شناسایی و بررسی فراوانی و تنوع ماکروبنتوزهای رودخانه شاپور در استان فارس

- **محمد جعفری**: گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، صندوق پستی: ۱۹۱۵
- **مژگان خدادادی***: گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، صندوق پستی: ۱۹۱۵
- **ابراهیم رجب‌زاده قطرمی**: گروه بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، صندوق پستی : ٦٤١٩٩-٤٣١٧٥

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۵

چکیده

اهمیت ماکروبنتوزها نه‌تنها به‌دلیل حضور آن‌ها در زنجیره غذایی می‌باشد، بلکه وجود یا نبود برخی از گونه‌های کف‌زی نشان‌دهنده کیفیت آب ازنظر میزان آلودگی می‌باشد. در تحقیق حاضر ماکروبنتوزهای رودخانه شاپور استان فارس طی یک دوره یک‌ساله از آبان سال ۱۳۹۰ تا آذرسال ۱۳۹۱ در ٦ ایستگاه در ٤ فصل مورد بررسی قرار گرفت. جهت نمونه‌برداری از ماکروبنتوزها در ماه دوم هر فصل از نمونه‌بردار سوربر و اکمن استفاده شد. پس از شناسایی ماکروبنتوزها با استفاده از کلیدهای شناسایی، فراوانی آن‌ها در فصول مختلف مورد بررسی قرار گرفت. میزان اکسیژن، دما، pH در زمان نمونه‌برداری ماکروبنتوزها نیز اندازه‌گیری شد. در این تحقیق تعداد ٦ گروه از ماکروبنتوزها شامل یک‌روزه‌ها (Ephemeroptera)، دوبالان (Diptera)، بال‌موداران (Trichoptera)، شکم‌پایان (Gasteropoda)، بهاره‌مانندها (Plecoptera)، سنجاقک‌ها (Odonata) در تمام ایستگاه‌ها شناسایی شدند. مقایسه میزان فراوانی گروه‌های مختلف نشان داد که بیش‌ترین تعداد گونه‌های شناسایی‌شده متعلق به راسته یک‌روزه‌ها (Ephemeroptera) با ۵۱ درصد بوده و بعد از آن به‌ترتیب راسته دوبالان (Diptera) با ۲۳ درصد، بال‌موداران (Trichoptera) با ۱۸/۵٪، شکم‌پایان (Gasteropoda) با ۲/۵٪، بهاره مانندها (Plecoptera) با ۲/۵٪ و سنجاقک‌ها (Odonata) با ۲/۳٪ قرار داشتند. میزان فراوانی ماکروبنتوزها در فصل بهار (۸۳۰۰ عدد در مترمربع) بیش‌تر از سایر فصول بود و کم‌ترین میزان در فصل پاییز (۳٦٥۰ عدد در مترمربع) مشاهده شد. اکسیژن محلول فقط در دو فصل بهار و زمستان اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0/05$) و بالاترین مقدار (۸/۳ میلی‌گرم در لیتر) در زمستان ثبت شد. درجه حرارت بین چهارفصل بهار، تابستان، پائیز و زمستان اختلاف دار معنی‌دار نشان داد ($p<0/05$). بالاترین مقدار pH در فصل تابستان ثبت شد که با سایر فصول اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0/05$). درخصوص شاخص‌های تنوع، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تنوع شانون در پاییز (۱/۹۹۹) و بهار (۱/۷۰٦)، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان غالبیت سیمپسون به‌ترتیب در بهار (۰/۳۸) و پاییز (۰/۲۹) و بیش‌ترین میزان یکنواختی کامارگو در پاییز (۰/٥۳۸) و کم‌ترین میزان آن در بهار (۰/٤۲۳) اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان دادند که یک‌روزه‌ها درمجموع ۱۲ ماه بررسی بالاترین فراوانی را در مقایسه با سایر گونه‌ها داشتند.

کلمات کلیدی: ماکروبنتوز، رودخانه شاپور، تنوع زیستی، فراوانی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mjkhodadadi@gmail.com

مقدمه

انسان به‌رغم استفاده‌های گوناگون از آب رودخانه‌ها، به‌علت توسعه جوامع بشری و گسترش صنایع، همواره از منابع مهم آلودگی و کاهش کیفیت آب‌های جاری بوده است (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۲). از آن‌جاکه در اکوسیستم‌های جاری، جریان آب در هرلحظه باعث تغییر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب می‌شود، ارزیابی رودخانه‌ها با استفاده از موجودات کف‌زی رودخانه که در بستر هستند، نسبت به پارامترهای فیزیکوشیمیایی مناسب‌تر است. ماکروبنتوزها، مواد آلی را تجزیه کرده و در اکوسیستم‌های آبی، دومین و سومین سطح غذایی را تشکیل می‌دهند (Keshavarz و همکاران، ۲۰۱۶). ماکروبنتوزها به‌عنوان نشانگر اثر توسعه بر محیط و هم‌چنین نشانگر توانی محیط برای حمایت از زندگی و تنوع در مطالعات اکولوژیک و بررسی آثار زیست‌محیطی ناشی از فعالیت انسان اهمیت دارند (Mark و همکاران، ۲۰۱۶؛طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۹). بعضی از گونه‌های ماکروبنتوزی مانند برخی از بال‌مودران و یک‌روزه‌ها شاخص‌های بیولوژیکی در تشخیص کیفیت آب از نظر آلودگی محسوب می‌شوند. گونه‌های بیولوژیک، موجودات مختلفی هستند که در شرایط زیست‌محیطی مخصوصی می‌توانند زندگی کنند و در غیر این شرایط نمی‌توانند به حیات خود ادامه داده و از اکوسیستم آن منطقه حذف می‌شوند (Putro و همکاران، ۲۰۱۵؛ Putro و Pawar، ۲۰۱۵؛ Hariyati، ۲۰۱۲).

درجه حساسیت این موجودات نسبت به تغییرات محیطی و اکولوژیکی از قبیل درجه حرارت، اکسیژن و وجود انواع آلودگی‌ها و سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی متغیر می‌باشد. انتخاب آن‌ها به‌عنوان شاخص بیولوژی منطقی به‌نظر می‌رسد. با توجه به این‌که اکثر گونه‌های ماکروبنتوزی ساکن و غیرمهاجر هستند، درنتیجه تغییر در ساختار جمعیتی و تنوع آن‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخص زیستی در جهت تعیین ورود استرس در اکوسیستم‌های آبی باشد (Walage و Canencia، ۲۰۱۶). با توجه به مطالب یادشده در شناسایی و تعیین تراکم و پراکنش بنتوزها فاکتورهای زیادی مؤثرند که از آن جمله می‌توان به میزان مواد آلی، اکسیژن، حرارت، pH، ذرات رسوبی نوع رسوبات، نحوه تغذیه بنتوزها، فعال شدن شکارچیان، ثبات یا عدم ثبات فیزیکی بستر، مرگ و میر، مهاجرت به مناطق دیگر و ... اشاره نمود، لذا پیدا کردن رابطه منطقی میان تراکم ماکروبنتوزها و سایر عوامل محیطی به‌سادگی میسر نبوده و درواقع با در نظر گرفتن یک فاکتور محیطی امکان‌پذیر نمی‌باشد (Giovanni و همکاران، ۲۰۱۵؛ Hunter و همکاران، ۲۰۱۲؛ Holme و Mcintyre، ۱۹۸۴).

بسیاری از این موجودات (بنتوزها) غذای اصلی ماهیان کف‌زی و حتی گروهی از ماهیان پلاژیک را تشکیل می‌دهند، آن‌ها نقش بسیار مهمی را در چرخش و چرخش دوباره مواد مغذی در اکوسیستم‌های آبی بازی می‌کنند (Mustapha و Yakubu، ۲۰۱۵). با وجود این‌که موجودات کف‌زی تقریباً در بستر تمامی اکوسیستم‌های آبی پراکنده‌اند (میردار، ۱۳۸۳)، اما با توجه به شرایط حاکم بر منطقه تنوع و تراکم‌های متفاوتی را نشان می‌دهند (Prabhu و همکاران، ۲۰۱۶). ماکروبنتوزها مواد آلی با منشأ درون‌زا و برون‌زا را معدنی کرده و می‌توانند به‌عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولیدات و شاخص زنده محسوب شوند. مقدار سالیانه تولید ماهی بر اساس ماکروبنتوزها قابل برآورد بوده به‌طوری‌که در مناطق دارای تراکم بالای بنتوز تولید ماهی بیش‌تری نیز برآورد شده است (میرزاجانی، ۱۳۸۲).

مطالعه و کسب اطلاعات در رابطه با میزان تراکم، بیوماس و تولید ثانویه موجودات کف‌زی به‌ویژه ماکروبنتوزها در اکوسیستم‌های آبی می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای شناخت بیش‌تر منابع آبی و ارزیابی ظرفیت‌های شیلاتی و درنتیجه تعیین پتانسیل بهره‌برداری از ذخایر کف‌زیان مورداستفاده قرار گیرد (نیکویان، ۱۳۷۵). درواقع استفاده از بی‌مهرگان کف‌زی برای تشخیص آلودگی رودخانه‌ها بر این فرض استوار است که نهرها و رودخانه‌هایی که تحت تأثیر عوامل آلاینده نیستند، تاکسون‌های کف‌زی تنوع بیش‌تری داشته و گونه‌های غیرمقاوم در آن‌جا غالبیت دارند و برعکس آن‌هایی که تحت‌فشار آلودگی قرار دارند تنوع کم‌تری داشته و گونه‌های مقاوم غالب‌اند (Ekeroth و همکاران، ۲۰۱۶). بر همین ظرفیت ماکروبنتوزها در تحقیقات مختلفی موردبررسی قرار گرفته‌اند. گیلانی و همکاران (۱۳۹۲) فون ماکروبنتوزهای رودخانه تجن را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که میزان تنوع و تراکم در فصول گرم سال افزایش و در فصل سرد سال در رودخانه تجن کاهش می‌یابد، باقری‌توانی و جمال‌زاده (۱۳۹۳) به بررسی شاخص‌های بوم‌شناختی و زیستی ماکروبنتوزهای ناحیه مصبی رودخانه شیرود منتهی به دریای خزر پرداختند و عنوان کردند که فاکتور شوری سبب تغییر تراکم شده است اما pH تأثیری بر روی تنوع و تراکم نداشت و هم‌چنین دما نیز در فصول مختلف باعث تغییر در تنوع و تراکم ماکروبنتوزها شد، پروندی و همکاران (۱۳۹۵)، رودخانه جاجرود را با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج این تحقیق تعداد ۱۱۳۶ ماکروبنتوز در ۶ راسته و ۲۵ خانواده شناسایی شد. بیش‌ترین فراوانی متعلق به راسته Ephemeroptera با ۵۲/۵۶ درصد فراوانی و کم‌ترین فراوانی متعلق به راسته Coleoptera با ۰/۰۷ درصد فراوانی بوده است. هم‌چنین صائب و همکاران (۱۳۹۵)، در بررسی به شناسایی جوامع ماکروبنتوزی رودخانه هراز پرداختند و ۲ شاخه، ۳ رده، ۱۱ راسته و ۱۶ خانواده شناسایی کردند. Sivadas و همکاران (۲۰۱۳) وضعیت سواحل نواحی استوایی را با

استفاده از شناسایی و بررسی تنوع ماکروبنتوزها مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تغییر در درجه حرارت بر روی الگوی پراکنش ماکروبنتوزهای منطقه مورد مطالعه مؤثر است. Patial و همکاران (۲۰۱۵)، تنوع ماکروبنتوزها را در رودخانه بیهار هند را مورد بررسی قراردادند و نتایج آن‌ها نشان داد که وجود گونه‌های مختلف نرم‌تنان در این آب‌ها، نشان‌دهنده شرایط خوب محیط و غیرآلوده این رودخانه هستند. Sarker و همکاران (۲۰۱۶)، ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها را در سواحل بنگلادش مورد بررسی قرارداد و نتایج آن‌ها نشان داد که جمعیت ماکروبنتوزها همبستگی مثبتی با شوری، سختی و TDS و همبستگی منفی با قلیائیت و DO داشت.

رودخانه شاپور با طول ۲۲۰ کیلومتر، از ارتفاعات شمال شرقی کازرون سرچشمه گرفته و پس از طی مسیری کوهستانی، وارد دشت خشت شده و درنهایت در استان بوشهر به رود دالکی پیوسته و با نام رود حله به خلیج‌فارس می‌ریزد. به‌منظور بهره‌برداری بیش‌تر از این رودخانه دو سد بر روی این رودخانه بسته شده که باعث شده است رودخانه بسیاری از توان‌ها و کارکردهای خود را از دست بدهد. باتوجه به این‌که مطالعه و کسب اطلاعات در رابطه با میزان تراکم، بیوماس و تولید ثانویه موجودات کفزی به‌ویژه ماکروبنتوزها در اکوسیستم‌های آبی می‌توانند به‌عنوان شاخصی برای شناخت بیش‌تر منابع آبی باشند (نفیسی، ۱۳۸۰)، در این تحقیق سعی شده است تا با بررسی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و شناسایی گونه‌های بنتوزی در طول رودخانه شاپور، ارزیابی از وضعیت کیفی این رودخانه به‌دست آید.

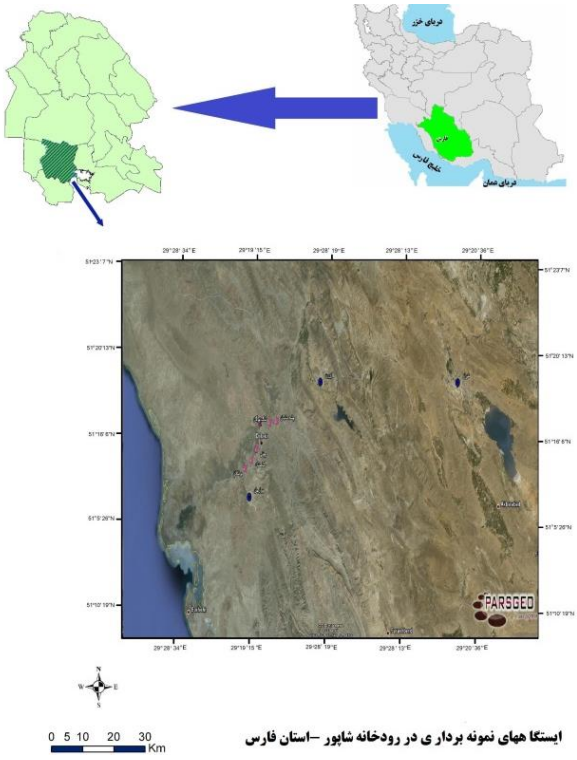
مواد و روش‌ها

تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری: این تحقیق به‌مدت ۱۲ ماه (از آبان ۱۳۹۰ تا آذر ۱۳۹۱) به‌طول انجامید. طول مسیر مورد مطالعه ۱۰۰ کیلومتر بود که ۶ ایستگاه در طول رودخانه براساس شرایط ویژه رودخانه و توپوگرافی منطقه انتخاب گردید. برای داشتن ارزیابی درست از منطقه موردمطالعه بازدید مقدماتی از سواحل منطقه به‌عمل آمد. در انتخاب این ۶ ایستگاه سعی شده که تمام منطقه عبور رود از سرچشمه تا برخورد با رود دالکی مورد بررسی قرار گیرد (جدول ۱ و شکل ۱).

روش نمونه‌برداری: نمونه‌برداری در ماه دوم هر فصل انجام شد، در چهار ایستگاه اول از نمونه‌بردار سوربر استفاده شد و در ایستگاه پنجم و ششم به‌دلیل ریز بودن بافت بستر و عمق بیش‌تر آب از نمونه‌بردار اکمن استفاده شد. به‌منظور دقت بیش‌تر جهت آنالیز آماری و تأیید آن، نمونه‌برداری در هر نوبت با سه تکرار انجام گرفت. سپس نمونه‌ها به ظروفی که حاوی فرمالین ۵ درصد بودند انتقال داده شد که روی هر ظرف با برچسب، مشخصات ایستگاهی ثبت گردید.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه GPS در رودخانه شاپور

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	N	E
۱	چشمه ساسان	۵۱°۲۳´۷″	۲۹° ۲۸´۳۴″
۲	تنگ چوگان	۵۱° ۲۰´۱۳″	۲۹° ۲۸´۱۰″
۳	رشن آباد	۵۱° ۱۶´۶″	۲۹° ۲۸´۱۳″
۴	چیتی	۵۱°۵´۲۶″	۲۹°۱۹´۱۵″
۵	شکستیان	۵۱° ۱۰´۱۹″	۲۹° ۱۹´۱۵°
۶	بوشگان	۵۱° ۵´۱۸″	۲۹° ۲۰´۳۶″



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه شاپور

سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شده و به‌وسیله استریو میکروسکوپ شناسایی و به‌وسیله کلید شناسایی طبقه‌بندی شد. جهت شناسایی بنتوزها از کلیدهای شناسایی (Keshavarz و همکاران، ۲۰۱۶؛ نفیسی، ۱۳۸۰) استفاده شد و با کمک خصوصیات ظاهری شناسایی تا حد خانواده انجام شد. ثبت مشخصه‌های محیطی اکسیژن، دما (سانتی‌گراد)، pH با استفاده از دستگاه‌های پرتابل HQ40d در محل آزمایش اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های تنوع گونه‌ای: شاخص‌های تنوع گونه‌ای براساس فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Krebs، ۱۹۹۴؛ Shannon و Weaver، ۱۹۴۹):

شاخص غنای گونه‌ای مارگالف:

$$D_{Mn} = \frac{s - ۱}{Ln\,(N)}$$

شاخص تنوع گونه‌ای شانون- وینر:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون:

$$D = ۱ - \sum_{i-۲}^{S} \left| \frac{ni(ni-۱)}{N(N-۱)} \right|$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها: از نرم‌افزار Spss و از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون چند دامنه توکی جهت مقایسه داده‌ها با یکدیگر استفاده شود. از برنامه‌های Excel برای ترسیم نمودارها استفاده شد.

نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب: درجه‌حرارت آب در فصل تابستان بیش از سایر فصول و در زمستان کم‌ترین درجه حرارت را داشت، به‌طوری‌که میانگین درجه‌حرارت در فصل تابستان ۲/۲۰±۳۱/۰ و در فصل زمستان ۰/۲±۱۳/۷ بود. درجه حرارت فصل بهار و زمستان دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بودند درحالی که تابستان و پائیز فاقد اختلاف معنی‌دار با خود و فصول بهار و زمستان بودند. در بین فصول مختلف کم‌ترین میزان اکسیژن محلول در فصل تابستان با میانگین ۴/۳ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد که در فصل پاییز اکسیژن محلول افزایش یافت و این سیر صعودی تا زمستان ادامه پیدا کرد تا به ۸/۳ میلی‌گرم در لیتر رسید. اکسیژن محلول تمامی فصول دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر بودند. تغییرات pH در فصول مختلف نوسانات زیادی از خود نشان نداد (جدول ۲).

گروه‌های ماکروبنتوزی: جدول ۳ گروه‌های ماکروبنتوزی شناسایی شده در ایستگاه‌های مورد بررسی رودخانه شاپور ۱۳۹۱-۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. شکل ۲، تصویر گونه‌های ماکروبنتوز شناسایی‌شده در رودخانه شاپور را نشان می‌دهد.

فراوانی ماکروبنتوزها در فصل زمستان: در جدول ۴ و شکل ۳، در فصل زمستان، ایستگاه دوم بیش‌ترین تعداد خانواده و ایستگاه ششم کم‌ترین تعداد خانواده ماکروبنتوزها را دربرداشت. بال‌موردان بیش‌ترین تعداد را در هر مترمربع و شکم‌پایان کم‌ترین تعداد را در هر مترمربع داشتند.

فراوانی ماکروبنتوزها در فصل بهار: فراوانی ماکروبنتوزها در فصل بهار به تفکیک ایستگاه‌ها در دوره نمونه‌برداری در جدول ۵ و شکل ۴ آورده شده است، در فراوانی ماکروبنتوزها به‌طورکلی ۸۰۴۰ عدد در مترمربع ثبت گردیده است. مقایسه ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داد که ایستگاه چهارم از فراوانی بیش‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌ها و ایستگاه پنجم از فراوانی کم‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار بودند.

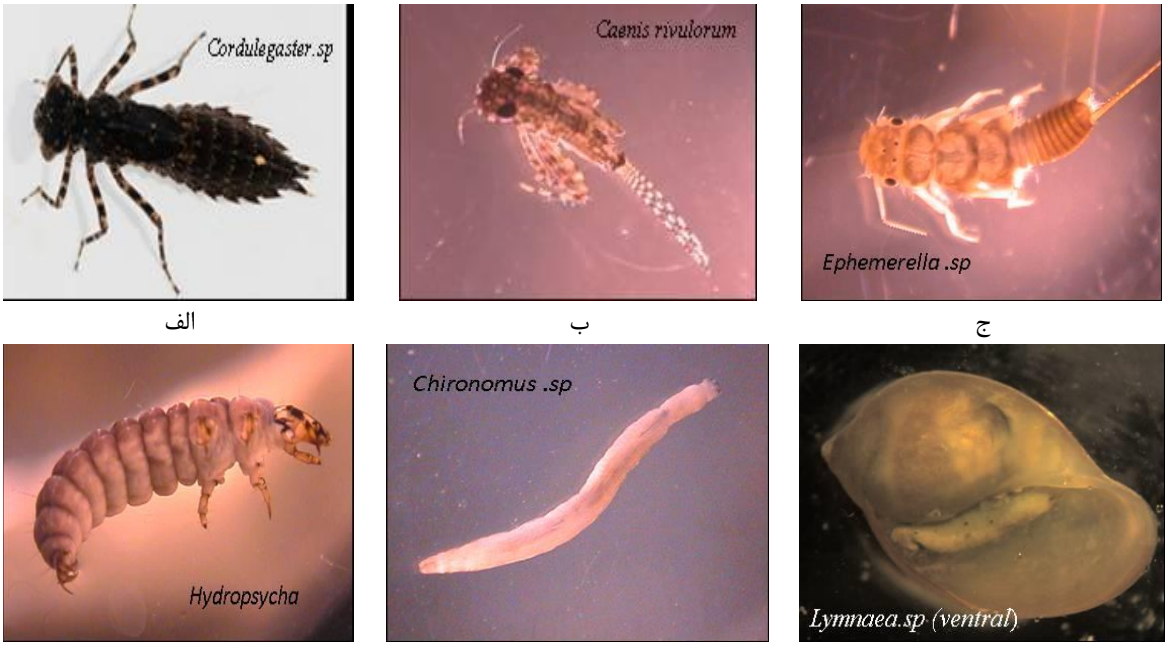
جدول ۲: مقایسه میانگین تغییرات پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب

مشخصه / فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۵/۱۱±۵/۰^{a}	۳/۴ ±۰/۲^{ab}	۲/۷ ±۰/۱۲^{ab}	۳/۸ ±۰/۲۰^{b}
درجه حرارت (سانتی‌گراد)	۲۶/۰ ±۰/۱۸^{a}	۳۱/۲ ± ۰/۲۰^{b}	۱۹ ± ۰/۴۱^{c}	۱۳/۷ ± ۰/۲^{d}
pH	۸/۰±۰/۲^{a}	۳/۸ ±۰/۱۱^{a}	۱/۸ ±۰/۲۳^{a}	۹/۷ ±۰/۸ ^{a}

حروف غیرمتشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول ۳: گروه‌های ماکروبنتوزی شناسایی شده در ایستگاه‌های مورد بررسی رودخانه شاپور ۱۳۹۱-۱۳۹۰

راسته	خانواده
Ephemeroptera	*Caenidae ecitonoridae*
Odonata	*Canis rivulorum*
Trichoptera	Hydropsychidae Glossosomatidae Hydropuilidae philopotamidae
Plecoptera	*Ephemerella* sp.
Diptera	Chironomidae *Gulicidae simulidae*
Gasteropoda	*Lymnae* sp.

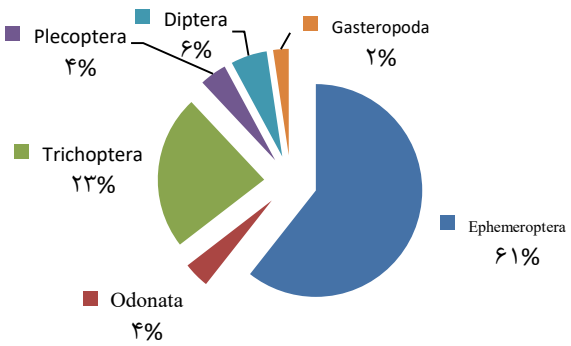


شکل ۲: گونه‌های ماکروبنتوز شناسایی‌شده در رودخانه شاپور الف- راسته یک‌روزه‌ها، ب- راسته سنجاقک‌ها، ج- بهاره‌مانندها، د- بال‌موداران، ر- دوبالان، ز- شکم‌پایان

جدول ۴: فراوانی گروه‌های مختلف ماکروبنتوزها در نمونه‌برداری فصل زمستان ۱۳۹۰ در رودخانه شاپور (عدد در مترمربع)

ایستگاه / ماکروبنتوز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	جمع کل
یک‌روزه‌ها	۸۷۵± ۶۵۸/۱۱ a	۱۵۰± ۱۴۰/۲۱ b	۷۷۵± ۶۲۵/۲۱ c	۱۲۵۰±۸۹۵/۱۰ d	۵۵۰±۳۲۶/۱۱ e	۲۵۰± ۴۵/۱۳ f	۳۸۵۰
سنجاقک‌ها	۷۵±۵۴/۱ a	۲۵± ۴۳/۲۲ b	-	-	۷۵± ۲۳/۱۶ a	۷۵± ۳۳/۱۵ a	۲۵۰
بال مو داران	-	۹۲۵± ۶۰۰/۱۳ a	۱۲۵±۴۵ /۱۲ b	۲۰۰± ۱۹۶/۱۱ c	۱۰۰± ۱۰۲/۱۵ d	۱۴۰± ۹۰/۱۵ e	۱۴۹۰
بهاره مانندها	۵۰± ۶۲/۳ a	۷۵± ۳۲/۲۰ b	-	۷۵±۸۶/۱۲ c	-	۱۸± ۹/۲ d	۲۱۸
دو بالان	۱۷۵± ۱۸۰/۲ a	۵۰± ۳۱/۱۴ b	-	۷۵±۴۹/۲ cb	۲۵±۲۳/۲ d	۲۵± ۲۰/۱ d	۳۵۰
شکم پایان	۵۰±۴۹/۲ a	۷۵± ۳۷/۱ b	-	۲۵± ۲۸/۲ c	-	-	۱۵۰
جمع کل	۱۲۲۵	۱۳۰۰	۹۰۰	۱۶۲۵	۷۵۰	۵۰۸	۶۶۵۸

حروف غیرمتشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

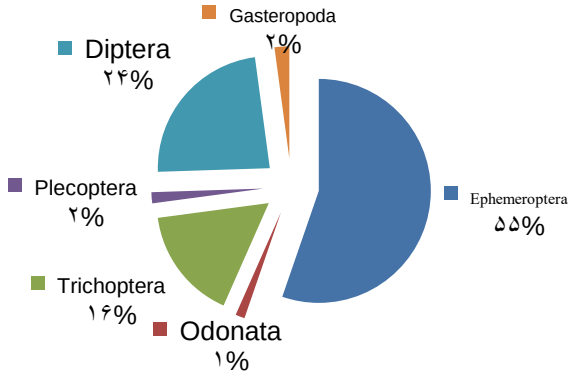


شکل ۳: ترکیب تشکیل‌دهنده ماکروبنتوزهای رودخانه شاپور در فصل زمستان ۱۳۹۱

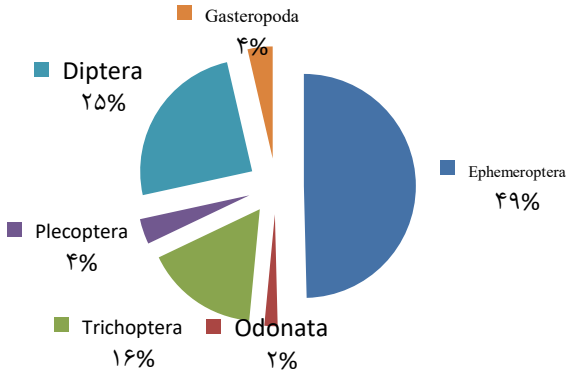
جدول ۵: فراوانی گروه‌های مختلف ماکروبنتوزها در نمونه‌برداری فصل بهار ۱۳۹۱ در رودخانه شاپور (عدد در مترمربع)

ایستگاه / ماکروبنتوز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	جمع کل
یک‌روزه‌ها	۱۰۲۵± ۳۲/۱۲ ^{d}	۲۰۰± ۱۲/۲۴ ^{a}	۸۵۰± ۱۱۱/۰۶ ^{c}	۱۶۲۵± ۲۴۳/۰۵ ^{e}	۷۵۰± ۲۱۵/۴ ^{b}	۷۵۰± ۲۰۰/۱۰ ^{b}	۴۹۰۰
سنجاقک‌ها	۱۰۰± ۲۴/۱۱ ^{a}	۲۵± ۸/۱ ^{b}	-	-	-	-	۱۲۵
بال‌مودران	-	۸۵۰± ۱۴۰/۱۵ ^{a}	۵۰± ۱/۲۰ ^{b}	۲۰۰± ۹۸/۱ ^{c}	۱۷۵± ۷۰/۲ ^{d}	۱۹۰± ۹۶/۰۱ ^{e}	۱۴۶۵
بهاره‌مانندها	-	۲۵± ۹/۱۱ ^{a}	۷۵± ۱۰/۲۱ ^{b}	-	۲۵± ۱۴/۲۰ ^{a}	۲۵± ۱۶/۱۲ ^{a}	۱۵۰
دوبالان	۳۰۰± ۴۰/۱۱ ^{a}	۳۰۰± ۲۳۵/۱۲ ^{a}	۱۰۵۰± ۲۴۳/۲ ^{b}	۵۵۰± ۳۲۴/۱۲ ^{c}	-	-	۱۲۰۰
شکم‌پایان	۲۵± ۳/۲۱ ^{a}	۲۵± ۵/۶۸ ^{a}	-	-	۷۵± ۳۳/۱۲ ^{b}	۷۵± ۲۲/۱۰ ^{b}	۲۰۰
جمع	۱۴۵۰	۱۴۲۵	۲۰۲۵	۲۳۷۵	۱۰۲۵	۱۰۴۰	۸۰۴۰

حروف غیرمتشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل ۴: ترکیب تشکیل‌دهنده ماکروبنتوزهای رودخانه شاپور در فصل بهار سال ۱۳۹۱



شکل ۵: ترکیب تشکیل‌دهنده ماکروبنتوزها رودخانه شاپور در فصل تابستان ۱۳۹۱

فراوانی ماکروبنتوزها در فصل تابستان: به‌طورکلی فراوانی ماکروبنتوزها در فصل تابستان پایین‌تر از فصل بهار است. در این فصل برخلاف فصل بهار بیش‌ترین فراوانی در ایستگاه دوم دیده می‌شود (جدول ۶ و شکل ۵). در ایستگاه دوم همه ماکروبنتوزهای شناسایی شده، مشاهده شده است و کم‌ترین تعداد گونه‌های شناسایی‌شده، در ایستگاه چهارم و پنجم دیده می‌شود که در هرکدام از این ایستگاه‌ها تنها سه نوع ماکروبنتوز مشاهده‌شده است. یک‌روزه‌ها تقریباً نیمی از ترکیب تشکیل‌دهنده ماکروبنتوزها را شامل می‌شود که در همه ایستگاه‌ها این ماکروبنتوز حضورداشته است.

جدول ۶: فراوانی گروه‌های مختلف ماکروبنتوز در نمونه‌برداری فصل تابستان ۱۳۹۱ در رودخانه شاپور (عدد در مترمربع)

ایستگاه / ماکروبنتوز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	جمع کل
یک‌روزه‌ها	۵۵۰± ۲۴۳/۲۱ ^{a}	۱۲۵± ۱۲۳/۱۰ ^{b}	۷۵۰ ± ۳۲۴/۱۷ ^{c}	۱۰۵۰ ± ۴۱۹/۲۱ ^{d}	۳۷۵± ۲۴۳/۱۵ ^{e}	۴۰۰± ۱۱۸/۱۴ ^{f}	۳۲۵۰
سنجاقک‌ها	۱۰۰± ۲۴/۱۱ ^{a}	۲۵± ۱۹/۱۰ ^{b}	-	-	-	-	۱۲۵
بال‌مودران	-	۶۲۵ ± ۲۳۲/۲۰ ^{a}	۱۰۰± ۵۶/۱۳ ^{b}	۷۵± ۲۵/۱۹ ^{c}	۱۲۵± ۶۵/۳ ^{d}	۱۵۰± ۸۰/۲۲^{e}	۱۰۷۵
بهاره‌مانندها	-	۵۰± ۲۵/۱۲ ^{a}	۱۰۰ ± ۶۳/۱۳ ^{b}	-	۲۵± ۱۷/۰۹ ^{c}	۲۵ ± ۱۲/۱۱ ^{d}	۲۰۰
دوبالان	۲۲۵± ۱۲۰/۳۱ ^{a}	۲۰۰ ± ۶۹/۱۰ ^{b}	۷۵۰ ± ۳۶۱/۲۲ ^{c}	۴۵۰ ± ۲۳۰/۱۱ ^{d}	-	-	۱۶۲۵
شکم‌پایان	۵۰± ۱۴/۱۱ ^{a}	۷۵ ± ۲۲/۲۰ ^{b}	۵۰ ± ۱۸/۱۵ ^{a}	-	-	۶۲± ۲۰/۱۳^{c}	۲۴۰
جمع کل	۹۲۵	۱۱۰۰	۱۷۵۰	۱۵۷۵	۵۲۵	۶۴۰	۶۵۱۵

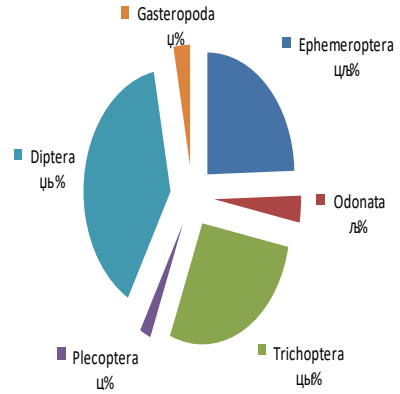
حروف غیرمتشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.

فراوانی ماکروبنتوزها در فصل پاییز: نکته قابل‌توجه در بررسی فراوانی ماکروبنتوزها در این فصل این است که دوبالان در فصل پاییز بیش‌ترین فراوانی در بین ماکروبنتوزها را داشتند. با توجه به جدول ۷ میانگین ماکروبنتوزها در این فصل ۴۶۶۵ عدد در مترمربع بوده است. در ایستگاه اول نیز همه گونه‌های ماکروبنتوز مشاهده‌شده است (شکل ۶).

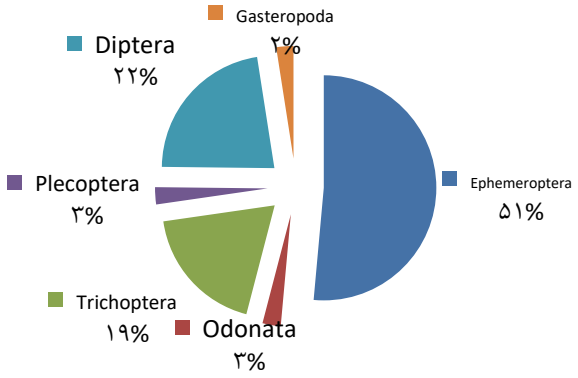
جدول ۷: فراوانی گروه‌های مختلف ماکروبنتوزها در نمونه‌برداری فصل پاییز ۱۳۹۱ در رودخانه شاپور (عدد در مترمربع)

ایستگاه / ماکروبنتوز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	جمع کل
یک‌روزه‌ها	۵۰۰± ۳۵/۱۱ a	۱۰۰± ۲۶/۱۰ b	۵۲۵ ± ۱۸۰/۲۴c	–	–	۷۵± ۲۳/۱۲ d	۱۲۰۰
سنجاقک‌ها	۵۰± ۱۶/۲۱ a	–	۲۵± ۱۹/۲۲ b	–	۵۰± ۳۱/۱۲ a	۵۰ ± ۳۹/۱۲ a	۱۷۵
بال‌موداران	۱۲۵± ۱۰۰/۱۲ a	۵۰۰± ۳۵۶/۱۱ b	–	۷۵± ۵۶/۱۲ c	۲۲۰ ± ۱۷۵/۱ d	۲۲۰ ± ۱۹۹/۱۱ e	۱۱۴۰
بهارمانندها	۲۵± ۲۰/۱۱ a	۵۰± ۳۱/۲ b	۲۵± ۱۴/۱۱ a	–	–	–	۱۰۰
دوبالان	۱۲۵± ۷۵/۱۲ a	۱۰۰ ± ۱۰۶/۲۰ b	–	۵۷۵± ۴۵۰/۲۲c	۵۵۰ ± ۳۶۲/۱۰ d	۵۵۰ ± ۴۰۰/۳۰ e	۱۹۰۰
شکم‌پایان	۲۵± ۲۷/۲۱ a	۵۰ ± ۶۲/۱۵ b	–	۷۵± ۵۶/۱۲c	–	–	۱۵۰
جمع کل	۷۵۰	۸۰۰	۵۷۲	۷۲۵	۷۰۰	۶۹۵	۴۶۶۵

حروف غیر متشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل ۶: ترکیب تشکیل‌دهنده ماکروبنتوزها در رودخانه شاپور در فصل پاییز ۱۳۹۱



شکل ۷: ترکیب تشکیل‌دهنده ماکروبنتوزها در رودخانه شاپور ۱۳۹۱-۱۳۹۰

فراوانی کلی ماکروبنتوزها در طول سال: فراوانی ماکروبنتوزها در طول سال به تفکیک ایستگاه‌ها در دوره نمونه‌برداری در جدول ۸ و شکل ۷ آورده شده است. بررسی میزان فراوانی ماکروبنتوزها در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که بین ایستگاه‌های مختلف ازنظر فراوانی تفاوت وجود دارد و ایستگاه ۴ بالاترین فراوانی و ایستگاه ۶ کم‌ترین فراوانی را در طول دوره بررسی نشان داده است.

جدول ۸: فراوانی گروه‌های مختلف ماکروبنتوز در نمونه‌برداری سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در رودخانه شاپور (عدد در مترمربع)

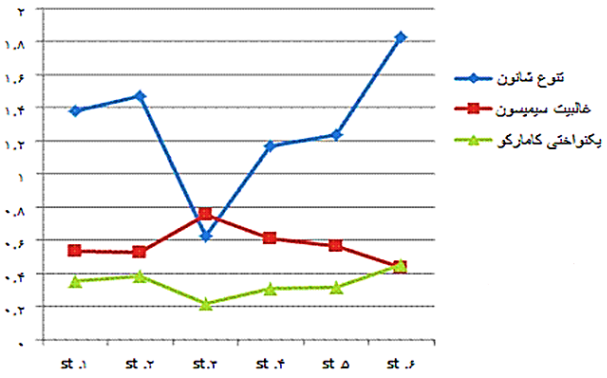
ماکروبنتوز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	جمع
یک‌روزه‌ها	۲۹۵۰	۵۷۵	۲۹۰۰	۳۹۲۵	۱۶۷۵	۱۵۵۰	۱۳۵۷۵
سنجاقک‌ها	۳۰۰	۱۰۰	۲۵	۰	۱۲۵	۱۴۰	۶۹۰
بال‌موداران	۱۲۵	۲۹۰۰	۱۷۵	۵۵۰	۶۰۰	۵۷۵	۴۹۲۵
بهارمانندها	۷۵	۲۰۰	۲۰۰	۷۵	۵۰	۵۰	۶۵۰
دوبالان	۸۲۵	۶۵۰	۱۸۷۵	۱۵۷۵	۴۷۵	۵۰۰	۵۹۰۰
شکم‌پایان	۱۵۰	۲۲۵	۵۰	۱۰۰	۷۵	۵۰	۶۵۰
جمع	۴۴۲۵	۴۶۵۰	۵۲۲۵	۶۲۲۵	۳۰۰۰	۲۸۶۵	۲۶۳۹۰

در جدول ۹، شاخص‌های تنوع زیستی شامل تنوع شانون، غالبیت سیمپسون و یکنواختی کامارگو در رودخانه شاپور در کل دوره مورد بررسی نشان داده شده است.

جدول ۹: شاخص‌های تنوع رودخانه شاپور در کل سال (۱۳۹۱-۱۳۹۰)

شاخص/فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
تنوع شانون وینر	۱/۷۰۶	۱/۸۶۸	۱/۹۹۹	۱/۸۲۹
غالبیت سیمپسون	۰/۳۸	۰/۳۴۱	۰/۲۹	۰/۳۶۱
یکنواختی کامارگف	۰/۴۲۳	۰/۴۷	۰/۵۳۸	۰/۴۶۱

در شکل ۸، شاخص‌های تنوع زیستی شامل شانون، سیمپسون و کامارگو در کل دوره در ایستگاه‌های مختلف نشان داده‌شده است. بر این اساس بالاترین تنوع شانون در ایستگاه ۶، بالاترین میزان غالبیت سیمپسون در ایستگاه ۳ و بالاترین مقدار شاخص کامارگو در ایستگاه ۶ مشاهده شد.



شکل ۸: شاخص‌های تنوع رودخانه شاپور در کل سال (۱۳۹۱-۱۳۹۰)

بحث

موجودات ماکروبنتوزی می‌توانند به‌عنوان یک شناساگر دقیق برای اندازه‌گیری وسعت آلودگی اکوسیستم باشند. پراکنش، ترکیب و حضور جمعیت‌های بنتیکی نشانگرهای کیفیت آب و رسوبات و وضعیت تروفی در خاک و آب هستند (Putro و همکاران، ۲۰۱۵). ازجمله عوامل محیطی که در تراکم یا پراکندگی موجودات بنتیک در یک اکوسیستم کوچک دخالت دارد، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی می‌باشد (Keshavarz و همکاران، ۲۰۱۶). براساس نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه شاپور در فصل بهار با زمستان اختلاف معنی‌داری نشان داد که علت آن کاهش دما در منطقه در فصل زمستان می‌باشد. درحالی‌که دما، در فصل بهار و تابستان و پائیز فاقد اختلاف معنی‌داری بود. دمای آب از پارامترهای مهم مؤثر بر روند رشد و تولیدمثل بی‌مهرگان موجود و به‌دنبال آن افزایش و یا کاهش تنوع زیستی رودخانه از نظر زیستی و افزایش یا کاهش قدرت آلاینده آب می‌باشد (Ekeroth و همکاران، ۲۰۱۶). در تحقیق شربتی و همکاران (۱۳۹۱) که بر روی شناسایی و تعیین فراوانی و زی‌توده جوامع ماکروبنتوزی دریایی خزر انجام شد، تفاوت معنی‌دار را در فصول گزارش کرده و عنوان کردند که این تفاوت بر روی فراوانی ماکروبنتوزها مانند تحقیق حاضر نیز مؤثر است به شکلی که بیش‌ترین فراوانی در فصل تابستان و کم‌ترین فراوانی در فصل پاییز به‌دست آمد.

pH یکی دیگر از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب است که تأثیرات عمده‌ای بر ساختار جمعیتی و تنوع آبزیان و شاخص‌های زیستی دارد. به‌طورکلی pH رودخانه‌ها کمی قلیایی است و در محدوده ۸/۴ – ۷/۵ نسبتاً ثابت می‌باشد.

میانگین اکسیژن محلول در رودخانه شاپور در بین تمامی فصول اختلاف معنی‌داری نشان داد. حداکثر اکسیژن محلول در فصل زمستان (۸/۳ میلی‌گرم بر لیتر) و حداقل میزان اکسیژن محلول در فصل تابستان (۴/۳ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است که در واقع نشان‌دهنده رابطه معکوس بین مقادیر اکسیژن محلول و دما در سال می‌باشد. میزان اکسیژن به عواملی مثل دما، میزان جریان (دبی) و نوع سیستم ارتباط دارد (Mohan و همکاران، ۲۰۱۳) که با توجه به روند افزایش اکسیژن از تابستان به پائیز و زمستان مؤید تأثیر دما بر میزان اکسیژن است که با کاهش دما میزان اکسیژن محلول افزایش می‌یابد (Muniz و Yakubu، ۲۰۱۵). کاهش میزان اکسیژن و افزایش میزان دما در فصل تابستان حائز اهمیتی است که با قوانین شیمیایی انحلال گازها مطابقت دارد، به‌طوری‌که هرچه مقدار دما افزایش پیدا کند میزان انحلال اکسیژن در آب کاهش پیدا می‌کند که این موضوع توسط Thilagavathi و همکاران (۲۰۱۳) نیز در تحقیقی که به بررسی و تنوع ماکروبنتوزهای مانگرو در هند پرداختند در بخش بررسی پارامترهای محیطی عنوان کردند که درجه‌حرارت و شوری تأثیر مستقیمی بر روی اکسیژن محلول دارند.

در منطقه مورد مطالعه حداکثر درجه‌حرارت در فصل تابستان ۳۱/۲ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن در فصل زمستان ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسیده است و با توجه به تأثیری که درجه حرارت بر تغییرات اکسیژن محلول دارد، می‌توان گفت دما عاملی مؤثر بر پراکنش و تعداد گونه‌های بنتوزی رودخانه است (Kumar و همکاران، ۲۰۱۶). در تحقیقات باقری‌توانی و جمال‌زاده (۱۳۹۳) چنین نتیجه‌ای نیز به‌دست آمد و نتایج نشان داد که افزایش و کاهش دما

در فصول مختلف سال باعث تغییر در تنوع و تراکم ماکروبنتوزها شده است که مشابه یافته‌های این تحقیق است.

براساس نتایج این بررسی بیش‌ترین فراوانی ماکروبنتوزها در فصل بهار (۸۰۴۰ عدد در مترمربع) و کم‌ترین آن در فصل پائیز (۴۶۶۵ عدد در مترمربع) ثبت گردیده است. تغییرات و نوسانات مشاهده شده در میزان فراوانی و تنوع ماکروبنتوزها در منطقه مورد مطالعه طی بررسی حاضر می‌تواند ناشی از تغییرات شرایط محیطی در منطقه باشد. توزیع و فراوانی کلیه گونه‌های جانوری در طبیعت نتیجه تأثیر متقابل و پیچیده پارامترهای مختلف محیطی است (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیقات فارسی و همکاران (۱۳۹۲) عنوان‌شده است که تراکم و بیوماس ماکروبنتوزها می‌تواند با ترکیبی از فاکتورهای مختلف مانند عمق، ویژگی‌های رسوب و شرایط هیدرودینامیک مرتبط باشد. در این تحقیق کم‌ترین فراوانی ماکروبنتوزها (۴۶۶۵ عدد در مترمربع) در پائیز شمارش شد و نسبت به سایر فصول کاهش فراوانی را نشان داد که علت این امر احتمالاً به دلیل کاهش شدید مواد مغذی آلی و عدم تعادل ویژگی‌های محیطی از قبیل دما می‌باشد که تأثیر به‌سزایی در رشد و تولیدمثل ماکروبنتوزها داشته است (Zalmon و همکاران، ۲۰۱۱).

از بین رده‌های ماکروبنتوزی شناسایی شده یک‌روزه‌ها دارای بیش‌ترین تعداد (بهار ۴۹۵۰، تابستان ۳۲۵۰، زمستان ۳۸۵۰ عدد در مترمربع) به‌جز در فصل پائیز در بین رده‌های مختلف بود (جدول ۵ و ۶). با توجه به نتایج حاصله، در اکثر ماه‌های نمونه‌برداری بیش‌ترین فراوانی مربوط به یک‌روزه‌ها در ایستگاه‌های مختلف و در فصول مختلف بود. بررسی فراوانی ماکروبنتوزها در طول دوره نشان می‌دهد که ایستگاه ۴، بالاترین فراوانی ماکروبنتوزی را در بین ایستگاه‌های مورد بررسی در طول دوره نمونه‌برداری داشته است. هم‌چنین بیش‌ترین میزان حضور یک‌روزه‌ها در تمام فصول در ایستگاه ۴ ثبت شد که کیفیت بالای آب، بالا بودن فراوانی یک‌روزه‌ها را در این ایستگاه توجیه می‌کند. ارتباط بین فراوانی گونه‌ها و کیفیت آب در تحقیقات Muniz و Venturini (۲۰۱۵) نیز عنوان شده است. هم‌چنین حضور بیش‌ترین فراوانی ماکروبنتوزها در ایستگاه چهار می‌تواند به‌دلیل لومی- ماسه‌ای بودن این ایستگاه باشد که نسبت به ایستگاه‌های بالادست دارای بستر قلوه‌سنگی بوده و قابلیت ذخیره و پتانسیل جذب مواد آلی بالاتری نسبت به بستر قلوه‌سنگی که درشت‌تر هستند را دارد (Quigley، ۱۹۸۶). نتایج حاصله از بررسی تنوع زیستی توسط پذیرا و همکاران (۱۳۸۷) بر روی رودخانه دالکی و حله بوشهر نشان می‌دهد که تنوع زیستی در ایستگاه‌های بالادست بیش‌تر از ایستگاه‌های پایین‌دست می‌باشد و با نتایج این بررسی مطابقت دارد. البته تفاوت‌هایی وجود دارد. در رودخانه دالکی و حله، ایستگاه‌ها با بستر قلوه‌سنگی تنوع بالاتری نسبت به ایستگاه‌های لومی ماسه‌ای داشتند و آن‌ها این امر را ناشی از ورود آلودگی به قسمت‌های پایین‌دست دانستند.

در تحقیق پذیرا و همکاران (۱۳۸۷) در رودخانه دالکی و حله، یک‌روزه‌ها فقط در بخش‌های بالایی بالاترین تعداد را نشان دادند و با حرکت به سمت پایین رودخانه دوبالان بالاترین تعداد را نشان دادند، اما در تحقیق حاضر در تمام ایستگاه‌ها یک‌روزه‌ها همواره فراوان‌ترین رده هستند. در خصوص شاخص‌های زیستی در کل دوره بین رده‌های ماکروبنتوزی شناسایی‌شده براساس نتایج مشخص گردید بیش‌ترین شاخص تنوع زیستی شانون مربوط به فصل پائیز و با میزان ۱/۹۹۹ و کم‌ترین میزان آن در فصل بهار با میزان ۱/۷۰۶ ثبت شده است و بیش‌ترین شاخص غالبیت سیمسون برعکس در فصل بهار و کم‌ترین آن در فصل پائیز بوده است زیرا شاخص تنوع با غالبیت سیمسون رابطه معکوس داد.

علت بالا بودن شاخص تنوع را در فصل پائیز علی‌رغم پایین بودن فراوانی در مقایسه با سایر فصول به‌خصوص بهار که دارای بالاترین فراوانی ماکروبنتوزی و پایین‌ترین میزان تنوع شانون است را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در فصل بهار با افزایش میزان مواد مغذی، جریان آب و بهبود شرایط محیطی از نظر میزان اکسیژن، میزان تولیدمثل در گونه‌های غالب افزایش‌یافته که بالا بودن غالبیت سیمپسون و تنوع شانون این امر را توجیه می‌کند و به‌دنبال آن کاهش تنوع و کاهش غالبیت و یکنواخت شدن جمعیت در پاییز رخ داده و فراوانی جمعیت به کم‌ترین میزان در فصل چهارم رسید که علت آن احتمالاً کاهش مواد غذایی و مواد آلی است. هرچند بیش‌ترین رده‌ها در ایستگاه‌ها در بهار مشاهده شده است، اما تراکم بالای یک‌روزه سبب کاهش شاخص تنوع‌زیستی، افزایش غالبیت و کاهش یکنواختی کامارگو شد. از طرفی بالاتر بودن شاخص تنوع شانون در تابستان در مقایسه با زمستان را می‌توان با اثر دما بر روی تنوع گونه‌ای بنتوزها توجیه کرد، بنتوزها در دمای بالاتر تنوع گونه‌ای بالاتری دارند، زیرا دمای پایین، متابولیسم و تولیدمثل را کاهش داده و باعث کاهش تنوع و افزایش غالبیت می‌شود که افزایش فراوانی یک‌روزه‌ها از ۴۹ درصد به ۶۱ درصد افزایش غالبیت را تائید می‌کند. پذیرا و همکاران (۱۳۸۷) نیز اثر دما را بر روی تنوع گونه‌ای بنتوزها در رودخانه دالکی و بوشهر اثبات کردند. باقری‌توانی و جمال‌زاده (۱۳۹۳) مطابق تحقیق حاضر بالا بودن شاخص تنوع شانون را در تابستان در مقایسه با زمستان در ناحیه مصبی رودخانه شیرود منتهی به دریایی خزر نشان دادند و علت آن را شرایط محیطی مناسب، افزایش دما و تولیدات بالا و کاهش تنوع گونه‌ای را در زمستان را به‌دلیل کاهش دما، آشفتگی

بستر عنوان کرد که با شرایط محیطی حاکم بر رودخانه شاپور هم‌خوانی دارد.

هم‌چنین بیش‌ترین فراوانی بعد از یک‌روزه‌ها، مربوط به دو بالان می‌باشد که در تمام فصول و ایستگاه‌ها به ثبت رسیدند. بسترهای گلی و دارای جنس بافت رسی، بستری مناسب برای رشد و تولیدمثل دوبالان می‌باشد (Hunter و همکاران، ۲۰۱۲). دوبالان در بسترهای گلی در ناحیه رودخانه‌ها حضور گیاهان افزایش می‌یابد که زیستگاهی مناسب برای تولیدمثل این دوبالان می‌باشد اما با توجه به این‌که در بستر ایستگاه‌ها در طول رودخانه شاپور بستر از نوع درشت‌دانه و قلوه‌سنگ می‌باشد. لذا دلیل فراوانی رده یک‌روزه‌ها قابل توجیه می‌باشد. این وضعیت در پژوهش پذیرا و همکاران (۱۳۸۷) نیز دیده شده است و یک‌روزه‌ها در ایستگاه‌هایی با بستر قلوه‌سنگی و درشت‌دانه بالاترین فراوانی را داشتند (پذیرا و همکاران، ۱۳۸۷).

با تغییر فصل، فراوانی گونه‌ای نیز دست‌خوش تغییر می‌شود، در فصل تابستان رده دوبالان از رده سوم به رده دوم و بعد از یک‌روزه‌ها صعود می‌کند اما در فصل پائیز دوبالان در رده اول قرار می‌گیرد. طبق نظر Quigley (۱۹۸۶) دو بالان جهت زادآوری نیاز به یک دمای خاص دارند و بالا رفتن دمای آب می‌تواند عامل مهمی در رهاسازی تخم‌ها باشد، بنابراین این تفاوت در تخم‌ریزی در دو محیط متفاوت ممکن است تنها به‌علت تغییر دمای آب باشد و نه سازش با محیط (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۶).

هم‌چنین در فصل پائیز رده یک‌روزه‌ها تا رده سوم پایین آمده و دوبالان در اولین رده قرار می‌گیرد. پذیرا و همکاران (۱۳۸۷)، افزایش دوبالان در مناطق پایین‌دست را با مقاومت بالای دوبالان به آلودگی و شرایط نامناسب مرتبط دانستند. افزایش سهم این رده در ایستگاه‌های مختلف در طول دو فصل تابستان و پائیز نشانه‌ای از نزول سطح کیفیت آب رودخانه است که شاید علت آن به‌دلیل کاهش دبی رودخانه در مقایسه با زمستان و بهار به‌عنوان فصولی با بارندگی و یا ورود فاضلاب به رودخانه باشد (پذیرا و همکاران، ۱۳۸۷). هم‌چنین فراوانی بالای ماکروبنتوزها در فصل زمستان و بهار (به‌ترتیب ۶۶۵۸ و ۸۰۴۰) در مقایسه با تابستان و پائیز (به‌ترتیب ۶۵۱۵ و ۴۶۵) مطالب بالا را در مورد کیفیت آب تأیید می‌کند. می‌توان گفت که تغییر در شاخص‌های تنوع در یک اکوسیستم آبی در دوره‌های متوالی می‌تواند بیانگر ایجاد تغییرات در شرایط محیطی باشد. همان‌طورکه برقراری ثبات در بستر و فراهم شدن شرایط مطلوب زیست موجب شکوفایی تنوع می‌گردد، بروز هرگونه آلودگی در آب‌ها یا وقوع تغییرات شدید جوی و یا محیطی نیز موجب کاهش تنوع و فراوانی فون ماکروبنتوزها خواهد شد (راستیان‌نسب، ۱۳۷۵). تغییرات دما روی بقا، رشد، متابولیک و فیزیولوژی موجودات اثر عمده‌ای می‌گذارد و استرس‌های حرارتی روی رشد و نمو گنادها و زمان تخم‌ریزی آن‌ها اثرات شایانی می‌گذارد، هم‌چنین نرخ متابولیسم و فعالیت موجودات با افزایش دما فزونی می‌یابد، دما هم‌چنین بر سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی و میزان اکسیژن مصرفی موجودات نیز اثر می‌گذارد (Bazenal، ۱۹۷۸).

به‌طورکلی ترکیبی از فاکتورهای مختلف مانند شرایط فیزیکی و شیمیایی آب بر شاخص‌های بیولوژیک و اکولوژیک ماکروبنتوزها در رودخانه شاپور مؤثر بوده است. تنوع و حضور بنتوزها به‌خوبی نشان‌دهنده تعادل اکوسیستم برای حمایت از زنجیره غذایی موجود در رودخانه شاپور است. جمعیت بنتیک‌ها حلقه مهمی در جریان انرژی از تولیدکنندگان اولیه به ماهی‌ها در این آب‌ها هستند. حضور جمعیت بنتوز به معنی وجود یک سیستم حمایتی برای ادامه حیات ماهی‌ها، پرندگان و انسان است. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد یک‌روزه‌ها در بهار، پائیز و زمستان بیش‌ترین فراوانی را داشته و در مجموع ۱۲ ماه بالاترین فراوانی را به‌خود اختصاص داده‌اند که این موضوع نشان‌دهنده شرایط غیر آلوده رودخانه است.

منابع

۱. **پذیرا، ع.؛ امامی، م.؛ کوه‌گردی، ا.؛ وطن‌دوست، ص. و اکرمی، ر.، ۱۳۸۷.** اثر برخی عوامل محیطی بر تنوع زیستی ماکروبنتوزهای رودخانه‌های دالکی و حله بوشهر. مجله شیلات. سال ۲، شماره ۴، صفحات ۶۵ تا ۷۰.

۲. **باقری‌توانی، م. و جمال‌زاده، ح.، ۱۳۹۳.** بررسی شاخص‌های بوم‌شناختی و زیستی ماکروبنتوزهای ناحیه مصبی رودخانه شیرود منتهی به دریای خزر. مجله علمی- پژوهشی زیست‌شناسی دریا. سال ۶، شماره ۲۳، صفحات ۸۱ تا ۹۶.

۳. **پروندی، ش.؛ عبدلی، ا. و هاشمی، ح.، ۱۳۹۵.** ارزیابی زیستی رودخانه جاجرود با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها. مجله بوم‌شناسی آبزیان. سال ۶، شماره ۱، صفحات ۲۰ تا ۳۲.

۴. **راستیان نسب، ا.، ۱۳۷۵.** بررسی لیمنولوژی رودخانه بشار. حفاظت محیط‌زیست استان کهگیلویه و بویراحمد. ۱۰۵ صفحه.

۵. **ریاضی، ب.، ۱۳۸۱.** بررسی بی‌مهرگان کف‌زی در ایستگاه گمیشان. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۵، شماره ۲، صفحات تا ۲۱۱.

۶. **شربتی، ص.؛ اکرمی، ر.؛ یلقی، س.؛ میردار، ج. و احمدی، ز.، ۱۳۹۱.** شناسایی، تعین فراوانی و زی‌توده جوامع ماکروبنتیک در آب‌های ساحلی جنوب‌شرقی دریایی خزر (استان گلستان). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۱، شماره ۴، صفحات ۲۳ تا ۳۲.

۷. **صائب، ک. ؛ تقوی، ل. و کاظمیان، ح.، ۱۳۹۵.** برآورد شاخص زیستی آلودگی و کیفیت آب رودخانه هراز با استفاده از جوامع ماکروبنتوزها. اکوهیدرولوژی. سال ۳، شماره ۱، صفحات ۴۵ تا ۵۳.

۸. **طباطبایی، ط. ؛ امیری، ف.؛ پذیرا، ا. و ممبینی، ش.، ۱۳۸۹.** مطالعه ساختار و تنوع اجتماعات ماکروبنتیکی رودخانه حله. مجله بیولوژی دریا. سال ۲، شماره ۱، صفحات ۳۷ تا ۴۶.

۹. **علیزاده، ب.؛ حسینی، ح. و اسماعیلی، م.، ۱۳۷۶.** بررسی لیمنولوژیک و حفظ تعادل اکولوژیک آب‌های داخلی بوشهر رودخانه‌های حله و مند. دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحات ۲۱ تا ۳۴.

۱۰. **فارسی، ا.؛ سیف‌آبادی، ج. و عوفی، ف.، ۱۳۹۲.** تأثیر پارامترهای محیطی بر تراکم، بیوماس و تنوع ماکروبنتوزهای سواحل استان بوشهر. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان. سال ۲، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۱.

۱۱. **گیلانی، ف.؛ نوروزی، م. و فغانی، ح.، ۱۳۹۲.** ارزیابی فون ماکروبنتوزهای رودخانه تجن در محدوده کارخانه چوب و کاغذ مازندران، ساری. مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر. سال ۷، شماره ۴، صفحات ۳۷ تا ۴۴.

۱۲. **میردار، ج.، ۱۳۸۳.** بررسی فراوانی میوبنتوزها و ارتباط آن‌ها با وضعیت رسوبات بستر در خورهای شمالی استان بوشهر. مجله علمی شیلات. سال ۵، صفحات ۱۵۲ تا ۱۵۴.

۱۳. **میرزاجانی، م.، ۱۳۸۲.** گاهی به چگونگی ماکروبنتوز ماکرو فون در ایستگاه انزلی. مجله علمی شیلات ایران. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. سال ۲، شماره ۵، صفحات۲۷ تا ۳۹.

۱۴. **نفیسی، م.، ۱۳۸۰.** شناسایی بی‌مهرگان آب‌های جاری. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران. صفحات ۲۴ تا ۳۱.

۱۵. **نیکویان، ع.، ۱۳۷۵.** بررسی تراکم، پراکنش، تنوع و تولید ثانویه بی‌مهرگان کف‌زی (ماکروبنتوزها) در خلیج چابهار. رساله دکتری (بیولوژی دریا)، واحد علوم تحقیقات تهران.

۱۶. **Bazenal, T., 1978.** Metnods for assessment of fish production in freshwater. T hivd edition. Blackwell scientific publication onford. London Edinburg-Melborn.

۱۷. **Ekeroth, N.; Blomqvist, S. and Hall. P., 2016.** Nutrient fluxes from reduced Baltic Sea sediment: effects of oxygenation and macrobenthos. Marine Ecology Progress Series. Vol. 544, pp: 77-92.

۱۸. **Giovanni, N.V.; Gorotti, E. and Tamanti, V., 2015.** Macrobenthos structure in the watershed of a river of central Italy. Italian Journal of Zoology. Vol. 2, pp: 34-41.

۱۹. **Holm, N.A. and Mchlntyre, A., 1981.** Methods for the study of marine benthos. IBP Hand book, No. lb second edition. Onford. 387 p.

۲۰. **Holme, N.A. and Mcintyre, A.D., 1984.** Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications, London.

۲۱. **Hunter, W.R.; Levin, L.A.; Kitazato, H. and Witte, U., 2012.** Macrobenthic Assemblage Structure and Organismal Stoichiometry Control Faunal Processing of Particulate Organic Carbon and Nitrogen in Oxygen Minimum Zone Sediments. Biogeosciences. Vol. 9, pp: 993-1006.

۲۲. **Krebs, C.J., 1994.** Ecology: the enperimental analysis of distribotion and abundans. Harper Collins, New york.

۲۳. **Keshavarz, M.; Dabbagh, A.B. and Soyuf Jahromi, M., 2016.** Biodiversity Indices for Macrobenthic Community structures of Mangrove Forests, Khamir Port, Iran. International Journal of Animal and Veterinary Sciences. Vol. 3, 1 p.

۲۴. **Kumar, A.; Sharma, M.P. and Yadav, N.S., 2016.** Assessment of River health of Chambal River based on Biological Communities, India. J. Mater. Environ. Sci. Vol. 6, pp: 3045-3053.

۲۵. **Mark, A.; Walag, P.; Oljae, M. and Canencia, P., 2016.** Physico-chemical parameters and macrobenthic invertebrated of the intertidal zone of Gusa, Cagayan de Oro CITY, Philipines. AES BIOFLUX. Vol. 8, No. 1, pp: 71-82.

۲۶. **Mohan, V.C.; Sharma K.K.; Sharma A. and Watts, P., 2013.** Biodiversity and abundance of benthic macroinvertebrates community of River Tawi in Vicinity of Udhampur City (J&K) India. International Research Journal of Environment Sciences. Vol. 2, pp: 17-24.

۲۷. **Muniz, P. and Venturini, N., 2015.** Macrobenthic Communities in A Temperate Urban Estuary of High Dominance and Low Diversity: Montevideo Bay (Uruguay). Cicimar Oceánides. Vol. 30, pp: 9-20.

۲۸. **Mustapha, M. and Yakubu, H., 2015.** International Journal of Environmental Science and Development. Lakes, reservoirs and ponds. Vol. 9, pp: 56-66.

۲۹. **Prabhu, H.V.; Lakshmipathi, M.T.; Teum, K.; Hailemichael, H.; Btsuamlak, S.; Zeresenay, S.; Ramachandra Naik, A.T. and Ramesha, T.J., 2016.** Macro benthos-sediment relationship in intertidal waters of Hirgigo Bay: Massawa, Eriteria, N.E., Africa. International Journal of Advanced Scientific and Technical Research. Vol. 6, pp: 303-315.

۳۰. **Patial, P.; Hassan, M.A. and Mishra, A.P., 2015.** Macrobenthic diversity during pre and post drought period of a floodplain wetland in Vishal district of Bihar. International Journal of applied biology and phamacetical technology. Vol. 6, No. 2, pp: 294-298.

۳۱. **Pawar, P.R., 2015.** Monitoring of pollution using density, biomass and diversity indices of macrobenthos from mangrove ecosystem of Uran, Navi Mumbai, and West Coast of India. International Journal of Animal Biology. Vol. 1, pp: 136-145.

۳۲. **Putro, S.P. and Hariyati, R., 2012.** Assessment of environmental quality of coastal fishpond areas using macrobentic structur: multivariate and graphic approaches. International conference on applied life science. Turkey. Septamber pp: 10-12, 415-421.

۳۳. **Putro, S.P.; Widowati, P. and Suhartana, D., 2015.** Assessment Level of Severity of Environmental Disturbance Caused by Aquaculture Activities Using Abundance-Biomass Curves of Macrobenthic Assemblages. International Journal of Environmental Science and Development. Vol. 6, pp: 178-181.

۳۴. **Quigley, M., 1986.** Invertebrates of streams and rivers. A key to Identification, Edward Arnold PublisherLTD.

۳۵. **Saravi, H.; Solimaniroudi, A.; Makhlogh, A.; Negarestan, H. and Eslami, F., 2013.** An investigation of the relation between dominant orders of macrobenthos and environmental parameters in the southern Caspian Sea using canonical correspondence and principle component analyses. Oceanography. Vol. 4, pp: 1-7.

۳۶. **Sarker, J.; Patwary, S.A.; Uddin, B.; Hasan, M.; Tanmay, M.H.; Kanungo, I. and Parvej, M.R., 2016.** Macrobenthic community structure - an approach to assess coastal water pollution in Bangladesh. Fisheries and Aquaculture Journal. Vol.7, pp: 2-10.

۳۷. **Sivadas, S.K.; Ingole, B.S. and Fernandes, C.E.G., 2013.** Environmental gradient favours eunctionally diverse macrobenthic community in a Placer Rich Tropical Bay. The ScientificWorld Journal. pp: 1-12.

۳۸. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949.** The Mathematical Theory of Communication. Bell System Technical Journal. Vol. 27, pp: 379-423

۳۹. **Thilagavathi, B.; Varadharajana, D.; Manoharan, J.; Vijayalakshmi, S. and Balasubramanian, T., 2014.** Distribution and diversity of macrobenthos in different mangrove ecosystems of Tamil Nadu Coast, India. Aquaculture. Vol. 4, pp: 4-3.

۴۰. **Walag, A.M.P. and Canencia M.O.P., 2016.** Physico chemical parameters and macrobenthic invertebrates of the intertidal zone of Gusa, Cagayan de Oro City, Philippines. AES Bioflux. Vol. 8, pp: 71-82.

۴۱. **Zalmon, L.R.; Krohling, W. and Ferrelra, C.E.L., 2011.** Abundance and diversity patterns of the sessile macrobenthic community associated with environmental gradients in Vitória Harbor, southeastern Brazil. Zoologia. Vol. 28, pp: 641-652.