

## Water quality assessment of Zayandeh-rood River based on diversity and abundance of macrobenthos in 2017

## بررسی کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود بر اساس تغییرات تنوع و تراکم ماکروبتوزها در سال ۱۳۹۶

Zahra Alivand Darani<sup>1</sup>, Atefeh Chamani<sup>1\*</sup>

1. M. A., Environmental Science Department, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran  
2. Assistant Professor, Environmental Science Department, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

(Received: Jan. 15, 2019 - Accepted: Jun. 12, 2019)

زهرا عالیوند دارانی<sup>۱</sup>، عاطفه چمنی<sup>۲\*</sup>

۱. کارشناس ارشد، گروه محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران  
۲. استادیار، گروه محیط زیست، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۲)

### Abstract

Macrobenthos communities are used as the second and third levels of food chain, and can be considered as an index of total production and water quality. This study aimed to investigate the density and abundance of macrobenthos in the Zayandeh-rood River in 2017 and use them to determine the river water quality. For this purpose, 6 sampling stations were selected completely randomly and sediment samples was collected at each station with three replications in 4 seasons. Benthos identification was performed using binocular stereomicroscope and Benthos identifiers keys. Finally, 9 families and 7 order were identified, among which *Monhysteridae*, *Oligochaeta* and *Hirudinea* had the highest abundance. All seasons and stations are classified as serious organic pollutants based on the ASPT index. According to the EPT index, in spring, water quality was assessed as good. Summer and fall were in poor and winter in very poor quality class. Shannon Weiner index for all seasons is in the moderately pollution class. All of the seasons according to the BMWP index, were in moderately class. Based on BMWP index, stations 1 and 3, the water in poor quality and the other stations were in the moderately quality.

**Keywords:** Biological index, Macrobenthos, Water Quality, Zayandeh-rood river.

### چکیده

جوامع کف‌زی به‌عنوان دومین و سومین سطح غذایی، مورد استفاده آبیان قرار گرفته و می‌توانند به‌عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولید و شاخصی برای کیفیت آب محسوب گردند. هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات تنوع و تراکم ماکروبتوزها در بخشی از رودخانه زاینده‌رود در چهار فصل سال ۱۳۹۶ و استفاده از آنها برای تعیین شرایط کیفی آب رودخانه می‌باشد. به این منظور شش ایستگاه نمونه‌برداری در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی انتخاب و در هر ایستگاه با سه تکرار، نمونه‌برداری از رسوب انجام شد. شناسایی نمونه‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ دوچشمی و کلیدهای شناسایی فون بنتیک انجام شد. در نهایت، نه خانواده متعلق به هفت راسته شناسایی گردید که در میان آنها *Monhysteridae* و *Oligochaeta* و *Hirudinea* بیشترین میزان غلظت را داشتند. همه فصول و ایستگاه‌ها بر اساس شاخص ASPT، در رده آلودگی آلی شدید قرار دارند. بر اساس نتایج شاخص EPT، در فصل بهار، کیفیت آب در رده خوب ارزیابی گردید. تابستان و پاییز در رده فقیر و زمستان در رده ضعیف قرار گرفت. شاخص شانون وینر برای همه فصول در طبقه کیفی آلودگی متوسط و کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه هم در ردیف آلودگی زیاد قرار گرفتند. همه فصول مورد مطالعه براساس شاخص BMWP در ردیف آلودگی متوسط قرار دارند. در ایستگاه‌های ۱ و ۳، آب دارای کیفیت پایین ارزیابی گردید و مابقی ایستگاه‌ها در ردیف آلودگی متوسط قرار گرفت.

**واژه‌های کلیدی:** زاینده‌رود، شاخص زیستی، کیفیت آب، ماکروبتوزها.

## مقدمه

اجتماعات موجودات زنده آب‌های شیرین (ماهی‌ها، بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی و پریفیتون‌ها) برای تخمین شرایط زیستی رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها استفاده می‌شوند. زیرا یکپارچگی این اجتماعات، مقیاس مستقیمی از شرایط اکولوژیکی پیکره‌های آبی فراهم می‌کند (Pinto et al., 2006).

در بین این اجتماعات، ماکروبتوزها (بی‌مهرگان کفزی) مؤثرترین گروه هستند (Naderi Jelodar, 2018). بی‌مهرگان کفزی یا ماکروبتوزها به کلیه جاندارانی اطلاق می‌گردد که در سطح یا درون رسوبات منابع آبی و نواحی نزدیک بستر آب زندگی می‌کنند و در جمع‌آوری برای بررسی، روی الک‌های با منافذ ۵۰۰ میکرون (نیم میلی‌متر) باقی می‌مانند (Rosenberg & Resh, 1993). بیشترین فراوانی در ماکروبتوزها، مربوط به حشرات می‌باشد. حشرات در آب‌های جاری، غذای اصلی ماهیان گوشتخوار و همه چیزخوار و کفزی را تشکیل می‌دهند. ماکروبتوزها باعث معدنی شدن مواد آلی شده و همچنین به‌عنوان دومین و سومین سطح غذایی مورد استفاده سایر آبزیان قرار گرفته و می‌توانند به‌عنوان نمایه‌ای از میزان کل تولیدات اکوسیستم نیز محسوب شوند (Nezami & Khara, 2005).

ماکروبتوزها به تغییرات ایجادشده در عوامل زیستی و غیرزیستی (عمق، سرعت، اندازه بستر، کیفیت آب) واکنش می‌دهند (Fathi et al., 2016) که چسبیدن به بستر در شرایط روشنایی و یا در جریان شدید آب یکی از مهم‌ترین آنهاست (Jalili & Rezai Marnani, 2013). بنابراین وضعیت عمومی محیط را در یک دوره طولانی از زمان، منعکس و معرفی نموده (Esmaili et al., 2009) و به‌عبارت دیگر، شاخص‌های ساختار و عملکرد یک اکوسیستم آبی هستند و این بهترین دلیل برای استفاده از آن‌ها در برنامه‌های پایش اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (Tran et al., 2018). اگرچه در برخی برنامه‌های پایش از ماهی، دیاتومه‌ها یا انواع دیگری از موجودات زنده نیز استفاده می‌شود (Pinto et al.,

2006). ماکروبتوزها در همه جا حاضر و فراوانند، تنوع طبقه‌بندی دارند و طیف گسترده‌ای از تحمل به استرس‌های گوناگون را نشان می‌دهند. علاوه بر این، جامعه ماکروبتوزها به انواع متعددی از عوامل استرس‌زا شامل شهرنشینی، کشاورزی، مواد مغذی، رسوبات و انحرافات آب به‌صورت تغییر در تنوع و تراکم خود (Stefanidis et al., 2016) پاسخ می‌دهند و وجود یا عدم وجود برخی از گونه‌های ماکروبتوزها، نشان‌دهنده کیفیت آب از نظر میزان آلودگی و یا عدم آلودگی می‌باشد (Shapouri et al., 2010). همچنین ماکروبتوزها با داشتن رژیم غذایی گوناگون به‌عنوان یک فیلتر برای آب‌ها عمل کرده و در بهبود کیفیت آب‌ها مؤثرند. تنوع و فراوانی این اجتماعات بر حسب شرایط محیطی متفاوت بوده و نسبت به آلاینده‌های مختلف، حساسیت متفاوت دارند (Tabatabaie et al., 2010). بر این اساس، ماکروبتوزها را می‌توان در چهار گروه حساس به آلودگی، نیمه‌حساس به آلودگی، نیمه‌مقاوم و مقاوم به آلودگی تقسیم کرد (Mollazadeh, 2014). شاخص‌های زیستی بر اساس ماکروبتوزها یکی از مؤثرترین و مفیدترین شاخص‌ها در ارزیابی زیست‌محیطی اکوسیستم‌ها است. در گذشته این شاخص‌ها تنها شامل شاخص‌های تنوع و تراکم مانند شاخص‌های غنا، تنوع و غالبیت (Pielou, 1976) بود و در حال حاضر شاخص‌های متنوعی بر اساس میزان مقاومت ماکروبتوزها به آلودگی تدوین شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Romero et al., 2017; Arslan et al., 2016; Dastgerdi et al., 2017). رودخانه زاینده‌رود مهم‌ترین و حیاتی‌ترین رودخانه منطقه مرکزی ایران (استان اصفهان) است (Safavi et al., 2014)، که به طول ۳۵۰ کیلومتر (Nabinejad, 2018)، در امتداد تقریبی غرب-شرق در جریان می‌باشد و آب آبیاری، شرب و صنعت استان اصفهان را که یکی از مهم‌ترین مناطق اقتصادی ایران است، تأمین می‌کند (Salemi & Rust, 2005). حوزه آبریز زاینده‌رود با مساحت حدود ۴۱۵۰۰ کیلومتر مربع (Babaei et al.,

ایستگاه نمونه‌برداری با توجه به بازدیدهای میدانی و بر اساس طرح بلوک کاملاً تصادفی، انتخاب گردید. در هر ایستگاه با سه تکرار، نمونه‌برداری از رسوب انجام شد. از آنجایی که بخشی از بستر رودخانه، سنگلاخی است از نمونه‌بردار سوربر استفاده شد. نمونه‌برداری در یک سال (به صورت یک‌بار نمونه‌برداری در نیمه هر فصل) انجام گرفت.

### جداسازی و شناسایی نمونه‌ها

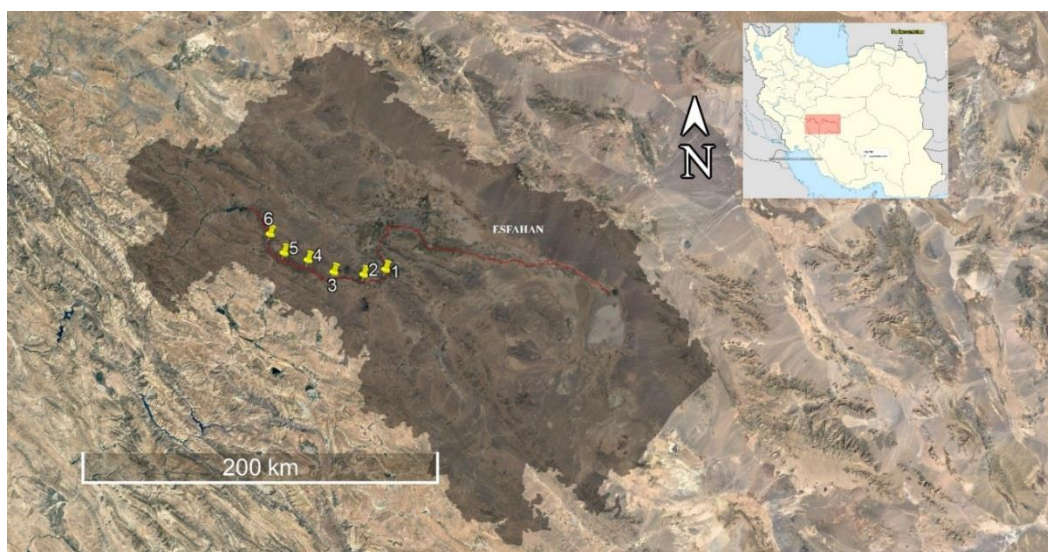
به میزان حجم رسوب، به هر نمونه، محلول ۱ گرم در لیتر رزبنگال اضافه و ۴۵ دقیقه به این حالت باقی ماند. رزبنگال یک ماده حیاتی است و پروتوپلاسم سلول‌های موجودات با آن رنگ می‌گیرند. این کار به جهت سهولت در تشخیص و جداسازی نمونه‌ها از درون رسوب انجام می‌شود. سپس نمونه رسوب به یک پتری‌دیش منتقل و تمامی گروه‌های ماکروبتوزی موجود در هر نمونه توسط پنس و با استفاده از استریومیکروسکوپ یا لوپ جداسازی و مورد شناسایی و شمارش قرار گرفتند. شناسایی‌ها با استفاده از استریومیکروسکوپ دوچشمی و کلیدهای شناسایی فون بنتیک انجام گرفت (Esmaili *et al.*, 2009).

(2013)، حوضه کاملاً بسته‌ای است که هیچ خروجی به دریا ندارد. رودخانه زاینده‌رود از کوه‌های زاگرس در غرب اصفهان سرچشمه می‌گیرد و در باتلاق گاوخونی در شرق اصفهان به پایان می‌رسد (Sanayei *et al.*, 2009). در دهه‌های اخیر، این رودخانه محل تخلیه پساب صنایع مختلف موجود در حاشیه آن همچنین فاضلاب‌های شهرها و روستاهای اطراف شده است. به‌گونه‌ای که حضور طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها در این اکوسیستم، به صورت یک مشکل جدی در کنار معضل خشکسالی و کمبود آب، توجه محققین به خود جلب نموده و مطالعات گسترده‌ای در این خصوص صورت گرفته است. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات تنوع و تراکم ماکروبتوزها در فصول و ایستگاه‌های مختلف در طی سال ۱۳۹۶ و مقایسه با نتایج سایر محققین در سال‌های گذشته به منظور تعیین شرایط کیفی آب این اکوسیستم ارزشمند فلات مرکزی ایران می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### نمونه‌برداری

از گردنه شهرکرد (۴۵ کیلومتر زاینده‌رود) به سمت نکوآباد در نقاط مختلف (شکل ۱)، شش



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

### شاخص EPT

شاخص EPT به تعداد کل افراد خانواده‌های سه راسته پلکوپترا، تریکوپترا و افروپترا در هر ایستگاه یا فصل گفته می‌شود. به‌طور کلی افراد خانواده‌های مذکور از نظر اکولوژیکی، حساس بوده و افزایش مقدار کمی آن‌ها بیانگر افزایش کیفیت آب است. بر اساس هر خانواده، امتیاز حساسیت متفاوت است و با توجه به امتیازهای کسب‌شده براساس جداول امتیازدهی موجود، پنج طبقه کیفی آب مشخص گردید (جدول ۳).

فقر	ضعیف	متوسط	خوب	عالی	دسته‌بندی EPT
۰-۶	۷-۱۳	۱۴-۲۰	۲۱-۲۷	<۲۷	EPT

### شاخص EPT/CHIR

این شاخص با تقسیم تعداد کل افراد خانواده های سه راسته پلکوپترا، افروپترا و تریکوپترا به افراد خانواده شیرونومیده از راسته دیپترا محاسبه می‌شود. فراوانی EPT نسبت به خانواده شیرونومیده نشان‌دهنده تعادل جامعه است، به‌طوری‌که EPT بیانگر حساسیت به تغییرات محیط زیست بوده درحالی‌که خانواده شیرونومیده، حساسیت کمتری به تغییرات دارند. جامعه که دارای شرایط زیستی خوبی باشد، توزیع یکنواختی در میان این چهار گروه نشان می‌دهد، درحالی‌که جوامعی که دارای شمار نامتناسبی از شیرونومیده‌ها باشد، تعادل اکولوژیکی خود را از دست دادند (Coimbra et al., 1996).

### شاخص شانون وینر

شاخص شانون- وینر (Cai et al., 2002)، پرکاربردترین شاخص برای ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های ساحلی و دریایی است (Luo et al., 2016) که بر اساس آن، اکوسیستم‌ها در چهار گروه از لحاظ کیفیت آب طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۴).

### محاسبه شاخص‌های ارزیابی کیفی آب

به منظور ارزیابی زیستی کیفیت آب از شاخص BMWP (Paisley et al., 2007) و شاخص ASPT (Washington, 1984) EPT (Wright et al., 2000)، شانون وینر (Mason, 2002) و مارگالف (Margalef, 1958) استفاده گردید.

### شاخص BMWP

برای محاسبه این شاخص در هر ایستگاه، ابتدا تعداد خانواده‌های ماکروبتوزهای موجود در هر ایستگاه یا فصل مشخص شد. سپس با استفاده از امتیازهای سیستم BMWP (Paisley et al., 2007) مجموع امتیاز BMWP برای هر ایستگاه یا فصل محاسبه و طبقه‌بندی گردید (جدول ۱).

### جدول ۱. طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس نمره های شاخص

نمره	کیفیت آب
<۲۵	کم
۲۶-۵۰	متوسط
۵۱-۱۰۰	خوب
۱۰۱-۱۵۰	خیلی خوب
>۱۵۰	استثنایی

### شاخص ASPT

از تقسیم مجموع امتیاز BMWP برای هر ایستگاه یا فصل بر فراوانی افراد شناسایی شده در آنها، شاخص ASPT محاسبه می‌شود و بر اساس آن، هر ایستگاه با توجه به مقدار محاسبه شده شاخص، در یکی از چهار گروه کیفی آب قرار می‌گیرد (جدول ۲).

### جدول ۲. طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس مقادیر شاخص

مقادیر ASPT	کیفیت آب
>۶	عدم وجود آلودگی آب
۵-۶	احتمال وجود آلودگی آلی جزئی
۴-۵	آلودگی آلی متوسط
<۴	آلودگی آلی شدید

مورد بررسی شناسایی گردید.

براساس جدول ۴، در فصل تابستان، پنج خانواده متعلق به چهار راسته در ایستگاه‌های مورد بررسی شناسایی گردید.

براساس جدول ۷ در فصل پاییز، سه خانواده متعلق به دو راسته در ایستگاه‌های مورد بررسی شناسایی گردید.

براساس جدول ۸ در فصل زمستان، پنج خانواده متعلق به چهار راسته در ایستگاه‌های مورد بررسی شناسایی گردید.

**جدول ۴.** طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص شانون وینر

شاخص شانون وینر	طبقه‌بندی کیفی آب
۳-۵	تمیز
۱-۳	آلودگی متوسط
>۱	آلودگی زیاد

## نتایج

در این مطالعه، تنوع و تراکم ماکروبن‌توزها در چهار ایستگاه رودخانه زاینده‌رود در چهار فصل سال مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس جدول ۵، در فصل بهار، هفت خانواده متعلق به شش راسته در ایستگاه‌های

**جدول ۵.** گونه‌های شناسایی شده در فصل بهار

ایستگاه	راسته	خانواده	نام فارسی
۱	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۲	<i>Arachnidnida</i>	<i>Hydracarina</i>	کنه‌ای آبی
۲	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	مگس‌های بیرنگ
۳	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۴	<i>Plecoptera</i>	<i>Elmidae</i>	سوسک‌های مناطق کم‌عمق
۴	<i>Plecoptera</i>	<i>Ptychopteridae</i>	مگس‌های پابلند فانتوم
۴	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	افمروپترهای کوچک با شنای قوی
۵	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۶	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	افمروپترهای کوچک با شنای قوی
۶	<i>Plecoptera</i>	<i>Elmidae</i>	سوسک‌های مناطق کم‌عمق
۶	<i>Plecoptera</i>	<i>Ptychopteridae</i>	مگس‌های پابلند فانتوم

**جدول ۶.** گونه‌های شناسایی شده در فصل تابستان

ایستگاه	راسته	خانواده	نام فارسی
۱	<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	
۱	<i>Plecoptera</i>	<i>Ptychopteridae</i>	مگس‌های پابلند فانتوم
۱	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۲	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۲	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۳	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۴	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۴	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۵	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۵	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۵	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها

بر اساس جدول ۹، تنوع و تراکم ماکروبتوتوزهای شناسایی شده بین فصول مختلف دارای تفاوت معنی‌دار نیست.

بر اساس جدول ۱۰، تنوع و تراکم ماکروبتوتوزهای شناسایی شده بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

جدول ۷. گونه‌های شناسایی شده در فصل پاییز

ایستگاه	راسته	خانواده	نام فارسی
۱	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۱	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۲	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۳	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۴	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۴	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۵	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۵	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۶	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها

جدول ۸. گونه‌های شناسایی شده در فصل زمستان

ایستگاه	راسته	خانواده	نام فارسی
۱	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۱	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۲	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۲	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۲	<i>Gastropoda</i>	<i>Liplax</i>	حلزون‌ها
۳	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۴	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۴	<i>Annelidae</i>	<i>Oligochaeta</i>	کرم‌های خاکی آبی
۴	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۵	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی
۵	<i>Annelidae</i>	<i>Hirudinea</i>	زالوها
۵	<i>Plecoptera</i>	<i>Ptychopteridae</i>	مگس‌های پلند فانتوم
۶	<i>Plecoptera</i>	<i>Ptychopteridae</i>	مگس‌های پلند فانتوم
۶	<i>Nematoda</i>	<i>Monhysteridae</i>	کرم‌های مویی یا دم اسبی

جدول ۱۰. مقایسه میانگین تنوع و تراکم ماکروبتوتوزها بین ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه	تنوع	تراکم
۱	۲±۰.۸۱ <sup>a*</sup>	۳۶±۵۷.۴۲ <sup>a</sup>
۲	۲±۰.۸۱ <sup>a</sup>	۱۰±۶.۰۵ <sup>a</sup>
۳	۱.۵±۰.۵۷ <sup>a</sup>	۷.۷۵±۰.۹۵ <sup>a</sup>
۴	۳.۷۵±۰.۹۵ <sup>a</sup>	۱۱.۷۵±۴.۱۹ <sup>a</sup>
۵	۲.۲۵±۰.۹۵ <sup>a</sup>	۱۷.۵±۱۶.۳۴ <sup>a</sup>
۶	۲.۲۵±۱.۲۵ <sup>a</sup>	۱۱.۲۵±۹.۵ <sup>a</sup>

\* حروف یکسان، عدم تفاوت معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد ( $P > 0.05$ ) بین ایستگاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۹. جدول مقایسه میانگین تنوع و تراکم ماکروبتوتوزها بین فصول مختلف

فصل	تنوع	تراکم
بهار	۲.۲۳±۱.۳۶ <sup>a</sup>	۷.۶۶±۲.۳۱ <sup>a</sup>
تابستان	۲.۳۳±۰.۵۱ <sup>a</sup>	۸.۳۳±۲.۰۶ <sup>a</sup>
پاییز	۱.۵±۰.۵۴ <sup>a</sup>	۸.۶۶±۴.۲۷ <sup>a</sup>
زمستان	۲.۳۳±۰.۸۱ <sup>a</sup>	۸.۶۶±۴.۳۱ <sup>a</sup>

\* حروف یکسان، نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد ( $P > 0.05$ ) فصول مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

همه فصول در طبقه کیفی آلودگی متوسط قرار می‌گیرد. کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی سال هم در ردیف آلودگی زیاد قرار گرفتند. براساس جدول‌های ۱ و ۱۱، کلیه فصول مورد مطالعه براساس شاخص BMWP در ردیف آلودگی متوسط قرار گرفتند و براساس جدول‌های ۱ و ۱۲، در ایستگاه‌های ۱ و ۳، آب دارای کیفیت پایین ارزیابی گردید و مابقی ایستگاه‌ها در ردیف آلودگی متوسط قرار گرفت.

براساس جدول‌های ۲ و ۱۱، کلیه فصول سال بر اساس شاخص ASPT، در رده آلودگی آلی شدید قرار می‌گیرند. همچنین بر اساس جداول ۲ و ۱۲، همه ایستگاه‌های مورد مطالعه در رده آلودگی شدید هستند. بر اساس نتایج شاخص EPT و مقایسه با جدول رده بندی (جدول‌های ۳ و ۱۱)، در فصل بهار، کیفیت آب در رده خوب ارزیابی گردید. تابستان و پاییز در رده فقیر و زمستان در رده ضعیف قرار گرفت. براساس جدول‌های ۴ و ۱۱، شاخص شانون وینر برای

جدول ۱۱. شاخص‌های محاسبه شده در فصول مختلف

فصل	EPT	EPT/CHIR	BMWP	ASPT	مارکالف	شانون وینر
بهار	۲۰	.	۴۵	۱/۰۵	۳/۴۶	۲/۵۵
تابستان	۳	.	۴۶	۰/۹۲	۳/۰۷	۲/۶۰
پاییز	۰	.	۳۶	۰/۶۹	۲/۰۲	۲
زمستان	۸	.	۴۴	۰/۱۹	۱/۸۴	۲/۰۳

جدول ۱۲. شاخص‌های محاسبه شده در ایستگاه‌های مختلف طی یک سال

ایستگاه	EPT	EPT/CHIR	BMWP	ASPT	شانون وینر	مارکالف
۱	.	.	۲۴	۰/۱۷	-۱/۲۷	۱/۲۱
۲	.	.	۲۹	۰/۷۴	-۱/۸۲	۱/۰۹
۳	.	.	۲۱	۰/۶۸	-۱/۶۹	۰/۵۸
۴	۳	.	۴۱	۰/۸۷	-۲/۲۱	۱/۳۰
۵	۳	.	۳۰	۰/۴۳	-۱/۶۶	۰/۷۱
۶	۱۳	.	۲۹	۰/۶۴	-۱/۸۰	۱/۳۱

محسوب می‌شود و موجب تغییر در فون کف‌زیان می‌گردد. در حال حاضر در حاشیه رودخانه زاینده‌رود بیش از ۷۰ روستای فاقد شبکه فاضلاب وجود دارد که فاضلاب ۲۰ روستای آن، زنگ خطر جدی برای رودخانه محسوب می‌شود. از دیگر علل آلودگی رودخانه می‌توان به زهکشی ذوب آهن، پساب کارخانه پلی‌اکریل، پساب کارخانه نساجی سیمین و پساب تصفیه خانه اصفهان اشاره کرد.

نتایج نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی در همه ایستگاه‌ها راسته *Annelida* می‌باشد. غالب بودن راسته *Annelidae* و به‌خصوص خانواده‌های

## بحث و نتیجه‌گیری

براساس شاخص‌های مورد مطالعه کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود برای همه ایستگاه‌ها در طبقه آلودگی زیاد تا شدید قرار دارد. علت این آلودگی را می‌توان به تخلیه پساب کارخانجات مختلف و فاضلاب روستاهای حاشیه زاینده‌رود به داخل رودخانه از گذشته تاکنون نسبت داد. از طرف دیگر وجود باغات و مزارع در اطراف ایستگاه‌ها می‌تواند از دلایل آلوده‌بودن آب باشد (Nemati, 2007). ورود مواد مغذی محلول و ذرات جامد معلق از پساب‌های خانگی و کشاورزی یکی از عوامل استرس‌زا در اکوسیستم‌های آبی

۲۰۱۳ تا به حال می‌باشد. زیرا در مطالعه حاضر و بر اساس شاخص BMWP در کلیه ایستگاه‌ها کیفیت آب کم است و تنها در ایستگاه ۳، آب دارای کیفیت متوسط است.

Ebrahimnezhad (2004)، فون بنتیک رودخانه زاینده‌رود را در ده ایستگاه از پل مورکان تا ورزنه در سه فصل مورد شناسایی قرار داد. نتایج نشان داد که خانواده‌های *Baetida* و *(Ephemeroptera)* *Hydropsychidae*، *Heptagenidae* *(Tricoptera)* و *(Crustacea)* *Gammaridae* شاخص ایستگاه‌های بالادست و در مقابل خانواده‌های *(Diptera)* *Chironomidae*، *Physidae* و *(Gastropoda)* *Hydrobiidae* *Oligochaeta* شاخص ایستگاه‌های پایین‌دست هستند.

Ebrahimi (2015)، کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود را طی سال ۱۳۹۲ در ایستگاه‌های باغ بهادران، پل فلاورجان، پل غدیر، پل اتوبان (چوم) و پل زیار به صورت ماهانه (در زمان جاری بودن آب) مورد مطالعه قرار داده و یا دوره مشابه در سال ۱۳۸۶ (قبل از خشکسالی) مقایسه کردند. مقادیر شاخص‌های BMWP، ASPT و هلسینهوف روند کاهش کیفیت آب رودخانه در ایستگاه‌های مختلف در مقایسه با مدت زمان مشابه نشان داد و در مجموع به دلیل وقوع خشکسالی‌های متوالی، کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود براساس شاخص‌های زیستی در طبقه کیفی بد تا خیلی بد قرار گرفت، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. قانع در سال ۱۳۸۳ با شناسایی ساختار جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه چافرود نشان داد که در مناطق آلوده (EPT) کاهش و برعکس گروه‌های مقاوم مانند *Chironomidae*، *Simuliida*، *Diptera* افزایش یافت (Ghane, 2006) که این موضوع را در طول رودخانه زاینده‌رود نیز به وضوح می‌توان دید. در تحقیق روی رودخانه ترسنجیکا نیز مشخص شد که افزایش میزان بار مواد آلی با افزایش میزان زیتوده در کف‌زیان همراه است (Živić et al., 2009). به نظر

*Hirudinea* و *Oligochaeta* که از گروه‌های مقاوم به آلودگی می‌باشند، نشانگر اثر فشارهای محیطی بر اکوسیستم رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمعیت کف‌زیان در جهت جبران آشفستگی می‌باشد. بنابراین برخی از ویژگی‌های فیزیکی آب مانند دبی، سرعت و غیره در این مناطق تحت تأثیر قرار گرفته و ویژگی‌های کیفی زیستگاه و جوامع بیولوژیکی را با تغییراتی مواجه ساخته و در نهایت در تنوع فون و فلور رودخانه نقش عمده‌ای دارد. بستر در ایستگاه‌های بالادست بیشتر قلوه سنگ و تخته سنگ است و به طرف پایین‌دست، بیشتر شنی ماسه‌ای با رسوبات نرم می‌شود. بستر به‌عنوان یک زیستگاه می‌تواند بر تعداد جانداران اثر گذارد. در بخش‌های پایین‌دست رودخانه، کم‌تاران بیشتر مشاهده شدند. چون کم‌تاران بیشتر با رسوبات نرم در ارتباط هستند.

Sanayei et al. (2009)، میزان آلودگی ایستگاه‌های مختلف این رودخانه به فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، روی، نیکل و منگنز) را به صورت فصلی در طی یک سال مورد بررسی قرار دادند که مشخص شد غلظت کادمیوم و نیکل در این رودخانه از میزان استاندارد اتحادیه اروپا بیشتر است و منشأ آن به تخلیه پساب صنایع مختلف و همچنین استفاده گسترده از کودهای شیمیایی و حاصلخیزکننده‌ها در زمین‌های کشاورزی منطقه برمی‌گردد.

Mollazadeh et al. (2013)، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و رسوب رودخانه زاینده‌رود مورد اندازه‌گیری قرار دادند و ریسک بالای آلودگی به فلزات سنگین به‌خصوص سرب و نیکل را گزارش کردند.

Mollazadeh (2013)، ارزیابی کیفی شش ایستگاه از رودخانه زاینده‌رود را بر اساس شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی همچنین شاخص BMWP انجام داد که در مجموع سه ایستگاه را دارای وضعیت خوب و سه ایستگاه را در وضعیت فقیر ارزیابی کرد، که نشان‌دهنده سیر نزولی کیفیت آب رودخانه از سال



مختلف می‌توانند به نوعی گویای شدت اثرگذاری و نیز آشفتگی‌های ایجادشده در اثر عوامل مختلف در آن‌ها باشد. در انتها می‌توان نتیجه گرفت که شرایط رودخانه زاینده‌رود مناسب نبوده و غالب فون کف‌زی موجود در بستر این اکوسیستم را گونه‌های مقاوم مانند زالوها و الیگوکیت‌ها تشکیل داده است که این ساختار می‌تواند بر اثر تأثیر فاکتورهای مهمی مانند مواد مغذی (فسفات و نیترات)، وجود فلزات سنگین و ... باشد.

می‌رسد که تغییرات کف‌زیان در ایستگاه‌های مختلف تحت تأثیر عوامل فصل و چرخه زندگی آن‌ها نیز باشد (Kamali & Esmaeili Sari, 2009). زیرا در طول مدت مطالعه، گروه‌های مقاوم در همه ایستگاه‌ها مشاهده شدند. معمولاً در آب‌های جاری و نهرهایی که شرایط زیستی و محیط غیرآشفته دارند، توازن مناسبی در فراوانی این چهار گروه (Ephe, Chiro, Tri, Plico) از حشرات آبی وجود دارد. مقایسه درصد EPT و سایر گروه‌های کف‌زیان در فصل‌های

## REFERENCES

- Arslan, N.; Salur, A.; Kalyoncu, H.; Mercan, D.; Barışık, B.; Odabaşı, D. A. (2016). The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Küçük Menderes River (Turkey). *Biologia*; 71(1): 49-57 .
- Babaei, H.; Araghinejad, S.; Hoorfar, A. (2013). Developing a new method for spatial assessment of drought vulnerability (case study: Zayandeh-Rood river basin in Iran). *Water and Environment Journal*; 27(1): 50-57 .
- Cai, L.; Ma, L.; Gao, Y.; Zheng, T.; Lin, P. (2002). Analysis on assessing criterion for polluted situation using species diversity index of marine macrofauna. *Journal of Xiamen University. Natural science*; 41(5): 641-646 .
- Coimbra, C.; Graça, M.; Cortes, R. (1996). The effects of a basic effluent on macroinvertebrate community structure in a temporary Mediterranean river. *Environmental Pollution*; 94(3): 301-307 .
- Dastgerdi, H.E.; Ebrahimi, E.; Fakheran, S. (2017). Impacts of Zayandehroud Dam on the Macro-benthic Invertebrate and Water Quality of Zayandehroud River using BMWP and ASPT Biological Indices. *Iranian Journal of Applied Ecology*; 6(2): 55-67 .
- Ebrahimi, E. P. Z., A.R. (2015). The Effect of Drought on the Diversity and Frequency of Benthic Macroinvertebrates: A Case Study of Zayandeh Rud River, Isfahan, Iran,. *International Bulletin of Water Resources and Development*. ; 3(9): 1-15. (in Persian)
- Ebrahimnezhad, M. (2004). Diversity and abundance of Macroinvertebrates and biological indices of Zayandehroud River. *Iranian Journal of Biology*; 15(3): 31-42. (in Persian)
- Esmaeili, F.; Khalfeh Nilsaz, M.; Sabzalizade, S.; Jahani, N. (2009). Study on the Ecological Status of the Shadegan by Bentic Fone. *Marine Biology*; 1(2): 67-81 .
- Fathi, P.; Ebrahimi, E.; Esmaeili, A.; Mirghafari, N. (2016). Bioassessment of Choghakhor Wetland using Benthic Macroinvertebrates. *Iranian Journal of Applied Ecology*; 5(15): 77-90. doi:10.18869/acadpub.ijae.5.15.77
- Ghane, A., Ahmadi, M.R.; Esmaili, A.; Mirzajani, A. (2006). Bioassessment of Chafrood River-Guilan Province, Northern Iran Using Macroinvertebrate Community Structure. *Journal of Water and Soil Science*; 10(1).
- Jalili, M.; Rezai Marnani, H. (2013). An Investigation on Macroinvertebrate Fauna of Kish Coastal Waters. *Journal of Oceanography*; 3(12): 1-9 .

- Kamali, M.; Esmaceli Sari, A. (2009). Bioassessment of lasem river (Amol, Mazandaran), using macroinvertebrates community structure. *Journal of Biology Science*; 3(1): 51-61.
- Luo, X.; Sun, K.; Yang, J.; Song, W.; Cui, W. (2016). A comparison of the applicability of the Shannon-Wiener index, AMBI and M-AMBI indices for assessing benthic habitat health in the Huanghe (Yellow River) Estuary and adjacent areas. *Acta Oceanologica Sinica*; 35(6): 50-58 .
- Margalef, R. (1958). Information theory in biology. *General Systems Yearbook*; 3: 36-71 .
- Mason, C.F. (2002). *Biology of freshwater pollution*: Pearson Education.
- Mollazadeh, N. (2013). Survey of Rivers Water Quality via Macro benthos Community Case study: Zayandeh Rood. *Proceedings of 6th International Conference on Water Resources and Environment Research*.
- Mollazadeh, N. (2014). Bioassessment of Marbor Stream quality via biological index of macro-benthos fauna. *Wetland Ecobiology*; 6(1): 47-56 .
- Mollazadeh, N.; Moattar, F.; Karbassi, A.; Khorasani, N. (2013). Distribution of metals, chemical partitioning, pollution and origins in riverbed sediment. *World Applied Sciences Journal*; 21(5): 674-680 .
- Nabinejad, A. (2018). Aquatic Birds' Serology in Zayndeh Rood River for NDV and AIV. *Iranian Journal of Allergy, Asthma & Immunology*; 17
- Naderi Jelodar, M.H.; Naderi, M.S.; Bagherpour, H.R. (2018). Changes of Richness and density of Macroinvertebrates Fauna in Polour Region, Haraz River (Northern Iran) Affected by Trout Farm Wastewater. *Wetland Ecobiology*; 9(4): 101-115.
- Nemati, M. (2007). Water quality zoning and diversity macrobenthoses in zayandehrud river. M.Sc. Thesis, Natural Resources Faculty, University Technology, Isfahan. 124p. (in Persian)
- Nezami, S.; Khara, H. (2005). Investigation on drought effects on diversity, frequency and distribution of benthic fauna in Amirkelayeh Wetland Iranian scientific fisheries journal; 14(3): 141-157 .
- Paisley, M.; Trigg, D.; Walley, W. (2007). Revision and testing of BMWP scores. Paper presented at the Final report SNIFFER project WFD72a. Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research (SNIFFER), Edinburgh.
- Pielou, E.C. (1976). *Ecological diversity*. New York.
- Pinto, B.; Araujo, F.; Hughes, R. (2006). Effects of landscape and riparian condition on a fish index of biotic integrity in a large southeastern Brazil river. *Hydrobiologia*; 556(1): 69-83 .
- Romero, K.C.; Del Río, J.P.; Villarreal, K.C.; Anillo, J.C.C.; Zarate, Z.P.; Gutierrez, L. C.; Franco, O.L.; Valencia, J.W.A. (2017). Lentic water quality characterization using macroinvertebrates as bioindicators: An adapted BMWP index. *Ecological Indicators*; 72: 53-66 .
- Rosenberg, D.M.; Resh, V.H. (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. (1<sup>st</sup> ed.): Springer US.
- Safavi, H.R.; Esfahani, M.K.; Zamani, A.R. (2014). Integrated index for assessment of vulnerability to drought, case study: Zayandehrood River Basin, Iran. *Water resources management*; 28(6): 1671-1688 .
- Salemi, H.R.; Rust, H.M. (2005). An Overview of the Hydrology of the Zayandeh Rud Basin, Iran. *Journal of Water and Wastewater* (parallel title); Ab va Fazilab; 15(2): 2-13. (in Persian)
- Sanayei, Y.; Ismail, N.; Talebi, S. (2009). Determination of heavy metals in Zayandeh Rood river, Isfahan-Iran. *World Applied Sciences Journal*; 6(9): 1209-1214.

- Shapouri, M.; Zolriasatein, N.; Azarbad, H. (2010). Quick assessment of gorganrood river water quality based on biotic indices. *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*; 6(3): 115-130 .
- Stefanidis, K.; Panagopoulos, Y.; Mimikou, M. (2016). Impact assessment of agricultural driven stressors on benthic macroinvertebrates using simulated data. *Science of The Total Environment*; 540: 32-42.
- Tabatabaie, T.; Amiri, F.; Pazira, A.; Mombaini, S. (2010). Study the structure and diversity of the macrobenthic communities in helleh river. *Journal of Marine Biology & Oceanography*; 2(1): 37-46.
- Tran, T.T.; Le, H.D.; Ngo, X.Q. (2018). Comparison of the Shannon-wiener, Ambi, and M-AMBI index for Assessing Sediment Ecological Quality in Organic Shrimp Farming Ponds, Nam Can District, Ca Mau Province .
- Washington, H. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*; 18(6): 653-694 .
- Wright, J.F.; Sutcliffe, D.W.; Furse, M.T. (2000). Assessing the biological quality of fresh waters. RIVPACS and other techniques. Freshwater Biological Association, Ambleside, England.
- Živić, I.; Marković, Z.; Filipović-Rojka, Z.; Živić, M. (2009). Influence of a trout farm on water quality and macrozoobenthos communities of the receiving stream (Trešnjica River, Serbia). *International Review of Hydrobiology*; 94(6): 673-687.