DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

پایش کیفی رودخانه خرارود- دیسام استان گیلان با کمک شاخص‌های زیستی ماکروبنتوزها در دوره زمانی بیست‌ساله از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۶

احسان اسدی شریف و جاوید ایمانپور نمین*

ایران، صومعه سرا، دانشگاه گیلان، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۲۶

چکیده

این مطالعه باهدف ارزیابی زیستی و خود پالایی رودخانه خرارود-دیسام و تأثیرگذر زمان‌بر این رودخانه با کمک ماکروبنتوزها انجام شد. نمونه‌برداری از ماکروبنتوزها با استفاده از سوربر و با سه تکرار در هر ایستگاه انجام شد. در دوره اول نمونه‌برداری ۵ راسته و ۱۴ خانواده و در دوره دوم نمونه‌برداری نیز ۵ راسته و ۹ خانواده شناسایی شدند. میانگین غنای EPT در دوره اول نمونه‌برداری ۶۱/۴۲، که در طبقه کیفی "عالی" و در دوره دوم نمونه‌برداری ۱۲/۶۴ثبت شد که ازنظر کیفی در طبقه"نسبتاً خوب" قرارگرفت. نتایج حاصل از شاخص زیستی هیلسینهوف در حد خانواده نشان داد که در دوره اول این رودخانه از وضعیت"نسبتاً خوب" برخوردار است. (HFBI=۵/۲۲) و بهترین شرایط در ایستگاه سوم فصل پاییز مشاهده شد (HFBI=۳/۱۴)، همچنین وضعیت این شاخص در دهه ۹۰ روند خوبی داشته و در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی از وضعیت عالی برخوردار است (HFBI=۱/۴۵). نتایج حاصل از تعیین همبستگی هریک از عوامل محیطی با ماکروبنتوزها، عوامل محیطی با یکدیگر به‌وسیله آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) در محیط نرم‌افزار CANOCO 5 for Win نشان داد پارامترهایی مانند pH و BOD در فصل بهار و پارامترهایی مانند دما وEC در فصل تابستان به‌عنوان مهمترین متغیرهای اثرگذار بوده‌اند. نتایج حاصل از ترکیب شاخص‌های زیستی در رودخانه خرارود-دیسام نشان داد این رودخانه توان خود پالایی آلاینده‌هایی مانند پساب مزرعه قزل‌آلای رنگین‌کمان در طی ۲۰ سال را تا حدود زیادی داشته است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی رودخانه، پایش زیستی، خود پالایی

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۳۳۶۰۹۳۸، پست الکترونیکی: javidiman@gmail.com

مقدمه

آلودگی رودخانه در طی زمان و کاهش بایومس کفزیان یکی از مشکلات اساسی در رودخانه‌هاست. امروزه بشر چنان بی‌مهابا و لجام گسیخته منابع آبی را به نابودی می‌کشاند که حتی قوانین وضع شده و فشارهای قانونی و ملی نیز برای مهار آن کفایت نمی‌کند. رودخانه‌های منتهی به دریای خزر باتوجه به موقعیت جغرافیایی و دارا بودن ذخایر گیاهی و جانوری منحصربه‌فرد از اهمیت خاصی برخوردارند و هرگونه تغییر در اکوسیستم این رودخانه‌ها بر موجودات این مناطق تأثیرگذار خواهد بود. البته بایستی توجه کرد که اکثر رودخانه‌ها توان خودپالایی بالایی دارند و حوضه آبخیز به‌منظور حفظ تعادل خود مواد آلوده واردشده به این اکوسیستم را تا حدی که به ویژگی‌های بیولوژیک رودخانه آسیب نزند پالایش می‌کند (۲۲). توسعه روزافزون جوامع بشری اگرچه در ابتدا بسیار خوشایند است، لذا باگذشت زمان ممکن است صدمات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم‌هایی مانند رودخانه وارد کند.

جهت ارزیابی سلامت این اکوسیستم‌ها یکی از بهترین روش‌ها کاربرد شاخص‌های زیستی است. سابقه استفاده از

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

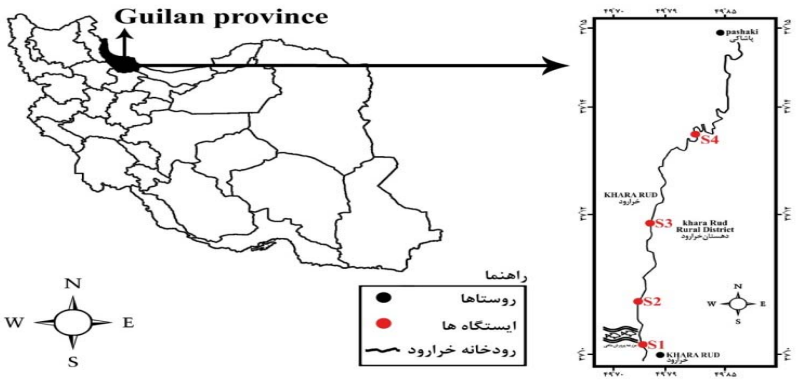
شاخص‌های زیستی و کاربرد ماکروبنتوزها برای طبقه‌بندی کیفیت آب به بیش از صد سال می‌رسد (۲۰). برای تعیین کیفیت آب‌ها از شاخص‌های متعددی براساس ارزیابی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی استفاده می‌شود به دلیل محدود بودن اطلاعات بدست آمده (ازنظر زمان و مکان)، امروزه از موجودات آبزی به‌عنوان شاخص کیفی آب بهره-های شایانی به عمل می‌آورند (۱۸). این روش که برای اولین بار در اروپا در سال‌های ابتدایی قرن بیستم، تحت عنوان پایش زیستی مبنی بر بررسی جانوران آبزی (مانند بی‌مهرگان بزرگ کفزی، ماهی‌ها و پریفیتون‌ها) به‌عنوان شاخص تعیین کیفیت مورد استفاده قرارگرفت (۱۹). ماکروبنتوزها یکی از مهمترین شاخص‌ها برای ارزیابی سلامت رودخانه‌ها هستند. امروزه کاربرد شاخص‌های زیستی جهت ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های آبی باتوجه به کم‌هزینه بودن و ارائه نتایج قابل‌قبول و داشتن ویژگی‌هایی مانند نمایش استرس‌های محیطی، اثرات تجمعی آلاینده‌ها و به دلیل نمونه‌برداری راحتر نسبت به سایر موجودات، طولانی بودن چرخه زندگی، داشتن تنوع زیاد و حضور در گستره‌های مختلف آلودگی (از شرایط محیطی غیرآلوده تا آلودگی شدید) بسیار رایج است (۱۷). شرایط مختلف اکولوژیکی مانند عمق، دما، فصل، شوری، رودخانه ملک رود وارد رودخانه دیسام می‌شوند. این رودخانه در طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۶ دستخوش تغییرات زیادی شده است که بارزترین این تغییرات احداث مزرعه پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در بالادست این رودخانه و افزایش دسترسی راحتر به این رودخانه و اکسیژن محلول، pH، میزان مواد آلی و دانه‌بندی رسوبات بستر بر روی پراکنش این بی‌مهرگان تأثیرگذار است (۱۴و ۱۶). این پارامترهای محیطی تحت تأثیر اثرات منطقه‌ای مانند آلودگی‌های جوی، فاضلاب‌ها، پساب‌های کشاورزی، احداث مزارع پرورش ماهی می‌باشند. در چند دهه گذشته فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های آبی تأثیر زیادی داشته است که یکی از این موارد احداث مزارع پرورش ماهی در کنار رودخانه‌ها می‌باشد (۲۳). بسیاری از این مزارع پرورش ماهی زه آب مزرعه را وارد رودخانه کرده و زیستگاه‌های آبی این بی‌مهرگان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. حال اگر گونه‌های حساس به آلودگی مانند برخی از جنس‌های خانواده هپتوگنیده در آن منطقه حاضر باشند آسیب‌دیده و گونه‌های مقاوم به آلودگی از خانواده‌هایی مانند شیرونومیده جایگزین آنها می‌شوند. رودخانه خرارود–دیسام یکی از رودخانه‌های پرآب حوزه دریای خزر می‌باشد. این رودخانه در بخش مرکزی شهرستان سیاهکل قرارگرفته است. براساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، جمعیت آن ۷۸۹۹ نفر بوده که این رقم در سال ۱۳۷۶ باتوجه به گزارشات موجود ۴۲۲ نفر بوده است (۲). رودخانه خرارود از قسمت بالادست از مجاور روستاهای اشکراب، گرد کوه، رودبارسرا و بالا محله خرارود (آغوزگوش) عبور کرده و وارد رودخانه گیل بام می‌شود که درنهایت این دو رودخانه به همراه ماسه‌برداری از حاشیه رودخانه است. این مطالعه باهدف بررسی سلامت اکوسیستم رودخانه خرارود–دیسام، خودپالایی این رودخانه و تغییرات زیستی در اکوسیستم بی‌مهرگان آبزی در طی سالهای ۱۳۷۶ و ۱۳۹۶ انجام شد.

مواد و روشها

دوره اول نمونه‌برداری به مدت یک سال از مهرماه ۱۳۷۶ لغایت شهریورماه ۱۳۷۸در رودخانه خرارود استان گیلان (به مدت ۹ ماه) انجام شد. باتوجه به اهمیت بررسی وضعیت رودخانه‌ها پس از گذشت مدت‌زمان ۲۰ سال مجدداً نمونه‌برداری بنتوزی از مهرماه سال ۱۳۹۶ لغایت شهریورماه ۱۳۹۷ (به مدت ۱۲ ماه) در ایستگاه‌های مشابه در این رودخانه صورت پذیرفت. ایستگاه‌های نمونه‌برداری باتوجه به شرایط رودخانه از قبیل در دسترس بودن در تمامی نقاط سال، ارتفاع از سطح دریا، سرعت آب، و توپوگرافی منطقه انتخاب شد. جزئیات ایستگاه‌بندی در جدول و شکل ۱ ذکرشده است. نمونه‌برداری از بی‌مهرگان

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

کفزی با کمک نمونه‌برداری سوربر به مساحت ۰/۱۶ مترمربع با چشمه تور ۱۰۰ میکرون انجام شد. در هر ایستگاه از سه‌نقطه رودخانه در کناره‌ها و وسط به مساحت ۱۰۰ مترمربع و به مدت یکسال صورت گرفت و برای این منظور ابتدا دستگاه نمونه‌برداری سوربر در خلاف جهت جریان آب رودخانه قرارگرفت. محتویات سوربر داخل یک ظرف پلاستیکی ریخته و با فرمالین ۴ درصد فیکس شدند. سپس نمونه‌ها جهت شناسایی به آزمایشگاه انتقال یافتند (۱۱).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نقشه منطقه مطالعاتی (رودخانه خرارود- گیلان)

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی در دو دوره در رودخانه خرارود-دیسام

ایستگاه	نوع بستر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
اول	سنگی-شنی	۳۷° ۱۰'۳۰"N	۴۹° ۷۹' ۵۳"E	۳۳۵
دوم	سنگی-شنی	۳۷° ۱۱' ۳۹"N	۴۹° ۷۹' ۵۲"E	۳۱۵
سوم	سنگی-شنی	۳۷° ۱۲' ۲۳"N	۴۹° ۷۹' ۴۳"E	۲۸۵
چهارم	سنگی-شنی	۳۷° ۱۳' ۱۸"N	۴۹° ۸۰' ۲۵"E	۱۷۱

جداسازی و شناسایی بزرگ بی‌مهرگان کفزی: برای شناسایی موجودات کفزی از لوپ‌های آزمایشگاهی و کلیدهای شناسایی معتبر استفاده شد (۱، ۵ و ۱۷).

بررسی پارامترهای محیطی مانند فاکتورهای فیزیکوشیمیایی رودخانه: جهت سنجش خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب برخی فاکتورها در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. تعیین میزان اکسیژن محلول، دما، pH، هدایت الکتریکی با کمک دستگاه‌های پرتابل مارک WTW(330i-330) در محل نمونه‌برداری انجام شد. برابر طبق دستورالعمل آزمایشگاه مرجع، در انتهای هر دوره نمونه آب در دو بطری ۱/۵ لیتری و با اضافه کردن ماده شیمیایی فیکس کننده (اسیدسولفوریک) به میزان ۱ سی‌سی به یکی از بطری‌ها صورت گرفت. سپس جهت اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی مانند BOD, TDS, NH_3 به آزمایشگاه آنالیز آب منتقل شد.

محاسبه شاخص‌های زیستی: امروزه به‌منظور طبقه‌بندی بیولوژیک و ارزیابی کیفیت آب ایستگاه‌ها شاخص‌های زیستی کاربرد رایجی دارد که در این تحقیق برخی از این شاخص‌ها به‌منظور بررسی کیفیت آب استفاده شد. گونه‌های متعلق به بی‌مهرگان کفزی نسبت به عوامل زنده و غیرزنده محیطی واکنش نشان داده و بر این اساس ساختار جمعیتی آنها به‌عنوان شاخصی از وضعیت عمومی اکوسیستم‌های آبی مورد توجه قرار می‌گیرد (۱۸).

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

شاخص زیستی EPT: کل گونه‌های شناسایی شده متعلق به راسته‌های Trichoptera، Plecoptera و Ephemeroptera می‌باشد که درواقع راسته‌های حساس به آلودگی به شمار می‌روند. مجموع فراوانی افراد متعلق به این سه راسته نیز در بیان کیفیت آب کاربرد دارند (جدول۲) (۱۱).

جدول۲- ارزیابی کیفی آب با استفاده از شاخص زیستی EPT

شاخص	فقیر	نسبتاً خوب - خوب	نسبتاً خوب	خوب	عالی
EPT	۰-۶	۷-۱۳	۱۴ – ۲۰	۲۱-۲۷	>۲۷

فراوانی EPT/CH: این نسبت عبارتست از فراوانی مجموع افراد متعلق به راسته‌های EPT به فراوانی کل افراد متعلق به خانواده Chironomidae است. در این شاخص EPT و Chironomidae به ترتیب به‌عنوان نماد موجودات حساس و مقاوم نسبی به تنش‌های محیطی مطرح هستند.

شاخص غنای گونه‌ای مارگالف: شاخص مارگالف از شاخص‌های غنای گونه‌ای می‌باشد که نشان‌دهنده حضور گونه‌هاست. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R=S-1/Ln(N)$$

که R غنای مارگالف، S تعداد تمام گونه‌ها و N فراوانی تمام گونه‌ها می‌باشد (۱۳).

شاخص زیستی هلسینهوف: رایج‌ترین شاخص‌های زیستی است که در سال ۱۹۹۸ اصلاح شده و تحمل به آلودگی آلی در موجودات نهرها را بیان می‌نماید. براین اساس برای هر خانواده دامنه متفاوتی بین ۰ تا ۱۰ در نظر گرفته می‌شود که هرچقدر در یک آبگیر آلودگی آلی بیشتر و موجود مقاومتر باشد، مقدار این شاخص نیز بیشتر خواهد بود (جدول۳) (۹). جهت محاسبه شاخص زیستی هلسینهوف از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$HFBI=\Sigma (x_i t_i) / n$$

X_i تعداد افراد در هر گروه، t_i ارزش تحمل آلودگی در آن گروه، n تعداد افراد کل

جدول۳- ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف

درجه آلودگی(آلی)	کیفیت آب	شاخص زیستی در سطح خانواده
آلودگی آلی وجود ندارد	عالی	۰-۳/۷۵
امکان آلودگی آلی بسیار اندک	خیلی خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
احتمال مقدار آلودگی آلی	خوب	۴/۲۶-۵/۰
آلودگی آلی نسبتاً قابل‌ملاحظه	مناسب	۵/۰۱-۵/۷۵
آلودگی آلی قابل‌ملاحظه	نسبتاضعیف	۵/۷۶-۶/۵۰
آلودگی آلی بسیار قابل‌ملاحظه	ضعیف	۶/۵۱-۷/۲۵
آلودگی آلی شدید	بسیار ضعیف	۷/۲۶ -۱۰

شاخص زیستی بوئر: ارزیابی کیفیت آب رودخانه با استفاده از شاخص بوئر و توسط معادله زیر انجام شد. براساس این شاخص آب‌های جاری ازنظر شدت و میزان آلودگی به چهار ناحیه تقسیم می‌شوند (جدول ۴). وضعیت زیستی آب‌های جاری جهت مشخص شدن طبقه کیفی باتوجه به جدول ۴ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۴).

$$Z= \Sigma O + 2\Sigma \beta + 3\Sigma \alpha + 4\Sigma P / \Sigma N$$

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

Z= وضعیت زیستی،ΣN= مجموعه فراوانی، ΣO= مجموع موجودات الیگوساپروب، ΣB = مجموع موجودات بتامزوساپروب، Σα= مجموع موجودات آلفامزوساپروب، Σp= مجموع موجودات پلی ساپروب

جدول۴- طبقه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص زیستی بوئر

طبقه کیفی	وضعیت زیستی
ناحیه الیگوساپروب با آلودگی کم	۱-۱/۵
ناحیه بتامزوساپروب با آلودگی متوسط	۱/۲-۵/۵
ناحیه آلفا مزوساپروب با آلودگی شدید	۲/۳-۵/۵
ناحیه پلی‌ساپروب شدیدترین میزان آلودگی	۳/۵-۴

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها: آنالیز آماری داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ویرایش ۱۶ و با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (One Way ANOVA) انجام شد. در صورت نرمال نبودن داده‌ها به کمک آزمون آماری کولموگروف – اسمیرنوف نرمال‌سازی شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن(Duncan) در سطح ۵ درصد (P <۰/۰۵) استفاده و محاسبه داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام شد. به‌منظور تعیین همبستگی هریک از عوامل محیطی با گونه‌های بنتوزی، عوامل محیطی با یکدیگر و همچنین تعیین مهمترین عامل محیطی بر روی توزیع هرکدام از گونه‌های بنتوزی از نرم‌افزار CANOCO نسخه ۵ تحت ویندوز استفاده شد. جهت تعیین نوع روش رسته‌بندی ابتدا به کمک روش آنالیز تطبیقی (DCA) رسته‌بندی انجام گرفت و طول گرادیان اندازه‌گیری شد. سپس باتوجه به طول گرادیان که کمتر از ۳ بود، از روش رسته‌بندی آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) که یک روش غیرخطی مستقیم است استفاده شد.

نتایج

در طی یکسال نمونه‌برداری از فون کفزیان رودخانه خرارود در سال ۷۷-۷۶، ۵ راسته و ۱۴ خانواده که اکثراً لارو حشرات آبزی بودند شناسایی شدند (جدول۵). در سال ۹۷-۹۶ نیز ۵ راسته و ۹ خانواده شناسایی شدند. راسته Ephemeroptera با میانگین ۷۰ درصد در دوره دوم و با میانگین ۵۳ درصد در دوره اول نمونه‌برداری بیشترین جمعیت و راسته Oligocheata با میانگین ۰/۱۶ و Amphipoda با میانگین ۰/۹۳ به ترتیب در دوره دوم و دوره اول کمترین جمعیت را نسبت به سایر راسته‌ها داشتند. دو راسته Ephemeroptera و Diptera بیشترین فراوانی را در بین سایر ماکروبنتوزها در هر دو دوره نمونه‌برداری داشتند (جدول۶ و۷). خانواده Baetidae از راسته Ephemeroptera و Simulidae از راسته Diptera بیشترین فراوانی را به خود اختصاص دادند به‌گونه‌ای که معمولاً بین ۷۵ تا ۸۵ درصد از کل اعضای این دو راسته در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی را تشکیل دادند.

راسته بهاره‌ها (Plecoptera) که اعضای این گروه عمدتاً از گروه‌های حساس به آلودگی به شمار می‌روند در ایستگاه‌های مختلف بین ۳ تا ۱۰ درصد از کل جمعیت ماکروبنتوزها را در دوره اول تشکیل می‌دهند. از راسته بال موداران (Trichoptera) در طول این دو دوره، دو خانواده Hydropsychidae و Rhyacophilidae شناسایی شدند که ۸۵ درصد گونه‌های این راسته از جنس Hydropsyche متعلق به خانواده Hydropsychidae بود. از سایر حشرات آبزی که در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه خرارود بررسی شد راسته‌های Coleoptera که اکثراً شاخص آب‌های نسبتاً آلوده هستند شناسایی شد، به‌علاوه از سخت‌پوستان راسته ناجورپایان (Amphipoda) خانواده Gammaridae در هر دو دوره نمونه‌برداری شناسایی شد. از راسته کرم‌های کم‌تار (Oligochaeta) خانواده Lumbriculidae در دوره دوم نمونه‌برداری در برخی از ایستگاه‌های رودخانه خرارود شناسایی شدند.

پساب مزرعه پرورش ماهی تأثیر معنی‌دار آماری بر میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی مانند BOD، O_2، EC، TDS، pH و NH_3 در دوره دوم نمونه‌برداری و پس از احداث

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

مزرعه پرورش ماهی داشت (P <۰/۰۵). نتایج نشان داد که ازلحاظ پارامترهای EC, NH_3, O_2, TDS و BOD بین ایستگاه اول و چهارم با ایستگاه‌های دوم و سوم اختلاف معنی‌داری آماری وجود داشت (P <۰/۰۵). پارامتر pH اگرچه در ایستگاه دوم و سوم افزایش داشت اما به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P <۰/۰۵) (جدول۸).

جدول۵-بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده

Order	Family	Genus	سال ۷۷-۷۶	سال ۹۶- ۹۵
Plecoptera	Taeniopterygida	*Taeniopteryx Sp.*	❋	
	Perlidae	*Taeniopteryx Sp.*	❋	
	Nemouridae		❋	
Ephemeroptera	Baetidae	*Baetis Sp.*	❋	❋
	Heptogeniidae	*Heptogenia Sp.*	❋	❋
	Heptogeniidae	*Sp. Epeorus*	❋	❋
	Heptogeniidae	*Sp. Ecdyonurus*	❋	❋
Tricoptera	Hydropsychidae	*Hydropsyche Sp.*	❋	❋
	Rhyacophilidae	*Sp. Rhyacophila*	❋	
Diptera	Chironomidae	*Chironomus Sp.*	❋	❋
	Simulidae	*Simulium Sp.*	❋	❋
	Blephariceridae	*Liponeura Sp.*	❋	❋
	Empididae			
Coleoptera	Psephenidae	*Psephenus Sp.*		❋
Oligochaeta	Lumbriculidae			❋
Amphipoda	Gammaridae	*Gammarus Sp.*	❋	❋

جدول۶- فراوانی راسته‌های شناسایی شده ماکروبنتوزها (میانگین ± SD) در رودخانه خرارود در فصول مختلف (۱۳۷۷-۱۳۷۶)

فصل / راسته	تابستان	پاییز	بهار	زمستان
Ephemeroptera	۴۲۸±۵۸/۲۵	۲۷±۵/۵	۲۶۸±۸۸/۲۱	-
Diptera	۳۰۴±۳۳/۲۳	۵۱±۳/۷	۱۴۲±۶۳/۱۸	-
Trichoptera	۱۱۳±۱۳/۷۵	۳۷±۶/۳	۴۸±۸۲	-
Plecoptera	۲±۰/۵	۱۰±۱/۳۸	۸±۷/۰۳	-
Amphipoda	۱۰±۱/۲۳	۲±۰/۱۳	۲±۰/۱۷	-

جدول۷- فراوانی راسته‌های شناسایی شده ماکروبنتوزها (میانگین ± SD) در رودخانه خرارود در فصول مختلف (۱۳۹۶-۱۳۹۵)

فصل / راسته	تابستان	پاییز	بهار	زمستان
Ephemeroptera	۳۹۸±۵۷/۰۶	۱۷۹±۱۰/۷۳	۳۶۸±۴۴/۱۳	۳۳۲±۳۷/۲۳
Diptera	۲۸۲±۲۸/۰۴	۴۱±۰/۷	۸۰±۲۴/۵۳	۴۸±۷/۰۳
Trichoptera	۳۹±۸/۰۷	۱۰±۱/۳۸	۴۰±۵/۷۶	۹±۱/۸۵
Plecoptera	۰	۰	۰	۰
Coleoptera	۰	۰	۲±۰/۳۵	۳±۰/۵۵
Amphipoda	۶±۰/۶۷	۰	۹±۰/۳۹	۰
Oligocheata	۲±۰/۷۴	۰	۱±۱/۳۶	۰

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

جدول۸- میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی رودخانه خرارود-دیسام در ایستگاههای مختلف نمونه‌برداری(میانگین±SD)

پارامترها	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	ایستگاه چهارم
دما (°c)	۱۳/۲±۰/۵	۱۳/۸±۱/۲	۱۴/۵±۱/۰۶	۱۴/۸±۱/۵
pH	۶/۹±۰/۲^{a}	۷/۰۱±۰/۰۹^{a}	۷/۰۰±۰/۰۱^{a}	۷/۰۱ ±۰/۰^{a}
BOD (mg/lit)	۳/۴±۱/۰۴^{a}	۶/۸±۲/۳^{b}	۶/۵±۱/۶۸^{b}	۴/۲±۳/۰۲^{c}
EC (µs/cm)	۲۵۰/۲۲±۲۶/۴^{a}	۲۵۴/۸۳±۶۳/۶^{b}	۲۵۴/۲۱±۲۳/۲^{b}	۲۵۲/۰±۱۱/۱^{ab}
O_2 (mg/lit)	۸/۰۲±۰/۶۷^{a}	۷/۴۳±۰/۵۳^{b}	۷/۵۰±۰/۷۳^{b}	۸/۱±۰/۱۱^{a}
NH_3 (mg/lit)	۰/۰۰۱±/۰۰۳^{a}	۰/۳۱±۰/۰۰۷^{b}	۰/۲۹±۰/۰۰۳^{b}	۰/۰۲±۰/۰۲^{c}
TDS (mg/lit)	۱۵۹/۰۶ ±۱۷/۶^{a}	۲۷۸/۰۹±۳۲/۳^{b}	۲۷۵/۲۱±۱۱/۲^{b}	۱۸۹/۱±۱۳/۲^{c}

حروف متفاوت انگلیسی نشانه اختلاف آماری معنی‌دار در هر ردیف می‌باشد ($P < ۰/۰۵$).

میانگین درصد غنای EPT در سال ۹۶-۹۵، ۱۲/۶۴ بود که این دامنه با توجه به شاخص EPT از وضعیت نسبتاً خوبی برخوردار بوده است و بیشترین درصد غنای EPT در ایستگاه چهارم فصل زمستان با میانگین ۳۵ درصد بوده است (جدول۹).

جدول۹- میانگین(±SD) شاخص EPT در طول دو دوره نمونه‌برداری

فصل	ایستگاه	سال ۷۷-۷۶	EPT	سال ۹۶-۹۵	EPT
بهار	۱	۸۱/۴۳ ± ۱/۰۵^{a}	عالی	۱۶/۵ ± ۳/۲۲^{a}	خوب
	۲	۳۹/۱۶ ± ۳/۸^{b}	عالی	۱۱/۵۷ ± ۱/۳۶^{b}	نسبتاً خوب
	۳	۶۲/۹۰ ± ۲/۰۷^{c}	عالی	۱/۳۷ ± ۰/۵۳^{c}	فقیر
	۴	۶۴/۹۴ ± ۷/۲۱^{d}	عالی	۵/۵ ± ۰/۲۷^{d}	فقیر
میانگین		۶۲/۱۰	عالی	۸/۷۳	نسبتاً خوب
تابستان	۱	۶۸/۵۷ ± ۶/۲۳^{a}	عالی	۱۱ ± ۱/۱۶^{a}	نسبتاً خوب
	۲	۶۵/۶۴ ± ۳/۳۹^{b}	عالی	۳۷±۶/۲۱^{b}	عالی
	۳	۷/۳۷ ± ۱/۳^{c}	عالی	۴/۴±۰/۵^{c}	فقیر
	۴	۷۱/۰۷ ± ۳/۲۳^{d}	عالی	۳/۵۵ ±۰/۹^{d}	فقیر
میانگین		۷۰/۴۱	عالی	۱۳/۹۸	خوب
پاییز	۱	۱۰۰ ± ۵/۱۷^{a}	عالی	۱۴±۰/۵۱^{a}	نسبتاً خوب
	۲	۴۲/۳۰ ± ۲/۲۳^{b}	عالی	۲۰ ± ۱/۵۱^{b}	عالی
	۳	۸۴/۰۹ ±۳/۵۱^{c}	عالی	۴ ± ۰/۰۵^{c}	فقیر
	۴	۵۶/±۲۵ ۳/۲۶^{d}	عالی	۶±۰/۰۶^{d}	فقیر
میانگین		۷۰/۶۶	عالی	۱۱	نسبتاً خوب
زمستان	۱	-	-	۱۸ ± ۱/۲۱^{a}	خوب
	۲	-	-	۱۰/۲۵ ± ۳/۱۳^{b}	نسبتاً خوب
	۳	-	-	۴/۲۹ ± ۰/۰۹^{c}	فقیر
	۴	-	-	۳۵ ± ۶/۷۱^{d}	عالی
میانگین				۱۶/۸۸	خوب

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

درصد غنای EPT در ارزیابی و پایش اکوسیستم‌های آب‌های جاری کاربرد وسیعی داشته و مجموع فراوانی افراد متعلق به راسته‌های Ephemeroptera، Trichoptera و Plecoptera هستند که این راسته‌ها، نیاز اکسیژنی بالایی داشته و بالا بودن این شاخص در یک رودخانه به معنای پایین بودن آشفتگی و آلودگی در یک رودخانه است. باتوجه به نمونه‌برداری‌های انجام گرفته در سال ۷۷-۷۶، میانگین درصد غنای EPT در آن زمان ۶۱/۴۲ است که ازنظر شاخص EPT از وضعیت عالی برخوردار می‌باشد.

جدول۱۰- میانگین (±SD) شاخص هیلسینهوف در طول دو دوره نمونه‌برداری

فصل	ایستگاه	سال ۷۷-۷۶	HFBI	سال ۹۶-۹۵	HFBI
بهار	۱	۴/۸۸ ± ۰/۸۷^{a}	خوب	۰/۸ ± ۰/۰۵^{a}	عالی
	۲	۴/۷۲ ± ۰/۳۶^{b}	خوب	۰/۶ ± ۰/۰۳^{b}	عالی
	۳	۵/۲۳ ± ۰/۳۱^{c}	متوسط	۰/۹ ± ۰/۰۵^{c}	عالی
	۴	۵/۴۱ ± ۰/۴۲^{d}	متوسط	۰/۹ ± ۰/۰۱^{c}	عالی
میانگین		۵/۰۶	مناسب	۰/۸	عالی
تابستان	۱	۵/۵۶ ± ۰/۷۱^{a}	متوسط	۱/۰۲ ± ۰/۵۳^{a}	عالی
	۲	۶/۲۵ ± ۰/۹۳^{b}	نسبتاً متوسط	۸۸±۰/۲۲^{b}	عالی
	۳	۵/۷۵ ± ۰/۲۷^{c}	متوسط	۰/۸±۰/۰۶^{c}	عالی
	۴	۵/۶۵ ± ۰/۴۳^{d}	متوسط	۰/۷±۰/۰۲^{c}	عالی
میانگین		۵/۸۰	نسبتاً ضعیف	۰/۸۴	عالی
پاییز	۱	۴/۰۷ ± ۰/۴۱^{a}	خیلی خوب	۳/۰۵ ±۰/۲۹^{a}	عالی
	۲	۵/۷۴ ± ۰/۶۳^{b}	متوسط	۱/۰۱ ±۰/۱۱^{b}	عالی
	۳	۳/۱۴ ± ۰/۲۸^{c}	عالی	۳/۰۶ ± ۰/۷۱^{a}	عالی
	۴	۶/۲۸ ± ۰/۴۷^{d}	متوسط فقیر	۳/۰۷ ±۰/۲۷^{a}	خیلی خوب
میانگین		۴/۸۰	خوب	۲/۵۴	عالی
زمستان	۱	-	-	۰/۹ ± ۰/۰۳^{a}	عالی
	۲	-	-	۰/۷ ± ۰/۰۹^{b}	عالی
	۳	-	-	۴/۰۸ ± ۰/۰۷^{c}	خوب
	۴	-	-	۰/۹ ± ۰/۰۱^{a}	عالی
میانگین				۱/۶۲	عالی

حروف متفاوت انگلیسی در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌ها در فصول مختلف است (P <۰/۰۵)

براساس شاخص زیستی بوئر همه ایستگاه‌های مطالعاتی در سال ۷۷-۷۶ در طبقه کیفی بتامزوساپروب قرارگرفتند که این طبقه کیفی از وضعیت آلودگی متوسط برخوردار است. نتایج حاصل از شاخص زیستی بوئر در دوره دوم نیز نشان داد که اکثر ایستگاههای مطالعاتی در وضعیت بتامزوساپروب قرارگرفته‌اند، که این شاخص در فصل زمستان در ایستگاه اول و آخر روند بهتری نیز داشته است و در طبقه کیفی الیگوساپروب قرارگرفته‌اند که دارای آلودگی کمی می‌باشند (جدول۱۱).

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

جدول۱۱- طبقه‌بندی کیفی رودخانه خرارود در طول دو دوره نمونه‌برداری با کمک شاخص بوئر(میانگین±SD)

فصل	ایستگاه	سال۷۶-۷۷	طبقه کیفی	سال ۹۶-۹۵	طبقه کیفی
بهار	۱	۱/۶۵ ± ۰/۷^{a}	بتامزوساپروب	۱/۸۵ ± ۰/۶۲^{a}	بتامزوساپروب
	۲	۲ ± ۰/۹۲^{b}	بتامزوساپروب	۱/۶۳ ± ۰/۷۱^{b}	بتامزوساپروب
	۳	۱/۷ ± ۰/۳۶^{ab}	بتامزوساپروب	۱/۶۵ ± ۰/۳۷^{b}	بتامزوساپروب
	۴	۱/۶ ± ۰/۵۷^{ab}	بتامزوساپروب	۱/۸۰ ± ۰/۱۷^{C}	بتامزوساپروب
پاییز	۱	۱/۵۶ ± ۰/۳۱^{a}	بتامزوساپروب	۱/۶۰ ± ۰/۷۵^{a}	بتامزوساپروب
	۲	۱/۷۶ ±۰/۷۳^{b}	بتامزوساپروب	۱/۸۵ ± ۰/۳۳^{b}	بتامزوساپروب
	۳	۱/۶۲ ± ۰/۵۱^{c}	بتامزوساپروب	۲/۰۵ ± ۰/۲۷^{c}	بتامزوساپروب
	۴	۱/۸۱ ± ۰/۱۱^{d}	بتامزوساپروب	۲/۷۵ ± ۰/۸۲^{d}	آلفامزوساپروب
تابستا	۱	۱/۹۱ ± ۰/۷۱^{a}	بتامزوساپروب	۱/۷ ± ۰/۲۱^{a}	بتامزوساپروب
ن	۲	۱/۹۰ ± ۰/۴۴^{a}	بتامزوساپروب	۱/۶۲ ± ۰/۶۳^{b}	بتامزوساپروب
	۳	۲ ± ۰/۱۳^{a}	بتامزوساپروب	۲/۱۵ ± ۰/۲۳^{c}	بتامزوساپروب
	۴	۲/۰۶ ± ۰/۸۶^{b}	بتامزوساپروب	۲/۰۶ ± ۰/۷۲^{c}	بتامزوساپروب
زمستا	۱	–	–	۱/۱۴ ± ۰/۵۳^{a}	الیگوساپروب
ن	۲	–	–	۱/۹ ±۰/۱۱^{b}	بتامزوساپروب
	۳	–	–	۱/۶۱±۰/۲۹^{c}	بتامزوساپروب
	۴	–	–	۱/۳۵ ± ۰/۵۵^{d}	الیگوساپروب

حروف متفاوت انگلیسی در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌ها در فصول مختلف است($P < ۰/۰۵$)

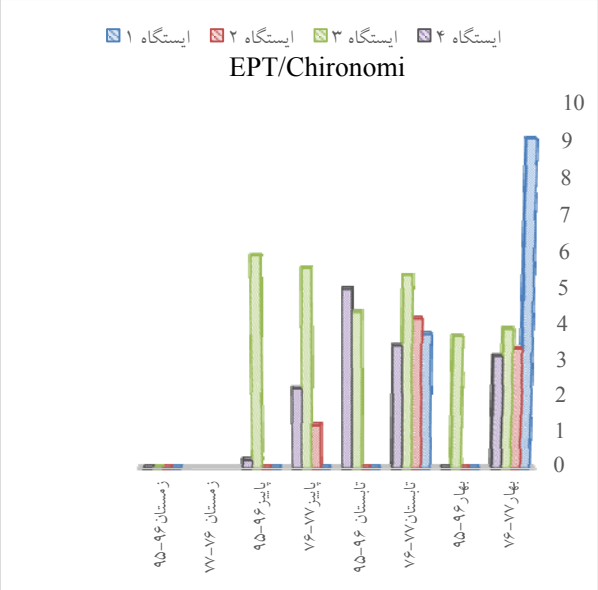
جدول۱۲- نتایج حاصل از شاخص مارگالف در دوره اول (۷۷-۷۶) (میانگین±SD)

فصل / ایستگاه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
۱	۱/۲۵±۰/۱۳^{a}	۱/۳۵±۰/۲۸^{a}	۱/۱۱±۰/۱۹^{a}	–
۲	۱/۳۳±۰/۰۷^{ab}	۱/۷۹±۰/۱۵^{b}	۱/۱۱±۰/۰۷^{a}	–
۳	۱/۳۳±۰/۱۰^{ab}	۱/۷۹±۰/۰۸^{b}	۱/۵۴±۰/۱۰^{b}	–
۴	۱/۳۰±۰/۱۶^{b}	۱/۳۶±۰/۱۳^{a}	۱/۱۱±۰/۱۱^{a}	–

حروف متفاوت انگلیسی در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌ها در فصول مختلف است ($P < ۰/۰۵$)

شاخص EPT/CH: نتایج حاصل از شاخص زیستی EPT/CHI نیز در نمودار ۱ مشخص است.کاهش این شاخص نشان از افزایش استرس‌های محیطی است. همانگونه که در نمودار مشخص است بیشترین فراوانی EPT/CHI در دوره اول مربوط به ایستگاه اول و در دوره دوم مربوط به ایستگاه سوم است.

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5



نمودار۱- وضعیت شاخص زیستی EPT/CHI در فصول مختلف نمونه‌برداری

شاخص غنای مارگالف: غنای گونه‌ای با شاخص مارگالف محاسبه شد. پایین‌ترین مقدار شاخص مارگالف در دوره اول نمونه‌برداری و در فصل پاییز (۱/۱۱) مشاهده شد، که این شاخص در دوره دوم نمونه‌برداری در فصل زمستان در ایستگاه دوم به کمترین مقدار خود (۰/۷۲) رسیده است، که با سایر ایستگاه‌ها در فصل زمستان اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<.۰/۰۵). هرچه قدر تعداد گونه‌ها در نمونه‌برداری بیشتر باشد، غنای گونه‌ای بیشتر است. همانگونه که در جدول ۱۲ مشخص است شاخص مارگالف در ایستگاه‌های آخر سال ۷۷-۷۶ در همه فصول کاهش‌یافته است در حالی که این شاخص در دوره دوم نمونه‌برداری در ایستگاه آخر به جزء فصل تابستان افزایش داشته است که نشان از غنای گونه‌ای در ایستگاه‌های آخر است (جدول ۱۳).

جدول۱۳- نتایج حاصل از شاخص مارگالف در دوره دوم (۹۶-۹۵) (میانگین±SD)

فصل / ایستگاه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
۱	۱/۲۵±۰/۰۳^{a}	۱/۱۱±۰/۲۶^{a}	۱/۲۵±۰/۰۷^{a}	۱/۳۰±۰/۰۳^{b}
۲	۰/۹۱±۰/۰۸^{b}	۱/۴۴±۰/۲۲^{b}	۰/۹۱±۰/۱۳^{b}	۰/۷۲±۰/۰۹^{a}
۳	۱/۳۰±۰/۱۳^{a}	۱/۴۷±۰/۱۹^{b}	۱/۲۲±۰/۲۳^{a}	۱/۲۷±۰/۱۷^{b}
۴	۱/۴۲±۰/۱۰^{a}	۱/۲۵±۰/۱۳^{c}	۱/۴۴±۰/۲۹^{c}	۱/۳۱±۰/۱۱^{b}

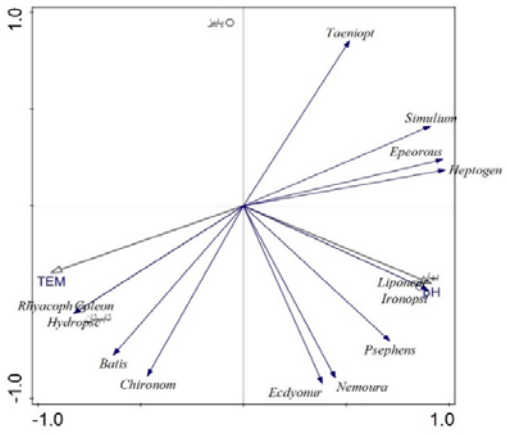
حروف متفاوت انگلیسی در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار آماری بین ایستگاه‌ها در فصول مختلف است (P<.۰/۰۵)

گونه‌های Chironomus، Hydropsychae و Empididae sp با دما و هدایت الکتریکی همبستگی زیادی دارند اما گونه‌های Chironomus و Hydropsychae با دما و Empididae Sp با هدایت الکتریکی همبستگی قوی‌تری را نشان می‌دهند. نتایج حاصل از رسته‌بندی در دوره اول نمونه‌برداری نیز نشان داد که گونه‌های Rhyacophilidae sp ، Coleon sp و hydropsychae همبستگی مثبتی با درجه حرارت دارند از طرفی گونه‌هایی مانند Ironopsis،

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

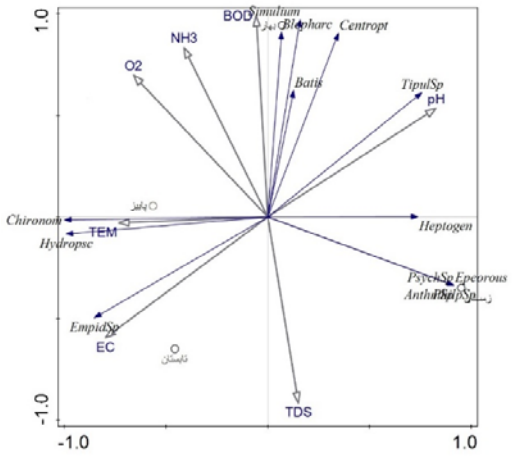
Psephenus، Liponeura همبستگی مثبتی با pH دارند. از طرفی پارامترهایی مانند pH و BOD در فصل بهار و پارامترهایی مانند دما وEC در فصل تابستان به‌عنوان مهمترین متغیرهای اثرگذار بوده‌اند.

رسته‌بندی با روش PCA: باتوجه به نبود امکانات در دوره اول نمونه‌برداری، فقط برخی از پارامترها مانند دما و pH اندازه‌گیری شده است. اما در دوره دوم نمونه‌برداری تعداد بیشتری از این پارامترها مانند EC، pH،TDS، BOD، دما و اکسیژن محلول موردسنجش قرارگرفت و به‌منظور بررسی تعیین همبستگی هریک از عوامل محیطی با ماکروبنتوزها، عوامل محیطی با یکدیگر و همچنین مهمترین عامل محیطی که بر روی توزیع هرکدام از گونه‌های بنتوزی اثرگذار است از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی با استفاده از آزمون PCA انجام گرفت (نمودارهای ۲ و ۳). نتایج حاصل از رسته‌بندی در دوره دوم نمونه‌برداری نشان می‌دهد که گونه‌های Tipula، Centroptilum، Baetis، Simulium و *Sp* Blephariciدae همبستگی زیادی با pH و BOD دارند ولی گونه‌ی Tipula با pH و گونه Simuliumبا BOD همبستگی قوی‌تری دارند.



نمودار۲- دیاگرام حاصل از رسته‌بندی پارامترهای محیطی و گونه‌های بنتوزی در دوره اول نمونه‌برداری به روش PCA

محاسبه شاخص‌های تنوع ماکروبنتوزها یک ارزیابی مهم جهت بررسی مستقیم سلامت اکوسیستم‌هاست (۲۰).



نمودار۳- دیاگرام حاصل از رسته‌بندی پارامترهای محیطی و گونه‌های بنتوزی در دوره اول نمونه‌برداری به روش PCA

در آبهای جاری که شرایط زیستی مناسبی دارند نوعی تعادل میان چهار راسته یک‌روزه‌ها، بال موداران، بهاره‌ها و دو بالان وجود دارد. افزایش غیرعادی فراوانی Chironomidae نسبت به موجودات حساس باعث کاهش نسبت EPT به CHIR می‌شود که نشان‌دهنده استرس محیطی می‌باشد (۳). نتایج ارزیابی دو دوره نمونه‌برداری فصل بهار در ایستگاه اول نشان از کاهش شدید این شاخص در این ایستگاه در دوره دوم نسبت به دوره اول می‌باشد که همین روند در فصل تابستان نیز ادامه داشته است و اختلاف آماری معنی‌داری بین دو دوره نمونه‌برداری در دو فصل بهار و تابستان مشاهده می‌شود (P<.۰/۰۵). پساب مزارع ماهی منجر به افزایش فراوانی و تعداد تاکسون‌های مقاوم به آلودگی می‌شود. کاهش مقدار شاخص EPT/CHI در ایستگاههای ۱ و ۲ در دوره دوم به دلیل افزایش بار مواد آلی و احتمالاً کاهش اکسیژن بستر می‌باشد (۱۰). به‌طور کلی شاخص EPT/CHI با افزایش کیفیت زیستگاه افزایش می‌یابد (۱۶).

شاخص غنای گونه‌ای در هر دو دوره ارزیابی شد. باتوجه به احداث نشدن مزرعه پرورش ماهی در بالادست رودخانه خرارود در دوره اول نمونه‌برداری (۷۶-۷۷)، ایستگاه اول نسبت به ایستگاه دوم در سه فصل در مقایسه

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

با دوره دوم و پس از احداث مزرعه پرورش ماهی از غنای گونه‌ای بالاتری برخوردار است که نشان از تأثیرگذاری ورود پساب مزرعه بر فون ماکروبنتوزی این رودخانه است. این روند در ادامه تغییر کرده و این شاخص در ایستگاه‌های آخر در دوره اول نمونه‌برداری کاهش غنای گونه‌ای را نشان می‌دهد، از طرفی در دوره دوم در ایستگاه‌های آخر شاخص مارگالف افزایش داشته است که نشان از توان خودپالایی این رودخانه دارد.

احداث مزارع پرورش ماهی، افزایش دمای هوا، ورود فاضلابهای شهری و روستایی و صنعتی از عوامل تأثیرگذار بر روند خودپالایی رودخانه‌هاست. نتایج حاصل از این تحقیق در دو دوره نشان می‌دهد که باوجود احداث مزارع پرورش ماهی و ورود فاضلاب روستایی فرایند خودپالایی در این رودخانه در مناطق پایین‌دست به‌خوبی انجام می‌گیرد.

مقایسه وضعیت کیفی آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف نشان از بهبود روند کیفی آب در دهه ۹۰ است. بطوریکه وضعیت کیفی آب در اغلب ایستگاه‌ها ازنظر این شاخص زیستی عالی می‌باشد. این در حالی است که شاخص زیستی EPT روند معکوس را نشان داد و این شاخص در دوره اول در تمامی ایستگاه‌ها وضعیتی عالی داشته است. در حالی که در دوره دوم نمونه‌برداری در ایستگاه‌های ۳ و ۴ کیفیت آب پایین است و در کلاسه کیفی فقیر قرارگرفته است. گونسالوس و منسس (۲۰۱۱) به بررسی مقایسه‌ای شاخص‌های زیستی در بیان کیفیت آب پرداختند (۷). نتایج این محققین در ارتباط با راستی آزمایی شاخص‌های EPT، BMWP، BMWP-ASPT و HFBI نشان از اختلاف در طبقه‌بندی کیفی آب بین شاخص HFBI با سه شاخص دیگر داشته است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. احداث مزرعه پرورش ماهی در سالهای اخیر در قسمت بالادست رودخانه خرارود منجر به ورود پساب ناشی از پرورش ماهی و کاهش حجم آب در این مناطق شده است. هرچند شاخص EPT در دوره دوم در کلاسه کیفی خوبی قراردارد.

شاخص بوئر با توجه آلودگی آبهای جاری و بار ورودی مواد آلی رودخانه‌ها را در ۴ کلاسه کیفی طبقه‌بندی می‌کند (۴). بررسی نتایج در دو دوره نشان می‌دهد که اکثر ایستگاه‌ها جزء کلاسه کیفی دو با آلودگی متوسط می‌باشند. ازنظر زیستی آب رودخانه خرارود را می‌توان در کلاسه بتامزوساپروب قرارداد، هرچند در فصل زمستان در ایستگاه ۱ و ۴ وضعیت الیگوساپروب حاکم بود.

هرچه آلودگی افزایش یابد از تنوع بزرگ بی‌مهرگان کفزی کاسته شده و بر تراکم آنها افزوده می‌شود. باتوجه به نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های تنوع و عوامل کیفی آب، ایستگاه اول در دوره دوم نمونه‌برداری به دلیل ورود پساب مزرعه پرورش ماهی دارای بیشترین آلودگی و درنتیجه بیشترین فراوانی گونه‌ای بود. این در حالی است که تنوع گونه‌ای در این ایستگاه در دوره اول بیشتر از دوره دوم نمونه‌برداری است.

از راسته Ephemeroptera، خانواده Baetidae، جنس Baetis که از دامنه وسیع‌تری از مواد غذایی نسبت به دیگر گروه‌های این راسته تغذیه می‌کند بیشترین فراوانی را در اکثر ایستگاه‌ها در هر دوره به خود اختصاص داد. این‌گونه در ایستگاه اول دوره دوم بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی در ایستگاه‌هایی که پساب مزارع پرورش ماهی وارد می‌شود معمولا کیفیت آب تغییر یافته و تنوع درصد فراوانی خانواده‌های حساس به آلودگی کاهش می‌یابد و درنتیجه گروه‌های مقاوم به آلودگی مانند Baetis و Simulium افزایش می‌یابد (۸). میررسولی و همکاران (۲۰۱۲) به ارزیابی زیستی رودخانه زرین گل با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی پرداختند. نتایج این محققین نیز نشان از افزایش گروه‌های مقاوم به آلودگی در ایستگاه‌های پس از ورود پساب پرورش ماهی دارد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. غلظت پارامترهایی مانند TDS،

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

BOD، COD و ترکیبات نیتروژنی با افزایش بایومس ماهیان در استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلا بالا می‌رود و احتمالاً پساب خروجی این مزارع بر تنوع فون ماکروبنتوزی تأثیر می‌گذارد. میلارد و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر پساب خروجی مزارع پرورش ماهی را بر وضعیت کیفی آب بررسی کردند. نتایج نشان داد که پساب خروجی مزارع، افزایش غذادهی، افزایش خروج مواد آلی شامل غذای خورده نشده و مدفوع ماهی‌ها منجر به افزایش BOD_5 شده و اثرات جبران‌ناپذیری بر فون موجودات زنده رودخانه می‌گذارد. pH اسیدی آب رودخانه خرارود در دوره دوم در ماه‌های تابستان و پاییز در برخی از ایستگاه‌ها نشان از راهیابی رواناب‌های کشاورزی در برخی از ایستگاه‌ها می‌باشد هرچند مقادیر بهینه pH در محدوده ۶/۵ تا ۹/۵ از منظر بهره‌برداری می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه آنالیز مؤلفه اصلی نشان داد که مهمترین پارامترهای محیطی تأثیرگذار در فصل بهار pH و BOD هستند و مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در فصل تابستان دما و هدایت الکتریکی می‌باشند. شاید بتوان گفت مهمترین عامل تأثیرگذار بر pH رودخانه‌ای، وقوع سیلاب‌های بهاری می‌باشند که با بارش‌های متعدد بر روی اکثر پارامترهای محیطی تاثیرگذار است. دلا پی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر سیلاب‌ها بر وضعیت کیفی رودخانه تاریم در کشور چین پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که سیلاب‌ها pH رودخانه را از حالت قلیایی(۸/۱) به سمت اسیدی شدن (۶/۹) سوق دادند.

با توجه به نتایج بدست آمده از ترکیب شاخص‌ها، تاثیر عواملی مانند پساب مزرعه پرورش ماهی، سیلاب‌های بهاری، فاضلاب‌های کشاورزی بر رودخانه خرارود، دسترسی سخت به این رودخانه به دلیل نبود جاده آسفالت مناسب و در نتیجه ورود آلودگی کمتر، روند خودپالایی در این رودخانه مناسب بوده است. شاید بتوان گفت رودخانه خرارود یکی از بکرترین رودخانه‌های شرق گیلان است، امید است تا با بررسی عوامل زیستی سایر رودخانه‌ها بتوان روند خودپالایی همه رودخانه‌ها را ترسیم نمود و برنامه‌های مدیریتی مناسب را در جهت حفاظت از این اکوسیستم‌های ارزشمند تدوین کرد.

تشکر و قدردانی

برخود لازم می دانیم از زحمات ارزشمند آقای مهندس فرشید قربانی که در کل مراحل انجام این تحقیق در کنار بنده حضور داشته و تلاش بسیاری جهت تکمیل این پروژه در هر دو دوره داشته‌اند و از آقای دکتر محمدرضا رحیمی‌بشر در طول نمونه‌برداری در دوره اول تشکر کرده و مراتب سپاس را از این طریق به جا آوریم. همچنین از مسئولین محترم هنرستان کشاورزی جنت رشت به خصوص جناب آقای دکتر میررفعتی و جناب آقای مهندس قاسمی به دلیل فراهم سازی امکانات آزمایشگاهی تشکر می‌نماییم.

منابع

۱- احمدی، م.، و نفیسی، م.، ۱۳۸۰. شناسایی موجودات شاخص بی مهره آبهای جاری انتشارات خیبر، ۲۴۰ صفحه.

۲- قربانی، ف.، و رحیمی بشر، م.، ۱۳۷۸. مطالعه رودخانه خرارود از دیدگاه لیمنولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، ۷۰ صفحه.

3- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., and Stribling, J. B., 1999. Rapid bio-assessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Peryphiton, Benthic Macroinvertebrates and fish. 2nd ed. Environmental Protection Agency, Washighton DC: US Environmental Protection Agency, Office of Water

4-Bauer, W., 1980. Gewaesserguetebestimmen und beur-teilen, Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin, 540 p.

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

5-Clifford, H. F., 1991. Aquatic invetrtebrates of alberta. The University of Alberta Press, Canada, 538 p.

6-de la Paix, M. J., Lanhai, L., Xi, C., Varenyam, A., and Anming, B., 2011. Study of impacts of floods on the water quality in an arid zone: the case of the Tarim River in Northwest China, *Water science and technology*, 64(10), PP: 1973-1979.

7-Gonçalves, F. B., and Menezes, M. S. D., 2011. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. *Biota Neotropica*, *11*(4), PP: 27-36.

8-Fries, L. T., and Bowles, D. E., 2002. Water quality and macro-invertebrate community structure associated with a sport fish hatchery outfall, North American. Journal of Aquaculture, 64, PP: 257-266.

9-Hilsenhoff, W. L., 1988. Rapid field assessment for organic pollution with a family level biotic index, J. North American Benthological Society, 7(1), PP: 65 – 68.

10-Hynes, H. B. N., 1970. The ecology of running water. University of Toronto Press, Canada, 555 p.

11-Loch, D. D., West, J. L., and Perlmutter, D. G., 1999. The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates, Aquaculture, 147, PP: 37-55.

12-Maillard, V. M., Boardman, G. D., Nyland, J. E., and Kuhn, D. D., 2005. Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms, Aquaculture Engineering, 33, PP: 271-284.

13-Margalef, R., 1957. Diversidad de species en las commundades naturals. Publications Del Instituto de Biological Aplicatae, 6, PP: 59-72.

14-McLusky, D. S., 1990. The estuarine ecosystem, Blackie, Glscow and London, PP: 161-182.

15-Mirrasouli, E., Ghorbani, R., and Abbasi, F., 2012. The Biological Assessment of the Zaringol Stream Using the Structure of Benthic Macroinvertebrates (Golestan Province). Journal of Fisheries, Iranian Journal of Natural Resources, 64, PP: 357-369.

16-Nybakken, J. W., 1995. Marine biology, an ecological approach, Harper Collins college publishers, California, PP: 328-438.

17-Oscoz, J., Galicia, D., and Miranda, R., 2011. Identification Keys. In Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain, Springer Netherlandspp, PP: 7-45.

18- Ramachandra, T. V., Ahalya, N., & Murthy, R. (2005). Aquatic ecosystems: conservation, restoration and management. *Aquatic ecosystems-Conservation, restoration and management*.

19- Rosenberg, D. M., and Resh, V. H., 1993, Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates, New York, Chapman and Hall, 488 p.

20-Schultz, R., and Dibble, E., 2012. Effects of invasive macrophytes on freshwater fish and macroinvertebrate communities: the role of invasive plant traits. Hydrobiologia, 684(1), PP: 1-14.

21-Sharma, C. R., and Rawat, J. S., 2009. Monitoring of aquatic macroinvertebrates as bioindi-cator for assessing the health of wetlands: a case study in the Central Himalayas,India. Ecol. Indic, 9, PP: 118–128.

22-Tian, S., Wang, Z., and Shang, H., 2011. Study on the Self-purification of Juma River, *Procedia Environmental Sciences*, *11*, PP: 1328-1333.

23-Tomassetti, P., and Porrello, S., 2005. Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. Aquaculture International, 13, PP: 109-128.

24-Washington, H. G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems, Water Res, 18, PP:653-694. http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(84)90164-7

DOR: 20.1001.1.23832614.1399.33.3.1.5

Qualitative monitoring of Kharrood-Disam River in Guilan province with the help of biological indices of macrobenthos during the period of 20 years from 1999 to 2017

Asadi Sharif E. and Imanpure Namin J.

Dept. of Fisheries Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Some sara, I.R. of Iran.

Abstract

The present study was carried out with the purpose of biological monitoring and self-purification of the Kharrood-Disam river and the impact of time on this river with the help of the macroinvertebrates. Macroinvertebrate samples were taken using Surber's sampler with 3 replicates in each sampling. In the first period of sampling 5 orders and 14 families, and in the second period of sampling, 5 orders and 9 families were identified.The mean EPT richness in the first sampling period was 61.42, which was categorized in "high quality" and in the second sampling period was 12.64, which was categoried in "relatively good quality".The results of the Halnesinoff biological index showed that during the first period of sampling the river had a relatively good condition (HFBI=5.22) and the best conditions were observed at the third station of the fall season (HFBI=3/14). Also, the status of this indicator during the second period of sampling has a good trend and is in excellent condition at most stations(HFBI=1/45). The results of determining the correlation of each of the environmental factors with macrobenthos and environmental factors with each other by the (PCA) in the CANOCO for Win5.0 software revealed parameters such as pH and BOD in the spring and parameters such as temperature and EC in the season Summer was the most important variables. The results of the combination of biological indicators in the River showed that during the 20 years the river has been able to self-purification pollutants such as rainbow trout farm waste.

Key words: River pollution, Self-purification, Biological monitoring