بررسی اثرات کیفی استخرهای پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان بر رودخانه شاهرود با استفاده از شاخص ارزیابی سریع زیستی کفزیان Hilsenhoff

- **شهرام دادگر***: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ایستگاه تحقیقات فن‌آوری‌های نوین شیلاتی، تهران، صندوق پستی:۶۱۱۶- ۱۴۱۵۵
- **فربد چهرزاد**: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی:۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **کمیل رزمی**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ایستگاه تحقیقات فن‌آوری‌های نوین شیلاتی، تهران، صندوق پستی:۶۱۱۶- ۱۴۱۵۵

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۳

چکیده

در این تحقیق میزان آلایندگی فعالیت‌های دو مزرعه پرورش ماهی قزل آلای رنگین‌کمان واقع بر روی سرشاخه‌های خچیره و حسنجون در رودخانه شاهرود از حوضه سد طالقان، با استفاده از شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (HFBI) به‌روش ارزیابی سریع (Rapid bioassesment) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از شاخص زیستی با پارامترهای فیزیکی- شیمیایی و آلودگی رودخانه‌های تحت تأثیر این مزارع، مقایسه شد. نتیجه بررسی اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی ۵ روزه نشان داد مقدار این پارامتر در هر دو سرشاخه نسبت به شاخه اصلی شاهرود بالاتر است اما مزارع پرورشی بر افزایش بار آلی تأثیر معنی‌داری ندارند ($p>0/05$). تأثیر مزارع پرورش ماهی بر pH رودخانه در هیچ یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری معنی‌دار نبوده است ($p>0/05$). مقدار کل جامدات معلق در محدوده رودخانه حسنجون نسبت به خچیره از مقادیر بالاتری برخوردار بود ($p<0/05$) هم‌چنین محدوده رودخانه خچیره نسبت به محدوده رودخانه حسنجون، از آلودگی به ترکیبات فسفر به میزان کم‌تری برخوردار بود ($p<0/05$). در نتیجه در مجموع مقدار آلاینده‌های آلی در رودخانه حسنجون از خچیره بیش‌تر بوده است ($p<0/05$). بررسی روند تغییرات فراوانی کفزیان درشت براساس این مطالعه نشان داد که در محدوده مطالعاتی بیش‌ترین فراوانی آن‌ها مربوط به خانواده Chironomidae از حشرات راسته دوبالان (Diptera) با میانگین کل فراوانی ۱۱/۶ عدد در متر مربع و پس از آن خانواده Elmidae از راسته قاب‌بالان (Coeloptera) با میانگین کل فراوانی ۱۰/۰ عدد در مترمربع بود. نتیجه محاسبه شاخص زیستی هیلسنهوف براساس انواع و فراوانی کفزیان نشان داد که در محدوده رودخانه خچیره، وجود مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (با توجه به عدم وجود مراکز جمعیتی و آلاینده‌های دیگر در بالادست) منجر به کاهش درجه کیفی این رودخانه به‌میزان یک درجه از کیفیت "متوسط" در ایستگاه بالادست مزرعه (ایستگاه۱)، به کیفیت "متوسط ضعیف" در ایستگاه پایین دست مزرعه (ایستگاه۲)، در زمان نمونه‌برداری می‌گردد. اما وجود مزرعه پرورش ماهی بر کیفیت شاخه اصلی رودخانه شاهرود که از دبی بالاتری برخوردار است، مؤثر نبوده و در ایستگاه‌های شماره ۳ و ٤ واقع در قبل و بعد از ورودی سرشاخه خچیره در شاخه اصلی شاهرود، تغییری در شاخص زیستی هیلسنهوف مشاهده نگردید. در سرشاخه حسنجون وضعیت کیفی بالادست مزرعه پرورش ماهی، با توجه به‌وجود مراکز جمعیتی، از نظر شاخص زیستی هیلسنهوف در زمان نمونه‌برداری "بد" بود که در اثر روند خودپالایی سرشاخه، این وضعیت بهتر شده و در پایین‌دست مزرعه شاخص، وضعیت "متوسط" را نشان داد. شاخه اصلی رودخانه شاهرود در اثر ورود سرشاخه حسنجون، از وضعیت "خیلی خوب" در ایستگاه ۷ به وضعیت "بد" در ایستگاه ۸ تنزل پیدا کرد که تأثیر ورود آلاینده‌های ناشی از این سرشاخه را به شاخه اصلی رودخانه، نشان داد. نتایج حاصل از مقایسه فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی و زیستی به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد که در زمان نمونه‌برداری، مزارع پرورش ماهی موجود بر کیفیت شاخه اصلی رودخانه شاهرود تأثیر منفی نداشتند.

کلمات کلیدی: شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (HFBI)، کفزیان درشت، اثرات کیفی مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان، ارزیابی سریع

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Shdadgar@ifro.ir

مقدمه

در مکان‌یابی مزارع پرورش ماهی یکی از نکات کلیدی و با اهمیت، بررسی اثرات کیفی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از این مزارع می‌باشد. بیش‌تر مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در حاشیه رودخانه‌ها واقع بوده و پساب خود را که حاوی مواد آلی ناشی از غذادهی و یا دفع فضولات ماهیان است، به رودخانه وارد می‌نمایند (Esmaili Sari، ۲۰۰۴). عدم مدیریت صحیح پساب و یا ورود پساب‌های آلوده به مواد ضدعفونی‌کننده و یا با غلظت بالای مواد مغذی و آلی، منجر به تغییر فون کفزیان پایین‌دست رودخانه می‌گردد که این تغییرات از طریق محاسبه شاخص‌های زیستی و با پاسخ اکولوژیک کفزیان درشت (Macrobenthos) قابل ردیابی می‌باشد (Adams، ۲۰۰۲؛ Costapierce، ۲۰۰۲؛ Hilsenhoff، ۱۹۸۸).

موجودات کفزی درشت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حلقه‌های زنجیره غذایی وابسته به رسوبات رودخانه‌ها و سایر منابع آبی مطرح می‌باشند. این موجودات بیش‌تر دوران حیات خویش را در مجاورت رسوبات به‌سر می‌برند. اغلب رنگی و کرم مانند بوده و گروه متنوعی از جانوران کوچک نظیر لارو حشرات، سخت پوستان، کرم‌ها و نرمتنان را شامل می‌گردند (Horne و Goldman، ۱۹۹۴).

حضور یا عدم گونه‌ای خاص از کفزیان، قابلیت کلاسه‌بندی کیفی رودخانه‌ها را فراهم می‌آورد. در واقع این موجودات می‌توانند به‌عنوان شاخص‌زیستی (Biological Index) عمل نمایند و با توجه به‌این‌که تغییرات ساختاری در ترکیب گونه‌ای آن‌ها به‌آهستگی اتفاق می‌افتد، امکان ردیابی استرس‌های محیطی وارد به اکوسیستم‌های آبی در آن‌ها بیش‌تر فراهم می‌باشد. این ارگانیسم‌ها به‌خصوص در برابر آلودگی‌های آلی واکنش بهتری از خود نشان می‌دهند (Hilsenhoff، ۱۹۸۸).

شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (Hilsenhoff Family-Level Biological Index یا HFBI) به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی کفزیان مطرح می‌باشد (Hilsenhoff، ۱۹۸۸). این شاخص از جمله شاخص‌های مناسب در ارزیابی سریع در محل (Rapid Field assessment) اکوسیستم‌های آب‌های جاری است که براساس خانواده شناسایی شده از کفزیان درشت و امتیازی که به هر خانواده تعلق می‌گیرد، وضعیت آلودگی و کیفیت آب ایستگاه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد (Hilsenhoff، ۱۹۸۸).

Imanpour Nami و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را در محدوده رودخانه تجن با استفاده از شاخص هیلسنهوف مورد بررسی قرار دادند که در نتیجه تغییرات بارزی بین بالادست و پایین‌دست مزارع پرورشی مشاهده شد. نادری‌جلودار و همکاران (۱۳۹۰) پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز را به پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده از این روش مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی نیز ایستگاه‌هایی که بلافاصله پس از مزارع قرار داشتند نسبت به ایستگاه‌های دورتر از وضعیت بدتری برخوردار بودند. در این مطالعه با فاصله از مزارع تحت تأثیر خودپالایی رودخانه، وضعیت کیفی ایستگاه‌ها بهتر می‌گردید.

در مطالعات مشابه Soltani (۲۰۱۴) و Mahboobi Soofiani (۲۰۱۲) این روش را برای بررسی تأثیر مزارع پرورش ماهی برکیفیت آب رودخانه پایین دست در دو رودخانه هراز و زاینده‌رود مورد استفاده قرار دادند.

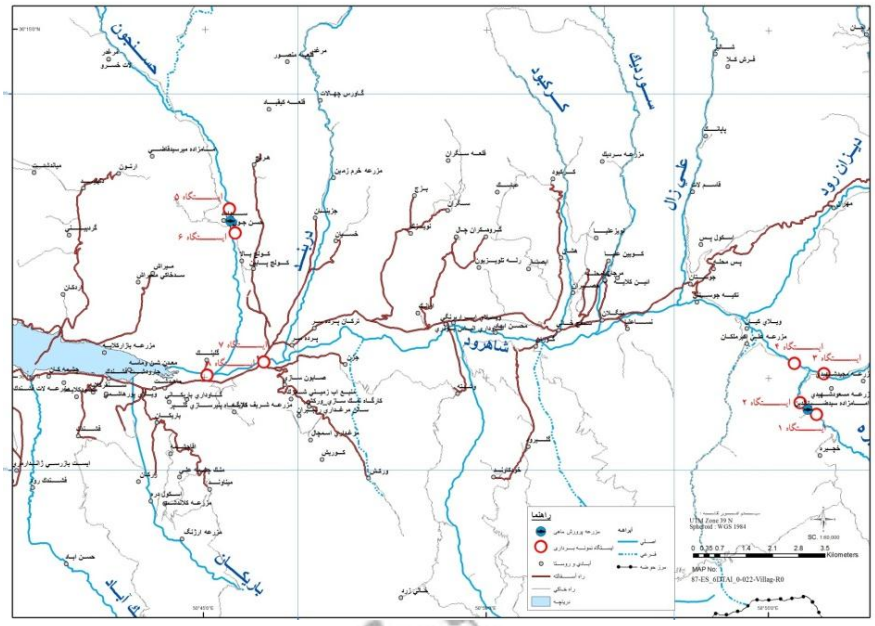
هدف از این تحقیق بررسی تأثیر فعالیت‌های دو مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان موجود در سرشاخه‌های رودخانه شاهرود در حوضه سد طالقان، که از جمله سدهای مهم تأمین آب شرب تهران است، بر کیفیت آب رودخانه‌های منطقه در زمان نمونه‌برداری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جهت تعیین میزان تأثیر مزارع پرورش‌ماهی بر رودخانه‌های حوضه مطالعاتی محدوده سدطالقان (رودخانه‌شاهرود)، اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی-شیمیایی، زیستی و آلودگی به‌طور هم‌زمان مدنظر قرار گرفت. بر این اساس با توجه به‌این‌که تجربیات انجام این قبیل مطالعات در گذشته نشان می‌دهد که صرفاً اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب جهت بررسی اثر مزارع پرورشی و یا هرگونه منبع آلودگی دیگر در رودخانه‌ها کافی نبوده و میزان آلودگی‌ها با توجه به جریان دائمی رودخانه با نمونه‌برداری لحظه‌ای نشان داده نمی‌شود، لذا بررسی وضعیت کیفی رودخانه با استفاده از شاخص زیستی در دستور کار قرار گرفت.

برای تعیین ایستگاه‌های مطالعاتی با توجه به موقعیت مزارع پرورش ماهی در دو منطقه خچیره و حسنجون، یک ایستگاه قبل و یک ایستگاه بعد از محل مزرعه در نظر

گرفته شد. هم‌چنین جهت بررسی تأثیر سرشاخه ورودی که مزرعه در آن سرشاخه قرار گرفته است نیز یک ایستگاه قبل و یک ایستگاه بعد از شاخه ورودی در شاخه اصلی شاهرود تعیین گردید. شکل ۱ نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و موقعیت مزارع پرورشی را نشان می‌دهد. با توجه به‌موارد مذکور در مجموع تعداد ۸ ایستگاه در منطقه مطالعاتی تعیین گردید و نمونه‌برداری در ایستگاه‌های مذکور بر روی رودخانه‌های خچیره و حسنجون و هم‌چنین شاخه اصلی رودخانه شاهرود انجام شد. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	E(شرق)	N(شمال)
۱	بالادست مزرعه خچیره	۵۰° ۵۷' ۲۲.۲۹۳" E	۳۶° ۸' ۳۰.۹۵۴" N
۲	پایین دست مزرعه خچیره	۵۰° ۵۵' ۳۳.۹۹۰" E	۳۶° ۹' ۴۷.۴۲۵" N
۳	شاهرود - بالادست سرشاخه خچیره	۵۰° ۵۷' ۱۶.۹۰۷" E	۳۶° ۱۰' ۲۰.۱۳۱" N
۴	شاهرود - پایین سرشاخه خچیره	۵۰° ۵۴' ۴۹.۴۸۱" E	۳۶° ۱۰' ۳۹.۳۴۳" N
۵	بالادست مزرعه حسنجون	۵۰° ۴۶' ۸.۵۸۵" E	۳۶° ۱۰' ۱۳.۷۶۰" N
۶	پایین دست مزرعه حسنجون	۵۰° ۴۵' ۱۱.۱۳۷" E	۳۶° ۱۳' ۱۳.۶۳۳" N
۷	شاهرود - بالادست سرشاخه حسنجون	۵۰° ۴۵' ۳۳.۷۵۲" E	۳۶° ۱۱' ۲.۰۶۳" N
۸	شاهرود - پایین سرشاخه حسنجون	۵۰° ۴۴' ۳۰.۱۱۳" E	۳۶° ۱۰' ۳.۴۳۵" N

نمونه‌برداری از پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و زیستی محدوده مورد مطالعه در ۸ ایستگاه تعیین شده با توجه به محدودیت‌های موجود به روش ارزیابی سریع (یک مرتبه) و در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۱انجام پذیرفت. فهرست پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و آلودگی اندازه‌گیری شده در جدول ۲ قابل مشاهده است. کلیه آنالیزها با استفاده از روش‌های استاندارد انجام شد (Rice و همکاران، ۲۰۰۵). فاکتورهایی نظیر دما، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، pH، کل جامدات معلق، شوری، کدورت و اکسیژن محلول با استفاده از مولتی‌پارامتر HQ مدل Hach و کدورت‌سنج پرتابل Hach در محل اندازه‌گیری شد. جهت انتقال نمونه برای انجام آزمایشاتی نظیر اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، فسفرکل، نیتروژن کل، کلراید، آهن و روی، نمونه‌ها به‌شکل خنک با دمای کم‌تر از ۴

درجه سیلسیوس و یا با استفاده از اسید با pH کم‌تر از ۲ در اسرع وقت به آزمایشگاه آسارا‌ب انتقال یافته و در آزمایشگاه سایر مراحل آزمایش بر روی آن‌ها در همان روز انجام پذیرفت. اندازه‌گیری پارامترهای نیتروژن کل، فسفر کل، کلراید، آهن و روی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Hach مدل DR2800 انجام شد.

جهت نمونه‌برداری از کفزیان درشت (Macrobenthos) نیز از یک دستگاه نمونه‌بردار سوربر(Surber Sampler) با ابعاد ۳۰/۵ در ۳۰/۵ و در سه تکرار در هر ایستگاه استفاده شد (Standard methods، ۲۰۰۵).

جدول ۲: فهرست پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مطالعاتی

ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری
۱	دمای آب (Temperature)	درجه سانتی‌گراد	۸	اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی ۵ روزه (BOD_5)	میلی‌گرم بر لیتر
۲	اکسیژن محلول (DO)	میلی‌گرم بر لیتر	۹	اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)	میلی‌گرم بر لیتر
۳	پ هاش (pH)	...	۱۰	نیتروژن‌کل(TN)	میکروگرم بر لیتر
۴	کل جامدات محلول (TDS)	میلی‌گرم بر لیتر	۱۱	فسفرکل (TP)	میکروگرم بر لیتر
۵	هدایت الکتریکی (EC)	میکرو زیمنس بر سانتی‌متر مربع	۱۲	کلراید (Cl)	میلی‌گرم بر لیتر
۶	کل جامدات معلق (TSS)	میلی‌گرم بر لیتر	۱۳	آهن (Fe)	میکروگرم بر لیتر
۷	سیلیکات (SiO_2)	میلی‌گرم بر لیتر	۱۴	روی (Zn)	میکروگرم بر لیتر

محاسبه شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف با استفاده از فرمول زیر صورت گرفت:

$$HFBI = \frac{\Sigma(x_i t_i)}{n}$$

که در آن x_i تعداد افراد در هر گروه، t_i ارزش تحمل آلودگی در آن گروه و n تعداد کل افراد می‌باشد. طبقه‌بندی کیفی تعیین شده در نهایت بر مبنای جدول ۳ صورت پذیرفت.

جدول ۳ : طبقه‌بندی کیفی رودخانه بر اساس شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (Hilsenhoff، ۱۹۸۸)

ردیف	عدد شاخص هیلسنهوف	کیفیت آب
۱	۳/۷۵ – ۰	عالی
۲	۴/۲۵ – ۳/۷۶	خیلی خوب
۳	۵ – ۴/۲۶	خوب
۴	۵/۷۵ – ۵/۱	متوسط
۵	۶/۵ – ۵/۷۶	متوسط ضعیف
۶	۷/۲۵ – ۶/۵۱	بد
۷	۱۰ – ۷/۲۶	خیلی بد

نتایج

لازم به‌ذکر است که شاخص زیستی خانواده هیلسنهوف (HFBI) نسبت به شاخص زیستی گونه هیلسنهوف (BI) از دقت کم‌تری برخوردار است اما با توجه به عدم شناسایی گونه‌های ماکروبنتوزها در ایران به شکل قابل قبول و نبود دسترسی به کلید داخلی معتبر و نیز عدم امکان استفاده از شاخص گونه‌ای، به استفاده از شاخص خانواده اکتفا گردید (Hilsenhoff، ۱۹۸۸).

میانگین نتایج اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و آلودگی آب در جدول ۴ قابل مشاهده است. میانگین دمای آب در زمان نمونه‌برداری ۱/۶±۱۱ درجه سانتی‌گراد بود. اکسیژن محلول در کلیه ایستگاه‌ها همواره در حد اشباع و با میانگین مقدار ۰/۲۱±۸/۴ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد که نشانگر مناسب بودن وضعیت تبادلات اکسیژنی و تلاطم میان آب و هوا می‌باشد.

از جمله متغیرهای مرتبط با مقادیر اکسیژن در محدوده مورد مطالعه مقادیر اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و اکسیژن‌خواهی شیمیایی است. بررسی مقادیر هر یک از این متغیرها نشان داد که میزان اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی حداکثر ۱/۳ و اکسیژن‌خواهی شیمیایی حداکثر ۱۴ میلی‌گرم در لیتر بود که نشان می‌دهد رودخانه در این زمان (اردیبهشت‌ماه) توان پذیرش و پالایش آلودگی را تا حد مجاز دارا می‌باشد.

نکته جالب توجه در بررسی روند تغییرات اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی در هر دو منطقه مورد مطالعه (ایستگاه‌های ۱ تا ۴ در محدوده خچیره و ایستگاه‌های ۵ تا ۸ در محدوده حسنجون)، کاهش مقادیر این متغیر تحت تأثیر خودپالایی رودخانه از بالادست به سمت پایین‌دست ایستگاه‌های‌نمونه‌برداری است و نشان می‌دهد مزارع پرورش ماهی موجود منطقه در این محدوده زمانی تأثیر معنی‌داری در افزایش بار آلی لحظه‌ای رودخانه ندارند ($p<۰/۰۵$). اما در مجموع در هر دو سرشاخه حسنجون و خچیره مقدار این پارامتر نسبت به شاخه اصلی شاهرود بالاتر بود (شکل ۲).

بررسی مقادیر pH محدوده مطالعاتی نشان داد که مقدار این متغیر در کلیه ایستگاه‌های نمونه‌برداری اندکی قلیایی و میانگین آن ۰/۰۴±۸/۷ است. تأثیر مزارع پرورش ماهی بر pH رودخانه در هیچ یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری معنی‌دار نبوده است ($p<۰/۰۵$).

فسفر به‌عنوان یکی از عوامل مهم غنی‌شدن (Eutrophication) در آب‌ها مطرح بوده و افزایش آن به افزایش روند غنی‌شدن آب‌ها خواهد انجامید. بر این اساس مقایسه مقدار فسفرکل در دو منطقه نمونه‌برداری انجام شده و نتیجه حاصل نشان داد که محدوده رودخانه خچیره نسبت به محدوده رودخانه حسنجون، از آلودگی به ترکیبات فسفر به میزان کم‌تری برخوردار است ($p<۰/۰۵$). هم‌چنین مقایسه مقدار فسفرکل در بالادست نسبت به پایین‌دست مزارع پرورشی، افزایش مقدار فسفرکل را در هر دو سرشاخه نشان داد. میانگین مقدار این پارامتر در محدوده مطالعاتی ۱/۶±۲/۴۲ میکروگرم بر لیتر ثبت شد. در خصوص متغیر نیتروژن‌کل نیز همانند فسفرکل، محدوده رودخانه حسنجون نسبت به محدوده رودخانه خچیره آلوده‌تر است. میانگین مقدار این متغیر در محدوده مطالعاتی ۱/۳۴±۳/۵۰ میکروگرم بر لیتر بود.

در بررسی مقادیر نیتروژن و فسفر، نسبت ردفیلد[1] که بیانگر محدود کننده بودن فسفر نسبت به نیتروژن با نسبت وزنی ۱ : ۷/۲ برای تولید اولیه است، دارای اهمیت خاصی می‌باشد. بر این اساس نسبت فسفر به نیتروژن در محدوده مطالعاتی ۱ : ۱/۴ محاسبه گردید که نشان می‌دهد مقادیر فسفر جهت شرکت در تولید اولیه کفایت نموده و محدودکننده نخواهد بود و در نتیجه در افزایش تروفی اکوسیستم مؤثر است.

بررسی کدورت رودخانه بر اساس کل جامدات معلق (TSS) حاکی از بالا بودن این متغیر در کلیه ایستگاه‌هاست. میانگین مقدار این متغیر در ایستگاه‌های مختلف ۱۶۶±۳۳۱ میلی‌گرم بر لیتر بوده و در محدوده رودخانه حسنجون نسبت به خچیره از مقادیر بالاتری برخوردار است ($p<۰/۰۵$).

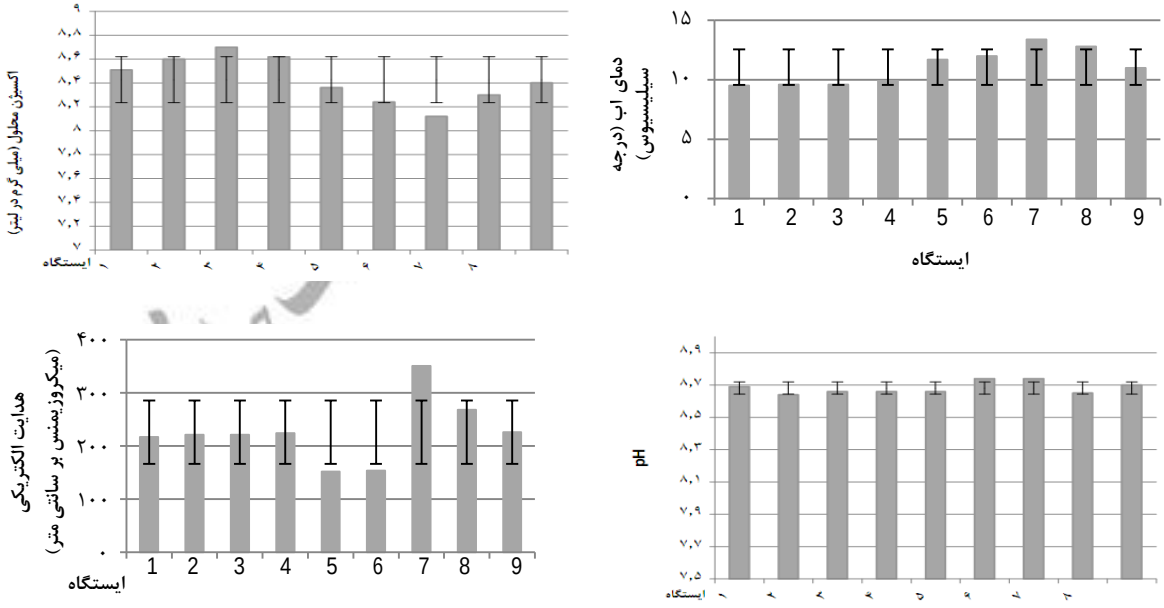
اندازه‌گیری متغیرهای شاخص آلودگی نظیر فلزات سنگین آهن و روی مقدار آن‌ها را کم‌تر از حد تشخیص دستگاه نشان داد. بر این اساس اندازه‌گیری لحظه‌ای عنصر روی به‌عنوان شاخصی از مصرف مالاشیت‌گرین در مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان نشانگر عدم آلودگی آب‌های منطقه به این عنصر در زمان نمونه‌برداری است.

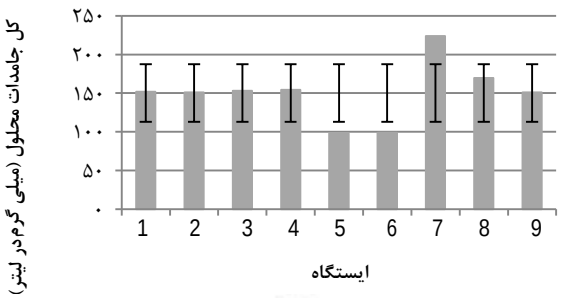
[1] Redfield Ratio

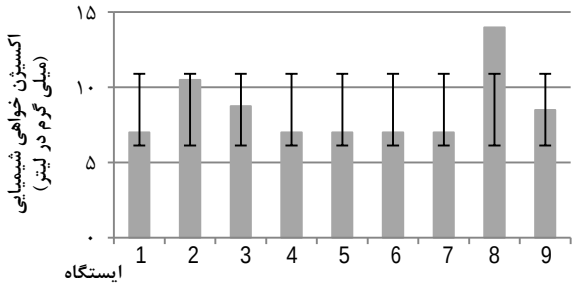
جدول ۴: میانگین نتایج اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و آلودگی آب در محدوده مطالعاتی-اردیبهشت ۹۱

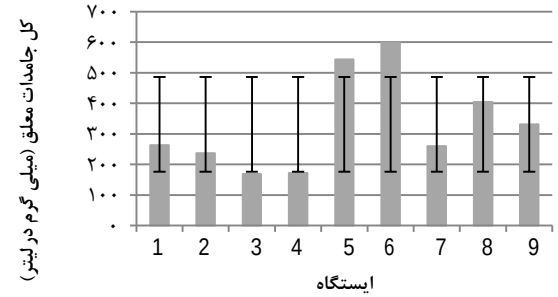
پارامتر	واحد	میانگین	انحراف معیار
دمای آب	درجه سیلیوس	۱۱	۱/۶
اکسیژن محلول	میلی‌گرم در لیتر	۸/۴	۰/۲۱
اشباعیت اکسیژن	درصد	۹۷/۵	۰/۶۸
pH	...	۸/۷	۰/۰۴
هدایت الکتریکی	میکروزیمنس بر سانتی‌مترمربع	۲۲۶	۶۳/۵۷
کل جامدات محلول	میلی‌گرم در لیتر	۱۵۱	۳۹/۹۵
اکسیژن خواهی شیمیایی	میلی‌گرم در لیتر	۸/۵	۲/۵۴
اکسیژن خواهی بیوشیمیایی	میلی‌گرم در لیتر	۰/۷۵	۰/۳۹
کل جامدات معلق	میلی‌گرم در لیتر	۳۳۱	۱۶۵/۹۶
کلراید	میلی‌گرم در لیتر	۶۰/۱	۲۶/۰۶
فسفرکل	میلی‌گرم در لیتر	۲/۴۲	۱/۶۰
سیلیکات	میلی‌گرم در لیتر	۱۰	۱/۴۵
نیتروژن کل	میلی‌گرم در لیتر	۳/۵	۱/۳۴
آهن	میکروگرم در لیتر	<۲۰	...
روی	میکروگرم در لیتر	<۱۰	...

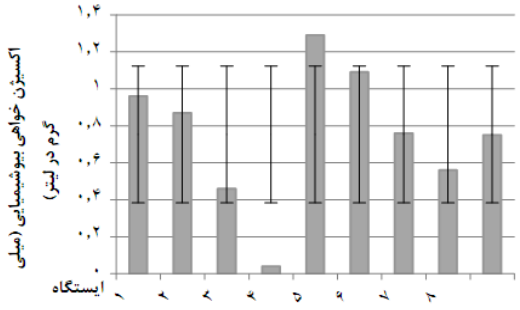
شکل ۱: نمودار تغییرات پارامترهای کیفی در محدوده مطالعاتی – اردیبهشت ۹۲

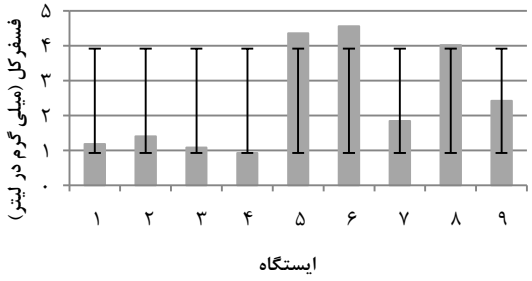


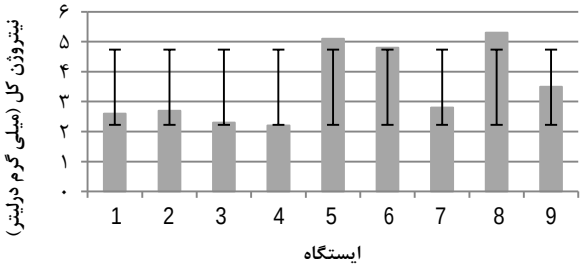


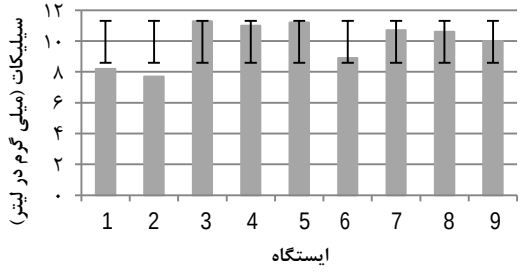


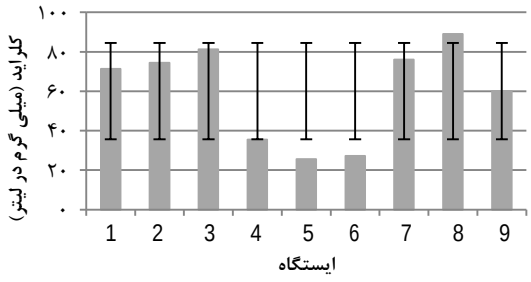












نتایج شناسایی کفزیان درشت (ماکروبنتوزها) در ایستگاه‌های مختلف در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول مذکور مشاهده می‌شود در این مطالعه در منطقه مطالعاتی مجموعاً ۱۲ خانواده از ماکروبنتوزها از ۵ راسته و رده مختلف شامل دوبالان، یکروزه‌ها، موی‌بالان، قاب‌بالان و کم‌تاران مورد شناسایی قرار گرفتند.

بررسی روند تغییرات فراوانی ماکروبنتوزها براساس این مطالعه نشان می‌دهد که در محدوده مطالعاتی بیش‌ترین فراوانی ماکروبنتوزها مربوط به خانواده Chironomidae از حشرات راسته دوبالان (Diptera) با میانگین کل فراوانی ۱۱/۶ عدد در متر مربع و پس از آن خانواده Elmidae از راسته قاب‌بالان (Coeloptera) با میانگین کل فراوانی ۱۰/۰ عدد در مترمربع می‌باشد.

جدول ۵ : نتایج شناسایی کفزیان درشت در محدوده مطالعاتی – اردیبهشت ۹۱ (میانگین تعداد در مترمربع)

راسته یا رده	خانواده	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷	ایستگاه ۸
Diptera	Chironomidae	۱۰	۱۳/۳	۱۳/۳	۱۰		۲۳/۳	۳/۳	۶/۶
Diptera	Tipulidae	۳/۳							
Ephemeroptera	Baetidae	۳/۳					۶/۶		
Diptera	Simulidae	۳/۳							
Diptera	Muscidae	۳/۳							
Tricoptera	Hydropsychidae			۶/۶	۶/۶				
Ephemeroptera	Heptageniidae			۶/۶	۳/۳		۶/۶		
Coeloptera	Elmidae				۱۰				
Diptera	Empididae					۳/۳			
Oligochaeta	Naididae					۳/۳			۶/۶
Ephemeroptera	Caenidae					۳/۳		۳/۳	
Diptera	Sciomyzidae							۳/۳	
جمع کل		۲۳/۳	۱۳/۳	۲۶/۶۷	۳۰	۱۰	۳۶/۶	۱۰	۱۳/۳

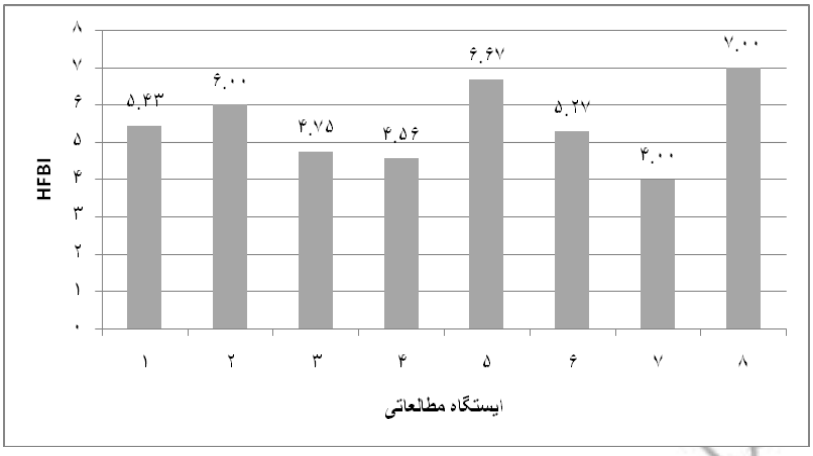
بحث

نتایج محاسبه فرمول شاخص زیستی هیلسنهوف براساس معادله HFBI در محدوده رودخانه‌های مطالعاتی در جدول ۶ و شکل ۲ ارائه شده است. نتیجه حاصل از بررسی نتایج محاسبات شاخص نشان داد که در محدوده رودخانه خچیره، وجود مزرعه پرورش ماهی (با توجه به عدم وجود مراکز جمعیتی و صنایع دیگر در بالادست) منجر به کاهش درجه کیفی رودخانه خچیره به میزان یک درجه از کیفیت "متوسط" در ایستگاه ۱ به کیفیت "متوسط ضعیف" در ایستگاه ۲ شده است. به‌طور هم‌زمان مقدار اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی نیز در ایستگاه ۱ نسبت به ۲ افزایش نشان می‌دهد که تأییدکننده نتایج شاخص زیستی می‌باشد. اما وجود مزرعه بر کیفیت شاخه اصلی رودخانه شاهرود که از حجم بالاتری برخوردار است، مؤثر نبوده و در ایستگاه‌های شماره ۳ و ۴ تغییری در نتیجه شاخص زیستی مشاهده نشد. آلودگی به مواد آلی در مناطق بعد از مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به قبل از آن در مطالعات نادری جلودار و همکاران (۱۳۹۰) و Soltani (۲۰۱۴) نیز مشاهده شده است.

اما در محدوده رودخانه حسنجون وضعیت متفاوت است. در این سرشاخه وضعیت کیفی بالادست مزرعه پرورش ماهی "بد" بود که در اثر روند خودپالایی سرشاخه، این وضعیت بهتر شده و در پایین‌دست مزرعه وضعیت کیفی "متوسط" مشاهده شد. براین اساس چنین استنتاج می‌شود که مراکز جمعیتی بالادست مزرعه در منطقه حسنجون به شکلی تأثیرگذار از کیفیت رودخانه در این شاخه کاسته است. ورود فاضلاب خانگی روستاهای‌منطقه‌از جمله این آلاینده‌ها است که در نمونه‌برداری میدانی اردیبهشت ماه نیز مشاهده گردید. در شاخه اصلی شاهرود نیز در اثر ورود سرشاخه حسنجون، وضعیت کیفی رودخانه از "خیلی خوب" در ایستگاه ۷ به وضعیت "بد" در ایستگاه ۸ تنزل پیدا کرد که ناشی از ورود آلاینده‌های این سرشاخه به شاخه اصلی شاهرود، است. مقایسه مقادیر غلظت نیتروژن و فسفرکل در این منطقه نیز افزایش مقدار آن‌ها را تا بیش از دو برابر از ایستگاه ۷ به ۸ نشان داد که تأثیر این آلاینده‌ها را در افزایش مواد مغذی تأیید می‌نماید.

جدول ۶ : نتیجه محاسبه شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاه‌های مختلف محدوده مطالعاتی

ایستگاه	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷	ایستگاه ۸
نتیجه‌شاخص‌زیستی	۵/۴۳	۶	۴/۷۵	۴/۵۶	۶/۶۷	۵/۲۷	۴	۷
وضعیت کیفی	متوسط	متوسط ضعیف	خوب	خوب	بد	متوسط	خیلی خوب	بد
وضعیت آلودگی	وجود آلودگی نسبتاً قابل توجه به احتمال زیاد	وجود آلودگی قابل توجه به احتمال زیاد	مقداری آلودگی آلی وجود دارد	مقداری آلودگی آلی وجود دارد	وجود آلودگی خیلی قابل توجه به احتمال زیاد	وجود آلودگی نسبتاً قابل توجه به احتمال زیاد	آلودگی‌آلی احتمالی‌اندک	وجود آلودگی خیلی قابل‌توجه به‌احتمال‌زیاد



شکل ۲: نمودار تغییرات مقدار شاخص HFBI در محدوده مطالعاتی- اردیبهشت ۹۱

با توجه به نتایج مطالعات حاضر بررسی تأثیر چندجانبه آلاینده‌های آلی نظیر فاضلاب‌های خانگی همراه با پساب مزارع پرورش ماهی توصیه می‌گردد. در این مطالعات در بخش خچیره به‌دلیل عدم وجود مراکز جمعیتی، امکان ردیابی آلودگی‌های آلی ناشی از مزرعه پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان در منطقه فراهم گردید. اما در منطقه حسنجون آلودگی‌های آلی دیگر به‌جز پساب مزرعه پرورش ماهی مؤثر بوده و در نتیجه از بالادست به پایین‌دست رودخانه بهبود وضعیت کیفی مشاهده شد. بر این اساس جهت تعیین تأثیر پساب مزرعه پرورش ماهی، نمونه‌برداری از خروجی مزرعه جهت تفکیک آلودگی‌های ناشی از آن در مقایسه با سایر آلاینده‌ها پیشنهاد می‌شود. هم‌چنین با افزایش تعداد آزمایش‌های میدانی در طول زمان، امکان مقایسه زمانی تغییرات کیفی همراه با تغییرات مکانی فراهم می‌گردد.

منابع

۱. **نادری‌جلودار، م.؛ عبدلی، ا.؛ میرزاخانی،م.ک. و شـریفی جلودار، ر.، ۱۳۹۰.** پاسخ بزرگ بـی‌مهرگـان کفـزی رودخانـه هراز به پساب مـزارع پـرورش مـاهی قـزل‌آلای رنگـین‌کمـان، نشریه شیلات. مجله منابع طبیعی ایـران. دوره ۶۴، شـماره ۲، صفحات ۱۶۳ تا ۱۷۶.

۲. **کـویگلی، م.، ۱۳۷۹.** کلیـد شناسـایی بـی‌مهرگـان نهرهـا و رودخانه‌ها. ترجمه محبـوبی‌صـوفیانی، ن. و نـادری، غ.، جهـاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۱ صفحه.

3. **Adams, S.M., 2002.** Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland. 644 P.

4. **CostaPierce, B.A., 2002.** Ecological Aquaculture: The evolution of the blue revolution. Dept. of Fisheries, Animal and Veterinary Science. University of Rholde Island. 501 P.

5. **Esmaili Sari, A., 2004.** Hydrochemistry and Aquaculture. 250 P.

6. **Hilsenhoff, W.L., 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. J. N. Am. Benthol. Soc. Vol. 7, No. 1, pp. 65-68.

7. **Horne, A.J. and Goldman, C.R., 1994.** Limnology. McGraw-Hill international Edition. 576 P.

8. **Imanpour Namin, J.; Sharifinia, M. and Bozorgi Makrani, A., 2013.** Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River (north Iran). Caspian J. Env. Sci. Vol. 11, No.1, pp. 29-39.

9. **Mahboobi Soofiani, N.; Hatami, R.; Hemami, M.R. and Ebrahimi, E., 2012.** Effects of Trout Farm Effluent on Water Quality and the Macrobenthic Invertebrate Community of the Zayandeh-Roud River. North American Journal of Aquaculture. Vol. 74, No. 2, pp. 132-141.

10. **Patrick McCafferty, W., 1981.** Aquatic Entomology, Jones and Bartlett Publishers, Boston-London, 449 P.

11. **Soltani, F.; Nadri Jolodar, M.; Vosoghi, A.; Darvish Bastami, K. and Lotfiashtaiani, M., 2014.** The effects of Trout Farms Effluent in Haraz River on population structure of benthic

macro invertebrates. Journal of animal environment. Vol. 16, No.1, pp. 25-34.

12. **Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D. and Clesceri, L.S., 2005.** Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 21st. Ed. Centennial edition. USA. 345 P.
13. **Wetzel, R.G., 2001.** Limnology. Academic Press, 1006 P.

فصلنامه علمی - پژوهشی محیط زیست جانوری

Study of qualitative effects of Rainbow Trout farms on Shahroud River using Hilsenhoff macrobenthic rapid bioassessment index

- **Shahram Dadgar*:** Iranian Fisheries Research Organization (IFRO), Station of new fisheries technologies, P.O.Box: 14155-6116, Tehran, Iran
- **Farbod Chehrzad:** Department of Marine Biology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O.Box: 775-14515, Tehran, Iran
- **Komail Razmi:** Iranian Fisheries Research Organization (IFRO), Station of new fisheries technologies, P.O.Box: 14155-6116, Tehran, Iran

Received: May2014 Accepted: July 2014

Key words: Hilsenhoff Family Biological Index (HFBI), Macrobenthos, Qualitative impacts of Rainbow Trout fish farms, Rapid Bioassessment.

Abstract

In this study pollution emissions of two Rainbow Trout farms situated on Khochireh and Hasanjoun branch of Shahroud River in Taleghan Dam basin was studied, using Hilsenhoff Rapid Bioassessment Family Biological Index (HFBI). Results of the Biological Index were comprised with Physical, Chemical and Contaminant results of affected rivers. Results showed that BOD_5 in both branches were more than Shahroud River as a main branch but the farms didn't have significant effect on organic matter increasing load ($p>0.05$). The effect of the farms on rivers pH were not significant ($p>0.05$). TSS in Hasanjoun River was more than Khochireh River ($p<0.05$) and Khochireh River had less phosphorus contaminant than Hasanjoun River ($p<0.05$). As a result, the load of organic contaminant in Hasanjoun was more than Khochireh branch ($p<0.05$). Changes in macrobenthos communities showed that the dominant families were Choronomidae (Diptera order) with 11.6 mean numbers in m^2 and Elmidae (Coeloptera order) with 10.0 mean numbers in m^2 in the study area. HFBI results based on macrobenthos diversity and density in sampling time showed that presence of Rainbow Trout farm in Khochire caused decreasing in river quality as little as one degree from "Moderate" in station1 to "Fairly poor" in station2. But this fish farm has not effect on Shahroud river main branch, based on no changing in HFBI results on stations3 and 4. The quality of Hasanjoun branch at fish farm upstream was "Bad" because of the presence of population centers in this area. Assimilative capacity of the river cause better condition in water quality at fish farm downstream in this branch as "Moderate" condition. Shahroud river at this area had "Very good" condition on station7 (upstream of Hasanjoun branch in Shahroud) and "Bad" condition on station8 (Downstream of Hasanjoun branch in Shahroud) that is shown the effects of organic pollutants entering from Hasanjoun branch to the Shahroud main branch. Results of physicochemical and biological comparison showed that in the sampling time, the fish farms had not impacts on Shahroud main river branch because of high water volume of this river.

* Corresponding Author's email: Shdadgar@ifro.ir