

ارزیابی زیستی کیفیت آب رودخانه سیروان (استان کردستان) بر اساس ساختار جمعیت ماکروبنتوزها

متین شکوری^{۱*} محمدعلی افرائی بندپی^۲، بهزاد رهنما^۲ و محمد کارد^۳

- (۱) محقق گروه اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.
*رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: matin.shakoori@yahoo.com
- (۲) استادیار گروه اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.
- (۳) کارشناس گروه اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۲

چکیده

افزایش رشد جمعیت و تقاضای بیشتر برای فعالیت‌های کشاورزی، اهمیت کیفیت و کمیت منابع آبی را افزایش داده است. تحقیق حاضر به منظور بررسی تراکم و فراوانی گروه‌های مختلف ماکروبنتوزها و تعیین کیفیت آب حوضه رودخانه سیروان در استان کردستان (شاخه رودخانه قشلاق و گاوه‌رود) به اجرا در آمد. نمونه برداری با استفاده از سوربر و از ۶ ایستگاه با سه تکرار از تیر ۱۴۰۲ تا خرداد ۱۴۰۳ به مدت یکسال (به صورت ماهانه) انجام شد. در مجموع تعداد ۳۳۴۸۹ از بی‌مهرگان کفزی متعلق به ۱۰ راسته و ۱۵ خانواده در ایستگاه‌های مورد بررسی شناسایی شدند. بیشترین میانگین تراکم در طی بررسی سالانه، به ترتیب در ایستگاه ۲ و ۵ ($932 \pm 203/46$) و $732 \pm 96/04$ عدد در مترمربع) و بیشترین میانگین زی‌توده در ایستگاه ۵ ($14/509 \pm 7/051$ گرم در مترمربع) بود. بیشترین تنوع ماکروبنتوزهای شناسایی شده از راسته Diptera بود. بیشترین تراکم متعلق به خانواده Chironomidae با 13286 ± 222 عدد در متر مربع بود که با ۴۰ درصد بیشترین درصد فراوانی را در بین خانواده‌های ماکروبنتوز در کل دوره نمونه برداری به خود اختصاص داد. کمترین تراکم متعلق به خانواده Potamidae با 29 ± 3 عدد در متر مربع بود. درصد فراوانی ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که کمترین و بیشترین فراوانی به ترتیب با ۳ درصد و ۲۶ درصد مربوط به ایستگاه ۳ و ۵ بود. بررسی وضعیت کیفیت آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که ایستگاه ۵ با میانگین شاخص هیلسنهوف ($5/30$) درجه آلودگی در حد نسبتاً قابل توجه و در طبقه کیفیت آب متوسط قرار گرفت. بر طبق نتایج به دست آمده ایستگاه ۵ که در شاخه گاوه‌رود واقع است، شرایط بهتری را نسبت به سایر ایستگاه‌ها نشان داد.

واژه‌های کلیدی: بزرگ بی‌مهرگان کفزی، سیروان، گاوه‌رود، شاخص زیستی هیلسنهوف، کردستان.

رودخانه‌ها عامل اصلی توسعه شهری و روستایی، کشاورزی و صنعتی محسوب می‌شوند و در بین منابع آبی، اکوسیستم‌های آب شیرین کمتر از ۱ درصد سطح جهان را پوشش می‌دهند (Keivany, 2016). بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان یکی از اجزای زنده اکوسیستم‌های آبی و از شاخص‌های تعیین تولیدات ثانویه محسوب می‌شوند و به‌عنوان قسمتی از زنجیره غذایی زیستگاه‌های آبی چندین نقش مهم دارند. آن‌ها در تغذیه و انتقال انرژی، جابجایی و چرخش مواد غذایی در اکوسیستم‌های آبی، معدنی کردن و بازیافت مواد آلی تولید شده در آب‌های آزاد و استخراج این عناصر از مواد خارجی ایفای نقش می‌کنند. ماکروبتوزها با تغذیه از جلبک‌ها، مواد آلی و تجزیه‌کننده‌ها و همچنین تبدیل شدن به غذای ماهیان و شکارگران بالادستی، نقش کلیدی در انتقال انرژی به‌عنوان حلقه‌های دوم و سوم زنجیره غذایی آبریان دارند و نمایه‌ای از میزان کل تولیدات و شاخصی برای تعیین کیفیت آب محسوب می‌شوند (Barakat et al, 2016). همچنین این موجودات بستری نسبتاً غیرمهاجر (مقیم)، بیانگر شرایط محلی می‌باشند و دارای دوره زندگی کافی برای نشان دادن کیفیت محیط زیست خود هستند (پیرعلی زفره‌ئی و ابراهیمی، ۱۳۹۵). برنامه‌های کنترل زیستی کیفیت آب عموماً بر اساس کنترل پارامترهای فیزیکی و شیمیایی است که بیانگر وضعیت لحظه‌ای محیط آبی هستند ولی ارزیابی زیستی با استفاده از موجودات شاخص نظیر بی‌مهرگان آبی نیز منعکس کننده تغییرات در گذر زمان است و از این جهت اهمیت بسزایی دارد. ماکروبتوزها یکی از عمومی‌ترین ابزارهای مورد استفاده به‌عنوان شاخص زیستی برای ارزیابی تأثیر آلودگی بر محیط‌های آبی هستند (Kim et al., 2020). با توجه به افزایش سریع جمعیت و نیاز فزاینده به تولیدات کشاورزی و منابع انرژی، استفاده صحیح و بهره‌برداری کامل از کوچک‌ترین منابع آبی موجود به‌ویژه در مناطق خشک‌تر جهان مورد توجه قرار گرفته است. سد ژاوه با ارتفاع ۸۶ متر و حجم ۹۵ میلیون مترمکعب (شرکت خدمات مهندسی برق مشانیر، ۱۳۹۷) بر روی سیروان، بعد از تلاقی دو شاخه اصلی قشلاق و گاو رود و با هدف فراهم آوردن ذخایر آبی برای جلوگیری از قحطی و کمبود آب در مواقع خشکسالی احداث شده است

(فضلی، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت کیفیت آب در اکوسیستم، داشتن یک برنامه پایش زیستی ضروری به نظر می‌رسد. داشتن اطلاعات لازم در خصوص تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی می‌تواند به مدیریت و حفاظت این اکوسیستم‌ها کمک کند. با توجه به این‌که رودخانه‌ها بخشی از ثروت ملی و طبیعی کشورمان هستند و از اهمیت خاصی برخوردارند و آلودگی آن‌ها سبب برهم خوردن تعادل طبیعی اکوسیستم می‌شود لذا هرگونه معطل آلودگی در رودخانه‌ها مورد تامل و بررسی است. رودخانه‌های زیادی در ایران و سایر کشورها بر اساس جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و شاخص‌های زیستی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (نادری‌جلودار و همکاران، ۱۴۰۲؛ نادری‌جلودار و همکاران، ۱۴۰۱؛ شکوری و همکاران، ۱۴۰۱؛ میرزاجانی و همکاران، ۱۴۰۱؛ افرائی‌بندی و همکاران، ۱۳۹۹؛ ویسی و همکاران، ۱۳۹۸؛ Wang, Gezie et al., 2023). لذا آگاهی از حضور جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی با توجه به نقش تغذیه‌ای و جایگاه اکولوژیکی ویژه آن‌ها به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی در تعیین کیفیت آب رودخانه حوضه سیروان ضروری است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

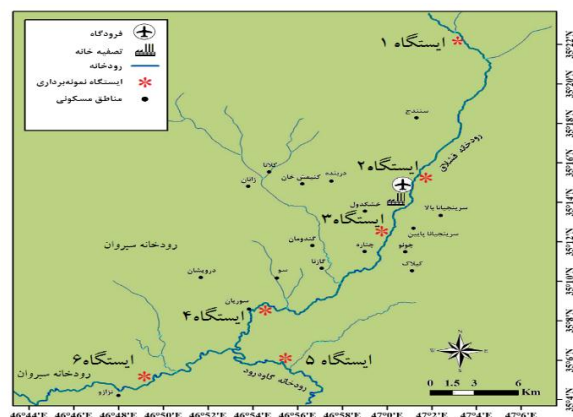
حوضه آبریز سیروان در بخش جنوبی استان کردستان واقع شده است. رودخانه قشلاق نیز جزء حوضه آبریز سیروان و یکی از سرشاخه‌های اصلی آن است که از شمال به جنوب جریان دارد و پس از عبور از شرق شهر سنندج (در فاصله ۲۰ کیلومتری سنندج با روستای بزانه) با رودخانه گاوهرود تلاقی می‌نماید (امانی و همکاران، ۱۳۹۰). پس از بازدید از منطقه مورد نظر و بررسی شرایط محیطی و کاربری‌های متفاوت (کشاورزی، نزدیکی به جاده و روستا) ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین شدند (قلی‌زاده و پاکروان، ۱۳۹۵) و تعداد ۶ ایستگاه در طول رودخانه تعیین شدند. شماره و نام ایستگاه-های نمونه برداری به همراه موقعیت جغرافیایی آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. ایستگاه ۱ در بالادست قشلاق رود، ایستگاه ۲ قبل از تصفیه خانه و ایستگاه‌های ۳ و ۴ در پائین دست تصفیه خانه و ایستگاه ۵ در شاخه گاوهرود و

قشلاق رود و گاوهرود انتخاب شدند (شکل ۱).



ب

ایستگاه ۶ در شاخه سیروان و در پشت سد بعد از تلاقی



الف

شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری (الف) و ایستگاه در شاخه گاوهرود (ب) در حوضه آبریز سیروان (۱۴۰۲-۱۴۰۳).

جدول ۱. شماره، نام و مختصات جغرافیایی اکوسیستم‌های مورد مطالعه در حوضه سیروان (۱۴۰۲-۱۴۰۳)

شماره ایستگاه	ایستگاه	مختصات جغرافیایی
۱	بالادست قشلاق (زیر پل)	۳۵° ۲۲' ۳۶"N ۴۷° ۰۱' ۱۲"E
۲	شاخه قشلاق رود قبل از تصفیه‌خانه (فرودگاه)	۳۵° ۲۲' ۶۱"N ۴۷° ۶۲' ۹۱"E
۳	شاخه قشلاق رود (پایین دست تصفیه‌خانه)	۳۵° ۱۲' ۱۲"N ۴۶° ۵۹' ۳۳"E
۴	شاخه قشلاق رود (حدود ۳ کیلومتر پایین تر از ایستگاه ۲ واقع شده است)	۳۵° ۰۸' ۰۸"N ۴۶° ۵۳' ۵۹"E
۵	شاخه گاوهرود	۳۵° ۰۵' ۰۴"N ۴۶° ۵۵' ۲۱"E
۶	شاخه سیروان (پشت سد)	۳۵° ۰۳' ۵۲"N ۴۶° ۴۹' ۵۱"E

برای سنجش تراکم از واحد تعداد در متر مربع و برای وزن بر حسب گرم در متر مربع استفاده شد. به منظور بررسی شرایط و کیفیت آب رودخانه از شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff, 1988) استفاده شد. شاخص زیستی هیلسنهوف از رایج ترین شاخص‌های زیستی است که تحمل به آلودگی آلی در موجودات نهرها را نشان می‌دهد. در این روش آب از نظر آلودگی به مواد آلی طبقه بندی شده و میزان شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (جدول ۲).

$$HFBI = \sum [(TVi) Ni] / N \quad \text{رابطه (۱)}$$

TVi ارزش تحمل آلودگی در آن گروه؛ Ni تعداد افراد هر گروه و N تعداد کل افراد می‌باشد (Hilsenhoff, 1988).

نمونه‌برداری و شناسایی: نمونه‌برداری از بی‌مهرگان کفزی با استفاده از سوربر و با سه تکرار از هر ایستگاه صورت گرفت. نمونه‌برداری از تیر ۱۴۰۲ تا خرداد ۱۴۰۳ به صورت ماهانه و با توجه به شرایط مساعد اکولوژیکی منطقه در زمان نمونه‌برداری از هر ایستگاه انجام شد. نمونه‌های جمع آوری شده با استفاده از الک ۵۰۰ میکرون شستشو، جداسازی و سپس با الک اتیلیک ۷۰ درصد تثبیت شدند (Ortiz and Puig, 2007) و به آزمایشگاه بتوزشناسی در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر (مازندران- ساری) انتقال داده شدند. شناسایی بزرگ بی‌مهرگان کفزی با استفاده از استریومیکروسکوپ نیکون مدل SMZ800 و کلیدهای شناسایی معتبر در سطح خانواده انجام شد (Edmondson, 1959; Needham, 1962; Hauer and Lamberti, 2007).

جدول ۲. طبقه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff, 1988)

درجه آلودگی	کیفیت آب	شاخص زیستی هیلسنهوف
بدون آلودگی	عالی	۰/۰-۳/۷۵
آلودگی بسیار ناچیز	بسیار خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
مقداری آلودگی	خوب	۴/۲۶-۵/۰۰
آلودگی در حد نسبتاً قابل توجه	متوسط	۵/۰۱-۵/۷۵
آلودگی قابل توجه	نسبتاً ضعیف	۵/۷۶-۶/۵۰
آلودگی خیلی زیاد	ضعیف	۶/۵۱-۷/۲۵
آلودگی شدید	بسیار ضعیف	۷/۲۶-۱۰/۰۰

آنالیز آماری داده‌های به‌دست آمده در محیط نرم‌افزار آماری SPSS V₂₂ در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه^۱ و ترسیم نمودارها در نرم‌افزار V₂₀₁₃ Excel انجام شد.

نتایج

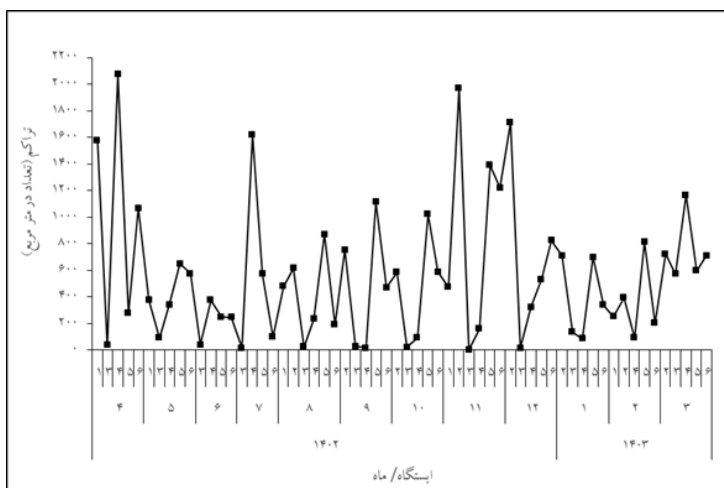
در مطالعه حاضر، تعداد ۳۳۴۸۹ نمونه بزرگ بی‌مهرگان کفزی از سه شاخه Artheropoda، Mullusca و Annelida مشاهده شدند. از شاخه Artheropoda ۳ رده Crustacea، Insecta و Malacostraca بودند که رده حشرات شامل ۳ راسته Diptera، Ephemeroptera، Terichoptera و از رده Crustacea، ۱ راسته Amphipoda و از رده Malacostraca، ۱ راسته مشاهده شدند. از شاخه Mollusca، ۲ رده Gastropoda و Bivalvia و ۳ راسته Spharida، Heterostroph و Hygrophila و از شاخه Annelidae شامل ۲ رده Oligochaeta و Hirudinae و ۲ راسته، به‌ترتیب Lumbriculida و Arhynchobdellida شناسایی شدند. در مجموع در این حوضه آبریز تعداد ۱۵ خانواده شامل Tipulidae، Simuliidae، Chironomidae، Lumbriculidae، Hydropsychidae، Heptageniidae، Potamidae، Baetidae، Glossiphoniidae، Tabanidae، Erpobdellidae، Physidae و Sphaeriidae، Valvatidae، Gammaridae، شناسایی و شمارش شدند. در مجموع راسته DIPTERA با ۴ خانواده متنوع‌ترین گروه بی‌مهرگان کفزی را در این بررسی نشان داد. شکل ۲ تغییرات میانگین تراکم ماکروبتوزها در کل ایستگاه‌های مورد بررسی را در طی یک‌سال نشان می‌دهد. میانگین سالانه تراکم ماکروبتوزها در ایستگاه ۱

۳ ایستگاه ۲ (۹۳۲±۲۰۳/۴۶)، ایستگاه ۴ (۸۹±۴۹/۷۸)، ایستگاه ۶ (۷۳۲±۹۶/۰۴) و ایستگاه ۵ (۵۴۸±۱۹۷/۳۲)، ایستگاه ۳ (۳۳۵±۲۰۳/۴۶)، ایستگاه ۴ (۸۹±۴۹/۷۸)، ایستگاه ۶ (۷۳۲±۹۶/۰۴) و ایستگاه ۵ (۵۴۸±۱۹۷/۳۲) عدد در مترمربع بود (شکل ۳ الف). بررسی آماری اختلاف معنی‌داری را بین میانگین تراکم در ایستگاه ۲ با سایر ایستگاه‌ها نشان داد ($p < 0.05$).

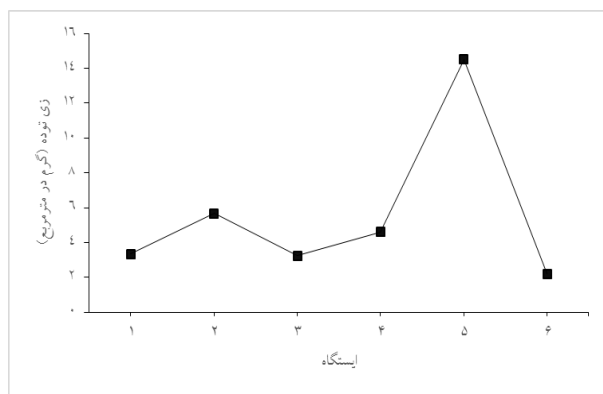
زی‌توده ماکروبتوزها در کل ایستگاه‌های مورد بررسی ۳۳/۵۸۷ گرم در مترمربع بود. میانگین سالانه تغییرات زی‌توده ماکروبتوزها در ایستگاه ۱ (۳/۳۵۲±۰/۹۰۵)، ایستگاه ۲ (۵/۶۷۷±۰/۷۸۲)، ایستگاه ۳ (۳/۲۴۱±۲/۸۸۷)، ایستگاه ۴ (۴/۶۰۳±۱/۵۶۸) و ایستگاه ۵ (۱۴/۵۰۹±۷/۰۵۱) و ایستگاه ۶ (۲/۲۰۵±۰/۴۷۲) گرم در مترمربع بود (شکل ۳ ب). بررسی آماری اختلاف معنی‌داری را بین میانگین زی‌توده در ایستگاه ۵ با سایر ایستگاه‌ها نشان داد ($p < 0.05$) که به‌دلیل حضور فراوان Gammaridae در این ایستگاه بود.

بررسی درصد فراوانی کفزیان در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که کمترین و بیشترین فراوانی به‌ترتیب با ۳ درصد و ۲۶ درصد مربوط به ایستگاه ۳ (شاخه قشلاق- پائین دست تصفیه خانه) و ایستگاه ۵ (شاخه گاوهرود) بود (شکل ۴). بررسی آماری اختلاف معنی‌داری را در این دو ایستگاه نشان داد ($p < 0.05$). درصد فراوانی خانواده‌های ماکروبتوز در کل دوره نمونه‌برداری در منطقه مطالعاتی مورد نظر نشان داد بیشترین فراوانی را خانواده Chironomidae (۴۰ درصد) که از راسته دوبالان و مقاوم به آلودگی است و بعد از آن خانواده Baetidae (۱۸ درصد) که درجه مقاومت به آلودگی متوسط دارند، نشان دادند. خانواده‌های Potamidae، Valvatidae و

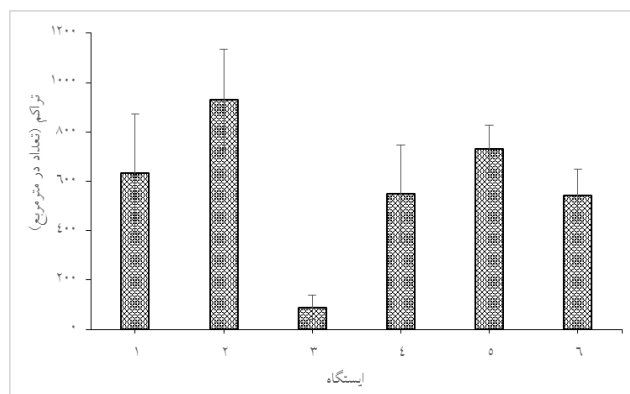
Tabanidae با کمتر از یک درصد کمترین فراوانی را در کل دوره نمونه برداری داشتند (شکل ۵).



شکل ۲. تغییرات میانگین سالانه تراکم (تعداد در متر مربع) بی مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مورد بررسی رودخانه سیروان (۱۴۰۲-۱۴۰۳)

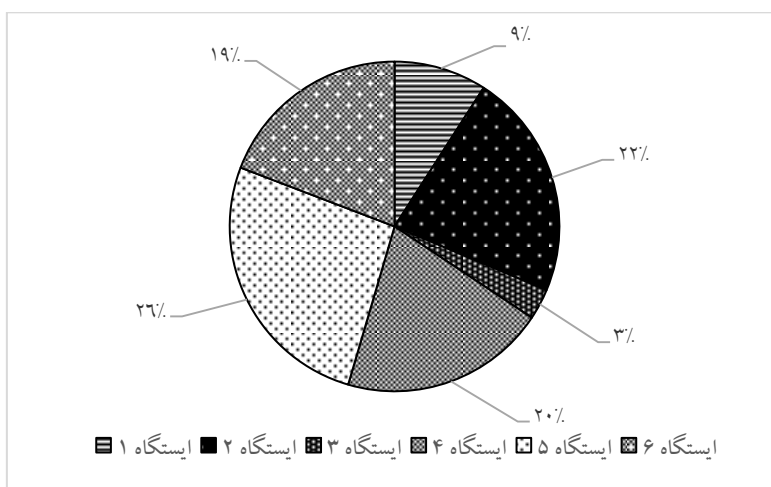


ب

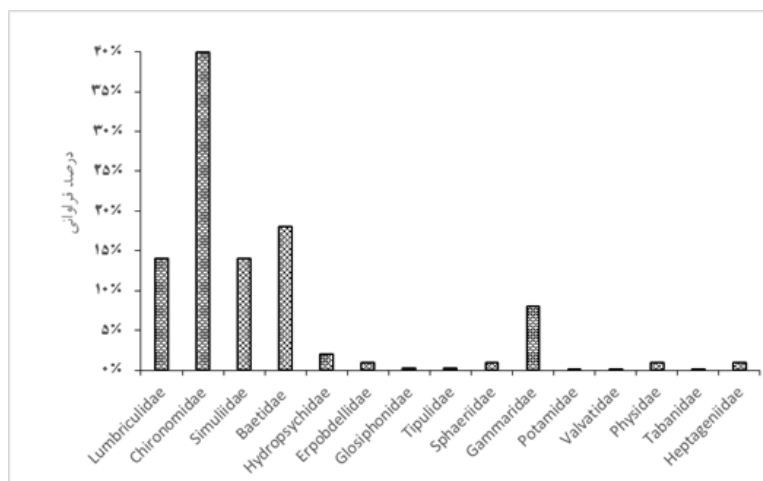


الف

شکل ۳. تغییرات میانگین تراکم (الف) و زی توده (ب) خانواده‌های بزرگ بی مهرگان کفزی در ایستگاه مورد بررسی رودخانه سیروان (۱۴۰۳-۱۴۰۲).



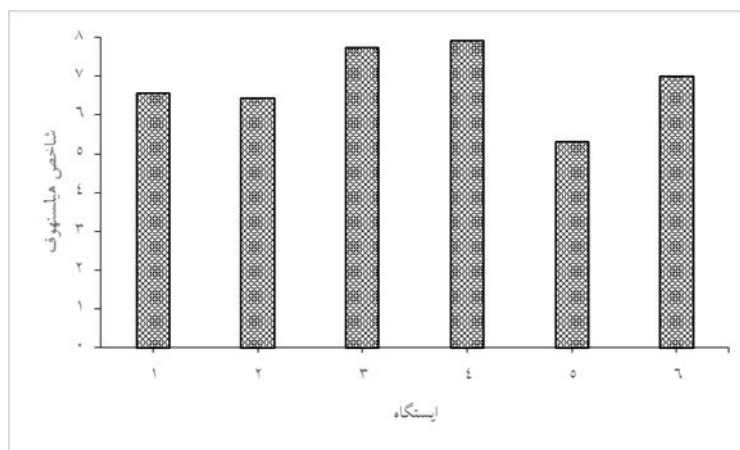
شکل ۴. درصد فراوانی بی مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مورد بررسی در کل دوره نمونه برداری رودخانه سیروان (۱۴۰۳-۱۴۰۲).



شکل ۵. درصد فراوانی گروه‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های مورد بررسی در رودخانه سیروان (۱۴۰۳-۱۴۰۲)

آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($p < 0.05$). کیفیت آب با استفاده از شاخص هیلسنهوف در ایستگاه ۵، در طبقه کیفیت آب متوسط و آلودگی در حد نسبتاً قابل توجه قرار گرفت.

شکل ۶ نتایج شاخص هیلسنهوف جهت تعیین کیفیت آب رودخانه سیروان در ایستگاه‌های مختلف و در طی یک‌سال را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر شاخص هیلسنهوف به ترتیب در ایستگاه‌های ۵ (شاخه گاوه‌رود) و ایستگاه ۴ (شاخه قشلاق رود و حدود ۳ کیلومتر پائین‌تر از ایستگاه ۲) به دست



شکل ۶. شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های مورد بررسی رودخانه سیروان در طی یک‌سال (۱۴۰۳-۱۴۰۲).

بحث و نتیجه‌گیری

رودخانه سیروان با جهت شرقی- غربی در غرب کشور (کردستان-سنندج) و در منطقه کوهستانی قرار گرفته است. وقوع سیلاب‌های شدید در این منطقه یکی از مهم‌ترین مخاطرات هیدرو-ژئومورفیک آن است و کارشناسان محلی علت وقوع سیلاب‌ها را تشدید ذوب برف‌ها و بارش‌ها بیان کردند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعه حاضر به صورت ماهانه و در طی یک‌سال انجام شد و در مجموع ۳۳۴۸۹ از بی‌مهرگان کفزی از ۱۰ راسته و ۱۵ خانواده جداسازی و شناسایی شدند. بیشترین تراکم و فراوانی را به-

بی‌مهرگان آبی در پایش‌های زیستی و تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها، از مهم‌ترین ارگانسیم‌ها هستند که بیشتر در آب-های جاری پراکنش داشته و بخش اعظم توده زنده را تشکیل می‌دهند (فومنی و همکاران، ۱۳۹۸). لذا آگاهی از حضور این جوامع با توجه به نقش تغذیه‌ای و جایگاه اکولوژیکی ویژه آن‌ها به عنوان یکی از شاخص‌های زیستی در تعیین کیفیت آب آن قبل از آبیگری سد و در راستای مطالعات ارزیابی اکوبیولوژیکی و آلاینده‌های محیط زیستی شاخه‌های رودخانه سیروان به منظور استفاده کشاورزی منطقه ضروری است.

ترتیب خانواده Chironomidae از راسته Diptera و خانواده Baetidae از راسته Ephemeroptera از رده حشرات داشتند. در تحقیق حاضر خانواده Chironomidae رتبه اول را از نظر فراوانی داشت که با مطالعات پیشین بر روی رودخانه سیروان مطابقت داشت (شکوری و همکاران، ۱۴۰۲). در سیستم‌های آلوده تنوع بزرگ بی‌مهرگان کفزی کم ولی دارای فراوانی بالایی هستند. در بررسی رودخانه‌ها در مناطق کوهستانی به غالب بودن حشرات در بررسی جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی اشاره شده است (ویسی و همکاران، ۱۳۹۸؛ میرزاجانی و همکاران، ۱۴۰۱؛ ملازاده و همکاران، ۱۳۹۳). رودخانه سیروان در مناطق کوهستانی واقع شده است و سرعت جریان آب و دبی آب بالا می‌تواند از دلایل افزایش جمعیت حشرات در این منطقه باشد. تراکم زیاد Chironomidae در شرایط محیطی با اکسیژن پائین و همچنین مقاوم بودن این خانواده نسبت به آلودگی (شهری و صنعتی) نیز گزارش شده است (میرزاجانی و همکاران، ۱۴۰۱). با وجود کوهستانی بودن منطقه و دبی نسبتاً بالای جریان در بسیاری از ایستگاه‌های رودخانه سیروان، بررسی ساختار جامعه ماکروبتوزی نشان داد که خانواده Chironomidae در اکثر ایستگاه‌ها از فراوانی بالایی برخوردار بوده‌اند. این وضعیت معمولاً در محیط‌های با کیفیت پایین‌تر آب و شرایط زیستی نامساعدتر مشاهده می‌شود و با انتظار اولیه از اکوسیستم‌های کوهستانی که باید تنوع زیستی بالاتر و حضور گونه‌های حساس‌تری داشته باشند، در تضاد است. عوامل متعددی می‌تواند تاثیرگذار باشد که مهم‌ترین آن‌ها ورود مقادیر قابل توجهی از مواد آلی از طریق پساب‌های شهری، به‌ویژه در ایستگاه‌های پایین‌دست تصفیه‌خانه فاضلاب باشد. این ورود پساب موجب افزایش بار آلی و در نتیجه کاهش اکسیژن محلول در برخی مناطق شده که شرایط را برای زیست گونه‌های مقاوم به آلودگی نظیر شیرونومیده‌ها مناسب نموده است. از سوی دیگر، ساختار فیزیکی بستر و هیدرودینامیک رودخانه نیز نقش مهمی دارد. لذا در این شرایط، ویژگی‌های طبیعی رودخانه (نظیر کوهستانی بودن، دبی بالا و اکسیژن محلول زیاد) دیگر عامل غالب تعیین‌کننده کیفیت زیستی در این منطقه نیستند، بلکه تأثیرگذاری فزاینده عوامل انسانی و ورود آلاینده‌ها موجب تغییر ساختار بوم‌شناختی بستر رودخانه شده

است. نادری‌جلودار و همکاران (۱۳۹۵) بیان کردند که در بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در پایاب سد سبلان خانواده Chironomidae که از خانواده‌های مقاوم به آلودگی است، درصد فراوانی قابل توجهی را در مقایسه با سایر گروه‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی نشان دادند که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. حضور بسیاری از خانواده‌های کفزیان در ارتباط مستقیم با شاخص‌های کمی و کیفی آب است. در بررسی حاضر، نتایج شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های مورد بررسی در طی دوره یک‌ساله از مقدار عددی میانگین $5/30$ تا $7/92$ متغیر بود و ایستگاه ۵ که در شاخه گاو رود قرار دارد، کمترین میزان شاخص هیلسنهوف ($5/30$) را نشان داد و درجه آلودگی در حد نسبتاً قابل توجه و در طبقه کیفیت آب متوسط قرار گرفت. بررسی کیفیت آب در سایر ایستگاه‌های تعیین شده در رودخانه سیروان که به کمک شاخص هیلسنهوف که در بین شاخص‌های بیولوژیک به‌گونه‌ای طراحی شده که بازتاب منطقی دقیق‌تری از میزان بار آلودگی دارد، کیفیت آب نسبتاً ضعیف تا بسیار ضعیف را نشان داد. شکوری و همکاران (۱۴۰۲) در بررسی شاخص هیلسنهوف رودخانه‌های قشلاق و گاو رود در طی ۴ فصل، گزارش کردند که مقدار عددی آن از $5/98$ تا $7/67$ متغیر بود و خانواده‌های Chironomidae و Lumbriculidae در تمام ایستگاه‌ها و فصول مختلف سال حضور داشتند که در واقع بیانگر بار متوسط تا زیاد آلودگی آب است که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در بررسی حاضر، خانواده Chironomidae در تمام ایستگاه‌ها و ماه‌های سال مشاهده شد که بیانگر بار متوسط تا زیاد آلودگی آب در این حوضه است. مشاهده افزایش جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی مقاوم به آلودگی بیانگر اثر فشارهای محیطی بر اکوسیستم رودخانه و در واقع تغییر در ترکیب جمعیت آن‌ها در جهت مصرف و جبران آشفته‌گی آن است. همچنین Hettige و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که افزایش فعالیت‌های کشاورزی در حاشیه اکوسیستم آبی سبب افزایش مقدار اکسیژن خواهی شیمیایی و زیستی دور از انتظار نیست و به‌طور مستقیم بر جوامع زیستی خصوصاً فراوانی و تنوع بزرگ بی‌مهرگان کفزی اثر می‌گذارد. در واقع می‌تواند محیط را برای گروه‌هایی که توان بالاتری برای سازگاری با شرایط آلودگی متوسط به مواد آلی دارند، فراهم

نماید. این شرایط برای برخی از گروه‌های کفزی غیر قابل تحمل بوده و نهایتاً منجر به کاهش تنوع و غالب شدن برخی دیگر می‌گردد (کاظم الغانمی و همکاران، ۱۴۰۳). میزان شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های مختلف، متغیر بود که می‌تواند به دلیل تفاوت در موقعیت مکانی آن‌ها باشد. ایستگاه ۵ در شاخه گاوهرود واقع است و ایستگاه‌های ۲، ۳ و ۴ که در پایین‌دست تصفیه‌خانه فاضلاب و در امتداد شاخه قشلاق‌رود قرار دارند، تحت تأثیر ورود پساب شهری بوده و از شاخص زیستی پایین‌تری برخوردار بودند. در پایان با استفاده از ارزیابی کیفی رودخانه سیروان با استفاده از جوامع کفزی در این دوره از نمونه‌برداری، می‌توان بیان کرد که شرایط کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد بررسی نامطلوب است و نیاز به پایش مستمر با تعداد ایستگاه‌های بیشتر و فواصل نزدیک‌تر ضروری است.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر بخشی از مطالعه پروژه "بررسی تنوع، فراوانی و زی‌توده جوامع ماکروبتوز شاخه‌های رودخانه سیروان (سد زاوه - سنندج) (۱۴۰۳-۱۴۰۲)" با کد مصوب (۰۲۰۸۴۸-۰۲۰۴۶-۱۰۰-۱۲-۷۶-۱۴) است. از ریاست و معاونت محترم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر و کلیه کارشناسان که در جهت اجرای این پروژه همراهی داشتند سپاسگزاریم.

منابع

افرائی‌بندی، م.ع.، شکوری، م.، نادری، م. و روحی، ا. (۱۳۹۹) گزارش مقدماتی بررسی سد میجران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۰ صفحه.

امانی، ک.، خوشنوازی، ر. و حلاج، ر. (۱۳۹۰) بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه قشلاق سنندج، طرح پژوهشی خاتمه یافته، ۸۶ صفحه.

پیرعلی‌زفره‌ئی، ا.ر. و ابراهیمی درچه، ع. (۱۳۹۵) معرفی چند شاخص زیستی مناسب برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه. نشریه آب و توسعه پایدار، ۳(۲): ۳۵-۴۲.

رضایی‌مقدم، م.ح.، نیک‌جو، م.ر.، مختاری، د.، حسین‌زاده، س.ر. و ملکی ح. (۱۳۹۵) برآورد دبی و تراز سیلاب‌های گذشته رودخانه سیروان با استفاده از شواهد

ژئومورفولوژیکی و سیلابی. مجله جغرافیای طبیعی، ۹(۳۳): ۱-۱۸.

شرکت خدمات مهندسی برق مشانیر. (۱۳۹۷) مطالعه پالایش کیفی سد زاوه. گزارش شرکت خدمات مهندسی برق مشانیر، ۹۲ صفحه.

شکوری، م.، افرائی‌بندی، م.ع. و نادری‌جلودار، م. (۱۴۰۱) تعیین کیفیت آب رودخانه سیروان بر اساس جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی. مجله ترویجی آبزیان دریای خزر، ۷(۱): ۱۳-۱۹.

شکوری، م.، افرائی‌بندی، م.ع. و نادری‌جلودار، م. و کریمیان، ع. (۱۴۰۲) بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه‌های قشلاق و گاوهرود (استان کردستان) بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI). مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۲(۴): ۶۳-۷۳.

فضلی، ح. (۱۳۹۷) گزارش ارزیابی ذخایر در طرح مطالعه لیمنولوژی و ارزیابی ذخایر سد آزاد سنندج به منظور انجام فعالیت‌های شیلاتی. سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۵۷ صفحه.

فومنی، آ.، قلی‌زاده، م.، هرسیج، م. و صلواتیان، س.م. (۱۳۹۸) بررسی تغییرات مکانی و زمانی جامعه درشت بی‌مهرگان کفزی رودخانه شنبه‌بازار، تالاب انزلی منتهی به دریای کاسپین. مجله بوم‌شناسی آبزیان، ۸(۴): ۸۷-۹۵.

قلی‌زاده، م. و پاکروان، م.ه. (۱۳۹۵) بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان آبی بر اساس شاخص‌های زیستی در رودخانه زرین‌گل، استان اصفهان. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۱(۸): ۲۲۱-۲۳۲.

کاظم‌الغانمی، س.م.، چمنی، ع.، عبدالله‌الموسوی، ا.ن.، رضائی‌توابع، ک. (۱۴۰۳) بررسی ارتباط برخی پارامترهای آب و رسوب با شاخص ارزش زیستی بی‌مهرگان کفزی در تالاب بین‌المللی چغاخور. مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدیدشونده، ۱۵(۱): ۴۷-۵۷.

ملازاده، ن. (۱۳۹۳) ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه ماربر با استفاده از شاخص‌های زیستی و فون ماکروبتوز. فصلنامه اکوبیولوژیکی تالاب، ۱۹(۶): ۵۶-۴۷.

میرزاجانی، ع.ر.، ولی‌پور، ع.ر. و زحمتکش، ی.ع. (۱۴۰۱) شناسایی و بررسی فراوانی و زی‌توده کفزیان به‌منظور

- River (Morocco) using multivariate statistical techniques. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(4): 284-292.
- Edmondson, W.T. (1959) *Fresh water biology*, John Wiley and Sons, Inc. Washington, 1248p.
- Gezie, A., Goshu, G. and Tiku, S. (2023). Ecological effect of a small dam on the macroinvertebrate assemblage and water quality of Koga River, Northwest Ethiopia. *Heliyon*, 9: e17285. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e17285/
- Hauer, F.R. and Lamberti, G.A. (2007) *Methods in stream ecology*, Elsevier Inc., 854p.
- Hettige, N.D., Hashim, R.B., Ash'aari, Z.H., Kutty, A.A. and Jamil, N.R. (2021) Multivariate statistical approaches to benthic macroinvertebrates and water quality for farming impact assessment in Selangor River, Malaysia.
- Hilsenhoff, W.L. (1988) Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of North American Benthological Society*, 7(1): 65-68.
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K. and Abdoli, A. (2016) *Atlas of Inland Water Fishes of Iran*. Iran Department of Environment Press, 218p.
- Kim, S., Lee, H.G., Kang, S.M. and Yu, O.K. (2020) The Influence of Manila Clam (*Ruditapes philippinarum*) on Macrobenthos Communities in a Korean Tidal Ecosystem. *Sustainability*, 12(10): 4205-4217.
- Needham, J.G. (1962) *A guide to the study of Fresh-water biology*. Holden-Dayinc., San Francisco, 107p.
- Ortize, J.D. and Puig, M.A. (2007) Point source effects on density, biomass and diversity of benthic macroinvertebrate in a Mediterranean stream. *River Research and Applications*, 23: 155-170. Retrieved from <https://sid.ir/paper/632592/en/>
- Wang, J., Ding, Ch., Heino, J., Jiang, X., Tao, H., Ding, L., Su, W., Huangand, M. and He, D. (2020) What explains the variation in dam impacts on riverine macroinvertebrates? A global quantitative synthesis. *Environmental Research Letters*, 15(12): 124028. DOI: 10.1088/1748-9326/abc4fc/
- تعیین کیفیت آب رودخانه بالیخلی چای اردبیل. مجله علمی شیلات ایران، ۳۱(۴): ۴۱-۵۱.
- نادری جلودار، م.، پورغلام، ر.، فارابی، م.و.، یوسفیان، م.، واردی، ا.، نجف‌پور، ش.، گنجیان، ع. و رستمیان، م.ت. (۱۳۹۵) مطالعه لیمنولوژیک پایاب سد سبلان به‌منظور احداث کارگاه ماهیان سردآبی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۶۰ صفحه.
- نادری جلودار، م.، پورنگ، ن.، افرائی‌بندپی، م.ع.، آذری، ع.، رحمتی، ر. و شکوری، م. (۱۴۰۲) استفاده از شاخص‌های ساپروفی و هیلسنهوف در ارزیابی کیفیت آب پایین‌دست رودخانه تجن به‌منظور رهاسازی بچه ماهیان. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، ۳(۱۱): ۲۳-۳۲.
- نادری جلودار، م.، نصراله‌زاده‌ساروی، ح.، رجبی، ا.، افرائی‌بندپی، م.ع.، شکوری، م.، روحی، ا.، مخلوق، آ.، فضلی، ح.، مکرمی، ع.، آذری، ع.، صفری، ر.، موسوی، ف. و متین‌فر، م. (۱۴۰۱) سنجش کارایی شاخص‌های بیولوژیک ماهیان و بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ارزیابی کیفیت آب سرشاخه‌های قشلاق و گاوه‌رود، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۵۶ صفحه.
- ویسی، ط.، احمدی‌فر، ن.ا.، آق، ن.، کمالی و م. (۱۳۹۸) تاثیر مزارع پرورش ماهی پالنگان بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه سیروان با استفاده از شاخص‌های زیستی هیلسنهوف و شانون. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۱۱(۳): ۳۴۵-۳۵۴.
- Barakat, A., El Baghdadi, M., Rais, J., Aghezzaf, B. and Slassi, M. (2016) Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia

BIOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE SIRVAN RIVER (KURDISTAN PROVINCE) BASED ON MACROINVERTEBRATE POPULATION STRUCTURE

Matin Shakoori^{1*}, Mohamad Ali Afraie Bandpei², Behzad Rahnema², Mahammad Kardar³

- 1) Researcher, Department of Ecology, Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran. *Corresponding Author Email Address: matin.shakoori@yahoo.com
- 2) Associate Professor, Department of Ecology, Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran.
- 3) Expert, Department of Ecology, Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran.

Date of Submission: 2025/05/29

Date of Acceptance: 2025/08/24

Abstract

With an increase in population and greater demand for agricultural activities, the importance of water resource quality and quantity has increased. The present study was conducted to investigate the density and abundance of different groups of benthic macroinvertebrate communities and determine the water quality of the Sirvan River basin in Kurdistan Province (Gheshlagh River and Gaveh Rood branches). Sampling was carried out using a Surber sampler and from 6 stations with three replicates monthly from July 2023 to June 2024 for one year. A total of 33489 benthic invertebrates belonging to 10 orders and 15 families were identified at the surveyed stations. The highest average density during the annual survey was at station 2 ($932 \pm 203.46 \text{ N/m}^2$) and station 5 ($732 \pm 96.04 \text{ N/m}^2$), respectively, and the highest average biomass was at station 5 ($14.509 \pm 7.051 \text{ g/m}^2$). The highest diversity of identified macroinvertebrates belonged to the order Diptera. The highest density belonged to the Chironomidae family ($13286 \pm 222 \text{ N/m}^2$), which accounted for the highest percentage of abundance among macrobenthic families in the entire sampling period with 40%. The lowest density was recorded for the family Potamidae ($29 \pm 3 \text{ N/m}^2$). The percentage of abundance of macrobenthos at different stations showed that the lowest and highest abundances were at stations 3 and 5, 3% and 26%, respectively. Assessment of water quality using the Hilsenhoff Biotic Index (HFBI) indicated that Station 5, located in the Gaveh Rood branch, had a relatively significant level of pollution (HFBI = 5.30), placing it within the "medium water quality" category. According to the results, Station 5 located in the Gaveh Rood branch, showed better environmental conditions compared to the other stations.

Keywords: Benthic macroinvertebrate, Gaveh Rud, Hilsenhoff index, Kurdistan, Sirvan.