Archive of SID

ارزیابی کیفیت آب رودخانه کرج برمبنای شاخص زیستی BMWP

سید قاسم قربان زاده زعفرانی[۱]
منا ایزدیان[۲*]
فرهاد حسینی طایفه[۳]

۱، ۲، ۳. استادیار گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیطزیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیطزیست، تهران، ایران

***مسئول مکاتبات:**
izadian.mona@gmail.com

کد مقاله: ۱۴۰۰۰۲۰۹۱۰
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰
این مقاله پژوهشی و برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

شاخص زیستی BMWP (Bioligical Monitoring Working Party) از متداول‌ترین شاخص‌های برگرفته از جمعیت خرد بی‌مهرگان کوچک (ماکروبنتوز) است که با استفاده از امتیازدهی به خانواده‌های جمع‌آوری‌شده به ارزیابی کیفی سلامت بوم‌سازگان‌های رودخانه‌ای می‌پردازد. در این مطالعه نمونه‌برداری در نه ایستگاه از سرشاخه‌های وارنگه‌رود و ولایت رود در طول رودخانه کرج تا بیلقان در مجاورت شهر کرج به‌صورت فصلی از پاییز ۱۳۹۶ تا تابستان ۱۳۹۷ انجام شد. نمونه‌برداری ماکروبنتوزها با سوربرسمپلر انجام و پس از تثبیت با فرمالین پنج درصد و رنگ‌آمیزی نمونه‌های شناسایی و جداسازی شدند. در نتایج به‌دست‌آمده از مجموع ۳۸۴۰۰ نمونه ماکروبنتوز جمع‌آوری‌شده تعداد ۵۱ تاکسون از ۴۲ خانواده شناسایی شد. میانگین تراکم سالانه در رودخانه کرج ۲۹۱۱ (عدد/مترمربع) به ثبت رسید. جمعیت بندپایان و کرم‌های حلقوی درمجموع ۹۷ درصد تراکم ماکروبنتوزهای شناسایی‌شده را تشکیل می‌دهند. میانگین کل شاخص BMWP در رودخانه کرج ۴۸/۸ بوده و دامنه تغییرات شاخص BMWP بر اساس ایستگاه (۰/۰-۴/۱۰۹) می‌باشد. بیشینه مقدار میانگین سالانه این شاخص (۷۳/۸۳) در ایستگاه وارنگه‌رود و کمینه مقدار آن (۲۶/۵۰) در ایستگاه شهرستانک مشاهده شد و روند تغییرات این شاخص از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه، کاهشی بود. طبقه‌بندی و زون‌بندی وضعیت کیفی رودخانه کرج با استفاده از شاخص BMWP نشان داد که ایستگاه‌های پایین‌دست ازجمله بیلقان، پل خواب، آسارا و شهرستانک دارای وضعیت ضعیف، ایستگاه‌های بالادست ازجمله شهرستانک، حسنکدر، گچسر و دیزین در شرایط متوسط و ایستگاه ۹ (وارنگه رود) در وضعیت خوب می‌باشد. ایستگاه پل چوبی بعد از سد کرج نیز علیرغم قرار گرفتن در پایین‌دست رودخانه دارای کیفیت متوسط بوده است. به نظر می‌رسد ایستگاه‌هایی که وضعیت بوم‌شناختی فقیر (P) در آن‌ها ارزیابی‌شده است لازم است در اولویت برنامه‌های مدیریتی برای حفاظت و کاهش بار آلودگی قرار گیرند.

واژگان کلیدی: BMWP، ماکروبنتوز، رودخانه کرج، شاخص زیستی، کیفیت آب.

مقدمه

ارتباط بین پارامترهای محیطی و تغییرات ساختاری و فراوانی بی‌مهرگان کف زی درشت (ماکروبنتوزها) به اثبات رسیده است (صابری و همکاران، ۱۳۹۰؛ Wang, 2012؛ قربان زاده و همکاران، ۱۳۹۹). این جانداران به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی ازجمله کم‌تحرکی، طولانی‌مدت عمر، غنای‌گونه‌ای بالا و پاسخ‌های متفاوت نسبت به عوامل محیطی موردتوجه می‌باشند (Carew *et al.*, 2013). استفاده از روش‌های مطالعه زیستی بر روی خصوصیات کیفی آب با بررسی پراکنش و ساختار جمعیت ماکروبنتوزها از روش‌های پی بردن به تغییرات کیفی و ارزیابی سلامت بوم‌شناختی آب رودخانه است (Humpesch and Fesl, 2002). از متداول‌ترین شاخص‌های زیستی BMWP است که اولین بار در مارس ۱۹۷۸ توسط کارگروه پایش بیولوژیک اداره محیطزیست انگلستان پیشنهاد شد (Wally and Hawkes, 1997).

www.SID.ir
[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID

مرور مطالعات نشان داد شاخص BMWP یکی از بهترین شاخص‌ها جهت بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها بوده و برای استفاده از این شاخص، نمونه‌برداری جهت شناسایی کف زیان و امتیاز هر یک و نیز مجموع امتیاز هر خانواده ضروری است. از مزایای شاخص BMWP می‌توان به محاسبه و کاربری ساده و قیمت ارزان استفاده از آن اشاره کرد. عدم محاسبه داده‌های کمی جمعیت، تأثیرپذیری از روش و مکان نمونه‌گیری و اندازه نمونه از معایب استفاده از این شاخص است (پیرعلی زفره‌ئی و ابراهیمی درچه، ۱۳۹۵). مطالعات متعددی در جهان این شاخص را به‌عنوان ابزار ارزیابی کیفی زیستگاه‌های آبی مختلف برگزیده‌اند (Zamora-Munoz and Albatercendor, 1996؛Barton *et al.*, 1992؛ Ojija *et al.*, ؛Mustow, 2000 ؛Bhat *et al.*, 2017 ؛Zeybek *et al.*, 2014 ؛Aazami *et al.*, 2019 ؛Ghani *et al.*, 2018 2017؛ Etemi *et al.*, 2020). در ایران نیز پژوهش‌هایی متعددی بر اساس کاربرد این شاخص در ارزیابی کیفی آب رودخانه‌ها انجام‌شده است (Shokri *et al.*, 2014؛ ابراهیمی دستگردی و همکاران، ۱۳۹۶؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Abbaspour *et al.*, 2017).

در مطالعه‌ای که به‌منظور ارزیابی زیستی رودخانه شاهرود (استان قزوین) با استفاده از ترکیب جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کف زی (به‌صورت فصلی از ۸ ایستگاه طی سال ۹۲-۱۳۹۱) انجام شد. درمجموع تعداد ۱۱۶۳۶ نمونه از موجودات کف زی شناسایی شدند که شامل ۳۲ جنس از ۳۱ خانواده، ۹ راسته، ۵ رده و ۴ شاخه بوده که مهم‌ترین آن‌ها به ترتیب Trichoptera (۴۲/۲۷ درصد)، Diptera (۷۷/ ۲۳ درصد)، Ephemeroptera (۱۶/۶۴ درصد) و Pelecoptera (۱۱/۷۴ درصد) گزارش‌شده‌اند. از ایستگاه‌های بالادست به‌طرف پایین‌دست، مقادیر شاخص‌های زیستی – جمعیتی و فراوانی گونه‌های حساس کاهش و فراوانی گونه‌های مقاوم افزایش یافت. به‌طوری‌که بر اساس میانگین سالانه شاخص BMWP/ASPT کیفیت کلی آب رودخانه شاهرود در طبقه "آب‌های با آلودگی اندک" طبقه‌بندی گردید (محمودی فرد و همکاران، ۱۳۹۳).

شیرچی (۱۳۹۱) به بررسی کاربرد شاخص‌های زیستی ماکروبنتوز تک متغیره و چندمتغیره برای ارزیابی زیستی رودخانه جاجرود در چهار ایستگاه به‌صورت فصلی با نمونه‌برداری از آب و ماکروبنتوزها پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد شیرونومیده‌ها دارای بیشترین فراوانی نسبی در منطقه مطالعاتی بوده و شاخص‌های زیستی هیلسنهوف و BMWP/ASPT شاخص‌های زیستی مناسبی برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه جاجرود معرفی شدند. هم‌چنین نتایج ترکیبی از شاخص‌های زیستی نشان داد ایستگاه‌های واقع در مناطق مسکونی نسبت به ایستگاه‌های بالادست آلودگی بیشتری دارند و کنترل و مدیریت منابع آلاینده برای حفاظت از منطقه موردمطالعه لازم است.

نوروزی و رضایی‌منش در سال ۱۳۹۹ به بررسی کیفیت آب تالاب هشیلان با استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT پرداختند. آن‌ها در این مطالعه از ۴ ایستگاه با ۳ تکرار در دو فصل سرد و گرم نمونه‌برداری کردند. نتایج نشان داد که میانگین شاخص BMWP در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نمونه‌برداری دارای تفاوت معنی‌دار بود. بر مبنای شاخص BMWP در فصل گرم ایستگاه‌های مطالعاتی ازلحاظ کیفیت آب در دو گروه خیلی خوب، متوسط و در فصل سرد در سه گروه خوب، ضعیف و متوسط طبقه‌بندی شدند.

قربان زاده و همکاران در سال ۱۳۹۹ مطالعه‌ای را جهت طبقه‌بندی وضعیت کیفی آب رودخانه کرج با استفاده از شاخص EPT انجام دادند. در این پژوهش که بر اساس فراوانی و پراکنش سه راسته Ephemeroptera، Trichoptera و Placoptera در طول ۹ ایستگاه در رودخانه کرج انجام گرفت، ۱۸ تاکسون در حد جنس شناسایی شدند. Baetis، Micrasema و Pontoperla به ترتیب جنس غالب این سه راسته بوده و میانگین تراکم سالانه جمعیت سه راسته (۱۱۹۳(±۶۵۱ عدد/مترمربع به دست آمد. بر اساس تعداد خانواده‌های این سه راسته، میانگین کل شاخص EPT در رودخانه کرج ۵/۶ محاسبه گردید. بیشینه مقدار میانگین سالانه این شاخص (۷/۹) و کمینه مقدار آن (۳/۵) تعیین شد. بر اساس این شاخص، صد درصد ایستگاه‌ها، ضعیف یا متوسط ارزیابی‌شده و کیفیت اکولوژیک منطقه را غیرقابل‌قبول و نیازمند به پایش و مدیریت زیست‌محیطی نشان داده است.

هم‌چنین در سال ۱۳۹۹ قربان زاده و همکاران الگوی پراکنش مکانی و زمانی ماکروبنتوزها را در رودخانه کرج بررسی کردند. در این مطالعه که پراکنش، فراوانی و ساختار ماکروفونای رودخانه کرج محاسبه گردید، پارامترهای عمق، دما، شوری، اکسیژن محلول، کدورت، هدایت الکتریکی،

www.SID.ir
[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

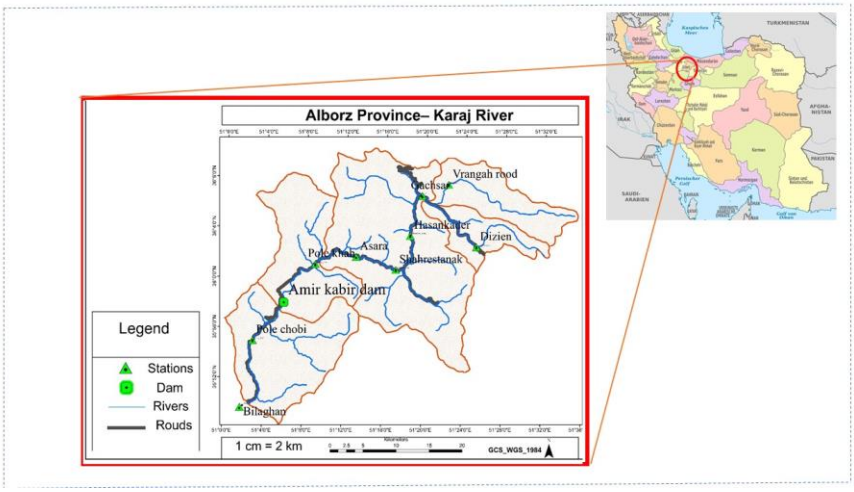
Archive of SID

pH و TDS نیز اندازه‌گیری شد و جمعاً ۳۸۴۵۴ نمونه متعلق به ۴۲ خانواده و ۵۲ تاکسون شناسایی گردید. به لحاظ فراوانی، شیرنومیده‌ها، خانواده غالب بودند. گرچه بر اساس شاخص شانون، ایستگاه‌های بالادست رودخانه دارای شرایط بهتر ارزیابی شدند، ولی به‌طورکلی وضعیت کیفی آب در طبقه متوسط تعیین گردید (در دست چاپ).

رودخانه کرج به‌عنوان یکی از منابع تأمین‌کننده آب کلان‌شهر تهران و فعالیت‌های تفرجی در حاشیه آن در فهرست رودخانه‌های حفاظت‌شده و پراهمیت کشور قرار داشته و کیفیت مطلوب و روند تغییرات آن در این منبع آبی همواره موردتوجه قرار دارد. علیرغم نقش بوم‌شناختی و اقتصادی- اجتماعی رودخانه کرج تاکنون بررسی کیفیت آب این رودخانه با استفاده از شاخص BMWP و با تعداد گسترده ایستگاه‌ها و در چهارفصل مختلف سال انجام‌نشده است. هدف از این پژوهش طبقه‌بندی و زون‌بندی وضعیت کیفی آب رودخانه کرج و نیز مقایسه بین نتایج حاصل از شاخص BMWP و سایر شاخص‌های زیستی مطالعه شده است. با توجه به اهمیت مدیریت و نظارت بر بوم‌سازگان‌های آبی، جایگاه ویژه جوامع ماکروبنتوز در پایش منابع آبی و خصوصیات ویژه آن‌ها به نظر می‌رسد سیستم امتیازی BMWP به‌منظور ارزیابی کیفیت آب رودخانه کرج بر اساس میزان حساسیت هر خانواده از ماکروبنتوزها نسبت به آشفتگی‌های محیطی مناسب باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری به مدت یک سال در آبان و بهمن‌ماه ۱۳۹۶ و اردیبهشت و مردادماه ۱۳۹۷ از نه ایستگاه واقع در شاخه اصلی رودخانه کرج انجام شد (شکل ۱). ایستگاه‌های نمونه‌برداری با GPS (GPSMAP76CS) ثبت و کلیه روش‌های نمونه‌برداری بر اساس Mandaville (2012) انجام شد. دو ایستگاه وارنگه‌رود و دیزین در بالادست، به علت شرایط بهتر ازنظر بار آلودگی به‌عنوان ایستگاه‌های شاهد انتخاب شدند. نمونه‌های ماکروبنتیک در هر ایستگاه (با سه تکرار) به‌وسیله نمونه‌بردار سوربر جمع‌آوری و نمونه‌ها با فرمالین ۵ درصد تثبیت شدند. نمونه‌های بنتیک در آزمایشگاه تا حد جنس شناسایی شدند آنالیز واریانس یک‌طرفه برای تعیین اختلاف بین گروه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش بیست و سوم انجام و جهت تهیه نقشه‌ها با روش IDW از نرم‌افزار ArcGIS10.3 و Terrset17.3 استفاده گردید (قربان زاده و همکاران، ۱۳۹۹).



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های موردمطالعه در مسیر رودخانه کرج شامل ایستگاه‌های بیلقان (۱)، پل چوبی (۲)، پل خواب (۳)، آسارا (٤)، شهرستانک (۵)، حسنکدر (٦)، گچسر (۷)، دیزین (۸) و وارنگه‌رود (۹).

www.SID.ir
[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID

از متداول‌ترین شاخص‌های زیستی BMWP است (Wally and Hawkes, 1997) که در این روش همه گونه‌های جمع‌آوری‌شده در سطح خانواده (کم‌تاران در سطح رده) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا بتوان آن‌ها را برای استفاده در گستره بیشتری منطبق کرده و مشکلات ناشی از شناسایی گونه‌های نادرست را برطرف نمود. سپس به هر خانواده امتیازی نسبت داده می‌شود. مقاومت هر خانواده از ماکروبنتوزها به آلودگی آلی در سرعت‌های مختلف جریان آب، مبنای امتیازدهی می‌باشد؛ به‌طوری‌که خانواده‌هایی که کم‌ترین مقاومت را در برابر آلودگی دارد بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. لازم به ذکر است که امتیازهای اصلی اختصاص داده‌شده به هر خانواده در سال ۱۹۷۸ بر اساس مقاوم‌ترین عضو خانواده که در منطقه غالب بوده صورت گرفته و به‌عبارت‌دیگر حد پایین امتیاز هر خانواده را بیان می‌دارد.

به‌منظور اندازه‌گیری این شاخص به هر خانواده از گونه‌های جمع‌آوری‌شده امتیازی تعلق گرفت. در این امتیازدهی بیشترین امتیاز به خانواده‌هایی که کمترین مقاومت را در برابر آلودگی دارند داده شد. درنهایت نمرات هر خانواده موجود در نمونه باهم جمع گردید تا امتیازBMWP به دست آید. در جدول ۱ طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص BMWP ارائه‌شده است (Wally and Hawkes, 1997).

جدول ۱: طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخصBMWP (Wally and Hawkes, 1997).

امتیاز کلی شاخص	طبقه کیفی	توضیح
۱۰-۰	خیلی بد	آلودگی شدید
۴۰-۱۱	بد	آلوده یا تحت تأثیر قرارگرفته
۷۰-۴۱	متوسط	به‌صورت متوسط تحت تأثیر قرارگرفته
۱۰۰-۷۱	خوب	تمیز ولی کمی تحت تأثیر قرارگرفته
<۱۰۰	خیلی خوب	غیر آلوده، تحت تأثیر قرار نگرفته

طبقه‌بندی و زون‌بندی وضعیت کیفی رودخانه کرج با استفاده از شاخص BMWP و سایر شاخص‌های زیستی بررسی شد. بر اساس نتایج شاخص موردنظر و مطابق با دستورالعمل WFD، وضعیت پنج‌گانه بوم‌شناختی بستر (عالی: H، خوب: G، متوسط: M، ضعیف: P، بد: B) در هر ایستگاه مشخص و طبقه‌بندی گردید.

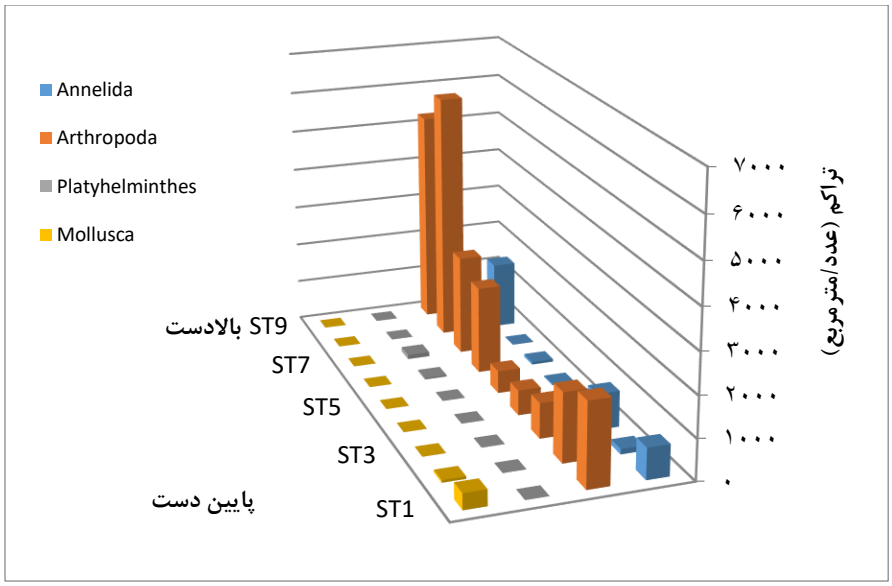
نتایج

در مطالعه حاضر از مجموع ۳۸۳۰۰ نمونه تعداد ۵۱ تاکسون از ۴۲ خانواده شناسایی شد. میانگین تراکم سالانه در رودخانه کرج ۲۹۱۱ (عدد/مترمربع) به ثبت رسید. جمعیت بندپایان و کرم‌های حلقوی درمجموع ۹۷ درصد تراکم ماکروبنتوزهای شناسایی‌شده را تشکیل می‌دهند (شکل ۲). هشت تاکسون Chironomidae، Hydropsyche، Baetis، Micrasema، Rhithrogena، Eporus، Pseudocloeon و Simulium از بندپایان و Tubifex از کرم‌های حلقوی درمجموع حدود ۹۳ درصد تراکم گونه‌های ماکروبنتوزها را شامل می‌شوند.

www.SID.ir

[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID



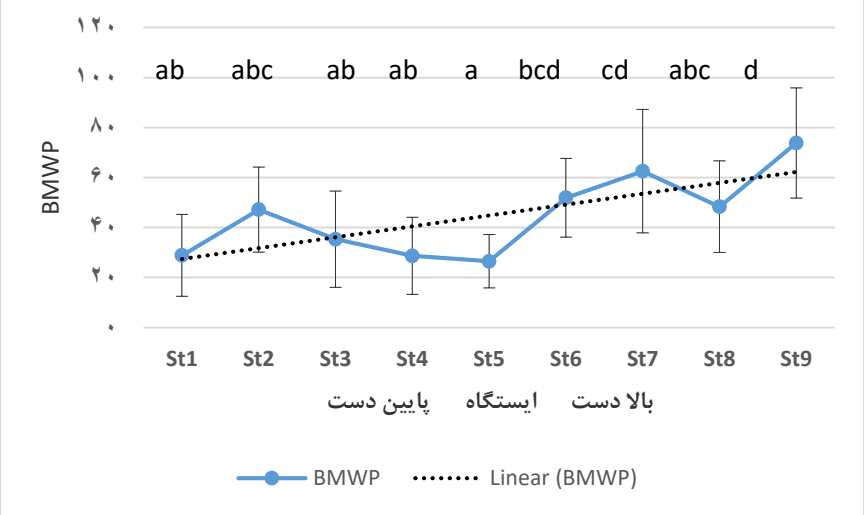
شکل ۲: پراکنش مکانی گروه‌های عمده ماکروبنتوزها بر اساس ایستگاه در رودخانه کرج (۱۳۹۶-۱۳۹۷).

مطابق با جدول ۲ میانگین کل شاخص BMWP این شاخص در رودخانه کرج ۴۸/۸ بوده و دامنه تغییرات شاخص BMWP بر اساس ایستگاه (۱۰۹/۰-۴/۰) می‌باشد. بیشینه مقدار میانگین سالانه این شاخص (۷۳/۸۳) در ایستگاه ۹ و کمینه مقدار آن (۲۶/۵۰) در ایستگاه ۵ مشاهده شد. روند تغییرات این شاخص از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه، کاهشی می‌باشد. آنالیز واریانس یک‌طرفه، اختلاف معنی‌داری بین میانگین این شاخص در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد (P=۰/۰۰۱). آزمون توکی اختلاف معنی‌داری بین میانگین این شاخص در ایستگاه ۵ با ایستگاه ۶، ۷ و ۹ نشان می‌دهد. هم‌چنین ایستگاه ۹ به‌جز ایستگاه ۶ و ۷ با بقیه اختلاف معنی‌داری دارد (P<۰/۰۵).

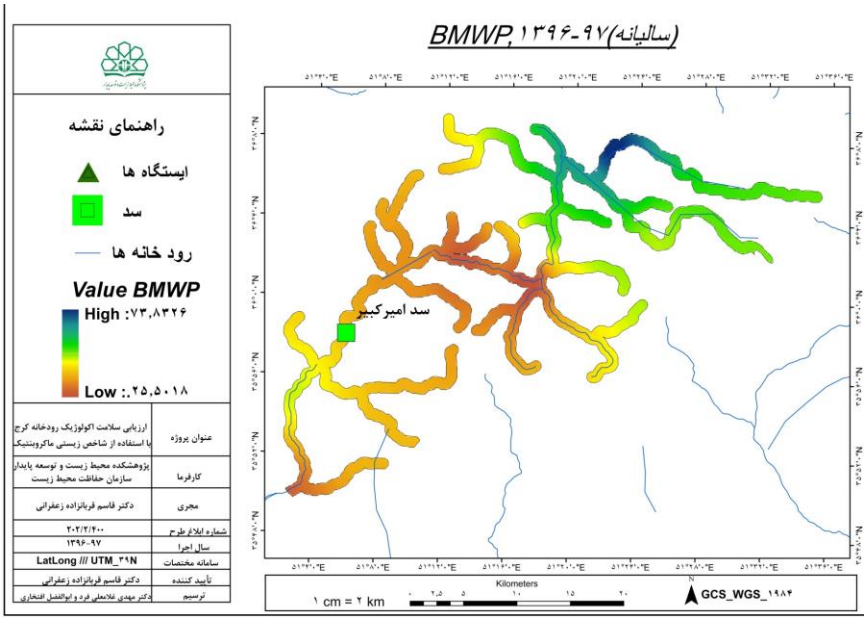
طبقه‌بندی و زون‌بندی وضعیت کیفی رودخانه کرج با استفاده از شاخص BMWP تعیین گردید و شاخص موردنظر مطابق با دستورالعمل WFD، وضعیت پنج‌گانه اکولوژیک بستر در هر ایستگاه مشخص و طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که ایستگاه ۱، ۳، ۴ و ۵ دارای وضعیت ضعیف، ایستگاه‌های ۲، ۶، ۷ و ۸ در شرایط متوسط و ایستگاه ۹ در وضعیت خوب می‌باشد (جدول ۳). بر اساس نقشه‌های تهیه‌شده در سامانه جغرافیایی (GIS) که با روش درون‌یابی (IDW) برای هریک از شاخص‌ها تهیه‌شده، وضعیت بستر و محدوده‌ای که از هم متمایز بودند، مشخص شدند. در اکثر آن‌ها ایستگاه‌های باکیفیت بالاتر در بخش بالادست پراکنده‌شده‌اند (شکل ۳).

www.SID.ir
[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID



الف



ب

شکل ۳: روند تغییرات میانگین (الف) و نقشه درون‌یابی (ب) شاخص BMWP در ایستگاه‌های مختلف رودخانه کرج (۱۳۹۶-۱۳۹۷).

(نقطه‌چین نشانه شیب تغییرات و حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی‌دار می‌باشد. آنالیز واریانس یک‌طرفه، تست توکی؛ $P\leq 00$ ؛ رنگ قرمز نقشه، نقاط باکیفیت پایین‌تر و رنگ سبز، کیفیت بهتر را نشان می‌دهد).

www.SID.ir

[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID

جدول ۲: میانگین سالانه (±SD) مقادیر شاخص BMWP در رودخانه کرج بر اساس ایستگاه (۱۳۹۶-۱۳۹۷).

BI	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	میانگین کل (±SD)
BMWP	۸۳±۱۶/۳۹ ۲۸/	۱۷±۱۷/۰۴ ۴۷/	۳۳±۱۹/۲۴ ۳۵/	۶۷±۱۵/۴۲ ۲۸/	۵۰±۱۰/۷۳ ۲۶/	۹۲±۱۵/۷۶ ۵۱/	۵۰±۲۴/۷۱ ۶۲/	۳۳±۱۸/۳۲ ۴۸/	۸۳±۲۲/۰۲ ۷۳/	/۸±۲۳/۴ ۴۸

جدول ۳: طبقه‌بندی وضعیت اکولوژیک ایستگاه‌های رودخانه کرج (۱۳۹۷-۱۳۹۶).

رفرنس	وضعیت اکولوژیک منطقه (٪)		ایستگاه (پایین‌دست)						(بالادست)			
	قابل‌قبول (G, H)	غیرقابل‌قبول (B,P,M)	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	شاخص
قربان زاده و همکاران (در دست چاپ)	۰	۱۰۰	P	M	M	P	P	M	M	P	M	$H'(\log_2)$
قربان زاده و همکاران (۱۳۹۹)	۰	۱۰۰	B	P	B	B	B	P	P	B	P	EPT
مطالعه حاضر	۱۱	۸۹	P	M	P	P	P	M	M	M	G	BMWP

(H؛ عالی، G؛ خوب، M؛ متوسط، P؛ ضعیف، B؛ بد، رنگ خاکستری؛ وضعیت اکولوژیک غیرقابل‌قبول، رنگ سفید؛ وضعیت اکولوژیک قابل‌قبول)

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه محمودی فرد و همکاران (۱۳۹۳)، شکری پور و اشجع اردلان (۱۳۹۵) و عبدلی (۱۳۹۵)، به ترتیب ۳۷ خانواده، ۲۲ خانواده و ۲۴ خانواده گزارش گردیده است؛ ولی در این پژوهش ۵۱ تاکسون از ۴۲ خانواده شناسایی شد. یکی از دلایل تفاوت در تعداد تاکسون‌های گزارش‌شده می‌تواند تعداد بیشتر ایستگاه‌ها و تعداد فصول موردمطالعه باشد که در مطالعه حاضر با توجه به نه ایستگاه و چهارفصل از مطالعات قبلی جامع‌تر بوده است. هم‌چنین در این مطالعه تعداد کل موجودات و به‌اصطلاح نمونه مشاهده‌شده بالغبر ۳۸۴۰۰ عدد جمع‌آوری گردید که بالغبر ۱۵۰۰۰ عدد نمونه فقط در پاییز مشاهده گردید. این میزان نمونه از مطالعات انجام‌شده درگذشته به‌مراتب بیشتر بوده است.

بر اساس نتایج جمعیت ماکروبنتوزها، تغییرات مکانی پراکنش آن‌ها (بندپایان، کرم‌های حلقوی، کرم‌های پهن و نرم‌تنان) در طول رودخانه مشهود می‌باشد (شکل ۲). بیشینه فراوانی بندپایان (۶۱۱۰ عدد/مترمربع) و کرم‌های حلقوی (۱۶۴۸ عدد/مترمربع) در ایستگاه ۸ و کرم‌های پهن (۱۰۹ عدد/مترمربع) در ایستگاه ۷ مشاهده‌شده ولی بیشینه فراوانی نرم‌تنان (۳۹۴ عدد/مترمربع) در ایستگاه ۱ به ثبت رسید. لذا می‌توان نتیجه گرفت روند تغییرات جمعیت به‌گونه‌ای است که اکثر گروه‌های عمده بندپایان، کرم‌های حلقوی و پهن در ایستگاه‌های بالادست و نرم‌تنان در ایستگاه‌های پایین‌دست رودخانه توزیع‌شده‌اند. هم‌چنین تعداد گونه‌ها از بالادست رودخانه به سمت پایین‌دست رودخانه به‌ویژه بخش‌های میانی (کمینه در ایستگاه ۵) کاهشی می‌باشد لذا تغییرات مکانی در تنوع و پراکنش جمعیت و ساختار ماکروبنتوزها مشهود می‌باشد.

www.SID.ir
[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID

در طول این مطالعه Chironomidae، Baetis و Tubifex تاکسون‌های غالبی بودند که در همه ایستگاه‌ها مشاهده شدند. هم‌چنین نتایج مشابهی توسط محمودی فرد و همکاران (۱۳۹۳) در سرشاخه‌های ولایت رود و شهرستانک در هفت ایستگاه نشان داد که بالاترین درصد تراکم متعلق به خانواده‌های Baetidae و Chironomidae بوده و بیشترین فراوانی ماکروبنتوزها در فصل تابستان مشاهده گردید. در مطالعه حاضر Chironomidae در همه فصول بیشترین تراکم را نسبت به سایرین داشته و در زمستان بالاترین تراکم خود را نشان داده است که از این لحاظ متفاوت با نتیجه به ثبت رسیده محمودی فرد و همکاران (۱۳۹۳) می‌باشد. نتایج مشابه مبنی بر بالاترین فراوانی نسبی شیرونومیده‌ها نیز توسط شیرچی‌ساسی (۱۳۹۱) گزارش‌شده است که در چهار ایستگاه رودخانه جاجرود انجام شد.

تغییرات زمانی می‌تواند به ویژگی‌های زیستی و سیکل زندگی این موجودات بستگی داشته باشد. از طرفی حضور یا عدم حضور برخی تاکسون ها ازجمله حضور شیرونومیده در اکثر ایستگاه‌ها می‌تواند تحت تأثیر عوامل طبیعی، استرس‌های موجود و مقاومت نسبی آن‌ها به عوامل محیطی باشد. در این مطالعه فقط تغییرات مکانی سالانه مدنظر می‌باشد تا اثرات طولانی‌مدت عوامل و استرس‌های محیطی بر کیفیت رودخانه موردبحث قرار گیرد و ارزیابی فصلی شاخص‌ها موردبحث قرار نگرفته است زیرا تغییرات کوتاه‌مدت و گذرا بوده و می‌تواند تحت تأثیر عوامل رشدی و زیستی و یا تغییرات طبیعی در متغیرهای محیطی مانند تغییر جریان باشد. نتایج نشان داد که بیشینه مقدار میانگین سالانه شاخص BMWP در رودخانه کرج ۷۳/۸۳ و در ایستگاه ۹ می‌باشد که با بیشینه مقدار این شاخص EPT در ایستگاه‌های ۷ و ۹ توسط قربان زاده و همکاران (۱۳۹۹) تا حد زیادی منطبق می‌باشد؛ اما در مورد کمینه مقدار شاخص BMWP که در ایستگاه ۵ و به مقدار ۲۶/۵۰ مشاهده شد، نتایج بامطالعه قبلی متفاوت می‌باشد که کمترین مقدار شاخص EPT را ۳/۵ و در ایستگاه ۱ نشان داد (جدول ۲).

بر اساس جدول ۳ و میزان شاخص BMWP، ایستگاه‌های ۱، ۳، ۴ و ۵ در وضعیت ضعیف، ایستگاه ۹ در وضعیت خوب و سایر ایستگاه‌ها در وضعیت متوسط قرار گرفتند (۴۴/۵ درصد ضعیف، ۴۴/۵ درصد متوسط و ۱۱ درصد خوب). مطابق با نتایج حاصل از شاخص BMWP غالب ایستگاه‌ها در وضعیت ضعیف یا متوسط ارزیابی‌شده و ۸۹ درصد ایستگاه‌ها دارای وضعیت بوم‌شناختی غیرقابل‌قبول و ۱۱ درصد دارای کیفیت قابل‌قبول بودند. این یافته‌ها با نتایج ارزیابی شاخص شانون (قربان زاده و همکاران، در دست چاپ) و شاخص EPT (قربان زاده و همکاران، ۱۳۹۹) تا حدی متفاوت می‌باشد، زیرا شاخص شانون (۴۴ درصد ضعیف و ۵۶ درصد متوسط) و شاخص EPT (۵۶ درصد بد و ۴۴ درصد ضعیف) در این مناطق اعلام‌شده است و ۱۰۰ درصد ایستگاه‌ها دارای وضعیت بوم‌شناختی غیرقابل‌قبول می‌باشند. به نظر می‌رسد این اختلاف در نتایج به علت تفاوت در ماهیت شاخص‌های به‌کاررفته باشد؛ زیرا به‌طورکلی روند وضعیت ایستگاه‌ها در نتایج به‌دست‌آمده در هر سه شاخص روند یکسانی مشاهده می‌شود. ایستگاه‌های ۱، ۴ و ۵ در هر سه مطالعه در یک گروه قرارگرفته‌اند و بیشترین میزان آلودگی را نشان داده و ایستگاه‌های ۲، ۶، ۷ نیز با قرار گرفتن در گروه بعدی وضعیت بوم‌شناختی شرایط بهتری را ازنظر کیفیت آب رودخانه نسبت به گروه قبل نشان می‌دهند. هم‌چنین در هر سه مطالعه بهترین وضعیت بوم‌شناختی در ایستگاه ۹ ارزیابی‌شده است. به‌این‌ترتیب نتایج کلی مطالعه حاضر با نتایج حاصل از دو مطالعه قبلی که با استفاده از شاخص‌های شانون و EPT صورت گرفته بود مطابقت دارد.

با توجه به روند تغییر شرایط و کیفیت آب رودخانه در ایستگاه‌های موردمطالعه می‌توان نتیجه گرفت که ایستگاه‌های بالادست به دلیل فعالیت‌های کمتر انسانی در اطراف آن‌ها و هم‌چنین تأثیر سازه سد بر کیفیت آب منطقه از کیفیت بهتری نسبت به سایر نقاط موردمطالعه برخوردار است. در مورد ایستگاه ۸ به‌عنوان یکی از سرشاخه‌ها، انتظار می‌رفت همانند ایستگاه ۹ از کیفیت بهتری برخورد باشد. درصورتی‌که نتایج خلاف آن را ثابت می‌کند. به نظر می‌رسد فعالیت‌های گردشگری در پیست اسکی دیزین و نیز احداث جاده در نزدیک این ایستگاه موجب تخریب و ورود آلودگی به آب‌شده است. به همین ترتیب بافاصله گرفتن از دو ایستگاه شاهد وضعیت کیفی آب رفته‌رفته نامناسب‌تر می‌گردد و بار آلودگی بالقوه افزایش می‌یابد و روند تغییرات شاخص BMWP بر اساس ایستگاه از سمت بالادست به پایین‌دست رودخانه کرج کاهشی می‌باشد (شکل ۳).

قدرت خود پالایی رودخانه کرج موجب اشباع آب رودخانه از اکسیژن می‌شود و این ویژگی سبب گردیده باوجود بهره‌برداری بالا از آب رودخانه و قرار گرفتن دریکی از کانون‌های مهم تفرجی تاکنون آلودگی آن به حد غیرقابل‌تحمل درنیاید؛ اما واقعیت این است که خطر آلودگی رودخانه با

www.SID.ir

[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID

توجه به تأمین آب شرب تهران بسیار جدی است (عبدلی، ۱۳۹۵). کاربری اراضی در محدوده موردنظر رودخانه کرج شامل زراعت، باغ‌های میوه و مجتمع‌های درختی و مرتع با توان طبقه ۳ و ۴ است (Azizi Jalilian, 2009). به‌طورکلی عوامل تهدیدکننده رودخانه کرج به ترتیب شامل ساخت‌وساز در حریم رودخانه، آلودگی آب به دلیل ورود فاضلاب، تراکم گردشگر، آلودگی آب به دلیل وجود زباله در حاشیه و روی آب، توسعه فیزیکی تفرج متمرکز بدون توجه به توان طبیعی، جانمایی واحدهای تفرجی بدون انطباق بااستعداد طبیعی، کاهش ایمنی به دلیل نزدیکی به راه و رودخانه، سروصدای ناشی از تردد خودروها، کاهش توان رودخانه برای جذب گردشگر و گل‌آلودگی آب می‌باشد. طبق مطالعه عزیزی جلیلیان (۱۳۸۸) تمام این عوامل در محدوده رودخانه کرج به‌غیراز عامل آخر بالاتر از مقدار میانگین قرار دارد. از دیگر عوامل تهدیدکننده می‌توان از فاضلاب‌های روستایی و اماکن، دامی، پساب‌های کشاورزی، کشتارگاه‌ها و کارگاه‌های حاشیه رودخانه نام برد (افشین، ۱۳۷۳). در سال‌های اخیر عملیات راه‌سازی آزادراه تهران – شمال که در حال انجام می‌باشد نیز می‌تواند بر کیفیت آب رودخانه تأثیرگذار باشد. این عملیات در مواردی موجب تغییر مسیر رودخانه شده که با تغییر بستر رودخانه موجبات تغییرات شدیدی در این زیست‌بوم گشته است. در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۸۸ توسط قاسمی‌زیارانی و فریادی انجام گردید نیز عوامل ایجادکننده آلودگی در حوزه آبخیز سد کرج بر اساس انواع کاربری شناسایی گردید؛ که از آن جمله می‌توان به تغییر کاربری اراضی، ورود فاضلاب کانون‌های جمعیتی پیرامون سد (مراکز نظامی و تفریحی) به سد کرج، ورود فاضلاب سیاه سکونتگاه‌های روستایی به چاه‌های جاذب و ورود فاضلاب خاکستری آن‌ها به آب رودخانه، فعالیت‌های کشاورزی، جمع‌آوری غیربهداشتی زباله، ورود فاضلاب گرمابه‌های فعال به رودخانه، واقع‌شدن برخی از مراکز جمعیتی و مراکز فعالیت در حریم رودخانه، وجود برخی ساخت‌وسازها در منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی، وجود فعالیت‌های خدماتی آلوده‌کننده، کشتارهای غیرمجاز، فعالیت‌های دامداری، مراکز پذیرایی فاقد تصفیه فاضلاب، فعالیت معادن، زباله‌های باقی‌مانده از گردشگران، عدم تناسب کاربری موجود با کاربری بالقوه زمین و بالا بودن میزان فرسایش اشاره کرد. هم‌چنین طبقه‌بندی پهنه‌ها ازنظر میزان پتانسیل آلوده‌کنندگی آن‌ها در آلودگی آب‌های حوضه صورت گرفت که با نتایج حاصل از این مطالعه هم‌خوانی دارد (شکل ۳).

به نظر می‌رسد ایستگاه‌های ۱، ۳، ۴ و ۵ که وضعیت بوم‌شناختی فقیر (P) در آن‌ها ارزیابی‌شده است لازم است در اولویت برنامه‌های مدیریتی برای حفاظت و کاهش بار آلودگی قرار گیرند. نتایج ارزیابی دو شاخص تنوع شانون (قربان زاده و همکاران، در دست چاپ) و EPT (قربان زاده و همکاران،۱۳۹۹) در رودخانه کرج روند مشابهی از کاهش وضعیت کیفی آب از بالادست به پایین‌دست رودخانه نشان می‌دهد؛ ولی درجه طبقه‌بندی حاصل از هریک از شاخص‌ها متفاوت می‌باشد. جهت رسیدن به شاخص مناسب منطقه لازم است مطالعات تکمیلی پایشی صورت گیرد و نیز از شاخص‌های زیستی دیگر استفاده گردد تا پس از بررسی میزان تطابق بین شاخص‌ها، شاخص مناسب منطقه مشخص‌شده و نتیجه‌گیری بهتر حاصل شود.

منابع

ابراهیمی دستگردی، ه.، ابراهیمی، ع. و فاخران اصفهانی، س.، ۱۳۹۶. اثر سد زاینده‌رود بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف زی و کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود با استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT. بوم‌شناسی کاربردی، ۶ (۲): ۶۷-۵۵.

افشین، ی.، ۱۳۷۳. رودخانه‌های ایران. انتشارات وزارت نیرو، ۳۴۵ ص.

پیرعلی‌زفره‌ئی ا. و ابراهیمی‌درچه ع.، ۱۳۹۵. معرفی چند شاخص زیستی مناسب برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه. نشریه آب و توسعه پایدار، سال سوم، شماره ۲، صفحات ۴۲-۳۵.

شکری‌پور، ز. و اشجع‌اردلان، آ.، ۱۳۹۵. شناسایی و بررسی تنوع ماکروبنتوزهای رودخانه کرج. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، دوره ۲۹، شماره ۴، صفحات ۶۸۲-۶۷۶.

www.SID.ir

[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID

شیرچی‌ساسی، ز.، ۱۳۹۱. استفاده از شاخص زیستی ماکروبنتوز برای ارزیابی کیفیت آب: مطالعه موردی رودخانه جاجرود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی. ۱۶۰ ص.

صابری، س. ا.، جرجانی، س.، میرا، س. م. و قلیچی، ا.، ۱۳۹۰. تعیین فون بنتیک خرمارود شهرستان آزادشهر. مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، سال ۵، شماره ۴، صفحات ۱۱۹-۱۰۹.

عبدلی، ا.، ۱۳۹۵. ارزیابی ذخایر آبزیان پشت سد کرج و رودخانه‌های منتهی به آن. سازمان حفاظت محیطزیست، اداره کل حفاظت محیطزیست استان البرز. **۱۱۵ ص.**

عزیزی‌جلیلیان، م.، ۱۳۸۸. شناساگرهای حدود قابل‌قبول تغییر در فعالیت‌های تفرجی منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی (جنوبی): مطالعه موردی رودخانه کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم محیطزیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ۱۷۱ ص.

قاسمی زیارانی، ا. و فریادی، ش.، ۱۳۸۸. پهنه‌بندی پتانسیل آلوده‌کنندگی حوضه آبخیز سد کرج با تلفیق روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک، تحلیل پارامترهای کیفی آب و SWOT، علوم محیطی، ۷ (۲)، ۲۱-۴۰.

قربان زاده زعفرانی، س. ق.، ساری، ع.، تارا ابراهیمی، ت.، حسینی طایفه، ف.، سپیده برزگر، س.، ایزدیان، م.، اشجع اردلان، آ.، هاشمی عنا، س. ک. و کاتوزیان، ا. ر.، ۱۳۹۹. بررسی ارتباط بین جمعیت ماکروفونا و وضعیت کیفی رودخانه کرج. مجله محیطزیست جانوری (پذیرش‌شده).

قربان زاده زعفرانی، س. ق.، حسنی، ن.، حسینی طایفه، ف. و ایزدیان، م.، ۱۳۹۹. طبقه‌بندی وضعیت کیفی آب رودخانه کرج بر اساس شاخص EPT. اولین همایش ملی تنوع زیستی. تهران، ایران. صفحات ۵۷۴-۵۶۱.

کرمی، م.، میردار هریجانی، ج.، قرایی، ا. و پوریا، م.، ۱۳۹۶. بررسی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT. بوم‌شناسی آبزیان، (۱): ۳۸-۲۹.

محمودی‌فرد ع.، ایمان‌پور نمین، ج.، شریفی‌نیا، م.، علاف‌نویریان ح. و غلامی دشتکی، ک.، ۱۳۹۳. استفاده از ترکیب جمعیت و الگوی پراکنش بی‌مهرگان کف زی، به‌منظور ارزیابی زیستی و پایش کیفیت آب رودخانه شاهرود (استان قزوین). بهره‌برداری و پرورش آبزیان، جلد سوم، شماره ۴.

نوروزی، ح. و رضایی‌منش، م.، ۱۳۹۹. استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT به‌منظور ارزیابی کیفیت آب تالاب هشیلان (کرمانشاه، ایران). نشریه علمی اکو بیولوژی تالاب، سال ۱۲، شماره ۴۳، صفحات ۶۴-۴۷.

Abbaspour, F., Mirdar Harijani, J., Gharaei, A. and Iezadi, G. H., 2017. Biological assessment of the Tang Sorkh River (Iran) using benthic macroinvertebrates. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16(3): 1008-1020.

Aazami, J., KianiMehr, N. and Zamani, A., 2019. Ecological water health assessment using benthic macroinvertebrate communities (case study: The Ghezel Ozan River in Zanjan Province, Iran). Environmental monitoring and assessment, 191(11): 689.

Azizi Jalilian, M., 2009. Selection of Limits of Acceptable Change Indicators for Recreational Activities on Central Alborz Protected Area (southern part), Case study: Karaj River. Mcs. Thesis of Environmental Science, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, Karaj, 171p.(in Persian).

Barton, D. R. and Metcalfe-Smith, J. L., 1992. A comparison of sampling techniques and summary indices for assessment of water quality in the Yamaska River, Québec, based on benthic macroinvertebrates. Environmental Monitoring and assessment, 21(3): 225-244.

Bhat, G. A., Jauhari, R. K., Paray, M. A. and Devi, N. P., 2017. Study the wetland water quality using biotic indexes: A case study of Asan wetland of central Himalaya, International Journal of Zoology Studies, 2(6): 233-238.

Carew, M. E., Pettigrove, V. J., Metzeling, L. and Hoffmann, A. A. 2013. Environmental monitoring using next generation sequencing: rapid identification of macroinvertebrate bioindicator species. Frontiers in zoology, 10: 45.

Etemi, F. Z., Bytyçi, P., Ismaili, M., Fetoshi, O., Ymeri, P., Shala–Abazi, A., Muja-Bajraktari, N. and Czikkely, M., 2020. The use of macroinvertebrate based biotic indices and diversity indices to evaluate the water quality of Lepenci river basin in Kosovo. Journal of Environmental Science and Health, Part A, pp.1-11.

Ghani, W. M. H. W. A., Kutty, A. A., Mahazar, M. A., Al-Shami, S. A. and Ab Hamid, S., 2018. Performance of biotic indices in comparison to chemical-based Water Quality Index (WQI) in evaluating the water quality of urban river. Environmental monitoring and assessment, 190(5): 297

www.SID.ir

[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

Archive of SID

Humpesch U. H. and Fesl. C., 2002. The effect of river bed management on the habitat structure and Macro invertebrates community of a ninth order river, in Austria. Archir fur Hydrobiology Large Rivers, 13(1): 29-46.

Shokri, M., Rossaro, B. and Rahmani, H., 2014. Response of macroinvertebrate communities to anthropogenic pressures in Tajan River (Iran). Biologia, 69(10): 1395-1409.

Mustow, S. N., 2000. Policies for Natural Disaster Reduction in Modern Societies. In World Conference on Natural Disaster Reduction Technical Committee Sessions C, pp. 31-44.

Ojija, F., Gebrehiwot, M. and Kilimba, N., 2017. Assessing Ecosystem Integrity and Macroinvertebrates Community Structure: Towards Conservation of Small Streams in Tanzania. International Journal of Scientific and Technology Research, 6(2): 148-155.

Wally, W. J. and Hawkes, H. A., 1997. A computer-based development of the biological monitoring working party score system incorporating abundance rating, site type and indicatore value. Water Research, 31: 201-210.

Wang, X., 2012. Spatial distribution of benthic macroinvertebrates in the erhai basin of Southwestern China. Journal of freshwater ecology, 27(1): 89-96.

Zamora-Munoz, C. and Alba-Tercedor, J., 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. Journal of the North American Benthological Society, 15(3): 332-352.

Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakaş, B. and ÖZGÜL, S., 2014. The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). Turkish Journal of Zoology, 38(5): 603-613.

[Downloaded from jweb.iauahvaz.ac.ir on 2022-01-11]

www.SID.ir