# ارزیابی ساختار و تنوع اجتماعات ماکروبنتوز در رودخانه‌های گاماسیاب و بیستون (استان کرمانشاه)


- **حسنا متقی‌دارابی**: گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی سوادکوه، ایران
- **مریم شاپوری***: گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی سوادکوه، ایران
- **بابک مقدسی**: گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی سوادکوه، ایران


تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۵

## چکیده

**هدف این مطالعه ارزیابی ساختار و تنوع ماکروبنتوز در رودخانه گاماسیاب و بیستون بود. رودخانه گاماسیاب و رودخانه بیستون هر دو در استان کرمانشاه جاری هستند،که دارای فون بسیار خوبی از آبزیان به‌ویژه ماکروبنتوز می‌باشند. در این بررسی روند الگوی پراکنش و تاثیرات رودخانه بیستون بر روند کیفیت آب رودخانه گاماسیاب مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۳ ایستگاه در مسیر رودخانه انتخاب و از ماکروبنتوز آن به‌صورت ماهانه در طی یک‌سال توسط نمونه‌بردار سوربر و با سه تکرار نمونه‌برداری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده و با فرمالین ٤ درصد تثبیت و در آزمایشگاه جداسازی و شمارش گردید. نتایج به‌دست آمده از شاخص هیلسنهوف نشان داد که رودخانه بیستون روند بهتری از نظر کیفی آب نسبت به رودخانه گاماسیاب دارد. بیش‌ترین تنوع شاخص سیمپسون در ایستگاه دوم مشاهده گردید که نتایج شاخص هیلسنهوف موید این قضیه است. در این بررسی تعداد ٥٤٩٢ عدد ماکروبنتوز مورد بررسی قرار گرفت که بیش‌ترین فراوانی را راسته Diptera (دوبالان) داشته است. پس از راسته دوبالان به‌ترتیب راسته‌های Gastropoda (شکم‌پایان) ، Ephemeroptera (یکروزه‌ها) و Amphipoda (جورپایان)، بیش‌ترین فراوانی را به‌خود اختصاص داده‌اند. در این پژوهش تنها ۷ راسته (Diptera، Ephemeroptera، Trichoptera، Coleoptera، Pulmonata، Amphipoda، Clitellata)و ۱۱ خانواده(Chironomidae، Simuliidae، Tipulidae، Baetidae، Heptageniidae، Hydroptilidae، Elmidae، Planorbidae، Physidae، Gammaridae، Lumbricidae) شناسایی شدند.**

**کلمات کلیدی:** ماکروبنتوز، گاماسیاب، بیستون، رودخانه، شاخص بیولوژیکی



* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m_shapoori@iausk.ac.ir

## مقدمه

مطالعات لیمنولوژیک و هیدروبیولوژیک، شامل مطالعات فیزیکو شیمیایی، باکتریولوژیک و بیولوژیک آب‌هاست که در این میان مطالعات بیولوژیک از اهمیت ویژه‌ای برخور دارند و می‌توان به‌وسیله آن و با کمک سایر مطالعات، قضاوتی منطقی و معقول از یک اکوسیستم را ارائه داد (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). هم‌چنین از وقایع مهم در بوم سازگان آبی، مطالعه آثار آلودگی‌ها برروی کیفیت آب و تنوع و پراکنش زیستی کفزیان رودخانه می‌باشد(Fesl و Humpesch، ۲۰۰۲). ارزیابی‌زیستی می‌تواند به‌عنوان ابزاری کارآمد در استفاده سیستماتیک از موجودات زنده جهت ارزیابی کیفیت محیط زیست و سلامت اکوسیستم منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرد. از مزایای ارزیاب‌های زیستی آن است که می‌توان به‌کمک آن‌ها ضعف‌های موجود در زیست بوم که ناشی از بروز آلودگی‌ها یا تخریب زیستگاه‌ها می‌باشد را شناسایی نمود. استفاده از ماکروبنتوز به‌دلیل تحرک کم، طول عمر زیاد و غنای گونه‌ای بالا با عکس‌العمل‌های متفاوت در قبال عوامل محیطی از جمله عوامل اصلی در استفاده از این موجودات در ارزیابی بوم شناختی اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (Mason و Parr، ۲۰۰۳؛ Miserendino، ۲۰۰۱).

مطالعه و بررسی ساختار جوامع کفزی در اکوسیستم‌های آبی جایگاه خاصی در بررسی‌های اکولوژیک موجودات آبزی به‌خود اختصاص داده است. اهمیت ماکروبنتوز نه تنها به جهت حضور آن‌ها در زنجیره غذایی می‌باشد بلکه وجود یا عدم برخی از گونه‌های کفزی نشان دهنده کیفیت آب از نظر میزان آلودگی و یا عدم آلودگی می باشد. بی‌مهرگان کفزی از نظر مقاومت در برابر شدت آلودگی و کاهش اکسیژن با یکدیگر متفاوت بوده و در مورد بعضی از گونه‌ها این تفاوت فاحش‌تر است. بعضی از گونه‌ها در آب‌های کاملاً تمیز و عاری از هرگونه آلودگی و بعضی در آب‌های با آلودگی زیاد قادر به ادامه حیات هستند. حشرات آبزی که بیش از ۶۰ درصد گونه‌ای را در جوامع ماکروبنتوز درشت تشکیل می‌دهند می‌توانند به‌عنوان شاخصی از شرایط محیطی و کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرند (Knight و Cooper، ۱۹۸۹). ماکروبنتوز به‌عنوان یک شاخص زیستی بیان کننده شرایط حاکم بر محیط زندگی خود هستند و از سوی دیگر در رژیم غذایی ماهیان رودخانه‌ای نقش به‌سزایی دارند. بدین جهت تعیین تنوع، فراوانی و تغییرات فصلی آن‌ها نقش به‌سزایی در تعیین توان تولید طبیعی نهایی رودخانه، تقسیم‌بندی رودخانه از نظر آلودگی (ساپروبی) و قضاوت نهایی بر این اکوسیستم خواهد داشت (احمدی و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعات مشابهی در ایران و سایر نقاط در این زمینه انجام شده است که از بین آن‌ها می‌توان به بررسی‌های مسگران کریمی و همکاران (۱۳۹۱)، بررسی تنوع و فراوانی زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه دوهزار تنکابن با استفاده از شاخص‌های زیستی انجام گرفت. در این مطالعه ۶۰ خانواده متعلق به ۱۸ راسته و ۷ رده شناسایی شدند. بررسی ممبینی و همکاران (۱۳۹۱)، ساختار اجتماعات ماکروبنتوز به‌عنوان شاخص‌های آلایندگی در رودخانه جراحی بررسی شد. ساختار اجتماعات ماکروبنتوز در این رودخانه شامل دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان، حشرات، سخت‌پوستان و زالوها با غالبیت گونه *Sphaerium rivicola* بود که از آن به‌عنوان شاخص زیستی برای تعیین کیفیت آب استفاده گردید. هم‌چنین مطالعه‌ای بر روی فاکتورهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب توسط طیبی و اردکانی (۱۳۹۱) صورت گرفت، مشاهدات بیانگر آن بود که این رودخانه به دلیل واقع شدن در منطقه کوهستانی و دمای پایین منطقه و بالا بودن دبی از نظر کیفیت می‌تواند در شرایط مطلوب باقی بماند. در بررسی‌های Colas و همکاران (۲۰۱۴)، از ماکروبنتوز جهت سنجش خطرات اکولوژیکی در سه رودخانه فرانسه استفاده گردید. در بررسی‌های Zoriasatein و همکاران (۲۰۱۳)، ارزیابی وضعیت کیفی منطقه ساحلی اروند با استفاده از شاخص‌های زیستی انجام شد. نتایج حاکی از آن بود که این رودخانه دارای کیفیت بالا می‌باشد. زیر حوضه گاماسیاب با مساحتی حدود ۱۱۴۵۹ کیلومتر مربع، معادل ۲۲/۶ درصد سطح کل حوضه کرخه، بعد از سیمره دومین زیر حوضه کرخه از نظر وسعت می‌باشد. حداکثر ارتفاع آن ۳۶۴۵ متر است. رودخانه گاماسیاب در بخش شمال‌شرقی حوضه آبریز کرخه جریان دارد. این رودخانه در پایان مسیر خود در استان همدان، وارد استان کرمانشاه می‌شود. از محلی بنام دوآب به باختر تغییر مسیر می‌دهد، وارد بستری کوهستانی می‌گردد و دشت‌های جنوبی کنگاور را مشروب ساخته و با دریافت شاخه‌های متعددی از راست و چپ مسیر وارد بخش صحنه کرمانشاه می‌شود و سپس وارد منطقه بیستون گشته و در این محل با شاخه مهم و پر آب خود به نام دینور تلاقی می‌نماید، از پای بیستون گذشته و وارد بخش مرکزی شهرستان کرمانشاه می‌شود. در محلی به نام گله‌جار با رودخانه قره‌سو تلاقی کرده و رودخانه سیمره یا کرخه را تشکیل می‌دهد. به‌طورکل مصارف، در قالب بخش‌های مختلف شهری و روستایی، کشاورزی، صنعت، معادن و آبزی‌پروری می‌باشد (خانلری و همکاران، ۱۳۹۲).

با توجه به اهمیت رودخانه‌های گاماسیاب و بیستون در این تحقیق به بررسی ساختار جمعیتی ماکروبنتوز آن پرداخته شده است. هدف از این مطالعه شناسایی درشت بی‌مهرگان کفزی و هم‌چنین استفاده از شاخص‌های بیولوژیک در طبقه‌بندی و تعیین کیفیت آب در این رودخانه و تنوع منطقه است.

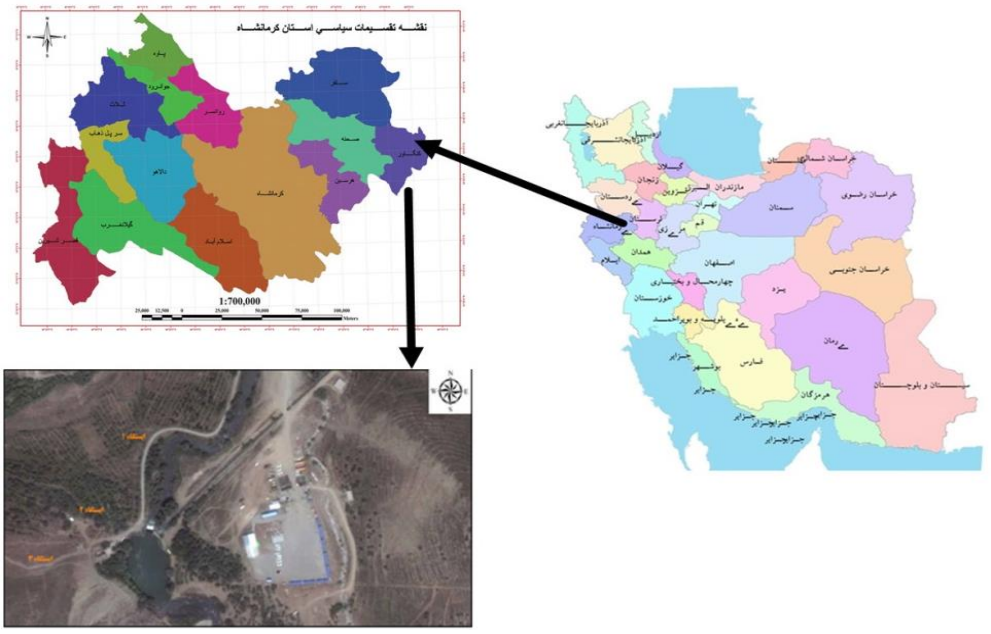
## مواد و روش‌ها

با در نظر گرفتن شرایط منطقه، طول رودخانه و عوامل محیطی تاثیرگذار بر کیفیت آب رودخانه گاماسیاب و جوامع ماکروبنتوزی ساکن در آن، ۳ ایستگاه مطالعاتی (دو ایستگاه در رودخانه گاماسیاب و یک ایستگاه در بیستون) در طول رودخانه انتخاب گردید (جدول ۱).

**جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری**

| ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا (متر) |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۵۰" ۳۷' ۰۵۳° | ۱۹" ۲۹' ۳۶° | ۷۸۷ |
| ۲ | ۳۱" ۳۵' ۰۵۳° | ۳۹" ۲۸' ۳۶° | ۷۲۴ |
| ۳ | ۲۴" ۳۲' ۰۵۳° | ۱۶" ۲۸' ۳۶° | ۶۵۵ |

ایستگاه نمونه‌برداری شماره ۱ براساس وجود مزارع کشاورزی، باغات ناحیه و تخلیه فاضلاب صنعتی و روستایی، ایستگاه نمونه‌برداری ۲ براساس عدم وجود مزارع و باغات کشاورزی، منطقه توریستی، فرعی بودن رودخانه و بستر قلوه سنگی و ایستگاه ۳ براساس تأمین آب مزارع کشاورزی، باغات ناحیه و تخلیه فاضلاب روستایی انتخاب گردید. مدت نمونه‌برداری یک‌سال از زمستان ۱۳۹۳ تا پاییز ۱۳۹۴ بوده و به‌صورت ماهانه انجام شد (شکل ۱). نمونه‌برداری از ماکروبنتوز با استفاده از تور سوبر با اندازه چشمه ۵۰۰ میکرون و سطح مقطع ۳۰× ۳۰ سانتی‌متر مربع و با ۳ تکرار در هر ایستگاه با سه تکرار در طی یک‌سال انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروفی که مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه‌برداری بر روی آن‌ها ثبت شده بود، تخلیه و توسط فرمالین ۴٪ تثبیت شدند. برای شناسایی نمونه‌های جداسازی شده از کلیدهای شناسایی معتبر استفاده شد (Milligan، ۱۹۹۵؛ Elliott و همکاران، ۱۹۸۸؛ Hynes ، ۱۹۷۷)




**شکل۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه**

**آنالیز آماری:** اطلاعات به‌دست آمده به‌صورت نمایه‌های هیلسنهوف، ونمایه سیمپسون (Simpson) خلاصه شد. شاخص زیستی هیلسنهوف (Hilsenhoff، ۱۹۹۸) توسط رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$HFBI = \Sigma [ (TV_i) (n_i) ] / N \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، HFBI بیانگر شاخص زیستی هیلسنهوف، $TV_i$ بیانگر ارزش تحمل هر خانواده، $n_i$ نشان‌دهنده تعداد موجودات در هر خانواده و N، تعداد کل موجودات در تمام خانواده‌ها است.

شاخص سیمپسون (Simpson's Diversity Index ) از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد (Gray، ۲۰۰۰) :

$$D = ۱ - \sum_{i=۱}^{s}(pi)^۲ \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، $p_i$ نشان‌دهنده فراوانی نسبی افراد است.

براساس مقادیر سنجی‌های جمعیتی به‌دست آمده ایستگاه‌های مطالعاتی دسته‌بندی و براساس شاخص‌های زیستی به‌دست آمده نیز ایستگاه‌ها طبقه‌بندی کیفی و ارزیابی شدند. نتایج به‌دست آمده از نمونه‌برداری‌ها، با استفاده از روابط بالا محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج

به‌طورکلی در مدت یک‌سال بررسی تعداد ۵۴۹۲ عدد در مترمربع، ماکروبنتوز نمونه‌برداری شد، که بیش‌ترین فراوانی را راسته Diptera یا دوبالان، با تعداد ۲۲۲۹ عدد در مترمربع، سپس Amphipoda یا ناجورپایان با تعداد ۲۱۲۶ عدد در مترمربع، بعد از آن Ephemeroptera یا یک‌روزه‌ها با تعداد ۵۲۰ عدد در مترمربع و در ادامه Gastropoda یا شکم‌پایان با تعداد ۳۰۷ عدد در مترمربع شامل بوده است. تعداد ۳۱۰ عدد در مترمربع ماکروبنتوز، باقی‌مانده در بین راسته و خانواده‌های دیگر تقسیم می‌گردد. راسته‌های فوق در تمام فصول در تمام ایستگاه‌ها حضور داشته‌اند. جدول ۲ ماکروبنتوز شناسایی شده و هم‌چنین امتیاز مقاومت خانواده‌های مورد شناسایی در این مطالعه را نشان می‌دهد.

**جدول ۲: سیستمانیک ماکروبنتوز شناسایی شده در رودخانه گاماسیاب و بیستون استان کرمانشاه**

| شاخه | رده | راسته | خانواده | امتیاز |
|---|---|---|---|---|
| Arthropoda | Insecta | Diptera | Chironomida | ۸ |
| | | | Simuliidae | ۶ |
| | | | Tipulidae | ۳ |
| | | Ephemeroptera | Baetidae | ۴ |
| | | | Heptageniidae | ۴ |
| | | Trichoptera | Hydroptilidae | ۴ |
| | | Coleoptera | Elmidae | ۴ |
| | Gastropoda | Pulmonata | Planorbidae | ۷ |
| | | | Physidae | ۸ |
| | Crustacea | Amphipoda | Gammaridae | ۴ |
| Annelida | Oligochaeta | Clitellata | Lumbricidae | ۶ |

اطلاعات به‌دست آمده از محاسبه مقدار شاخص زیستی هیلسنهوف در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان داد که که در ایستگاه اول، کیفیت آب نسبتاً بد با آلودگی آلی قابل تشخیص، در ایستگاه دوم کیفیت آب متوسط با آلودگی آلی در حد نسبتاً قابل تشخیص و در ایستگاه سوم کیفیت آب نسبتاً بد با آلودگی آلی قابل تشخیص است (جداول ۲و ۳).

**جدول۲: طبقات کیفی آب به روش هیلسنهوف**

| درجه آلودگی به مواد آلی | کیفیت آب | مقدار نمایه هیلسنهوف |
|---|---|---|
| بدون آلودگی مواد آلی | عالی | ۰/۰۰ – ۳/۵۰ |
| آلودگی بسیار ناچیز | خیلی خوب | ۳/۵۱ – ۴/۵۰ |
| مقداری آلودگی آلی | خوب | ۴/۵۱ – ۵/۵۰ |
| آلودگی آلی در حد نسبتاً قابل | متوسط | ۵/۵۱ – ۶/۵۰ |
| آلودگی آلی قابل تشخیص | نسبتاً بد | ۶/۵۱ – ۷/۵۰ |
| آلودگی آلی خیلی زیاد | بد | ۷/۵۱ – ۸/۵۰ |
| آلودگی آلی شدید | خیلی بد | ۸/۵۱ – ۱۰/۰۰ |

**جدول۳: کیفیت آب ایستگاه‌های مطالعاتی براساس شاخص Hilsenhoff**

| فصول | ماه‌ها | ایستگاه۱ | ایستگاه۲ | ایستگاه۳ |
|---|---|---|---|---|
| | دی | ۶/۰۸ | ۵/۲۳ | ۶/۲۳ |
| زمستان | بهمن | ۷/۵۹ | ۵/۶۸ | ۷/۷۱ |
| | اسفند | ۸ | ۵/۷۹ | ۷/۷۰ |
| | فروردین | ۷/۹۸ | ۶/۰۳ | ۷/۹۳ |
| بهار | اردیبهشت | ۷/۹۳ | ۵/۷۹ | ۷/۳۲ |
| | خرداد | ۵/۹۶ | ۵/۹۸ | ۸/۷۱ |
| | تیر | ۷/۸۸ | ۵/۶۲ | ۶/۷۷ |
| تابستان | مرداد | ۶/۴۶ | ۵/۴۲ | ۵/۲۲ |
| | شهریور | ۵/۷۳ | ۵/۵ | ۶/۲۴ |
| | مهر | ۵/۸۸ | ۵/۲ | ۶/۲۷ |
| پاییز | آبان | ۵/۹۹ | ۶/۰۷ | ۶/۴۹ |
| | آذر | ۶/۰۴ | ۵/۹۴ | ۶ |
| | میانگین | ۶/۷۹ | ۵/۶۹ | ۶/۸۸ |

نمایه سیمپسون یکی از شاخص‌های منعکس‌کننده چیرگی است، زیرا در مقایسه با گونه‌های نادر نسبت به گونه‌های با وفور زیاد حساس‌تر است. در این نمایه، تعلق بیش‌تر به گروه خاص است. میزان این نمایه از صفر تا یک رتبه‌بندی می‌شود (Gray، ۲۰۰۰). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین تنوع در ایستگاه دوم دیده شد.

**جدول۴: سیمپسون (تنوع گونه‌ای) در رودخانه گاماسیاب و بیستون**

| فصول | ماه‌ها | ایستگه ۱ | ایستگاه۲ | ایستگاه۳ |
|---|---|---|---|---|
| | دی | ۰/۲ | ۰/۶۳ | ۰/۴۵ |
| زمستان | بهمن | ۰/۳۵ | ۰/۶ | ۰/۱۴ |
| | اسفند | ۰/۰۱ | ۰/۵ | ۰/۱۹ |
| | فروردین | ۰/۰۱ | ۰/۴۲ | ۰/۰۳ |
| بهار | اردیبهشت | ۰/۲۶ | ۰/۱۷ | ۰/۳۵ |
| | خرداد | ۰/۵۷ | ۰/۳ | ۰/۶۱ |
| | تیر | ۰/۳۵ | ۰/۲۳ | ۰/۷۲ |
| تابستان | مرداد | ۰/۸۵ | ۰/۴۲ | ۰/۷۹ |
| | شهریور | ۰/۷۴ | ۰/۶۷ | ۰/۲۶ |
| | مهر | ۰/۷۴ | ۰/۵۹ | ۰/۲۶ |
| پاییز | آبان | ۰/۱۸ | ۰/۵۹ | ۰/۳ |
| | آذر | ۰/۵۸ | ۰/۱۲ | ۰/۳۸ |

## بحث

حضور موجودات در اکوسیستم تابعی از شرایط محیطی حاکم بر آن اکوسیستم است و با استناد بر آنان می‌توان ارزیابی سریع و اجمالی از اکوسیستم تحت مطالعه داشت. براین اساس مطالعات بیولوژیک مختلفی توسط محققان بر روی رودخانه‌های ایران

و خارج از کشور انجام شده است، به‌طوری‌که رضایی و همکاران (۱۳۹۳) شاخص زیستی آلودگی رودخانه جاجرود را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصله بیانگر کاهش تنوع گونه‌ای و وفور گونه‌های مقاوم به کمبود اکسیژن در مناطق با آلودگی بیش‌تر بوده است. در تحقیق دیگری که توسط Azrina و همکاران(۲۰۰۶) بر روی رودخانه Langat در مالزی صورت گرفت، حاکی از آن بود که شاخص غنا و تنوع جوامع ماکروبنتوز تحت شرایط اکسیژن و دانه‌بندی رسوبات قرار دارد.

در این پژوهش از شاخص سیمپسون برای ارزیابی تنوع و غنای ماکروبنتوز مورد مطالعه استفاده گردید که متخصصان زیادی در ارزیابی زیستی آب‌های مختلف از این شاخص‌ها استفاده کرده‌اند و بر کارایی و دقت این شاخص‌ها تاکید دارند (Taylor، ۲۰۰۰). در این پژوهش تعداد ۷ راسته شامل ۱۱ خانواده شناسایی گردید. در تحقیق جانبازی(۱۳۸۹)در رودخانه کسلیان مازندران و کاظمی (۱۳۸۲) در رودخانه طالقان، به‌ترتیب تعداد ۲۰ و ۳۴ خانواده و جنس از ماکروبنتوز شناسایی گردید که در مقایسه با نتایج حاصله از تنوع موجود در رودخانه گاماسیاب، تنوع ماکروبنتوز بیش‌تر بوده است. در مطالعه Trichkova و همکاران (۲۰۱۳) تنوع بی‌مهرگان کفزی نسبت به پارامترهای محیطی و پتانسیل اکولوژیکی مخازن در رودخانه دانوب، شمال‌غربی بلغارستان مورد بررسی قرار گرفت و ۷۵ خانواده شناسایی شدند که بیش‌تر آن‌ها متعلق به‌راسته افمروپترا، شیرونومیده‌و نرم‌تنان بودند ولی در رودخانه گاماسیاب فون غالب را راسته‌های دیپترا و شکم‌پایان تشکیل داده بود. مطالعات مشابهی توسط Nguyen و همکاران (۲۰۱۴) جهت سنجش کیفیت آب رودخانه Cau در ویتنام انجام شد که از ماکروبنتوزها به‌عنوان شاخص زیستی استفاده شد و نتایج نشان داد که این روش، روش مناسبی برای تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها می‌باشد. عوامل مهمی بر تنوع و تراکم ماکروبنتوز موجود در یک بستر تاثیرگذار است که می‌توان به نوع بستر، جنس بستر، نوع ماده آلی موجود در بستر اشاره داشت. از طرفی شدت جریان آب، عمق آب، پوشش گیاهی موجود در اطراف و حتی نوع بستر می‌تواند از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر تنوع گونه‌ای ماکروبنتوز باشد (Sandin، ۲۰۰۳). با توجه به عوامل کیفی آب در این پژوهش که براساس شاخص هیلسنهوف در رده متوسط تا نسبتاً بد تقسیم‌بندی می‌گردد و کم آبی شدید رودخانه گاماسیاب در فصل تابستان و ادامه این روند تا اواسط فصل پاییز، دلیل اصلی اختلاف کاهش تنوع گونه‌ای در این پژوهش، می‌تواند میزان آلودگی و بار مواد آلی تحمیلی به رودخانه و هم‌چنین تاثیر کم آبی بر پراکنش، تنوع و تراکم ماکروبنتوز باشد. در مطالعه‌ای دیگری که طیبی و اردکانی (۱۳۹۱) به‌منظور بررسی پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب انجام داده‌اند، با این‌که رودخانه از نظر اکسیژن به‌دلیل قرار گرفتن در منطقه مرتفع و بالا بودن دبی و جریانات در زمستان از شرایط خوبی برخوردار است و آب قابلیت خودپالایی خود را می‌تواند حفظ نماید، اما با وسعت صنایع انسانی و صنعت آبزی‌پروری شرایط مناسب رودخانه می‌تواند تغییر نماید. نتایج حاصل از شاخص تنوع سیمپسون نیز بیش‌ترین تنوع‌را در ایستگاه دوم‌نشان می‌دهد،زیراتمامی داده‌های به‌دست آمده در این ایستگاه متمایل به عدد ۱ و بعد از آن ایستگاه سوم چنین وضعیتی دارد. ماکروبنتوز دارای تنوع گونه‌ای هستند که نشان‌دهنده محل زیست مناسب برای آن‌ها است، به‌طوری‌که در ایستگاه دوم بیش‌ترین تنوع گونه‌ای براساس شاخص سیمپسون دیده می‌شود و شاخص هیلسنهوف، مورد فوق را تایید می‌کنند. در این پژوهش کیفیت آب ایستگاه‌های ۱ و ۲ و ۳ با استفاده از شاخص هیلسنهوف به‌ترتیب ۶/۷۹، ۵/۶۹، ۸۸/.به‌دست آمد و طبق طبقه‌بندی موجود در این شاخص کیفیت آب این ۳ ایستگاه به‌ترتیب نسبتاً بد، متوسط و نسبتاً بد مشخص گردید. در تحقیق جانبازی (۱۳۸۹)، میانگین شاخص هیلسنهوف برای رودخانه کلسیان ۲/۹۷ به‌دست آمده که با میانگین به‌دست آمده از رودخانه گاماسیاب (۶/۴۵) هم‌خوانی ندارد.ازرایج‌ترین شاخص‌های زیستی که در ایالات متحده در مطالعات اکولوژیکی استفاده می‌گردد شاخص هیلسنهوف بوده‌است، به‌طوری‌که با افزایش میزان آلودگی در منابع آبی میزان این شاخص نیز افزایش می‌یابد (Hilsenhoff، ۱۹۸۸). با توجه به این‌که شاخص هیلسنهوف براساس‌ارزیابی درجات‌مختلف مقاومت به آلودگی آلی آب در بندپایان رودخانه شامل حشرات، جورپایان و ناجورپایان در سطح خانواده است و دامنه آن از عدد صفر برای موجودات بسیار حساس به آلودگی تا عدد ۱۰ برای موجودات بسیار مقاوم به آلودگی تقسیم می‌شود (Hilsenhoff، ۱۹۸۸). بنابراین رودخانه گاماسیاب در ایستگاه‌های مورد بررسی در این پژوهش در طبقه‌بندی کیفی متوسط تا نسبتاً بد قرار گرفته است. از طرفی تنوع کم ماکروبنتوز موجود در این ایستگاه‌ها ( ۷راسته و ۱۱ خانواده) نسبت به سایر تحقیقات صورت گرفته در این زمینه تاییدکننده آلودگی نسبی رودخانه است. در این بررسی ایستگاه شماره ۲ در رودخانه بیستون، تاثیرات بسیار زیادی بر روی رودخانه گاماسیاب می‌گذارد و دلیل آن مسافت کم این رودخانه از سرچشمه تا محل تلاقی می‌باشد و دارای غنای گونه ای بسیار خوبی نیز بوده است و از کیفیت آب بسیار بالایی نیز برخوردار می‌باشد. در این ایستگاه به‌دلیل بستر قلوه سنگی که بهترین نوع بستر برای رشد و ازدیادگونه‌های کفزی است(Sandin، ۲۰۰۳)، بیش‌ترین غنای گونه‌ای مربوط به *Gammarus sp.* دیده شده و آب دارای کیفیت مناسبی است. ایستگاه ۱ از آلودگی بیش‌تری برخوردار بوده و وجود این شرایط به‌دلیل استرس‌های محیطی است که به این اکوسیستم وارد می‌شود. این استرس‌ها که منشاء تمامی آن‌ها ناشی از فعالیت‌های انسانی است،

نه تنها بر تنوع و ساختار جمعیت ماکروبنتوز منطقه بلکه بر آبزیان و موجودات کنار آبزی اکوسیستم‌های آبی صدمات جبران ناپذیری را واردمی‌نماید. برداشت آب از رودخانه به‌منظور آبیاری اراضی کشاورزی وآلوده‌شدن این آب‌ها با سموم‌وآفت‌کش‌های مختلف،ورودفاضلاب‌های خام کشتارگاه‌های صنعتی و هم‌چنین پساب کارخانه‌های مختلف به‌خصوص کارخانه قند وشکر و بسیاری دیگر از پساب‌های انسانی و حیوانی بار آلی رودخانه را در کنار خشکسالی‌های چند سال اخیر چندبرابر کرده‌است وحیات‌آبزیان‌و ماکروبنتوز مختلف این اکوسیستم را با خطر مواجه ساخته‌اند. ماکروبنتوزها یکی از مهم‌ترین اجزای اکوسیستم‌های آبی راکد و جاری بوده و به‌عنوان یک حلقه از انتقال انرژی بین موجودات مختلف مقیم و مهاجر این محیط‌ها محسوب می‌شوند، بنابراین با کاهش تنوع و تراکم این موجودات جمعیت‌های مختلف آبزی این اکوسیستم‌ها دچار شکستگی یا تخریب شده و زندگی انسان‌ها نیز با نابودی این آب‌ها مختل خواهد شد.

## منابع


۱. **احمدی، م. و نفیسی، م.، ۱۳۸۰**. شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آب‌های جاری. انتشارات خیبر. ۸۰ صفحه.

۲. **احمدی، م.؛ کرمی، م. و کاظمی، ر.، ۱۳۸۹**. تعیین زی‌توده و برآورد تولید در رودخانه آغشت و کردان. مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۵۳. ۱۶صفحه.

۳. **جانبازی، ا.، ۱۳۸۹**. ارزیابی کیفیت آب رودخانه کسلیان سوادکوه براساس شاخص هیلسنهوف . پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. واحد علوم و تحقیقات. دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۵۰ صفحه.

۴. **خانلری، غ.؛ حیدری، م.؛ محبی، ی.؛ عبدی‌لر، ی. و بابازاده، ر.، ۱۳۹۲**. بررسی خصوصیات ژئومورفولوژی مهندسی رودخانه گاماسیاب پایین واقع در شرق استان کرمانشاه نشریه زمین شناسی مهندسی. شماره ۲. ۲۲ صفحه.

۵. **رضایی،ک.؛ کیانی، س.؛ مقدم، م.؛ پهلوانی، س. و سعیدپور، ب.، ۱۳۹۳**. بررسی ساختار جوامع بنتیک رودخانه جاجرود بر پایه شاخص‌های زیستی(منطقه خجیر). فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست. شماره ۲، صفحات ۷۷ تا ۸۴.

۶. **طیبی، ل. و اردکانی، س.، ۱۳۹۱**. سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل مؤثر بر آن. علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۲، ۱۳ صفحه.

۷. **کاظمی، ر.، ۱۳۸۲**. مطالعه هیدروبیولوژی و اکولوژیک فون کفزیان رودخانه طالقان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، واحد علوم و تحقیقات. دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۷۵ صفحه.

۸. **مسگران‌کریمی، ج.؛ آذری‌تاکامی، ق.؛ خارا، ح. و عباسپور، ر.، ۱۳۹۱**.تعیین تنوع و فراوانی بزرگ ماکروبنتوز رودخانه دوهزار تنکابن با استفاده از شاخص‌های زیستی. مجله آبزیان و شیلات. سال ۳، شماره ۱۱، صفحات ۲۷ تا ۳۹.

۹. **ممبینی، ش. و نبوی، م.، ۱۳۹۱**. مطالعه‌ساختار اجتماعات به‌عنوان شاخص‌های‌آلایندگی در رودخانه جراحی(محدوده مقبره سیدعاشور تا ورودی شهر شادگان). علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۴، شماره ۱، صفحات ۱۱۷ تا ۱۲۵.

۱۰. **Azrina, M.Z.; Yap, C.K.; Ismail, A.R.; Ismail, A. and Tan, S.G., 2006.** Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and environmental safety. Vol. 64, pp: 337-347.

۱۱. **Bode, R.W.; Novak, M.A.; Abele, L.E.; Heitzman, D.L. and Smith, A.J., 1996**. Quality assurance work plan for biological stream monitoring in New York State. Stream Biomonitoring Unit, Bureau of Monitoring and Assessment, Division of Water, NYS DOE Conservation.

۱۲. **Colas, F.; Vigneron, A.; Felten, V. and Devin, S., 2014.** The contribution of a niche-based approach to ecological risk assessment: Using macroinvertebrate species under multiple stressor. Elsevier. Environmental Pollution. Vol 185, pp: 24-34.

۱۳. **Cooper, C.M. and Knight, S.S., 1989.** Water quality cycles in two hill land streams subjected to natural, municipal, and non-point agricultural stresses in the Yazoo Basin of Mississippi, USA (1985-87). Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie.

۱۴. **Elliott, J.M.; Humpesch, U.H. and Macan, T.T., 1988**. Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes. Freshwater Biological Association. Vol. 49, 159 p.

۱۵. **Gray, J.S., 2000.** The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 250, No. 1, pp: 23-49.

۱۶. **Hilsenhoff, W.L., 1988**. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society. Vol. 7, No. 1, pp: 65-68

۱۷. **Humpesch, U.H.; Fesl, C. and Rüger, H., 2002**. The effect of riverbed management on the habitat structure and macro invertebrate community of a ninth order river, the Danube in Austria. Archiv für Hydrobiologie. Supplement band. Large rivers. Vol. 13, pp: 29-46.

۱۸. **Hynes, H.B., 1977**. A key to the adults and nymphs of the British stoneflies (Plecoptera). Freshwater Association Scientific Publication. 92 p.

۱۹. **Milligan, M.R., 1995.** Identification manual for the aquatic Oligochaeta of Florida. Florida Department of Environmental Protection, Division of Water Facilities. 187 P.

۲۰. **Miserendino, M.L., 2001**. Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian rivers and streams: environmental relationships. Hydrobiologia. Vol. 443, pp: 147-158.

۲۱. **Nguyen, H.; Everaert, G.; Gabriels, W. and Huong Hoang, T., 2014.** A multimetric macroinvertebrate index for assessing the water quality of the Cau river basin in Vietnam. Elsevier. Limnologica. Vol. 45, pp: 16-23.

۲۲. **Parr, L.B. and Mason, C.F., 2003.** Long term trends in water quality and their impact on macroinvertebrate assemblages in eutrophic lowland rivers. Water Research. Vol. 37, pp: 2969-2979.

۲۳. **Sandin, L., 2003**. Benthic macroinvertebrates in Swedish streams: community structure, taxon richness, and environmental relations. Ecography. Vol. 26, pp: 269-282.

۲۴. **Taylor, E.B., 2000**.Technical Evaluation on Methods for Bentic Inverteberates Data Analysis and Interpretation. 93 p.

۲۵. **Trichkova, T.; Tyufekchieva, V.; Kenderov, L.; Vidinova, Y. and Botev, I., 2013.** Benthic macroinvertebrate diversity in relation to environmental parameters, and ecological potential of reservoirs Danube River Basin, North-West Bulgaria. Aquatic Ecology. pp: 337-348.

۲۶. **Zoriasatein, N.; Jalili, S. and Poor, F., 2013.** Evaluation of ecological quality status with the tro-phic index (TRIX) values in coastal area of Arvand, northeastern of Persian Gulf, Iran. World. Vol. 5, pp: 257-262.