Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

*Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*

**Online ISSN: 2345-427X**
**Print ISSN: 2345-4288**

# Investigation of benthic macroinvertebrate in Gheshlagh and Gaveh River (Kurdistan Province) based on the Hilsenhoff Biological Index (HFBI)

**Matin Shakoori[*1], Mohamad Ali Afraie Bandpei[2], Mehdi Naderi[3], Erfan Karimian[4]**

1. Corresponding Author, Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran. E-mail: matin.shakoori@yahoo.com
2. Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran. E-mail: mafraei@yahoo.com
3. Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran. E-mail: naderi_j@gmail.com
4. Assistant Prof of Fisheries Department, Factualy of Natural Resources of University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: erfankarimian88@gmail.com

**Article Info**

**Article type:**
Full Length Research Paper

**Article history:**
Received: 06.11.2022
Revised: 07.18.2022
Accepted: 09.30.2022

**Keywords**:
Gaveh River,
Gheshlagh,
Hilsenhoff Biological Index,
Kurdistan,
Macroinvertebrate

**ABSTRACT**

Large invertebrates are known as biological indicators of their living environments. The present study was carried out in line with the quality monitoring studies of Zhaveh dam, which was constructed on the two branches of Gheshlagh and Gaveh River (Kurdistan Province). The purpose of this study was to investigate the large invertebrates in the river in order to determine the density and abundance of different large invertebrates and the quality of river water based on Hilsenhoff biological index. Large invertebrates sampling was done seasonally from autumn 2020 to summer 2021 (4 seasons) at 5 stations with 3 replications. Samples were fixed with 70% ethyl alcohol and isolated, counted and counted in the laboratory. Large invertebrates were identified using a stereomicroscope and a valid key. The Hilsenhoff biological index was determined based on the presence of samples at each station. The results of the study of large invertebrates in different seasons and during one year showed that organisms belonging to 10 families from 5 order belonging to Hirudinea, Insecta, Crustacea, Oligochaeta and Bivalvia. Results showed that the highest abundance belonged to station 5 (34%) and lowest abundance belonged to station 2 (7%). The highest value of Hilsenhoff index was observed in spring (7.45) and the lowest value of this index was related to autumn (6.79). According to the HFBI Biological index, the water quality was classified as very poor and highly polluted due to its proximity to the effluent outlet of the treatment plant and further investigations are suggested for any exploitation.

Cite this article: Shakoori, Matin, Afraie Bandpei, Mohamad Ali, Naderi, Mehdi, Karimaian, Erfan. 2023. Investigation of benthic macroinvertebrate in Gheshlagh and Gaveh River (Kurdistan Province) based on the Hilsenhoff Biological Index (HFBI). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (1), 61-73.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20297.1674
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳۴۵-۴۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۴۲۸۸

# بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه‌های قشلاق و گاوه‌رود (استان کردستان) بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI)

متین شکوری*[۱]، محمدعلی افرائی بندپی[۲]، مهدی نادری[۳]، عرفان کریمیان[۴]

۱. نویسنده مسئول، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: matin.shakoori@yahoo.com

۲. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: mafraei@yahoo.com

۳. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. رایانامه: naderi_j@gmail.com

۴. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: erfankarimian88@gmail.com

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله کامل علمی- پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۰۳/۲۱
**تاریخ ویرایش:** ۱۴۰۱/۰۴/۲۷
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۷/۰۸

**واژه‌های کلیدی:**
بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی،
شاخص زیستی هیلسنهوف،
قشلاق،
کردستان،
گاوه‌رود

**چکیده**

بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی به‌عنوان یک شاخص زیستی و بیان‌کننده شرایط محیط زندگی خود هستند. پژوهش حاضر در راستای طرح مطالعات پایش کیفی سد مخزنی ژاوه که بر روی دو شاخه قشلاق و گاوه‌رود (استان کردستان) احداث شد به اجرا در آمد. هدف از این مطالعه بررسی وضعیت بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه به‌منظور تعیین تراکم و فراوانی گروه‌های مختلف آن‌ها و تعیین کیفیت آب رودخانه بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف صورت گرفت. نمونه‌برداری به‌صورت فصلی از ۵ ایستگاه با سه تکرار انجام شد. نمونه‌برداری از ایستگاه‌های تعیین شده در پائیز ۱۳۹۹ شروع و تا تابستان ۱۴۰۰ (۴ فصل) ادامه داشت. نمونه‌ها توسط الکل اتیلیک ۷۰ درصد تثبیت و در آزمایشگاه جداسازی، شناسایی و شمارش شدند. برای شناسایی نمونه‌ها، از کلیدهای معتبر استفاده و شاخص زیستی هیلسنهوف، بر اساس حضور نمونه‌ها در هر ایستگاه تعیین گردید. بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی نشان داد که موجودات متعلق به ۱۰ خانواده از ۵ رده متعلق به زالوها، حشرات، سخت‌پوستان، کم‌تاران و دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های مورد بررسی، شناسایی شدند. بررسی‌ها نشان داد که بیش‌ترین فراوانی در ایستگاه ۵ با ۳۴ درصد و کم‌ترین فراوانی در ایستگاه ۲ با ۷ درصد ثبت شد. بیش‌ترین مقدار شاخص هیلسنهوف مربوط به فصل بهار با مقدار ۷/۴۵ و کم‌ترین مقدار این شاخص مربوط به فصل پائیز با مقدار ۶/۷۹ بود. بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف، کیفیت آب ایستگاه ۲ به‌دلیل

نزدیکی به خروجی پساب کارخانه تصفیه در طبقه بسیار ضعیف و آلودگی شدید قرار گرفت و بررسی‌های بیش‌تر جهت هر گونه بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود.

استناد: شکوری، متین، افرائی بندپی، محمدعلی، نادری، مهدی، کریمیان، عرفان (۱۴۰۲). بررسی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه‌های قشلاق و گاوه‌رود (استان کردستان) بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۱)، ۷۳-۶۱.
DOI: 10.22069/japu.2022.20297.1674

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

## مقدمه

بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی مؤثرترین اجزای زیستی رودخانه‌ها هستند و به دلایل متعدد در برنامه‌های پایش زیست‌بوم‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موجودات بسترزی نسبتاً غیرمهاجر، بیانگر شرایط محلی می‌باشند و دارای دوره زندگی کافی برای نشان دادن کیفیت محیط زیست خود هستند (۱). برنامه‌های کنترل زیستی کیفیت آب عموماً بر اساس کنترل پارامترهای فیزیکی و شیمیایی است که بیانگر وضعیت لحظه‌ای محیط آبی هستند ولی ارزیابی زیستی با استفاده از موجودات شاخص مانند بی‌مهرگان آبزی نیز منعکس‌کننده تغییرات درگذر زمان است و از این جهت قابلیت استناد بیش‌تری دارد. بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی یکی از عمومی‌ترین ابزارهای مورد استفاده به‌عنوان شاخص زیستی برای ارزیابی تأثیر آلودگی بر محیط‌های آبی هستند (۲) و در رژیم غذایی ماهیان درون سدها، رودخانه‌ها و هم‌چنین ماهیان رودکوچ نقش به‌سزایی دارند. از این‌رو پایش زیستی از طریق جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی می‌تواند مؤثر باشد و برنامه‌هایی که از روش‌های پایش زیستی برای تعیین پیامدهای زیست‌شناختی رودخانه‌ها استفاده می‌شود، در سراسر جهان اثبات شده است (۳). سدهای مخزنی در مسیر رودخانه‌ها و برای ذخیره‌سازی آب رودخانه و با اهداف متفاوت احداث می‌شوند و از مناسب‌ترین روش‌ها برای مهار و ذخیره‌سازی منابع آب‌های سطحی و بهینه‌سازی بهره‌برداری از آن‌ها برای تأمین نیازهای آبی برای توسعه و گسترش فعالیت‌های کشاورزی در جهت تأمین نیازهای غذایی جامعه هستند. سد مخزنی ژاوه در استان کردستان و در مجاورت استان‌های آذربایجان غربی، زنجان، همدان و کرمانشاه و در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان سنندج احداث شده است و ساختگاه سد در فاصله ۶ کیلومتری پائین‌دست محل تلاقی رودخانه‌های گاوه‌رود و قشلاق و حوضه آبریز آن در گستره سلسله جبال زاگرس قرار گرفته است (۴). مطالعات متعددی از شاخص زیستی HFBI[1] برای طبقه‌بندی آلودگی آب گزارش شده است (۵ و ۶). پژوهش‌گران از شاخص زیستی HFBI و BMWP[2] به‌ترتیب برای ارزیابی کیفیت آب نهر زرین‌گل (گلستان) و ارزیابی رودخانه کارون در استان خوزستان نیز استفاده کردند (۷ و ۸). هم‌چنین پژوهش‌گران از شاخص‌های زیستی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی برای بررسی آب رودخانه ساری‌سو (قرناوه) استفاده و در منطقه پائین‌دست، آلودگی زیاد را گزارش نمودند (۹). با توجه به این‌که اطلاعات در مورد بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه‌های قشلاق و گاوه‌رود محدود می‌باشد، بنابراین آگاهی از جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی در تعیین کیفیت آب رودخانه‌های شاخه قشلاق و گاوه‌رود قبل از آبگیری در راستای مطالعات جامع طرح سد ژاوه به‌منظور استفاده از آب شرب منطقه ضروری است.

## مواد و روش‌ها

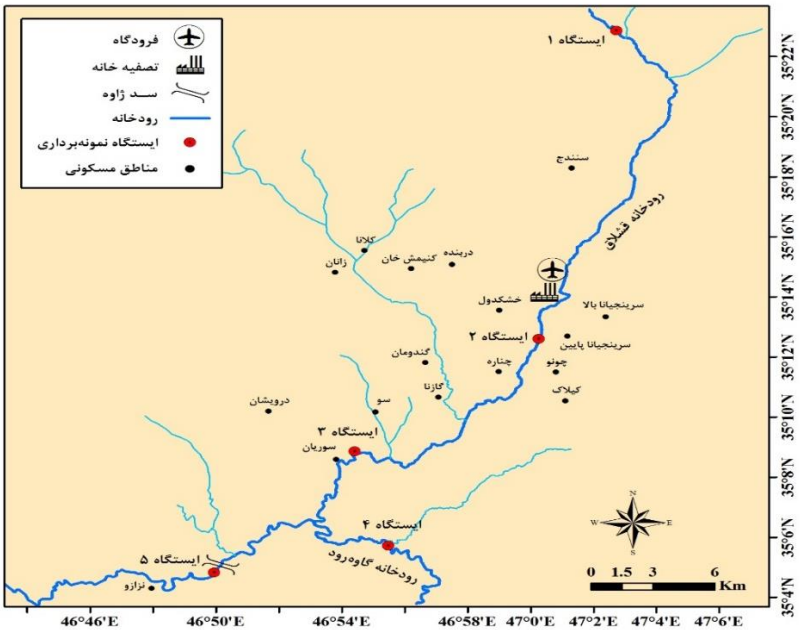
**ایستگاه‌های مورد مطالعه:** حوضه آبریز سیروان با مساحت ۷۵۰۰ کیلومترمربع یکی از پرآب‌ترین حوزه‌های استان کردستان است. رودخانه قشلاق نیز جزء حوضه آبریز سیروان و یکی از سرشاخه‌های اصلی آن است که از شمال به جنوب جریان دارد و پس از عبور از شرق شهر سنندج (در فاصله ۲۰ کیلومتری سنندج با روستای بزلانه) با رودخانه گاوه‌رود تلاقی می‌نماید (۱۰). ایستگاه‌های نمونه‌برداری به‌همراه نام ایستگاه‌ها و عمق در جدول ۱ آورده شده است. ایستگاه‌ها بر اساس فاکتورهایی

1- Hilsenhoff Family Biotic Index
2- Biological Monitoring Working Party

شامل عدم همپوشانی با یکدیگر، نوع کاربری اراضی، کیفیت حاشیه رودخانه، نوع پوشش گیاهی و در دسترس بودن به‌نحوی انتخاب شدند که انواع زیستگاه‌های موجود در منطقه را پوشش دهند (۱۱). شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌ها را روی نقشه نشان می‌دهد.

**جدول ۱- شماره، نام و مختصات جغرافیایی اکوسیستم‌های مورد مطالعه در حوضه آبریز سد ژاوه (۱۴۰۰-۱۳۹۹).**

| شماره ایستگاه | ایستگاه | مختصات جغرافیایی | عمق (متر) |
|---|---|---|---|
| ۱ | بالادست قشلاق (قبل از تصفیه‌خانه-زیر پل) | ۳۵° ۲۲' ۳۶ " N<br>۴۷° ۰۱' ۱۲" E | ۰/۷۰ |
| ۲ | شاخه قشلاق‌رود (پایین‌دست تصفیه‌خانه) | ۳۵° ۱۲' ۱۲" N<br>۴۶° ۵۹' ۳۳" E | ۰/۵۰ |
| ۳ | شاخه قشلاق (۳ کیلومتر پائین‌تر از ایستگاه ۲) | ۳۵° ۰۸' ۰۸" N<br>۴۶° ۵۳' ۵۹" E | ۱/۲۰ |
| ۴ | شاخه گاوه‌رود | ۳۵° ۰۵' ۰۴" N<br>۴۶° ۵۵' ۲۱" E | ۰/۸۰ |
| ۵ | شاخه سیروان (پشت سد) | ۳۵° ۰۳' ۵۲" N<br>۴۶° ۴۹' ۵۱" E | ۲/۰ |




**شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در حوضه آبریز سد ژاوه (۱۴۰۰-۱۳۹۹).**

نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و به‌صورت فصلی از پائیز ۱۳۹۹ شروع و به‌مدت یک سال تا تابستان ۱۴۰۰ و در ۵ ایستگاه تعیین شده انجام شد. برای نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی از نمونه‌بردار سوربر به ابعاد ۳۰/۵× ۳۰/۵ سانتی‌مترمربع و با سه تکرار در هر ایستگاه انجام گرفت (۱۲). در فصل پائیز نمونه‌برداری از ۴ ایستگاه و در سایر فصل‌ها از ۵ ایستگاه انجام شد. نمونه‌ها پس از شستشو با الک ۵۰۰ میکرون جداسازی و با الکل اتیلیک ۷۰ درصد تثبیت شد (۱۳) و به آزمایشگاه بنتوزشناسی در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انتقال داده شدند. برای شناسایی موجودات از استریومیکروسکوپ مدل SMZ800 و کلیدهای شناسایی معتبر (۱۴، ۱۵ و ۱۶) استفاده شد. سپس افراد هر گونه شمارش شده و پس از خشک کردن روی کاغذ صافی، با استفاده از ترازوی حساس (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای سنجش تراکم از واحد تعداد در مترمربع و برای وزن بر حسب گرم در مترمربع استفاده شد. به‌منظور بررسی شرایط و کیفیت آب رودخانه از شاخص زیستی هیلسنهوف استفاده شد. شاخص زیستی هیلسنهوف از رایج‌ترین شاخص‌های زیستی است که تحمل به آلودگی آلی در موجودات نهرها را نشان می‌دهد. در این روش آب از نظر آلودگی به مواد آلی طبقه‌بندی شده و میزان شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (جدول ۲).

$$HFBI = \Sigma [(TVi)\ Ni] / N$$

که در آن، TV*i* ارزش تحمل آلودگی در آن گروه، Ni تعداد افراد هر گروه و N تعداد کل افراد می‌باشد (۱۷).

**جدول ۲- طبقه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص زیستی هیلسنهوف (۱۷).**

| درجه آلودگی | کیفیت آب | شاخص زیستی هیلسنهوف |
|---|---|---|
| بدون آلودگی | عالی | ۰/۰۰-۳/۷۵ |
| آلودگی بسیار ناچیز | بسیار خوب | ۳/۷۵-۴/۲۵ |
| مقداری آلودگی | خوب | ۴/۲۶-۵/۰۰ |
| آلودگی در حد نسبتاً قابل‌توجه | متوسط | ۵/۰۱-۵/۷۵ |
| آلودگی قابل‌توجه | نسبتاً ضعیف | ۵/۷۶-۶/۵۰ |
| آلودگی خیلی زیاد | ضعیف | ۶/۵۱-۷/۲۵ |
| آلودگی شدید | بسیار ضعیف | ۷/۲۶-۱۰/۰۰ |

ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel و آنالیز آماری داده‌های به‌دست آمده در محیط نرم‌افزار آماری SPSS Ver 18. و با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه (ANOVA One way) انجام شد.

## نتایج

تعداد ۲۱۰۲۰ نمونه بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی از ۵ ایستگاه مورد مطالعه واقع در رودخانه قشلاق و گاوه‌رود سنندج، استان کردستان صید، جداسازی،

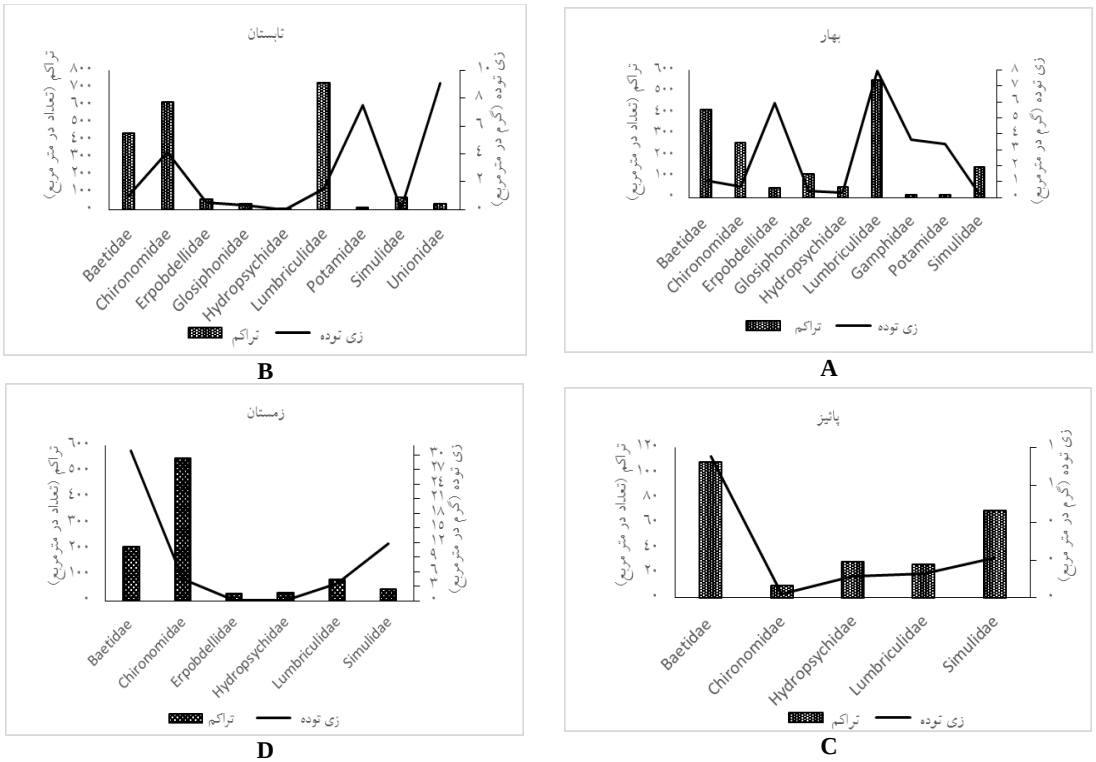
شناسایی و شمارش شدند. به‌طورکلی در مدت بررسی ۱۰ خانواده از ۵ رده و ۸ راسته از بی‌مهرگان کف‌زی شناسایی شدند (جدول ۳). از رده حشرات ۴ راسته و ۵ خانواده، از رده کم‌تاران ۱ راسته و ۱ خانواده، از رده سخت‌پوستان ۱ راسته و ۱ خانواده و از رده دوکفه‌ای‌ها ۱ راسته و ۱ خانواده و از رده زالوها ۱ راسته و ۲ خانواده مشاهده شدند. بیش‌ترین تراکم خانواده‌های شناسایی شده در رودخانه قشلاق و گاوه‌رود به‌ترتیب مربوط به Chironomidae (۶۶۱۵)، Lumbriculidae (۴۶۲۸) و Baetidae (۳۸۲۱) عدد مشاهده شد و در تمام ایستگاه‌ها حضور داشتند. همان‌طور که در جدول ۳ ذکر شد بیش‌ترین فراوانی گروه‌های شناسایی شده به‌ترتیب مربوط به راسته Diptera، Lumbriculida و Ephemeroptera است. در بررسی‌های انجام شده بیش‌ترین فراوانی حضور بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی را ایستگاه ۵ با ۳۴ درصد و ایستگاه ۴ با ۲۸ درصد به خود اختصاص دادند. کم‌ترین فراوانی را ایستگاه ۱ با ۱۰ درصد داشت (شکل ۳).

**جدول ۳- خانواده، راسته و رده‌های شناسایی شده در ایستگاه‌های مورد بررسی در فصول مختلف (سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹).**

| رده | راسته | خانواده | شماره ایستگاه | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ۱ | | | | ۲ | | | | ۳ | | | | ۴ | | | | ۵ | | | |
| | | | ب | ت | پ | ز | ب | ت | پ | ز | ب | ت | پ | ز | ب | ت | پ | ز | ب | ت | پ | ز |
| INSECTA | DIPTERA | Chironomidae | + | + | − | + | + | + | + | − | + | + | + | − | + | + | + | − | + | + | − | + |
| | | Simuliidae | + | − | − | + | − | − | − | − | − | − | − | − | + | + | − | + | + | + | − | + |
| | TRICHOPTERA | Hydropsychidae | + | − | − | + | − | − | − | − | − | − | − | − | + | + | − | + | + | + | − | − |
| | EPHEMEROPTERA | Baetidae | + | − | + | + | − | − | − | − | − | − | + | − | + | + | − | + | + | + | − | + |
| | ODONATA | Gamphidae | + | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | + | − | − |
| OLIGOCHAETA | LUMBRICULIDA | Lumbriculidae | + | − | − | + | + | − | + | − | + | − | + | + | + | − | + | + | + | − | + | + |
| CRUSTACEA | DECAPODA | Potamidae | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | + | − | − | − | + | − | − |
| BIVALVIA | UNIONIDA | Unionidae | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | + | − | − | − | − | − | − |
| HIRUDINEA | ARHYNCHOBDELLIDA | Erpobdellidae | + | + | − | − | + | − | − | − | + | − | − | − | + | − | − | − | + | + | − | − |
| | | Glosiphoniidae | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − | + | − | − |

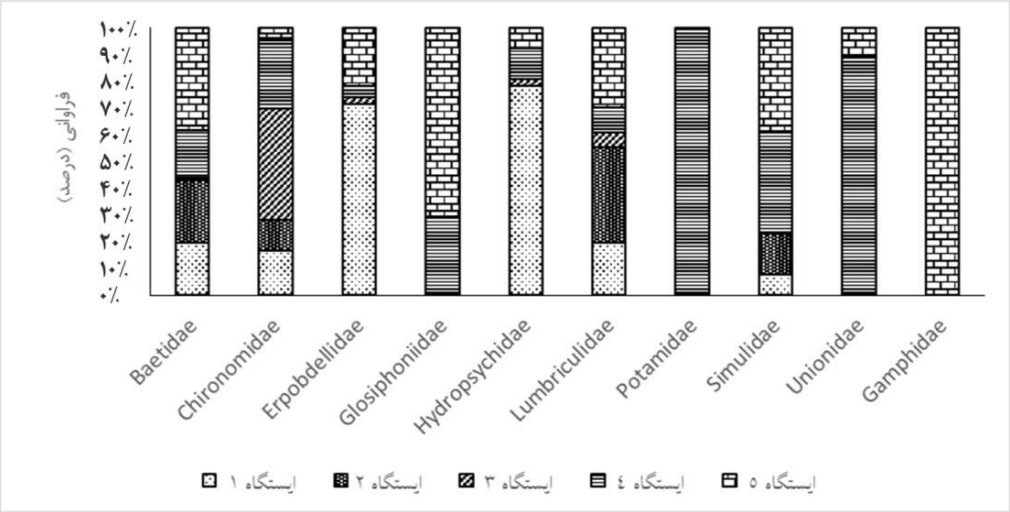
* ب: بهار، ت: تابستان، پ: پائیز، ز: زمستان

در فصل بهار، ۶ راسته و ۸ خانواده، در فصل تابستان، ۷ راسته و ۹ خانواده، در فصل پائیز ۴ راسته و ۵ خانواده و در فصل زمستان ۵ راسته و ۶ خانواده در کل حوضه شناسایی شدند. بررسی پراکنش خانواده‌های مختلف بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در این فصل و در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که خانواده‌های Lumbriculidae، Baetidae و Chironomidae به‌ترتیب با میانگین تراکم (۳۴۳/۳۱±۵۵۲)، (۲۹۳/۱۳±۴۱۳) و (۸۰/۹±۲۵۸) عدد بیش‌ترین حضور را در ایستگاه‌های مختلف داشتند، به‌طوری‌که در تمام ایستگاه‌ها مشاهده شدند (شکل ۲A). بر اساس آزمون آماری، میانگین تغییرات متغیرها اختلاف معنی‌دار بین حضور Lumbriculidae با سایر خانواده‌ها در فصل بهار دیده شد ($P<0/05$). در فصل تابستان نیز Lumbriculidae و Chironomidae به‌ترتیب با میانگین تراکم (۵۷/۳۱±۷۲۶) عدد بیش‌ترین تراکم را داشتند (شکل ۲B). در فصل پائیز، خانواده‌های Baetidae و Simuliidae به‌ترتیب با میانگین تراکم (۴۳/۶۴±۱۱۶۸) و (۳۷/۴۵±۷۴۷) عدد بیش‌ترین تراکم را به خود اختصاص دادند (شکل ۲C) و بررسی آماری اختلاف معنی‌داری را بین حضور Baetidae و سایر خانواده‌ها نشان داد ($P<0/05$). در فصل زمستان، خانواده‌های Chironomidae با میانگین تراکم (۲۶۳/۴۱±۵۴۸) عدد بیش‌ترین حضور را داشت (شکل ۲D) که اختلاف معنی‌داری را با سایر خانواده‌ها در این فصل داشت ($P<0/05$). بیش‌ترین میانگین تراکم در ایستگاه ۳ (۳۸۶/۱±۵۵۱) عدد و ایستگاه ۵ (۱۱۸/۸±۳۶۱) عدد مشاهده شد. در فصل بهار و تابستان بیش‌ترین تنوع و تراکم بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در کل حوضه آبریز مشاهده شد.




**شکل ۲- تغییرات میانگین تراکم و زی‌توده خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در فصول مختلف در کل حوضه آبریز. بهار (A)، تابستان (B)، پائیز (C) و زمستان (D) (۱۴۰۰-۱۳۹۹).**

درصد فراوانی خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در ایستگاه‌های مختلف و طی یک‌سال در شکل ۴ نشان داده شده است. خانواده Chironomidae و Lumbriculidae که از خانواده‌های مقاوم به آلودگی هستند در تمام ایستگاه‌ها حضور داشتند. خانواده Chironomidae بیش‌ترین فراوانی را در ایستگاه ۳ (رودخانه قشلاق) (۹۱ درصد) و خانواده Lumbriculidae بیش‌ترین فراوانی را در ایستگاه ۲ (بعد از خروجی تصفیه‌خانه) (۴۲ درصد) نشان دادند. ایستگاه‌های ۲ و ۳ هر دو از شاخه رودخانه قشلاق هستند. خانواده‌های Baetidae و Simuliidae که درجه مقاومت به آلودگی متوسط را دارند بیش‌ترین فراوانی را به ترتیب در ایستگاه ۵ (پشت سد) (۳۷ درصد) و ایستگاه ۴ (تلاقی قشلاق رود و گاوه‌رود) و ۵ (در هر دو ایستگاه ۶ درصد) و خانواده Hydropsychidae که از درجه مقاومت به آلودگی بسیار کم‌تر برخوردار است، بیش‌ترین فراوانی را در ایستگاه ۱ (بالادست تصفیه خانه) با ۷ درصد نشان داد. هم‌چنین درصد فراوانی خانواده‌های مختلف بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در کل حوضه آبریز مورد مطالعه نشان داد که بیش‌ترین فراوانی متعلق به خانواده‌های Chironomidae و Lumbriculidae به‌ترتیب با فراوانی ۴۰ و ۲۸ درصد بود.




**شکل ۳- درصد فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی شناسایی شده در ایستگاه‌های مختلف (سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹).**

بررسی وضعیت کیفیت آب رودخانه بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف نشان داد که وضعیت آب رودخانه در ایستگاه‌های مختلف و در تمام فصول سال بر اساس حضور بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در طبقه کیفیت آب نسبتاً ضعیف تا بسیار ضعیف قرار داشت و از نظر درجه آلودگی در طبقه آلودگی قابل‌توجه تا آلودگی شدید بود. فقط ایستگاه ۵ (شاخه سیروان در پشت سد) در فصل زمستان، در طبقه‌بندی کیفیت آب خوب قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های مورد بررسی حوضه آبریز سد ژاوه در طی یکسال (۱۴۰۰-۱۳۹۹).

| ایستگاه | ۱۳۹۹ | | ۱۴۰۰ | |
|---|---|---|---|---|
| | پائیز | زمستان | بهار | تابستان |
| ۱ | – | ۷/۲۳ | ۷/۰۰ | ۵/۹۸ |
| ۲ | ۸/۰۰ | ۷/۳۱ | ۸/۰۰ | ۸/۰۰ |
| ۳ | ۵/۸۹ | ۷/۷۴ | ۸/۰۴ | ۸/۰۰ |
| ۴ | ۶/۸۹ | ۷/۶۸ | ۷/۵۹ | ۶/۲۹ |
| ۵ | ۶/۳۹ | ۴/۸۰ | ۶/۶۵ | ۶/۸۴ |

## بحث

بررسی و مطالعه جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در اکوسیستم‌های آبی جایگاه ویژه‌ای در بررسی‌های اکولوژیک موجودات آبزی به خود اختصاص داده است. این موجودات بخش مهمی از زندگی خود را در آب به‌سر می‌برند و تحت‌تأثیر عوامل استرس‌زای محیطی به‌خصوص اثرات تجمعی آلودگی‌ها قرار می‌گیرند (۱۸). اهمیت جوامع کف‌زی نه‌تنها به‌دلیل نقش مهم در زنجیره غذایی است، بلکه حضور یا عدم حضور برخی از گونه‌ها، نشان‌دهنده کیفیت آب از نظر میزان آلودگی یا عدم آلودگی است (۸). هاشمیان (۲۰۱۶) گزارش کرد که در بررسی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی موجود در دریاچه پشت سد آزاد سنندج، خانواده Lumbriculidae بیش‌ترین فراوانی را به خود اختصاص داد (۱۹). نادری جلودار و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که در بررسی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در پایاب سد سبلان خانواده مقاوم به آلودگی آلی (Chironomidae) درصد فراوانی قابل‌توجهی را در مقایسه با گروه‌های حساس به آلودگی آلی (EPT) تشکیل دادند (۲۰). در مطالعه حاضر خانواده Chironomidae رتبه اول را از نظر فراوانی داشت که با مطالعات قلی‌زاده و حاجی‌لی (۱۴۰۰) بر روی رودخانه مبارک آباد استان گلستان مطابقت دارد (۱۱). در فصل تابستان، ۵۰ درصد از تراکم بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و در زمستان ۶۵ درصد متعلق به خانواده شیرونومیده بود. فراوانی گونه‌های مقاوم به آلودگی مخصوصاً راسته Diptera نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب است. و افزایش نسبی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی مقاوم بیانگر اثر فشارهای محیطی بر بوم‌سازگان رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمعیت آن‌ها در جهت مصرف و جبران آشفتگی است. قلی‌زاده و پاکروان (۲۰۱۹) با مطالعه بر جمعیت جوامع کف‌زی بر اساس شاخص‌های زیستی رودخانه زرین‌گل استان گلستان، بیان نمودند که وجود فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی موجب آلودگی آب‌های سطحی شد و بیش‌ترین فراوانی از راسته Diptera با ۴۶/۹ درصد را ثبت کردند (۲۱). خانواده باتیده نیز در تمام فصول سال حضور داشتند به‌طوری‌که در فصل پائیز ۴۴ درصد از کل جمعیت را تشکیل دادند. بسیاری از گونه‌ها می‌توانند در محیط‌هایی که مواد آلی بالا دارند و به‌خوبی هوادهی می‌شوند، زندگی کنند. چنین شرایطی در رودخانه‌های کم‌عمق ولی دارای توربولانت نیز دیده می‌شود (۱۷). در سیستم‌های آلوده تنوع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی کم ولی دارای فراوانی بالایی هستند. افرائی بندپی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند که در رودخانه پل سه منتهی به سد میجران در استان مازندران گروه‌های حساس به آلودگی شامل Baetidae، Heptagenidae و

Hydropsychidae بیش‌ترین فراوانی (۸۸ درصد) را داشتند (۲۲). در ایستگاه‌های ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب شاخه قشلاق رود، گاوه‌رود و سیروان حضور این جوامع بیش‌تر بود که متفاوت بودن گونه‌ها و میزان حضور آن‌ها در نقاط مختلف رودخانه را می‌توان به‌دلیل خصوصیات زیست‌شناسی گروه‌های مختلف زیستی، ساختار بستر و اندازه ذرات، فراوانی مواد غذایی و مقدار مواد آلی، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی حاکم بر محیط، نقش تغذیه‌ای ماهیان از آن‌ها دانست. نتایج به‌دست آمده نشان داد که خانواده‌های Chironomidae و Lumbriculidae در تمام ایستگاه‌ها و فصول مختلف سال حضور داشتند که در واقع بیانگر بار متوسط تا زیاد آلودگی آب است. ایستگاه ۲ (بعد از تصفیه خانه) دارای بیش‌ترین بار آلودگی بوده که امکان زیست خانواده‌های مقاوم به آلودگی متوسط شامل Hydrosychidae، Baetidae و Simulidae را نداده است. امتیازدهی در سطح خانواده معمولاً نشان‌دهنده مقدار متوسطی از دامنه تحمل گونه‌های تشکیل‌دهنده این خانواده است (۲۳). به‌همین دلیل شاخص هیلسنهوف در سطح خانواده امتیازدهی شد. نتایج شاخص هیلسنهوف در ۵ ایستگاه مورد مطالعه در طی دوره یک‌ساله از مقدار عددی میانگین ۶/۹۵ تا ۷/۴۵ متغیر بود و درجه آلودگی آب رودخانه در طبقه آلودگی خیلی زیاد تا شدید قرار گرفت. ایستگاه ۵ که در پشت سد قرار دارد در فصل زمستان، در محدوده کیفیت آب خوب قرار گرفت. حضور قابل‌توجه خانواده Baetidae که تاکسونی با ارزش مقاومتی کم و حساس به بار آلودگی است نشان می‌دهد این ایستگاه و در این فصل سال در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها کیفیت آب را خوب نشان دهد. صرافیان و همکاران (۲۰۲۰) رودخانه کن را بررسی و بیان کردند کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف در دو طبقه متوسط و ضعیف است که نشان‌دهنده آلودگی آب در این رودخانه بود (۲۴). اشجع اردلان و همکاران (۲۰۲۱) بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه آچی‌رود را بررسی کردند و ۳ رده، ۱۲ خانواده و ۱۴ گونه از ماکروبنتوزها را گزارش کردند و بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف، ایستگاه‌ها در ۳ طبقه کیفی عالی، خیلی‌خوب و متوسط بیان شد (۲۵). بررسی کیفیت آب در ایستگاه‌های تعیین شده به کمک شاخص زیستی هیلسنهوف که در بین شاخص‌های بیولوژیک به‌گونه‌ای طراحی شده که بازتاب منطقی دقیق‌تری از میزان بار آلودگی دارد، نشان داد که آب رودخانه‌های مورد مطالعه دارای کیفیت ضعیف تا بسیار ضعیف هستند.

## نتیجه‌گیری کلی

علت آلودگی آب در مطالعه حاضر را با توجه به آماده نشدن کارخانه تصفیه‌خانه فاضلاب شهر سنندج و نیز امکان قطعی برق در برخی مواقع (مشاهده حضوری) و ورود گسترده فاضلاب شهری و صنعتی به داخل رودخانه می‌توان بیان نمود. بنابراین بررسی‌های بیش‌تر جهت هر گونه بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود. کیفیت آب ایستگاه شماره ۲ به‌دلیل نزدیکی به خروجی پساب کارخانه تصفیه از نظر شاخص هیلسنهوف در طبقه بسیار ضعیف و آلودگی شدید قرار دارد.

## تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بخشی از مطالعه پروژه ارزیابی کیفیت آب سرشاخه‌های قشلاق و گاوه‌رود با کد مصوب (۹۹۱۳۳۷-۹۹۰۵۷-۰۶۴-۱۲-۷۶-۱۲۴) است. از ریاست و معاونت محترم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر و همه کارشناسان که در جهت اجرای این پروژه همراهی داشتند تشکر و سپاسگزاری می‌نماییم.

## منابع


1.Pirali Zefrehei, A.R., and Ebrahimi, A. 2017. Introduction of several biological indices for the assessment of river water quality. Journal of Water and Sustainable Development. 3: 2. 35-42.

2.Kim, S., Lee, H.G., Kang, S.M., and Yu, O.K. 2020. The Influence of Manila Clam (*Ruditapes philippinarum*) on Macrobenthos Communities in a Korean Tidal Ecosystem. Sustainability. 12: 4205-4217.

3.Kevin, B.L., and Vincent, H.R. 2011. Development and validation of a macroinvertebrate index of biotic integrity [IBI] for assessing urban impacts to Northern California freshwater wetlands. Environ Monit Assess. 6: 3653-3674.

4.Amini, A., and Goftari, Z. 2016. Evaluation of the effects of Zhavah Dam on neighboring rural areas, Sanandaj city. Journal of Geography and Regional Advice. 15: 1. 213-236.

5.Shokripour, Z., and Ashjaardalan, A. 2016. Identify and evaluate the diversity of macrobenthos in Karaj River. Journal of Animal Researches. 29: 4. 442-453.

6.Roghanizadegan, N., Mohammadi-Rouzbahani, M., and Dehghan, M. 2012. Bio-evaluation of Dez River by structure of macrobenetic populations and Hilsenhoff index. The 1st International Congress of Iranian Environmental tensions and Ways to Improve It. Kish Island. Islamic Azad University, Ahwaz Branch. 113p.

7.Gholizadeh, M., and Izadi, S. 2018. A study of the effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farms on communities macroinvertebrates based on the biological indicators of Zarin Gol creek - Golestan province. Journal of Aquaculture Ecology. 8: 3. 108-119.

8.Jalili, S. 2020. Water Quality Assessment Based on HFBI and BMWP Index in Karoon River, Khuzestan Province, (Northwest of Persian Gulf). Anthropogenic Pollution Journal. 4: 1. 36-49.

9.Alizadeh, M., Hosseini, S.A., Jafaryan, H., Ghorbani1, R., and Gholizadeh, M. 2018. Evaluation of ecological and biochemical indices of macrobenthic community in the Sari-Su River (Qarnaveh). Journal of Aquaculture Science. 6: 9. 75-88.

10.Amani, K., Khushnavazi, R., and Hallaj, R. 2013. Investigating the physical and chemical properties of Gheshlagh river water in Sanandaj. Completed research project. 178p.

11.Gholizadeh, M., and Hajili Davaji, M. 2021. A comparative analysis of biotic indices using macroinvertebrates to assess water quality in Mobarakabad River, Golestan Province. Journal of Fisheries. 74: 4. 525-541.

12.Pennak, R.W. 1953. Freshwater invertebrates of United States. The Ronald Press Company, New York.

13.Ortize, J.D., and Puig, M.A. 2007. Point source effects on density, biomass and diversity of benthic macroinvertebrate in a meditaranean stream. River Research and Applications. 23: 155-170.

14.Hauer, F.R., and Lamberti, G.A. 2007. Methods in stream ecology. Elsevier In. 854p.

15.Needham, J.G. 1962. A guide to the study of Fresh-water biology. HOLDEN-DAYINC., San francisco. 107p.

16.Edmondson, W.T. 1959. Fresh water biology, John Wiley and Sons, Inc. Washington. 124 p.

17.Hilsenhoff, W.L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. Journal of North American Benthological Society. 7: 1. 65-68.

18.Foomani, A., Gholizadeh, M., Harsij, M., and Salavatian, S.M. 2019. Spatial and temporal variations in benthic macroinvertebrates communities Shanbeh-bazar waterway, Anzali wetland leading to the Caspian Sea. Journal of Aquaculture Ecology. 8: 4. 87-95.

19.Hashemian, A. 2016. Limnology study and evaluation of Sanandaj Azad Dam reservoirs in order to carried out fishing activities. Part of the report on the study of density and mass of macrobenthos of Sanandaj Azad Dam. Iranian Fisheries Science Research Institute. 180p.

20.Naderi, M. Pourgholam, R., Farabi, M.V., Yusefian, M., Varadi, E., Najafpor, SH., and Ganjian, A. 2015. Limnological study of Sabalan Dam tailings in order to build a cold water fish factory. Iranian Fisheries Science Research Institute. 60p.
21.Gholizadeh, M., and Pakravan, M.H. 2019. Investigation of Benthic Macroinvertebrate Besed on Bio-indicator in Zarin Gol River, Golestran Provinc. Journal of Environmental Science Technology. 21: 8. 221-232.
22.Afraie Bandapi, M.A., Shakoori, M., Naderi, M., and Rouhi, A. 2019. Preliminary report on the investigation of Meijran dam. Caspian Sea Ecology Research Center. 10p.
23.Varnosfaderany, M.N., Ebrahimi, E., Mirghaffary, N., and Safyanian, A. 2010. Biological assessment of the Zayandeh Rud River, Iran, using benthic macroinvertebrates. Limnologica, 40: 226-232.
24.Sarafian, M., Eidi, M., and Ashja-ardalan, A. 2020. Identification of macrobenthos in the proximal part of the Kan River, Tehran province. Journal of Animal Environment. 12: 2. 389-400.
25.Ashja Ardalan, A., Eidi, M., and Gorji Azandariani, M. 2021. Identification of macrofauna in the Achiroud River in chaboksar area, Gilan province. Journal of Fisheries. 74: 4. 543-556.