اولین همایش ملی هیدرولوژی و منابع آب ایران
1st National Conference on Hydrology and Water Resources of Iran
۲۴-۲۳ بهمن ماه ۱۴۰۳ – اهواز

ارزیابی کیفیت رودخانه کرخه بر اساس جوامع ماکروبنتوز و شاخص‌های زیستی

زهرا محمدی مکوندی*[۱]، خدیجه صانعی دهکردی[۲]، سمانه عبدویس[۳]، فربد چهرزاد[٤]، زینب شیرچی ساسی[٥]

۱- کارشناس گروه ارتقاء بهره‌وری و مصرف بهینه آب، شرکت بهره‌برداری از سد، نیروگاه و شبکه‌های آبیاری مارون، سازمان آب و برق خوزستان

۲- رئیس گروه ارتقاء بهره‌وری و مصرف بهینه آب، سازمان آب و برق خوزستان

۳- کارشناس دفتر تحقیقات، فناوری و پژوهش‌های کاربردی، سازمان آب و برق خوزستان

۴- شرکت مهندسین مشاورآساراب

۵- کارشناس آزمایشگاه دفتر محیط زیست و کیفیت منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای تهران

* mohammadi.z@kwpa.gov.ir

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی فراوانی ماکروبنتوزهای رودخانه کرخه، استان خوزستان و بررسی شاخص‌های زیستی انجام شد. نمونه‌برداری در دو فصل تابستان و زمستان توسط سوربر سمپلر و گرب انجام شد. از مجموع ٦ ایستگاه نمونه‌برداری در رودخانه کرخه تعداد ١٤ جنس و گونه از ۱۳ خانواده و ۱۱ راسته و ۳ شاخه ماکروبنتوز شناسایی گردید. در فصل تابستان ایستگاه پل سابله دارای بیش‌ترین مقدار شاخص غالبیت و کم‌ترین تنوع گونه‌ای و ایستگاه حمیدیه کم‌ترین غالبیت و بیش‌ترین تنوع گونه‌ای را نشان داد. در فصل زمستان بیش‌ترین غالبیت و کم‌ترین تنوع گونه‌ای ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های حمیدیه و رفیع و کم‌ترین میزان غالبیت در ایستگاه پای پل مشاهده شد. بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف، در فصل تابستان ایستگاه کرخه بعد از اراضی کشاورزی در طبقه کیفی عالی (فاقد آلودگی آلی قابل توجه) و ایستگاه‌های حمیدیه و یزدنو در طبقه کیفی متوسط (آلودگی آلی نسبتا قابل توجه) ارزیابی شد. همچنین در فصل زمستان ایستگاه پای پل در طبقه کیفی خیلی خوب و ایستگاه یزدنو در طبقه کیفی متوسط (آلودگی آلی نسبتا قابل توجه) ارزیابی شد.

کلید واژه‌ها: رودخانه کرخه، ماکروبنتوز، شاخص زیستی، خوزستان، کیفیت آب.

مقدمه

موجودات کفزی یا بنتوز به عنوان یکی از مهم‌ترین حلقه‌های زنجیره غذایی وابسته به رسوبات بستر مطرح می‌باشند. این موجودات بیشتر دوران حیات خود را در مجاورت یا داخل رسوبات به سر می‌برند و گروه متنوعی از جانوران کوچک نظیر لارو حشرات، سخت‌پوستان، کرم‌ها و نرمتنان را در بر می‌گیرند (Horne and Goldman, 1994). بنتوزها دارای پراکنش لکه‌ای هستند و قطعات دتریت کوچک و ظریف را به پروتئین تبدیل می‌نمایند و در نهایت به مصرف ماهی‌ها و پرندگان در آب‌ها می‌رسند. یکی از موثرترین روش‌ها جهت ارزیابی و پایش کیفیت آب در چند دهه اخیر استفاده از ماکروبنتوزها می‌باشد. تنوع و فراوانی ماکروبنتوزها برحسب شرایط محیطی متفاوت می‌باشد (محمدی روزبهانی و همکاران، ۱۳۹۲). مطالعات پیشین نشان داد ماکروبنتوزها از موجودات مستقر در همه اکوسیستم‌های آبی هستند که دارای تنوع گونه‌ای بالایی می‌باشند و به لحاظ مقاومت در برابر آلودگی علی‌الخصوص آلاینده‌های آلی و کاهش میزان اکسیژن محلول در آب با یکدیگر متفاوت می‌باشند؛ به طوری که برخی آن‌ها در آب‌های کاملاً تمیز و عاری از هرگونه آلودگی، برخی هم در آب‌های کاملاً آلوده زیست می‌کنند. این گروه موجودات را می‌توان به چهار گروه حساس به آلودگی، نیمه حساس، نیمه مقاوم و مقاوم تقسیم‌بندی نمود. لذا ماکروبنتوزها شاخص‌های مناسبی جهت برآورد سلامت زیستی رودخانه‌ها به شمار می‌روند و می‌توان از آنها برای پی بردن به وضعیت آلودگی رودخانه یا دیگر منابع آبی استفاده کرد (سه‌بری و همکاران، ۱۳۹۶). پس موجودات کفزی نیز مانند سایر گروه‌های زیستی از جمله پریفیتون‌ها و ماهیان می‌توانند به عنوان شاخص‌های زیستی عمل نمایند. با توجه به اینکه تغییرات ساختاری در ترکیب گونه‌ای این جوامع به آهستگی اتفاق می‌افتد، بنابراین امکان ردیابی استرس‌های محیطی وارد شده بر اکوسیستم‌های آبی در آن‌ها به شکل بهتری فراهم است. به خصوص این ارگانیسم‌ها در برابر آلودگی‌های آلی و اسیدی واکنش بهتری از خود نشان می‌دهند (Gray and Delanry, 2008). در نتیجه محاسبه شاخص‌های زیستی کیفی، این موجودات کمک شایانی به تحلیل‌های کیفی اکوسیستم‌های آبی می‌نماید (مهندسین مشاور آساراب، ۱۴۰۳).

حوضه آبریز کرخه در مناطق میانی و غربی رشته کوه‌های زاگرس واقع شده است. مساحت این حوضه در حدود ۵۰۷۶۴ کیلومتر مربع می‌باشد که حدود ۲۷۶۴۵ کیلومتر مربع آن در مناطق کوهستانی و ۲۳۱۱۹ کیلومتر مربع دیگر را دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهند. کوه الوند با ارتفاع ۳۵۸۰ متر و ارتفاعات کربن با ارتفاع ۳۶۴۵ متر مرتفع‌ترین نقاط این حوضه می‌باشند. کم‌ترین ارتفاع حوضه آبریز کرخه در دشت آزادگان و در حدود ۳ متر از سطح دریا می‌باشد. حوضه آبریز کرخه شامل استان‌های همدان، کرمانشاه، کردستان، ایلام، لرستان و خوزستان است. کرخه سومین رودخانه بزرگ ایران است. این رود از چشمه‌ای درون کوه گروین از سلسله جبال زاگرس در حوالی نهاوند سرچشمه می‌گیرد. این چشمه سرمنشا رود بزرگی می‌شود که در استان‌های همدان و کرمانشاه به نام گاماسیاب و در استان‌های ایلام و لرستان سیمره و با ورود به خاک خوزستان به نام کرخه نامیده می‌شود. کرخه تنها رودخانه‌ای است که از ۵ استان آبگیری می‌کند و به یک استان می‌شود. همین ویژگی کرخه را مهم‌ترین رودخانه دائمی غرب کشور ساخته است. کرخه پس از مسافتی در حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد شمال به جنوب سرانجام در مرز مشترک ایران و عراق به تالاب هورالعظیم می‌رسد. بیش از ۵۰ سد تنظیمی انحرافی و مخزنی بر روی این رودخانه تعریف شده است. که قالب آنها ساخته یا در حال ساخت می‌باشند. بیش از ۷ سد در استان همدان، ۱۵ سد در استان کرمانشاه، ۶ سد در استان ایلام، ۱۵ سد در استان لرستان و ۵ سد در استان خوزستان بر این رودخانه تعریف شده است (سازمان آب و برق خوزستان. ۱۴۰۱).

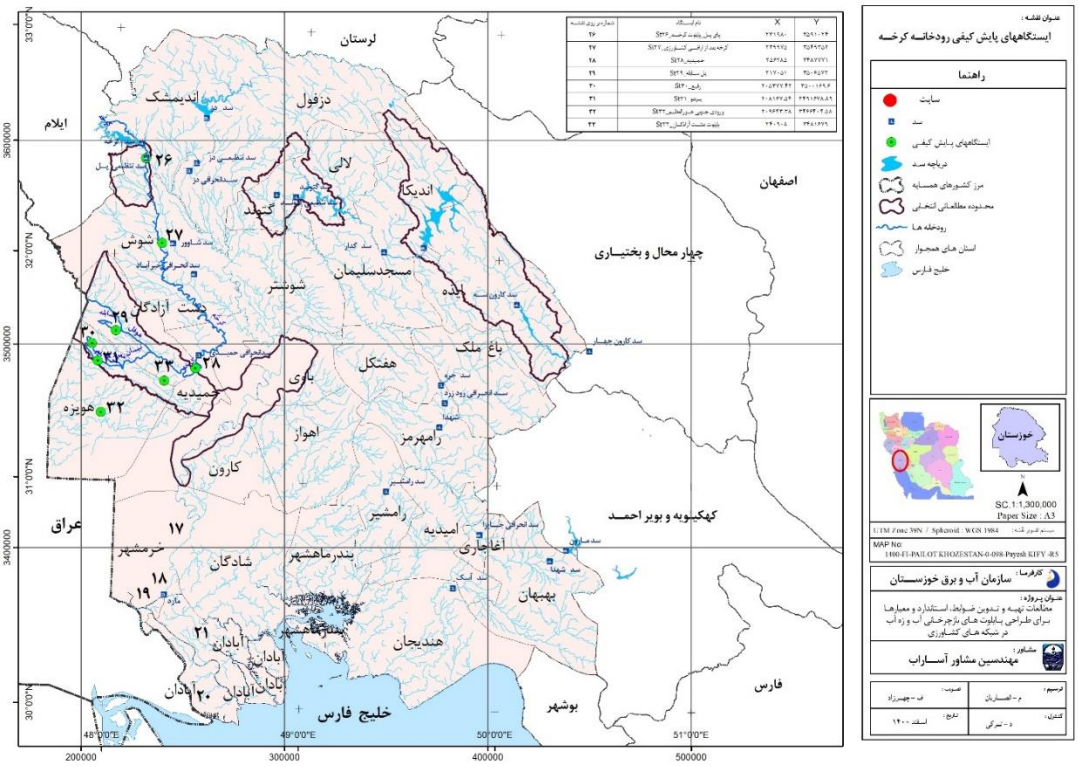
در منابع آبی ایران در سال‌های گذشته، به دلیل اهمیت ماکروبنتوزها در منابع آبی مطالعات مختلفی توسط محققان صورت گرفته است. که از آنها می‌توان به ارزیابی زیستی رودخانه دز با استفاده از ساختار جوامع ماکروبنتیک و شاخص هیلسنهوف (روغنی‌زادگان و همکاران، ۱۳۹۱)، ارزیابی زیستی رودخانه مارون و ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها (محمدی روزبهانی و همکاران، ۱۳۹۲)، ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه ماربر با استفاده از شاخص‌های زیستی و فون ماکروبنتوز (ملازاده، ۱۳۹۳)، مطالعه ساختار اجتماعات ماکروبنتیک به عنوان شاخص‌های آلایندگی در رودخانه جراحی (ممبینی و نبوی، ۱۳۹۱) و بررسی حساسیت ماکروبنتوزها به آلودگی و نقش آنها در ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های آبی (سه‌بری و همکاران، ۱۳۹۶) اشاره نمود. مطالعه حاضر با هدف شناسایی تنوع گونه‌ای ماکروبنتوزهای رودخانه کرخه و بررسی تنوع زیستی با استفاده از شاخص تنوع سیمپسون و شاخص زیستی هیلسنهوف انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۴۰۱ و در دو فصل تابستان و زمستان انجام گرفت. جهت برداشت نمونه‌های زیستی بستر رودخانه کرخه ابتدا ایستگاه‌های نمونه‌برداری (ایستگاه ۳۱-۲۶) مشخص شدند (شکل ۱). جهت نمونه‌برداری از تجهیزاتی نظیر نمونه‌بردار Surber Sampler و گرب Van Veen استفاده شد. از نمونه‌بردار Surber Sampler در نواحی از رودخانه با بستر قلوه سنگی و سنگلاخی و عمق آب کم و از گرب Van Veen در بسترهای گلی و با عمق آب زیاد استفاده می‌شود. برای برداشت نمونه ماکروبنتوز با استفاده از Surber Sampler، دهانه آن مخالف جریان آب رودخانه قرار گرفت و مساحت مشخصی از سطح بستر رودخانه در جلوی دهانه نمونه‌بردار با استفاده از دست خراشیده شد. با توجه به اینکه ماکروبنتوزهای کفزی در روی سطوح بستر رودخانه و در زیستگاه‌های

کوچکی در پشت قلوه سنگ‌ها و یا زیر سنگ‌ها زیست می‌کنند، بنابراین با برهم زدن و خراشیدن سطوح این سنگ‌ها، ماکروبنتوزها وارد تور جمع‌کننده انتهای Surber Sampler می‌شوند. نمونه‌های ماکروبنتوز جمع‌آوری شده به ظروف مخصوص منتقل شده و با استفاده از فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند. این نمونه‌ها با رعایت اصول استاندارد انتقال، به آزمایشگاه زیستی جهت شناسایی و شمارش منتقل شدند. شکل ۲ نمونه‌برداری از ماکروبنتوزهای رودخانه کرخه را از یکی از ایستگاه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد.

در بسترهای گلی با استفاده از گرب Van Veen، سطح معینی از رسوب بستر رودخانه که دارای نمونه ماکربنتوز می‌باشد برداشت شد. سپس رسوب برداشت شده با استفاده از الک استاندارد با مش ۵۰۰ میکرون شسته شد و پس از جدا نمودن ماکروبنتوزها از رسوب رودخانه، آنها را به بطری‌های مخصوص انتقال داده و پس از تثبیت به آزمایشگاه انتقال یافتند. شناسایی ماکروبنتوزها تا حد جنس/گونه بر اساس Standard Methods.2017,10500 انجام شد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در رودخانه کرخه (مهندسین مشاور آساراب، ۱۴۰۳)

شکل ۲-نمونه‌برداری ایستگاه ST 27 – رودخانه کرخه بعد از اراضی کشاورزی

جهت ارزیابی زیستی کیفیت آب بر اساس جوامع موجودات زنده از دو شاخص تنوع سیمپسون و شاخص زیستی هیلسنهوف استفاده شد. شاخص تنوع سیمپسون به منظور مقایسه فون موجودات زنده در یک منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری این شاخص از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

$$D= -(ni\times(ni-1) \div N\times (N-1)) \quad (۱)$$

در این رابطه، D مقدارشاخص غالبیت و N تعداد کل افراد در نمونه می‌باشد. عدد به دست آمده در شاخص غالبیت بین ۰ و ۱ متغیر است که عدد صفر مبین عدم وجود غالبیت در بین گونه‌ها و عدد ۱ به منزله وجود غالبیت شدید در بین گونه‌هاست.

شاخص زیستی هیلسنهوف میزان مقاومت خانواده‌ها نسبت به آلودگی آلی را از صفر (بسیار حساس) تا ۱۰ (بسیار مقاوم) طبقه‌بندی می‌کند. جدول ۱ طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص زیستی اصلاح شده هیلسنهوف را نشان می‌دهد.

$$HFBI = \Sigma\ [(TVi)\ Ni] / N \quad (۲)$$

که در این رابطه TVi مقدار عددی تحمل آلودگی در آن گونه، Ni تعداد افراد هر گونه و N تعداد کل افراد می‌باشد.

جدول ۱- طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص زیستی اصلاح شده هیلسنهوف

شاخص زیستی	کیفیت آب	درجه آلودگی آلی
۰ – ۳/۵	عالی	بدون آلودگی آلی
۳/۵۱ – ۴/۵	خیلی خوب	امکان آلودگی آلی کم
۴/۵۱ – ۵/۵	خوب	مقداری آلودگی‌های آلی
۵/۵۱ – ۶/۵	متوسط	آلودگی آلی نسبتا قابل توجه
۶/۵۱ – ۷/۵	نسبتا بد	آلودگی آلی قابل توجه
۷/۵۱ – ۸/۵	بد	آلودگی آلی بسیار قابل توجه
۸/۵۱ – ۱۰	خیلی بد	آلودگی آلی شدید

نتایج

بر اساس مشاهدات انجام شده در ایستگاه ST26 عرض، عمق و حجم جریان رودخانه کرخه زیاد و بستر آن قلوه سنگی بود. قبل از این ایستگاه، اراضی اطراف رودخانه فاقد کاربری و کوهستانی بود. پس از این ایستگاه کاربری اراضی اطراف رودخانه به کشاورزی در مقیاس وسیع تغییر یافته است. آب رودخانه در این ایستگاه به رنگ آبی و سبز روشن و فاقد کدورت است. در حاشیه رودخانه پوشش پراکنده گیاهی از نوع گیاه نی و گیاهان درختچه‌ای وجود دارد. اراضی حاشیه رودخانه در این ایستگاه، دارای کاربری کشاورزی می‌باشد.

در ایستگاه ST27 عرض، عمق و حجم جریان رودخانه زیاد بود. بستر رودخانه قلوه سنگی و شنی بود. آب رودخانه در این ایستگاه به رنگ آبی و سبز روشن و فاقد کدورت بود. در حاشیه رودخانه پوشش گیاهی مشاهده نشد. بر اساس بازدید میدانی انجام شده، رودخانه در این ایستگاه محل آبشخور دام بود. آب رودخانه در این ایستگاه به جهت آبیاری اراضی کشاورزی پمپاژ می‌شود.

ایستگاه ST28 در رودخانه کرخه در شهر حمیدیه قرار داشت. در این ایستگاه عرض، عمق و حجم جریان رودخانه زیاد و بستر آن ماسه‌ای و گلی بود. آب رودخانه در این ایستگاه به رنگ آبی و سبز روشن و دارای کدورت کم است. در حاشیه رودخانه پوشش گیاهی از نوع گیاه نی و گیاهان درختچه‌ای وجود دارد. اراضی حاشیه رودخانه در این ایستگاه، دارای کاربری مسکونی می‌باشد. زهاب و رواناب‌های خانگی روستایی به صورت آبراهه وارد رودخانه می‌شد. در حاشیه رودخانه محل تخلیه پسماندهای خانگی و نخاله‌های ساختمانی دیده شد. وجود قایق سنتی در حاشیه رودخانه نشان می‌داد که افراد محلی در رودخانه دام پهن نموده و صید ماهی انجام می‌دهند.

ایستگاه ST29 در رودخانه سابله در محل روستای فیروزآباد و در کنار ایستگاه هیدرومتری پل سابله قرار دارد. در این ایستگاه عرض، عمق، حجم آب و سرعت جریان رودخانه نسبت به شاخه‌های اصلی کرخه بسیار کمتر است. بستر رودخانه ماسه‌ای و گلی بوده و بارگذاری مواد آلی در آن زیاد است. آب رودخانه در این ایستگاه به رنگ آبی و سبز روشن و کدورت کم است. در حاشیه رودخانه پوشش گیاهی از نوع گیاه نی و گیاهان درختچه‌ای وجود دارد. اراضی حاشیه رودخانه در این ایستگاه، دارای کاربری کشاورزی می‌باشد. پساب و رواناب‌های خانگی روستایی به صورت آبراهه وارد رودخانه می‌شود.

ایستگاه ST30 در رودخانه نیسان در محل شهر رفیع قرار دارد. در این ایستگاه عرض، عمق، حجم آب و سرعت جریان رودخانه نسبت به شاخه‌های اصلی کرخه بسیار کمتر است. بستر رودخانه ماسه‌ای بود. آب رودخانه در این ایستگاه به رنگ سبز روشن و دارای کدورت کم است. در حاشیه رودخانه پوشش گیاهی از نوع گیاهان درختچه‌ای وجود دارد. اراضی حاشیه رودخانه در این ایستگاه، دارای کاربری کشاورزی و مسکونی می‌باشد. رودخانه در این ایستگاه محل شنا و آبشخور دام (گله گاومیش) می‌باشد. در حاشیه رودخانه قایق‌های پارویی مشاهده می‌گردد که به نظر می‌رسید اهالی محلی برای صید ماهی از آن استفاده می‌نمایند. زهاب و رواناب‌های خانگی روستایی به صورت آبراهه وارد رودخانه می‌شود.

ایستگاه ST31 در رودخانه کرخه نور در محل روستای یزدنو قرار دارد. در این ایستگاه عرض، عمق، حجم آب و سرعت جریان رودخانه نسبت به شاخه‌های اصلی کرخه بسیار کمتر است. بستر رودخانه گلی بود. آب رودخانه در این ایستگاه به رنگ سبز روشن و کدورت کم است. در حاشیه رودخانه پوشش گیاهی از نوع گیاه نی و گیاهان درختچه‌ای وجود دارد. اراضی حاشیه رودخانه در این ایستگاه، دارای کاربری کشاورزی و مسکونی می‌باشد. رودخانه در این ایستگاه محل آبشخور دام (گله گاومیش) می‌باشد. زهاب و رواناب‌های خانگی روستایی به صورت آبراهه وارد رودخانه می‌شود.

در این مطالعه، از مجموع ۶ ایستگاه نمونه‌برداری در رودخانه کرخه تعداد ۱۴ جنس و گونه از ۱۳ خانواده و ۱۱ راسته و ۳ شاخه طی نمونه‌برداری در فصول تابستان و زمستان ۱۴۰۱ شناسایی گردید. ساختار جوامع ماکروبنیتک رودخانه کرخه شامل نرمتنان (Muollusca)، بندپایان (Arthropoda) و کرم‌های حلقوی (Annelida) بود.

فراوان‌ترین ماکروبنتوز شمارش شده در فصل تابستان متعلق به خانواده Lumbriculidae در ایستگاه ST29 با میانگین فراوانی ۱۰۱۲ در متر مربع بوده است. کم‌ترین ماکروبنتوز در این فصل متعلق به جنس *Sabella sp.* در ایستگاه ST29 با میانگین فراوانی ۱۴/۷ در متر مربع بوده است.

همچنین در فصل زمستان فراوان‌ترین ماکروبنتوز رودخانه کرخه با میانگین تعداد ۹۲۶/۷ عدد در متر مربع متعلق به خانواده Lumbriculidae در ایستگاه ST31 شمارش شد. کمترین فراوانی نیز متعلق به جنس *Venus sp.* در ایستگاه ST29 و خانواده Libellulidae در ایستگاه ST31، *Chironomus sp* و *Ephemerella sp.* در ایستگاه ST 27 با میانگین تعداد ۱۴/۷ در متر مربع بوده است.

جدول ۲ میانگین تعداد ماکروبنتوزها در هر مترمربع از هر ایستگاه در رودخانه کرخه طی فصول تابستان و زمستان ۱۴۰۱ ارائه شده است. بر این در فصل تابستان ایستگاه ST 31 (یزدنو) با تعداد ۱۱۲۹ عدد در مترمربع بیشترین تعداد ماکروبنتوز را داشته و ایستگاه ST 30 (رفیع) فاقد ماکروبنتوز و در فصل زمستان ایستگاه یزدنو ST 31 با تعداد ۱۲۳۵ عدد در متر مربع دارای بیش‌ترین و کرخه بعد از اراضی کشاورزی ST 27 دارای کم‌ترین ماکروبنتوز بود. شکل ۳ برخی گونه‌های ماکروبنتوز شناسایی شده در رودخانه کرخه را نشان می‌دهد (شکل ۳).

جدول ۲- میانگین تعداد ماکروبنتوزها در هر مترمربع از هر ایستگاه در رودخانه کرخه – فصل تابستان و زمستان ۱۴۰۱

نام ایستگاه	فصل تابستان (میانگین تعداد در مترمربع)	فصل زمستان (میانگین تعداد در مترمربع)
پای پل – ST 26	۱۴۷	۲۲۰
کرخه بعد از اراضی کشاورزی – ST 27	۸۸۰	۲۹
حمیدیه – ST 28	۱۹۱	۳۵۲
پل سابله – ST 29	۱۱۱۵	۳۸۱
رفیع – ST 30	۰	۵۹
یزدنو – ST 31	۱۱۲۹	۱۲۳۵
میانگین تعداد در مترمربع	۵۷۷	۳۷۹
حداقل تعداد در مترمربع	۰	۲۹
حداکثر تعداد در مترمربع	۱۱۲۹	۱۲۳۵

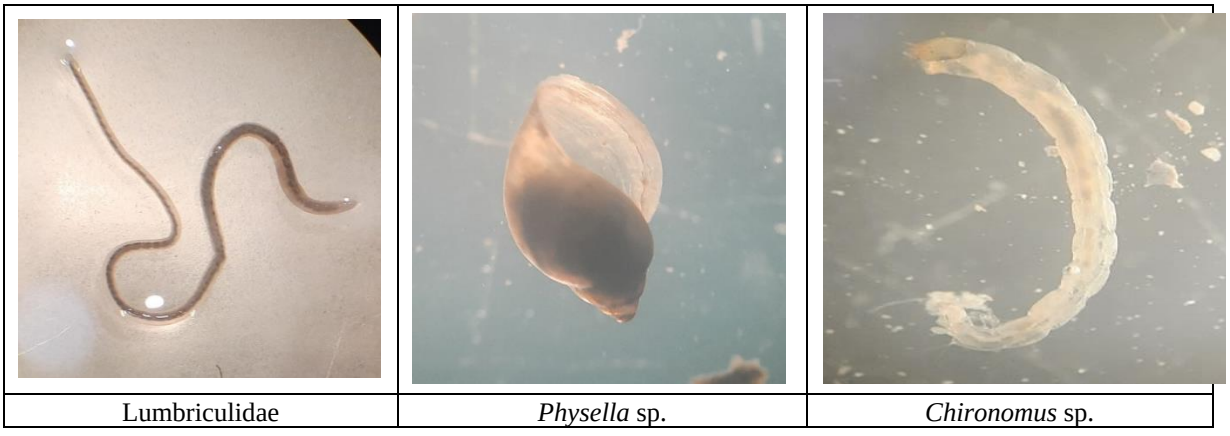
جداول ۳ و ۴ میانگین فراوانی (تعداد در هر مترمربع) گونه‌های مختلف ماکروبنتوز در در رودخانه کرخه در فصل تابستان و زمستان سال ۱۴۰۱ را نشان می‌دهند.

جدول ۳- میانگین فراوانی (تعداد در هر مترمربع) گونه‌های مختلف ماکروبنتوز در در رودخانه کرخه- تابستان ۱۴۰۱

شاخه (Phylum)	راسته (Order)	خانواده (Family)	جنس/گونه (Genus/Species)	تابستان					
				ST26	ST27	ST28	ST29	ST30	ST31
Muollusca	Pulmonata	Thiaridae	*Melanoides tuberculata*	۰	۰	۲۹/۳	۱۴/۷	۰	۱۶۱/۳
		Pyramidellidae	*Pyrgulina sp.*	۰	۰	۲۹/۳	۰	۰	۰
	Venerida	Veneridae	*Venus sp.*	۰	۰	۱۴/۷	۴۴	۰	۲۹/۳
Arthropoda	Diptera	Chironomidae	*Chironomus sp.*	۷۳/۳	۰	۰	۲۹/۳	۰	۱۴/۷
	Ephemeroptera	Ephemerellidae	*Ephemerella sp.*	۷۳/۳	۶۴۵/۳	۰	۰	۰	۰
		Caenidae	*Brachycercus sp.*	۰	۴۴	۰	۰	۰	۰
			Caenis sp.	۰	۱۳۲	۰	۰	۰	۰
	Hemiptera	Corixidae	-	۰	۵۸/۷	۰	۰	۰	۰
	Decapoda	Penaeoidae larvae	-	۰	۰	۲۹/۳	۰	۰	۱۳۲
Annelida	Lumbriculida	Lumbriculidae	-	۰	۰	۸۸	۱۰۱۲	۰	۷۹۲
	Canalipalpata	Sabellidae	*Sabella sp.*	۰	۰	۰	۱۴/۷	۰	۰

جدول٤- میانگین فراوانی (تعداد در هر مترمربع) گونه‌های مختلف ماکروبنتوز در ایستگاه‌های رودخانه کرخه- زمستان ۱۴۰۱

شاخه (Phylum)	راسته (Order)	خانواده (Family)	جنس/گونه (Genus/Species)	زمستان					
				ST26	ST27	ST28	ST29	ST30	ST31
Muollusca	Pulmonata	Thiaridae	*Melanoides tuberculata*	۰	۰	۰	۷۳/۳	۰	۷۳/۳
	Venerida	Veneridae	*Venus sp.*	۰	۰	۰	۱۴/۷	۰	۰
	Ellobiida	Ellobiidae	*Carychium tridentatum*	۰	۰	۰	۰	۰	۲۹/۳
	Hygrophila	Physidae	*Physella sp.*	۴۴	۰	۰	۰	۰	۰
Arthropoda	Diptera	Chironomidae	*Chironomus sp.*	۴۴	۱۴/۷	۰	۰	۰	۱۶۱/۳
	Ephemeroptera	Ephemerellidae	*Ephemerella sp.*	۱۳۲	۱۴/۷	۰	۰	۰	۲۹/۳
	Odonata	Libellulidae	-	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴/۷
Annelida	Lumbriculida	Lumbriculidae	-	۰	۰	۳۵۲	۲۹۳/۳	۵۸/۷	۹۲۶/۷

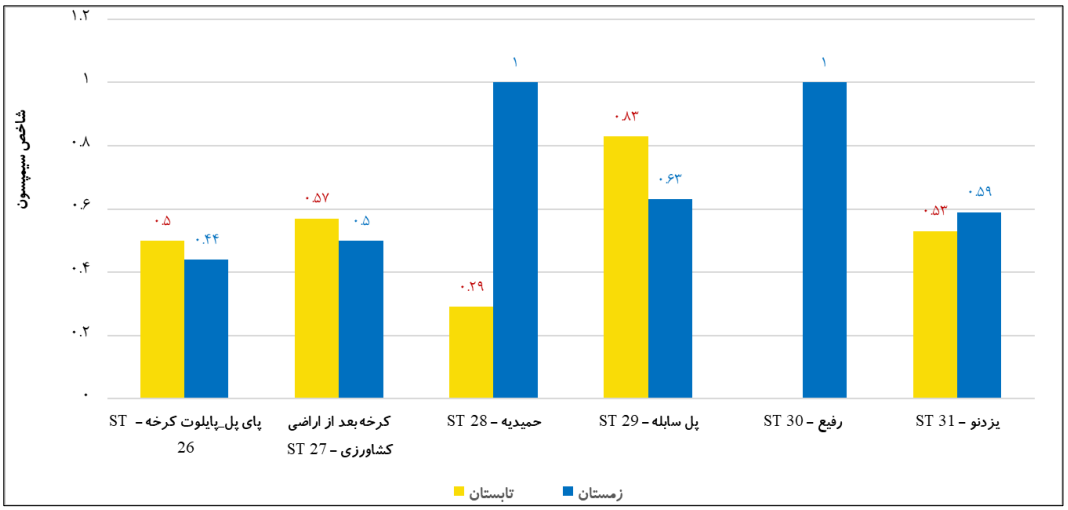


Lumbriculidae | *Physella* sp. | *Chironomus* sp.

شکل ۳- برخی گونه‌های ماکروبنتوز شناسایی شده در رودخانه کرخه

بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر، در رودخانه کرخه شاخص غالبیت (سیمپسون) ماکروبنتوزها در دو فصل تابستان و زمستان در شکل ۴ نشان داده شده است. در این رودخانه در فصل تابستان در ایستگاه ST 29 (پل سابله) بیش‌ترین غالبیت و کم‌ترین تنوع و در ایستگاه ST 28 (حمیدیه) بیش‌ترین تنوع و کم‌ترین غالبیت محاسبه گردید.

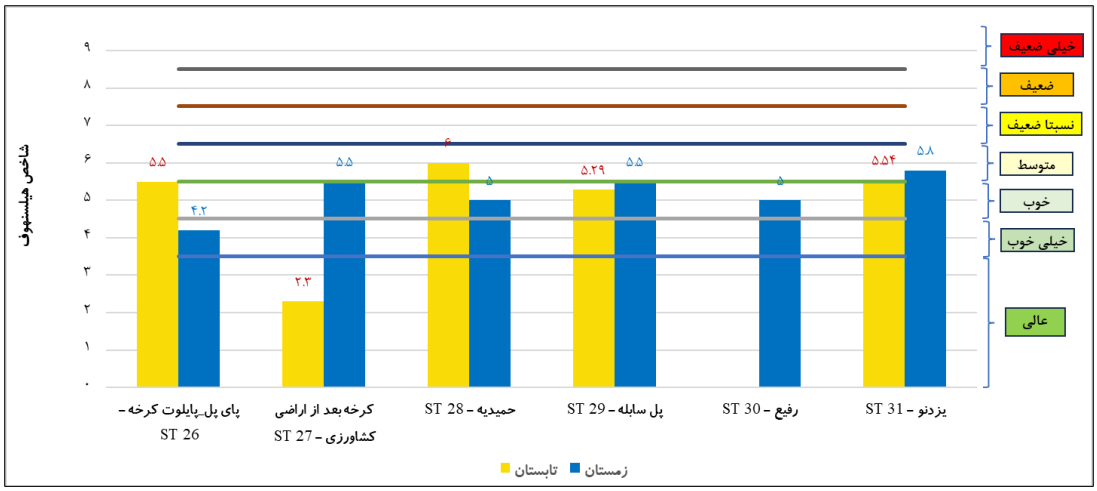
در فصل زمستان بیش‌ترین غالبیت و کم‌ترین تنوع گونه‌ای ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های ST 28 (حمیدیه) و ST 30 (رفیع) و کم‌ترین میزان غالبیت و بیش ترین تنوع گونه‌ای نیز در ایستگاه ST 26 (پای پل) مشاهده شده است.



شکل ٤- شاخص تنوع سیمپسون در ایستگاه‌های رودخانه کرخه – فصل تابستان و زمستان ۱۴۰۱

شکل ۵ شاخص زیستی هیلسنهوف بر اساس ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های رودخانه کرخه – فصل تابستان و زمستان ۱۴۰۱ را نشان می‌دهد. در رودخانه کرخه بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف و از نظر وضعیت کیفی و تجمع آلودگی آلی آب در فصل تابستان، ایستگاه ST 27 (کرخه بعد از اراضی کشاورزی) از نظر وضعیت کیفی در طبقه عالی (فاقد آلودگی آلی)، ایستگاه‌های ST 26 (پای پل)، ST 29 (پل سابله) در طبقه کیفی خوب (مقداری آلودگی آلی)، ایستگاه‌های ST 28 (حمیدیه) و ST 31 (یزدنو) در طبقه کیفی متوسط (آلودگی آلی نسبتا قابل توجه) ارزیابی شده اند. ایستگاه ST 30 (رفیع) به دلیل اینکه فاقد ماکروبنتوز بوده است، بنابراین امکان تعیین کیفیت آب براساس شاخص زیستی هیلسنهوف برای آن وجود ندارد. براساس نتایج شاخص زیستی هیلسنهوف تجمع آلودگی آلی آب رودخانه کرخه از ایستگاه‌های بالادست به سمت پایین دست روند افزایشی را نشان می‌دهد.

در فصل زمستان وضعیت تجمع آلودگی آلی در رودخانه کرخه بر مبنای شاخص زیستی هیلسنهوف به این شرح بوده است: ایستگاه ST 26 (پای پل) در طبقه کیفی خیلی خوب (آلودگی آلی کم) ، ایستگاه‌های ST 27 (کرخه بعد از اراضی کشاورزی)، ST 28 (حمیدیه)، ST 29 (پل سابله) و ST 30 (رفیع) در طبقه کیفی خوب (مقداری آلودگی‌های آلی) و ایستگاه ST 31 (یزدنو) در طبقه کیفی متوسط (آلودگی آلی نسبتا قابل توجه) ارزیابی گردید. در فصل زمستان نیز مانند تابستان مقدار عددی شاخص زیستی هیلسنهوف و تجمع آلودگی از ایستگاه‌های بالادست رودخانه به سمت پایین دست روند افزایشی را نشان می‌دهد.



شکل ۵- نمودار شاخص هیلسنهوف ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های رودخانه کرخه – فصل تابستان و زمستان ۱۴۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

ماکروبنتوزها عنصر کلیدی شبکه غذایی را تشکیل می‌دهند. اکثر موجودات کفزی ریزه‌خوار هستند. نقش اصلی آنها در زنجیره غذایی، تبدیل ذرات مواد آلی به ترکیباتی است که برای سطوح غذایی بالا مانند ماهی و خرچنگ مورد نیاز است. فیتوپلانکتون‌ها و ماکروفیت‌ها تامین کننده مواد آلی برای تجزیه‌کنندگان می‌باشند (قاسم‌زاده، ۱۳۸۳). این مطالعه با هدف شناسایی تنوع گونه‌ای، بررسی فراوانی و پراکنش ماکروبنتوزهای رودخانه کرخه در دو فصل تابستان و زمستان سال ۱۴۰۱ انجام شد. میانگین تعداد ماکروبنتوزها در هر مترمربع از ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده رودخانه کرخه در فصل تابستان برابر با ۵۷۷ عدد در متر مربع و در فصل زمستان برابر با ۳۷۹ عدد در متر مربع ارزیابی شد. تحقیق حاضر نشان داد که فراوانی ماکروبنتوزها در فصل گرم بیشتر از فصل سرد سال می‌باشد. مشابه این موضوع قبلا در نتایج مطالعه سالاری علی آبادی در سال ۱۳۹۸ در رودخانه بهمنشیر نیز نشان داده شد که فراوانی ماکروبنتوزها در فصل تابستان بیشتر از زمستان بود. بر اساس مطالعات مذکور این موضوع به این صورت قابل توجیه می‌باشد که در فصل تابستان (فصل خشک) به دلیل کاهش دبی جریان و همچنین به دلیل تلاطم کمتر آب نسبت به فصل زمستان، شرایط برای استقرار ماکروبنتوزها در رودخانه بهتر خواهد بود. علاوه بر آن کاهش سرعت جریان و افزایش دمای آب در فصل تابستان باعث می‌شود که تولیدات فیتوپلانکتونی رودخانه افزایش پیدا کرده و با ته نشین شدن آنها، مواد غذایی بیشتری در اختیار بی‌مهرگان کفزی قرار گیرد که این مسئله باعث افزایش فعالیت‌های زیستی از قبیل تغذیه، رشد و تولیدمثل این موجودات می‌شود، بدین ترتیب تراکم و پراکنش آنها افزایش می‌یابد (Sharbati *et al.*, 2013). همچنان که حرکت آب در جوامع پلانکتونی رودخانه و مصب رودخانه دارای اهمیت است، در کنترل پراکندگی بنتوزها نیز اهمیت دارد (قاسم‌زاده، ۱۳۸۳). الگوی توزیع جوامع ماکروبنتیک معمولاً به محیط بستگی دارد. متغیرهایی از جمله شوری، اندازه دانه، محتوای آلی و وجود آلاینده‌ها در این پراکنش دخیل می‌باشند (Snelgrove and Butman, 1994). بنابراین در مطالعه حاضر نیز بخشی از تراکم و تنوع ماکروبنتوزها متاثر از شدت حرکت آب رودخانه کرخه می‌باشد. زیرا جریان آب مواد غذایی را در اختیار جامعه کفزی قرار می‌دهد. ماکروبنتوزها به عنوان منبع غذایی اولیه برای ماهی‌ها و سایر موجودات هستند و در نگهداری، سلامت و پویایی اکوسیستم نقش دارند (Snelgrove, 1998). بر اساس پژوهش حاضر ساختار جوامع ماکروبنتیک رودخانه کرخه شامل نرمتنان، بندپایان، کرم‌های حلقوی می‌باشد. در مطالعه ممبینی و نبوی (۱۳۹۱) نیز ساختار اجتماعات ماکروبنتیک رودخانه جراحی نیز ترکیبی از دوکفه‌ای‌ها، شکم پایان، حشرات، سخت پوستان و زالو ارزیابی شد. در بررسی حاضر در مجموع تعداد ۱۴ جنس و گونه از ۱۳ خانواده و ۱۱ راسته و ۳ شاخه از ماکروبنتوزها در رودخانه کرخه شناسایی شد. محمدی روزبهانی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه خود طی دو فصل پاییز و تابستان، ۸ خانواده ماکروبنتوز را که به ۶ راسته و ۴ رده تعلق داشتند، در رودخانه مارون شناسایی نمودند. بر اساس مطالعه این پژوهشگران کم‌تاران فراوان‌ترین گروه ماکروبنتوزهای شناسایی شده بودند. این گروه عمدتا مقاومت زیادی در برابر آلودگی‌های آلی دارند و شاخص آب‌های آلوده هستند. در بررسی روغنی‌زادگان و همکاران (۱۳۹۱) که در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در رودخانه دز و طی دو فصل نمونه‌برداری انجام شد در مجموع ۱۸ گونه از ۵ رده جانوری ماکروبنتوزها شناسایی و شمارش شدند. در پژوهش این محققان بیش‌ترین فراوانی با حدود ۸۰٪ مربوط به کم‌تاران و پس از آن شکم‌پایان با ۱۴/۵٪ قرار داشتند. در ۴ ایستگاه از مجموع ۵ ایستگاه غالبیت با کم‌تاران بود. با توجه به نتایج مطالعه، این پژوهشگران پیشنهاد دادند که به دلیل تاثیر ناشی از ورورد فاضلاب‌ها و پساب‌های

صنعتی و زهکش‌های کشاورزی، ضروری است که تمامی صنایع در تصفیه فاضلاب تجدید نظر نموده و از آنجایی که بخش گسترده‌ای از بار آلودگی وارده به رودخانه ناشی از منابع الاینده غیرنقطه‌ای کشاورزی است، ضروری است این مساله در مطالعات آینده مد نظر قرار گیرد.

امروزه، در مطالعات تعیین کیفیت آب، بررسی حضور ماکروبنتوزها به عنوان شاخص‌های مکمل برای روش‌های شیمیایی تشخیص آلودگی‌ها شناخته شده است. با مطالعه تغییرات ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها و تنوع آنها می‌توان به پایش اثرات آلودگی اکوسیستم‌های آبی پرداخت (دشتی و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش آلودگی باعث کاهش تنوع و فراوانی گونه‌های ماکروبنتوزها می‌گردد. در حالی که در این مناطق آلوده گونه‌های فرصت‌طلب که شاخص بیان آلودگی هستند، غالب می‌گردند (Saunders *et al.*, 2007). در رودخانه کرخه شاخص تنوع سیمپسون در دو فصل تابستان و زمستان مورد بررسی قرار گرفت. در این رودخانه در فصل تابستان در ایستگاه ST 29 (پل سابله) بیش‌ترین غالبیت و کم‌ترین تنوع و در ایستگاه ST 28 (حمیدیه) کم‌ترین غالبیت و بیش‌ترین تنوع گونه‌ای به چشم می‌خورد. در فصل زمستان بیش‌ترین غالبیت و کم‌ترین تنوع گونه‌ای ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های ST 28 (حمیدیه) و ST 30 (رفیع) و کم‌ترین میزان غالبیت و بیش‌ترین تنوع گونه‌ای نیز در ایستگاه ST 26 (پای پل) مشاهده شده است. مقدار عددی یک در شاخص غالبیت در حقیقت نشان می‌دهد، جمعیت نمونه‌برداری شده از اکوسیستم متعلق به یک گونه هستند. چنین پدیده‌ای در اکوسیستم‌هایی که تحت استرس شدید قرار دارند رخ می‌دهد و گونه‌های حساس حذف می‌شوند. از این طریق می‌توان به اختلافات شرایط محیط زیستی در منطقه پی برد و گونه‌های حساس به تغییرات را مشخص نمود. در عین حال که در مطالعه حاضر در فصل زمستان فراوان‌ترین ماکروبنتوز رودخانه کرخه با میانگین تعداد ۹۲۶/۷ در متر مربع متعلق به کرم‌های حلقوی Lumbriculidae در ایستگاه ST31 شمارش شد. در خصوص شاخص غالبیت ایستگاه ST30 در فصل تابستان می‌توان گفت که بستر رودخانه در این ایستگاه ماسه‌ای بود و با توجه به اینکه بسترهای ماسه‌ای دائما در حال به هم خوردگی بوده و از نظر زیستگاهی برای ماکروبنتوزها ثبات ندارند به همین دلیل در بیشتر موارد در این نوع بسترها، جمعیت‌های ماکروبنتوز تشکیل نمی‌شود. علی‌رغم اینکه در این ایستگاه بارگذاری مواد آلی در بستر رودخانه وجود دارد. در مجموع با توجه به نتایج شاخص تنوع سیمپسون و اینکه در ۳ ایستگاه در فصل زمستان این شاخص برابر با حداکثر است؛ بنابراین به دلیل شرایط موجود در رودخانه تنوع گونه‌ای کاهش یافته و تعدادی گونه‌های خاص غالبیت می‌یابند.

در تحقیق حاضر با ارزیابی شاخص زیستی هیلسنهوف براساس ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های رودخانه کرخه مشاهده شد که در فصل تابستان ایستگاه ST 27 فاقد آلودگی آلی قابل توجه و دارای وضعیت کیفیت آب عالی، ایستگاه‌های ST 26، ST 29 مواجه با کمی آلودگی آلی و وضعیت کیفیت آب خوب، ایستگاه‌های ST 28 و ST 31 مواجه با آلودگی آلی نسبتا قابل توجه با کیفیت آب متوسط می‌باشند. ایستگاه ST 30 (رفیع) به دلیل اینکه فاقد ماکروبنتوز بوده است، بنابراین امکان تعیین کیفیت آب براساس شاخص زیستی هیلسنهوف برای آن وجود ندارد. بنابراین براساس نتایج بررسی شده شاخص زیستی هیلسنهوف و همچنین تجمع آلودگی آلی آب رودخانه کرخه از ایستگاه‌های بالادست به سمت پایین دست روند افزایشی را نشان می‌دهد. در فصل زمستان وضعیت تجمع آلودگی آلی در رودخانه کرخه بر مبنای شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاه ST 26 با آلودگی آلی کم و از نظر طبقه کیفی خیلی خوب، ایستگاه‌های ST 27، ST 28، ST 29 و ST 30 مواجه با آلودگی آلی کم و از نظر کیفیت آب در دسته خوب و ایستگاه ST 31 باآلودگی آلی نسبتا قابل توجه و از نظر کیفیت آب در دسته متوسط طبقه بندی شده‌اند. در فصل زمستان مانند تابستان از ایستگاه‌های بالادست رودخانه به سمت پایین دست، شاخص هیلسنهوف و تجمع آلودگی آلی آب افزایش نشان داده است. بر اساس نتایج ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص‌های زیستی و همچنین مشاهدات میدانی صورت گرفته که نشان از ورود زهاب‌های کشاورزی و خانگی به رودخانه داشته است، وضعیت کیفیت آب رودخانه کرخه مورد تهدید آلودگی قرار گرفته است و از طرفی در حال حاضر برداشت‌های آب جهت مصارف کشاورزی سبب کم آب شدن رودخانه از بالادست به پایین دست می‌شود. لذا جهت حفظ کمیت و کیفیت آب رودخانه کرخه پیشنهاد می‌شود جهت ورود زهاب‌های کشاورزی و رواناب‌های خانگی روستایی تدابیری از قبیل تصفیه پیش‌بینی شود و از سوی دیگر برداشت‌های بیش از توان رودخانه به منظور حفاظت از رودخانه و حقابه تالاب هورالعظیم محدود گردند. همچنین پیشنهاد می‌گردد پایش کیفیت رودخانه کرخه به مدت یک سال و به صورت ماهانه از طریق ارتباط میان ماکروبنتوزها و شاخص‌های فیزیکو شیمیایی آب و دبی آب رودخانه در اولویت‌های تحقیقاتی قرار بگیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت شبکه‌های آبیاری و زهکشی و مدیریت نوآوری، توسعه فن‌آوری و پژوهش‌های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان و شرکت بهره‌برداری از سد، نیروگاه و شبکه‌های آبیاری مارون تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

۱- دشتی، س.، سبزقبائی، غ.، نظری پرچستان، س.، صادق صبا، م. ۱۳۹۲. ارزیابی زیستی پهنه‌های جزرو مدی خور سماعیلی ماهشهر با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی. علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۱، ۱۵ صفحه.

۲- روغنی‌زادگان، ن.، محمدی روزبهانی، م.، دهقان مدیسه، س. ۱۳۹۱. ارزیابی زیستی رودخانه دز با استفاده از ساختار جوامع ماکروبنتیک و شاخص هیلسنهوف. اولین همایش بین المللی بحران‌های زیست محیطی و راهکارهایی بهبود آن.

۳- سازمان آب و برق خوزستان. خوزستان،د جایگاه کهن‌ترین سازه های آبی بزرگترین سدها و مهم ترین شبکه‌های آبیاری در ایران.

۴- سه‌بری، س.، صفری، ا.، فراشی، ا. ۱۳۹۶. حساسیت ماکروبنتوزها به آلودگی و نقش آنها در ارزیابی سلامت اکوسیستمهای آبی. چهارمین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.

۵- شرکت مهندسین مشاور آساراب، ۱۴۰۳. گزارش تحلیل نتایج و بازه بندی کیفی رودخانه های کارون و کرخه. کارفرما: سازمان آب و برق خوزستان. ۱۱۹ صفحه.

۶- محمدی روزبهانی، م.، قنواتی، ز.، راسخ، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی زیستی رودخانه مارون با استفاده از شاخص BMWP و ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها. دومین همایش ملی حفاظ و برنامه ریزی محیط زیست.

۷- قاسم زاده، ف. ۱۳۸۳. لیمنولوژی اکولوژی آبهای شیرین. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۴۹ صفحه.

۸- ملازاده، ن. (۱۳۹۳). ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه ماربر با استفاده از شاخص های زیستی و فون ماکروبنتوز. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب، شماره ۱۹، صفحات: ۵۶-۴۷.

۹- ممبینی، ش.، نبوی، س.م.ب. ۱۳۹۱. مطالعه ساختار اجتماعات مایکروبنتیک به عنوان شاخص‌های آلایندگی در رودخانه جراحی (محدوده مقبره سید عاشور تا ورودی شهر شادگان). مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۱، صفحات ۱۲۵-۱۱۷.

10- Gray,N.F., Delaney, E. ۲۰۰۸. Comparison of bentic macroinvertebrate indices for the assessment of the impact of acid mine drainage on an Irish river below an abandoned Cu-S mine. Environmental Pollution ۱۵۵, ۴۰-۳۱.

11- Horne J.A. Goldman C.R. (1994). Phosphorus Cycling in the Water Column. In: Limnology, McGraw-Hill Inc., New York, 163-164.

12- Salari-Aliabadi M A. Biodiversity study and distribution of benthic polychaetes in Bakhmanshir River (Khuzestan). J. Aqua. Eco 2019; 9 (2) :150-162. URL: http://jae.hormozgan.ac.ir/article-1-818-fa.html.

13- Saunders J, Al ZahedKh M, Paterson D. 2007. The impact of organic pollution on the macrobenthic fauna of Dubai creek (UAE).Marine pollution Bulletin. 11:1715-1723.

14- Sharbati, S., Akrami, R., Yelghi, S., Mirdar, J., Ahmadi, Z. 2013. Identification, abundance and biomass of benthic communities in south east coasts of the Caspian Sea (Golestan Province).

15- Iranian Scientific Fisheries Journal. 21(4): 23-32.

16- Snelgrove., P.V.R. (1998). The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. Biodiversity & Conservation Volume 7, pages 1123–1132.

17- Snelgrove, P.V.R. and Butman, C.A. (1994) Animal-Sediment Relationships Revisited: Cause versus Effect. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 32, 111-177.

اولین همایش ملی هیدرولوژی و منابع آب ایران
1st National Conference on Hydrology and Water Resources of Iran
۲۴-۲۳ بهمن ماه ۱۴۰۳ – اهواز

Evaluation of Karkheh River Quality Based on Macrobenthic Communities and Biological Indicators

Zahra Mohammadi Makvandi*[1], Khadijeh Saneie Dehkordi[1], Samaneh Abdoveis[1], Farbod Chehrzad[2] , Zeynab Shirchi Sasi[3]

1- khuzestan water and power Authority
2. Asarab Consulting Engineers Company
3. Expert. Environment and Water Resources Quality Office, Regional Water Company of Tehran

* mohammadi.z@kwpa.gov.ir

ABSTRACT

The present study was conducted to investigate the abundance of macrobenthos in the Karkheh River, Khuzestan Province, and to investigate biological indices. Sampling was conducted in two seasons, summer and winter, using a sampler and a grapple. A total of 14 genera and species from 13 families, 11 orders, and 3 phylum were identified from a total of 6 sampling stations in the Karkheh River. In the summer, the Pol-e-Sableh station had the highest dominance index and the lowest species diversity, and the Hamidieh station showed the lowest dominance and the highest species diversity. In the winter, the highest dominance and the lowest species diversity of macrobenthos were observed in the Hamidieh and Rafi stations, and the lowest dominance was observed in the Pay-e-Pol station. Based on the Hilsenhof biological index, in the summer, the Karkheh station was evaluated in the high quality class (no significant organic pollution) after agricultural lands, and the Hamidieh and Yazdno stations were evaluated in the medium quality class (relatively significant organic pollution). Also, in the winter season, the Pay-e-Pol station was evaluated in the very good quality category and the Yazdno station in the medium quality category (relatively significant organic pollution.

Keywords: Karkhah River, Biological Index, Khuzestan, Macrobenthos, Water quality.