

برآورد شاخص‌های زیستی و کیفی آب رودخانه چشمه کیله تنکابن با استفاده از جوامع درشت بی مهرگان کفزی و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب

روح‌الله عباسپور*، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، ایران.
مسعود هدایتی فرد، استادیار گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، ایران.
حمیدرضا علیزاده ثابت، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات ماهیان سردابی کشور، تنکابن، ایران.
حسن حسن زاده، استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، ایران.
جواد مسگران کریمی، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، ایران.

E-mail*: Roholla.Abbaspour@Gmail.com

دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۰ - پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۲

چکیده

ماکرو بنتوزها به عنوان یک شاخص زیستی بیان‌کننده شرایط حاکم بر محیط زندگی خود هستند و از سوی دیگر در رژیم غذایی ماهیان رودخانه‌ای و همچنین ماهیان رودکوج دریایی نقش به‌سزایی دارند. در پژوهش حاضر به بررسی کیفی آب رودخانه چشمه کیله با استفاده از شاخص‌های جمعیتی درشت بی مهرگان کفزی در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در چهار ایستگاه و طی دوازده نوبت نمونه برداری با سوربیر سطح ۰/۱ متر مربع و در سه تکرار صورت گرفت. در بررسی کفزیان رودخانه ۴۷ خانواده متعلق به ۱۵ راسته و شش رده شناسایی شد که در میان آنها لارو حشرات آبی بیشترین تنوع را داشته‌اند. همزمان با نمونه برداری از فون بنتیک برخی از فاکتورهای فیزیکی شیمیایی نظیر دمای آب و هوا، DO، pH، TDS، BOD₅، TSS و EC در ایستگاه‌ها اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که حداکثر میانگین سالانه فراوانی راسته‌های بیمهرگان کفزی در ایستگاه‌های ۱ و ۲ بترتیب مربوط به راسته‌های Diptera، Ephemeroptera، Trichoptera و در ایستگاه‌های ۳ و ۴ مربوط به راسته‌های Diptera، Ephemeroptera، Oligochaeta (راسته‌های Tubificida، Lmbricida، Lumbriculida، Haplotaxida) (راسته‌های ASPT، BMWP، EPT/CH، EPT% مارگالف و شانون وینر، مربوط به ایستگاه ۱ و پایین‌ترین امتیاز مربوط به ایستگاه ۴ اختصاص داده شده است. برطبق نتایج بدست آمده، در طول سال، کیفیت آب از ایستگاه ۱ تا ایستگاه ۳ (ایستگاه‌های بالادست تا میانه) بسیار خوب تا متوسط بود. اما کیفیت آب در ایستگاه ۴ در پایین دست، کیفیت نسبتاًضعیفی را در طول سال نشان داد. بنابراین تغییرات و استرس‌های موجود در مسیر رودخانه بخصوص پساب مناطق مسکونی در ترکیب جمعیت کفزیان ایجاد تغییر نموده و فراوانی گروه‌های مقاوم و فیلترگر افزایش یافته و از مقدار گروه‌های حساس به‌طور نسبی کاسته شده است.

واژه‌های کلیدی: رودخانه چشمه کیله، شاخص‌های زیستی، ماکروبتوز، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب، کیفیت آب.

۱- مقدمه

فشارهای احتمالی وارده از محیط اطراف نیز باشد (Sandin, 2003). با توجه به توسعه مناطق شهری و روستائی واحدهای صنعتی و معدنی و اراضی کشاورزی

بررسی نهرها و رودخانه‌ها که در واقع به عنوان سیستم گردش خون عمل می‌کند، نه تنها در تشخیص سلامت اکوسیستم‌ها مهم می‌باشد، بلکه می‌تواند نشانگر

ارزیابی بوم شناختی اکوسیستم های آبی مورد توجه قرار می گیرند. از جمله این ویژگی ها می توان به موارد زیر اشاره کرد (Spelman and Drinan, 2001).

۱- غنای گونه ای بالایی داشته که عکس العمل های متفاوتی را در قبال عوامل محیطی از خود نشان می دهند.
 ۲- ساکن می باشند، بنابراین با توجه به وجود یا عدم وجود آنها امکان تعیین حدود آشفستگی ها وجود دارد.
 ۳- چرخه زندگی طولانی دارند، بنابراین امکان بررسی اثر زمانی عوامل آشفستگی را میسر می کند.

۴- تغییرات محیطی را به صورت دوره ایی نمایش می دهند، یعنی برخلاف اندازه گیری های فیزیکی و شیمیایی، بی مهرگان کفزی فقط گویای وضعیت زمان نمونه برداری نیستند.

انواع جانداران نهرها و رودخانه ها در شرایط معین کیفیت آب قادر به حیات می باشند. زمانی که شرایط تغییر می کند، مثلاً وقتی یک رودخانه مقادیر قابل توجهی از آلودگی را دریافت می کنند، فراوانی و توزیع و ترکیب جمعیت موجودات آبری در منطقه مورد اثر تغییر می کند. در واقع شاخص های زیستی راهی جهت نمایش وضعیت اکولوژیکی منابع آبی هستند که براساس جمعیت بی مهرگان کفزی و دامنه تحمل آنها به آلودگی می باشد (Spelman and Drinan, 2001). از شاخص هایی که به عنوان نماد موجودات حساس و مقاوم نسبت به تنش های محیطی مطرح هستند، شاخص EPT/CHIR و EPT می باشد. در مجموع مقدار این نسبت با افزایش کیفیت زیستگاه افزایش می یابد (Fries and Bowles, 2002). شاخص ASPT و BMWP در کشور انگلستان از بهترین معرف ها در برخورد با کیفیت های مختلف آب است که هر چه مقدار به دست آمده بیشتر باشد نشانه پاکتر بودن آب خواهد بود (Washington, 1984). مطالعات بیولوژیکی مختلفی توسط محققان بر روی رودخانه های ایران و خارج از کشور انجام شده است. از مطالعات داخلی می توان به برآورد زیتوده رودخانه ای آغشت و کردان (احمدی و

مسئله آلودگی محیط زیست اهمیت بیشتری پیدا می کند. برای آنکه بتوان به آلودگی نهرها پی برد و اینکه کدام روش برای مشخص کردن آب آلوده و غیر آلوده موثر و مناسب است راه های گوناگونی وجود دارد. یک راه این است که از طریق اندازه گیری عوامل فیزیکی و شیمیایی مانند pH, DO, TSS, BOD و غیره به کیفیت آب پی ببریم (Karr, 1998). راه دیگر که در چند دهه اخیر بر کارایی آن نیز تاکید شده است و از موثرترین روش های عملی و به صرفه اقتصادی جهت تعیین سلامت اکولوژیکی آنها و تعیین اینکه آیا فعالیت های انسانی موجب کاهش کیفیت آبها می شود، ارزیابی و پایش بیولوژیکی می باشد (Lental, 1993). مطالعه و بررسی آلودگی از نقطه نظر بیولوژیکی به عنوان مکمل بررسی های فیزیکی شیمیایی دارای اهمیت ویژه ای می باشد. مطالعه آبها و شناسایی آلودگی رودها تنها با روش های رایج سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب کافی نیست زیرا فقط اطلاعاتی را در زمان نمونه برداری به ما می دهد (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱). بی مهرگان کفزی شاخص های خوبی برای نشان دادن تغییرات در زیستگاه های آبی به حساب می آیند. زیرا آنها به تغییرات فیزیکی (عمق، سرعت، اندازه بستر، کیفیت آب) فوق العاده حساس می باشند. به عبارت دیگر آنها شاخص های ساختار و عملکرد یک اکوسیستم آبی می باشند (Roni and Lierman, 2005 Rosenberg and Resh, 1993). همچنین این موجودات، جزئی از زنجیره غذایی زیستگاه های آبی بوده که نیاز غذایی بسیاری از گونه های آبری بویژه ماهیان را برآورده می نمایند و بدین ترتیب در چرخه انرژی و مواد غذایی اثر می گذارند. موجودات کفزی باعث معدنی شدن مواد آلی شده و همچنین به عنوان دومین یا سومین سطح غذایی مورد استفاده سایر آبزیان قرار گرفته و می توانند به عنوان نمایه ای از میزان کل تولیدات محسوب شوند (نظامی و خارا، ۱۳۸۴). این جانداران به دلیل داشتن خصوصیات خاص، بیش از دیگر جانداران آبری (ماهیان و جلبک ها) در

عنوان یک زیستگاه بسیار مهم و با ارزش برای مهاجرت و زاد آوری گونه های با ارزش شیلاتی نظیر ماهی آزاد (*Salmo trutta caspius*) و ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) از اهمیت بسیار بالائی برخوردار بوده است. این رودخانه از رودخانه های مهم حوزه آبریز دریای خزر بوده و در شهرستان تنکابن قرار دارد. دو شاخه اصلی آن بنام های دوهزار و سه هزار ترکیب یافته است که از ارتفاعات بلند تخت سلیمان، الموت و خشچال سرچشمه می گیرند (شکل ۱). رودخانه سه هزار از جمله رودخانه های پرآب و بزرگی یوده که پس از تلاقی با رودخانه های دوهزار و ولمرود، رودخانه چشمه کيله را بوجود می آورد. رودخانه چشمه کيله دارای آب دائمی است و یستر آن تا نزدیکی دریا دارای شیب تند و سنگلاخی می باشد. طول رودخانه ۸۰ کیلومتر یوده و وسعت حوزه آبریز آن حدود ۱۳۵۰ کیلومتر مربع می باشد که قسمت اعظم آن کوهستانی، مرتفع و پوشیده از جنگل و دارای ژریم بارانی و برفی است.

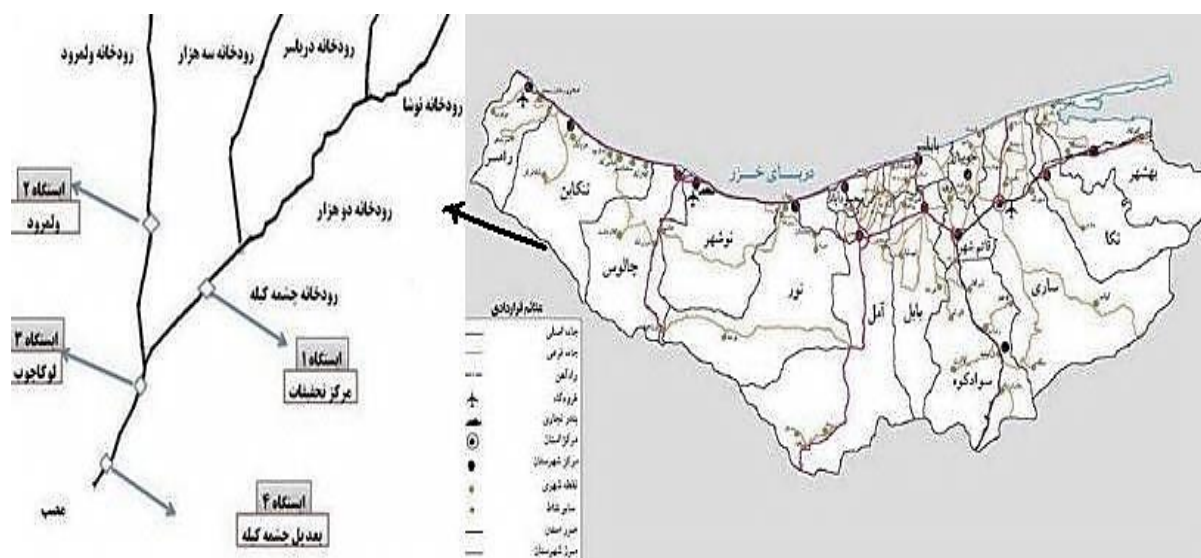
در پژوهش حاضر به بررسی مقایسه شاخص های زیستی و تنوع درشت بی مهرگان کفزی در ارزیابی کیفی رودخانه چشمه کيله تنکابن صورت گرفت. نمونه برداری بمدت یکسال به صورت ماهانه (۱۲ ماه از مهر ۱۳۸۹ لغایت شهریور ۱۳۹۰) در چهار ایستگاه (جدول ۱) توسط نمونه بردار سوربر با سطح ۰/۱ متر مربع در سه تکرار به صورت تصادفی از حاشیه و وسط رودخانه انجام گرفت و آن ها را با فرمالین ۴٪ فیکس و به آزمایشگاه منتقل می کنیم (Barbour et al, 1999). در ابتدا محتویات داخل دبه های پلاستیکی را به داخل الک ۵۰۰ میکرون تخلیه نموده و جهت زدودن کامل بوی فرمالین و هیدراته شدن جانوران کفزی و جلوگیری از شناوری آن ها بر روی سطح آب الک محتوی نمونه را به مدت ۵ الی ۱۵ دقیقه در داخل تشت آب باقی گذاریم (Plafkin et al, 1989). سپس نمونه را به داخل پلیت های شیشه ای حاوی آب مقطر انتقال داده و با استفاده از لوپ و در زیر نور جداسازی صورت گرفت و با استفاده از کلیدهای

همکاران، ۱۳۷۹)، ارزیابی میزان آلودگی و کیفیت آب چشمه های استان فارس با استفاده از فون حشرات آبی کفزی که نتایج آن از عالی تا نسبتا بد و خیلی بد برآورد شد (حافظیه، ۱۳۸۰)، ارزیابی رودخانه چافرود در شمال ایران (استان گیلان) را بر اساس ساختار جمعیت بزرگ بی مهرگان آبی (قانع ساسان سرایی، ۱۳۸۳)، ارزیابی شاخص زیستی آلودگی و فون کفزیان نهر مادرسو پارک ملی گلستان (۷) نام برد و از مطالعات خارجی میتوان به اثرات پساب مزارع پرورش ماهی بر روی رودخانه ترسنجیکا (Zivic et al, 2009)، ارزیابی آلودگی مزارع ماهی قزل آلا با معیارهای بیولوژیکی و شاخص های مبتنی بر درشت بی مهرگان کفزی (Camargo et al, 2010) و ارزیابی درشت بی مهرگان کفزی در پاسخ به فعالیت های انسانی نام برد. (Fore et al, 1996).

رودخانه چشمه کيله تنکابن و سرشاخه های آن به عنوان یک منطقه استراتژیک و حساس شیلاتی از نیم قرن گذشته مطرح بوده و علت این توجه و ملاحظات قانونی به استناد قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست وجود زیرگونه ارزشمند از ماهیان به نام ماهی آزاد دریای کاسپین با نام علمی *Salmo trutta caspius* می باشد. فعالیت های تولیدی کارگاه های پرورش ماهی متعدد و فعالیت های انسانی ناشی از برداشت بی رویه شن و ماسه، آلودگی شهری، آلودگی صنعتی، آلودگی کشاورزی و روستائی تغییر در شرایط طبیعی رودخانه چشمه کيله بوجود آورده است. همه این عوامل از جمله دلایل انجام این مطالعه بوده است تا با بررسی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و شناسایی گونه های بنتوزی در ایستگاه های مختلف در طول سال، تعیین شاخص زیستی هر ایستگاه و در نهایت کل رودخانه و ارزیابی کیفی بر اساس جوامع کفزیان باشد.

۲- مواد و روش ها

رودخانه چشمه کيله در حوزه جنوبی دریای مازندران به



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه چشمه کیهل تنکابن بر روی نقشه

جدول ۱. موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	جنس بستر
۱	مرکز تحقیقات	۳۵۲	۰۵۰° ۵۰' ۰۵/۵"	۳۶° ۴۱' ۱۸/۹"	سنگلاخی
۲	ولمرود	۱۷۴	۰۵۰° ۵۱' ۰۰/۳"	۳۶° ۴۴' ۳۶/۵"	رسی - شنی
۳	لوکاجوب	۹۷	۰۵۰° ۴۹' ۳۰/۶"	۳۶° ۴۶' ۰۷/۶"	سنگلاخی - شنی
۴	بعد پل چشمه کیهل	-۱۰	۰۵۰° ۵۲' ۴۵/۷"	۳۶° ۴۹' ۰۵/۸"	شنی ماسه‌ای

شناسایی معتبر
 میلی‌گرم وزن شد و داده‌ها در جدول مربوطه ثبت گردید. متغیرهای فیزیکی شیمیایی مورد آزمایش در این مطالعه با توجه به هدف و امکانات، شامل دما با استفاده از ترمومتر استاندارد، TSS, TDS و DO با روش استاندارد و دما، EC و pH با دستگاه مولتی متر با مدل WTW340i و BOD₅ با استفاده از روش وینکلر (تیتراسیون) بلافاصله بعد از اتمام نمونه برداری در آزمایشگاه صورت گرفت. ارتفاع از سطح دریا با استفاده از دستگاه GPS با دقت یک متر مورد محاسبه قرار گرفت. برای تعیین دبی از روش جسم شناور استفاده شد. اطلاعات بدست آمده پس از جداسازی و شمارش بصورت سنجش‌های جمعیتی با شاخص‌های EPT/ CHIR و EPT برای ایستگاه‌های

(Hugh and Clifford, 1991; Maccafferty and Robert, 1978; Provonsha, 1981; Pennak and Usinger, 1963)

شناسایی، تا حد امکان صورت گرفت و پس از شمارش خانواده‌های شناسایی شده کفزیان، اقدام به محاسبه شاخص‌های زیستی و تنوع بر طبق الگوی استاندارد شاخص‌های انتخابی و ثبت نتایج به دست آمده شد.

برای تعیین بیوماس کفزیان در ایستگاه‌های مطالعاتی بر اساس وزن تر آن‌ها نمونه‌های مربوط به هر ایستگاه به مدت چند دقیقه در فضای آزمایشگاه بر روی کاغذ خشک کن قرار داده شد (احمدی، ۱۳۷۹) و سپس اوزان مربوط به هر خانواده با استفاده از ترازوی حساس ۱

(Hilsenhoff, 1988) :

$$\text{Hilsenhoff Family Biotic Index; HFBI} = \frac{\sum[(\text{Tv})n]}{N}$$

n = تعداد افراد در یک تاکسون (خانواده)؛

Tv = میزان تحمل برای هر تاکسون (خانواده)؛

N = تعداد کل موجودات جمع آوری شده در نمونه.

شاخص تنوع شانون وینر به عنوان یکی از مرسوم ترین شاخص های زیستی در اکوسیستم های آبی و خشکی استفاده می گردد. شاخص شانون تنوع گونه های را که به صورت تصادفی نمونه برداری شده است را تعیین می کند. تعداد بیشتر گونه ها و توزیع بیشتر آن ها در هر ایستگاه سبب افزایش تنوع می گردد. که با H' نمایش داده می شود و بر اساس فرمول زیر محاسبه می گردد (Washington, 1984).

$$H' = - \sum_i^n \left(\frac{n_i}{n}\right) \ln \left(\frac{n_i}{n}\right)$$

n_i = فراوانی افراد گونه i ام در نمونه؛

\ln = لگاریتم پایه نپرین؛

n = فراوانی کل افراد گونه ها در نمونه؛

H' = شاخص تنوع گونه های شانون - وینر.

شاخص مارگالف نشان دهنده تنوع در جمعیت های زیستی و شاخص ایده آلی برای مقایسه اجتماعات کفزی می باشد و میزان غنی و فقیر بودن اکوسیستم را از لحاظ تعداد گونه ها ارائه می دهد. هر چه مقدار عددی آن بیشتر باشد، بدنه آبی به لحاظ زیستی از سلامت بالاتری برخوردار می باشد (Washington, 1984).

$$D = \frac{S - 1}{\ln N}$$

N = تعداد افراد گونه ها؛

S = تعداد گونه ها.

تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS با ویرایش ۱۶ انجام شد. در این نرم افزار به منظور بررسی اختلاف معنی دار داده های فیزیکی و شیمیایی و شاخص های زیستی در بین ایستگاه ها از آنالیز واریانس یکطرفه استفاده شد. جهت بررسی اختلاف

مختلف محاسبه گردید. شاخص EPT کل خانواده های شناسایی شده، متعلق به راسته های Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera واقع راسته های حساس به آلودگی به شمار می روند (Loch et al, 1996).

متداولترین شاخص زیستی مورد استفاده شده در کشور انگلستان BMWP می باشد. کلیه موجودات تا سطح خانواده مورد شناسایی قرار گرفته و نیازی به تعیین فراوانی موجودات نمی باشد. به هر خانواده یک نمره تعلق می گیرد و بر اساس میزان مقاومت نسبت آلودگی نمره اختصاص یافته بیشتر می شود. در نهایت جمع نمره های انفرادی بدست آمده می توان کیفیت آب را نشان دهد. بطوریکه در طبقه بندی کیفیت آب بر اساس نمره های شاخص BMWP، امتیاز کمتر از ۲۵ کیفیت آب کم، بین ۲۶-۵۰ متوسط، بین ۵۱-۱۰۰ خوب، بین ۱۰۱-۱۵۰ خیلی خوب، و بیشتر از ۱۵۰ کیفیت آب را استثنایی نشان می دهد (Washington, 1984). شاخص ASPT بر اساس تقسیم مقادیر شاخص BMWP بر تعداد موجودات به دست می آید. از ویژگی های این شاخص آنست که بر خلاف شاخص BMWP که با افزایش تنوع و اندازه نمونه افزایش یافته و با تغییر فصل تغییر می کند، شاخص ASPT به میزان زیادی مستقل از این عوامل بوده و می تواند کیفیت آب را بهتر اندازه گیری کند (Washington, 1984). بر اساس طبقه بندی کیفیت آب طبق شاخص ASPT، مقادیر عددی بیشتر از ۶ در طبقه کیفی عدم وجود آلودگی آب، بین ۶-۵ احتمال وجود آلودگی آلی جزئی، بین ۵-۴ آلودگی آلی متوسط و کوچکتر از ۴، آلودگی آلی شدید تقسیم بندی می شود (Mandaville, 2002). شاخص HFBI توسط دکتر هیلسنهوف از دانشگاه ویسکانسین آمریکا بنیان نهاده شد و یک تکنیک ارزیابی سریع زیستی بر مبنای سطح خانواده بوده که آشکار سازی و تشخیص دقیق تر میزان تخریب و آلودگی را ممکن می سازد (جدول ۲). فرمول موجود برای محاسبه شاخص زیستی بدین شرح است

جدول ۲. ارزیابی کیفیت آب به وسیله شاخص زیستی هیلسنهوف (HBI) در سطح خانواده

میزان آلودگی آلی (Degree of Organic Pollution)	کیفیت آب (Water Quality)	میزان آلودگی آلی (Degree of Organic Pollution)
۰/۰۰-۳/۷۵	عالی	عدم وجود مواد آلی
۳/۷۶-۴/۲۵	بسیار خوب	مواد آلی جزئی
۴/۲۶-۵/۰۰	خوب	مقداری مواد آلی
۵/۰۱-۵/۷۵	متوسط	میزان متوسط مواد آلی
۵/۷۶-۶/۵۰	نسبتاً ضعیف	مقدار زیاد مواد آلی
۶/۵۱-۷/۲۵	ضعیف	میزان بسیار زیاد مواد آلی
۷/۲۶-۱۰/۰۰	بسیار ضعیف	آلودگی آلی شدید

آب و هوا، DO, pH, TDS, BOD₅ و EC در ایستگاه‌ها اندازه‌گیری گردید که فاکتورهای EC و TDS در ایستگاه‌های مورد نظر تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0/05$) نشان دادند. بر طبق نتایج بدست آمده از دبی، آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA در ایستگاه‌های مطالعاتی اختلاف معنی‌داری را در بین چهار ایستگاه نشان داد. نتایج فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، دبی و شاخص‌های زیستی سالانه ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول ۴ و جدول ۵ نشان داده شده است. بر طبق نتایج بدست آمده از شاخص‌های BMWP و EPT، آنالیز واریانس یکطرفه ANOVA در ایستگاه‌های مطالعاتی اختلاف معنی‌داری را در بین چهار ایستگاه در سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0/05$) نشان دادند. بر اساس آزمون دانکن شاخص BMWP، ایستگاه ۱ با ایستگاه‌های ۳ و ۴ و شاخص EPT ایستگاه ۱ با ایستگاه ۴ اختلاف معنی‌دار می‌باشد. بر اساس شاخص تنوع شانون وینر، روند تغییرات تنوع ماکرو بتوزها در چهار ایستگاه بسیار جزئی و اندک بوده است. میانگین شاخص‌های موجود در ۴ ایستگاه رودخانه چشمه کیله تنکابن در شکل ۴ نشان داده شده است. میانگین سالانه فراوانی راسته‌های بی‌مهرگان کفزی در ۴

معنی‌دار فراوانی و زیستوده در ایستگاه‌های مطالعاتی از آزمون غیر پارامتریک کروسکال والیس همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و محاسبه داده‌ها و ترسیم نمودارها با بسته‌های نرم‌افزاری EXCEL انجام پذیرفت (Camargo et al, 2010).

۳- نتایج

در مدت ۱۲ ماه بررسی و نمونه برداری از فون کفزیان منطقه مورد مطالعه ۴۷ خانواده و ۱۵ راسته و ۶ رده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شدند که بخش عمده آن‌ها را لارو حشرات آبی تشکیل دادند (جدول ۳). ترکیب جمعیت راسته‌های بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مختلف رودخانه چشمه کیله در شکل ۲ نشان داده شده است. میانگین سالانه درصد فراوانی بیمهرگان کفزی رودخانه چشمه کیله در ۴ ایستگاه نشان داد که راسته Diptera با ۴۶ درصد، راسته Ephemeroptera با ۲۷ درصد، راسته Trichoptera با ۱۴ درصد و راسته Tubificida با ۹ درصد بترتیب از بیشترین درصد فراوانی برخوردار است. همزمان با نمونه برداری از فون بتیک برخی از فاکتورهای فیزیکی شیمیایی نظیر دمای

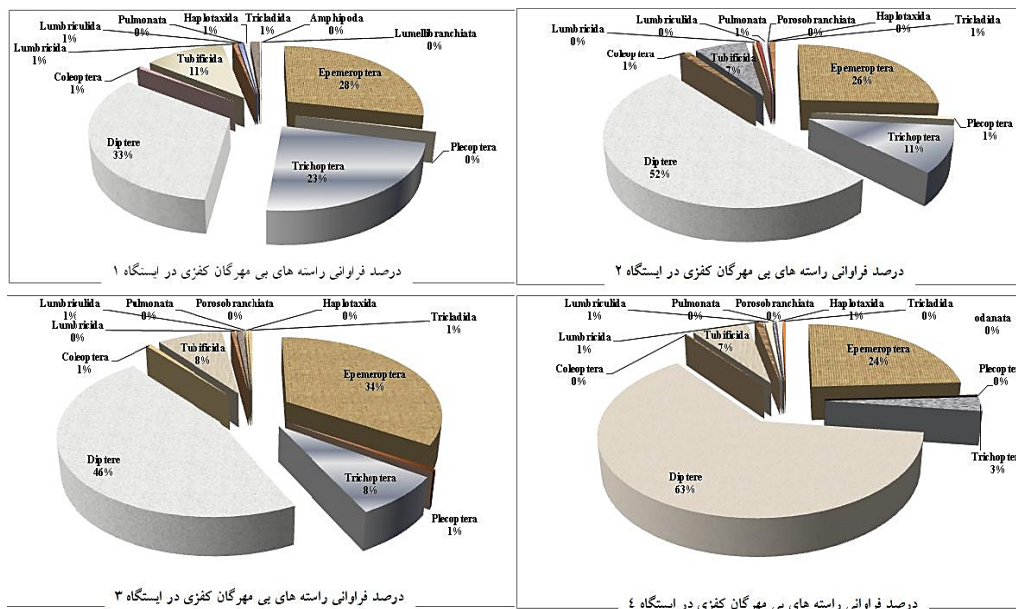
برآورد شاخص های زیستی و کیفی آب رودخانه چشمه کیله تنکابن...

جدول ۳. خانواده های بی مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه های مطالعاتی رودخانه چشمه کیله تنکابن

راسته	خانواده	گروه های تغذیه ای	راسته	خانواده	گروه های تغذیه ای
Diptera	Chironomidae	c-g/prd/shr/ c-f/scr	Trichoptera	Hydropsychidae	c-f
	Tipulidae	c-g/prd/shr		Hydroptilidae	scr/shr/c-g
	Athericidae	Prd		Rhyacophilidae	Prd
	Simuliidae	c-f		Polycentropodidae	c-f/prd
	Belphariceridae	Scr		Sericostomatidae	
	Ceratopogoniidae	Prd		Limnephilidae	shr/scr/c-g
	Dolichopodidae	Prd		Brachycenteridae	shr/c-f
	Tabaniidae	c-g/prd		Glossosomatidae	Scr
	Psychodidae	c-g		Lepidostomatidae	Shr
	Stratiomyidae	c-f			
	Empididae	Prd		Amphipoda	Gammaridae
Plecoptera	Perlidae	Prd	Porosobranchiata	Valvatidae	Scr
	Chloroperlidae	prd/c-g		Hydrobiidae	Scr
	Perlodidae	Prd		Pulmonata	Limnaeidae
	Nemouridae	Prd	Planorbidae		Scr
	Leucteridae	Shr		Physidae	c-g
Ephemeroptera	Heptageniidae	Scr	Lamellibranchiata	Sphaeridae	c-f
	Baetidae	c-g/scr	Odanata	Gomphidae	
	Ephemerellidae	c-g/scr	Lumbriculida	Lumbriculidae	
	Caenidae	c-g	Lmbricida	Lumbricidae	
	Leptophlebiidae		Haplotaaxida	Haplotaaxidae	
	Oligoneuridae		Tubificida	Naidida	
Coleoptera	Hydraenidae			Tubificidae	
	Elmidae	scr/c-g			
Tricladida	Planariidae				

جدول ۴. میانگین پارامترهای فیزیکی شیمیایی و هیدرولوژیکی مورد آزمایش در چهار ایستگاه

پارامتر	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴
T.D.S mg/l	۲۶۶/۳۶±۳۴/۶۹ ^b	۲۴۷/۲±۶۴/۷۳ ^a	۲۱۱/۷۲±۴۴/۲۲ ^{ab}	۲۵۹/۲۵±۴۷/۴۲ ^b
BOD ₅ mg/l	۱/۷۲±۰/۹۰	۱/۷۴±۱/۱۵	۱/۶۰±۰/۹۴	۱/۹۴±۰/۹۹
DO mg/l	۹/۶۴±۰/۹۴	۹/۷۵±۱/۰۱	۹/۷۸±۰/۸۴	۹/۷۷±۰/۸۵
EC _μ S/cm	۴۰۸/۳۰±۵۵/۳۴ ^b	۳۲۶/۵۳±۱۰۱/۸۹ ^a	۳۷۸/۷۵±۶۲/۱۰ ^{ab}	۳۹۴/۵۵±۶۷/۳۵ ^b
pH	۸/۲۵±۰/۱۱	۸/۲۹±۰/۲۳	۸/۳۰±۰/۱۷	۸/۲۶±۰/۱۸
دمای آب °C	۱۲/۶۸±۴/۵۱	۱۵/۲۶±۵/۹۶	۱۴/۱۸±۴/۶۴	۱۶/۶۸±۶/۰۹
دمای هوا °C	۱۷/۰۷±۷/۷۶	۱۸/۹۷±۸/۱۱	۱۹/۵۹±۸/۳۳	۱۸/۵۲±۷/۶۱
ارتفاع از سطح دریا	۳۵۲	۱۷۴	۹۷	-۱۰
دبی m ³ /s	۱۲/۱۸±۱ ^b	۲/۶۸±۱/۷۳ ^a	۱۲/۸±۳/۰۴ ^b	۱۳/۶۲±۶/۶۸ ^b
T.S.S mg/l	۵۱/۰۶±۲/۳۶	۴۷/۱۷±۳/۷۰	۷۴/۲۱±۴/۳۰	۹۱/۱۸±۳/۴۵



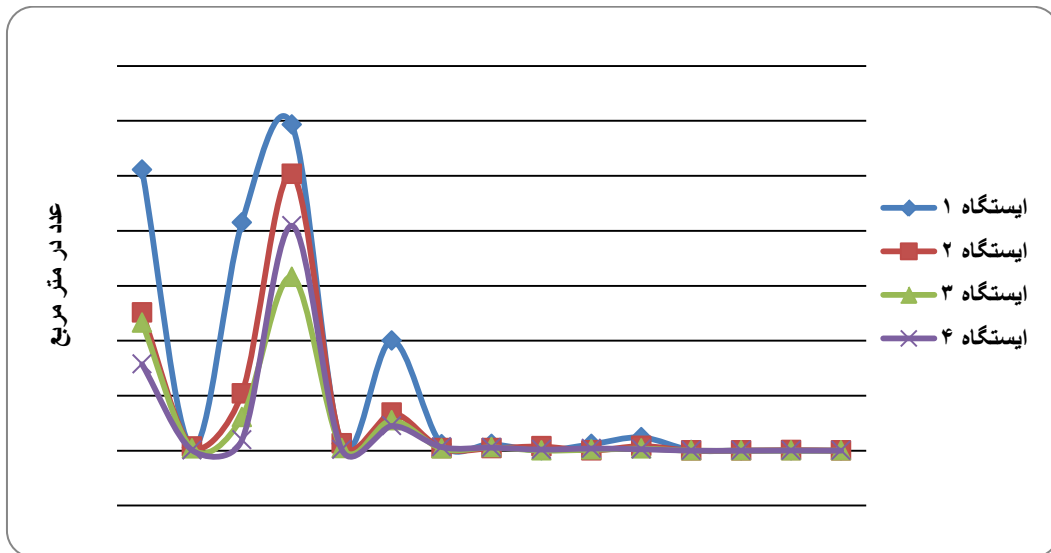
شکل ۲. ترکیب جمعیت سالانه راسته‌های بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مختلف رودخانه چشمه کیله

جدول ۵. میانگین شاخص‌های زیستی و بیومس مورد آزمایش در چهار ایستگاه

پارامتر	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴
HFBI طبقه کیفی	۴/۱۹±۱/۵۲ خیلی خوب	۴/۹۸±۸/۳۱ خوب	۵/۰۶±۶/۹۳ متوسط	۶/۳۳±۹/۷۸ نسبتاً ضعیف
ASPT طبقه کیفی	۵/۴۳±۱/۶۰ وجود آلودگی آلی جزئی	۵/۱۸±۷/۲۰ وجود آلودگی آلی جزئی	۴/۹۸±۵/۸۳ آلودگی آلی متوسط	۴/۶۸±۶/۲۸ آلودگی آلی متوسط
%EPT	۵۲/۶۸±۱۶/۷۷b	۴۳/۶۶±۲۱/۰۷ab	۴۰/۶۱±۲۲/۶۹ab	۲۸/۵۴±۱۸/۳۷a
EPT/C	۳/۳۲±۱/۸۴	۱/۵۳±۲/۰۱	۲/۲۱±۲/۵۳	۰/۷۹±۱/۷۱
Shannon-W.	۱/۹۴±۰/۶۴ نسبتاً آلوده	۱/۶۰±۰/۴۵ نسبتاً آلوده	۱/۶۳±۰/۴۳ نسبتاً آلوده	۱/۴۵±۱/۵۰ نسبتاً آلوده
BMWP	b۸۸/۳۶±۶۲/۹۲ خوب	ab۶۹/۵±۳۵/۵۱ خوب	a۶۱/۹۲±۴/۶۷ خوب	a۵۴/۱۷±۷۱/۳۰ خوب
MARGALOF	۲/۱۶±۱/۷۶	۱/۹۶±۰/۷۸	۱/۷۹±۰/۲۴	۱/۶۴±۰/۳۵
بیومس gr/m ²	۹/۰۷±۶۳/۸۴	۱/۲۲±۰/۷۲	۱/۶۱±۰/۸۷	۱/۱۱±۱/۲۵

از کمترین فراوانی در طول سال برخوردار است. بر اساس آزمون کروسکال والیس زیتوده راسته‌های بی‌مهرگان کفزی در بین چهار ایستگاه، تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۵ درصد ($P < ۰/۰۵$) نشان داده است. آزمون کروسکال والیس راسته‌های شاخص بی‌مهرگان

ایستگاه نشان می‌دهد که حداکثر فراوانی در ۴ ایستگاه مربوط به راسته Diptera می‌باشد (شکل ۳). میانگین سالانه درصد فراوانی بی‌مهرگان کفزی نشان می‌دهد که ایستگاه ۱ با ۴۴ درصد از بیشترین، ایستگاه ۲ با ۲۳ درصد، ایستگاه ۳ با ۱۷ درصد و ایستگاه ۴ با ۱۶ درصد



شکل ۳. میانگین سالانه فراوانی راسته های بی مهرگان کفزی در ۴ ایستگاه مختلف چشمه کیله

دبی آب اثر بسیار زیادی بر روی تنوع و تراکم کفزیان موجود در رودخانه چشمه کیله دارد که این اثر در فصول سیلابی بسیار زیاد است. تغییرات دمای آب در ایستگاه های مطالعاتی تا حدودی از دمای هوا و ارتفاع ایستگاه پیروی می کند. ایستگاه شماره ۲ که در شاخه رودخانه و لمروود قرار دارد به دلیل وجود مناطق مسکونی روستایی، مزارع برنجکاری، باغات مرکبات و چای، مزارع پرورش ماهی و عملیات راه سازی و بهره برداری از جنگل و مهتر از همه بدلیل رژیم متفاوت آبی این رودخانه، میانگین های سالانه فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی شامل T.S.S, EC, PH, دبی و دمای آب و هوای آن تا حدودی متمایز از سایر ایستگاه های می باشد. با توجه به اینکه حداقل سطح اکسیژنی برای یک رودخانه تا بتواند تنوع زیستی و سلامت اکولوژیکی خود را حفظ کند ۶ میلی گرم در لیتر می باشد. رودخانه چشمه کیله در منطقه مورد مطالعه از نظر این شاخصه کیفیت آبی در شرایط مطلوبی قرار داشت. آندسته از کفزیان که دارای رفتار تغذیه ای جمع کننده و فیلتر فیدر (Collector & Filter Feeder) می باشند نظیر Simulidae, Tubificidae, Baetidae,

کفزی راسته Plecoptera, Trichoptera, Ephemeroptera و راسته های دیگر تحت عنوان Other در طول سال اختلاف معنی دار بین ایستگاه ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0/05$) نشان داد اما خانواده Chironomidae در چهار ایستگاه در طول سال اختلاف معنی داری نداشت.

۴- بحث

نتایج نشان داد که حشرات آبی، موجودات غالب فون کفزیان رودخانه چشمه کیله را تشکیل دادند که چنین نتیجه ای در رودخانه چافرود (قانع ساسان سرایی، ۱۳۸۳)، در رودخانه گرگانرود (شمالی و عبدالملکی، ۱۳۷۵) و در رودخانه شفارود (جمالزاد و افراز، ۱۳۸۶) نیز بدست آمد. با تحقیقی که بر فون کفزیان نهر مادرسو در پارک ملی گلستان انجام شد (جرجانی و همکاران، ۱۳۸۷) نیز به این نتیجه رسیدند که سیل های عظیم و سهمگین اواخر پاییز و زمستان سبب کنده شدن و ازبین رفتن این بسترها شده و به همراه آنها کفزیان به نقاطی بسیار دورتر از محل اصلی خود برده می شوند که این موضوع در رودخانه چشمه کیله نیز به اثبات رسید. شرایط محیطی بخصوص

نشانگر اثر فشار های محیطی بر اکوسیستم رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمعیت کفزیان در جهت مصرف و جبران آشفتگی می باشد. بنابراین برخی از ویژگی های فیزیکی آب مانند دبی، سرعت و غیره، نیز در این مناطق تحت تاثیر قرار گرفته و ویژگی های کیفی زیستگاه و جوامع بیولوژیکی را با تغییراتی مواجه ساخته و در نهایت در تنوع فون و فلور رودخانه نقش عمده ای دارد تغییراتی که در ترکیب جمعیت کفزیان رخ می دهد غالباً در پاسخ به عوامل محیطی و شرایط استرس زا در رودخانه حفظ تعادل اکولوژیکی می باشد (Fore et al, 1996). در مناطق آلوده گروه های حساس به آلودگی (EPT) کاهش و برعکس گروه های مقاوم شامل Diptera (Chironomidae, Simuliidae) افزایش یافت (قانع ساسان سرایی، ۱۳۸۳) که این موضوع در طول ایستگاه های رودخانه چشمه کیله به وضوح می توان دید به طوری که تغییرات راسته Diptera با ۳۳ درصد در ایستگاه ۱ به ۶۲ درصد در ایستگاه ۴ می رسد. نتایج نشان داد که فصل زمستان از بیشترین زیتوده در بین ایستگاه ها برخوردار بوده است. بالاترین میانگین زیتوده کفزیان در ایستگاه ۱ مربوط به خانواده های Naididae, Lumbriculida & Lumbricidae از رده Oligochaeta راسته Diptera (Chironomidae, Simuliidae) و راسته Trichoptera که اکثراً از خانواده Hydropsychidae می باشد. در تحقیقی بر روی رودخانه ترسنجیکا ثابت شد که افزایش میزان بار مواد آلی ناشی از پساب پرورش ماهی ریوتک با افزایش میزان زیتوده در کفزیان همراه است (Zivic et al, 2009). به نظر می رسد که تغییرات کفزیان در ایستگاه های مختلف تحت تاثیر عوامل فصل و چرخه زندگی آنها باشد، زیرا در مدت مطالعه گروه های مقاوم در همه ایستگاه ها مشاهده شدند و از افزایش یا کاهش آن ها در ماه های مختلف در پی خروج بالغین از آب روی می دهد. در رودخانه لاسم (کمالی و اسماعیلی ساری، ۱۳۸۸) و در رودخانه چافرود (قانع و همکاران،

Chironomidae, Hydropsychidae در پایین دست مزارع پرورش ماهی افزایش می یابند (Loch et al, 1996; Tello et al, 2009). این نتیجه در ایستگاه ۱ چون که حاصل تلاقی رودخانه های دوهزار و سه هزار می باشد، به دلیل وجود مزارع پرورش ماهی در بالا دست این ایستگاه، که یکی از عوامل استرس زا در اکوسیستم های آبی محسوب می شود که موجب تغییر در فون کفزیان می گردد، پسمانده های غذایی و مواد حاصل از فعالیت متابولیک ماهی که به صورت مواد آلی معلق در آب وجود دارد باعث افزایش این خانواده ها شده و به تدریج در پایین دست کاهش میابد. در مطالعه بر روی مزرعه پرورش ماهی ریوتک (Zivic et al, 2009) افزایش خانواده Baetidae در ایستگاه های پایین دست مزرعه پرورش ماهی گزارش نمود که با نتایج این تحقیق در ایستگاه ۱ مشابهت دارد. میانگین سالانه درصد فراوانی بی مهرگان کفزی رودخانه چشمه کیله نشان می دهد که بیشترین فراوانی در همه ایستگاه ها، راسته Diptera بوده که یکی از متنوع ترین و بزرگترین راسته حشرات آبی می باشد که بیش از ۴۴٪ از فراوانی سالانه را به خود اختصاص می دهد. ۱۱ خانواده از این راسته شناسایی شدند که خانواده Chironimidae و Simuliidae بیشترین سهم را داشته و بیش از ۹۶٪ کل اعضای این راسته را در تمام ایستگاه ها تشکیل دادند. پس از راسته Diptera راسته Ephemeroptera از نظر فراوانی گروه غالب بوده است که ۲۸٪ از فراوانی سالانه را تشکیل می دهد. در این راسته ۶ خانواده شناسایی شد که در بین آن ها خانواده Baetidae بیشترین جمعیت را داشتند. بعد از این راسته ها، راسته Trichoptera بیشترین جمعیت را داشتند که ۱۵٪ از فراوانی سالانه را تشکیل می دهد. غالب بودن راسته Diptera مشخصاً خانواده های Chironomidae و Simuliidae که این دو خانواده از گروه های مقاوم به آلودگی م باشند، به نظر می رسد به نوع تغذیه این گروه که فیلترکننده مواد آلی ریز معلق در آب می باشند، مرتبط باشد. افزایش نسبی گروه های مقاوم

بستر تا زمین‌های اطراف بیش از ۱۰ متر اختلاف سطح پیدا کرده و موجب برهم خوردن تعادل، بی‌ثباتی خاک و ساختار زمین شناسی آن شده است. شاخص تنوع شانون در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه چشمه کيله تنکابن تفاوت معنی‌داری را نشان نداد با ارزیابی رودخانه دو هزار به این نتیجه رسیدند که افزایش بیش از حد خانواده Naididae بدلیل آلودگی بالا تاثیر بسزایی بر روی تنوع می‌گذارد (موسوی، ۱۳۸۹) که در این تحقیق علی‌رقم اینکه ایستگاه ۱ بیشترین تنوع نسبت به سایر ایستگاه دارد ولی درصد قایل توجهی از خانواده Naididae و Simullidae را به دلیل بار مواد آلی ناشی از مزارع پرورش ماهی در بالا دست این ایستگاه بخود اختصاص می‌دهد که این عامل باعث می‌شود که تنوع بتتیک آن نسبت به سایر ایستگاه‌ها مشهود نباشد و با اختلاف جزیی از سایر ایستگاه‌ها بیشتر باشد (Zivic et al, 2009). با محاسبه این شاخص بر روی رودخانه ترسنجیکا در صربستان برای ارزیابی اثر پساب مزرعه پرورش ماهی ریبوتک به نتایج مشابه در برخی از ایستگاه‌ها دست یافت. نظریه Lydy و همکارانش که مطالعات خود را در سال ۲۰۰۰ بر روی رودخانه وایت ریور در ایندیاناپلیس به پایان رساندن آنست که شاخص های تنوع به نسبت دیگر شاخص‌ها دارای کمترین فایده در بررسی های کیفی می‌باشند و هیچگاه به تنهایی قادر به تعیین کیفیت آب نیستند (Lydy et al, 2000) که نتیجه این تحقیق هم حاکی از این موضوع می‌کند. کاهش تنوع گونه ای بتتوزهای خود می‌تواند یکی از دلایل افزایش بار آلودگی در ایستگاه‌های پایین دست رودخانه باشد. نوع جنس بستر تعیین کننده نوع بتتوز بوده و اثر مستقیمی بر روی نوع گونه بتتوز دارد (اکبری و اکبرزاده، ۱۳۷۹). بستر ریز و ماسه ای در ایستگاه می‌تواند یکی از دلایل کاهش تنوع و فراوانی بزرگ بی‌مهرگان باشد که در این رودخانه در ایستگاه ۴ نیز به اثبات رسید. براساس طبقه بندی Wilhm & Dorris در سال ۱۹۶۸ برای ارزیابی اثرات آلودگی آلی بر روی ساختار جمعیتی منابع

(۱۳۸۵) نیز به نتایج مشابهی بدست آمد. معمولاً در آب های جاری و نهرهایی که شرایط زیستی خوب و محیط غیر آشفته دارند، شاهد توازن تناسبی در فراوانی این چهار گروه مهم (Chironomidae Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) از حشرات آبی می‌باشیم. افزایش غیرمتعارف تعداد شیرونومید نسبت به موجودات حساس که کاهش مقدار ای پی تی به شیرونومیده را در پی دارد، نشانگر استرس محیط می‌باشد (Barbour et al, 1998). نتایج نشان می‌دهد که هرچه به پایین دست نزدیک می‌شویم از درصد EPT, BMWP, ASPT و مارگالف کاسته می‌شود. در ایستگاه ۲ بدلیل رژیم متفاوت آبی این رودخانه جوامع بتتیک متمایز از دو سرشاخه دیگر را ایجاد کرده است. مقایسه درصد EPT و سایر گروه های کفزیان در ایستگاه های مختلف می‌تواند به نوعی گویای شدت اثرپذیری و نیز آشفتهگی های ایجاد شده در اثر عوامل مختلف در آنها باشد بطوریکه ایستگاه ۴ پایین دست پل چشمه کيله در مرکز شهر، درصد EPT بطور چشمگیری کاهش یافته است و به مقدار راسته Diptera افزوده شده است. یکی از عوامل مهم استرس زا در مسیر مورد مطالعه ایستگاه ۴ به دلیل تغییرات کیفیت آب رودخانه پس از عبور از منطقه شهری و ورود فاضلاب و پساب خانگی و شهری و همچنین احداث چهار پل (پل مرکز شهر، پل جانبازان قدیم و جدید و کمربندی برون شهری) در مسیر رودخانه، کارخانه های شن و ماسه، برداشت مجاز و غیر مجاز شن و ماسه از بستر رودخانه، کارگاه های ماشین شویی، بازار ماهی فروشان تنکابن و تخلیه زباله های شهری در اطراف رودخانه از جمله عوامل تاثیر گذار بر فون بتتیک و کیفیت آب می‌باشد که تاثیر بسزایی بر روی کاهش شاخص درصد EPT, EPT/CH, ASPT دارد که نشانگر افت کیفیت آب می‌باشد. مهمترین عامل استرس‌زا در ایستگاه ۴ برداشت بی‌رویه شن و ماسه از بستر رودخانه می‌باشد. متأسفانه در برخی از نقاط آن قدر شن و ماسه از بستر این رودخانه برداشت شده که ارتفاع

می دهد (Lydy et al, 2000). در ایستگاه ۳ به دلیل وجود منطقه مسکونی روستایی، باغات مرکبات و زمین های برنجکاری تأثیرات مستقیم بر اکوسیستم رودخانه در این فاصله دارند. امتیازات شاخص BMWP در طول ایستگاه های رودخانه چشمه کیله نشان می دهد که کیفیت آب خوب می باشد. در مطالعه ای بر روی رودخانه برزیتنا در بلاروس شاخص BMWP را به عنوان شاخصی حساس نسبت به سایر شاخص ها معرفی شد (Semenchenkov and Moroz, 2005) در حالی که این شاخص در ارزیابی کیفیت آب رودخانه چشمه کیله تنکابن از حساسیت لازم و مناسبی برخوردار نیست. با مطالعه ای که بر روی رودخانه دوهزار شد، امتیاز شاخص ASPT در ایستگاه ها از بالادست تا ایستگاه های پایین دست بدلیل استرس های ناشی از آلودگی رو به تنزل می گراید (موسوی، ۱۳۸۹) که در این تحقیق نیز به نتایج مشابهی رسید. بنابراین تغییرات و استرس های موجود در مسیر رودخانه بخصوص پساب مناطق مسکونی در ترکیب جمعیت کفزیان ایجاد تغییر نموده و فراوانی گروه های مقاوم و فیلترگر افزایش یافته و از مقدار گروه های حساس به طور نسبی کاسته شده است. برطبق نتایج بدست آمده، در طول سال، کیفیت آب از ایستگاه ۱ تا ایستگاه ۳ (ایستگاه های بالادست تا میانه) بسیار خوب تا متوسط بود. اما کیفیت آب در ایستگاه ۴ در پایین دست، کیفیت نسبتاً ضعیفی را در طول سال نشان داد. از آنجا که رشد، تکثیر، جایگزینی و پراکنش بزرگ بی مهرگان آبی در اکوسیستم های آبی مانند رودخانه ها، تحت تأثیر عوامل زیست محیطی مختلف از قبیل اکسیژن محلول در آب، مواد آلی، دماهای مختلف قرار می گیرد (خاتمی و همکاران، ۱۳۸۶) و از سوی دیگر این موجودات در رژیم غذایی ماهیان رودخانه ای و ماهیان رود کوچ نقش به سزایی دارند. بدین جهت تنوع، فراوانی و تغییرات فصلی آنها در تعیین توان تولید طبیعی رودخانه ها، تقسیم بندی رودخانه ها از نظر آلودگی و قضاوت نهایی بر این اکوسیستم نقش به سزایی دارند

آب که عنوان کردند هرگاه شاخص شانون کمتر از ۱ باشد اکوسیستم شدیداً آلوده، بین ۱-۳ اکوسیستم در وضعیت نسبتاً آلوده و هرگاه بیشتر از ۳ باشد غیر آلوده است (Wilham and Dorris, 1996). در مطالعات انجام شده در رودخانه چشمه کیله و بررسی میانگین شاخص شانون در طول مدت بررسی نشان داد که تمام ایستگاه در وضعیت نسبتاً آلوده به سر می برند. اطلاعات بدست آمده از شاخص زیستی هینسلهوف نشان می دهد که ایستگاه ۱ با درجه آلودگی بسیار ناچیز و ایستگاه ۲ با مقداری آلودگی آلی و ایستگاه ۳ با درجه آلودگی متوسط و ایستگاه ۴ با میزان زیاد مواد آلی قرار داشته اند. از این شاخص بر روی رودخانه چافرود استفاده شد که نتایج آن بازتاب کننده تغییرات کیفی آب در ایستگاه های ناشی از فاضلاب های خانگی و مزارع پرورش ماهیست می باشد (قانع و همکاران، ۱۳۸۵). اثر منابع نقطه ای را بر تراکم و بیوماس بزرگ بی مهرگان کفزی در رودخانه Meditaranean نشان داده شد که شاخص زیستی هلسینهوف رودخانه بین ۴/۱۵ تا ۴/۸۰ یعنی بین کلاسه کیفی خیلی خوب و خوب قرار داشت (Ortiz and Puig, 2007) در حالی که در این تحقیق بین ۴/۱۹ تا ۶/۳۳ می باشد. جانبازی و همکاران در سال ۸۸ با ارزیابی کیفی آب رودخانه کسلیان با استفاده از شاخص HFBI کلاسه کیفی عالی را برای این رودخانه در نظر گرفته است. با تحقیقی بر روی کیفیت آب ۷ رودخانه در جنوب شرقی نیکاراگوئه صورت گرفت نتایج شاخص HFBI در این ۷ رودخانه به طور میانگین به مقدار عددی ۵/۴۲ بوده که کیفیت آب این رودخانه نسبتاً خوب ارزیابی گردید (Fenoglio et al, 2002). در حالی که در این تحقیق میانگین عددی در ۴ ایستگاه ۵/۱۴ بوده که کیفیت آب رودخانه چشمه کیله را متوسط ارزیابی شد. از شاخص HFBI و دیگر شاخص ها برای تعیین کیفیت آب بر روی یکی از رودخانه های آمریکا استفاده شد که این شاخص در مقایسه با دیگر شاخص ها حساسیت بیشتری به تغییرات کیفی در آب رودخانه نشان

- احمدی، م. و نفیسی، م. (۱۳۸۰) "شناسائی موجودات شاخص بی مهره آبهای جاری"، انتشارات خبیر ۲۴۰ ص.

- اکبری، ح.، اکبرزاده، غ. (۱۳۷۹) "مطالعه بی مهرگان کفزی استخر های پرورش میگو در منطقه تیاب در استان هرمزگان"، مجله علمی شیلات، شماره ۲، سال نهم، ص ۴۰-۲۷.

- اسماعیلی ساری، ع. (۱۳۸۱) "آلاینده ها بهداشت و استاندارد در محیط زیست"، انتشارات نقش مهر، ص ۴۵۶.

- باقری، س.؛ عبدالملکی، ش. (۱۳۸۱) "بررسی پراکنش و تعیین توده زنده بی مهرگان کفزی دریاچه ارس"، مجله علمی شیلات ایران، ص ۹-۱.

- جرجانی، س.، قلیچی، الف. و اکرمی، ر. (۱۳۸۷) "ارزیابی شاخص زیستی آلودگی و فون کفزیان نهر مدارس پارک ملی گلستان"، مجله شیلات، سال دوم شماره اول، ص ۵۲-۴۱.

- جمالزاد، ف. و ع. افراز. (۱۳۸۶) "گزارش بررسی زیستی و غیر زیستی رودخانه شفارود"، مرکز تحقیقات شیلات گیلان، بندر انزلی.

- حافظیه، م. (۱۳۸۰) "حشرات کفزی به عنوان شاخص آلودگی آب"، مجله علمی شیلات ایران، سال دهم، شماره اول، بهار ۱۳۸۰. ص ۳۶.

- خاتمی، س. ه.، ریاضی، ب. و مدیری آثاری، س. ع. (۱۳۸۶) "بررسی کیفیت آب رودخانه کرج بر اساس تنوع خانواده های درشت بی مهرگان کفزی"، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نهم، شماره یک، ص ۷۸-۷۱.

- سبک اراء، ج.، مکارمی، م. و محمد جانی، ط. (۱۳۸۵)

(احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰) از این نظر مصب رودخانه های حاشیه دریای خزر، از جمله شهرستان تنکابن، که محل تخم ریزی و پرورش ماهیان مهم اقتصادی و تجاری می باشد، هرگونه آلودگی های زیست محیطی که بنحوی از مهاجرت ماهیان به این زیستگاهها ممانعت بعمل آورد علاوه بر تاثیر منفی بر روی خزانه ژنتیکی جمعیت ماهیان بومی (Edmondson, 1989) باعث کاهش میزان تخم ریزی ماهیان، کاهش میزان صید، کاهش میزان انتقال انرژی از محیط های آبی به خشکی ها خواهد شد (سبک اراء و همکاران، ۱۳۸۵ و ولی الهی، ۱۳۸۳). برای رفع این معضل، بر روی رودخانه های مورد مطالعه، می توان با هماهنگی ارگان های مربوطه از جمله دو سازمان شیلات و محیط زیست و مشارکت های فعال مردمی در اجرای یک برنامه مدیریتی - ترویجی صحیح و با هزینه پائین در حفاظت مؤثر و مستمر این رودخانه ها به خصوص در ایام تخم ریزی و یا رهاسازی بچه ماهیان بهره جست.

۵- تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می دانم که صمیمانه از زحمات پرسنل مرکز تحقیقات ماهیان سردابی کشور- تنکابن و رئیس مرکز تحقیقات جناب آقای دکتر صیاد بورانی، بویژه از گروه اکولوژی، جناب آقای دکتر علیزاده، مهندس طاولی، مهندس صمدی و همچنین از مهندس مسگران کریمی و مهندس موسوی به خاطر یاریشان در این پروژه تشکر نمایم.

۷- مراجع

- احمدی، م.؛ کرمی، م. و کاظمی، ر. (۱۳۷۹) "تعیین زیتوده و برآورد تولید در رودخانه های آغشت و کردان"، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۳، شماره ۱.

- احمدی، م. ر. (۱۳۶۸) "تحلیلی از طبقه بندی آب های آلوده و اهمیت کاربردی آن"، مجله منابع طبیعی شماره ۴۳، نشریه دانشکده منابع طبیعی تهران.

- ایران، سال چهاردهم.
- " بررسی پراکنش و فراوانی پلانکتونی در رودخانه کرگانرود، پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان"، شماره ۷۳، ص ۷۳-۶۵.
- نیکویان، ع. (۱۳۷۶) " بررسی تراکم، پراکنش، تنوع و تولید مثل بی مهرگان کفزی در خلیج چابهار"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ص ۹۵.
- ولی الهی، ج. (۱۳۸۳) "راهنمای روشهای عمومی در لیمنولوژی"، انتشارات موسسه تتا، ص ۱۶۲.
- Barbour, M.T., Plafkin, J.L., Bardley, B.P., Graves, C.G. and Wisseman, R.W. (1999) "Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable river: phytoplankton, benthic invertebrates and fish", 2nd edition EPA, Washington D.C., 408 p.
- Barbour, M.T., Plafkin, J.L., Bardley, B.P., Graves, C.G. and Wisseman, R.W. (1998) "Evaluation of EPTs rapid bioassessment metrics: Mertic redundancy and variability among reference stream sites", Environ Toxicol.Chem, 2: 437-449
- Edmondson, W.T. (1989) "Fresh water biology. Second edition", Wiley and Son, Inc. Newyork, U.S.A. 908 pp.
- Camargo, J.A., Gonzalo, C., Alonzo, A. (2010) "Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthicmacroinvertebrates:Acasestudy",Ecol,Indicat, doi:10.1016/j.ecolind.
- Fore,L. S., Karr,J. R., Wisseman,R. W.(1996) "Assessing Macroinvertebrate Responses to Human Activity", Journal of North American Benthological Soc. 15(2): 212-231.
- Hilsenhoff, W.L. (1988) " Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index" J. N. Am. Benthol. Soc. 7: 65-68
- Hugh, F. Clifford (1991) " Aquatic Invertebrates of Alberta. The University of Alberta press", ISBN: 0-88864-233-4. 538 p.
- Fenoglio,s.,G.Badino, and F.bona (2002) "Benthic Macroinvertebrate Communities as indicators of river environment quality: an experience in Nicaragua".
- 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.
- قانع، ا؛ احمدی، م؛ اسماعیلی، ع و میرزاجانی، ع. (۱۳۸۵) " ارزیابی زیستی رودخانه چافرود(استان گیلان) با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبتوز"، مجله علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره اول، ص ۲۴۷-۲۵۷.
- قانع ساسان سرایی، ا. (۱۳۸۳) "شناسایی ساختار جمعیت ماکروبتوزهای رودخانه چافرود در استان گیلان با توجه به برخی عوامل کیفی آب (در محدوده روستای اورمان ملال)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ص ۹۸.
- کمالی، م، اسماعیلی ساری، ع. (۱۳۸۸) "ارزیابی زیستی رودخانه لاسم (شهرستان آمل - استان مازندران) با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بیمهرگان کفزی"، مجله علوم زیستی لاهیجان، صفحات ۵۱-۶۱.
- موسوی، م.س. (۱۳۸۹) " به بررسی اثرات پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلا بر روی کیفیت آب رودخانه دو هزار تنکابن بر اساس مطالعات فون کفزیان رودخانه"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- نظامی، ش و خارا، ج (۱۳۸۴) " ارزیابی اثرات خشکسالی بر تنوع، تراکم، فراوانی و پراکنش موجودات کفزی تالاب امیر کلایه لاهیجان"، مجله علمی شیلات

- Plafkin, J.L., Barbour, M.T., Porter, K., et al., in (1989) "Rapid Bioassessment Protocols for Use Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish", Washington, DC, EPA 440/4-89/001.
- Roni. P., M., Lierman. A. (2005) "Monitoring and evaluating responses of salmonid and other fishes to in stream restoration. University of Washington Press", 318-339 pp.
- Rosenberg, D.M., Resh, V.H. (Eds.), (1993), "Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates", Chapman and Hall, London.
- Sandin, L. (2003) "Benthic macroinvertebrates in Swedish Stream: Community Structure, Taxon Richness, and Environmental Relations", *Ecography* 26(3):263-280.
- Semenchenkov, V. P. Moroz, M. D. (2005) "Comparative Analysis of Biotic Indices in the Monitoring System of Running Water in a Biospheric Reserve", *Water Resources*, Vol. 32, No. 2, 2005, pp. 200–203. Translated from *Vodnye Resursy*, Vol. 32, No. 2, 2005, pp. 223–226.
- Spelman, F. R. and J. E. Drinan. (2001) "Stream Ecology and Self Purification", Lancaster Technomic Pub. Inc.U.S.A., 261 p.
- Tello. A., Corner, R.A., Telfer. T.C. (2009) "How do land-based salmonid farms affect stream ecology?", *Environmental Pollution* 158, 1147–1158 pp.
- Usinger R.L. (1963) "Aquatic Insects of California, University of California press", 1025 p.
- Washington, H.G. (1984) "Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems", *Water Res*, 18, 653–694.
- Wilham, J.L., and Dorris, T.C. (1996) "Biological parameters for water quality criteria", *Bioscience*, 18, 477-481.
- Zivic, I., Markovic, Z., Filipovic-Rojka, Z., Zivic, M. (2009) "Influence of a trout farm on water quality and macrozoobenthos communities of the receiving stream (Tresnjica River, Serbia)", *Int. Rev. Hydrobiol*, 94, 673–687.
- Washington, H.G. (1984) "Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems", *Water Res*, 18, 653–694.
- Karr, J.R. (1998) "Rivers as sentinels: Using the biology of rivers to guide landscape management", Final Report for USEPA. 28 p.
- Loch, D.D., West, J.L., & Perlmutter, D.G. (1999) "The effect of trout farm effluent on taxa richness of benthic macroinvertebrates", *Aquaculture*, 147:37-55.
- Lental, D. (1993) "A biotic index for southeastern United States", Derivation and list of tolerance values with criteria for assessing water quality ratings, *JNABS*.12:179-290.
- Loch, D.D., West, J.L., Perlmutter, D.G. (1996) "The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates", *Aquaculture* 147, 37–55.
- Lydy, M. G., Crawford, C.G., Frey, J.W. (2000) "A Comparison of Selected Diversity, Similarity, and Biotic Indices for Detecting Changes in Benthic".
- Mandaville, S.M. (2002) "Benthic Macroinvertebrates in Freshwater-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols", Chapter III. Project H-1. (Nova Scotia: Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax).
- Maccafferty, P., Provonsha, A. (1981), *Aquatic Entomology the fishers and Ecologists Illustrated Guide to Insect and Their Relatives*, Jones and Bartlett Publishers London. ISBN: 0-86720-017-0. 448 p.
- Ortiz J. D., Puig M. A. (2007) "Point source effects on density, biomass and diversity of benthic macroinvertebrate in a mediterranean stream, river Res", *Applic*. 23:155-170.
- Ogbogu, S.S., Olajide, S.A. (2002) "Effect of sewage oxidation pond effluent on macroinvertebrate communities of a tropical forest stream", *Nigeria Journal of Aquatic Science* 17, 22-27.
- Pennak, Robert W. (1978) "Fresh-Water Invertebrates of the United States. Second Edition", John Wiley & Sons, ISBN: 0-471-04249-8. xviii, 803 p.

