

پایش فصلی جوامع ماکروبتوز رودخانه سلمان رود در استان گیلان، و مشاهده گونه *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) در مصب آن

محسن معصومی نصفجی^۱، نادر شعبانی پور^۲، احسان اسدی شریف^{۳*}

۱- کارشناس ارشد زیست شناسی دریا، گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- استاد گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران

چکیده

نوع مقاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۰

تاریخ چاپ الکترونیکی:

۱۴۰۵/۰۳/۲۵

*نویسنده مسئول:

ehsanasadisharif@gmail.com

این مطالعه با هدف بررسی تنوع فصلی بی مهرگان کفزی در بستر دهانه رودخانه سلمان رود و همچنین شناسایی گونه‌های بوم‌شناختی مهم در این منطقه انجام شد. پس از مطالعات میدانی اولیه، چهار ایستگاه از ناحیه مصب تا بالادست رودخانه (۶۰۰ متر) انتخاب و نمونه‌برداری به صورت ماهانه در طول یکسال، با استفاده از نمونه بردار اکمن گرب با سطح برداشت ۰/۳ مترمربع و در سه تکرار انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده با فرمالین ۴ درصد تثبیت و به آزمایشگاه دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان جهت شناسایی منتقل شدند. در طول یک سال نمونه‌برداری، در مجموع ۷۴۵ نمونه از بی مهرگان کفزی جداسازی و شناسایی شد. بیشترین تنوع تاکسونومیکی در رده دوکفه‌ای‌ها و دو خانواده Mytilidae و Cardiidae مشاهده شد. در میان نمونه‌های شناسایی‌شده گونه *Amphibalanus improvisus* ثبت شد. شناسایی این گونه در محیطی لب‌شور و رودخانه‌ای، نشان‌دهنده توان بالای سازگاری و گسترش زیستگاهی آن است که می‌تواند زنگ خطری بر ساختار زیستی جوامع کفزی باشد. برخی پارامترهای فیزیوشیمیایی از جمله دمای آب، دمای محیط، pH، عمق و شفافیت آب نیز اندازه‌گیری شد. تحلیل تطابق کانونی (CCA) نشان داد که دمای آب و شفافیت مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش مکانی خانواده‌های غالب، به‌ویژه Mytilidae و Cardiidae، در ایستگاه‌های مختلف هستند. تنوع زیستی با استفاده از شاخص‌های شانون، سیمپسون و تشابه پیلو و به کمک نرم‌افزار PAST مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی ماکروبتوزها ابزار مناسبی برای پایش اکولوژیک، ارزیابی سلامت زیستی رودخانه‌های متپه به مصب، و شناسایی تهدیدات زیستی نظیر حضور گونه‌های غیربومی است.

کلید واژه‌ها: دهانه رودخانه، بارناکل، شاخص‌های تنوع، سلمان رود، بنتوز

مقدمه

مصب‌ها در تقاطع رود، خشکی و دریا قرار دارند و به واسطه تداخل آب شیرین رودخانه با آب شور دریایی و تغییرات زمانی و مکانی در شوری، دما و مواد مغذی از پویاترین و متنوع‌ترین زیست‌بوم‌های کرانه‌ای محسوب می‌شوند و زیستگاه مناسبی برای جوامع متنوع آبزی هستند (Cardoso et al., 2008; Zhang et al., 2021). این اکوسیستم‌های گذار میان رودخانه و دریا، نقشی کلیدی در پایداری زیستی، پرورش ماهیان، تولیدات اولیه، و جذب آلاینده‌ها دارند (Barbier et al., 2011). از میان گروه‌های مختلف زیستی، ماکروبتوزها از مهم‌ترین اجزای این اکوسیستم‌ها بوده که به دلیل حساسیت نسبت به تغییرات محیطی، به‌عنوان شاخص‌های زیستی مناسب برای ارزیابی کیفیت زیستگاه‌ها به کار می‌روند (Rosenberg, 2001).

ماکروبتوزها (بی‌مهرگان کفزی) نقش‌های کلیدی در اکوسیستم‌های آبی ایفا می‌کنند؛ آن‌ها در زنجیره غذایی حضور دارند، در تجزیه مواد آلی مشارکت می‌کنند و به چرخه مواد مغذی کمک می‌کنند (Covich et al., 2004). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ترکیب و ساختار اجتماعات ماکروبتوز به سرعت به تغییرات محیطی واکنش می‌دهد. به همین دلیل، این گروه به‌عنوان شاخص‌های زیستی و برای ارزیابی

سلامت اکولوژیکی رودخانه ها بسیار مناسب در نظر گرفته می شوند. ماکروبتوزها اطلاعات جامع تری نسبت به پارامترهای فیزیکی-شیمیایی ارائه می دهند (González-Ortiz et al., 2014). شاخص های تنوع زیستی نظیر شانون، سیمپسون و مارگالف، با تکیه بر ترکیب و فراوانی ماکروبتوزها، امکان پایش شرایط زیست محیطی و شناسایی اختلالات ناشی از آلودگی یا تأثیرات انسانی را فراهم می کنند (Bonada et al., 2006). بررسی چنین شاخص هایی در مطالعات طولی یا مقایسه ای می تواند تصویری دقیق از پایداری یا تغییرات اکوسیستم های آبی به دست دهد و مبنایی برای مدیریت پایدار منابع فراهم سازد (Buss, et al., 2015).

مطالعات مختلف در آب های داخلی ایران، نشان داده اند که ترکیب و تنوع جوامع ماکروبتوز به شدت تحت تأثیر پارامترهای محیطی مانند دما، شوری، pH، و میزان اکسیژن محلول قرار دارند (Asadisharif et al., 2024 ; Mobasher et al., 2023). از طرفی برخی تحقیقات با استفاده از شاخص های زیستی و تحلیل های چند متغیره، به شناسایی مناطق حساس و همچنین گونه های غالب در زیستگاه های نیمه طبیعی پرداخته اند و نشان داده اند که ماکروبتوزها به خوبی می توانند بازتاب وضعیت اکولوژیکی محیط های آبی باشند (Asadisharif et al., 2021).

دهانه سلمانرود، از مصب های مهم در جنوب دریای خزر، به دلیل شرایط فیزیکی خاص و تأثیرات انسانی، همچون ورود فاضلاب، رسوبات و احتمال استقرار گونه های غیربومی، مستعد تغییر در ساختار جامعه زیستی است. از جمله موارد قابل توجه در سال های اخیر، مشاهده گونه *Amphibalanu improvises* در زیستگاه های بومی است که می تواند تهدیدی جدی برای تعادل بوم شناختی و رقابت با گونه های بومی باشد (شکل ۱). مطالعات اخیر نشان داده اند که گونه های کم تحرک مانند *A. improvisus* می توانند تأثیرات قابل توجهی بر ساختار جوامع بومی داشته باشند. به ویژه در مناطق ساحلی و لب شور، این گونه ها با چسبیدن به سطوح و تثبیت در بستر زیستی، رقابت شدید بر سر فضا و منابع غذایی با گونه های بومی ایجاد می کنند که ممکن است به کاهش تنوع بومی و تخریب زیستگاه منجر شود (Torabi et al., 2015).



شکل ۱- بارناکل گونه *Amphibalanu improvises* که در مصب رودخانه سلمانرود یافته شد.

Figure 1- Barnacle species *Amphibalanu improvises* found the Shalmanrud river estuary.

مطالعه حاضر با هدف پایش فصلی جوامع ماکروبتوز در رودخانه سلمانرود، استان گیلان، انجام شد تا تغییرات مکانی و زمانی تنوع و ساختار این جوامع بررسی شود و تصویری جامع از وضعیت اکولوژیکی این زیستگاه حساس به دست آید. در جریان نمونه برداری، گونه *Amphibalanus improvisus* در ایستگاه مصبی مشاهده و عنوان یافته تکمیلی ارائه شده است.

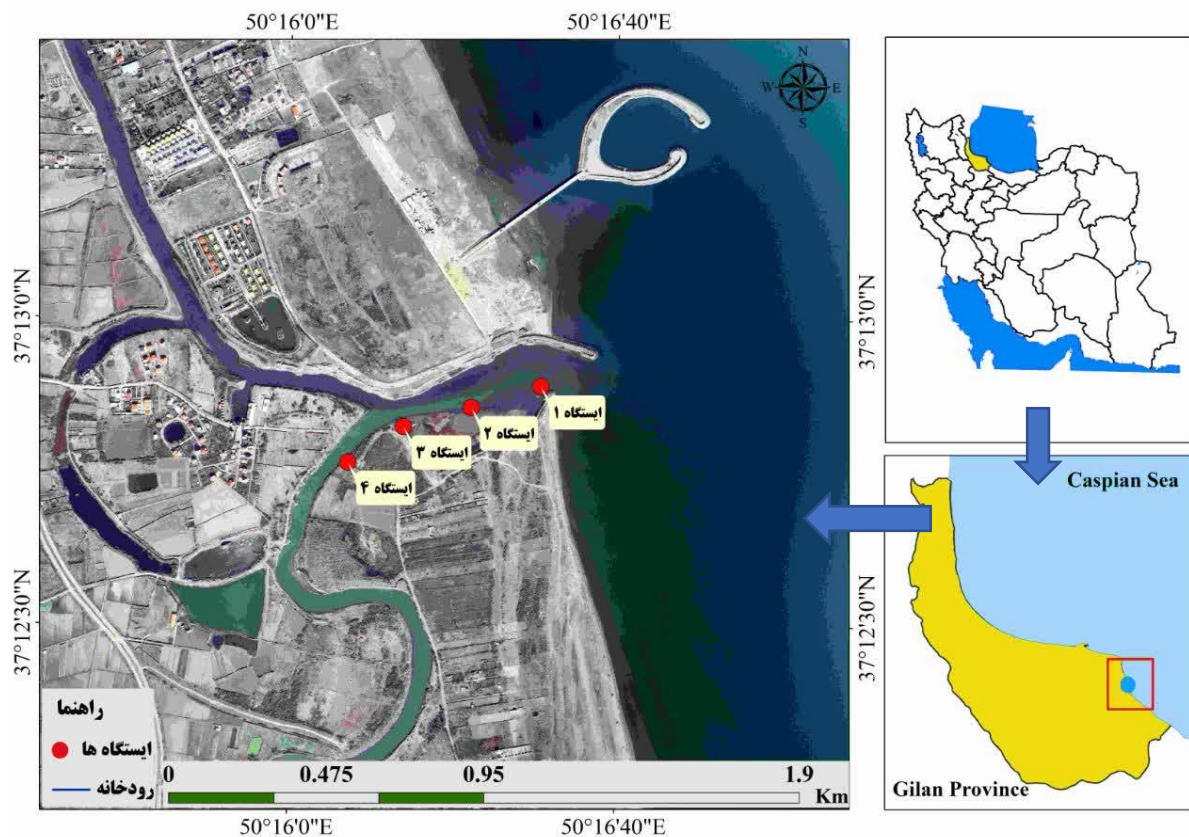
مواد و روش ها

انتخاب ایستگاه

ایستگاه ها با توجه به دستورالعمل RBP^۱ برای آب های جاری و سطحی ارائه شده توسط EPA آمریکا و با در نظر گرفتن عواملی مانند ارتفاع از سطح دریا، جنس بستر، دبی آب، مکان قرارگیری فاضلاب های روستایی، باغات و زمین های کشاورزی و همچنین پوشش گیاهی طبیعی در حاشیه رودخانه و به تعداد چهار ایستگاه در مسیر رودخانه جهت نمونه برداری انتخاب شد (Barbour et al., 1999). مجموعه

^۱ Rapid Bioassessment Protocols

ایستگاه‌ها با توجه به شرایط ظاهری به چهار ایستگاه و با فواصل ۱۵۰ متر در مصب شلمان رود (ایستگاه ۱)، پیش مصب (ایستگاه ۲)، ورودی دهانه رودخانه (ایستگاه ۳) و ورودی بالادست (ایستگاه ۴) تقسیم بندی شدند (شکل ۲).



شکل ۲- مصب رودخانه شلمان رود و ایستگاه‌های نمونه برداری در موقعیت استان گیلان نشان داده شده است.

Figure 2- Shalmanrud river estuary and selected sampling stations shown in Guilan province.

اندازه گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب

جهت سنجش خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در طول یکسال اندازه گیری برخی فاکتورها بصورت ماهانه در محل نمونه برداری انجام شد. دما و pH با استفاده از دستگاه pH متر مارک WTW (ساخت کشور آلمان) و عمق شفافیت نیز با دستگاه سشی دیسک مورد اندازه گیری قرار گرفت.

نمونه برداری از بستر

نمونه برداری از دهانه شلمان رود از تابستان ۱۴۰۳ آغاز و به مدت یکسال ادامه یافت. نمونه برداری از بستر رودخانه جهت یافتن جانوران کفزی با توجه به دستورالعمل پروتکل ارزیابی زیستی سریع (RBPs : Rapid Bioassessment Protocols) برای آبهای جاری و سطحی ارائه شده توسط EPA آمریکا، با استفاده از نمونه بردار اکمن گرب با بدنه استیل ضد زنگ و مناسب برای بسترهای نرم به مساحت ۰/۰۳ متر مربع و در ۴ ایستگاه با ۳ تکرار در کناره ها و وسط انجام شد. بطور کلی نمونه بستر حاوی بی مهرگان کفزی ساکن و نیمه متحرک بود (Barbour et al., 1999). نمونه های بستر پس از خروج از دستگاه نمونه بردار در ظروف پلاستیکی علامتگذاری شده با فرمالین ۴ درصد تثبیت شده و جهت شناسایی به آزمایشگاه دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان انتقال یافتند. نمونه بردار اکمن گرب برای برداشت ماکروبنتوزهای بستر نرم طراحی شده است، از این رو مشاهده بارناکل‌ها در برخی نمونه‌های بستر ناشی از حضور تصادفی آنها در محل برداشت بود.

نمونه های بستر در داخل الک آزمایشگاهی با چشمه ۵۰۰ میکرون با جریان آب ملایم شسته شد. باقیمانده محتویات الک به داخل سینی آزمایشگاهی منتقل شده و در زیر استریو میکروسکوپ بقایای جانوری از مواد زمینه جدا شد. پس از جداسازی، شناسایی تا حد خانواده با کمک کلید شناسایی معتبر صورت گرفت.

شاخص های تنوع، تشابه

شاخص تنوع شانون

برای برآورد مقدار تنوع تاکزونی از شاخص تنوع شانون استفاده شد (Barbour et al., 1999)

معادله ۱:

$$H' = - \sum_i p_i \log_2(p_i)$$

در این فرمول P_i فراوانی نسبی افراد تاکزونی i در نمونه مورد نظر است.

شاخص یکنواختی پیلو:

برای تشابه تاکزونی از شاخص یکنواختی پیلو استفاده شد (Barbour et al., 1999).

معادله ۲:

$$J' = H' / H'_{\max} = H' / \ln(S)$$

در این فرمول H' مقدار شاخص شانون بوده و S تعداد تاکزون در نمونه مورد نظر می باشد.

شاخص تنوع سیمپسون

بوم شناسان جهت اندازه گیری هتروژنی در ساختار جمعیت از روش اندازه گیری غیر پارامتری تنوع که توسط سیمپسون در سال ۱۹۴۱ پیشنهاد شده است استفاده می نمایند.

$$D = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

معادله ۳:

که در این فرمول p_i نسبت افراد گونه i به کل افراد گونه است.

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها

جهت آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. داده‌های خام بعد از نرمال‌سازی به روش کولموگروف - اسمیرنوف و با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه (One Way ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن (Duncan) در سطح ۵٪ استفاده و محاسبه داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گردید. به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های تنوع و تشابه نیز از نرم‌افزار PAST استفاده شد.

نتایج

شناسایی ماکروبتوزها

در طول یکسال نمونه برداری از بستر جهت یافتن ماکروبتوزها در ایستگاههای مذکور بالا تعداد ۷۴۵ نمونه جانوری ماکروبتوز جداسازی و شناسایی شد. بی مهرگان کفزی شناسایی شده به ۴ شاخه، ۵ رده، ۱۰ راسته و ۱۱ جنس تعلق دارند. راسته سنجاقک‌ها و جورپایان در حد خانواده شناسایی شدند (جدول ۱). از بین ۱۰ راسته شناسایی شده، بیشترین فراوانی متعلق به دو رده دوکفه‌ای‌ها و سپس چهار رده حشرات آبزی^۲ می‌باشد. به طور کلی بیشترین خانواده‌ها در طول چهار فصل متعلق به رده دوکفه‌ای‌ها و دو خانواده میتیلیده و کاردیده می‌باشد. بیشترین فراوانی در فصل بهار متعلق به خانواده شیرونومیده و سپس خانواده میتیلیده و کاردیده می‌باشد. فراوانی این خانواده‌ها در کلیه ایستگاه‌های فصل بهار بیشتر می‌باشد. بیشترین فراوانی خانواده کاردیده در ایستگاه ۱ فصل بهار (۲۲٪) دیده شد. فراوانی این خانواده در ایستگاه ۴ (رودخانه سلمان رود) به صفر می‌رسد. این در حالی است که بیشترین فراوانی خانواده میتیلیده در این ایستگاه (۶۲٪) مشاهده شد و کمترین میزان این خانواده در ایستگاه دوم فصل بهار (۸٪) مشاهده شد. در این مطالعه، گونه *Amphibalanus improvisus* از ایستگاه ۲ شناسایی شد که قبلاً گزارشی از حضور آن در این ناحیه داده نشده بود. بارناکل بر روی صدف‌های بومی مشاهده شد که می‌تواند نشانه‌ای از ورود و استقرار آن در زیستگاه‌های مصبی منطقه باشد.

جدول ۱- نمونه‌های جانوری بی مهره شناسایی شده از بستر ایستگاههای نمونه برداری

Table 1- Identified invertebrate animals obtained from sediments of sampling stations.

Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species
Mollusca	Bivalvia	Mytilida	Mytilidae	Mitiluster	<i>Mytilaster lineatus</i>
Mollusca	Bivalvia	Cardiida	Cardiidae	Ceratoderma	<i>Ceratoderma lamarki</i>
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomus	<i>Chironomus sp.</i>
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	<i>Baetis sp.</i>
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	-	-
Arthropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae	-	-
Arthropoda	Malacostrac	Amphipoda	Gammaridae	Pontogammarus	<i>Pontogammarus maeoticus</i>
Arthropoda	Malacostrac	Isopoda	Aselloidae	-	-
Arthropoda	Thecostraca	Balanomorpha	Balanidae	Amphibalanus	<i>Amphibalanus improvisus</i>
Annelida	Clitellata	Tubificida	Tubificidae	Tubificoides	<i>Tubificoides farseri</i>
Platyhelminthe	-	Tricladida	Planariidae	Planaria	<i>Planaria sp.</i>

زودمیران، دوبالان، سنجاقک‌ها^۲

پارامترهای فیزیکوشیمیایی

نتایج حاصل از پایش پارامترهای فیزیکوشیمیایی در چهار ایستگاه نمونه برداری طی فصول مختلف نشان داد که در اغلب پارامترها بین ایستگاه‌ها اختلاف معناداری وجود دارد (جدول ۲) ($p < 0.05$). دامنه دمایی مناسب و pH نسبتاً پایدار در بیشتر ایستگاه‌ها شرایط زیست محیطی قابل قبولی برای حضور گونه‌های فیلترکننده مانند صدف‌های کاردیده (*Cardiidae*) فراهم کرده است.

جدول ۲. میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری (میانگین $\pm$ SD).

Table 2- Recorded physico - chemical parameters of sampling stations.

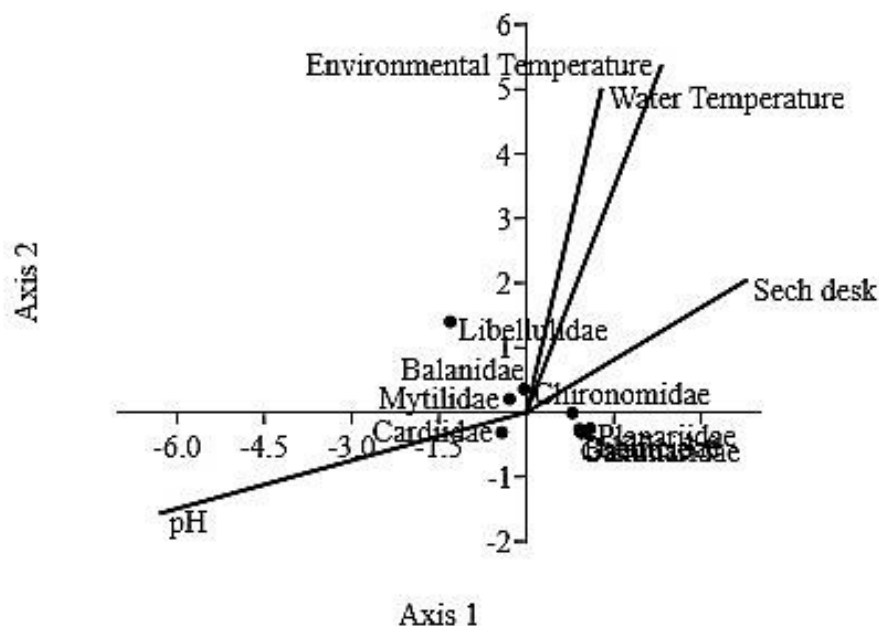
حروف متفاوت انگلیسی نشانه اختلاف آماری معنی دار در هر ردیف می باشد ($p < 0.05$). S: ایستگاه.

Different English letters indicate statistically significant differences in each row. S: station

Season	Parameter	S1	S2	S3	S4
Spring	TEM(E)(°C)	16.27 $\pm$ 0.05	16.55 $\pm$ 0.057 ^b	16.85 $\pm$ 0.57 ^c	16.92 $\pm$ 0.095 ^c
	TEM(W)(°C)	17.05 $\pm$ 0.05 ^a	15.45 $\pm$ 0.058 ^b	15.62 $\pm$ 0.096 ^c	15.38 $\pm$ 0.122 ^b
	Secchi Disc(cm)	97.5 $\pm$ 0.57 ^a	100.75 $\pm$ 0.95 ^b	83.00 $\pm$ 0.81 ^c	79.00 $\pm$ 1.41 ^d
	pH	7.27	7.17	7.17	7.1
Summer	TEM(E)(°C)	25.25 $\pm$ 0.05 ^a	25.57 $\pm$ 0.05 ^b	25.52 $\pm$ 0.05 ^b	25.57 $\pm$ 0.09 ^b
	TEM(W)(°C)	25.25 $\pm$ 0.23 ^a	26.25 $\pm$ 0.28 ^b	26.95 $\pm$ 0.12 ^c	27.025 $\pm$ 0.09 ^c
	Secchi Disc(cm)	126 $\pm$ 0.81 ^a	110.0 $\pm$ 0.81 ^b	102.50 $\pm$ 0.57 ^c	83/00 $\pm$ 1.63 ^d
	pH	8.05	8.02	8.00	8.25
Autumn	TEM(E)(°C)	18.22 $\pm$ 0.09 ^a	18.07 $\pm$ 0.15 ^a	18.27 $\pm$ 0.12 ^{ab}	18.47 $\pm$ 0.05 ^b
	TEM(W)(°C)	17.98 $\pm$ 0.05 ^a	17.82 $\pm$ 0.17 ^a	18.33 $\pm$ 0.096 ^b	19.15 $\pm$ 0.129 ^c
	Secchi Disc(cm)	62.25 $\pm$ 0.95 ^a	60.50 $\pm$ 0.57 ^b	42.50 $\pm$ 0.57 ^c	38.50 $\pm$ 0.57 ^d
	pH	8.05	8.12	8.00	8.2
Winter	TEM(E)(°C)	9.08 $\pm$ 0.09 ^a	8.35 $\pm$ 0.12 ^b	8.73 $\pm$ 0.09 ^{bc}	8.90 $\pm$ 0.08 ^c
	TEM(W)(°C)	10.45 $\pm$ 0.05 ^a	9.42 $\pm$ 0.09 ^b	10 $\pm$ 0.01 ^c	10.01 $\pm$ 0.01 ^c
	Secchi Disc(cm)	96.50 $\pm$ 0.57 ^a	91.50 $\pm$ 0.57 ^b	88.25 $\pm$ 0.95 ^c	65.50 $\pm$ 0.57 ^d
	pH	7.85	7.95	8.15	8.3

رسته بندی با روش CCA

همبستگی بین اجزای جامعه زیستی (ماکروبتوزها) و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در محیط نرم افزار PAST در شکل ۲ آمده است. نتایج تحلیل CCA نشان داد که ترکیب جامعه ماکروبتوزی به طور قابل توجهی با متغیرهای محیطی نظیر pH، دمای آب، دمای محیط و عمق شفافیت در ارتباط است. خانواده هایی نظیر *Balanidae* و *Mytilidae* با دمای آب و عمق شفافیت همبستگی مثبت نشان دادند، درحالی که خانواده هایی مانند *Tubificidae* بیشتر تحت تاثیر pH قرار داشتند. دمای محیط نیز در تفکیک خانواده *Liblulidae* نقش مهمی ایفا کرد.



شکل ۳- دیاگرام حاصل از رسته بندی بین جامعه زیستی (ماکروبتوزها) با پارامترهای فیزیکی-شیمیایی به روش CCA.

Figure 3- Diagram showing classification between benthos animals and physico – chemical parameters by CCA method.

تنوع، غنا و یکنواختی بی مهرگان کفزی

نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های بوم‌سنجی تنوع زیستی شامل شاخص شانون، سیمپسون و تشابه پیلو نشان داد که میزان تنوع زیستی در بین ایستگاه‌ها و فصول دارای نوسانات قابل توجهی است (جدول ۳ تا ۵). شاخص شانون در ایستگاه ۲ در فصل پاییز کمترین مقدار و در ایستگاه ۱ در فصل بهار بیشترین مقدار را ثبت کرد. در فصل بهار، در همه ایستگاه‌ها اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد ($p \leq 0.05$)، اما در سایر فصول، تفاوت معناداری بین ایستگاه‌های دوم و سوم مشاهده نشد. ($p > 0.05$) روند نزولی شاخص شانون در ایستگاه ۴ طی چهار فصل متوالی، حاکی از کاهش تنوع گونه‌ای و احتمال آلودگی در این منطقه است. همچنین شاخص تشابه پیلو نیز کمترین مقدار را در ایستگاه ۲ فصل بهار (۰/۴۶) و بیشترین مقدار را در ایستگاه ۳ فصل تابستان و ایستگاه ۱ فصل زمستان (هر دو با مقدار ۰/۹۵) نشان داد. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نیز بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار در اغلب ایستگاه‌ها طی فصول مختلف، به‌جز پاییز بود. ($p \leq 0.05$) شاخص تنوع سیمپسون که معیاری برای سنجش هتروژنی جامعه است، بیشترین مقدار خود را در ایستگاه ۱ و کمترین مقدار را در ایستگاه ۴ فصل بهار نشان داد. مشابه با شاخص شانون، این شاخص نیز در ایستگاه ۴ طی چهار فصل روند نزولی داشت که بیانگر افت تنوع و تأثیر منفی شرایط محیطی یا آلودگی در این منطقه است. در مجموع، نمودارهای خروجی نرم‌افزار PAST نشان دادند که در بیشتر فصول، ایستگاه‌های ۱ و ۴ نسبت به ایستگاه‌های ۲ و ۳ از تنوع بالاتری برخوردار بوده‌اند (شکل ۳).

جدول ۳- شاخص تنوع شانون در ایستگاه‌های مطالعاتی .

Table 3 – Shannon's diversity index of sampling stations.

Station	S1	S2	S3	S4
Season				
Spring	1.3±0.00 ^a	0.905±0.007 ^b	1.10±0.007 ^c	0.65±0.00 ^d
Summer	1.11±0.007 ^a	1.05±0.007 ^b	1.05±0.00 ^b	0.78±0.007 ^c
Autumn	0.822±0.003 ^a	0.771±0.011 ^b	0.856±0.007 ^b	0.827±0.006 ^c
Winter	1.04±0.014 ^a	1.02±0.002 ^b	1.28±0.014 ^b	0.977±0.005 ^c

حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف نشانه اختلاف آماری معنی دار می باشد ($p < 0.05$). S: ایستگاه.

Different English letters in each row indicate statistically significant differences ($p < 0.05$). S: Station

جدول ۴- شاخص یکنواختی پیلو در ایستگاه‌های مطالعاتی

Table 4- Pielou evenness index of sampling stations

Station	S1	S2	S3	S4
Season				
Spring	0.80±0.007 ^a	0.46±0.007 ^b	0.61±0.007 ^c	0.93±0.01 ^d
Summer	0.80±0.014 ^a	0.74±0.021 ^b	0.95±0.014 ^b	0.48±0.014 ^c
Autumn	0.56±0.036 ^a	0.70±0.004 ^b	0.78±0.002 ^b	0.74±0.014 ^b
Winter	0.95±0.007 ^a	0.75±0.007 ^b	0.82±0.006 ^c	0.88±0.014 ^d

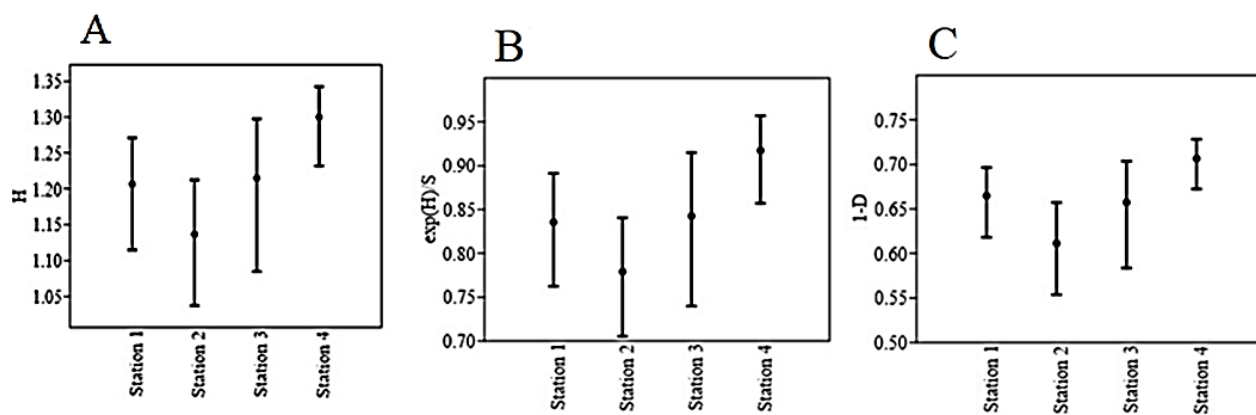
حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف نشانه اختلاف آماری معنی دار می باشد ($p < 0.05$). S: ایستگاه

Different English letters in each row indicate statistically significant differences ($p < 0.05$). S: Station

جدول ۵- شاخص تنوع سیمپسون در ایستگاه‌های مطالعاتی.

Table 5- Simpson's diversity index of sampling stations.

Station	S1	S2	S3	S4
Season				
Spring	0.76 ± 0.021^a	0.55 ± 0.014^b	0.40 ± 0.007^c	0.28 ± 0.00^d
Summer	0.47 ± 0.007^a	0.65 ± 0.007^b	0.54 ± 0.014^b	$0.34 \pm 0.$
Autumn	0.48 ± 0.00^a	0.49 ± 0.021^a	0.48 ± 0.014^a	0.47 ± 0.028^a
Winter	0.53 ± 0.00^a	0.51 ± 0.014^a	0.51 ± 0.00^a	0.52 ± 0.00^a



شکل ۴- دیاگرام های خروجی شاخص تنوع شانون (A)، شاخص یکنواختی پیلو (B)

و شاخص تنوع سیمپسون (C) در نرم افزار PAST.

Figure 4 – PAST diagrams of Shannon (A), Simpson (B) and Pielou evenness (C) indices.

بحث و نتیجه گیری

مصوب رودخانه ها بیشترین تولید و کارکرد را در میان زیست بوم های ساحلی داشته و با فراهم کردن منابع غذایی، زیستگاه های متنوع و شرایط زیستی پایدار، از جوامع گسترده ای از بی مهرگان کفزی و ماهیان جوان پشتیبانی می کنند. افزون بر نقش زیستگاهی، مطالعات اخیر نشان می دهد که مصب ها به واسطه حضور گونه های فیلترکننده و فرآیندهای زیستی فعال، توان بالایی در تنظیم کیفیت آب، کاهش مواد مغذی اضافی و پالایش ذرات معلق دارند. همچنین به عنوان یکی از اجزای کلیدی کنترل طبیعی آلودگی در انتقال از رودخانه به دریا عمل می کنند (Booi et al., 2022).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین فراوانی متعلق به دو رده از دوکفه ای ها و سپس چهار رده حشرات آبزی (زودمیران، دوبالان و سنجاک ها) بود. در بررسی انجام شده در منطقه دهانه سلمان رود (ایستگاه ۳)، خانواده های *Cardiidae* و *Mytilidae* بیشترین فراوانی را نسبت به سایر گروه های بی مهرگان به ویژه حشرات آبزی داشتند، که این امر عمدتاً به ویژگی های اکولوژیکی منحصربه فرد مصب باز می گردد. مصب ها به دلیل نوسانات شوری، رسوبات ریزدانه، و دسترسی بالا به مواد آلی، زیستگاه مناسبی برای دوکفه ای ها ایجاد می کنند. مطالعات مشابه در مناطق مختلف، نشان داده اند که دوکفه ای هایی مانند *Mytilidae* و *Cardiidae* معمولاً در نواحی مصبی با تنوع و تراکم بالا ظاهر می شوند، در حالی که حشرات آبزی بیشتر در نواحی بالادستی رودخانه ها رایج اند که جریان پایدار آب شیرین دارند. این روند نشان دهنده سازگاری بیشتر دوکفه ای ها با شرایط متغیر مصب است و اهمیت آن ها را در چرخه های تغذیه ای و پالایش زیستی این مناطق دوچندان می کند (González-Ortiz et al., 2014; Reid et al., 2020; Orozco-González & Ocasio-Torres, 2023).

در میان حشرات آبزی شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه، خانواده *Chironomidae* از راسته *Diptera* بیشترین فراوانی را در اکثر ایستگاه ها و فصول به جز پاییز نشان داد، که با ویژگی زیست محیطی این گروه مطابقت دارد. گونه های این خانواده به دلیل دامنه تحمل وسیع نسبت به شرایط اکسیژنی، دما و آلودگی، قادر به زیست در طیف گسترده ای از اکوسیستم های آبی هستند (Ferrington, 2008; Armitage et al., 2012). کاهش چشمگیر حضور آن ها در فصل پاییز می تواند به نوسانات اکولوژیکی مانند دبی رودخانه، دمای پایین تر و تغییر کیفیت بستر مرتبط باشد. در مقابل، خانواده *Baetidae* از راسته *Ephemeroptera* که معمولاً شاخصی برای کیفیت بالای آب محسوب می شود، فقط در فصول غیر از تابستان مشاهده شد، که احتمالاً به دلیل افزایش دما و کاهش اکسیژن محلول در تابستان در نواحی پایین دست بوده است (Domínguez et al., 2006). همچنین، خانواده *Libellulidae* از راسته *Odonata* تنها در فصل تابستان و به طور محدود حضور داشت، که می تواند ناشی از وابستگی برخی گونه های این خانواده به آب های راکد و گیاهان آبزی برای تخم گذاری و رشد باشد، در حالی که جریان متغیر آب در سایر فصول یا ایستگاه ها شرایط مناسب زیست برای آن ها فراهم نکرده است (Corbet, 2004). این الگوهای فصلی و اکولوژیکی در حضور و غیاب راسته های مختلف حشرات آبزی، بر پیچیدگی روابط بین ترکیب گونه ای، شرایط فیزیکی - شیمیایی محیط و ویژگی های زیستی هر گروه تأکید دارد.

نتایج تحلیل CCA نشان داد که ساختار جامعه ماکروبتوتوزی به طور قابل توجهی تحت تأثیر متغیرهای محیطی مانند pH، دمای آب، دمای محیط و عمق شفافیت آب قرار دارد. این یافته ها با مطالعات متعددی هم راستا است که نشان داده اند عوامل فیزیکی و شیمیایی از اصلی ترین محرک های تنوع و توزیع مکانی ماکروبتوتوزها در اکوسیستم های آبی هستند (Heino et al., 2013). خانواده هایی نظیر *Mytilidae* و *Balanidae* که معمولاً با شرایط نیمه دریایی و فیلترکننده ها در ارتباط اند، همبستگی مثبت با دمای آب و شفافیت نشان دادند. این موضوع احتمالاً به وابستگی این گروه ها به مناطق با جریان مناسب و نفوذ بالای نور برای تغذیه و زیست اشاره دارد (Bergamino et al., 2021). در مقابل، خانواده *Tubificidae* که اغلب به عنوان شاخص آلودگی های آلی مطرح می شود، بیشترین ارتباط را با pH داشت؛ چراکه این گروه به شرایط کم اکسیژن و محیط های احیایی مقاوم است (Kotta et al., 2015). همچنین نقش دمای محیط در جداسازی خانواده *Libellulidae* قابل توجه بود، که

می‌تواند با فازهای رشد دما-وابسته لاروهای سنجاقک‌ها در ارتباط باشد، زیرا چرخه زندگی آن‌ها شدیداً با شرایط گرمایی محیط همبستگی دارد (Hassall, 2015). به‌طور کلی، این تحلیل نشان می‌دهد که هر گروه زیستی بسته به فیزیولوژی و ویژگی‌های اکولوژیک خود، به شیوه متفاوتی تحت تأثیر پارامترهای محیطی قرار می‌گیرد و این موضوع می‌تواند مبنایی برای پایش زیستی و تفکیک نواحی با فشارهای اکولوژیکی متفاوت در ناحیه مورد مطالعه باشد.

شاخص‌های تنوع گونه‌ای مانند شانون-وینر، سیمپسون و پیلو همچنان از رایج‌ترین ابزارهای کمی برای ارزیابی ساختار جوامع بنتیک محسوب می‌شوند، اگرچه این شاخص‌ها محدودیت‌هایی دارند به‌ویژه آن‌که تفاوت‌های فیلوژنتیکی یا طبقه‌بندی زیستی بین گونه‌ها را نادیده می‌گیرند (Gollasch, 2006). در مطالعه حاضر، شاخص شانون در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از ۲ بود که نشان‌دهنده وضعیت کیفی "بسیار آلوده" است، اما مقدار این شاخص در ایستگاه مصبی نسبتاً بالاتر بوده و حاکی از آلودگی کمتر در این ناحیه است (Wilhm, 1970). اگرچه میانگین شاخص در کل فصول بر اساس خروجی نرم‌افزار (PAST) در برخی ایستگاه‌ها تفاوت اندکی نشان داد، اما تحلیل فصلی دقیق‌تر، روند کاهشی تنوع از مصب به سمت رودخانه را آشکار ساخت. شاخص پیلو نیز در فصول سرد (پاییز و زمستان) نزدیک به عدد ۱ بود که نشان‌دهنده یکنواختی بالا در این فصول است؛ این یافته با فراوانی بالای خانواده‌های *Mytilidae* و *Cardiidae* در همین فصول هم‌خوانی دارد. نتایج مشابهی توسط Rufino و همکاران (۲۰۱۰) در سواحل پرتغال گزارش شده که حضور فصلی غالب دوکفه‌ای‌ها به‌ویژه *Cardiidae* را در پاییز تأیید می‌کند. شاخص سیمپسون نیز الگوی مشابهی با شانون نشان داد و در ایستگاه اول (مصب) مقادیر بالاتری داشت. باید توجه داشت که عوامل متعددی نظیر شوری، ساختار رسوب، حضور ماکروفیت‌ها و دینامیک هیدرولوژیکی مانند خشکسالی یا سیلاب‌ها می‌توانند بر ساختار جامعه و شاخص‌های تنوع اثرگذار باشند (Corbet, 2004; Dolbeth et al., 2007; Teixeira et al., 2008). این تنوع بالا در ایستگاه مصبی، با نقش شناخته‌شده مصب‌ها به عنوان زیستگاه‌های غنی برای گونه‌های بنتیک و ماهیان جوان هم‌خوانی دارد (Mocuba, et al., 2023).

در این مطالعه، حضور گونه مهاجم *Amphibalanus improvisus* از دهانه شلمان رود ثبت شد. این بارناکل، که منشأ غیر بومی دارد، بر روی صدف‌های بومی منطقه مشاهده شد که نشان‌دهنده احتمال استقرار و گسترش آن در زیستگاه‌های مصبی منطقه است. *A. improvisus* یکی از گونه‌های شناخته‌شده در اکوسیستم‌های ساحلی است که توانایی بالایی در تحمل دامنه وسیعی از شوری و دما دارد و معمولاً از طریق آب توازن کشتی‌ها به مناطق جدید منتقل می‌شود (Gollasch, 2006; Fofonoff et al., 2015). *A. improvisus* عمدتاً در سواحل سنگی جنوبی دریای خزر حضور داشته و بیشترین تراکم و درصد پوشش آن روی بسترهای سخت و صخره‌ای گزارش شده است (Torabi et al., 2015). در مقابل، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که این گونه فوق‌توانسته است علاوه بر سطوح سخت، در بسترهای گلی نیز مستقر شود و جمعیت پایدار تشکیل دهد. مشاهده حضور این گونه در رسوبات نرم، که پیش‌تر در مطالعات منطقه‌ای گزارش نشده بود، بیانگر پلاستیسیته زیستگاهی و توانایی بالای آن برای سازگاری با شرایط متفاوت بستر است. این اختلاط در الگوی پراکنش می‌تواند نشان‌دهنده گسترش دامنه زیستگاهی گونه و احتمالاً تغییرات اکولوژیکی جدید در مصب مورد بررسی باشد. حضور این گونه می‌تواند با ایجاد رقابت برای فضا و غذا، تغییراتی در ساختار جوامع بنتیک و فشار بر گونه‌های بومی ایجاد کند (Kotta et al., 2012). از این رو، شناسایی زودهنگام و پایش منظم آن در مصب‌های حساس، برای جلوگیری از پیامدهای زیست‌محیطی گسترده ضروری است.

نتیجه‌گیری نهایی

دهانه شلمان رود واقع در شهر لنگرود استان گیلان به‌عنوان یک زیستگاه مصبی، تنوع زیادی از بی‌مهرگان کفزی را در خود جای داده است و خانواده‌هایی مانند *Mytilidae* و *Cardiidae* در این ناحیه نسبت به رودخانه غالب بودند. همچنین حضور راسته‌های مختلفی از حشرات آبی، مانند *Chironomidae* و *Baetidae*، نشان‌دهنده تحمل‌پذیری و پویایی زیستی این اکوسیستم است. شناسایی

گونه *Amphibalanuimprovises* در این منطقه، ضرورت توجه به مخاطرات زیستی ناشی از گونه‌های غیر بومی را برجسته می‌سازد. این یافته‌ها بر اهمیت حفاظت و پایش پیوسته زیستگاه‌های مصبی، به‌ویژه در برابر تغییرات انسانی و طبیعی، تأکید دارد.

تشکر و قدردانی

از مسئولان دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان به جهت قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌شود.

تأییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است، نوشته شود.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی: در صورت وجود ذکر شوند. توجه فرمایید که ذکر جمله از محل هزینه‌های شخصی امکان پذیر نیست.

سهم نویسندگان: نادر شعبانی پور: استاد راهنمای دانشجوی، طرح پژوهش، تصحیح و ویرایش نسخه نهایی مقاله، محسن معصومی نصفجی: دانشجوی، نمونه‌برداری، انجام کارهای آزمایشگاهی، فراهم آوردن داده‌ها، احسان اسدی شریف: استاد مشاور، تجزیه و تحلیل داده‌ها، نوشتن نسخه اولیه مقاله، سابمیت مقاله.

منابع

1. Armitage, P. D., Cranston, P. S., & Pinder, L. C. V. (2012) The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges. Springer Science & Business Media.
2. Asadisharif, E., Yahyavi, B., Bayrami, A., Rahim Pouran, S., Atazadeh, E., Singh, R., & Abdul Raman, A. A. (2021). Physicochemical and biological status of Aghlagan river, Iran: effects of seasonal changes and point source pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12): 15339-15349.
3. Asadisharif, E., Namin, J. I., and Taheriyoun, M. (2024). Biomonitoring, simulation, and evaluation of anthropogenic pollution in Disam River, Iran: use of macroinvertebrate-based biotic indices and Qual2kw model. *Biologia*, 79(3): 775-789.
4. Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological monographs*, 81(2), 169-193.
5. Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., & Stribling, J.B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish (2nd Edition). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. EPA, 841-B-99-00
6. Bergamino, L., Panosso, R., & Callisto, M. (2021). *Macroinvertebrates as indicators of aquatic ecosystem health: Understanding responses to multiple stressors in estuaries*. *Marine Pollution Bulletin*, 164: 111969. doi.org/10.1016/j.marpolbul.
7. Bonada, N., Prat, N., Resh, V. H., & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology*, 51: 495–523.

8. Booi, S., Mishi, S., & Andersen, O. (2022). Ecosystem Services: A Systematic Review of Provisioning and Cultural Ecosystem Services in Estuaries. *Sustainability*, 14(12): 7252. doi.org/10.3390/su14127252
9. Buss, D. F., Baptista, D. F., Silveira, M. P., Nessimian, J. L., & Dorvillé, L. F. M. (2015). Using macroinvertebrates as indicators of water quality in the Rio das Velhas Basin, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 101(1–3): 153–170.
10. Cardoso, P. G., Pardal, M. A., Lillebø, A. I., Ferreira, S. M., Raffaelli, D., & Marques, J. C. (2008). Impact of eutrophication and river management within the Mondego estuary (Portugal): Ecological and socio-economic perspectives. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78(1): 1–13.
11. Corbet, P. S. (2004). *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell University Press.
12. Covich, A. P., Palmer, M. A., & Crowl, T. A. (2004). The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. *BioScience*, 54(2), 119–127.
13. Dolbeth, M., Cardoso, P. G., Ferreira, O., (2007). Linking structure and function in estuarine macrobenthic communities: Assessment of ecosystem resilience. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75(4): 725–738.
14. Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M. L., Hubbard, M. D., & Nieto, C. (2006). *Ephemeroptera of South America*. Pensoft Publishers.
15. Ferrington, L. C. Jr. *Chironomidae (non-biting midges)*. (2008). In: Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (Eds.), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America* (4th ed.). Kendall/Hunt Publishing.
16. Fofonoff, P.W., Ruiz, G.M., Steves, B., Carlton, J.T. (2015). National Exotic Marine and Estuarine Species Information System (NEMESIS). Smithsonian Environmental Research Center.
17. Gollasch, S. (2006). Overview on introduced aquatic species in European navigational and adjacent waters. *Helgoland Marine Research*, 60(2): 84–89.
18. González-Ortiz, V., Quispe-Zúñiga, M. M., & García-Corral, L. S. (2014). Benthic macrofaunal communities in estuarine gradients: Response to salinity and organic matter. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 149:, 207–217. doi.org/10.1016/j.ecss.2014.07.002
19. Heino, J., Muotka, T., & Mykrä, H. (2013). Environmental variation and community-environment relationships in stream macroinvertebrate assemblages: A multivariate approach. *Freshwater Biology*, 58(3): 564–578. doi.org/10.1111/fwb.12065
20. Hassall, C. (2015). Strong environmental filtering of dragonfly communities along an urban gradient. *Biodiversity and Conservation*, 24(3): 637–658. doi.org/10.1007/s10531-014-0832-5
21. Kotta, J., Orav-Kotta, H., Herkül, K. & Kotta, I. (2012). Invasion of the cirripede *Amphibalanus improvisus* impacts the littoral communities of the Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, 68, 32–40.

22. Kotta, J., Katarina Oganjan, K., Lauringson, V., Pärnoja, M., Kaasik, A., Rohtla, L., Ilmar Kotta, I. & Helen Orav-Kotta, H. (2015). Establishing functional relationships between abiotic environment, macrophyte coverage, and benthic invertebrate communities. *Marine Environmental Research*, 102: 50–61.
23. Mobasher, A., Bayrami, A., Asadi-Sharif, E., & Rahim Pouran, S. (2023). Ecological indicators for qualitative assessment of Ojarud River: a case study. *Ecology and Evolution*, 13 (7): *e10310*.
24. Mocuba, J., Leitão, F., & Teodósio, M. A. (2023) The Diversity of Fish Larvae in the Bons Sinais Estuary (Mozambique) and Its Role as a Nursery to Marine Fish Resources. *Diversity*. 15(8): 883. doi.org/10.3390/d15080883
25. Orozco-González, C. E. & Ocasio-Torres, M. E. (2023). Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality: A Study of an Ecosystem Regulation Service in a Tropical River. *Ecologies*, 4(2):, 209-228. doi.org/10.3390/ecologies4020015
26. Reid, B., Dinnel, P., & Pearson, W. (2020) Bivalve distribution and abundance across estuarine gradients in the Pacific Northwest. *Journal of Shellfish Research*, 39(1):45–58. doi.org/10.2983/035.039.0105
27. Rosenberg, R. (2001). Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity. *Scientia Marina*, 65 (2): 107-119.
28. Rufino, M. M., Gaspar, M. B., & Pita, C. (2010). Seasonal dynamics of bivalve communities in sandy estuarine systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87(2):185–194. doi.org/10.1016/j.ecss.2010.01.016
29. Teixeira, H., Patrício, J., Neto, J. M., Teixeira, A., & Marques, J. C. (2008). Assessment of ecosystem condition in estuarine systems: Use of biotic indices and ecological network analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78(1), 143–155.
30. Torabi, J. H., Taghavi, H., Rahimibashar, M. (2015). Distribution pattern of invasive barnacles of Caspian Sea, *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854), in the rocky shores of south Caspian Sea. *Journal of Aquatic Ecology*. Vol. 5(2) : 57 – 67. In Persian
31. Wilhm, J. L. (1970). Range of Diversity Index in Benthic Macroinvertebrate Populations. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 42(5): R221-R224
32. Zhang, M., Xu, T., and Jiang, H., 2021. The impacts of runoff decrease and shoreline change on the salinity distribution in the wetlands of Liao River estuary, China. *Ocean Science*, 17(1): 187-201. doi:10.5194/os-17-187-2021

Seasonal monitoring of macrobenthic communities in the Shalmanrud River, Guilan Province, and observation of the Alien *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) in its estuary

Mohsen Masomi Nasafji¹, Nader Shabanipour², Ehsan Asadi Sharif^{3*}

1- M.Sc. in Marine biology, Department of Marine Biology, Faculty of Basic Sciences, University of Guilan, Iran

2- Professor, Department of Marine Biology, Faculty of Basic Sciences, University of Guilan, Iran

3- Research Assistant Professor, Offshore Fisheries Research Centre, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Chabahar, Iran

ABSTRACT

This study aimed to investigate the seasonal diversity of macrobenthic communities in the substrate of the Shalmanrud River estuary and to identify ecologically important species in the area. Following preliminary field surveys, four stations along a 600-meter stretch from the estuary to the upstream section were selected, and monthly sampling was conducted over a period of one year using an Ekman grab sampler having a sampling area of 0.3 m² and done in three replicates. Collected samples were fixed in 4% formaldehyde fixative and transferred to the laboratory of the Faculty of Basic Sciences, University of Guilan, for further research. Over one-year of sampling, a total of 745 macro benthic specimens were isolated and identified. The greatest taxonomic diversity was observed among bivalves, particularly in the families Mytilidae and Cardiidae. Among the identified macro benthos, the alien species *Amphibalanus improvisus* was also recorded. The detection of this species in a brackish and riverine environment indicated its high adaptability and habitat expansion potential, which could pose a warning for the structure of benthic communities. Some physico-chemical parameters, including water temperature, ambient temperature, pH, depth, and transparency, were also measured. Canonical Correspondence Analysis (CCA) revealed that water temperature and transparency were the most influential factors affecting the spatial distribution of dominant families, especially Mytilidae and Cardiidae, across different stations. Biodiversity was evaluated using Shannon, Simpson, and Pielou's indices with the aid of PAST software. The study demonstrates that macro benthic diversity indices are a suitable tool for ecological monitoring, assessing the biological health of estuary-influenced rivers, and detecting biological threats such as the presence of alien species.

KEYWORDS: Estuary, Alien barnacle, Diversity indices, Shalmanrud River, Macro benthic invertebrate

ARTICLE HISTORY

Received: 16 March 2026

Revised: 10 May 2026

Accepted: 10 June 2026

ePublished: 15 June 2026

ehsanasadisharif@gmail.com

* Corresponding Author: Ehsan Asadisharif
Email address: ehsanasadisharif@gmail.com
Tel: