که این موضوع می‌تواند ناشی از افزایش تبخیر در فصل تابستان باشد. در کل شوری نمونه‌های آب مخازن اندازه‌گیری شده به مقدار شوری گزارش‌شده در آب‌های خلیج‌فارس و دریای عمان نزدیک بود (Brewer *et al.*, 1985). لذا شوری تهدیدی برای این اکوسیستم محسوب نمی‌شود و یافته‌های تحقیق حاضر با گزارش‌ها قبلی در این زمینه همخوانی داشت (Ghotbeddin and Mosavi Dehmordi, 2019). تغییرات

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

مشاهده‌شده در pH آب مخازن توازن کشتی‌ها معمولاً ناشی از خاصیت آب اقیانوس‌ها بوده که در حال حاضر قلیایی می‌باشد (Taneez *et al.*, 2015). با توجه به روند اسیدی شدن دریاها به دلیل فعالیت‌های بشری و اینکه خلیج‌فارس دریای نیمه بسته‌ای بوده و پتانسیل بالایی در اسیدی شدن دارد (Kuffner *et al.*, 2008)، لذا این دامنه از pH برای این اکوسیستم دریایی مشکلی ایجاد نمی‌کند. Chanderasekera و Fernando در سال ۲۰۰۹ میانگین pH، شوری و دمای آب توازن کشتی‌های ورودی به بندر سریلانکا را به ترتیب ۸ قسمت در هزار، ۳۵ و ۲۹ درجه سانتی‌گراد گزارش کرد که به نتایج این تحقیق نزدیک بود. همچنین Sheppard (۱۹۹۳)، میانگین شوری و pH خلیج‌فارس را به ترتیب ۴۰ قسمت در هزار و ۸/۳ گزارش کرد که به نتایج این تحقیق نزدیک بود. با توجه جدول ۲، میانگین میزان TOC برابر با ۳۴/۷۳ قسمت در میلیون مشاهده گردید. بالا بودن میزان کربن آلی کل در آب مخازن توازن می‌تواند ناشی از مواد معلق آلی در آب و انباشت جانداران مرده دریازی در کف مخازن باشد که باعث افزایش میزان مواد آلی آب می‌گردد (Feng *et al.*, 2017). از منابع دیگر مواد آلی کربن دار می‌توان به تخریب پوشش‌های شیمیایی ضدزنگ بدنه مخازن اشاره کرد که خود باعث افزایش کربن آلی درون مخازن می‌شوند (Hayes *et al.*, 1993; Maglic, 2016). همچنین با توجه به مشاهده مخازن توازن کشتی‌ها مشخص گردید که در کشتی شماره ۷ از مخازن توازن کشتی برای حمل‌ونقل و جابجایی فرآورده‌های نفتی استفاده می‌شده که این خود می‌تواند یکی از دلایل زیاد بودن میزان کربن آلی کل در آب توازن کشتی موردنظر باشد. مواد آلی در فصول گرم بیشتر از فصول سرد گزارش گردید که می‌تواند ناشی از تجزیه بیشتر اجساد جانداران دریایی در فصول گرم باشد که این خود باعث بالا رفتن میزان کربن آلی کل آب مخازن گردید. تفاوت در میزان کربن آلی کل آب مخازن نیز می‌تواند ناشی از تفاوت در عمق آب‌گرفته شده جهت تعویض آب مخازن و میزان شوری آب باشد که هر دو فاکتور با میزان کربن آلی کل آب نسبت عکس‌دارند (Ogawa and Tanoue, 2003). میانگین دما، شوری و TOC در فصل گرم به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل سرد بود ($P <$ ۰/۰۵). میزان میانگین pH در دو فصل سرد و گرم دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد نبودند.

بعد از بررسی تنوع و فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتونی یافت شده در مخازن کشتی‌ها، همان‌طور که از جدول ۳ برمی‌آید، تعداد ۳ شاخه، ۳ رده، ۱۸ راسته، ۲۳ خانواده، ۳۹ جنس و ۵۳ گونه فیتوپلانکتون شناسایی گردید. سراجی (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای با عنوان ایجاد بانک اطلاعاتی فیتوپلانکتون‌های خلیج‌فارس و دریای عمان»، تعداد ۷ رده و ۳۴۴ گونه فیتوپلانکتون را در آب‌های ایرانی خلیج‌فارس، گزارش کرد. ایشان رده Bacillariophyceae را با ۱۶۷ گونه بیشترین رده یافت شده معرفی کرد که به نتایج حاصل از این تحقیق نزدیک بود. در مطالعه‌ای که توسط سواری (۱۳۶۱) بر روی پلانکتون‌های منطقه بوشهر در خلیج‌فارس انجام گرفت، دیاتومه‌ها با ۶۰ درصد بیشترین تعداد گونه و فراوان‌ترین آبزیان فیتوپلانکتونی گزارش شد. همچنین جنس‌های *Coscinodiscus sp*، و *Rhizosolenia sp.* از Bacillariophyceae را مشابه تحقیق حاضر، غالب‌تر از سایر جنس‌ها گزارش کرد. وی همچنین بیان کرد که جنس‌های *Ceratium sp*، و *Peridinium sp.* از Dinophyceae دارای بیشترین تنوع بودند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. ایزدپناهی و همکاران (۱۳۸۶) پس از بررسی هیدرولوژی و هیدرو بیولوژی خلیج‌فارس در محدوده آب‌های استان بوشهر از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱، تعداد ۵ رده فیتوپلانکتون شامل Diatoms، Dinophyceae، Cyanophyceae، Chrysophyceae و Euglenophyceae در قالب ۶۱ جنس شناسایی کردند. ایشان دیاتومه‌ها را با ۴۲ جنس دارای بیشترین تنوع گزارش کرد. وی همچنین گزارش کرد که دیاتومه‌ها در تمام طول سال دیده‌شده است.

سنگ پور و همکاران (۱۳۸۷) بعد از مطالعه بر روی فیتوپلانکتون انتقال‌یافته توسط آب توازن کشتی‌های ورودی به بندر خارک در استان بوشهر در خلیج‌فارس، تعداد ۶ جنس *Eucampia* sp., *Ceratium* sp., *Chaetoceros* sp., *Rhizosolenia* sp., *Coscinodisvus sp.*, *Thalassionema sp.*,را گزارش کردند که به نتایج تحقیق حاضر نزدیک بود. علاوه بر این هیچ‌گونه مهاجمی توسط وی گزارش نگردید.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

ربانی‌ها و همکاران (۱۳۹۱)، در مطالعه‌ای که بر روی اجتماع پلانکتون‌ها در آب‌های دور از ساحل استان بوشهر داشتند، جنس‌های *Oscillatoria*، *Thallassiothrix* و *Pleurosigma* را به‌عنوان گونه‌های غالب در فصل سرد گزارش کردند. گزارش ایشان در مورد جنس *Pleurosigma* sp. با تحقیق حاضر مشابه بود.

محسنی زاده و همکاران (۱۳۹۳) بعد از بررسی وضعیت فیتوپلانکتون در آب‌های استان بوشهر- خلیج‌فارس که از آذر سال ۱۳۹۱ تا خرداد ۱۳۹۲ انجام داد، پس از نمونه‌برداری از آب‌های سطحی ۴۵ جنس فیتوپلانکتون از چهار رده ازجمله Bacillariophyceae و Dinophyceae گزارش کرد. ایشان بیان کرد که بیشترین فراوانی متعلق به رده Bacillariophyceae با ۸۹/۵ درصد بوده است. لازم به ذکر است نتایج ایشان مبنی برافزایش تعداد فیتوپلانکتون در دمای بالا و فراوانی رده‌های یافت شده با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

فرهادیان و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای که بر روی پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون موجود در مصب رودخانه حله در بوشهر- خلیج‌فارس داشتند، جنس‌های متعلق ۸ رده و ۵ شاخه فیتوپلانکتونی گزارش کردند که سه‌شاخه Ochrophyta، Myzozoa و Haptophyta و ۲ رده Dinophyceae و Bacillariophyceae مشابه تحقیق حاضر بود. ایشان نیز Bacillariophyceae را به‌عنوان رده غالب منطقه گزارش کردند.

عطاران فریمان و شریفیان (۱۳۹۳)، در مطالعه بررسی فراوانی و تراکم گونه‌های فیتوپلانکتونی جنوب شرقی ایران»، پس از شناسایی گونه‌های یافت شده، گزارش کردند که جنس *Gymnodinium sp.* و *Cochlodinium sp.* دارای پتانسیل شکوفایی مضر بوده که هر دو گونه نیز در تحقیق حاضر شناسایی گردید که این خود لزوم نظارت و پایش کیفیت آب مخازن توازن کشتی‌ها و شناسایی گونه‌های منتقل‌شده از طریق آن و شناسایی شرایط شکوفایی آن‌ها را بیشتر می‌کند. Beak و همکاران (۲۰۱۲) تعداد ۵ رده فیتوپلانکتونی را در مخازن توازن کشتی‌های ورودی از بنادر اولسان و اوسان کشور کره جنوبی گزارش کردند که عبارت بودند از Dinophyc, Bacillariophycea Chlorophycea, Cryptophycea, Chrysophycea. تعداد زیادی از جنس‌های تشخیص داده‌شده ایشان با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت. Wu و همکاران (۲۰۱۹) بعد از مطالعه بر روی آب توازن کشتی‌های ورودی به بندر شانگهای چین که اقدام به تعویض آب توازن خود در اقیانوس هند، آرام و اطلس کرده بودند، تعداد ۸۴ گونه که شامل ۵ شاخه و ۴۳ جنس بودند را گزارش کردند. ایشان Bacillariophyceae را با ۷۵ درصد به‌عنوان رده غالب گزارش کردند که به نتایج این تحقیق نزدیک بود.

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده در دو فصل سرد و گرم و نتایج به‌دست‌آمده اگرچه تعداد گونه‌ها در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بود ولی این اختلاف معنی‌دار نبود ($P> ۰/۰۵$). با توجه به شکل ۳ مشخص گردید که کشتی ۹ از بندر موندرای هندوستان، دارای بیشترین تراکم گونه‌ای بود. این می‌تواند ناشی از برداشت آب توازن از منطقه حاصلخیز با مواد غذایی بالا باشد در نزدیک سواحل جایی که احتمال ورود و تخلیه مواد فاضلاب شهری در آن وجود دارد (Lee *et al*., 2019 ؛Saha *et al*., 2016). تعداد کم فراوانی و تنوع گونه‌ای در کشتی شماره ۷ می‌تواند ناشی از آغشته بودن مخزن به ترکیبات نفتی باشد که باعث شده شرایط محیطی نامساعدی برای رشد و زنده مانده گونه‌ها فراهم گردد. بعد از بازرسی از شناور مذکور مشخص گردید که این تانکر در غیاب نظارت مسئولین، از مخازن آب توازن خود به‌صورت غیرقانونی برای جابجایی مواد نفتی استفاده کرده است. با توجه به جدول ۴ مشخص گردید کشتی ۳ رسیده از حمریه امارات دارای بیشترین تنوع گونه‌ای با ۴۱ گونه یافت شده بود. لازم به ذکر است که بعد از بررسی موقعیت جغرافیایی محل تعویض آب توازن کشتی موردنظر مشخص گردید که به دلیل اینکه بندر قبلی آن‌ها خارج از خلیج‌فارس بوده و لذا آب توازن خود را در خارج از خلیج‌فارس و در آب‌های منطقه اقیانوس هند تعویض نموده‌اند، لذا این احتمال می‌رود که گونه‌های موجود در مخازن توازن با گونه‌های درون و بیرون خلیج‌فارس مخلوط شده و باعث افزایش تنوع گونه‌ای کشتی مذکور گردیده است. زئوپلانکتون به‌عنوان دومین گروه از تولیدکنندگان در منابع آبی می‌باشند که ارزش ویژه‌ای برای حلقه‌های بعدی زنجیره غذایی دارند (Al-Yamani *et al*., 2011). در تحقیق حاضر درمجموع ۴۸ گونه زئوپلانکتون متعلق به ۷ شاخه، ۱۱ رده، ۱۵ راسته، ۳۳ خانواده و ۳۸ جنس

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

شناسایی گردید. حضور این گونه‌ها در مخزن آب توازن تا رسیدن به بندر بوشهر نشان‌دهنده تحمل بالای این گونه‌ها در مواجهه با شرایط نامساعد مخزن آب توازن ازجمله فقدان نور، کم غذایی و تحمل بالا می‌باشد. در مقایسه نتایجی که از این تحقیق حاصل شد با سایر تحقیقات مشابه، مشاهده شد که بیشترین تراکم نمونه‌های موردمطالعه متعلق به گونه *Leprotintinnus bubiyanicus* از خانواده Tintinnidae و شاخه Ciliophora با ۱۲/۹۷ درصد و کمترین تراکم متعلق به گونه *Oikopleura dioica* از خانواده Oikopleuridae و شاخه Chordata با ۰/۲۵ درصد، تراکم بود. این موضوع بیانگر آن است که گونه *Leprotintinnus bubiyanicus* از شاخه مژه‌داران بیشتر از سایر پلانکتون‌ها توانسته خود را با شرایط نامساعد مخزن وفق دهد. همچنین جنس *Beroe* در بین تمام نمونه‌ها تنها جنسی بود که در مخزن آب توازن ۹ عدد از کشتی‌های موردمطالعه از میان ۱۰ کشتی موردبررسی، مشاهده گردید که خود نشان‌دهنده سازش‌پذیری این جنس از شانه‌داران به انواع شرایط محیطی می‌باشد. البته این نکته نیز قابل‌ذکر است که تراکم گونه‌ها در پایان سفر یک کشتی به دلایلی ازجمله کمبود نور، تأثیر منفی شرایط فیزیکی و بی‌جان، کمبود منابع غذایی و مرگ‌ومیر در زمان برداشت آب از دریا به‌وسیله پمپ‌های کشتی، کمتر از زمان بارگیری می‌باشد (Desai *et al.*, 2018). صادقی (۱۳۹۶) در بررسی جوامع پلانکتونی آب‌های ساحلی شهر بندرعباس اعلام کردند در تمام فصول بندپایان نسبت به سایر گروه‌ها از تراکم بالاتری برخوردار بودند. در مطالعه‌ای که توسط Abdel-Aziz و همکاران (۲۰۰۳) در آب‌های سواحل عربستان سعودی انجام گرفت، ایشان نیز Arthropods را با ۳۹ درصد از گروه‌های غالب معرفی گزارش کردند. Al-Yamani و همکاران (۲۰۰۶) بعد از مطالعه بر روی گونه‌های خلیج‌فارس بیان کردند که Tintinnid ها بیشترین فراوانی را در طول بلوم داینوفلاژله‌ها و دیاتومه‌ها دارند که با توجه به حضور و کشف برخی از جنس‌های این خانواده در مخازن توازن کشتی‌های ورودی به بندر بوشهر لزوم بررسی کیفیت مخازن توازن و تعیین راهکارهایی در جلوی انتشار این گونه‌ها بیشتر می‌گردد.

رضایی و همکاران (۱۳۸۹) بعد از مطالعه بر روی زئوپلانکتون منتقل‌شده از طریق آب توازن کشتی‌های ورودی به بندر شهید رجایی بندرعباس، تعداد ۲۵ جنس و گونه از ۸ خانواده گزارش کردند که تمامی خانواده‌های یافت شده (Tachidiidae، Oithonidae،Oncaeidae، Paracalanidae، Centropagidae، Temoridae، Eucalanidae، Sagittidae و Acartiidae) مشابه تحقیق حاضر بود.

سلامی اصل و سواری (۱۳۹۵) در بررسی و شناسایی گروه‌های زئوپلانکتون انتقال‌یافته توسط تخلیه آب توازن کشتی‌های ورودی به پایانه‌های بندر امام خمینی، مجموعاً ۲۱ خانواده و ۸۱ جنس گزارش کردند که از بین خانواده‌های یافت شده ۱۱ خانواده Paracalanidae، Oithonidae، Oncaeidae، Diphyidae، Oikopleuridae، Codonellidae، Sapphirinidae، Sididae،Pontellida، Ectinosomatidae و Acartiidae مشابه نتایج این تحقیق بود. البته این نکته قابل‌ذکر است که جمعیت زئوپلانکتون در مخازن توازن کشتی‌ها ممکن است تحت تأثیر عواملی از قبیل فقدان نور، تأثیرات منفی ناشی از تغییر عوامل غیرزنده، حرکات آب درون تانک، کمبود مواد غذایی، طول مدت سفر و ارتعاشات ناشی از موتور کشتی قرار گیرند (Gollasch *et al.*, 2000). Chandy و همکاران (۱۹۹۱) در مطالعه نحوه توزیع و تراکم و علت نوسانات فصلی پلانکتون‌ها اظهار می‌دارند که نوسانات فصلی آن‌ها می‌تواند برحسب شرایط منطقه‌ای، تحت تأثیر عوامل مختلف ازجمله شرایط آب و هوایی، بالا آمدن مواد مغذی از لایه‌های عمقی به لایه‌های سطحی (فراچاهندگی)، جریانات حاکم در منطقه، وضعیت جابجایی توده‌های آبی و شرایط زیست‌محیطی منطقه قرار گیرد. همچنین شرایط تولید و وجود مواد مغذی در کنار جریانات فراچاهندگی و جریانات ورودی از خشکی می‌تواند نوسانات پلانکتونی در اکوسیستم‌های ساحلی و دریایی را تحت تأثیر خود قرار دهد (Carter *et al.*, 2005; Kumar *et al.*, 2020).

با توجه به شکل ۴ و بعد از بررسی مخازن آب توازن کشتی‌ها مشخص گردید که بیشترین و کمترین تراکم نمونه‌ها به ترتیب در کشتی‌های شماره ۸ و ۷ مشاهده گردید. بندر مبدأ کشتی شماره ۸ یمن می‌باشد که با توجه به موقعیت جغرافیایی این بندر و استقرار در کرانه اقیانوس هند، خلیج عدن و دریای سرخ و همچنین بروز پدیده فراچاهندگی یا Up-welling در این منطقه و به دنبال آن حاصلخیزی بالای آب، می‌توان دلیل تنوع و تراکم بالای نمونه‌ها در آب توازن این کشتی را توجیه نمود (Boldrocchi *et al.*, 2020). با توجه به شکل ۵ و بررسی تنوع گونه‌ای

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

زئوپلانکتون یافت شده در مخازن توازن، مشخص گردید کشتی ۱۰ رسیده از بندر pipavav هند دارای بیشترین تنوع گونه‌ای در بین کشتی‌ها بود. McCoolin و همکارانش (۲۰۰۷) گزارش کردند که تنوع و فراوانی گونه‌های درون مخازن توازن می‌تواند تحت تأثیر محیط و منطقه‌ای باشد که عملیات تعویض آب توازن در آن صورت انجام‌گرفته است. در مورد تنوع بالای کشتی مذکور بعد از بررسی مشخص گردید که کشتی مذکور اقدام به تعویض آب توازن خود دقیقاً در محدوده‌ای از اقیانوس هند نموده است که تمامی کشتی‌های ورودی به منطقه خلیج‌فارس از سرتاسر دنیا در آن منطقه اقدام به تعویض آب توازن خود در آن منطقه می‌نمایند. لذا این خود می‌تواند باعث افزایش تنوع گونه‌ای در مخازن توازن کشتی‌ها گردد. این مسئله می‌تواند اهمیت لزوم تعیین منطقه‌ای پاک و عاری از وجود گونه‌های بیگانه و انواع آلودگی توسط ارگان‌های مسئول و ناظر جهت تعویض آب مخازن توازن را دوچندان نماید. همچنین در کشتی‌های شماره ۱، ۹ و ۱۰ نمونه‌هایی از راسته Harpacticoida مشاهده گردید و ازآنجاکه این راسته به‌عنوان یکی از شاخص‌های آلودگی منطقه می‌باشد (صادقی، ۱۳۹۶)، حضور آن در کشتی‌هایی که مبدأ آن‌ها کشور هندوستان بوده می‌تواند نشان‌دهنده بار آلودگی در آب‌های منطقه باشد. با توجه به نتایج فوق و همچنین تنوع کشتی‌های موردمطالعه مشخص گردید تمامی کشتی‌ها پتانسیل انتقال گونه‌های پلانکتونی را دارا می‌باشند و لذا برنامه‌های نظارتی باید بر روی تمامی انواع کشتی‌های ورودی به بندر بوشهر بااهمیت یکسان اجرا گردد. Liu و همکاران (۲۰۱۹) گزارشی مبنی بر یکسان بودن ریسک انتقال گونه‌ها توسط انواع مختلف کشتی‌های ورودی به بندر Kaohsiung در کشور تایوان ارائه کرده بودند.

همان‌طور که از جدول ۵ برمی‌آید، بین زئوپلانکتون و فیتوپلانکتون یافت شده در مخزن آب توازن کشتی‌های موردمطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ وجود داشت. همچنین با توجه به جدول ۵، بین تعداد زئوپلانکتون‌ها با دما همبستگی معنی‌دار و مثبتی در سطح ۰/۰۵ درصد مشاهده گردید. بدین شکل که با افزایش دمای آب توازن، تعداد زئوپلانکتون‌ها نیز افزایش پیدا می‌کرد. بین تعداد فیتوپلانکتون‌ها با فاکتورهای فیزیکوشیمیایی موجود هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید. بین فیتوپلانکتون‌ها با فاکتور دما و شوری اگرچه همبستگی مثبتی وجود داشت، ولی این همبستگی معنی‌دار نبود ($P>0/05$).

در پایان با توجه به عدم مشاهده گونه مهاجم در بین نمونه‌های موردمطالعه، می‌توان اظهار کرد که اجرای روش تعویض آب مخازن می‌تواند در تعدیل خطر انتقال گونه‌های مهاجم مناسب عمل نموده ولی نظر به تحمل دامنه وسیع عوامل مختلف فیزیکی–شیمیایی محیط توسط میکروارگانیسم‌های مختلف و همچنین امکان شکوفایی آن‌ها حتی با تعداد کم، پیشنهاد می‌گردد همراه با اجرای دقیق و کامل روش تعویض آب مخازن، از سیستم‌های تصفیه فیزیکی و شیمیایی نیز به‌عنوان ابزار کمکی استفاده گردد. برخی محققین نیز استفاده از روش‌های تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب توازن کشتی‌ها را در حذف گونه‌های مهاجم آبزی مؤثر دانسته‌اند (Tokuş, 2019). البته انتخاب نوع سیستم تصفیه به عواملی چون هزینه نصب و نگهداری، نوع کشتی، سن کشتی و منطقه مورداستفاده بستگی دارد (Vorkapic *et al.*, 2018). این مورد به‌ویژه برای کشتی‌هایی که در خارج از خلیج‌فارس اقدام به تعویض آب توازن خود می‌نمایند ضروری به نظر می‌رسد. همچنین لازم به ذکر است که این تعداد گونه پلانکتون‌های یافت شده در تانک‌های توازن به دلایل مشکلات نمونه‌برداری ازجمله حجم زیاد آب توازن، شکل، اندازه و تعداد تانک‌های توازن و توزیع ناهمگون و غیریکنواخت گونه‌ها و رفتار خاص آن‌ها در مخازن، ممکن است نتواند بیانگر تعداد واقعی گونه‌های منتقل‌شده در مخازن آب توازن کشتی‌ها باشد. ولی این محدودیت‌ها می‌تواند بستری جهت مطالعات آتی و هم چالشی مهم برای برخی تحقیقات حال و آینده باشد. لذا با توجه به محدودیت‌های فوق و با توجه به عدم تأثیر فصول بر میزان تراکم گونه‌های منتقل‌شده توسط آب توازن کشتی‌ها (تعداد پلانکتون در دو فصل سرد و گرم در سطح آزمون ۰/۰۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نبودند)، لذا برنامه‌های نظارتی و کنترلی بر کیفیت آب مخازن توازن جهت جلوگیری از ورود گونه‌های مهاجم به بندر بوشهر باید در تمام فصول سال به‌صورت منظم و مستمر وجود داشته باشد. این اطلاعات می‌تواند به‌عنوان یک اطلاعات پیش‌زمینه‌ای برای بررسی ارزیابی خطرات اولیه گونه‌های مهاجم در آینده مورداستفاده قرار گیرد و یک ابزار مهم برای اجرای ارزیابی و اندازه‌گیری مدیریت آب توازن باشد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

سپاسگزاری

با تشکر از سازمان بنادر و دریانوردی (این مقاله با حمایت علمی و مادی سازمان بنادر دریانوردی به انجام رسیده است).

منابع

ایزدپناهی، غ.، حاج زاده، ز.، امینی، غ.، اکبری، ح. و فلاحی، م.، ۱۳۸٦. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژیکی خلیج‌فارس در محدوده آب‌های استان بوشهر. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲۰۸ ص.

سراجی، ف.، ۱۳۹۷. ایجاد بانک اطلاعاتی فیتوپلانکتون‌های خلیج‌فارس و دریای عمان. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۴۸ ص.

سنگ پور، م.، عوفی ف.، شاپوری، م. و رحیمی‌بشر، م.، ۱۳۸۷. فیتوپلانکتون‌های موجود در مخزن دو نفت‌کش در اسکله نفتی بندر خارک ایران. مجله بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی، سال اول، شماره ۴. صفحات ۱۲۰-۱۰۹.

سلامی اصل، س.، و سواری، ا.، ۱۳۹۵. بررسی و شناسایی گروه‌های زئوپلانکتونی انتقال‌یافته توسط تخلیه آب توازن کشتی‌های ورودی به پایانه‌های بندر امام خمینی(ره). مجله علمی پژوهشی بیولوژی دریا. سال ۸، شماره ۳۲. صفحات ۶۴-۵۵.

سواری، ا.،۱۳٦۱. بررسی پلانکتون‌های منطقه بوشهر-کنگان، خلیج‌فارس. سازمان تکثیر و توسعه آبزیان وزارت کشاورزی، ۱۰۲ ص.

صادقی، م. ر.، ۱۳۹٦. بررسی جوامع پلانکتونی آب‌های ساحلی شهر بندرعباس. ناشر: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۷۴ ص.

ربانی‌ها، م.، ایزدپناهی، غ. ر.، محسنی‌زاده، ف و عوفی، ف.، ۱۳۹۱. تغییرات اجتماع پلانکتون‌ها در آب‌های دور از ساحل جنوب استان بوشهر. اقیانوس‌شناسی، سال سوم، شماره ۱۱، صفحات ۳۱-۲۱.

رضایی، ا.، کاظمیان، م.، عوفی، ف. و شاپوری، م.، ۱۳۸۹. بررسی تنوع زئوپلانکتون‌های منتقل‌شده توسط آب توازن در بندر تجاری شهید رجایی. مجله علمی پژوهشی بیولوژی دریا، سال دوم، شماره ۱، صفحات ۶۷-۷۰.

عطاران فریمان، گ. و شریفیان، س.، ۱۳۹۳. فراوانی و پراکنش گونه‌های فیتوپلانکتونی دارای پتانسیل تشکیل شکوفایی‌های مضر در سواحل جنوب شرقی ایران. مجله اقیانوس‌شناسی، سال پنجم، شماره ۱۸. صفحات ۱۰-۱.

فرهادیان، ا.، صداقت، ر.، پولادی، م. و شرفی، ر.، ۱۳۹۳. پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون در مصب رودخانه حله -خلیج‌فارس. بوم‌شناسی کاربردی، سال ۳، شماره ۹ . صفحات ۲۷-۱۵.

محسنی زاده، ف.، نگارستان، ح. و سواری، ا.، ۱۳۹۳. عوامل مؤثر بر نوسانات فیتوپلانکتون‌های خلیج‌فارس (سواحل استان بوشهر) طی زمستان و بهار ۱۳۹۲-۱۳۹۱. مجله علمی پژوهشی شیلات ایران، سال ۲۳، شماره ۲.

Abdel-Aziz, P. K., Al-Tisan, I. A. and Jareed, M. A., 2003. Chlorophyl and plankton of the gulf coastal waters of Saudi Arabia bordering a desalination plant.Paper presented at IDA Conference, March, 2002 at Manama, Bahrain. Pp. 291- 302.

Al-Yamani, F. Y., Skryabin, V., Gubanova, A., Khvorov, S. and Prusova, I., 2011. Marian zooplankton practical guid for the North western Persian Gulf. Kuwait Institute for Scientic Research, Kuwait, 399 P.

Al-Yamani, F. Y., Skryabin, V. and Durvasula, S. R. V., 2015. Suspected ballast water introductions in the Arabian Gulf. Aquatic ecosystem health and management, 18(3): 282-289.

Bailey, S. A., Deneau, M. G., Jean, L., Wiley, C. J., Leung, B. and MacIsaac, H. J., 2011. Evaluating efficacy of an environmental policy to prevent biological invasions. Environmental Science and Technology. 45: 2554-2561.

Baek, S. H., Jung, S. W., Jang, M. C., Hyun, B., and Shin, K., 2012. Survival potential of autotrophic phytoplankton species collected from ballast water in international commercial ships. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 46(1), 125-136.

Boldrocchi, G., Omar, M., Azzola, A. and Bettinetti, R., 2020. The ecology of the whale shark in Djibouti. Aquatic Ecology, pp. 1-17.

Brewer, P. G., 1985. Dyrssen, D. Chemical oceanography of the Persian Gulf. Progress in oceanography, 14:41-55.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

Carlton, J. T., 1985. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. Oceanography and Marine Biology Annual Review. 23: 313-371.

Carlton, J. T. and Geller, J. B. 1993. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. Science. 261: 78-82.

Carter, C. M., Ross, A. H., Schiel, D.R., Howard-Williams, C. and Hayden, B., 2005. In situ microcosm experiments on the influence of nitrate and light on phytoplankton community composition. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 326(1): 1-13.

Castro, M. C. Fileman, T. W. and Hall-Spencer, J. M. 2017. Invasive species in the Northeastern and Southwestern Atlantic Ocean: A review. Marine Pollution Bulletin. 116: 41-47.

Chandrasekera, L. W. H. U. and Fernando, M. A. S. T., 2009. Accidental introduction of alien plankton into the Sri Lankan coastal zone through ballast water of cargo ships. Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences. 14: 87-103.

Chandy, J. P., Al-Tisan I., Munshi, H. A. and El Reheim, H. A., 1991. Marine phytoplankton: A study on seasonal abundance and distribution in Al-JubailResearch Activities and Studies, 2: 300-335.

Kolda, A., Kapetanović, D., Žunić, J., Vulić, Z. Š., Smrzlić, I. V. and Perić, L., 2019. Biological and physicochemical parameters reflecting rearing conditions in the fish farm in the central part of the Eastern Adriatic Sea. In International Conference: Adriatic Biodiversity Protection.

Cordell, J., Kalata, O., Pleus, A., Newsom, A., Strieck, K. and Gertsen, G., 2015. Effectiveness of ballast water exchange in protecting Puget Sound from invasive species. Washington Department of Fish and Wildlife, 55 p.

Desai, D. V., Narale, D., Khandeparker, L. and Anil, A. C., 2018. Potential ballast water transfer of organisms from the west to the east coast of India: Insights through on board sampling. Journal of Sea Research, 133: 88-99.

David, M., Gollasch, S. and Hewitt, C., 2015. Global Maritime Transport and Ballast Water Management (Vol. 8). Springer Science: Dordrecht, the Netherlands, 306 p.

DiBacco, C., Humphrey, D. B., Nasmith, L. E. and Levings, C. D., 2011. Ballast water transport of non-indigenous zooplankton to Canadian ports. ICES Journal of Marine Science, 69(3): 483-491.

Enshaei, H. and Mesbahi, E., 2011. Development of a methodology for estimation of ballast water operation in UK ports. Maritime Policy and Management, 38(7): 691-703.

Feng, D., Chen, X., Tian, W., Qian, Q., Shen, H., Liao, D. and Lv, B., 2017. Pollution characteristics and ecological risk of heavy metals in ballast tank sediment, Journal of Environmental Science and Pollution Research, 24(4): 3951-3958.

Gabyshev, V. A. and Gabysheva, O. I., 2019. Assessing the Key Environmental Factors in the Formation of Phytoplankton Spatial Structure in Large Subarctic Rivers (East Siberia). Water Resources, 46(4): 563-570.

Garrett, M. J., Puchulutegui, C., Selwood, A. I. and Wolny, J. L., 2014. Identification of the harmful dinoflagellate Vulcanodinium rugosum recovered from a ballast tank of a globally traveled ship in Port TampaBay, Florida, USA. Harmful Algae Journal, 39: 202-209.

Ghotbeddin, N. and Mosavi Dehmordi, L., 2019. Investigation of physicochemical factors, chl-a and primary production in Mahshahr Creeks (Northwest Persian Gulf). Iranian Journal of Fisheries and Sciences, 18(1): 83-94.

Gollasch, S., Rosenthal, H., Botnen, H., Hamer, J., Laing, I., Leppäkoski, E., Macdonald, E., Minchin, D., Nauke, M., Olenin, S. and Utting, S., 2000. Fluctuations of Zooplankton Taxa in Ballast Waterduring Short-Term and Long-Term Ocean-Going Voyages. International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology, 85(5-6): 597-608.

Grob, C. and Pollet, B. G., 2016. Regrowth in ship's ballast water tanks: Think again!. Marine pollution bulletin, 109(1): 46-48.

Hallegraeff, G. M. and Bolch, C. J., 1991. Transport of toxic dinoflagellate cysts via ships' ballast water. Marine pollution bulletin, 22(1): 27-30.

Hallegraeff, G. M., 2015. Transport of harmful marine microalgae via ship's ballast water: Management and mitigation with special reference to the Arabian Gulf region. Aquatic ecosystem health and management, 18(3): 290-298.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J. Skjoldal, H. R. and Huntley, M. E., 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual. Academic Press, London. ISBN 0-12-327645- 4. XXI, 684 p.

Hayes, M. O., Michel, J., Montello T. M. and Aurand D. V., Al–Mansi, A. M., Al–Moamen, A. H. and Thayer G. W., 1993. Distribution and weathering of shoreline oil one year after the Gulf War oil spill, Marine Pollution Bulletin, 27: 135-142.

Jenhani, A. B. R., Fathalli, A., Aouani, J. and Romdhane, M. S., 2018. Plankton and sediment in ballast water discharge in the Gulf of Gabes (Tunisia). Vie et Milieu, 68(2/3): 65-74.

Kuffner, B. I., Andersson, A. J., Jokiel, P. L., Rodgers, K. S. and Mackenzie, F. T., 2008. Decreased abundance of crustose coralline algae due to ocean acidification. Nature Geoscience, 1: 114-117.

Kumar, P. S., Kumaraswami, M., Ezhilarasan, P., Rao, G. D., Sivasankar, R., Rao, V. R. and Ramu, K., 2020. Blooming of Gonyaulax polygramma along the southeastern Arabian Sea: Influence of upwelling dynamics and anthropogenic activities. Marine Pollution Bulletin, 151: 110817.

Lee, S. W., Park, G. and Choi, K. H., 2019. Biomass of plankton and macrobenthos and benthic species diversity in relation to environmental gradients in a nationwide coastal survey. Regional Studies in Marine Science, 26: 100502.

Liu, T. K., Chen, Y. S. and Su, P. H., 2019. Utilizing the environmental and vessel factors to assess the risk of non-indigenous species introduced by Ships' Ballast Water. In OCEANS 2019-Marseille (1-5). IEEE

Maglic, L., Zec, D. and Francic, V., 2016. Ballast water sediment elemental analysis. Marine Pollution Bulletin, 103(1–2): 93-100.

McCollin, T., Shanks, A. M. and Dunn, J., 2007. The efficiency of regional ballast water exchange: Changes in phytoplankton abundance and diversity. Harmful Algae, 6(4): 531-546.

McCollin, T., Shanks, A.M. and Dunn, J., 2008. Changes in zooplankton abundance and diversity after ballast water exchange in regional seas. Marine Pollution Bulletin. 56(5): 834-844.

Mirza, R., Mohammadi, M., Faghiri, I., Abedi, E., Fakhri, A., Azimi, A. and Zahed, M.A., 2014. Source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediment samples from the northern part of the Persian Gulf, Iran. Environmental Monitoring Assessment, 186(11):7387-7398.

Mustapha, M. K., 2009. Zooplankton assembl age of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria. Revista de Biología Tropical, 57(4): 28.

Naser, H. A., 2013. Assessment and management of heavy metal pollution in the marine environment of the Arabian Gulf: A review. Marine Pollution Bulletin, 72(1): 6-13.

Nosrati-Ghods, N., Ghadiri, M. and Früh, W. G., 2017. Management and environmental risk study of the physicochemical parameters of ballast water. Marine pollution bulletin, 114(1): 428-438.

Ogawa, H. and Tanoue, E., 2003. Dissolved organic matter in oceanic waters. Journal of Oceanography, 59(2):129-47.

Pazira, A. R., Salehi, H. and Obeidi, R., 2019. Identification and investigation of species diversity and richness of the Gastropoda in intertidal zone of Bushehr Port coastal area (the Persian Gulf waters). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 18(2): 355-370.

Paulone, P. M., 2007. Factors Influencing Zooplankton Distribution in the Chesapeake and Delaware Bays. Capstone Honors Thesis, 17 p.

Saha, S., Saha, T. and Basu, P., 2016. Planktons in dirty water: carbon cycling process of sewage fed fisheries in East Kolkata Wetland, India. Wetlands, 36(3): 415-429.

Sheppard, C.R., 1993. Physical environment of the Gulf relevant to marine pollution: an overview. Marine Pollution Bulletin, 27: 3-8.

Shi, Y., 2016.Reducing greenhouse gas emissions from international shipping: Is it time to consider market-based measures?. Marine Policy Journal, 64: 123-134.

Steichen, J. L. and Quigg, A., 2015.Assessing the viability of microorganisms in the ballast water of vessels transiting the North Atlantic Ocean. Marine Pollution Bulletin Journal, 101:258-266.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

Taneez, M., Hurel, C. and Marmier, N., 2015. Ex-situ evaluation of bauxite residues as amendment for trace elements stabilization in dredged sediment from Mediterranean Sea: a case study. Marine Pollution Bulletin, 98(1-2): 229-234.

Tjahjono, A., Bambang, A.N. and Anggoro, S., 2017. Analysis of heavy metal content of Cd and Zn in ballast water tank of commercial vessels in Port of Tanjung Emas Semarang, Central Java Province. InIOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 55(1): 012024, IOP Publishing.

Tokuş, M., 2019. Ballast Water Treatment System Integration and Life Cycle Cost Analysis for Dry Bulk Carrier. Journal of ETA Maritime Science, 7(3): 196-211.

Wu, H., Shen, C., Wang, Q., Aronson, R.B., Chen, C. and Xue, J., 2019. Survivorship characteristics and adaptive mechanisms of phytoplankton assemblages in ballast water. Journal of Oceanology and Limnology, 37(2): 580-588.

Vorkapić, A., Radonja, R. and Zec, D., 2018. Cost efficiency of ballast water treatment systems based on ultraviolet irradiation and electrochlorination. Promet-Traffic andTransportation, 30(3): 343-348.

Zhang, Y., Bai, M., Chen, C., Meng, X., Tian, Y., Zhang, N. and Yu, Z., 2013. OH treatment for killing of harmful organisms in ship's ballast water with medium salinity based on strong ionization discharge. Plasma Chemistry and Plasma Processing, 33(4): 751-763.

Zvyagintsev, A., Yu Ivin, V.V., Kashin, I. A., Orlova, T. Yu., Selina, M. S., Kasyan, V. V., Korn, O.M., Kornienko, E. S., Kulikova, V.A., Bezverbnaya, I. P., Zvereva, L.V., Radashevsky, V. I., Belogurova, L. S., Begun, A. A. and Gorodkov, A. N., 2009. Acclimation and introduction of hydrobionts ships' ballast water organisms in the port of Vladivostok, Russian Journal of Marine Biology, 35(1): 41-52.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]