مقایسه تاثیرات فعالیت‌های کارگاه معدن شن و ماسه و پساب مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان بر ساختار جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه هراز

- **فرزانه سلطانی**: دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، صندوق پستی: ٩٣٦ -١٩٥٨٥
- **مهدی نادری جلودار**: پژوهشکده اکولوژی دریایی خزر، مازندران، ساری، صندوق پستی٩٦١
- **عبدالرحیم وثوقی**: دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، صندوق پستی: ٩٣٦ -١٩٥٨٥
- **کاظم درویش‌بسطامی***: پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران، صندوق پستی ١٤١١٨-١٣٣٨٩
- **معصومه لطفی‌آشتیانی**: دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، صندوق پستی: ٩٣٦ -١٩٥٨٥

تاریخ دریافت: مرداد ١٣٩١ تاریخ پذیرش: آبان ١٣٩١

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثر پساب مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان روی ساختار جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه هراز بود. برای این منظور ٥ ایستگاه انتخاب و از هر ایستگاه سه نمونه در هر فصل گرفته شد. نمونه‌برداری به‌وسیله دستگاه سوربر به ابعاد ٣٠/٥×٣٠/٥ سانتی‌متر با چشمه تور ٢٥٠ میکرون در دو فصل تابستان و پاییز ١٣٩٠ انجام شد و در دو فصل از همان ایستگاه‌ها نمونه برداشته شد.در مجموع تعداد ١٣٣٢٩ نمونه بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی شناسایی شده که به ٤ شاخه جانوری، ١١ راسته، ٢١ خانواده، ٢٣ جنس تعلق داشتند. شاخص تنوع، غنای تاکزونی، درصد Chironomidae، درصدEPT و نسبت EPT /CHIR بین ایستگاه شاهد با ایستگاه‌های بعد از مزارع پرورش ماهی دارای اختلاف معنی‌داری بودند (P<0.05) به‌طوری‌که درصدEPT و نسبت EPT /CHIR در ایستگاه‌های بلافاصله بعد مزارع پرورش ماهی نسبت به بالا دست آن از مقادیر کم‌تری برخوردار بودند (P<0.05). بر اساس شاخص زیستی HFBI (Hilsenhoff Family Biotic Index) آلودگی آب در ایستگاه‌های مختلف، در طبقه کیفی خوب، نسبتاً ضعیف و ضعیف طبقه‌بندی شدند. هم‌چنین بر اساس HFBI ایستگاه‌های بعد از مزارع پرورش ماهی دارای آلودگی زیاد و قابل توجه‌ای بودند. نتایج ترکیبی از شاخص‌های زیستی نشان داد که فعالیت ناشی از آبزی‌پروری باعث برهم خوردن تعادل اکوسیستم رودخانه هراز شده است به‌طوری‌که محیط زیست را در فشار و استرس قرار داده و باعث کم شدن گونه‌های حساس و افزایش گونه‌های مقاوم در محیط شد.

کلمات کلیدی : پساب مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان، بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی، شاخص زیستی، رودخانه هراز، ایران.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: darvish.bastami@inio.ac.ir

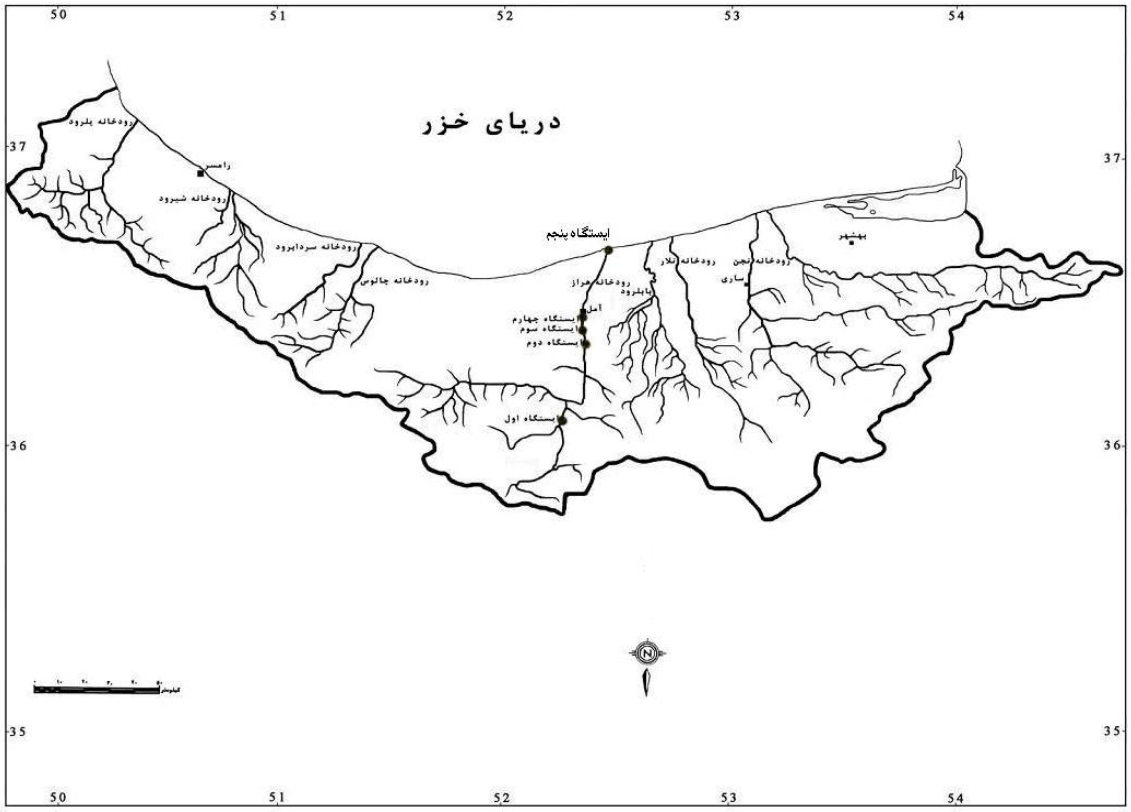
مقدمه

آب ۷۰ درصد از سطح کره زمین را تشکیل می‌دهد که فقط ۳ درصد از آن آب شیرین می‌باشد. از کل آب شیرین موجود در جهان ۷۷ درصد به‌صورت یخ و ۲۲ درصد در غالب آب زیرزمینی خارج از دسترس بوده و فقط ۱ درصد از آن‌ها به‌صورت آب‌های شیرین سطحی شامل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و نهرها در دسترس می‌باشند . با توجه به محدودیت موجود در ارتباط با این منابع ارزشمند و نیز روند فزاینده آلودگی و تخریب آن‌ها، لازم است که در ارتباط با کم و کیف آن‌ها بیشتر بدانیم. رودخانه هراز یکی از چندین رودخانه‌ای است که به حوضهٔ جنوبی خزر می‌ریزد این رودخانهٔ پر آب که از دامنهٔ شرقی کوه پالون گرد در ۸۰ کیلومتری جنوب شهر آمل و ۷۰ کیلومتری جنوب نور سرچشمه گرفته است تا پلور رودخانه لار و پس از آن رودخانه هراز نامیده می‌شود. حجم آبدهی این رودخانه ۹۴۰ میلیون مترمکعب است. احداث کارگاه‌های پرورش ماهیان سردآبی در کنار این رودخانه به‌صورت امری رایج در آمده به‌طوری‌که تاکنون ۱۹مزرعه در حال بهره‌برداری، ۹ مزرعه در شرف تأسیس و ۱۱مزرعه دارای موافقت اصولی در حاشیه این رودخانه وجوددارد. فاضلاب و هم‌چنین نشت مخازن سوخت این کارگاه‌ها و مواد شیمیایی که برای انگل‌کشی به استخرهای پرورش ماهی تزریق می‌شود، بدون هیچ‌گونه کنترلی مستقیمًا وارد رودخانه شده در نهایت موجب برهم خوردن تعادل طبیعی این بوم سازگان آبی می‌شود. پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا به‌طور عمده شامل سه دسته مواد آلاینده می‌باشد. دسته اول مواد جامد معلق که شامل بقایای غذا و مدفوع ماهی است. دسته دوم موادآلی محلولی که توسط ماهی به محیط آزاد می‌شود که بیش‌تر این مواد شامل کربن آلی و ترکیبات ازته محلول(آمونیوم و اوره) می‌باشد. دسته سوم مواد شیمیایی باقیمانده از درمان‌های دارویی انجام شده مانند سولفات مس و فرمالین، قارچ‌کش‌هایی مثل مالاشیت گرین و انواع مختلف آنتی‌بیوتیک‌ها و سولفانامیدها حتی در مقادیر نسبتاً کم از عوامل تشدید کننده اختلالات شیمیایی در آب می‌باشند (۲۹) .

موجود زنده‌ای که در اکوسیستم آب‌های جاری زندگی می‌کند، عمدتاً موجود کف‌زی بوده هریک از این موجودات می‌توانند بیانگر تغییر وضعیت کمی و کیفی رودخانه در طی گذر زمان باشند. معمولاً برای شناخت شرایط محیط در پایش‌های زیستی از گونه‌ها یا جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی استفاده می‌شود. در واقع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی یا ارگانیزم‌های شاخص منطقه، معرف وضع زیستی محیط آبی هستند و هشدار اولیه در مورد خسارت وارده به محیط را می‌دهند و در مورد شرایط محیط نشانه‌هایی را فراهم می‌آورند و با کمک آن‌ها می‌توان وضع اکولوژیک منطقه را ارزیابی نمود(۲؛ ۵ ؛ ۸). تاکنون مطالعات گوناگونی به بررسی جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه‌ها پرداختند که از جمله آن‌ها می‌توان به بررسی رودخانه شفارود (۴)، رودخانه گرگانرود (۶)، رودخانه کرج (۳) نام برد. هم‌چنین نادری جلودار (۱۳۹۰) به بررسی اثرات زیست پساب پرورش ماهی بر روی رودخانه هراز پرداخت. این مطالعه با هدف تعیین ترکیب تاکزون‌های EPT، تعیین شاخص‌های تنوع، تشابه و غنای تاگزونی و تعیین کلاسه کیفی آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف، مقایسه میزان و نوع تاثیر احتمالی پساب مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رود خانه هراز انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه قسمتی از رودخانه هراز در استان مازندران می‌باشد که از پلور تا روستای گزنک به فاصله ۲۳ کیلومتر، ۵ ایستگاه قبل و بعد از مزرعه قزل‌آلای رنگین‌کمان انتخاب شد (شکل ۱). فاصله ایستگاه‌های دوم، سوم و چهار از همدیگر سه کیلومتر و فاصله ایستگاه اول با دوم و ایستگاه چهار با ایستگاه پنجم، پنج کیلومتر بود. ایستگاه اول و دوم قبل از مزارع پرورش ماهی و بقیه ایستگاه‌ها بعد از مزارع پروش ماهی قرار دارند. در این تحقیق ایستگاه اول به عنوان ایستگاه شاهد در نظر گرفته شد چون در منطقه‌ای وجود دارد که کمتر تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار دارد اگرچه ایستگاه دوم هم قبل از مزارع پرورش ماهیان قرار دارد اما به‌دلیل قرار گرفتن معدن شن و ماسه قبل از آن و ورود پساب معدن به داخل رودخانه احتمال آلودگی این ایستگاه (دوم) بسیار زیاد می‌باشد. هم‌چنین قبل از ایستگاه سوم و چهارم مزارع پرورش ماهی وجود دارد.



شکل ۱- ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه هراز

نمونه‌برداری (۱۳۹۰) از سه نقطه رودخانه در کناره‌ها و وسط توسط دستگاه سوربر با ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر صورت گرفت. برای این منظور دستگاه در جهت خلاف جریان آب در رودخانه مستقر می‌گردد در داخل کادر نمونه‌برداری ابتدا سنگ‌ها به آرامی با دست شسته شده تا موجودات و مواد چسبیده به آن کنده و به همراه جریان آب به داخل توری قیفی هدایت گردد. در نهایت کف بستر رودخانه را در داخل کادر تا عمق چند سانتی‌متری به آرامی به‌هم زده تا موجودات روانه قیف گردند. محتویات درون توری قیفی ضمن شستشو به داخل تشت پلاستیکی منتقل شده و سطح سنگ‌های باقیمانده داخل تشت به آرامی برس کشیده شده تا موجودات چسبیده به سنگ‌ها در داخل تشت قرار گیرند. محتویات درون تشت در داخل یک ظرف پلاستیکی ریخته شده و با فرمالین ۴درصد فیکس گردید. سپس نمونه‌ها جهت شناسایی به آزمایشگاه انتقال داده شد(۲۵ :۱۹). مواد و موجودات کف‌زی جمع‌آوری شده در هر نمونه با الک آزمایشگاهی با چشمه تور ۵۰۰ میکرون منتقل شد و تا شسته شدن ذرات ریز مواد آلی و فرمالین در زیر جریان ملایم آب شهر قرار داده و سپس محتویات الک به داخل سینی‌های مسطح و وسیع با رنگ زمینه روشن (سینی تشریح سفید) منتقل شده و در زیر نور از مواد زمینه جداسازی می‌شود پس از جداسازی موجودات به‌وسیله لوپ، میکروسکوپ و کلید شناسایی معتبر تا پایین‌ترین رده شناسایی می‌شوند (۲۲؛۲۳؛۲۵ ؛ ۱۰ ؛ ۱۱ ؛ ۷؛ ۳) در این بررسی برای طبقه‌بندی و ارزیابی کیفیت آب ایستگاه‌ها از متداول‌ترین شاخص‌ها استفاده شد. برای محاسبه شاخص تنوع گونه‌ای شاخص تنوع شانون وینر (Shannon Weiner diversity Index) با فرمول زیر محاسبه شد (۳۰) .

$$H' = -\sum_i^n pi\ Log\ Pi$$

در این رابطه Pi با فرمول $\frac{ni}{N}$ محاسبه گرید که ni معرف تعداد کل افراد یک گونه و N معرف تعداد کل افراد در تمام گونه‌ها می‌باشد (۳۰). شاخص تشابه به روش کیفی جاکارد با فرمول زیر محاسبه شد:

$$J=\frac{H'}{H'MAX}=\frac{H'}{Ln\,S}$$

که در آن H' مقدار شانون محاسبه شده در هر ایستگاه نمونه‌برداری و H'_{max} بیش‌ترین مقدار در هر تکرار نمونه‌برداری است (۱۸) هم‌چنین S نشان دهنده تعداد گونه‌ها می‌باشد. غنای تاکزونی با رابطه زیر محاسبه شد (۲۱) :

$$R=\frac{S-1}{Ln(N)}$$

برای محاسبه غنایEPT فراوانی تعداد جنس‌های متعلق راسته (Ephemeroptera، Plecoptera ،Trichoptera) در هر واحد نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفت ، درصدEPT نیز به‌عنوان یک شاخص زیستی در ارزیابی اکوسیستم رودخانه که از فراوانی نسبی این سه راسته محاسبه شد و شاخص فراوانی EPT/CHIR فراوانی تعداد افراد متعلق به راسته (Ephemeroptera،Plecoptera،Trichoptera) نسبت به خانواده Chironomidae است (۲۷ ، ۲۰).

جهت ارزیابی کیفیت آب از شاخص زیستی هیلسینهوف (HFBI) که با شناسایی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در حد خانواده و تعیین بردباری آن‌ها نسبت به آلودگی آب رودخانه میسر می‌باشد، با استفاده از رابطه زیر و جدول تعیین کلاسه کیفی تعیین گردید (۱۶) :

$$HFBI = \sum \frac{X_i \; t_i}{n}$$

(Xi = تعداد افراد هر گروه، Ti = ضریب بردباری خانواده، n = تعداد کل نمونه‌ها، HFBI = شاخص زیستی هیلسینهوف)

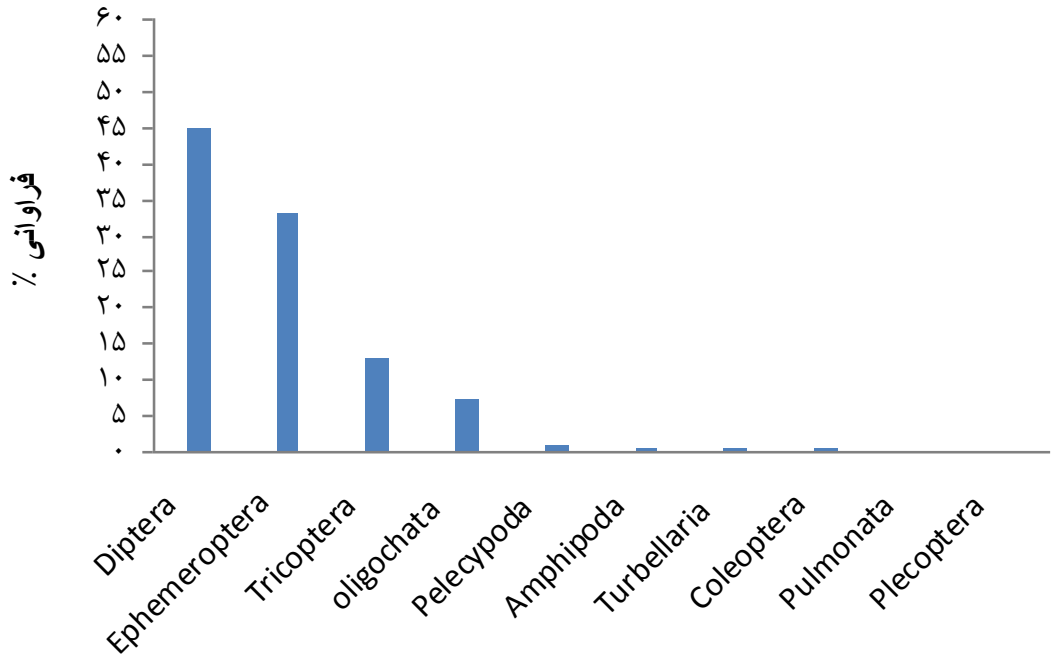
جدول ۱- امتیازات کلاسه کیفی آب براساس روشHFBI (۱۶)

درجه آلودگی	کیفیت آب	مقدارHFBI
بدون آلودگی آلی	عالی	۰/۰۰-۳/۷۵
امکان آلودگی آلی بسیار کم	خیلی خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
احتمال مقداری آلودگی آلی	خوب	۴/۲۶-۵/۰۰
آلودگی آلی نسبتاً قابل توجه	نسبتاً خوب	۵/۰۱-۵/۷۵
آلودگی قابل توجه	نسبتاً ضعیف	۵/۷۶-۶/۵۰
آلودگی آلی زیاد	ضعیف	۶/۵۱-۷/۲۵
آلودگی آلی شدید	خیلی ضعیف	۷/۲۶-۱۰/۰۰

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. ابتدا نرمال بودن نمونه‌ها با روش کولموگروف اسمیرنوف در سطح معنی‌داری p=۰/۰۵ سنجش شد. سپس از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفهANOVA ONE- WAY مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد و برای ترسیم جدول محاسبه داده‌ها و ترسیم نمودار از بسته‌های نرم‌افزاری Excel استفاده گردید.

نتایج

طی نمونه‌برداری در دو فصل تابستان و پاییز تعداد ۱۳۳۲۹ موجود از ۴ شاخه جانوری، ۱۱ راسته، ۲۱ خانواده، ۲۳ جنس شناسایی شد. به‌طور کلی حشرات آبزی غالب موجودات کف‌زی بودند و بیش‌ترین فراوانی متعلق به راسته دوبالان Diptera با ۴۵/۰۶ درصد بود و بیش‌ترین پراکنش از این راسته مربوط به خانوادهChironomidae بود که در ایستگاه‌های قبل و بعد از کارگاه پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان ۳۰۰ و ۷۰۰ تنی غالب بودند. بعد از آن فراوانی راسته یک روزه‌ها Ephemeroptera با ۳۳/۱۲ درصد بود و بیش‌ترین فراوانی از این راسته متعلق به خانواده Baetidae و جنس *Baetis* sp. بود که در ایستگاه شاهد یک روزه‌ها غالب بودند. راسته بال موداران Tricoptera با فراوانی ۱۲/۸۲ درصد کل موجودات را تشکیل دادند که بیش‌ترین فراوانی از این راسته مربوط به خانواده Hydropsychidae و جنس *Hydropsyche* sp. بود که در ایستگاه چهارم بعد ازکارگاه پرورش قزل‌آلای ۳۰۰ تنی و قبل از ۷۰۰ تنی غالب بود و پس از این به‌ترتیب راسته‌های Oligochaeta، Pelecypoda، Amphipoda، Turbellaria، Coleoptera، Pulmonata و Plecoptera بیش‌ترین فراوانی را داشتند (نمودار ۱).



راسته های شناسایی شده

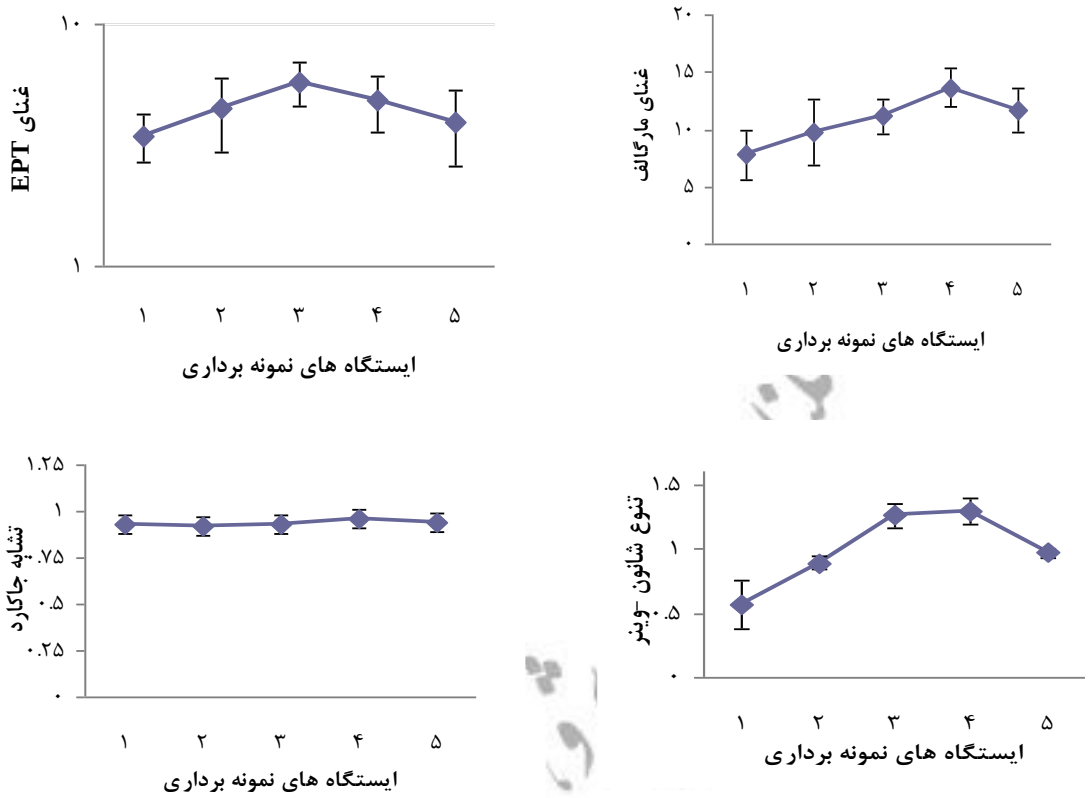
نمودار ۱- درصد فراوانی راسته‌ها در دو فصل نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه

به‌طور کلی گونه‌های مقاوم به آلودگی آلی (Lumbricidae، Nadidae & Tubificidae، *Physa* sp.، *Sphaerium* sp.، *Simulium* sp.، *Chironumus* sp.) در ایستگاه‌های بلافاصله بعد از مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به شاهد (ایستگاه یک) خود درصد فراوانی بیش‌تری داشته‌اند.

شاخص شانون در ایستگاه‌های مختلف دارای نوساناتی بود. حداکثر در ایستگاه سوم ۱/۲۶ و حداقل در ایستگاه اول ۰/۵۷ بود و از ایستگاه اول تا سوم با افزایش معنی‌داری همراه بود ($P\leq$ ۰/۰۵) و از ایستگاه سوم به بعد کاهش یافت به‌طوری‌که بین ایستگاه چهارم و پنجم این کاهش معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵). شاخص تشابه در بین ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت($P>$ ۰/۰۵) (جدول ۲).

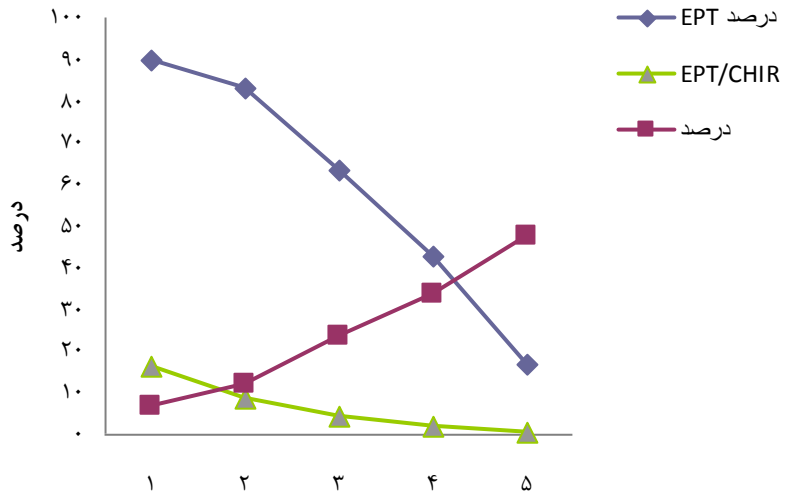
شاخص غنا تاکزونی همراه با نوساناتی بود که حداقل آن در ایستگاه شاهد (۷/۸۰)و حداکثر آن در ایستگاه چهارم (۱۳/۶۷) مشاهده شد. شاخص غنا تاکزونی تا ایستگاه چهارم افزایش و بعد از ایستگاه چهارم با کاهش همراه بود هم‌چنین بین ایستگاه شاهد با ایستگاه‌های ۳،۴و ۵ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۲).

کم‌ترین غنای EPT با ۳/۴۶ در ایستگاه یک (شاهد) و بیش‌ترین آن با ۵/۷۸ در ایستگاه سوم به‌دست آمد. غنایEPT از ایستگاه ۱ به ۳ با افزایش همراه بود و از ایستگاه ۳ به بعد با کاهش همراه بود. درمقایسه ایستگاه شاهد با تمامی ایستگاه‌ها، اختلاف معنی‌داری بین شاهد و ایستگاه سوم (بلافاصله بعد از کارگاه ۳۰۰ تنی) مشاهده شد ($P\leq$ ۰/۰۵) (جدول ۲).



نمودار۲- غنای مارگالف، غنای EPT، تنوع شانون و شاخص تشابه جاکارد ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه هراز (آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار می‌باشند)

درصد EPT از روند کاهشی برخوردار بود به‌طوری‌که بیش‌ترین در ایستگاه شاهد و کم‌ترین آن در ایستگاه ۵ بلافاصله بعد از مزرعه قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌دست آمد (نمودار۳) و درصد شیرونومیده روند افزایشی داشت به طوری‌که کم‌ترین آن در ایستگاه شاهد و بیش‌ترین آن در ایستگاه ۵ مشاهده شد (نمودار۳) و بین ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P \leq ۰/۰۵$). در نتیجه نسبت فراوانی EPT به خانواده CHIR از روند کاهشی برخوردار بود به‌طوری‌که بیش‌ترین نسبت در ایستگاه یک (۱۶/۵۰) و کم‌ترین مقدار (۰/۴۱) این نسبت در ایستگاه پنجم مشاهده شد هم‌چنین در مقایسه ایستگاه شاهد با تمامی ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P \leq ۰/۰۵$) (جدول ۲).



نمودار ٣- پاسخ بیولوژیک راسته‌های EPT و CHIRO

جدول ٢- شاخص‌های بیولوژیک اندازه‌گیری شده در رودخانه هراز

نوع سنجه	ایستگاه یک	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	ایستگاه چهارم	ایستگاه پنجم
غنای تاکزونی	٧/٨٠ a	٩/٨١ ab	١١/١٤ bc	١٣/٦٧ c	١١/٦٧ bc
غنای EPT	٣/٤٦ a	٤/٤٧ ab	٥/٧٨ b	٤/٩٨ ab	٣/٩٣ a
شانون H	٠/٥٧ a	٠/٨٩ b	١/٢٦ c	١/١٩ c	٠/٩٧ b
تشابه	٠/٩٣ a	٠/٩٢ a	٠/٩٣ a	٠/٩٦ a	٠/٩٤ a
EPT	٩٠/٠٧ d	٨٣/١٦ d	٦٣/٦٣ c	٤٢/٦٩ b	١٦/٨٥ a
Chironomidae	٦/٦٦ a	١٢/٠٠٩ ab	٢٣/٦٨ bc	٣٣/٥٢ c	٤٧/٥٥ d
EPT/C	١٦/٥٠ c	٨/٥٧ b	٤/١٩ ab	١/٨٥ a	٠/٤١ a

(تفاوت حروف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در ایستگاه‌ها می‌باشد)

بر اساس شاخص زیستی هیلسینهوف به‌طورکلی مقادیر این شاخص در دامنه بین ٦/٨٤-٤/٣٣ متغیر بوده بر اساس شاخص هلسینهوف درجه آلودگی آلی و کیفی آب در ایستگاه‌های مختلف در سه درجه کیفی خوب، نسبتا خوب و ضعیف قرار گرفتند بدین ترتیب ایستگاه‌های یک(شاهد)، دوم و سوم درجه کیفی خوب دارند و ایستگاه چهارم دارای آلودگی درجه کیفی نسبتاً ضعیف و ایستگاه پنجم دارای درجه کیفی ضعیف مشاهده شد. بنابراین کیفیت آب از ایستگاه ١ تا ایستگاه ٥ از روند کاهشی برخوردار بود.

بحث

محققان زیادی در مطالعات خود به غالب بودن حشرات آبزی در ترکیب بزرگ بی‌مهرگان کفزی اکوسیستم آب‌های جاری (رودخانه‌ها و نهرها) اشاره نمودند (٤؛ ٦؛ ٨ ؛ ٣١ ؛ ٣٢). در آب‌هایی که جریان نیرومند و سریع دارند نکتون‌ها محدود می‌شوند. جانوران شناور در سطح حذف شده و فون لیتوتروف برتری می‌یابند و در میان جمعیت بنتوز تاکسون‌هایی برتری می‌یابند که تطابق خاص مورفولوژیک و رفتاری حاصل نمودند و طبعاً شامل گروه‌هایی چون بهاره‌ها، یک‌روزه‌ها (خانواده

Heptajnidae که پهن شده‌اند)، خانواده Simulidae (دارای مکنده خلفی و قلاب) Tricoptera (بال موی داران، ریسنده تور هستند) خواهند بود (۱). در این تحقیق با توجه به کوهستانی بودن منطقه، جریان سریع و سیلابی رودخانه هراز و هم‌چنین نوع بستر که از سنگ‌های بزرگ، قلوه سنگ‌ها و سنگ‌های کوچک تشکیل شده است از ۱۳۳۲۹ موجود جمع‌آوری شده، حدود ۳۳/۱۲ در صد مربوط به راسته Ephemeroptera، ۱۲/۸۲ درصد مربوط به راسته Tricoptera، ۰/۰۰۱ در صد مربوط به راسته Plecoptera و ۴۴/۶۰ در صد مربوط به راسته Diptera بود.

رویکرد معمول جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در ارزیابی کیفیت سیستم‌های آبی بر پایه این استوار است که غنای EPT در جوامع تخریب شده کاهش می‌یابد و هم‌چنین اشاره شده است که برخی از اقسام گونه‌ها نسبت به آلودگی مقاومت بیش‌تری دارند. بنابراین ارزیابی گونه‌های موجود به علاوه غنای گونه‌ای می‌تواند اطلاعات مفیدی را هم در زمینه سلامت و هم ساختار سیستم فراهم کند به‌طورکلی زود میران (Ephemeroptera)، بهاره‌ها (Plecoptera) و بال موی داران (Tricoptera) نسبت به آلودگی تحمل کمی دارند هرچند در این راسته‌ها، گونه‌هایی وجود دارند که به شدت نسبت به آلودگی مقاوم هستند. در نتیجه راسته‌های بیش‌تری از EPT در جوامع که کیفیت آب بهتری دارند مشاهده می‌شوند. شیرونومیده و کم تاران نسبت به آلودگی مقاوم هستند و جوامعی که در آن‌ها شیرونومیده و کم‌تاران غالب هستند تعداد راسته‌های EPT بسیار کم است. به‌طورکلی غنایEPT در جوامع تخریب شده کاهش می‌یابد (۱۵)

در تحقیق حاضر گونه‌های مقاوم به آلودگی آلی (Lumbricidae، Nadidae & Tubificidae، *Physa*، *Sphaerium*، *Simulium sp*، *Chironumus sp*) در ایستگاه‌های بلافاصله بعد از مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به شاهد خود درصد فراوانی بیش‌تری داشته‌اند و گروه‌های حساس EPT درصد فراوانی کم‌تری داشته‌اند. مطالعه حاضر نشان داد که پساب ناشی از فعالیت مزارع پرورش ماهی یکی از عوامل موثر در تغییر جمعییت کف‌زیان رودخانه هراز می‌باشد و منجر به افزایش گروه‌های مقاوم و کاهش گروه‌های حساس گردید و هم‌چنین نتایج به‌دست آمده از شاخص HFBI نیز تغییر در کیفیت آب رودخانه را تایید کرده و از شاهد به سمت ایستگاه‌های بعد از کارگاه پرورش ماهی قزل‌آلا از درجه کیفی آب کاسته شده و آلودگی به مواد آلی افزایش یافته است. نتایج به‌دست آمده در رودخانه هراز با نتایج مطالعات دیگران در این زمینه همخوانی دارد (۱۴؛۳۳؛ ۲۰ ؛ ۱۲ ؛ ۱۳).

معمولاً رودخانه‌هایی که شرایط زیستی مناسب و غیرآشفته دارند توازن متعادلی بین چهار راسته Plecoptera، Ephemeroptera، Tricoptera، Diptera وجود دارد بنابراین افزایش غیرمتعارف تعداد شیرونومیده نسبت به گروه‌های حساس با کاهش مقدار نسبت EPT /CHIR را در پی دارد (۲۸). در این مطالعه نسبتEPT /CHIR در ایستگاه یک (شاهد) بیش‌ترین مقدار و در ایستگاه پنجم بعد از مزرعه قزل‌آلای ۷۰۰ تنی کم‌ترین مقدار برآورد شد این نسبت (EPT /CHIR) در مقایسه بین ایستگاه یک (شاهد) با ایستگاه‌های بعد مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان (ایستگاه‌های ۳ و ۵) از روند کاهشی برخوردار بوده و این کاهش معنی‌دار بود که نشان‌دهنده افزایش تعداد Chironomidae نسبت به موجودات حساس در ایستگاه های بعد از ایستگاه یک (شاهد) بود که این امر احتمالاً به‌دلیل آلودگی ایجاد شده توسط مزارع پرورش ماهی می باشد که با مطالعات دیگران در این زمینه (۸ ؛ ۱۹ , ۲۸؛) مطابقت دارد. بدین ترتیب که کمییت و کیفییت ورودی مواد آلی ناشی از فعالیت مزارع پرورش ماهی به رودخانه می‌تواند بر روی ساختار انرژی و جوامع کف‌زی تاثیر گذاشته و بدین ترتیب سبب اختلالاتی در عملکرد اکوسیستم گردد زیرا در مناطقی که مواد آلی زیاد بارگزاری می‌شود نسبت EPT/CHIR کاهش و گروه‌های تغذیه‌ای فیلترکننده افزایش می‌یابد (۲۸). این نتیجه با نتایج مطالعات نادری جلودار و همکاران(۱۳۹۰) و Loch (1996) مطابقت دارد.

شاخص غنای کل شاخصی برای فشارهای زیست محیطی است هر قدر کیفیت آب در زیستگاه، در محل مورد بررسی بهتر باشد مقدار غنای کل افزایش می‌یابد(۵). ولی در محیط‌هایی نظیر محیط‌های مورد مطالعه اخیر که آلودگی نسبت به مواد آلی مشاهده شده، غنای کل ایستگاه‌ها نسبت به ایستگاه شاهد بیش‌تر می‌شود که این دقیقاً حالتی است که در مورد گونه‌های مقاوم به آلودگی در این تحقیق مشاهده شد بیش‌ترین غنای تاکزونی مربوط به ایستگاه ۴ (۱۳/۶۷) بود و کم‌ترین در ایستگاه یک (۷/۸۰) مشاهده گردید. افزایش غنای کل در ایستگاه ۴ احتمالاً نشان‌دهنده افزایش مواد غذایی قابل دسترس و در نتیجه شکل‌گیری و تجمع گروه‌های جدید برای مصرف آن در این منطقه می‌باشد. که این نتایج با مطالعات انجام شده توسط سایر محققین کاملاً مطابقت دارد (۹؛ ۳۱ ؛ ۱۷ ؛۲۴).

شاخص تنوع گونه‌ای شانون با کاربرد عمومی زیاد می‌باشد که هم نشان‌دهندهٔ جمعیت گونه‌ها و هم نشان‌دهندهٔ غنای گونه‌ای به‌صورت یک کمیت عددی می‌باشد. از این شاخص عمدتاً به‌منظور سنجش تاثیر فاضلاب‌ها و منابع آلاینده بر تنوع گونه‌ای موجودات زنده استفاده زیادی می‌شود. استفاده از شاخص تنوع شانون در تشخیص کیفیت آب بر این فرض استوار است که ساختار اجتماعات کف‌زیان همراه با آشفتگی‌های محیطی تغییر نماید زیرا برخی از گونه‌ها بیش‌تر از سایرین تحت تاثیر فشار حاصله قرار می‌گیرد. هر چند منابع آبی که کیفیت خوبی دارند دارای فون متنوع و غنی از بزرگ بی‌مهرگان هستند لیکن برخی محیط‌های زیست پاک به خاطر سردی دما و یا میزان اندک مواد مغذی تنوع کم‌تری از نظر بزرگ بی‌مهرگان دارند (۲۶). در این تحقیق میزان شانون در ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۱/۲۶-۰/۵۶ بود به‌طوری‌که این شاخص از ایستگاه ۱ تا ۳ افزایش و سپس کاهش یافت.

بر اساس یافته‌های ترکیبی از این شاخص‌ها می‌توان بیان کرد پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر روی شرایط زیستی رودخانه هراز تاثیرگذار بوده و با توجه به این‌که از ایستگاه شاهد به سمت مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان آلودگی بیش‌تر شده، این نشان‌دهنده این است که توان خودپالایی رودخانه بسیار کم و آلودگی بالاست و فاصله مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان از یک دیگر در رودخانه هراز مبنای علمی ندارد.

تشکر و قدردانی

از ریاست محترم مرکز اقیانوس شناسی دریای خزر جناب آقای مهندس حسین باقری هم‌چنین آقای مهندس علی حمزه پور و آقای محمد جعفری و فرهنگ اسحاق نیموری جهت ایجاد رفاه و در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تقدیر و تشکر می‌نماییم و سپاس خود را نثار همه عزیزانی می‌کنیم که ما را در این راه یار و یاور بودند.

منابع

۱. **آقائی‌زاده ظروفی، م.، ۱۳۸۸**. بررسی تنوع زیستی موجودات ماکروبنتیک رودخانه جاجرود به‌منظور شناسایی شاخص‌های آلودگی زیست محیطی. قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته علوم زیست محیط. دانشگاه علوم تحقیقات، دانشکده محیط زیست و انرژی صفحات ۶۱-۶۵.

۲. **اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۱**. بهداشت، آلاینده‌ها و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، ص ۵۹۷ تا ۶۱۵.

۳. **خاتمی، س.ه.؛ ریاضی ،ب.؛ مدیری، آ. و اثاری، س. ع.**،۱۳۸۳، بررسی کیفیت رودخانه کرج بر اساس تنوع خانواده-های درشت بی‌مهرگان کف‌زی، مجله علوم تکنولوژی محیط زیست،دوره نهم ،شماره ۱،بهار ۸۶.ص ۲۰-۳۲.

۴. **جمالزاده، ف. و افراز، م.،۱۳۷۴**،گزارش بررسی‌های زیستی و غیر زیستی رودخانه شفارود، مرکز شیلات استان گیلان، بندر انزلی.

۵. **قانع ساسان سرایی، الف.، ۱۳۸۳**. شناسایی ساختار جمعیت ماکروبنتوزهای چاخرود گیلان با توجه به برخی عوامل کیفی آب، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد (شیلات)، دانشگاه تربیت مدرس شهرستان نور، ص۲۹ تا ۳۱.

۶. **شمالی، م. و عبدالملکی، م.ش.،۱۳۷۵**.گزارش بررسی‌های زیستی و غیرزیستی رودخانه گرگان رود، مرکز شیلات استان گیلان، بندر انزلی.

۷. **محبوبی صوفیانی، ن.الف. و نادری،غ.ر.، ۱۳۷۹**.کلید شناسایی بی‌مهرگان نهرها و رودخانه‌ها، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان ،ص۵-۶۰.

۸. **نادری جلودار، م.؛ عبدلی،الف.؛ میرزاخانی، م،ک. و شریفی جلودار، ر.**،۱۳۹۰.پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه هراز به پساب مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، دروه ۶۴ ،شماره ۲ ، از صفحه ۱۶۳-۱۷۶.

9. **Bode, R.; Margaret, W.; Novak, A. And Lawrence, A., E.1996**. Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State. NYS Department of Environmental Conservation, Albany, NY, 89p.
10. **Bouchard, R.W., 2004**. Guide to aquatic macro invertebrates of the Upper mid west water Resources center. University of Minnesota, st., Paul, chapter 4 page 47.
11. **Brammer, C.A.; Harkrider, J.R. and MacDonald, J.F., 2009**.Differentiationof larvae and pupae of aquatic genera of Neartic Hemerodromiinae (Diptera: Empididae). Zootaxa, 2069: 59-68, Chapman&Hall, 221-237.
12. **Fries, L.T. and Bowles, D.E., 2002**. Water quality and macroinvertebrate community structure associated with a sportfish hatchery outfall. Sanmarcos. Texas. USA. 10 p.
13. **Ghane Sassan Sarai, A., 2004**. Identifying of the Macrobenthic population structure in the

Chafrud River in Gilan province with regard to some factors water quality (within the village of Orman Malall). Tarbiat Moddares University.29-39pp.

14. **Gowen, R.J.; Weston, D.P. and Ernik, A., 1991**. Aquaculture and the benthic environment: a review. In: C.B.Cowey and Cho C.Y. (Editors), Nutritional Strtegies and Aquaculture Waste. Proceedings of theFirstInternational Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University ofGuelph, Guelph, Ontario, Canada, pp. 187-205.
15. **Hall, M.J., Closs, G.P., Riley, R.H., 2003**. Relationships between land use and stream invertebrate community structure in a South Island, New Zealand, and coastal stream catchment. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 35: 591–603.
16. **Hilsenhoff,W.L., 1988**. Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index, J,N,Am,Benthol,Soc, 7(1) : 65-68 .
17. **Hynes, K.E., 1998**. Benthic macro invertebrates diversity and biotic indeces for monitoring of 5 urbanizing lakes within the Halifax regional municipality (HRM). Nova Scotia, Canada, Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax, 114p.
18. **Jaccard, P., 1908**. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bulletin Society Siences Naturale, 44, pp, 223-270.
19. **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, p 37-55.
20. **Loch, D.D., 1996**. The effects of trout farm effluents on the taxa richness of the benthic macroinvertebrates. Aquaculture, 147: 37-55.
21. **Metcalfe, J.L., 2003**. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. Environmental Pollution, 60: 101-139.
22. Merritt, R.W. and Cummins, K.W., 1996. An Introduction to Aquatic insect of North America. 862 pp.
23. **Needham, J. and Needham, P., 1962**. A Guide to the Freshwater Biology. Fifth edition revised and enlarged, Constable & Co, LTD, London, p 115.
24. **Overton, J., 2001**. Standard procedures for benthics macroinvertebrates biological assessment. North Carolina Department of Environment and Natural Resource, 50p.
25. Pennak, R. W., 1953.Freshwater Invertebrates of the United States. The Ronald PressCompany,New York,953p.
26. **Peckarsky, B.L.; Fraissinet, M.A.; Penton, D.J. and Conklin, J.R., 1990**. Freshwater macroinvertebrates of Northeastern North America. Cornell Univ. Press, New York
27. **Pipan, T., 2000**. Biological assessment of stream water quality the example of the Reka River (Slovenia). Karst Research Institute ZRC SAZU, Titov trg 2, Slovenia. 21 p.
28. **Rosenberg, D.M., 2004**. Taxa tolerance values. Bull, Entomol, Soc, Can, 30: 144-152.
29. **Selong, J.H. and Helfrich, L.A., 1998**. Impact of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia Headwater Streams. *The Progressive Fish-Culturist*, 60:247-262.
30. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949**.The mathematical Theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379-423.
31. **Taylor, B.R. and Baily, R.C., 1997**. Technical Evaluation on Methods for Benthic Invertebrates Data Analysis and Mineral and Energy Technology. Ottawa, Ontario, p 93.
32. **Walen, J.K., 2002**. Assessment of stream habitat, fish, macro invertebrates, sediment and water chemistry for eleven streams in Kentucky and Tennessee", Virginia Polytechnic Institute, CATT, 71pp.
33. **Zimmerman, M.C., 1993**. The use of the biotic index as an indication of water quality,Pages 85-98, *in* Tested studies for laboratory teaching, 115 page.

The effects of Trout Farms Effluent in Haraz River on population structure of benthic macro invertebrates

- **Farzane Soltani:** Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, P.O.Box:19585-936 Tehran, Iran
- **Mehdi Nadri Jolodar:** Iran Fisheries Research Organization, Ecology Research Institute of the Caspian Sea, P.O.Box:961 Sari, Iran
- **Abdolrahim Vosogh:** Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, P.O.Box:19585-936 Tehran, Iran
- **Kazem Darvish Bastami*:** Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric (INIOAS), P.O. Box: 13389-14118 Tehran, Iran
- **Masoumeh Lotfi Ashtiyani:** Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, P.O.Box:19585-936 Tehran, Iran

Received: August 2012 Accepted: November 2012

Key words: Farms Effluent, *Oncorhynchus mykiss*, Bioassessment, Haraz River, Iran.

Abstract

The goal of this study was the effects comparative of sand and gravel civil works and Trout Farms Effluent in Haraz River on population structure of benthic macro invertebrates. For this purpose selected five stations on Haraz River. Benthic macro invertebrates were investigated for two seasons of summer and fall in 2011, by using a Surber net (30.5×30.5cm, 250µ mesh). About 13329 macro invertebrate specimens at 22 genera, 10 families and 11 orders were collected and dominated with aquatic insect's larvae. Shannon index, richness, Chironomidae percentage, EPT percentage and EPT /CHIR were significantly difference between the control and stations after fish farms. Indices of EPT richness, EPT percentage and EPT/CHIR (Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera / Chironomidae) decreased at the immediate vicinity of the fish farms outflows , Shannon index was lower than 1 in all of the stations, On the basis of HFBI index ,we saw three grades of qualities as , good and Possible slight organic pollution in first, second and third station ,relatively poor and Fairly significant organic pollution in fourth section and poor and Significant organic pollution in fifth section ,. The combined results of biotic indices indicated that pollution was higher at the stations at the immediate vicinity of the fish farms and comparative of sand and gravel civil outflows than the preceding ones, and it shown, the self-purification potential of Haraz River was increased.

*Corresponding author's email: darvish.bastami@inio.ac.ir