The Comparison of Physico-chemical Quality of Zayandehrud River with Common Biological Indices

Bina, B., Pourmogadas, H., and Haidarmah, F. Assist. Profs. and MSC., respectively, School of Pubilc Health, Isfahan University of Medical Sciences.

Abstract

Water resources management in particular fresh water is an important factor in view of development, and public considerations.

Therefore, protection of Zayandehrud river from pollution which is one of the biggest and most important river in center of Iran is quite crucial. On the other hand regular monitoring and awareness of changing in water quality is the first step in river pollution control. However, measuring physico - chemical parameters by itself are not enough for assessing the effects of pollution.

The use of biological monitoring, such as study of benthic invertebrates, as biological indicators of water pollution along with the physico - chemical is essential.

The aim of this investigation is to compare physico - chemical parameters with biotic indices for qualitative evaluation of Zayandehrud river. The samples were collected from nine stations along the river, three times a month, during spring and summer of 1996. The samples were analyzed for BOD_5, COD, TDS, NO_3, PO_4, EC, DO, temperature and turbidity. At each sampling station five - minute kick sample collection of the invertebrates by surber sampler was made on the river bed. The invertebrates were taken to the laboratory for sorting, identification and counting. The data used to calculate both the Trent Biotic Index and the Chandler Score. The results of this study showed the greater number and diverstity of biological indicators in the upstream of the river. The Trent and Chandler Score were corrolated with the physico - chemical parameters. The biotic score in the downstream of the river showed a low value of species diversity while a high value of organic content.

Although in this study we considered American and European biotic indices as a means of monitoring water quality, such surveilance needs specific biotic index for our country. The detection of natural communities or distribution of species, is in itself useful in conservation work.

مقایسهٔ کیفیت فیزیکوشیمیایی آب زاینده‌رود با شاخصهای بیولوژیکی موجود

بیژن بینا* حسین پورمقدس** فلاح حیدرماه***

چکیده

از آنجاکه حفظ منابع آب، به ویژه آبهای شیرین به عنوان یکی از مهمترین عوامل در حفظ سلامت، پیشرفت اقتصادی و صنعتی جوامع مطرح است، لذا حفاظت از زاینده‌رود که بزرگترین و با اهمیت‌ترین رودخانه فلات مرکزی ایران می‌باشد، علاوه بر جنبهٔ زیست‌محیطی، از نظر کشاورزی، صنعتی و اجتماعی نیز حایز اهمیت به سزایی می‌باشد. از این رو اولین گام در مدیریت حفاظت از منابع آب، پایش مستمر و آگاهی همه جانبه از تغییرات کیفی آنها می‌باشد. در این راستا شیوه‌های مختلف نمونه‌برداری و آزمایشات فیزیکوشیمیایی هیچ گاه نشان دهندهٔ وضعیت کلی و سیر تغییرات نبوده، و باید ارزیابی بیولوژیکی و بررسی حضور یا عدم حضور موجودات آبزی شاخص در هر محل، که نشان دهندهٔ اثرات آلاینده‌های مختلف بر جامعه آبزیان بومی (اکوسیستم طبیعی) است، به عنوان مکمل آنالیزهای فیزیکوشیمیایی در نظر گرفته شود.

هدف از این بررسی، مقایسهٔ پارامترهای فیزیکوشیمیایی و شاخصهای بیولوژیکی در ارزیابی کیفی زاینده‌رود بوده است. به این منظور در زمستان سال ۱۳۷۴ و بهار ۱۳۷۵ با انتخاب ۹ ایستگاه، ماهانه سه بار پارامترهای اصلی کیفیت آب یعنی pH، اکسیژن محلول، BOD_5، کل جامدات محلول، نیترات، فسفات، هدایت الکتریکی، کدورت، درجهٔ حرارت ودرصد اشباع اکسیژن مورد سنجش قرار گرفتند. هم زمان با آن، نمونه‌برداریهای بیولوژیکی از بی‌مهرگان هر ایستگاه به وسیله دستگاه نمونه‌بردار ضربه‌ای[1] به روش لگدی[2] (در مدت زمان ۵ دقیقه) انجام گرفت و توسط شاخصهای کیفی ترنت[3] و چاندلر[4] طبقه‌بندی گردید. نتایج این بررسی نشان داد که ایستگاههای بالادست رودخانه دارای تنوع موجودات بوده و هماهنگی کاملی میان شاخصهای بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی وجود دارد. در مناطق میانی، همراه با کاهش گروههای جانوری، اندازه‌گیریهای شیمیایی نیز حاکی از افزایش تدریجی آلاینده‌های آلی می‌باشد. در قسمتهای پایین‌دست که از قسمت خروجی شهر اصفهان آغاز می‌شود، متعاقب کاهش چشمگیر گروههای آبزی و فراوانی آنها، سنجش‌های فیزیکوشیمیایی نیز بیانگر تغییرات شدید در کیفیت آب رودخانه بوده و نهایتاً ارتباط کامل این شاخصها را در بیان وضعیت و شرایط موجود زاینده‌رود به اثبات می‌رساند.

در این تحقیق با به کارگیری شاخصهای اروپایی - آمریکایی و عدم تطابق کامل آنها (به ویژه شاخصهای کمی) با وضعیت موجود زاینده‌رود، نیاز به ایجاد شاخصهای مخصوص رودخانه‌ها و سایر جریانهای سطحی در داخل کشور احساس می‌شود، که این امر مستلزم شناسایی کامل گونه‌های جانوران آبزی، توسط گروههای تخصصی زیست‌شناسی می‌باشد.

*- استادیار دانشکده بهداشت اصفهان

**- استادیار دانشکده بهداشت اصفهان

***- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط

1- Surber sampler

2- Kick sampling

3- Trent

4- Chandler

مقدمه

امروزه تأمین آب آشامیدنی سالم به عنوان یکی از ارکان پیشرفت اقتصادی و اجتماعی جوامع مطرح بوده و اهمیت آن در امر توسعه ملی بر هیچ کس پوشیده نیست. نظر به محدود بودن منابع و ذخایر آب در جهان و از جمله کشور ما، که از مناطق خشک و نیمه خشک کره زمین محسوب می‌گردد و از طرف دیگر رشد جمعیت و تغییرات آن و نیز گسترش صنایع و بالا رفتن مصرف سرانه، استفاده صحیح از منابع موجود آب را امری ضروری به حساب می‌آورد.

در اکثر کشورها از جمله ایران، جهت تحقیق، ارزیابی و کنترل کیفیت آبهای سطحی از روشهای فیزیکوشیمیایی و با تحمل هزینه‌های سنگین استفاده می‌شود. امروزه محققین و متخصصین رشته آب و فاضلاب سعی دارند روشهای ساده و ارزان را جایگزین روشهای موجود بنمایند. لذا در آغاز نیمهٔ دوم قرن حاضر به ویژه در سه دههٔ اخیر استفاده از روشهای زیست‌سنجی می‌رود تا جانشینی مناسب و مکمل برای روشهای فعلی گردد. از آن جایی که بسیاری از مسائل در ارتباط با آلودگی آبها، کیفی هستند، برتری روش زیست‌سنجی در این است که ملاک ارزیابی، موجودات زندهٔ اکوسیستم آبی می‌باشند و بدین ترتیب اثرات آلاینده‌ها بر گونه‌های زنده محیط آبی مستقیماً مورد بررسی قرار می‌گیرند. هدف از این تحقیق، بررسی پارامترهای مهم فیزیکوشیمیایی و به کارگیری روشهای بیولوژیکی با استفاده از شاخصهای حیاتی، در تعیین شرایط کیفی رودها و کنترل جریانهای سطحی کشور می‌باشد.

ارزیابی بیولوژیکی کیفیت آب

در یک اکوسیستم آبی به طور کلی می‌توان چنین استنباط کرد که علیرغم دارا بودن حرکات پیوسته اکوسیستم و نمایش یک قالب مشخص، عوامل مختلف فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی تأثیرات متقابل از خود به جای می‌گذارند. به عبارت دیگر هر اکوسیستمی از جمله آبهای‌شیرین، دارای یک مجموعهٔ پیچیده از فرایندهای درونی و روابط منسجم کاملاً معین می‌باشد و کمترین تغییر یا دخالت ناشی از هرگونه تنش خارجی از قبیل ورود فاضلابها یا هر نوع مادهٔ آلاینده دیگر، موجب به هم خوردگی و اختلال در این مجموعه گشته و نهایتاً منجر به عدم تعادل و ثبات سیستم شده و ساختمان داخلی این اکوسیستم را دگرگون می‌سازد. بدیهی است موجودات و گونه‌های مختلف آبزی که از اصلی‌ترین ارکان این اکوسیستم به شمار می‌روند، تحت تأثیر ورود غیرطبیعی فاضلابها قرار گرفته و حیات آنها در معرض خطر و نابودی واقع می‌شود [۳]. اکولوژی و حساسیت به آلودگی در بسیاری از موجودات مورد استفاده در ارزیابی کیفیت آب حتی در کشورهایی که دارای تجارب تحقیقاتی در زمینه بیولوژی آبهای‌شیرین هستند، به طور کامل شناخته نشده است. اثر آلاینده‌ها با توجه به فصول و مراحل مختلف دوره‌های زندگی آبزیان متفاوت می‌باشد و این در حالی است که ممکن است تغییرات در اندازهٔ جمعیت، متأثر از هیچ آلاینده‌ای نباشد و حاصل رویدادهای طبیعی سیستم باشد [۵].

علیرغم مشکلات بسیار زیاد، مراحل مختلف ارزیابی بیولوژیکی محیط آبی (نمونه‌برداری، شناسایی، تجزیه و تحلیل)، بررسی بیولوژیکی کیفیت آب در تشخیص آلودگیهای وارده بسیار موفقیت‌آمیز بوده و حتی در نشان دادن آلودگیهای جزیی که توسط نمونه‌برداریهای معمول شیمیایی امکان‌پذیر نیست به طور موفقیت آمیزی توفیق حاصل نموده است [۸].

همواره اعتقاد بر این است که به دلیل محدودیتهای زمانی و تنوع گسترده روشهای نمونه‌برداری مورد نیاز برای همه گروههای حیاتی، امکان تحقیق بر روی کل جانداران یک ناحیه مورد نمونه‌برداری امری غیر ممکن می‌باشد. بنابراین یک برنامه بررسی و کنترل می‌بایست بر اساس ارگانیسم‌هایی باشد که بیشترین مناسبت در تهیه و ارائه اطلاعات صحیح در پاسخ به سئوالات مطروحه را داشته باشند. معمولاً از انتخاب یک گونهٔ منفرد نیز به عنوان شاخص کیفیت آب اجتناب می‌شود، زیرا گونه‌های تکی، درجهٔ بالایی از تغییرات موقتی و فاصله‌دار را به علت تغییر در فاکتورهای حیاتی و محل زیست خود نشان داده و موجب اشتباه در تعیین کیفیت آب می‌شوند [۴]. از این گذشته، در استفاده از گونهٔ منفرد دقت بالایی در تشخیص گونه‌ای مشابه که واکنشهای متفاوتی به آلودگی نشان می‌دهد مورد نیاز است.

گونه‌های شاخص، گونه‌هایی هستند که علاوه بر نمایش اثرات شدید آلودگی می‌بایست اثرات جزیی را دقیقاً آشکار سازند [۷]. یک سیستم ارزیابی وسیع یا برنامهٔ نظارتی سیستمهای بیولوژیکی می‌بایست ویژگیهای زیر را دارا باشد:

۱- وجود یا عدم وجود ارگانیسم به جای وابستگی به فاکتورهای اکولوژیکی، می‌بایست تابع کیفیت آب باشد.

۲- سیستم به طور قابل اعتمادی کیفیت آب را ارزیابی کرده و در ساده‌ترین شکل قابل بیان باشد.

۳- ارزیابی می‌بایست بازگوکننده شرایط کیفیت آب در یک دورهٔ زمانی وسیع باشد، نه این که صرفاً شرایط زمان نمونه‌برداری را نشان دهد.

۴- ارزیابی می‌بایست منسوب به محل نمونه‌برداری بوده و از تعمیم آن به تمام رودخانه اجتناب گردد.

۵- نمونه‌برداری، دسته‌بندی، شناسایی و پردازش اطلاعات تا حد امکان با کمترین نفرات و در حداقل زمان صورت پذیرد [۷].

فراوانی تعداد در بعضی ایستگاهها، توزیع گسترده و یک سری اطلاعات مستند اکولوژیکی، از فاکتورهای مهم در انتخاب یک گروه از ارگانیسم‌ها در ارزیابی کیفیت آب است [۶ و ۷].

به طور کلی محققینی که در زمینهٔ ارزیابی آلاینده‌های تخلیه شده به منابع آب فعالیت می‌کنند همواره ترجیح می‌دهند که از شاخهٔ بی‌مهرگان به عنوان شاخص استفاده نمایند که اهم این دلایل به‌طور خلاصه عبارتند از:

۱- روشهای نمونه‌برداری بی‌مهرگان به طور مناسبی توسعه یافته‌اند به طوری که می‌تواند به وسیله یک نفر و به تنهایی انجام گیرد.

۲- کلیدهای تشخیص برای اکثر گروهها موجود است.

۳- اکثریت بی‌مهرگان، بی حرکت و غیر مهاجر می‌باشند.

۴- دورهٔ زندگی نسبتاً طولانی داشته و به همین دلیل می‌توان جهت ارزیابی کیفیت آب در یک محل، به مدت طولانی از آنها استفاده نمود.

۵- این گروه، نامتجانس و متنوع می‌باشند.

۶- بی‌مهرگان عموماً فراوان می‌باشند.

۷- با یک تکنیک و ابزار نمونه‌برداری می‌توان تعداد قابل ملاحظه‌ای از گروهها و گونه‌های این شاخه را صید کرد، به طوری که احتمال این که به دلیل یک تغییر خاص محلی و از بین رفتن یک گونه، در تفسیر نتایج حاصل از ارزیابی ایجاد اشتباه نماید، منتفی می‌باشد [۶].

مواد و روشها

این تحقیق در دو فصل زمستان سال ۱۳۷۴ و بهار ۱۳۷۵، با برداشت ماهانه ۳ نمونه با فواصل زمانی ۱۰ روزه از ۹ ایستگاه که به ترتیب عبارتنداز: پل زمانخان، چم آسمان، زرین‌شهر، فلاورجان، پل وحید، پل چوم، زیار، اژیه و ورزنه انجام گرفت. به دلیل وضعیت فیزیکی رودخانهٔ زاینده‌رود که یکی از رودهای کم عمق محسوب می‌شود، نمونه‌برداری از جریان آب رودخانه توسط روشهای دستی به راحتی امکان‌پذیر می‌باشد. به این دلیل برداشت نمونه از محلهای با عمق متوسط ۵۰سانتی‌متر و سطح مقطع کمتر از ۳۳متر توسط بطریهای شیشه‌ای سر سمباده‌ای انجام گرفت. نمونه‌ها به روش دو تایی[1] در دو نقطه و در عمقهای ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متری زیر سطح آب برداشت شد. پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد اندازه گیری عبارتنداز: درجهٔ حرارت، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول، که توسط دستگاه EC/TDS Meter مدل ۴۴۶۰۰ در محل نمونه‌برداری اندازه گیری شدند. نیترات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر DR-۲۰۰۰ در طول موج ۴۰۰ نانومتر، کدورت به وسیلهٔ دستگاه کدورت سنج‌ها ک[2] مدل ۲۱۰۰A و pH توسط دستگاه الکتریکی مدل CG۷۱۰ ساخت کارخانه اسکات[3] آلمان اندازه گیری شد. اکسیژن محلول، BOD ، COD و فسفات، بر طبق روشهای استاندارد مندرج در کتاب استاندارد متد و با اعمال روشهای مراقبتی در آزمایشگاه تعیین گردیدند. در این تحقیق جهت نمونه‌برداریهای بیولوژیکی، با در نظر گرفتن شرایط رودخانه زاینده‌رود از نمونه‌بردارهای بخش ریفل[4] و به روش نمونه لگدی انجام گردید [۶]. این دستگاه متشکل از یک قاب مربعی به ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵سانتیمتر و یک تور استاندارد (۳۰ مش) به طول تقریباً ۶۰ سانتیمتر است که به لبه‌های قاب متصل شده و یک دستهٔ فلزی یا چوبی به لبهٔ بالایی قاب پیچ شده است و توسط آن فرد نمونه‌بردار قاب را به طرف جریان آب گرفته و بستر بالادست جریان را به هم می‌زند [۲]. در این حالت بی‌مهرگان کف‌زی از محل خود خارج شده و همراه با جریان آب به داخل تور روانه می‌گردند. یکی از محاسن این نوع دستگاهها امکان صید آبزیان غوطه‌ور و متحرک که جزو ارگانیسم‌های حساس به آلودگی طبقه‌بندی شده و در مطالعات کیفیت آب مورد توجه هستند، می‌باشد. مدت زمان لازم هر دور از نمونه‌برداری در این تحقیق ۵ دقیقه بود و نمونه‌ها پس از صید به خارج از آب انتقال یافته و در یک ظرف تشتک مانند ریخته شدند. ابتدا علفها، سنگهای ریز و درشت و سایر اضافات را به دقت جداکرده، سپس کلیهٔ موجودات قابل مشاهده از رسوبات خارج و در دسته‌های مشابه طبقه‌بندی شدند. کرمهای اولیگوچتا را در لاکتوفنل و لاروها، پوره‌ها و سایر ارگانیسم‌های صید شده را در فرمالین ۱۰٪ یا الکل اتیلیک ۷۰٪ قرار داده و به آزمایشگاه حمل و به کمک میکروسکوپ مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند [۱].

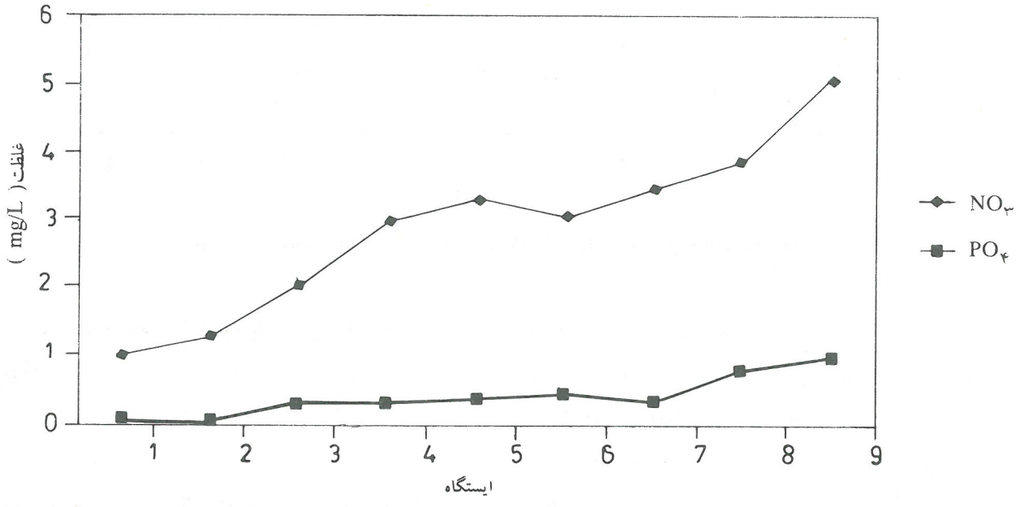
1- Duplicate
2- Hach
3- Schott
4- Riffle

نتایج و بحث

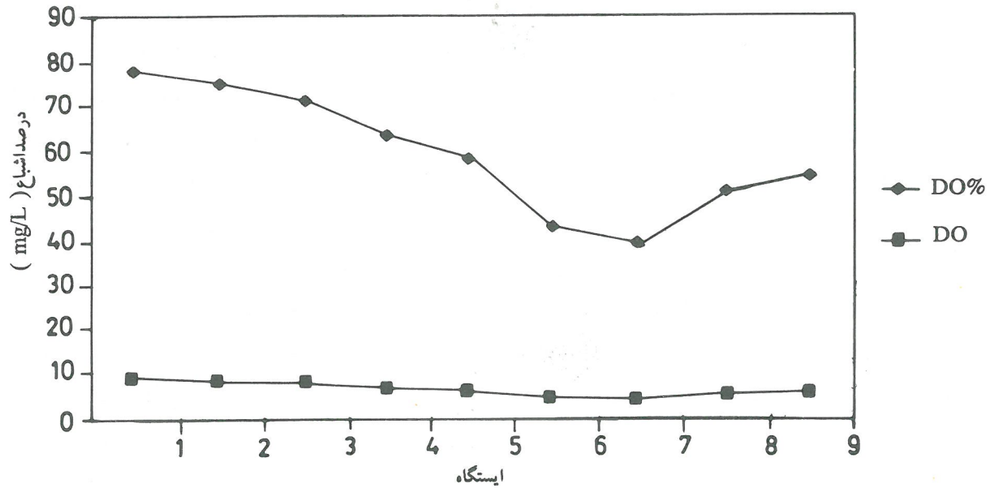
میانگین ششماهه میزان نیترات و فسفات که در نمودار شمارهٔ ۱ نشان داده شده است حاکی از آن است که میزان نیترات به جز در دو ایستگاه ابتدایی، در سایر نواحی، بالا و دارای روند صعودی می‌باشد. این امر مبین آن است که فعالیتهای کشاورزی و انسانی در طول رودخانه از ایستگاه زرین‌شهر تا ورزنه که قسمت انتهایی زاینده‌رود است مرتباً در حال افزایش است. مقادیر فسفات نیز همانند افزایش نیترات در دو ایستگاه انتهایی، نتیجه تخلیهٔ زه‌آبهای حاوی کودهای شیمیایی و سموم فسفره، همچنین تجزیه و فساد جلبکهای انبوه در این نواحی می‌باشد.

نمودار ۲ منحنی تغییرات اکسیژن محلول و درصد اشباع را نشان می‌دهد.

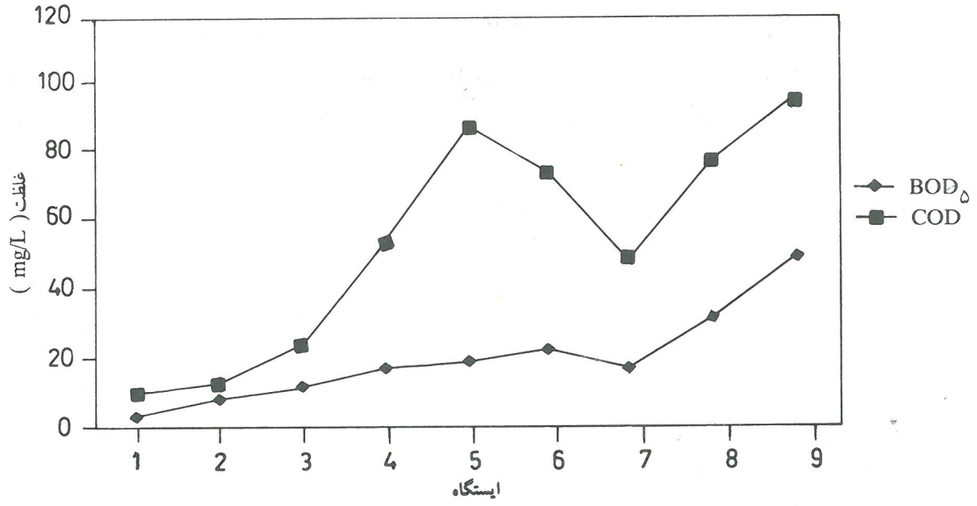
هم چنان که مشاهده می‌شود، تغییرات اکسیژن محلول از ایستگاه اول تا پنجم ناچیز می‌باشد اما در دو ایستگاه بعدی کاهش شدید در اکسیژن محلول و درصد اشباع مشاهده می‌شود که به واسطهٔ تخلیهٔ پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان و سایر فاضلابهای ناحیهٔ مذکور می‌باشد. سپس آهنگ افزایش اکسیژن محلول در دو ایستگاه انتهایی بهبود یافته که می‌تواند



نمودار ۱- میانگین تغییرات ششماهه نیترات و فسفات در طول رودخانه زاینده‌رود



نمودار ۲- میانگین تغییرات ششماهه اکسیژن محلول و درصد اشباع آن در طول رودخانهٔ زاینده‌رود



نمودار ۳- میانگین تغییرات ششماهه COD و BOD_5 در طول رودخانهٔ زاینده‌رود

ناشی از افزایش سطح، کاهش ارتفاع و پایان مرحلهٔ تجزیه و فساد مواد آلی باشد. با این وصف میزان درصد اشباع اکسیژن کماکان نزدیک به ۵۰٪ می‌باشد که این امر نشان‌دهندهٔ وضعیت ضعیف در این نواحی است.

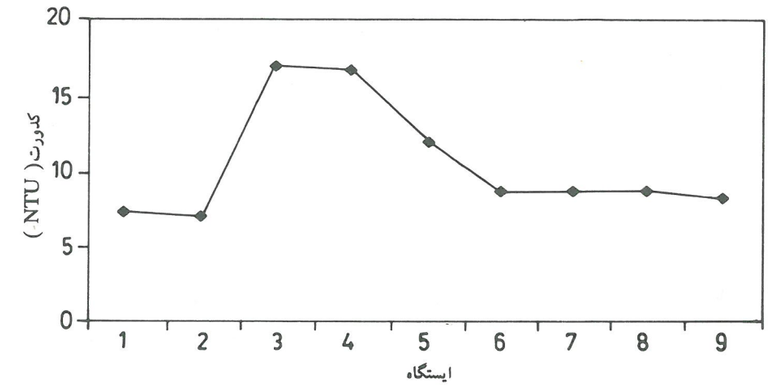
میزان تغییرات BOD_5 و COD در طول رودخانه در نمودار شمارهٔ ۳ نمایش داده شده است. این تغییرات حکایت از آن دارد که وضعیت آب در ۳ ایستگاه ابتدایی عالی بوده لیکن از ایستگاه شمارهٔ ۳ به واسطهٔ ورود پساب و زه‌آبهای حاوی فنل تصفیه‌خانه ذوب‌آهن و اراضی پایین‌دست زرین‌شهر، افزایش قابل توجهی در مقادیر این دو پارامتر، به ویژه COD، مشاهده می‌شود. متأسفانه وضعیت تخلیه آلاینده‌ها به ویژه مواد آلی در نواحی میانی و پایین‌دست و تفاوت فاحش مقادیر BOD_5 و COD نشان‌دهندهٔ آن است که مقدار زیادی از مواد آلی به صورت غیر قابل تجزیه بیولوژیکی می‌باشد. این امر نهایتاً

موجب تجمع رسوبات آلی در رودخانه و باتلاق گاوخونی می‌گردد.

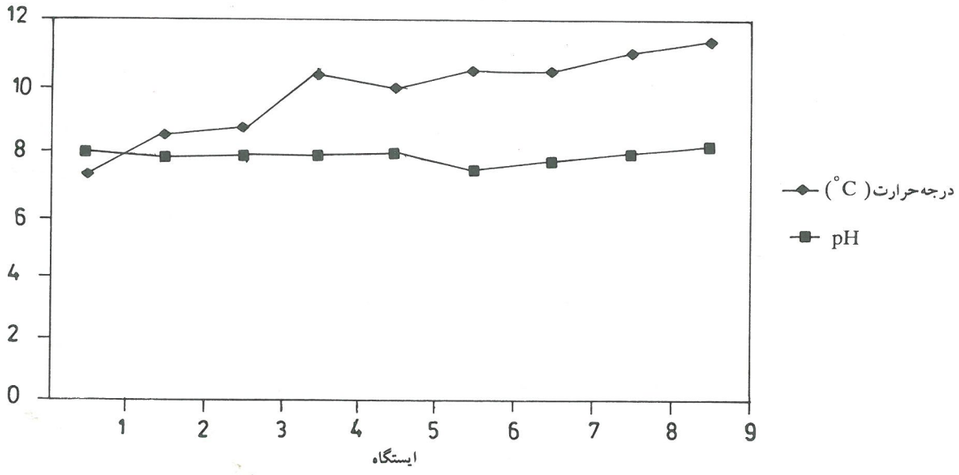
نمودار شمارهٔ ۴ میزان تغییرات کدورت در طول رودخانه را نشان می‌دهد. این تغییرات در ایستگاههای بالادست و میانی دارای نوسانات زیادی بوده که به تدریج در ایستگاههای پایین‌دست کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته است.

در توجیه علل این نوسانات می‌توان چنین اظهار نمود که به دلیل وقوع بارندگیهای زیاد در فصول زمستان و بهار، هم چنین واقع بودن رودخانه در کنار سراشیبهای تند و عدم امکان ته‌نشینی مواد به واسطهٔ اختلاط جریانهای آبی، میزان کدورت در زمانهای نمونه‌برداری بالا بوده که از ایستگاه شماره ۵ (پل وحید) به دلیل عدم وجود مسائل فوق و هم چنین افزایش سطح نسبت به عمق که منجر به کاهش سرعت آب گردیده است میزان کدورت کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته است.

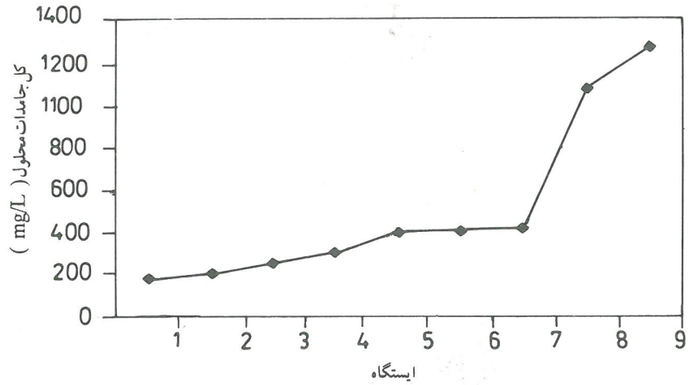
هدایت الکتریکی و جامدات محلول نیز در ایستگاه اول دارای کمترین مقدار بوده که به تدریج افزایش یافته و در ایستگاه نهم به بالاترین حد خود می‌رسد. روند افزایش این دو پارامتر هماهنگ با pH در ایستگاههای بالادست، تدریجی و جزیی بوده به نحوی که در ایستگاه ۶ و ۷ به دلیل ورود پسابهای تصفیه‌خانه جنوب، کاهش مختصری یافته است؛ آن‌گاه با افزایش شدید این پارامترها در ۳ ایستگاه انتهایی که ناشی از ورود زه کشهای سگزی و فارفان در این نواحی است، مواجه می‌شویم.



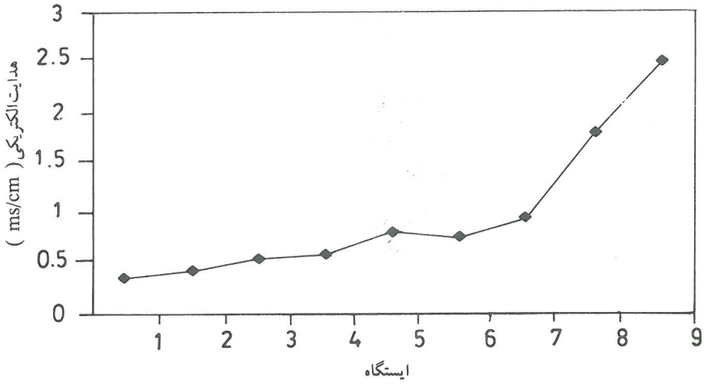
نمودار ۴- میانگین تغییرات ششماهه کدورت در طول رودخانهٔ زاینده‌رود



نمودار ۵- میانگین تغییرات ششماهه درجهٔ حرارت و pH در طول رودخانهٔ زاینده‌رود



نمودار ۶- میانگین تغییرات ششماهه کل جامدات محلول در طول رودخانهٔ زاینده‌رود



نمودار ۷- میانگین تغییرات ششماهه هدایت الکتریکی در طول رودخانهٔ زاینده‌رود

نمودار تغییرات ششماهه pH حاکی از آن است که آب زاینده‌رود در مجموع قلیایی بوده و از ایستگاه شمارهٔ ۱ تا ۵این تغییرات نامنظم می‌باشد. در بین دو ایستگاه ۵ و ۶ کاهش شدیدی در pH مشاهده می‌شود که این امر ناشی از تخلیهٔ پسابهای تصفیه‌خانهٔ جنوب در این قسمت است. میزان pH به تدریج در ایستگاههای بعدی افزایش یافته و در ایستگاه ورزنه به بالاترین حد خود یعنی ۸/۱ می‌رسد.

این افزایش علت طبیعی داشته و ناشی از نوع و ترکیب شیمیایی خاک منطقه می‌باشد. با توجه به نمودار شمارهٔ ۷ مسلماً تغییرات درجهٔ حرارت در طول مسیر از سرچشمه تا انتهای رودخانه رو به افزایش می‌باشد. حداقل درجهٔ حرارت در زمستان ۵/۱ سانتیگراد مربوط به ایستگاه پل زمانخان و حداکثر آن ۱۱/۸ سانتیگراد مربوط به ایستگاهٔ شماره ۴ (فلاورجان) می‌باشد.

با توجه به نتایج و اطلاعات حاصل از نمونه‌برداریهای بیولوژیکی (جدول شمارهٔ ۱) در طول رودخانهٔ زاینده‌رود در کل، تعداد ۲۴ خانواده از راسته‌های مختلف بی‌مهرگان شناسایی شدند. این نمونه‌برداریها حکایت از آن دارد که حشرات در این ایستگاهها (به استثنای ایستگاه شمارهٔ ۶) موجودات غالب بوده، که معمولاً نمایشگر شرایط نسبتاً خوب آبهای جاری است. بیشترین درصد حشرات نیز از راستهٔ دو بالان خانواده کایرونومیده (پشه‌های ریز) که متداولترین موجودات سیستم آب روان هستند به تعداد زیاد و متنوع در کلیهٔ نقاط زاینده‌رود دیده می‌شوند..

به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که ایستگاههای بالادست رودخانه (ایستگاههای شمارهٔ ۱ و ۲) دارای تنوع موجودات به ویژه بهاره‌ها و یک‌روزه‌ها و سخت‌پوستان که شاخص آبهای پاک و غنی از اکسیژن است، می‌باشند و بالاترین

نمره شاخص حیاتی ترنت و شاخص حیاتی چاندلر را دریافت کرده و جزو مناطق اولیگوساپروبیک [1] طبقه‌بندی شده‌اند. لذا دارای بهترین کیفیت و شرایط بوده و هماهنگی کاملی میان شاخصهای بیولوژیکی و پارامترهای فیزیکوشیمیایی مشاهده می‌شود (جدول ۲).

در مناطق میانی رودخانه یعنی ایستگاههای ۳، ۴ و ۵ کاهش در تنوع موجودات قابل مشاهده بوده و این امر هم چنان که از نتایج فیزیکوشیمیایی نیز مشاهده می‌گردد، تأثیر پسابهای وارده از فعالیتهای کشاورزی، صنعتی و انسانی است که موجب تنزل کیفیت این نواحی گشته و جزو مناطق ساپروبیک طبقه‌بندی می‌شوند.

در ایستگاههای پایین‌دست رودخانه یعنی ایستگاههای ۶، ۷، ۸ و ۹ که قسمت خروجی شهر اصفهان تا باتلاق گاوخونی را شامل شده است، شرایط کیفی چه از نظر فیزیکوشیمیایی و چه از نظر بیولوژیکی به گونه‌ای است که موجب اختلال در اکوسیستم طبیعی رودخانه شده است. به این ترتیب که در ایستگاههای ۶ و ۷ که اولیگوچتا (کم تاران) جانوران غالب در این منطقه هستند، کمترین مقدار شاخص حیاتی ترنت و شاخص حیاتی چاندلر را به خود اختصاص داده و بر طبق سیستم ساپروبیتی [2]، پلی‌ساپروبیک [3] یعنی شدیداً آلوده شناخته می‌شوند. در این دو ایستگاه از راستهٔ دو بالان نیز گونه‌هایی مشاهده می‌شوند که احتمالاً از انواع مقاوم به آلودگی بوده و از ایستگاه ۷ الی ۹ به تعداد آنها اضافه می‌شود. در این مناطق هم چنان که در جدول شمارهٔ ۱ دیده می‌شود کاهش در تنوع گونه‌ها اما افزایش در تعداد آنها به وضوح قابل رویت است.

در راستای این تحقیق با به کارگیری شاخصهای اروپایی - آمریکایی و عدم تطابق کامل آنها با وضعیت زاینده‌رود نیاز به ایجاد شاخصهای مخصوص رودخانه‌ها و سایر جریانهای سطحی کشور احساس می‌شود که این امر مستلزم شناسایی کامل گونه‌های جانوران آبزی مناطق مختلف کشور توسط گروههای تخصصی زیست‌شناسی می‌باشد.

1- Oligosaprobic 2- Saprobity
3- Polysaprobic

ایستگاههای ۶ و ۷ که اولیگوچتا (کم تاران) جانوران غالب در

جدول ۱: فهرست پراکندگی بی‌مهرگان کف‌زی ایستگاههای ۱ تا ۹ رودخانه زاینده‌رود (زمستان ۷۴ و بهار ۷۵)

شاخه	رده/راسته	خانواده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
بندپایان (Arthropoda)	بهاره‌ها (Plecoptera)	Nemouridae	×								
		Perlidae	×								
	یکروزه‌ها (Ephemeroptera)	Baetidae		×	×	×			×	×	×
		Potamanthidae	×	×	×	×	×				
		Ecdyonouridae	×	×	×		×			×	×
		Caenidae	×	×	×	×					
	موی‌بالان (Trichoptera)	Hydrotilidae	×	×							
		Hydropsychidae	×	×	×	×					
	نیم‌بالان (Hemiptera)	Gerridae	×								
	طیاره‌مانندها (Odonata)	Ashnidae		×	×	×	×				
		Lestidae		×	×				×	×	×
	قاب‌بالان (Coleoptera)	Gyrinidae			×	×	×		×	×	×
	دوبالان (Diptera)	Ceratapogonidae		×	×				×	×	×
		Chironomidae	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		Simulidae	×		×					×	×
	سخت‌پوستان (Crustacea)	Gammaridae	×	×	×	×	×				
کرمهای پهن (Platy Helminths)	کرمهای نواری (Turbellaria)	Planariidae		×	×			×			
حلقویان (Annelida)	کم‌تاران (Oligochaeta)	Naididae				×	×	×	×	×	
		Tubificidae				×	×	×	×	×	
	زالوها (hirudinea)	Glossiphoniidae						×	×	×	×
		Erpobdellidae	×	×	×						
نرم‌تنان (Mollusca)	شکم‌پایان (Gastropode)	Hydrobiildae	×				×				
		Physidaa					×	×	×	×	
		Limnaeidae				×	×	×	×	×	×

جدول ۲: اطلاعات کیفی و مقایسه شاخصهای بیولوژیکی رودخانهٔ زاینده‌رود.

ایستگاه	تعدادگروههای موجود	درصدحشرات	شاخص حیاتی ترنت (TBI)	شاخص حیاتی چاندلر (CBS)	طبقه رودخانه
۱	۱۴	۷۷/۷	۸	۷۶۹	O
۲	۱۳	۷۵	۸	۶۳۷	O
۳	۱۳	۸۰	۷	۶۲۶	B
۴	۱۱	۵۵/۵	۶	۴۹۸	B
۵	۱۲	۳۰	۵	۴۴۲	B
۶	۶	۲۰	۳	۱۵۳	P
۷	۱۱	۵۰	۵	۳۷۱	P
۸	۱۲	۶۶/۵	۵	۴۲۱	a
۹	۹	۷۰	۶	۴۵۰	B

O= الیگوساپروبیک
a= آلفامزوساپروبیک
B= بتامزوساپروبیک
P= پلی ساپروبیک

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که رودخانه زاینده‌رود دارای انواع مختلف گونه‌های جانوری است و در بین آنها حشرات، جانوران غالب می‌باشند. تنوع و فراوانی گونه‌های جانوری در ایستگاههای بالادست رودخانه به مراتب از ایستگاههای میانی و پایین‌دست رودخانه بیشتر است و این موضوع نشان‌دهندهٔ کیفیت بهتر رودخانه می‌باشد. استفاده از شاخصهای بیولوژیکی آمریکایی و اروپایی جهت تعیین کیفی آب رودخانه‌ها و آبهای سطحی کشور خالی از اشکال نیست و لازم است نسبت به ارائه شاخصهای کشوری اقدام نمود. این امر مستلزم شناسایی کامل گونه‌های جانوری آبزی مناطق مختلف کشور می‌باشد.

منابع و مراجع

۱- نعیم، ع.، ۱۳۶۱، جمع آوری، نگاهداری و مطالعهٔ حشرات، وزارت کشاورزی.

2- APHA., (1989). " *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* ", 17th ed.

3- Coler, R. A., and Rockwood, J.P. (1984). " *Water Pollution Biology* ", University of Massachusetts at Amherest.

4- Dings, R. (1982). " *Natural System for Water Pollution Control* ", McGraw - Hill, Inc., N.Y.

5- Hawkes, H.A. (1979). " *Chapter 2, In: James and Evison (ed.) Biological Indicators and Water Quality* " John Wiley & Sons, Chichester.

6- Mason, C.F. (1981). " *Biology of Freshwater Pollution* ", Longman Scientific & Technical.

7- Thomas, W. A. (1985). " *Indicators of Environmental Quality* ", American Bar Foundation, Chicago, Illinois.

8- Welch, E.B. (1980). " *Ecological Effects of Wastewater* ", Cambridge University Press, Cambridge.