# پاسخ بوم‌شناختی بزرگ بی‌مهرگان رودخانه جاجرود به آلودگی‌های ناشی از پساب‌های انسان‌ساخت

**ابراهیم تقی‌نژاد[1*]، محمدرضا احمدی[2]، ابوالقاسم کمالی[1] و سمیرا حق‌بیان[1]**

۱) گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: e.taghinejhad@gmail.com
۲) گروه بهداشت آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰٤/۱۰

## چکیده

تحقیق حاضر در رودخانه جاجرود در محدوده بین منطقه سعید آباد تا پایین‌دست روستای قره قویون به منظور بررسی تاثیر بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی بر رشد صورت پذیرفت. جهت این کار سه ایستگاه مطالعاتی در نظر گرفته شد و نمونه‌برداری از بی‌مهرگان کفزی در کنار سایر سنجه‌ها مانند دمای هوا و آب، $BOD_5$، pH و DO به صورت ماهیانه صورت گرفت. در بررسی بزرگ بی‌مهرگان آبزی از شاخص‌های غنای کل، غنای EPT، شاخص تنوع شانن‌وینر (H) و شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI) استفاده شد. میانگین درجه حرارت هوا بین ۱/۳ تا ۳۲/۵ درجه سانتی‌گراد، دمای آب بین ۳ تا ۲۵/۱ درجه سانتی‌گراد، $BOD_5$ بین ۳/۹ تا ۹/۹۸ میلی‌گرم در لیتر، DO بین ۴/۸۵ تا ۹/۵۲ میلی‌گرم در لیتر و pH آب بین ۸/۸ تا ۹/۶ طی مدت بررسی متغیر بودند. در بررسی فون بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی ۷ راسته و ۱۱ جنس شناسایی شدند که گروه‌های مقاوم به آلودگی مانند Diptera و به طور خاص خانواده‌های Chironomidae و Gastropoda در پایین‌دست رودخانه غالبیت داشتند. غنای EPT در بهار در ایستگاه ۳ با میزان ۴۵ درصد حداکثر و ۳۴ درصد در ایستگاه ۲ در تابستان حداقل میزان را داشت. ایستگاه شماره ۲ با در نظر گرفتن کلیه سنجه‌ها شدیداً آلوده، ایستگاه ۱ دارای آلودگی آلی قابل ملاحظه و ایستگاه ۳ دارای آلودگی نسبی بود. کیفیت آب در ایستگاه ۱ بر اساس شاخص زیستی هلسینهوف ضعیف، در ایستگاه ۲ بسیار ضعیف و در ایستگاه ۳ نسبتاً ضعیف طبقه‌بندی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** ریزساختار، سوریمی، شوریده دهان سیاه، ژل کامابوکو، انجماد.

## مقدمه

زیست‌بوم آب‌های شیرین شامل مجموعه پیچیده‌ای از فرآیندهایی است که دارای روابط و وابستگی‌هایی نسبت به هم می‌باشند. در شرایط طبیعی منابع آب شیرین از تعادل و موازنه برخوردار هستند که این مسئله در رابطه با تعداد کل گونه‌های گیاهی و جانوری موجود در آب است. بروز هر گونه تنش خارجی از قبیل افزایش فاضلاب یا مواد آلاینده باعث کاهش تنوع گونه‌ها گردیده و کاهش ثبات زیست‌بوم را در پی دارد. بنابراین تنوع گونه‌ای را می‌توان به عنوان مشخصه‌ای در ارتباط با بررسی کیفی آب تلقی کرد، به ویژه آن که زیست‌بوم‌های آب شیرین از پایداری خوبی برخوردار هستند

(ذوالریاستین و چنگیزی، ۱۳۸٤).

بوم‌شناسان در آب‌های جاری از موجودات زنده برای تعیین کیفیت محیطی نهرها، موجودات شاخص و عکس‌العمل‌های آنها نسبت به شرایط محیطی استفاده می‌کنند. طیف وسیعی از جانداران به منظور پایش زیستی آب‌های شیرین به کار می‌روند که جلبک‌ها، ماهی‌ها و بی‌مهرگان کفزی از متداول‌ترین آنها می‌باشند. البته بی‌مهرگان کفزی در این بین موثرترین گروه بوده، به طوری که امروزه از اساسی‌ترین اجزای زیستی رودخانه‌ها محسوب می‌شوند که با کمک آنها و استفاده از ترکیب جمعیتی گروه‌های شاخص آنها می‌توان شرایط کیفی نهرها را مشخص نمود (Reynoldson, 1992).

موجودات کفزی ارتباط بسیار نزدیکی با بستر آب دارند که این رابطه ممکن است به صورت زندگی ثابت در کف آب و یا کاوش‌هایی در کف، فرو رفتن در گل و لای، حرکت و خزیدن در رسوبات کف و شناوری در سطح آب باشد. بی‌مهرگان کفزی جانوری ساکنان رایج در محیط‌های آبی بوده و حداقل بخشی از چرخه زندگی خود را در بستر آبگیرها سپری نموده که معمولاً روی الک‌هایی با منافذ نیم میلی‌متر باقی می‌مانند (Wallen, 2002). این موجودات فاقد ستون مهره بوده و با چشم غیرمسلح قابل دیدن هستند. چرخه زندگی به نسبت طولانی این موجودات و مقاومت نسبی بسیاری از آنها نسبت به آلودگی‌ها از مزایایی هستند که برای ارزیابی زیستی به این گروه مهم زیست‌محیطی نسبت به سایر گروه‌ها اولویت می‌بخشد. استفاده از بی‌مهرگان کفزی بر این فرض استوار است که نهرها و رودخانه‌هایی که در فشار آلودگی هستند دارای تنوع زیستی کمتر و گونه‌های مقاوم‌تری خواهند بود (Wallen, 2002).

اغلب بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی در چرخه غذایی از مصرف‌کنندگان اولیه بوده که اکثر آنها تغذیه‌کننده‌های غیرانتخابی با طیف وسیعی از قطعات مواد غذایی هستند (Jonasson, 1975). این موجودات علاوه بر نقش مستقیمی که در زنجیره غذایی دارند، در چرخه مواد مغذی مانند فسفر و نیتروژن نیز نقش مهمی داشته و از طریق پدیده‌ای به نام اثرات کفزیان جانوری موجب تسریع آزادسازی مواد مغذی و قرارگیری آنها در اختیار تولیدکنندگان اولیه و پلانکتون‌ها می‌شوند (Feminell, 1999).

بسیاری از کشورها با اشرافی که به اهمیت آب‌های جاری دارند، تحت برنامه‌های مدون و منظم به پایش منابع سطحی پرداخته و در مطالعات خود پایش زیستی و استفاده از بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی را به عنوان موثرترین نشانگرهای محیطی به کار بسته‌اند. به عنوان مثال چندین آژانس و سازمان دولتی وغیردولتی مانند آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) و موسسه حفاظت منابع طبیعی (NR) در ایالات متحده به پایش زیستی منابع آبی می‌پردازند. Stayer (۱۹۹۱) پژوهشی را در رابطه با پراکنش گونه‌ای از سخت پوستان کفزی تحت عنوان صدف گورخری *Dreissena polymorpha* در نهرهای آمریکای شمالی به صورت طولانی‌مدت انجام داد. سنجه‌های فیزیکی و شیمیایی آب در این پژوهش همراه با تراکم نمونه‌ها به همراه شرایط فیزیکی ایستگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفت، به طوری که پراکنش و غنای گونه مزبور به همراه اثرات فصول و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در نهرهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرار گرفت و در نهایت به اثرات شدید برخی آلاینده‌های نهری و خطر حذف گونه مزبور از فون رودخانه اشاره شد.

مطالعه‌ای مشابه توسط Bass (۱۹۹۵) روی ترکیب گونه‌ای بی‌مهرگان کفزی و شرایط محیطی در نهر کوکامبو بدین صورت انجام گرفت که نمونه‌های آب و بی‌مهرگان کفزی از ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست نهر مزبور به طور فصلی جمع‌آوری و

نتایج با توجه به عوامل محیطی و ساختار جمعیت بی‌مهرگان کفزی آنالیز گردید. همچنین شاخص تنوع در نهر مزبور مورد ارزیابی کیفی قرار گرفت و این نهر به عنوان محیطی مناسب تشخیص داده شد که قابلیت حمایت از گروه‌های متنوعی از کفزیان را دارد.

با این حال بررسی‌هایی که تا کنون در کشور ایران در ارتباط با آب‌های جاری به انجام رسیده معمولاً بدون پیوستگی خاص و مدونی پیگیری شده است. بیشتر این بررسی‌ها به طور عمده از سوی مراکز تحقیقات شیلاتی کشور در حد بررسی‌های کلی و نیز ثبت شرایط فیزیکی و شیمیایی و تا حدودی فون آنها انجام شده است. بررسی‌های در برگیرنده شناخت بوم‌شناختی و تنوع زیستی آب‌های جاری با هدف ارزیابی کیفی آن‌ها از جنبه‌های بوم‌شناختی و زیستی بسیار اندک است. از جمله مطالعاتی که در این زمینه یا موضوعات مشابه در کشور انجام شده است می‌توان به مطالعه احمدی و نفیسی (۱۳۸۰) اشاره کرد که طی بررسی جامع، مقادیر زی‌توده و تولید را در رودخانه‌های آغشت و کردان ارزیابی نمودند. علاوه بر این ساسان‌سرایی و همکاران (۱۳۸۵) پایان‌نامه خود را تحت عنوان شناسایی ساختار جمعیت بزرگ‌بی‌مهرگان آبزیی رودخانه چافرود با توجه به برخی عوامل کیفی آب در استان گیلان به انجام رساندند که از جامع ترین مطالعات انجام شده در زمینه بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی در کشور محسوب می‌گردد.

با توجه به اینکه منابع آب به ویژه آب‌های جاری در ایران به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و قرارگیری در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و منطقه کم باران جهان دچار محدودیت جدی می‌باشند، جلوگیری از آلودگی رودخانه‌های کشور از اهمیت بالایی برخوردار است (Wallen, 2002). در راستای تحقق این امر، شناسایی نقاط آلوده و عوامل آلاینده رودهای کشور جهت دستیابی به راه‌حل‌های اصولی به منظور کاهش میزان ورود پساندهای حاصل از فعالیت‌های انسانی در رودخانه‌هایی نظیر جاجرود اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. بر این اساس پژوهش حاضر برای بررسی بزرگ بی‌مهرگان آبزی رودخانه جاجرود به عنوان یکی از رودخانه‌های مهم و استراتژیک استان تهران و مطالعه فراوانی آنها تحت تاثیر آلودگی‌های ناشی از کارگاه آبزی پروری جاجرود انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

سه ایستگاه مطالعاتی در پایین سد لیتان در سرشاخه اصلی آن تا اواسط رودخانه قبل از دریاچه سد ماملو با توجه به شفافیت آب انتخاب و طی یک سال از مرداد ۱۳۹۱ تا تیر ۱۳۹۲ به طور ماهیانه نمونه‌برداری شدند. موقعیت کلی ایستگاه‌ها در جدول ۱ مشخص گردیده است.

بررسی برخی سنجه‌های فیزیکی و شیمیایی آب به صورت ماهانه در محل نمونه‌برداری‌ها به صورت صحرایی انجام شد و برخی نیز در آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفتند. تعیین درجه حرارت آب و هوا توسط دماسنج جیوه‌ای با دقت ۰/۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. اندازه‌گیری pH آب توسط pHمتر دیجیتال (pH Tester 30) در محل ایستگاه‌ها و به صورت صحرایی انجام گرفت. اکسیژن محلول (DO) توسط دستگاه اکسیژن متر دیجیتال (970 DO METER) بر حست میلی‌گرم در لیتر در محل ایستگاه به طور صحرایی اندازه‌گیری شد. بررسی مقدار $BOD_5$ به شرح زیر مورد آنالیز واقع شد (APHA, 1998): آب رودخانه در هر ایستگاه در یک ظرف درب‌دار مخصوص شیشه‌ای (برای هر ایستگاه یک ظرف جداگانه) بدون ایجاد حباب هوا جمع‌آوری شد و سپس در کوتاه‌ترین زمان در محیط تاریک وخنک به آزمایشگاه سازمان آب منتقل گردیده و در دمای ۲۰

درجه سانتی‌گراد در انکوباتور نگهداری شد تا میزان اکسیژن محلول پس از گذشت ۵ روز توسط اکسیژن‌متر بر حسب میلی‌گرم در لیتر تعیین گردد.

نمونه‌برداری از کفزیان ساکن رودخانه در ۳ منطقه مطالعاتی به صورت ماهیانه انجام گرفت. جهت دستیابی به موجودات کفزی از روش سنگی با در نظر گرفتن سطح مفید یک متر مربع استفاده شد. بدین منظور تعداد حدود ۱۰ سنگ (یا بیشتر بسته به اندازه آن) در اندازه‌های درشت، متوسط و کوچک از بستر برداشته و مخالف جریان آب در دهانه تور با برس نرم شستشو شدند. تور محتوی سنگریزه و گل و لای بستر به همراه کفزیان پس از شستشوی سنگ‌ها روی الک ٦٣ میکرونی فیلتر شد. محتویات الک در ادامه به همراه نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی ۰/۲ لیتری حاوی فرمالین ٤ درصد قرار گرفت و مشخصات ایستگاه روی آن نوشته شد.

**جدول ۱.** موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مسیر رودخانه جاجرود

| | | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | دهانه ورودی آب مزرعه | ۵۱/٦٨١٢ | ۳۵/۷۷۱۵ | ١٤٨٦ |
| ۲ | دهانه خروجی آب مزرعه | ۵۱/٦٩٩٣ | ۳۵/۷۹۷۸ | ١٤٢٩ |
| ۳ | با فاصله یک کیلومتر از ایستگاه ۲ در پایین‌دست روستای قره قویون | ۵۱/۷۵۲۱ | ۳۵/٦٢٧۵ | ۱۳۹۰ |

محتویات هر ظرف شامل موجودات کفزی و گل و لای بستر روی الک ٦٣ میکرونی منتقل شده و گل و لای و فرمالین آن به کمک جریان ملایم آب شسته شد. سپس محتویات الک به پتری‌دیش انتقال یافت و نمونه‌ها به کمک لوپ جداسازی و شمارش گردیدند. شناسایی تا پایین‌ترین حد ممکن (خانواده و جنس) انجام پذیرفت. برای شناسایی موجودات از کلیدهای شناسایی مختلفی نظیر احمدی و نفیسی (۱۳۸۰)، Chu (١٩٤٧)، Pennak (۱۹۵۳)، Needham و Needham (١٩٦٢)، Mellenby (١٩٦٣)، Usinger (١٩٦٣) و Jessup (۱۹۹۹) استفاده شد.

حجم وسیعی از داده‌های مربوط به فراوانی گروه‌های مختلف در مطالعات بی‌مهرگان کفزی رودخانه‌ها به علت تنوع بالا جمع‌آوری شده و تفسیر آنها در مجموع نیازمند تعداد زیادی آزمون و مقایسه بود که در نهایت موجب پیچیدگی و انحراف از مسیر اصلی مطالعه شد. بنابراین غربال نمودن یا خلاصه‌سازی داده‌های جمع‌آوری شده برای اجتناب از آنالیزهای متعدد و غیرموثر بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد (Taylor & Baily, 1997). داده‌های خام غربال نشده و متغیرهای معنی‌دار شاخص و نشانگر اثرپذیری زیستگاه مطالعاتی مربوط به جوامع کفزی در این فرآیند محاسبه می‌گردد. چند معیار جمعیتی در پروتکل ارزیابی زیستی آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده به عنوان متداولترین معیار طبقه‌بندی زیستی ایستگاه‌ها معرفی شده که غنای EPT، نسبت فراوانی EPT/Chir، شاخص تنوع شانن‌وینر همراه با شاخص زیستی هیلسنهوف در این مطالعه بررسی شدند.

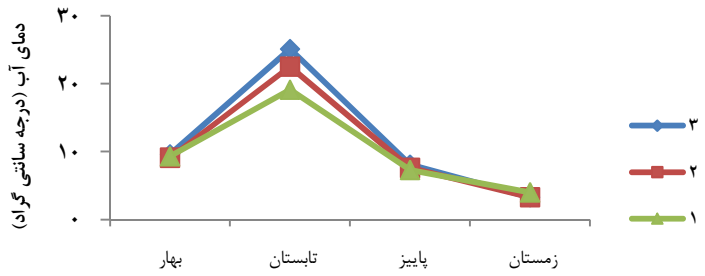
داده‌های آماری در این تحقیق به صورت میانگین±خطای استاندارد گزارش شدند. محاسبات آماری توسط دو نرم افزار SPSS-21 و Excel-2010 صورت گرفتند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار میان میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۰/۰۵ درصد استفاده شد.

## نتایج

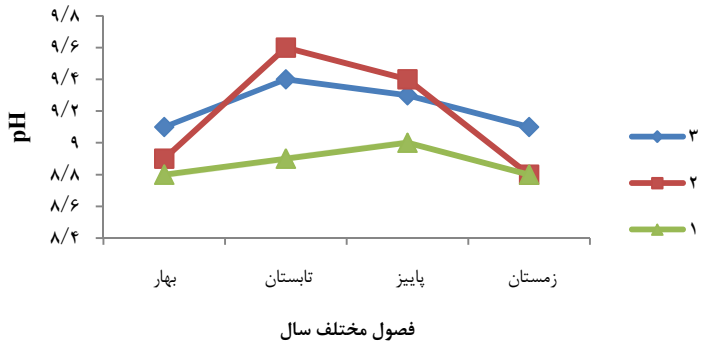
حداقل دمای آب رودخانه جاجرود مربوط به ایستگاه ۲ در زمستان (۳ درجه سانتی‌گراد) و حداکثر آن مربوط به ایستگاه ۳ در تابستان (۲۵/۱ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد (شکل ۱). اختلاف سالیانه دمای آب ایستگاه‌ها برابر ۲۲/۱ درجه سانتی‌گراد بود که نوسان آن بر تنوع و فراوانی بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی اثرگذار بود، به طوری که فراوانی و حتی غنای کل آنها طی فصول سردتر در جاجرود کاهش یافت.

میزان pH در اکثر مواقع سال طی این مطالعه به سوی قلیایی سوق داشت (شکل ۲) که در ایستگاه‌های پایین‌دست رود قلیایی‌تر بود. چنین شرایطی را می‌توان ناشی از وجود آلاینده‌هایی مانند فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی در منطقه دانست. حداقل pH در ایستگاه ۱ به میزان ۸/۸ و حداکثر آن در ایستگاه ۲ به میزان ۹/۶ به دست آمد.

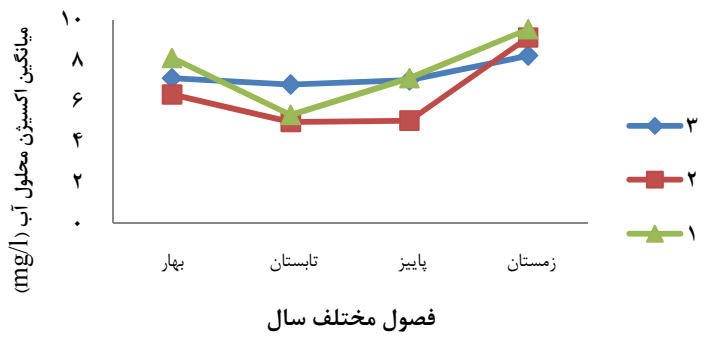
بالاترین میزان اکسیژن برابر نتایج ثبت شده مربوط به ایستگاه اول در فصل زمستان بود (شکل ۳). شیب رودخانه در ایستگاه اول نیز بیشتر و دارای نزولات جوی بیشتر بود که همه این عوامل بر افزایش غلظت اکسیژن تاثیرگذار بودند. سرعت جریان آب در ایستگاه‌های نواحی پایین‌دست رودخانه کمتر و دما آب بالاتر بود. همچنین ورود مواد آلی و معدنی سبب شد تا از غلظت اکسیژن محلول کاسته شود.



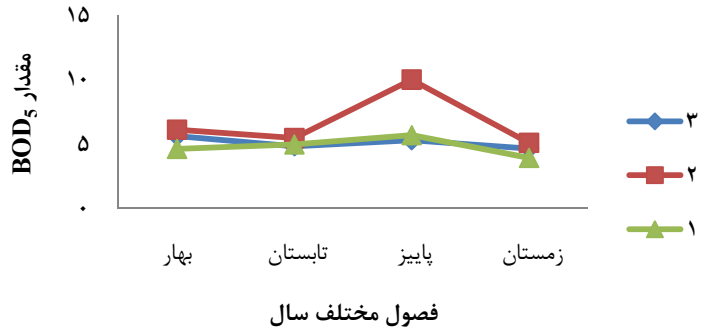

**شکل ۱.** مقایسه تغییرات دمای آب بین ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود در فصول مختلف سال




**شکل ۲.** مقایسه تغییرات pH آب بین ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود در فصول مختلف سال




**شکل ۳.** نمودار مقایسه تغییرات اکسیژن محلول آب بین ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود در فصول مختلف سال




**شکل ۴.** مقایسه تغییرات $BOD_5$ آب بین ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود در فصول مختلف سال

درصد فراوانی و ساختار بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود در شکل ۵ نشان داده شده است. به طور کلی راسته‌های Diptera و Ephemeroptera بیشترین فراوانی را در ایستگاه‌های ۱ و ۳ به ویژه در فصل بهار و تابستان دارا بودند، در حالی که از تعداد آنها در ایستگاه ۲ کاسته و بر تعداد گروه‌های مقاوم به آلودگی مانند Chironomidae، Gastropoda و Oligocaeta افزوده شد. سایر راسته‌ها مانند Trichoptera نیز در اکثر ایستگاه‌ها و فصول مختلف با فراوانی بینابینی دیده شدند اما Plecoptera در هیچ یک از ایستگاه‌ها مشاهده نگردید. تعداد ۱۱ جنس در تحقیق حاضر در مجموع از تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی به شرح زیر شناسایی شد:

– راسته Diptera: دو جنس *Simulium* و *Tioula* متعلق به خانواده Chironomidae؛

– راسته Ephemeroptera: سه جنس *Rhithrogena*، *Baetis* و *Ecdyonurus*؛

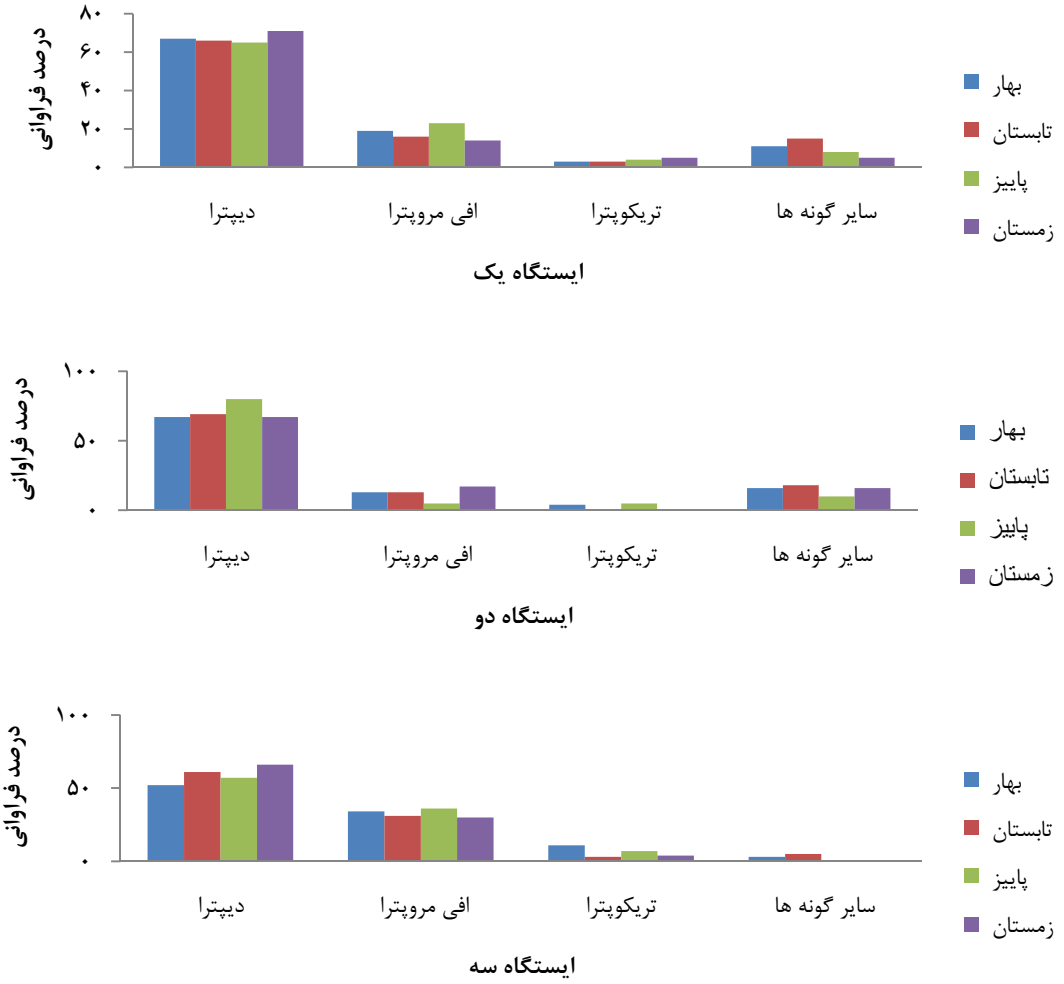
– راسته Trichoptera: یک جنس *Hydropsyche*

– راسته Gastropoda: دو جنس *Limnea* و *Physa*؛

– راسته Coleoptera: یک جنس *Elmis*.

بررسی شاخص‌های زیستی بین ایستگاه‌های مختلف نشان داد که کمترین مقدار تنوع شانون‌وینر با مقدار ۱/۰۳ در ایستگاه ۲ طی فصل تابستان بود که نشان‌دهنده آلودگی شدید این ایستگاه در زمان ذکر شده است (شکل ٦). بیشترین مقدار هم طی فصل بهار در ایستگاه سوم گزارش شد که نمایانگر بار متوسط آلودگی در ایستگاه ۳ در فصل بهار بود.

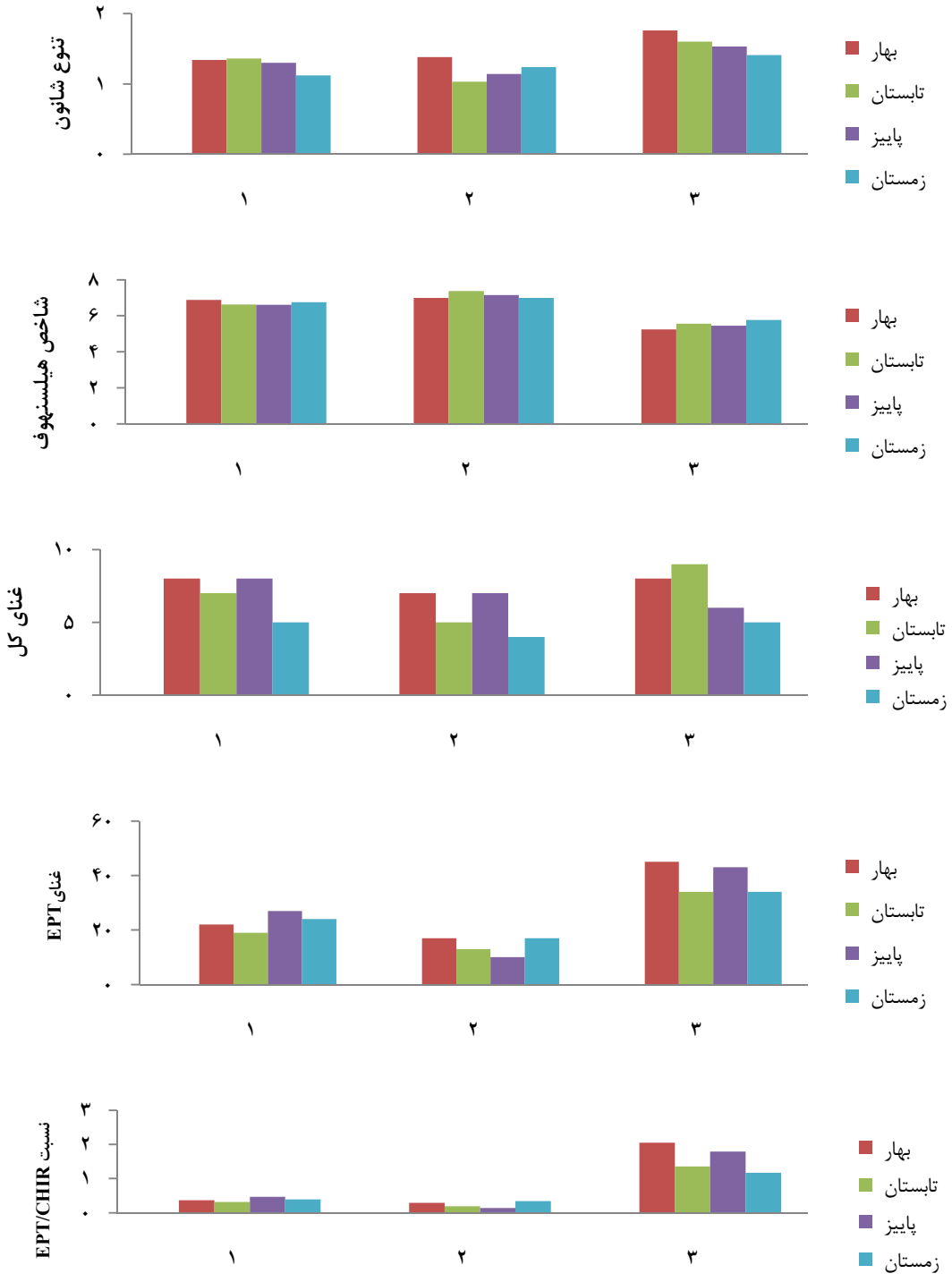
ایستگاهی که کاملاً عاری از آلودگی باشد طبق این شاخص یافت نشد و اندکی آلودگی حتی در ایستگاه شماره ۱ نیز مشاهده شد. حداقل مقدار این شاخص هیلسنهوف با مقدار ۵/۲۵ طی فصل بهار در ایستگاه ۳ گزارش شد که بیانگر وجود مقدار کمی آلودگی آلی در این مکان بود که البته کیفیت آب همچنان خوب بود. حداکثر میزان شاخص هیلسنهوف نیز به میزان ۷/۳۷ طی فصل تابستان در ایستگاه ۲ ثبت گردید که نمایانگر آلودگی شدید آلی و بسیار ضعیف بودن کیفیت آب در این منطقه بود.




**شکل ۵**. مقایسه درصد فراوانی و ساختار بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود طی فصول مختلف سال

همگام با بهبود کیفیت آب، تنوع زیستگاه و یا وجود زیستگاه‌های مناسب، تعداد کل شاخه‌های موجودات کفزی نیز افزایش می‌یابد. حداقل مقدار غنای کل (TR) در ایستگاه شماره ۲ در زمستان (برابر ٤) و حداکثر میزان آن در ایستگاه شماره ۳ در تابستان (برابر ۹) محاسبه شد. حداقل مقدار غنای EPT نیز در ایستگاه شماره ۲ طی پاییز (برابر ۱۰ درصد) محاسبه شد که نمایانگر کاهش کیفیت زیستگاه در این مکان طی فصل پاییز و افزایش بار آلودگی بود و حداکثر میزان این شاخص نیز در ایستگاه شماره ۳ طی فصل

بهار (برابر ٤٥ درصد) گزارش شد که نمایانگر افزایش کیفیت آب در این فصل در ایستگاه ۳ بود (شکل ٦).




**شکل ۶.** مقایسه انواع شاخص‌های زیستی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود طی فصول مختلف سال

حداقل نسبت EPT/CHIR در ایستگاه شماره ۲ طی فصل پاییز (برابر ۰/۱٤ درصد) و حداکثر آن در ایستگاه شماره ۳ طی فصل بهار (برابر ۲/۰۵ درصد) اندازه‌گیری شد. به عبارت دیگر ایستگاه ۳ در فصل بهار در شرایط زیستگاهی مناسب‌تری بود، زیرا گروه‌های EPT با حساسیت بالاتر نسبت به آلودگی بیشتر از افراد خانواده شیرونومیده در این ایستگاه دیده شدند. با این وجود عکس این جریان در ایستگاه ۲ طی فصل پاییز رخ داد.

## بحث و نتیجه‌گیری

بستر یکی از خصوصیات پیچیده در پراکنش بی‌مهرگان کفزی رودخانه محسوب می‌شود. درحقیقت بستر شامل هر چیزی است که در کف یا کناره‌های رود وجود داشته یا به نوعی درون آب واقع شده و این خود در برگیرنده دست‌ساخت‌ها و زباله‌های است که بشر به رودخانه اضافه کرده و جانداران پیرامون آن ساکن شده‌اند (Minshal, 1984). بر اساس همین مطلب می‌توان عنوان نمود که اثرات فعالیت‌های انسانی با توجه به طول ۱٤۰ کیلومتری رودخانه جاجرود در حاشیه رودخانه بر زیست‌بوم رود (احداث سدها و آب‌بندها، ورود پساب‌های کشاورزی در طول مسیر، تخلیه فاضلاب روستاهای مجاور به همراه زباله‌ها و پسماندها، وجود درختان در ناحیه زیر سد لیتان، فعالیت‌های صنعتی و شکل‌گیری کارخانجات متعدد، استفاده‌های تفریحی همراه با ورود دام) بسیار مشهود است.

تقریباً در هر بخش رودخانه جاجرود انواع مختلف بستر مشاهده می‌گردد. در مکان‌هایی که بستر اندکی ثبات دارد تنوع و فراوانی افزایش می‌یابد (ایستگاه ۳). تعداد تاکسون‌ها و فراوانی جمعیت هر تاکسون در برخی از بسترهای سنگلاخی (ایستگاه ۱) و قلوه سنگی درشت و سنگریزه‌ای (ایستگاه ۳) بیشتر بود و کمترین تنوع و فراوانی نیز در بستر شنی به همراه اندک قلوه سنگ (ایستگاه ۲) دیده شد. به نظر می‌رسد که شرایط بستر تاثیر عمده‌ای بر پراکنش این تاکسون‌ها در محل دارد. بسترهای واجد پوشش گیاهی نسبت به بسترهای عاری از گیاه و قطعات گیاهی افتاده در آب و مناطق ماسه‌ای متحرک قاعدتاً جمعیت‌های بسیار بزرگتری از گاماروس و به تبع آن شکارچیان این جوامع را در خود جای خواهند داد (Reice & Edwards, 1986). همچنین به نظر می‌رسد که بی‌مهرگان کفزی رودخانه در محل ایستگاه‌های مطالعاتی مختلف تا حدودی حالت تخصص‌یافتگی نشان می‌دهند. از آنجایی که نوع بستر رودخانه جاجرود متنوع و غیریکسان است، نمی‌توان به سادگی سنجه‌های آزمایشگاهی نظیر دما و اکسیژن آن را در قالب یک مقیاس خطی یا محاسبات آماری بیان نمود. روشن است که خصوصیات بستر در پراکنش بی‌مهرگان دخیل است و در پاسخ به نوسانات جریان آب طی زمان تغییر می‌کند. فرآیندهایی نظیر سیلاب‌های فصلی در ایستگاه‌های بالادست به ویژه ایستگاه ۱ در خلال فصول زمستان و بهار باعث تغییر در یکنواختی بستر در فاصله زمانی کوتاه می‌گردد که مستقیماً در تنوع و پراکنش جانوران تاثیرگذار است. ایستگاه ۱ با سنگ‌های درشت زاویه‌دار یک شکل بستر متمایز می‌گردد، اما در همین ناحیه قلوه‌سنگ‌ها، شن، ماسه و در گوشه‌هایی پهنه‌هایی رسی یافت می‌شود که جوامع کفزی مطابق با این تنوع تغییر می‌یابند، به نحوی که تنوع بستر باعث تنوع بی‌مهرگان می‌گردد. اما وجود سیلاب‌های بهار و زمستان که در این ناحیه اتفاق می‌افتد، شکل بستر را با تغییرات عمده مواجه می‌سازد. به نظر می‌رسد که خاصیت آناتومیکی کفزیان نیز جدا از بحث آلودگی رودخانه و نوسانات فیزیکی و شیمیایی به عنوان عاملی در پراکنش آنها باشد (Reice & Edwards, 1986).

از طرفی بر اساس زیست‌شناسی بی‌مهرگان و تداخل اثرات سنجه‌های فیزیکوشیمیایی منطقی به نظر نمی‌رسد که بتوان بستر را به تنهایی عامل پراکنش و تنوع بی‌مهرگان رودخانه جاجرود دانست. بعلاوه شرایط جغرافیایی محل و شرایط فیزیکی محل نمونه‌برداری از لحاظ رویش‌های گیاهی و وجود درختان سایه افکن برروخانه و نوع بستر آلی یا معدنی تاثیر بسیار زیادی بر پراکنش بی‌مهرگان کفزی رودخانه دارند. همچنین طبق مطالعات Reice و Edwards (۱۹۸٦) عنوان شده که اضافه شدن برگ‌ها به بسترهای معدنی موجب تراکم زیادتر جانوران می‌گردد. از سوی دیگر اندام‌های ساختاری و نوع بستر به صورت توام در پراکنش برخی از بی‌مهرگان رودخانه موثر است و مشخص می‌گردد بستر به تنهایی عامل تاثیرگذار نیست، اما اثرات آن نسبت به سایر عوامل یاد شده مشهودتر است.

به طور کلی تشابه شاخص‌های زیستی بی‌مهرگان کفزی ایستگاه‌های مختلف در این تحقیق در غالب موارد تقریباً همخوانی دارد (جدول ۲). در مجموع می‌توان زیست‌بوم جاجرود را به دو بخش تقسیم‌بندی نمود: ۱- نواحی دارای آلودگی نسبی به مواد آلی که از موجودات بزرگ بی‌مهره و مخصوصاً گروه‌های EPT غنی می‌باشند و ۲- نواحی دارای آلودگی نسبی تا بسیار شدید به مواد آلی. سلامت این زیست‌بوم‌ها بر اساس مشاهدات ظاهری به شدت در معرض خطر قرار گرفته، به طوری که برخی گروه‌های حساس به آلودگی مانند Plecoptera حتی یک بار هم در نمونه‌گیری‌ها مشاهده نشدند. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که ایستگاه ۲ در میان ایستگاه‌های مطالعاتی شدیداً آلوده، ایستگاه ۱ دارای آلودگی آلی قابل ملاحظه و ایستگاه ۳ دارای آلودگی نسبی می‌باشد.

**جدول ۲.** نتایج حاصل از محاسبات سنجه‌های مختلف در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود طی فصول مختلف سال

| | شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI) | شاخص تنوع شانن‌وینر (H) | $BOD_5$ | نسبت EPT/CHIR |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | آلودگی آلی قابل ملاحظه | مقداری آلودگی آلی | نسبتاً آلوده | آلودگی قابل ملاحظه |
| ۲ | آلودگی آلی بسیار قابل ملاحظه | مقداری آلودگی آلی | شدیداً آلوده | شدیداً آلوده |
| ۳ | آلودگی آلی نسبتاً قابل ملاحظه | مقداری آلودگی آلی | نسبتاً آلوده | آلودگی نسبی |

مقایسه تحقیق حاضر با آخرین تحقیقات انجام شده در این منطقه در فواصل سال‌های ٦٦ تا ٦٩ شرایط بسیار متفاوتی را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده توسط خراسانی و پوریادگار (۱۳٦۷) نشان می‌دهد که اگر چه منابع آلاینده موجود باعث تنزل کیفیت آب شده، اما صدمه قابل‌توجهی بر سیستم طبیعی و تعادل بوم‌شناختی رودخانه نرسیده است. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان‌دهنده این است که رودخانه در اکثر نقاط دارای آلودگی بوده و اگر هم میزان مواد آلی آب در فصولی از سال بالا باشد، عواملی مانند شیب زیاد و بستر سنگلاخی باعث شده که رودخانه هنوز بتواند قدرت خودپالایی خود را حفظ کند. اما در صورت ادامه روند افزایش مداوم منابع آلاینده، موجودات زنده رودخانه از این صدمات جبران‌ناپذیر در امان نخواهند ماند.

تعداد گونه‌های کفزی در سیستم‌های به شدت آلوده بسیار کم بوده و گونه‌های غالب فراوانی بالایی دارند. مشاهده عینی در این تحقیق نیز تاییدکننده این مطلب بود که رودخانه در اکثر ایستگاه‌ها با محدودیت تنوع گونه‌ای مواجه بود و هنگامی که جاجرود با رودخانه‌ای تمیزتر و مشابه از نظر ارتفاع و عرض جغرفیایی و شرایط منطقه‌ای و اقلیمی مانند رودخانه

طالقان (احمدی، ۱۳٦۸) مقایسه گردد، اهمیت این موضوع پدیدار می‌شود.

بار مواد آلی اکثر ایستگاه‌ها در تحقیق حاضر به خصوص در فصل تابستان بنا به دلایلی از جمله افزایش فعالیت‌های توریستی و کمبود آب افزایش می‌یابد، اما ظاهراً شرایط فیزیکی حاکم بر این رودخانه امکان اکسیداسیون کامل مواد آلی را فراهم ساخته است، به طوری که پدیده خودپالایی در این رودخانه هنوز هم انجام می‌گیرد. باید در نظر داشت که آلودگی‌های شیمیایی و آلی و دست‌خوردگی‌های فیزیکی ناشی از فعالیت‌های انسانی از قبیل عملیات ساختمانی، خاک‌برداری، بهره‌برداری از شن و ماسه کف رودخانه، فعالیت‌های توریستی و آبزی‌پروری این منطقه به ویژه در فصل بهار و تابستان باعث ایجاد استرس در زیست‌بوم و تغییر بستر جاجرود شده است که اثرات مستقیم و غیرمستقیم و جبران‌ناپذیری بر فون و فلور منطقه از جمله جوامع بزرگ‌بی‌مهرگان آبزی گذاشته است.

اهمیت مطالعه جمعیت بزرگ بی‌مهرگان آبزی با توجه به نتایج این تحقیق در مقایسه با اندازه‌گیری‌های فیزیکی و شیمیایی آب مشخص گردید، چرا که مطالعات زیستی علاوه بر بررسی فشار بار آلودگی، امکان بررسی اشکال مختلف آلودگی همچون استرس‌های محیطی را نیز فراهم می‌کند. در این خصوص دخالت وضعیت کیفیت آب در ایستگاه ۲ به طور آشکار نقش پساب خروجی کارگاه پرورش ماهی شرکت ماهی قزل‌آلا را نمایان می‌سازد و بهبود نسبی کیفیت آب در ایستگاه ۳ بیانگر این است که رودخانه با وجود فشار بار آلودگی‌های متنوع هنوز از قدرت خودپالایی خوبی برخوردار است.

## منابع


احمدی، م.ر. (۱۳٦۸) تحلیلی از طبقه‌بندی آب‌های آلوده و اهمیت کاربردی آن. مجله منابع طبیعی ایران، ٤۳(۱): ۱-۱۳.

احمدی، م.ر. و نفیسی، م. (۱۳۸۰) شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آب‌های جاری. انتشارات خیبر. تهران، ۲۳٦ صفحه.

خراسانی، ن.ا. و پوریادگار، و. (۱۳٦۷) بررسی آلاینده‌های رودخانه جاجرود و نقش آن در کیفیت آب این رودخانه. مجله منابع طبیعی ایران، ٤۲: ٤۵-٦۱.

ذوالریاستین، ن. و چنگیزی، ر. (۱۳۸٤) بررسی سیستم ساپروبی رودبار قصران. مجموعه مقالات ششمین همایش علوم و فنون دریایی. تهران. دی: ۱۲-۱۸.

ساسان‌سرایی، ق.، احمدی، م.ر.، اسماعیلی، ع. و میرزاجانی، ع.ر. (۱۳۸۵) ارزیابی زیستی رودخانه چافرود (استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ‌بی‌مهرگان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب و خاک، ۱۰(۱): ۲٤۷-۲۵۹.

Bass, D. (1995) Species composition of aquatic macrobenthic and environmental conditions in Cucumber creek. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science, 75: 39-44.

Chu, H.F. (1947) How to know the immature insects. W.M.C. Brown Company Publisher. USA, 85 p.

EPA (1996) Quality criteria for waters. Environmental Protection Agency. Washington D.C, 256 p.

Feminell, J.W. (1999) Biotic indicators of water quality the Alabama watershed demotion project. Auburn University. USA, 10 p.

Jessup, B.K. (1999) Family level key to the stream invertebrates of Maryland and surrounding areas. Maryland Department of Natural Resources. USA, 47 p.

Jonasson, P.M. (1975) Population ecology and production of detritivores. International Limnology, 2: 1215-1222.

Mellenby, H. (1963) Animal Life in Fresh Water, Graet Britain. Cox and Wyman Ltd. UK, 308 p.

Minshal, G.W. (1984) Aquatic insect substratum relationship in the ecology of aquatic insects. Praeger Scientific. New York, 400 p.

Needham, J. and Needham, P. (1962) A guide to the freshwater biology, fifth edition. Holden-Day. London, 108 p.

Pennak, R.W. (1953) Freshwater invertebrates of United States. The Ronald Press Company, New York, 953 p.

Reice, S.R. and Edwards, R.L. (1986) The effects of vertebrate predation on macrobenthics. Canadian Journal of Zoology, 64(9): 1930-1936.

Reynoldson, T.B. (1992) An overview of the assessment of aquatic ecosystem health using benthic invertebrates. Journal of Aquatic Ecosystem Health, 1: 295-308.

APHA (1998) Standard method for examination of water and waste water. Published Jointly by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. Washington D.C. 430 p.

Stayer, D.L. (1991) Projected distribution of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in north America. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 48: 1389-1395.

Taylor, B.R. and Baily, R.C. (1997) Technical evaluation on methods for benthic invertebrates data analysis and interpretation AETE project 2.1.3 prepared for Canada center for mineral and energy technology. Ottawa. Ontario, 93 p.

Usinger, R.L. (1963) Aquatic Insects of California. University of Press California. US, 1025 p.

Wallen, J.K. (2002) Assessment of stream habitat fish, macroinvertebrates, sediment and water chemistry for eleven streams in Kentucky and Tennessee. Virginia Polytechnic Institute. CATT, 71 p.

# Ecological response of macrobenthos in Jadjrud River by human sewages

**Ibrahim Taghinezhad[1], Mohammad Reza Ahmadi[2*], Abolghasem Kamali[1] and Samira Haghbayan[1]**

1) Department of Fisheries, Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: e.taghinejhad@gmail.com

2) Department of Aquatic Animal Health, Veterinary Faculty, Tehran University, Tehran, Iran.

Date of Submission: 2014/04/25 Date of Acceptance: 2014/07/01

## Abstract

This study was done in order to determine the pollution effects on growth of macrobenthoses in Jadjrud River, between Saeedabad area and Ghareboron village. Three stations considered for invertebrates sampling. Assessment of some parameters such as air and water temperature, $BOD_5$, dissolved oxygen, and pH were done monthly along with invertebrate sampling. Total existence, EPT existence, Shanon-Winner diversity index and HFB1 were used in assessment of macrobenthoses. During experiment, air and water temperature were 1.3-32.5 and 3-25.1 °C, respectively. $BOD_5$ was 3.9-9.98 mg $L^{-1}$, dissolved oxygen 4.85-9.52 mg $L^{-1}$, and pH 8.8-9.6. In benthic fauna assessment, 7 orders and 5 genera were known, where some resistant groups against pollution such as Diptera, families of chironomidae and gastropods were dominant in estuary zone of the river. Maximum and minimum EPT dominance were 45% in spring (station 3), and 34% in summer (station 2), respectively. The results of this study showed that the pollution in station 1 was considerable, station 2 highly polluted, and station 3 relatively polluted. Based on Helsinhophe index, water quality in first station was low, while in station 2 was highly low an in station 3 was relatively low.

**Keywords:** total existence, TEPT existence, benthic invertebrates, Shannon-Winner diversity index, Helsinhof biological index.