

بررسی کیفیت آب رودخانه صوفی چای با استفاده از نشانگرهای زیستی

ماکروبتوزی

مهسا مبشری^۱

لعبت تقوی^{۲*}

Taghavi_lobat@yahoo.com

محمد باقر نبوی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۳

چکیده

زمینه و هدف: پژوهش حاضر کیفیت آب رودخانه صوفی چای در شهرستان مراغه را با استفاده از اجتماعات ماکروبتوز و ساختار جمعیتی آنها در سال ۹۳-۹۴ بررسی می‌کند.

روش بررسی: در مجموع، ۹ ایستگاه مطالعاتی در منطقه تعیین شد و ماکروبتوزها با استفاده از دستگاه سوربر ۲۵×۵۰ با سه تکرار در هر ایستگاه نمونه برداری جمع آوری شدند. نمونه‌ها به وسیله فرمالدهید ۴٪ تثبیت و جنس، گونه و خانواده آنها شناسایی شدند. تعداد کل ۱۹ ماکروبتوز از ۱۹ خانواده، ۱۰ راسته و ۲ رده‌ریزیایی شدند.

یافته‌ها: گونه *Baetis sp* در هر دو فصل زمستان و تابستان غالب بود. نتایج نشان می‌دهد که ایستگاه‌های ۷ و ۹ با ۴۷ ماکروبتوز در متر مربع در فصل زمستان و ایستگاه ۹ با ۱۲۸ ماکروبتوز در متر مربع در فصل تابستان بیشترین تراکم ماکروبتوزها را دارند. با توجه به مدل Welch، کیفیت آب رودخانه صوفی چای در بیشتر ایستگاه‌ها در هر دو فصل متوسط بود. هرچند، کیفیت آب در ایستگاه ۷ در زمستان و ایستگاه‌های ۸ و ۵ در تابستان نامناسب بودند. بر طبق شاخص BMWP، کیفیت آب رودخانه، به جز ایستگاه‌های ۸ و ۹ در زمستان، مناسب بود.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که اجتماع ماکروبتوزی شاخص بسیار موثری برای ارزیابی شرایط زیست محیطی رودخانه صوفی چای هستند. در مجموع، نتایج این مطالعه کیفیت نسبتاً مناسب آب رودخانه صوفی چای را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: رودخانه صوفی چای، ماکروبتوز، کیفیت آب، شاخص شانون-وینر، شاخص سیمپسون، BMWP

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران/ایران.
۲- دانشیار گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران/ایران. * (مسئول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر/ایران.

Investigating Water Quality of Sufi Chay river using macrobenthos indicators

Mahsa Mobasheri¹

Lobat Taghavi^{2*}

taghavi_lobat@yahoo.com

Seyed Mohammad Bagher Nabavi³

Admission Date: June 5, 2017

Date Received: June 23, 2016

Abstract

Background and Objective: The present study investigates the water quality of Sufi Chay river in Maragheh, Iran using Benthos groups and their population structures in 2015.

Material and Methodology: Overall, 9 sampling sites were selected in the region and Macroinvertebrates were sampled in triplicate at each site using a 25×50 surber. The samples were stabilized by Formaldehyde 4% and their species, family and genus were identified. A total of 20 Macroinvertebrates species from 19 families, 10 orders and 2 classes were evaluated. *Baetis sp.* was the dominant species in winter and summer.

Findings: The results indicate that the 7 and 9 sites with the aggregation of 47 and 128 Macroinvertebrates per m² were dominant in winter and summer, respectively. Regarding Welch model, water quality of Sufi Chay river was moderate at most sites in both seasons. However, the water quality at the 7 site in winter and the 8 and 5 sites in summer was unsuitable. According to the BMWP Index, water quality of the river, except the 8 and 9 sites in winter, was suitable.

Discussion and Conclusion: Regarding the results of this research it can be concluded that Macroinvertebrates community is an effective bioindicator to assess environmental conditions of the Sufi Chay river. In addition, the results of this study display the relatively suitable water quality of Sufi Chay river.

Keywords: Sufi Chay River, Macroinvertebrates, Water quality, Shannon Winer Index, Simpson Index, BMWP Index.

1- PhD student in environmental Science, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resource and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch Tehran.

2- Associated Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University Tehran, Iran. *(Correspondence Author)

3- Associate Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, University of Marine science and Technology Khorramshahr, Iran.

مقدمه

آب یک ماده حیاتی است که برای بقاء موجودات زنده بسیار حائز اهمیت می‌باشد و امروزه به عنوان یکی از عوامل بهبود و رشد اقتصادی جوامع به شمار می‌آید. شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن اهمیت زیادی دارد. رودخانه‌ها بخش کوچکی از آب‌های جاری جهان و به عنوان یکی از منابع اساسی تامین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند (۱). روند رو به رشد جمعیت و افزایش فعالیتهای انسان زاد در حوضه آبریز رودخانه‌ها مانند تخلیه پساب‌های شهری و صنعتی، زهاب‌های کشاورزی سبب کاهش کیفیت آب منابع رودخانه‌ای شده است (۲). بنابراین، فهم صحیح از نقش پارامترهای کیفی آب در توسعه کارآمد برنامه‌های مدیریتی حوضه‌های آبریز رودخانه‌ای بسیار موثر می‌باشد (۲).

بررسی تغییرات فصلی کیفیت آب‌های سطحی، جنبه مهمی در ارزیابی تغییرات موقتی آلودگی رودخانه‌ها بر اثر منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای طبیعی و انسانی می‌باشد (۳). با این حال، پارامترهای فیزیکوشیمیایی تنها می‌تواند کیفیت آب را در لحظه اندازه‌گیری نشان دهد و می‌تواند در طول زمان تغییر کند. بعلاوه اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی معمولاً وقت‌گیر، هزینه‌بر و وابسته به ابزار خاص است. امروزه، شاخص‌ها بر اساس حضور یا عدم حضور موجودات آبی برای بررسی کیفیت آب و طبقه‌بندی وضعیت اکولوژیکی توسعه یافته‌اند (۴ و ۵). در این راستا، شناخت موجودات زنده یک اکوسیستم آبی و استفاده از آنها برای تعیین کیفیت و آلودگی می‌تواند قضاوت صحیحی بعنوان شاخص یا نشانگر مطرح باشد که مهمترین کاربرد آنها ارزیابی زیستی سلامت محیط آبی است (۶). همچنین بی‌مهره‌گان کفزی امروزه اساسی‌ترین اجزای زیستی نهرها هستند که با استفاده از ترکیب جمعیتی آنها و تکیه بر گروه‌های شاخص، می‌توان شرایط کیفی نهرها را مشخص نمود (۷).

رودخانه صوفی چای از دامنه‌های جنوبی سهند واقع در ۳۷ کیلومتری شهرستان مراغه شکل می‌گیرد و بعنوان رودخانه

مستقل و دائمی مهمترین رودخانه این محدوده تلقی می‌شود و با جریان یافتن در امتداد شمال شرق و بعد از عبور از روستاهای مسیر خود، وارد شهر مراغه شده و ضمن تأمین آب شرب شهری، با مشروب نمودن اراضی کشاورزی در نهایت وارد دریاچه ارومیه می‌شود (۸). در این تحقیق، رودخانه صوفی چای به عنوان مطالعه موردی برای ارزیابی سلامت کیفی آب با توجه به ترکیب جمعیتی ماکروبن‌توزها انتخاب شد.

در پژوهشی که امری و همکاران در رودخانه جاجرود انجام دادند تنوع زیستی اجتماعات ماکروبن‌توزی در بالادست رودخانه (ایستگاه ۱) بالاتر از ایستگاه‌های پایین دست و ایستگاه ۳ ناسالم بود (۹). در ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص‌های زیستی که در منطقه حفاظت شده مند، ایران، توسط مقصدانی و همکاران در سال ۲۰۱۳ انجام گرفت با توجه به نمونه‌های شناسایی شده و شاخص (Welch)، کیفیت آب در رودخانه مند ضعیف تا متوسط می‌باشد (۱۰). با توجه به بررسی تنوع گونه‌ای جوامع ماکروبن‌توز در منطقه سلخ، جزیره قشم، ایران، که در سال ۲۰۱۰ انجام گرفت مشاهده شد که تنوع ماکروبن‌توزها در یک سطح خوب هستند که منبع اساسی برای اکوسیستم‌های دریایی می‌باشند (۱۱). ممبینی و همکاران در مطالعه ساختار اجتماعات ماکروبن‌تیک به عنوان شاخص‌های آلاینده‌گی کیفیت رودخانه جراحی را بر اساس الگوی Welch، در حد متوسط در کلیه ایستگاه‌های نمونه برداری مشاهده کردند (۱۲).

این مطالعه با هدف بررسی کیفیت آب رودخانه صوفی چای با استفاده از نشانگرهای زیستی ماکروبن‌توزیابکارگیری شاخص‌های تنوع و غالبیت شانون و سیمپسون انجام گرفت. میزان آلودگی منطقه مورد مطالعه با استفاده از مقیاس ۱۹۹۲ Welch تعیین شد (۱۳). همچنین جهت تعیین کیفیت رودخانه مورد مطالعه از سیستم امتیازی شاخص BMWP استفاده شد و گونه‌های نشانگر بن‌تیک در منطقه مورد مطالعه معرفی گردید. علاوه بر این سنجش مواد آلی رسوبات بستر،

های کشاورزی بطور مستقیم وارد این رودخانه می‌شوند و ۲ ایستگاه آخر مربوط به ایستگاه شهری می‌باشد که در آنجا انواع فاضلابهای شهری به آن سرازیر می‌شود. در راستای تعیین محدوده مطالعاتی و شناسایی محل، ایستگاه‌های نمونه برداری با استفاده از GPS انتخاب گردید (جدول ۱). موقعیت ایستگاه‌ها نیز با استفاده از نرم افزار GIS بر روی نقشه ۱ نشان داده شده است.

بافت بستر و پارامترهای محیطی (شوری، دما، کدورت، DO، BOD، COD، EC، pH) نیز انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

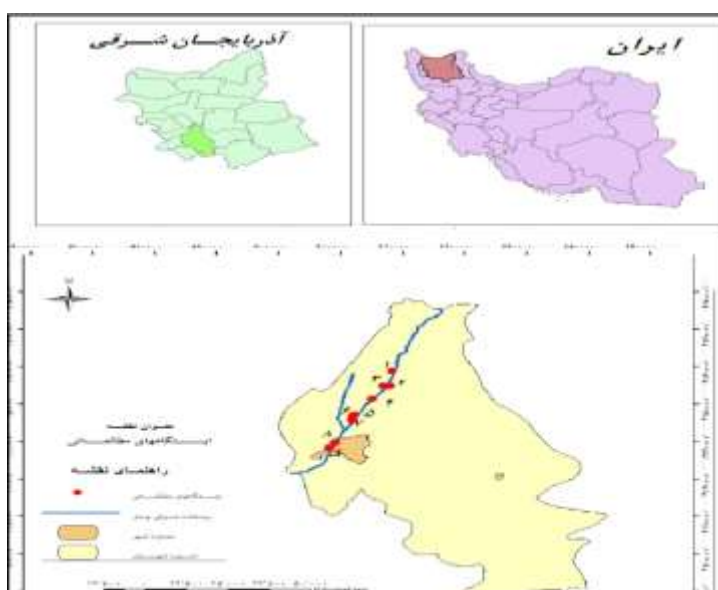
۱- منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر ابتدا با شناسایی منطقه مورد مطالعه در مجموع ۹ ایستگاه انتخاب گردید که ۷ ایستگاه شامل روستاهایی به همراه زمین‌های حاصلخیز کشاورزی است که در حاشیه رودخانه واقع شده اند و فاضلاب‌های انسانی و پساب-

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه

Table 1 . geographical location of the stations within the study

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه	
۳۷° ۲۷' ۰"	۱۶° ۴۶' ۰"	منطقه حفاظت شده رودخانه صوفی چای (بالا دست رودخانه)	۱
۳۱° ۳۷' ۵۰/۱۸"	۱۹° ۴۶' ۳۷/۱۶"	روستای یار شهری	۲
۳۱° ۳۷' ۴۸/۷۲"	۱۹° ۴۶' ۳۵' ۴۸"	روستای صومعه	۳
۳۳° ۳۷' ۴۹/۱۴"	۲۰° ۴۶' ۳۴/۲۶"	روستای هریس	۴
۳۰° ۳۷' ۱۱/۸۷"	۱۸° ۴۶' ۶/۷۶"	روستای اشان	۵
۲۷° ۳۷' ۳۱"	۱۶° ۴۶' ۰۹"	روستای تازه کند قشلاق	۶
۲۷° ۳۷' ۰/۴۲"	۱۵° ۴۶' ۴۴"	روستای قشلاق	۷
۲۳° ۳۷' ۲۲"	۱۳° ۴۶' ۴۴/۵۷"	ایستگاه شماره ۱ شهری (میدان پاسداران، پل یادگاران)	۸
۲۳° ۳۷' ۹/۳۵"	۱۳° ۴۶' ۴۰/۶۷"	ایستگاه شماره ۲ شهری (پل دژبانی)	۹



نقشه ۱-موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی

Map 1. Location of study stations

۲- نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

دو دوره نمونه برداری در طی فصول سرد و گرم (اواخر اسفند و اواخر تیر) انجام گرفت. وسیله نمونه برداری نیز با توجه به نوع بستر انتخاب شد و چون بستر از نوع صخره ای می باشد از نمونه بردار سوربر جهت شناسایی و تعیین تنوع و تراکم نشانگرهای زیستی ماکروبتنوزی استفاده گردید. همچنین برای تعیین کل مواد آلی و دانه بندی رسوبات از بستر نمونه رسوب برداشته شد. نمونه برداری به روش نمونه برداری تصادفی ساده انجام گرفت که در هر ایستگاه با استفاده از سوربر نمونه برداری با ۳ بار تکرار به منظور کاهش خطا انجام گرفت. پس از اینکه نمونه ها به آزمایشگاه منتقل شدند، محتویات هر ظرف پلاستیکی با دقت در الک با چشمه ۰/۵ میلی متر آنقدر شستشو داده شدند که دیگر هیچ رسوبی از الک خارج نشد. سپس محتویات الک رنگ آمیزی شده و توسط متخصص، بنتوزها در حد خانواده و در صورت امکان در حد جنس و گونه شناسایی گردیدند. پارامترهایی که بر فیزیولوژی موجودات آبی و کیفیت آب اثرگذار می باشند مثل DO، pH، شوری، دما و دانه بندی و درصد مواد آلی به عنوان شاخص های تعیین کیفیت و آلودگی آب انتخاب شده و مورد سنجش قرار گرفتند. لازم به ذکر است که پارامترهای محیطی نظیر دمای آب و DO در محل نمونه برداری با استفاده از دماسنج و دستگاه DO متر انجام گرفت. به کمک این پارامترها به بررسی کیفیت آب در ایستگاه های مختلف پرداخته شده است. سپس از طریق محاسبات آماری سعی بر آن شد تا ارتباطی بین این پارامترها و اجتماعات بنتیک برقرار کنیم تا براساس آن بتوانیم نتیجه گیری با قابلیت اطمینان آماری بهتری داشته باشیم. تجزیه و تحلیل نمونه ها با استفاده از نرم افزار Excel و SPSS (ورژن ۱۶) انجام گرفت. از شاخص شانون^۱ و سیمپسون^۲ برای ارزیابی کیفیت آب و جهت بررسی تنوع زیستی ماکروبتنوزها استفاده شد. همچنین آب این رودخانه از نظر آلودگی بوسیله الگوی معرفی شده توسط Welch طبقه بندی شد. بعلاوه سیستم

امتیازی BMWP برای تعیین کیفیت آب رودخانه مورد استفاده قرار گرفت.

۳- روش های آزمایشگاهی

-آزمایش های فیزیکوشیمیایی

برای انجام آزمایش های فیزیکوشیمیایی بر روی نمونه ها از

روش استاندارد موجود در کتاب Standard

Method (1998) استفاده شد (۱۴).

-آنالیز دانه بندی رسوبات

آنالیز دانه بندی رسوبات (GSA) طبق روش استاندارد

معرفی شده توسط Buchanan (۱۹۸۴) انجام گرفت (۱۴).

(۱) درصد حضور دانه بندی $M \times 100/25 =$

- سنجش میزان مواد آلی TOM^۳

جهت تعیین درصد مواد آلی رسوبات در هر ایستگاه از روش

استاندارد معرفی شده توسط Elwakeel و Riley (۱۹۶۶) به

ترتیب زیر استفاده شده است (۱۵).

$$TOM\% = (A - B) / A - X \cdot 100$$

A = وزن بوته و رسوب خشک شده به مدت ۸ ساعت و در دمای

۷۰ درجه سانتیگراد

B = وزن بوته و رسوب سوخته شده به مدت ۸ ساعت و در

دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد

C = وزن بوته خالی

۴- محاسبه شاخص ها

-شاخص شانون (Shannon Index)

در شاخص شانون سه حالت وجود دارد (Shannon and

Weaner, 1963):

۱- H' کمتر از ۱ منطقه آلوده

۲- H' بین ۱-۳ منطقه نیمه آلوده

۳- H' بیشتر از ۳ منطقه عاری از آلودگی

$$H' = -\sum_{i=1}^n [(ni/n) \ln (ni/ni)]$$

ni: تعداد افراد متعلق به i امین گونه

n: تعداد کل افراد نمونه

s: تعداد کل گونه ها

H: شاخص شانون

-شاخص سیمسون (Simpson Index)

شاخص سیمپسون با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود و به نوعی غالب گونه ای را نشان می دهد (Simpson, 1949).

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n n_i(n_i - 1) / n(n - 1)$$

λ: شاخص سیمپسون

n_i: تعداد افراد در گونه i ام

n: تعداد کل افراد گونه ها

-شاخص BMWP

از بین شاخص های ارزیابی کیفیت آب، شاخص سیستم امتیازی BMWP می باشد. در استفاده از این شاخص، شناسایی موجودات در حد خانواده کفایت می کند. برای محاسبه شاخص زیستی BMWP، در هر ایستگاه ابتدا حداکثر تعداد خانواده ماکروبتوز های موجود در نمونه های برداشت شده هر ایستگاه مشخص می شود. سپس با استفاده از جدول امتیازهای سیستم امتیازی BMWP شاخص مورد نظر محاسبه می شود (۱۷).

جدول ۲- شاخص سیستم امتیازی BMWP

Table 2. BMWP score system index

امتیاز کلی شاخص	طبقه کیفی	توضیح
۱۰-۰	خیلی بد	آلودگی شدید
۴۰-۱۱	بد	آلوده یا تحت تأثیر قرار گرفته
۷۰-۴۱	متوسط	بطور متوسط تحت تأثیر قرار گرفته
۱۰۰-۷۱	خوب	تمیز ولی کمی تحت تأثیر قرار گرفته
۱۰۰<	خیلی خوب	غیر آلوده

نتایج

۱- نتایج سنجش پارامترهای فیزیکی شیمیایی

میانگین پارامتر DO در ایستگاه های نمونه برداری نشان داد که در مجموع بیشترین DO در بین فصول در تمام ایستگاه ها

مربوط به فصل زمستان در ایستگاه ۳ با مقدار عددی ۱۰/۷۳mg/l است و کمترین میزان در فصل تابستان در ایستگاه ۹ (ایستگاه شماره ۲ شهری) با مقدار عددی ۷/۴۳mg/l است. که این اختلاف بدلیل اثر دما در حلالیت میزان اکسیژن در آب رودخانه می باشد. نتایج آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد که بین میانگین پارامتر DO در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان (p<0/01) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

میانگین پارامتر شوری در ایستگاه های نمونه برداری نشان داد در مجموع بیشترین شوری در بین فصول در تمام ایستگاه ها مربوط به فصل تابستان در ایستگاه ۹ با مقدار عددی ۰/۲۱ میلی گرم بر لیتر ثبت شده است و کمترین میزان در ایستگاه های ۳ و ۱ در فصل زمستان با مقدار عددی ۰/۰۶ میلی گرم بر لیتر ثبت شده است. که این اختلاف بدلیل اثر دمای هوا بر میزان افزایش تبخیر آب در تابستان می باشد و بالعکس. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین پارامتر شوری در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان (p<0/001) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

بطور میانگین در مجموع بیشترین دما در بین فصول در تمام ایستگاه ها مربوط به فصل تابستان در ایستگاه ۳ با مقدار عددی ۲۳/۶۶ درجه سانتیگراد ثبت شده است و کمترین میزان در فصل زمستان در ایستگاه ۱ (منطقه حفاظت شده رودخانه صوفی چای) با مقدار عددی ۳/۳۶ درجه سانتیگراد ثبت شده است. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین پارامتر دما در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان (p<0/001) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

در مجموع بیشترین کدورت (NTU) در بین فصول در تمام ایستگاه ها مربوط به فصل تابستان با مقدار عددی (NTU) ۱۱ در ایستگاه های ۸ و ۹ و کمترین میزان در ایستگاه ۲ (یار شهری) با مقدار عددی ۱/۹۳ در هر دو فصل می باشد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که بین میانگین پارامتر کدورت (NTU) در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های

ایستگاه ۶ (تازه کند قشلاق) و کمترین میزان $1/50 \text{ mg/l}$ در ایستگاههای ۵ و ۳ (اشان و صومعه) مربوط به فصل تابستان می باشد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد بین میانگین پارامتر BOD در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان ($p < 0/001$) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

در مجموع بیشترین pH در بین فصول در تمام ایستگاه ها مربوط به فصل زمستان با مقدار عددی $8/69$ در ایستگاه ۸ و کمترین میزان $7/11$ در ایستگاه ۴ مربوط به فصل تابستان می باشد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد بین میانگین پارامتر pH در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان ($p < 0/001$) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

در مجموع بیشترین TOM در فصل تابستان در ایستگاه ۶ با مقدار عددی $9/24$ درصد است و کمترین میزان نیز در فصل تابستان در ایستگاه ۵ با مقدار عددی $1/23$ درصد است. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد بین میانگین پارامتر TOM در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان ($p < 0/001$) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان ($p < 0/001$) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

در مجموع بیشترین EC در بین فصول در تمام ایستگاه ها مربوط به فصل زمستان با مقدار عددی $380/6$ میکرو زیمنس بر سانتی متر در ایستگاه ۹ (شهری ۲) و کمترین میزان 113 میکرو زیمنس بر سانتی متر در ایستگاه ۲ (یار شهری) مربوط به فصل زمستان می باشد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد بین میانگین پارامتر EC در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان ($p < 0/001$) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

در مجموع بیشترین COD در بین فصول در تمام ایستگاه ها مربوط به فصل زمستان با مقدار عددی $23/37 \text{ mg/l}$ در ایستگاه ۸ (شهری ۱) و کمترین میزان $2/13 \text{ mg/l}$ در ایستگاه ۹ (شهری ۲) مربوط به فصل تابستان می باشد. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد بین میانگین پارامتر COD در دو فصل نمونه برداری و ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با سطح اطمینان ($p < 0/001$) وجود دارد (جدول ۳ و ۴).

در مجموع بیشترین BOD در بین فصول در تمام ایستگاه ها مربوط به فصل زمستان با مقدار عددی $12/46 \text{ mg/l}$

جدول ۳- آنالیز واریانس یکطرفه جهت مقایسه پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاه های مختلف در فصل زمستان

Table 3. ANOVA to compare the measured parameters at various stations in winter

TOM	شوری	دما	کدورت	EC	COD	BOD	DO	pH	
۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	درجه آزادی
۲۲۶/۳۱۵***	۱۴/۲۲۴***	۲۳۸/۸۸***	۶۰۴/۹۸۳***	۱۶۶/۶***	۵۲۲/۲***	۲۱۰/۷۴۰***	۳۶/۴۵۵**	۲۶/۸۷۹***	F

***= اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0/001$) **= اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0/01$)

جدول ۴- آنالیز واریانس یکطرفه جهت مقایسه پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاه های مختلف در فصل تابستان

Table 4. ANOVA to compare the measured parameters at various stations in summer

TOM	شوری	دما	کدورت	EC	COD	BOD	DO	pH	
۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	۱۸ و ۸	درجه آزادی
۱۳۹۴***	۲۴/۱۸۸***	۶۵/۲۶۱***	۷۹۵/۸۵۷***	۲۵۳/۴۸۵***	۳۵۰/۳۷۴***	۵۴۴/۷۹۸***	۶/۳۱۵**	۷۲/۶۰۴***	F

***= اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0/001$) **= اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0/01$)

۲- نتایج آنالیز دانه بندی رسوبات (GSA)

به منظور نشان دادن تغییرات دانه بندی در این بررسی ذرات رسوبی غالب در سه محدوده اندازه گیری به ترتیب زیر قرار داده شده است. ذرات ریزتر از ۰/۰۶۳ میلی متر، رس (GS3)، ذرات بین ۰/۰۶۳ - ۰/۱۲۵ میلی متر، ماسه خیلی ریز-سیلت (GS2) و ذرات درشت تر از ۰/۱۲۵ میلی متر، ماسه و شن ریز (GS1). مطالعه دانه بندی رسوبات در ایستگاه های نمونه برداری نشان داد که ترکیب عمده رسوبات در هر دو فصل زمستان و تابستان از جنس ذرات درشت تر از ۰/۱۲۵ میلی متر بود که سایز مذکور در کلاسه شن ریز قرار می گیرد. به استثنای ایستگاه ۷ در فصل تابستان که از جنس ذرات ۰/۰۶۳ - ۰/۱۲۵ میلی متر (ماسه خیلی ریز - سیلت) می باشد.

۳- تراکم ماکروبنتوزها

نتایج تراکم ماکروبنتوزهای مناطق مورد مطالعه در دو فصل نشان می دهد که منطقه قشلاق با میزان تراکم ۶۲ فرد در سانتیمتر مربع در فصل زمستان ۱۳۹۳ و منطقه ایستگاه شماره ۲ شهری با میزان تراکم ۱۶۸ فرد در سانتیمتر مربع در فصل تابستان ۱۳۹۴، دارای بیشترین میزان تراکم ماکروبنتوزها بودند (جدول ۵). در این مطالعه، ۲۰ گونه از ماکروبنتوزها مورد شناسایی و مطالعه قرار گرفتند. گونه *Baetis sp.* گونه غالب در هر دو فصل زمستان و تابستان (با غالبیت ۴۴/۹۵ و ۵۰/۷۰ درصد) به شمار می آید (جدول ۵). همچنین گونه های *Leuctra sp.*، *Hydropsyche sp.* و *Heptagenia sp.* از دیگر گونه های با درصد فراوانی بالا بشمار می آیند.

۴- نتایج محاسبه شاخص های زیستی ماکروبنتوزها

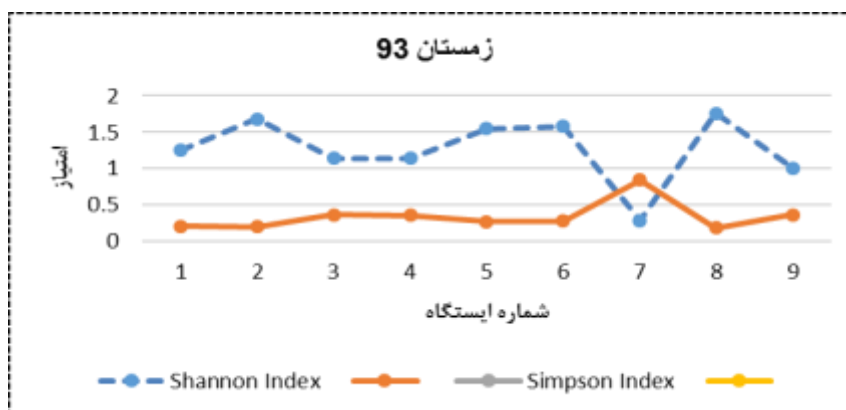
به منظور بررسی تنوع زیستی ماکروبنتوزها شاخص زیستی شانون (H') و سیمپسون (λ) و BMWP برای تمامی ایستگاه ها و فصول نمونه برداری محاسبه گردید. نتایج محاسبه شاخص های فوق بیشترین میزان شاخص شانون را ۱/۷۶ فرد در سانتیمتر مربع در فصل زمستان و در ایستگاه ۸ (شهری ۱) و کم ترین میزان این شاخص را ۰/۲۹ فرد در سانتیمتر مربع

در فصل زمستان و در ایستگاه ۷ نشان داد. حداکثر میزان شاخص سیمپسون ۰/۸۴ در فصل زمستان در ایستگاه ۷ (قشلاق) و حداقل این شاخص ۰/۱۹ در فصل زمستان و در ایستگاه ۸ (شهری ۱) ثبت گردید. نمودارهای ۱ و ۲ روند تغییرات شاخص های شانون و سیمپسون برای ایستگاه های نمونه برداری را در هر فصل نشان می دهد.

جدول ۵- تعداد و درصد فراوانی گونه های ماکروبندوز در دو فصل زمستان ۱۳۹۳ و تابستان ۱۳۹۴

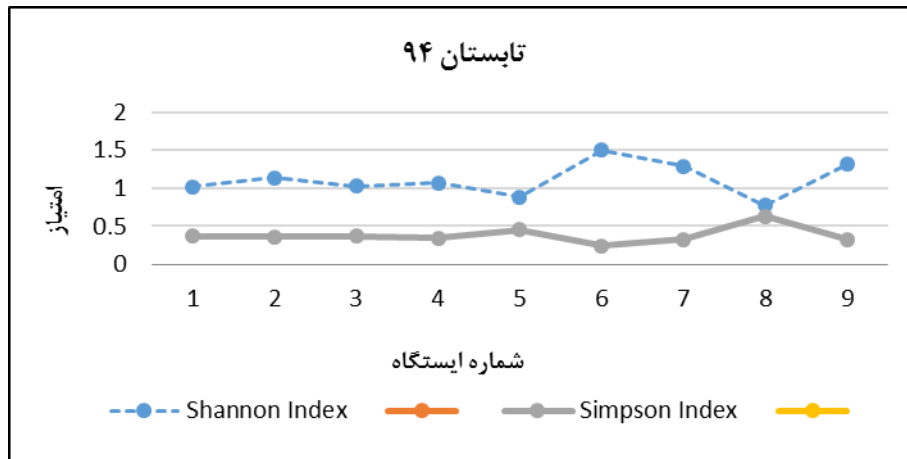
Table 5. Number and percentage of abundance of macrobenthos in winter 1393 and summer 1394

نام گونه	زمستان ۱۳۹۳		تابستان ۱۳۹۴	
	فراوانی	درصد فراوانی	فراوانی	درصد فراوانی
<i>Baetis</i> sp.	۸۹	۴۴/۹۵	۲۵۲	۵۰/۷۰
<i>Leuctra</i> sp.	۳۴	۱۷/۱۷	۴۶	۹/۲۵
<i>Hydropsyche</i> sp.	--	۰	۶۹	۱۳/۸۸
<i>Heptagenia</i> sp.	۲	۱/۰۱	۴۴	۸/۸۵
<i>Potamopyrgud jenkinsi</i>	۱۳	۶/۵۷	۲۸	۵/۶۳
<i>Erpobdella</i> sp.	۱۲	۶/۰۶	۱۲	۲/۴۱
<i>Limnophora</i> sp.	۱۱	۵/۵۶	۳	۰/۶۰
<i>Chironomus</i> sp.	۱۳	۶/۵۷	--	۰
<i>Philopotamus montamus</i>	۴	۲/۰۲	۳	۰/۶۰
<i>Physa</i> sp.	۷	۳/۵۴	--	۰
<i>Spaniotom</i> sp.	۴	۲/۰۲	--	۰
<i>Dinocras cephalotes</i>	۳	۱/۵۲	--	۰
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	۲	۱/۰۱	--	۰
<i>Sphaerium corneum</i>	۲	۱/۰۱	--	۰
<i>Limnius</i> sp.	۱	۰/۳۴	--	۰
<i>Tipulid</i> sp.	۱	۰/۳۴	--	۰
<i>Tubifex</i> sp.	--	۰	۱	۰/۱۰
<i>Oligochaeta</i> sp.	--	۰	۱	۰/۱۰
<i>Cordulegaster boltonii</i>	۱	۰/۳۴	--	۰



نمودار ۱- مقایسه شاخص ها در فصل تابستان

Figure 1. Comparison of indicators in summer

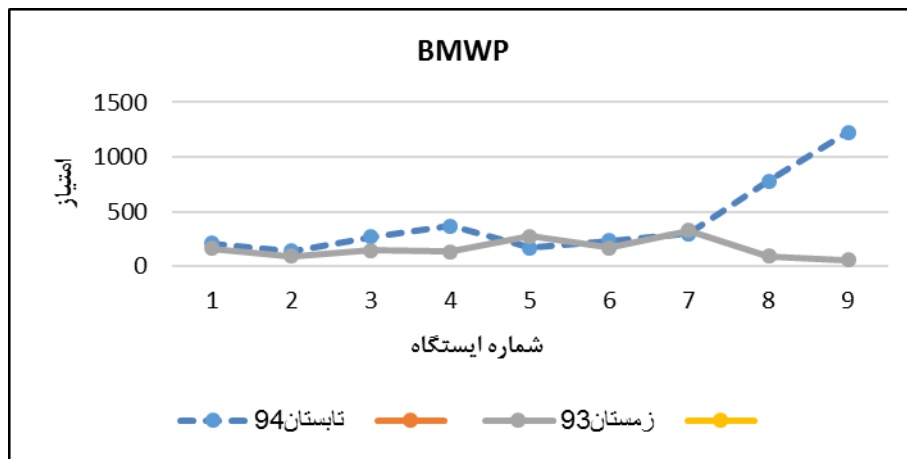


نمودار ۲- مقایسه شاخص ها در فصل زمستان

Figure 2. Comparison of indicators in winter

۹ (شهری ۲) در فصل زمستان است. نتایج شاخص BMWP در فصل زمستان ۹۳ و تابستان ۹۴ در نمودار ۳ مقایسه شده است.

بیشترین امتیاز در شاخص امتیازی BMWP در فصول زمستان و تابستان مربوط به ایستگاه ۹ (شهری ۲) در فصل تابستان و کمترین امتیاز شاخص مذکور نیز مربوط به ایستگاه



نمودار ۳- تغییرات شاخص BMWP در فصل زمستان ۹۳ و تابستان ۹۴

Figure 3. BMWP index changes in winter 93 and summer 94

۵- دبی

دبی آبرودخانه صوفی چای از مهر ۹۳ تا شهریور ۹۴ در نمودار ۴ نشان داده شده است.

طبق اندازه گیری های اداره امور آب شهرستان مراغه دبی در اسفند ماه ۱۳۹۳ دارای مقدار عددی ۹/۶۹ m/s و در تیر ۱۳۹۴ دارای مقدار عددی ۰/۴۹ m/s ثبت شده است. همچنین



نمودار ۴- دبی آب رودخانه صوفی چای از مهر ۹۳ تا شهریور ۹۴

Figure 4. Sofi Chay river water flow from October 93 to September 94

۶- بررسی های آماری

بررسی روابط همبستگی
پیرسون استفاده شد. ضرائب همبستگی حاصل از این آزمون به ترتیب در جدول ۶ نشان داده شده است.

جهت بررسی ارتباط میان غلظت DO و تنوع گونه ای، BOD و تنوع گونه ای در ایستگاه های مختلف در فصول زمستان و تابستان از آزمون همبستگی و ضریب همبستگی

جدول ۶- همبستگی میان تنوع و DO و نیز تنوع و BOD

Table 6. correlations between diversity and DO and diversity and BOD

ضریب همبستگی = r		فصل
BOD تنوع *	DO تنوع *	
ns_0/193	ns_0/23	زمستان
ns_0/401	-0/851 **	تابستان

ns (not significant) = اختلاف معنادار وجود ندارد ** = اختلاف معنادار وجود دارد (0/01 P)

مقایسه شاخص های تنوع بین فصول تابستان و زمستان به منظور مقایسه شاخص های تنوع بین فصول تابستان و زمستان از آزمون Paired sample t-test استفاده شد. نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- مقایسه شاخص های تنوع بین فصول تابستان و زمستان

Table 7. Comparison of variation Index between summer and winter

شاخص	فصل	انحراف معیار + میانگین	درجه آزادی	آماره t	Sig	p value
شانون	زمستان	1/00 + 0/41	۸	-1/193	0/267	> 0/05 p
	تابستان	1/26 + 0/45				
سیمپسون	زمستان	0/38 + 0/11	۸	0/303	0/770	> 0/05 p
	تابستان	0/35 + 0/19				
BMWP	زمستان	410/4 + 360/26	۸	1/802	0/109	> 0/05 p
	تابستان	161/6 + 88/17				

بحث و نتیجه گیری

کاربردهای شاخص های تنوع جمعیت در فرایینی کیفیت آب بر مبنای این فرض استوار است که ساختار اجتماعات بنتیک همراه با آشفتگی های محیطی تغییر می نماید زیرا برخی از گونه ها بیش از سایرین تحت فشار قرار می گیرند (۱۸). نتایج شاخص شانون با توجه به مقیاس Welch (۱۹۹۲) آلودگی سطح متوسط و زیاد را در این رودخانه نشان داد، زیرا با توجه به مقیاس مذکور اگر مقدار شاخص شانون بین ۳-۱ باشد در حالت میانه از نظر استرس یا آلودگی سطح متوسط و اگر < 1 باشد محیط دارای استرس محیطی یا آلودگی زیاد برای منطقه ثبت می گردد (۱۴)، (۱۹) و (۲۰).

جدول ۸- مقیاس Welch (1992)

Table 8. Welch (1992) scale

۵-۳	آلودگی کم
۳-۱	آلودگی متوسط
کمتر از ۱	آلودگی زیاد

با توجه به این مقیاس بالاترین کیفیت مربوط به ایستگاه ۸ ($H' = 1/76$) در فصل زمستان و ایستگاه ۷ ($H' = 0/29$) در فصل زمستان پایین ترین کیفیت را داشت. نتایج حاصله با Hynes و Lenat در سال ۱۹۸۸ و Leunda و همکاران در سال ۲۰۰۹ مطابقت دارد (۲۲)، (۲۳)، (۲۴). از آنجایی که بین تنوع و پایداری و قابلیت مقاومت اکوسیستم در برابر آشفتگی ها همبستگی وجود دارد، محاسبه شاخص تنوع برای نمونه های بی مهره گان کفزی برآوردی از یک جنبه اساسی ساختار اکوسیستم برای کسب بینش مستقیمی از سلامت زیستی آن سیستم می باشد (۲۱).

از آنجا که در محاسبه شاخص BMWP خانواده های با مقامت بیشتر نسبت به آلودگی امتیاز کمتری می گیرند، کاهش این شاخص به معنی افزایش گروه های مقاوم به آلودگی و مبین کاهش کیفیت آب است و بالعکس. به طوریکه در محدوده مطالعاتی کیفیت آب بر اساس این شاخص در فصل زمستان در ایستگاه های ۱،۳،۴،۵،۶،۷ در طبقه کیفی خیلی خوب و ایستگاه های ۸ و ۲ در طبقه کیفی خوب و ایستگاه ۹ در طبقه

کیفی متوسط قرار دارد. همچنین در فصل تابستان، تمامی ایستگاه های مطالعاتی دارای طبقه کیفی خیلی خوب می باشد. احتمالاً در فصل زمستان کاهش کیفیت در ایستگاه ۲ که پس از منطقه حفاظت شده می باشد بدلیل سرازیر شدن فاضلاب انسانی روستایی و روانابهای کشاورزی باشد همچنین، با توجه به اینکه بین ایستگاه های روستایی و شهری سد وجود دارد و بعلت بسته شدن جریان آب در پشت سد در فصل زمستان که منجر به کاهش جریان آب در ایستگاه ۸ (شهری ۱) شده بود، بدلیل همین امر احتمالاً ورود آلاینده های شهری منجر به کاهش کیفیت آب گشته است. همچنین در ایستگاه ۹ که ایستگاه آخر در محدوده شهر می باشد، جلوی آب بسته شده بود و آب رودخانه در این ایستگاه بصورت راکد بود و حتی تا حدودی بوی بدی به مشام می خورد که بنظر می رسد بخاطر همین امر این ایستگاه پایین ترین کیفیت را در بین تمام ایستگاه های مطالعاتی دارد. ولی در فصل تابستان با باز شدن دریچه سد و باز کردن جلوی آب در ایستگاه آخر (ایستگاه ۹) آب جریان داشته و از کدورت پایین تری برخوردار بوده لذا از کیفیت بالایی برخوردار هستند. در پژوهشی که در سال ۱۳۸۹ بر روی رودخانه زاینده رود انجام شد کیفیت رودخانه در برخی فصول در ایستگاه خروجی مزرعه تکاب در طبقه کیفی بد قرار دارد (۲۵) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت ندارد و مطالعات دیگری همچون رودخانه چشمه کیله تنکابن نشان می دهد که کیفیت آب خوب می باشد که با تقریباً با مطالعه حاضر تطابق دارد (۲۴). در رودخانه Cau در ویتنام در سال ۲۰۱۴ و رودخانه های Degirmendere در سال ۲۰۱۱ و Yeshilmark ترکیه در سال ۲۰۱۰ نیز با استفاده از شاخص BMWP به بررسی کیفیت آب پرداخته شده است (۲۷)، (۲۸) و (۲۹). در مطالعه ای که در سال ۲۰۰۵ بر روی رودخانه برزیتنا در بلاروس شاخص BMWP را بعنوان شاخص حساس نسبت به سایر شاخص ها معرفی کرد (۳۰).

مطالعه دانه بندی رسوبات در ایستگاه های نمونه برداری نشان داد که ترکیب عمده رسوبات رودخانه ذرات درشت تر از ۰/۱۲۵ میلی متر (شن ریز) در تمام ایستگاه های مطالعاتی بوده است.

شرایط مناسب برای زیست اکثر گونه ها بوده است. نتایج کلی به دست آمده از این مطالعه نشان داد که در تمام ایستگاه های نمونه برداری انتخاب شده آلودگی وجود داشته ولی میزان این آلودگی در بخش های مختلف رودخانه متفاوت بوده است. عامل اصلی آلودگی این رودخانه فاضلاب های خانگی روستاهای حاشیه رودخانه و در درجه بعدی اهمیت پساب های کشاورزی ناشی از فعالیت های کشاورزی بوده است. با توجه به نتایج این مطالعه می توان نتیجه گرفت که ماکروبتوزها شاخص خوبی برای ارزیابی شرایط زیست محیطی رودخانه ها هستند.

همچنین نتایج عوامل فیزیکوشیمیایی نشان داد در فصل زمستان (اواخر اسفند) به دلیل بارش های مناسب در سال ۹۳ و افزایش دبی آب رودخانه، بالاترین میزان کیفیت و در فصل تابستان به دلیل کاهش بارندگی در سال ۹۴ و کاهش جریان آب با بسته شدن سد در بالا دست رودخانه و در نتیجه کاهش دبی آب، کم ترین میزان کیفیت را دارا بود. بالاترین درصد مواد آلی در فصل تابستان ثبت گردید که احتمالاً دلیل آن بارندگی بسیار کم در فصل مذکور بوده که این امر منجر به کاهش شدید جریان آب و کاهش قدرت خودپالایی رودخانه و در نتیجه افزایش ته نشینی مواد آلی در رسوبات بستر گردیده، در حالی که در فصل زمستان به دلیل مناسب بودن شرایط برای تولیدکنندگان اولیه و مصرف مواد مغذی و افزایش قدرت خودپالایی رودخانه میزان مواد آلی کاهش یافته است. مطالعه ترکیب بستر رودخانه، غالبیت حضور ذرات ۴-۱ میلی متر را نشان داد. طبق مطالعه انجام شده ساختار اجتماعات ماکروبتیک به صورتدوکفه ای ها، شکم پایان، حشرات، سخت پوستان و زالوها، حلزون ها ثبت گردید. ویژگی های بستر رودخانه بطور نزدیکی با تنوع جامعه بی مهره گان کفزی رودخانه مرتبط است. اعتقاد بر این است که عدم تجانس بستر رودخانه ارتباط مثبت با تنوع بی مهره گان کفزی در رودخانه ها دارد (۳۳). بالاترین تراکم ماکروبتوزها در فصل تابستان و کم ترین تراکم آن ها در فصل زمستان ثبت شد. احتمالاً دلیل پایین بودن تراکم ماکروبتوزها در فصل زمستان به دلیل سردی هوا باشد چون در هوای سرد موجودات به حالت کما رفته و

البته فقط ایستگاه ۷ در فصل تابستان از جنس ذرات ۰/۰۶۳ - ۰/۱۲۵ میلی متر (ماسه ریز) می باشد. احتمالاً دلیل غالب بودن گونه *Baetis* در ایستگاه ها مربوط به همین امر باشد. طبق مطالعه انجام شده ساختار اجتماعات ماکروبتیک در ۶ رده دوکفه ای ها، شکم پایان، حشرات، سخت پوستان زالوها و حلزون ها جمع آوری گردید. ویژگی های بستر رودخانه بطور نزدیکی با تنوع جامعه بی مهره گان کفزی رودخانه مرتبط است. اعتقاد بر این است که عدم تجانس بستر رودخانه ارتباط مثبت با تنوع بی مهره گان کفزی در رودخانه ها دارد (۳۱). بالاترین تراکم ماکروبتوزها در فصل تابستان و کم ترین تراکم آن ها در فصل زمستان ثبت شد. احتمالاً دلیل پایین بودن تراکم ماکروبتوزها در فصل زمستان بدلیل سردی هوا باشد چون در هوای سرد موجودات به حالت کما رفته و بتدریج با گرم شدن هوا از حالت سکون یا کما در می آیند و برای همین بالاترین تراکم ماکروبتوزها در فصل تابستان ثبت شده است. یکی از مهمترین نتایج بدست آمده در این بررسی تراکم بالای راسته یک روزه ها یا زودمیران در این رودخانه که به گونه *Baetis* اختصاص دارد. همچنین گونه *Chironomus sp* که از گونه های مقاوم به شمار می رود و از مواد آلی در بستر تغذیه می کند و در فصل زمستان در ایستگاه های ۲،۳،۴،۵،۶ حضور دارد که احتمالاً به دلیل اثر فاضلابهای تصفیه نشده ای هست که توسط روستاها وارد رودخانه گشته است. وجود گونه شیرونوموس در اغلب ایستگاه ها نشان دهنده و تأیید کننده آلودگی متوسط بوده که این موضوع با توجه به شاخص شانون تأیید می گردد. البته لازم بذکر است که تعداد گونه مذکور در ایستگاه های ذکر شده دارای تعداد خیلی کمی است. این در حالیست که گروه های مختلف کفزیان با حفظ ساختار کلی خود، به شکلی توسعه می یابند که فشارهای زیست محیطی حاصله را خنثی نمایند. مناطق مسکونی و پسابهای حاصله یکی از عوامل مهم استرس زا در رودخانه ها است که موجب تغییر در اجتماعات کفزیان می شود (۳۲). شاخص های شانون و سیمپسون نشان دهنده تغییرات فصلی نامنظم در میزان تنوع ماکروبتوزهاست. شاید یکی از دلایل بالا بودن نسبی تنوع در این رودخانه فراهم بودن

بینی اقدامات کاهش آلودگی در حوزه آبریز رودخانه را برای مدیران و مسؤولان فراهم می‌کند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کارکنان محترم آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان شرقی و آقای مهندس بابایی، کارکنان محترم اداره محیط زیست شهرستان مراغه، خانم مهندس سعیده دیزجی، خانم دکتر حمیده دیزجی و خانم زهرا دوست صدیق و آزمایشگاه آلودگی‌های محیط زیست دانشگاه تهران به ویژه آقای مهندس حسین واعظ زاده و خانم مهندس سارا سلحشور تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Veisi, M., Mohammadi-Rouzbahani, M., Zohrabi, N. (2021). Survey on Shavoor River Water Quality Using Water Quality Indexes (Hamzeh Village to Shavoor Dam). *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(5), 81-93. doi: 10.22034/jest.2021.29970.3855.
2. Zamani-Ahmadmahmoodi, R., Ghaedamini, F., Najafi, M. (2021). Spatial Distribution Pattern of Water Quality of Pireghar River with Using Water Quality Index (WQI) and Geographic Information System (GIS). *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(2), 73-86. doi: 10.22034/jest.2021.21822.3090
3. Khonok, A., Sarai Tabrizi, M., Babazadeh, H., Saremi, A., Mohammadi Ghaleni, M. (2021). Modeling Water Quality of Sefidroud River Using Qual2kw. *Iranian Water Researches Journal*, 15(1), 121-131.
4. Li, F., Cai, Q., Fu, X., Liu, J., (2009). Construction of habitat suitability models (HSMs) for benthic macroinvertebrate and their

بتدریج با گرم شدن هوا از حالت سکون یا کما در می‌آیند و برای همین بالاترین تراکم ماکروبن‌توزها در فصل تابستان ثبت شده است.

یکی از مهم ترین نتایج به دست آمده در این بررسی تراکم بالای راسته یک روزه ها یا زود میران در این رودخانه بود که به گونه *Baetis* اختصاص داشت. همچنین گونه *Chironomus sp* از گونه های مقاوم بشمار می‌رود و از مواد آلی در بستر تغذیه می‌کند و در فصل زمستان در ایستگاه های ۲،۳،۴،۵،۶ حضور دارد که احتمالاً به دلیل اثر فاضلابهای تصفیه نشده ای هست که توسط روستاها وارد رودخانه گشته است. این در حالیست که گروه های مختلف کفزیان با حفظ ساختار کلی خود، به شکلی توسعه می‌یابند که در مصرف مواد آلی وارد بوده تا بتوانند فشارهای زیست محیطی حاصله را خنثی نمایند. مناطق مسکونی و پساب‌های حاصله یکی از عوامل مهم استرس‌زا در رودخانه ها است که موجب تغییر در اجتماعات کفزیان می‌شود (۱۵). شاخص های شانون و سیمپسون نشان دهنده تغییرات فصلی نامنظم در میزان تنوع ماکروبن‌توزهاست. شاید یکی از دلایل بالا بودن نسبی تنوع در این رودخانه فراهم بودن شرایط مناسب برای زیست اکثر گونه ها بوده است. نتایج کلی به دست آمده از این مطالعه نشان داد که در تمام ایستگاه‌های نمونه برداری انتخاب شده آلودگی وجود داشته ولی میزان این آلودگی در بخش های مختلف رودخانه متفاوت بوده است. عامل اصلی آلودگی این رودخانه فاضلاب های خانگی روستاهای حاشیه رودخانه و در درجه بعدی اهمیت پساب های کشاورزی ناشی از فعالیت های کشاورزی بوده است. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که ماکروبن‌توزها شاخص خوبی برای ارزیابی شرایط زیست محیطی رودخانه ها هستند و نمونه های ماکروبن‌تیک شناسایی شده در این تحقیق را می‌توان به عنوان شاخص در منطقه مطالعاتی در نظر گرفت.

در قرن حاضر حفاظت سیستم حیاتی رودخانه از اهداف اصلی ساماندهی رودخانه ها در توسعه پایدار منابع آب بشمار می‌آید. لذا پایش منظم رودخانه ها بصورت هدفمند و براساس برنامه ریزی و طراحی مناسب و سپس درجه بندی آن با شاخص های ذکر شده، امکان دسترسی به تغییرات و تحولات کیفی و پیش

- (6): 539-544, ISSN 2078-4589. (In Persian)
11. Mombaini, S., & Nabavi, S. (2012). Study on macrobiotic community structure as pollution indicators in Jarahi River (from seyed Ashore tomb to enter Shadegan city). *Journal of Environmental Science and Technology*, 14(1 (52)), 117-125. [HTTPS://WWW.SID.IR/EN/JOURNAL/VIWPAPER.ASPX?ID=296209](https://www.sid.ir/EN/JOURNAL/VIWPAPER.ASPX?ID=296209). (In Persian)
 12. Welch, E.B., (1992). *Ecology effect & waste water-2nd edition*. Chapman & Hall. pp 425.
 13. APHA, AWWA., (1992). *Standard of water and examination for method edition. wastewater. USA*, 18.
 14. Buchanan, j.b., (1984). *Sediment analysis*. In: *Methods for the study of marine benthos*. Black Well Sceintific publication, Oxford.pp 41-64.
 15. EL-Wakeel, S.K., Riley, J. P., (1966). *Determination of organic carbon in the marine muds*. *Journal of Du Counseil International Exploration*. 22. pp 180-183.
 16. Shannon, G.E. Weaner.W.1963. *The mathematicet al theory of communication*. University of linois press urban. 125 page.
 17. Hatami, R., Mahboobi Soofiani, N., Ebrahimi, E., Hemami, M. (2011). *Evaluating the Aquaculture Effluent Impact on Macroinvertebrate Community and Water Quality Using BMWP index*. *Journal of Environmental Studies*, 37(59), 43-54. Doi:[20.1001.1.10258620.1390.37.59.5.7](https://doi.org/10.1001.1.10258620.1390.37.59.5.7). (In Persian)
 18. Taylor, B.R., (2000). *Technical evaluation on methods for bentic invertebrates data analysis and applications to instream environmentalflows: A case study in Xiangxi River of Three Gorges Reservior region*. *China Progress in Natural Science.*,19(3):359-67
 5. Schultz, R., Dibble, E., (2012). *Effects of invasive macrophytes on freshwater fish and macroinvertebrate communities: the role of invasive plant traits*. *Hydrobiologia.*;84(1):1-14.
 6. Reynoldson, T.B., (1992). *An Overview of the assessment of Aquatic Ecosystem Health Using Benthic Invertebrates*. *Journal of aquatic ecosystem health*. 1: 295-308.
 7. Farmani, A. (2011). *Assessment of hydrological conditions of Maragheh plain regarding surface currents*. MSc thesis, Islamic Azad University-Maragheh branch. (In Persian)
 8. Amri, N., Jamili, S., Abdolbaghian, S., (2014). *Diversity of Macrobenthos Communities and Their Relationships with Environmental Factors in Jajroud River, Iran*. *Resources and Environment*, 4(2): 95-103 DOI: 10.5923/j.re.20140402.03. (In Persian)
 9. Moghdani, S., Amiri, F., Ghanbari, F., Saki Entezami, M., Tabatabaei, T., Pourkhan, M., (2013). *Water quality assessment with biological indicators: Mond protected area, Iran* *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, ISSN: 2220-6663. 2222-3045 (Online) <http://www.innspub.net>. (In Persian)
 10. Sadeghi Nassaj, S.M., Nabavi, S.M.B., Yavari V., Savari, A., Maryamabadi, A., (2010). *Species Diversity of Macrobenthic Communities in Salakh Region, Qeshm Island, Iran*, *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 2

26. Abbaspour, R., Hedayati Fard, M., Alizadeh Sabet, H., Hassanzadeh, H., Mesgaran Karimi, J. (2014). Evaluation of biological and water quality indexes of Cheshmeh Kileh River using microbenthic communities and physicochemical properties of water, *Journal of Environmental Science and Engineering*, 1 (2). (In Persian)
27. VietnamHong, H.N., Gert, E., Wim, G., Thu Huong Hoangd, Peter L.M, Goethals., (2014). A multimetric macroinvertebrate index for assessing the waterquality of the Cau river basin in Vietnam, *Limnologica* 45 ,16– 23, journal home page: www.elsevier.com/locate/limno
28. ZEYBEK, M., KALYONCU, H., KARAKAŞ, B., ÖZGÜL, S., (2014). The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, *Turk J Zool* 38: 603-61© TÜBİTAK doi:10.3906/zoo-1310
29. KAZANCI, N., TÜRKMEN, G., EKİNGEN, P., BAŞÖREN, O., (2013). Preparation of a biotic index (Yeşilirmak-BMWP) for waterquality monitoring of Yeşilirmak River (Turkeyby using benthic macroinvertebrates). *Review of Hydrobiology RESEARCH ARTICLE*, ISSN 1308-41196,1: 1-29
30. 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 Interpretation*. AETE Project 2.1.3. prepared for Canada Canter for Mineral and Energy Technology. Ottawa, Ontario. 93 p
19. Wilhm, J., Land Dorris, T.C., (1968). Biological parameters for water quality criteria. *BioScience*.18: 477-481.
20. Lenat, D., (1993). A biotic index for southern united states, derivation and list if tolerance values with criteria for assessing water quality rating. *journal of the North American Benthological Society*. 12: 279-290
21. Whashington, H.G., (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic systems. *Water Resources*. 18: 653-694
22. Hynes, K.E., (1998). Benthic macro invertebrates diversity and biotic indices for monitoring of 5 urbanizing lakes within the Halifax regional municipality (HRM), Nova Scotia, Canada, *Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax*. 114 p
23. Lenat, D.R., (1988). Water quality assessment of streams using qualitative collection method for benthic macro invertebrates. *Journal of North American Benthological Society*. 7: 222-223
24. Leunda, P.M., Oscoz, J., Miranda, R., Arino, A.H., (2009). Longitudinal and seasonal variation of the benthic macro invertebrate community and biotic indices in an undisturbed Pyrenean river. *Ecological Indicators*. pp. 52-63.
25. Hatami, R., MAHBOOBI, S. N., Ebrahimi, E., & Hemami, M. (2011). Evaluating the aquaculture effluent impact on macroinvertebrate community and water quality using BMWP index. (In Persian)

32. Pipan, T., (2000). Biological assessment of Stream Water Quality- The Example of the Reka River (Slovenia)". *Acta Carsologica* 29/1(15): 201-222
33. Zhao Jinyong, Peng Jing, Zhao Xianfu, Dong Zheren, Chi Shiyun, Zhang Jing. (2013). Correlation between river substrate heterogeneity and benthic macroinvertebrate diversity, HR World Congress, Chengdu, China.
- Resursy, Vol. 32, No. 2, 2005, pp. 223-226.
31. Arman, N., Ismid Mohd, M., Salmiati, S., Azman, Sh., Mat Hussin, M.H., (2013). COMPARISON BETWEEN WATER QUALITY INDEX (WQI) AND BIOLOGICAL WATER QUALITY INDEX (BWQI) FOR WATER QUALITY ASSESSMENT: CASE STUDY OF MELANA RIVER, JOHOR. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, Vol 17 No 2: 224 – 229.