Journal of Marine Science and Technology

Spring 2024, Vol. 23, No.1, pp. 13-27.

Available Online: ***http://jmst.kmsu.ac.ir***

Original Article

The effect of tidal cycle on zooplanktonic crustacean of estuarine Bahmanshir River (Northwest of Persian Gulf)

Sanasz Ahmadi Falehi, Ahmad Savari, Nasrin Sakhaei *, Faedeh Amini, Babak Doustshenas

Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran.

* **Corresponding Author Email:** sakhaei@kmsu.ac.ir

Received: 10 July 2019 **Revise Date:** 1 February 2022 **Accepted:** 12 February 2022

DOI: 10.22113/JMST.2022.193325.2298

ABSTRACT

Planktonic crustaceans are of specific importance in energy transfer due to their location in the middle links of the food chain of aquatic ecosystems. Therefore, they directly affect the abundance and diversity of the higher categories of the food pyramid, especially stocks and fishery resources. In this study, the impact of a tidal cycle on the zooplanktonic Crustacean ecosystem in the estuarine Bahmanshir River (Northwestern Persian Gulf) was studied. Our samples were collected during the spring of 2018 by plankton net with mesh sizes of 100 µm. Samples were taken at 5 stations to have a tidal effect on the abundance of zooplankton, approximately from 8:00 to 18:00 every two hours. In general, 72 species belonging to 28 families related to 3 groups of crustaceans named Cirripedia, Cladocera, and Copeoda were observed. The highest percentage of relative abundance was related to Cladocera with 35%, which was caused by the abundance of *Daphnia mendotae*. The highest diversity (Shannon index = 2.71 ± 0.04) of copepods was revealed to be caused by the large number of species at station 5 (near the mouth of the Bahmanshir River). Most species among the families belong to the Acartiidae family, which has 10 species of Acartia. The results of PCA analysis showed that among environmental factors, salinity has a direct effect on the total density, density of Harpacticoida and Calanoida, in the first component. The tides appear to significantly affect the density and types of planktonic crustaceans during the mentioned springtime periods. Our results showed relatively strong influence of the tidal cycle on the spatial pattern of Copepod assemblages in the study area. This study may be useful for future biological monitoring and seawater salinity intrusion into rivers in the northwest of the Persian Gulf.

Key words: Copepoda, Cladocera, Biodiversity, Zooplankton assemblage.

INTRODUCTION

Zooplankton contributes to the economy of the marine ecosystem (Umoren and Edokpayi, 2006). Bearing in mind their small size, their gross contribution to energy production apart from being the primary consumers (as the feed or graze on the phytoplankton) is far greater than one might expect. Zooplankton grazes on phytoplankton (Castro and Huber, 2003). Also, Water quality can be calculated through organisms such as diatoms and zooplankton in response to environmental changes. (Norian et al., 2022, Chen et al., 2016). Bahmanshir River, according to its location, has different physicochemical and biological characteristics in different seasons. Species diversity of zooplankton is a characteristic of living communities of the ecosystem, which is affected by man-made changes and geographical phenomena such as tides. The purpose of this study is to study the composition, abundance and distribution of planktonic crustaceans and its relationship with the change of water quality parameters due to tides in the region. The results of this study can be useful in the management and protection of this water ecosystem.

MATERIALS AND METHODS

The studied area is Bahmanshir River, located in Abadan city (Khuzestan province). This river is affected by the tidal currents of the Persian Gulf and the tides continue to Karon River. Samples were collected from five different stations in the intertidal regions of the Bahmanshir River. The choice of sampling locations of the river was based on the ecological settings, the amount of tidal penetration into the river and human activities in the area. Our samples were collected during the spring of 2018 in the estuarine Bahmanshir River by plankton net with mesh sizes of 100 μm, diameter 45 cm, and length 120 cm. The amount of filtered water in each replication was measured by rotating the flowmeter. The collected samples were transferred to storage containers and fixed with 5% formalin (Omori and Ikeda, 1984). Parameters such as dissolved oxygen (DO), pH, salinity, and temperature were measured by salinity meter and multi meter with three replications. In this study, three ecological statistics were used to obtain the estimation of species diversity (Jorgensen et al., 2005). Principal component analysis (PCA) was used to investigate the effects of environmental factors and determine the environmental factor that had the greatest effect on zooplanktonic crustacean density.

RESULTS

In general, 72 species belonging to 28 families related to 3 groups of crustaceans named Cirripedia, Cladocera, and Copeoda were observed. The highest species diversity among the orders was related to the Calanoida order from the Copepoda group. Most species among the families belong to the Acartiidae family, which has 10 species of Acartia. The lowest relative abundance (19%) was related to Cirripedia group, which was the least abundant larva of this group among planktonic crustaceans. The results of PCA analysis showed that the highest amount of changes is in the first component (0.581), the second component (0.237) and the third component (0.128). In the first component, the environmental factors of salinity had a direct effect on the total density and density of Harpacticoida and Calanoida, and temperature had an opposite effect.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Most species among the families belong to the Acartiidae family, which has 10 species of Acartia. The results of PCA analysis showed that among environmental factors, salinity has a direct effect on the total density, density of Harpacticoida and Calanoida in the first component. Stations 4 and 5 (stations with higher salinity and closer to the sea) between salinity and the density of Harpacticoida, Cyclopoida and Calanoida were calculated as direct relationships, which shows the direct effect of salinity on the density of Copepoda. Many species of copepods, such as *Acartia clausi* and *Acartia tonsa*, cannot tolerate extreme changes in salinity, and the nutritional activity of copepods is greatly reduced with the decrease of salinity, causing the death of copepods.

The tides appear to significantly affect the density and types of planktonic crustaceans during the mentioned springtime periods. Our results showed a relatively strong influence of the tidal cycle on the spatial pattern of copepod assemblages in the study area. This study may be useful for future biological monitoring and seawater salinity intrusion into rivers in the northwest of the Persian Gulf.

REFERENCES

Castro, P. and Huber, M.E., 2003. Marine Biology. 5th edition. McGraw-Hill Higher Education. 468p.

Chen, X., Zhou, W., Pickett, S.T.A., Li, W., Han, L., and Ren, Y. 2016. Diatoms are better indicators of urban stream conditions: A case study in Beijing, China. *Ecological Indicators.* 60, pp.265-274. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.06.039.

Jørgenson, S.F., Costanza, R., Fuliu, X.u., 2005. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRC press. pp. 439. DOI:10.1201/9780203490181

Norian, A., Amini, F., Sakhaei, N., Archangi, B., Mokhtarpour, A., 2022. Evaluation of biodiversity of phytoplankton and determination of biological health quality of Arvand River (south west of Iran) using Trophic Diatom Index (TDI). *Iranian Journal of Fisheries Sciences (IJFS), 21*(4), pp. 1047-1063. DOI: 10.22092/ijfs.2022.127619.

Omori, M. and Ikeda, T., 1984. Methods in marine zooplankton ecology. Wiley, 332p.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مجله علوم وفنون دریایی، فصل نامه ی علمی پژوهشی

دوره ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۳ تا ۲۷.

مقاله پژوهشی

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

تأثیر جزرومد بر سخت‌پوستان زئوپلانکتونیک رودخانه بهمنشیر(شمال غربی خلیج فارس)

ساناز احمدی فالحی، احمد سواری، نسرین سخایی *، فائده امینی، بابک دوست شناس

گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

* **نویسنده مسئول، پست الکترونیک:** sakhaei@kmsu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۱۱/۱۲ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۱۱/۲۳

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2022.193325.2298

چکیده

سخت پوستان پلانکتونی به دلیل قرار گرفتن در حلقه های میانی زنجیره غذایی اکوسیستم های آبی از اهمیت ویژه ای در انتقال انرژی برخوردار هستند. بنابراین مستقیماً بر فراوانی و تنوع دسته‌های بالاتر هرم غذایی به‌ویژه ذخایر و منابع شیلات تأثیر می‌گذارند. در این مطالعه، تأثیر چرخه جزر و مدی بر اکوسیستم سخت‌پوستان زئوپلانکتونیک در مصب رودخانه بهمنشیر (شمال غربی خلیج فارس) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه ها در بهار ۱۳۹۷ در مصب رودخانه بهمنشیر توسط تورپلانکتون گیری با اندازه مش ۱۰۰ میکرومتر جمع آوری شد. نمونه ها در ۵ ایستگاه برای تأثیر جزر و مدی بر فراوانی زئوپلانکتون ها، تقریباً از ساعت ۸:۰۰ تا ۱۸:۰۰ هر دو ساعت انجام شد. همزمان فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در محل مورد سنجش قرار گرفت. به طور کلی ۷۲ گونه متعلق به ۲۸ خانواده مربوط به ۳ کلاس سخت پوستان شامل لارو کشتی چسب ها (Cirripedia)، آنتن منشعبان (Cladocera) و پاروپایان (Copeoda) مشاهده شد. بیشترین درصد فراوانی نسبی مربوط به Cladocera با ۳۵ درصد بود که ناشی از فراوانی *Daphnia mendotae* بود. بیشترین تنوع (۰/۰۴ ± ۲/۷۱ = شاخص شانون) در ایستگاه ۵ (نزدیک دهانه رودخانه بهمنشیر) محاسبه گردید. افزایش تنوع زیستی ناشی از تعداد و فراوانی زیاد گونه‌ها ی پاروپایا بود. بیشترین گونه ها در بین پاروپایان مربوط به خانواده Acartiidae (با ۱۰ گونه از جنس *Acartia*) محاسبه گردید. نتایج تجزیه و تحلیل PCA نشان داد که از بین عوامل محیطی، شوری تأثیر مستقیمی بر تراکم کل، تراکم گونه‌های Harpacticoida و Calanoida در جزء اول را دارد. به نظر می رسد جزر و مد به طور قابل توجهی بر تراکم و انواع سخت پوستان پلانکتونی در طول دوره های فصل بهار ذکر شده، تأثیر می گذارد. نتایج ما تأثیر نسبتاً زیاد چرخه جزر و مدی را بر الگوی فضایی گروه های سخت پوستان پلانکتونی در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. این مطالعه ممکن است برای پایش بیولوژیکی آتی و نفوذ شوری آب دریا به رودخانه‌های مصبی شمال غربی خلیج فارس مفید باشد.

واژگان کلیدی: پاروپایان، کلادوسرا، زئوپلانکتون، تنوع زیستی، اجتماعات زئوپلانکتونی

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

۱. مقدمه

زئوپلانکتون ها به اقتصاد اکوسیستم های دریایی کمک می کنند(Umoren and Edokpayi, 2006). با در نظر گرفتن اندازه کوچک آنها، سهم ناخالص آنها در تولید انرژی جدا از اینکه مصرف کننده اولیه هستند (به عنوان خوراک یا چرا در فیتوپلانکتون) بسیار بیشتر از آن چیزی است که انتظار می‌رود (Castro and Huber, 2003). آنها بسیار متنوع و دارای استراتژی‌های مختلفی در بقا و تولیدمثل هستند. زئوپلانکتون‌ها دارای سرعت تولیدمثلی بالا، ولی دوره زندگی کوتاهی دارا هستند. چرای مفرط زئوپلانکتون، میزان رشد سریع آن‌ها و دوره کوتاه زندگی زئوپلانکتون‌های گوشت‌خوار، پاسخی در برابر رهاسازی سریع مواد مغذی، برای باز چرخ تولید فیتوپلانکتون-هاست (Sakhaei and Bazrafshan, 2000). در برخی مطالعات بین تراکم و زیست توده گروه های فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی به دلیل تغذیه فیتوپلانکتون ها توسط زئوپلانکتون ها رابطه معکوس بین آنها نشان داده شده است. همچنین کیفیت آب از طریق فیتوپلانکتون ها و زئوپلانکتون ها در پاسخ به تغییرات محیطی قابل محاسبه می باشد (Norian et al., 2022; Chen et al., 2016). اکوسیستم-های مصبی به دلیل ساختار غیریکنواخت، خطر شکار شدن کم و میزان دستیابی به غذا، شرایط مطلوبی را برای زنده ماندن و رشد مراحل لاروی و جوانی موجودات دارای ارزش اقتصادی فراهم می‌نماید و سخت‌پوستان پلانکتونیک اغلب بخش مهمی از این زیست‌توده را به ویژه زمانی که شرایط محیطی رها شدن لاروها را تسهیل می‌نماید، تشکیل می‌دهند (Magris and Fernandes, 2011).

رودخانه بهمنشیر، با توجه به موقعیت خود دارای خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی گوناگون در فصول مختلف و همچنین در مقاطع مختلف می‌باشد و بررسی تنوع گونه‌ای که مشخصه‌ای از اجتماع زنده اکوسیستم است و تحت تأثیر تغییرات انسان‌ساخت و پدیده‌های جغرافیایی ازجمله جزر و مد قرار می‌گیرد و این تنوع، پیامد نهایی توالی محیط‌زیست نیز به شمار می‌رود. با توجه به بازه زمانی یک سیکل کامل جزر و مدی، در ۱۲ ساعت ۲۵ دقیقه صورت می‌گیرد، لذا میزان تأثیرات و عمق نفوذ تغییرات ناشی از نوسانات جزر و مدی و جریانات سطحی جزر و مد باعث تغییر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی می‌شود (Schwamborn et al., 2017). در هنگام جزر، به عبارتی به عقب کشیده شدن آب دریا، شدت تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی مانند دما و شوری زیاد می‌باشد؛ بنابراین شرایطی فراهم می‌آورد که خارج از تحمل و مقاومت بسیاری ازموجودات زنده می‌باشد. هم‌چنین برخی از موجودات مانند کشتی چسب‌ها (Cirripedia) سازش‌هایی در برابر، تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در اثر جزرومد، پیدا کرداند. با توجه به اینکه اجتماعات زئوپلانکتون تأثیرات متنوعی بر تولید ثانویه، زنجیره غذایی، چرخه انرژی و خصوصیات کیفی آب دارند، لذا بررسی تنوع و تراکم زئوپلانکتون در فصول مختلف سال، اطلاعات کاربردی اکولوژیک و بیولوژیک را برای تعیین توان اکولوژیک و نظارت و مدیریت این منابع اکولوژیک مشابه، فراهم خواهد نمود. Bazrafshan et al. (2012) نیز به بررسی تنوع زیستی سخت‌پوستان عالی پلانکتونیک (Anomura) بر حسب گرادیان شوری در خلیج‌فارس (مصب بین رودخانه‌های اروند و بهمنشیر) پرداختند. در مطالعات Ara et al. (2014) نیز به بررسی تنوع زیستی میکرو زئوپلانکتون های مصب رودخانه بهمنشیر و استفاده از آن‌ها به عنوان نشانگر زیستی کیفیت آب پرداخته و گونه های مختلف بهمن شیر که نزدیک منطقه مطالعاتی این تحقیق است را مورد شناسایی قرار دادند. هدف از این بررسی، مطالعه بررسی ترکیب، فراوانی و پراکنش سخت‌پوستان پلانکتونیک و ارتباط آن با تغییر پارامترهای کیفی آب در اثر جزر و مد صورت گرفته در منطقه می‌باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند، در مدیریت و حفاظت این اکوسیستم آبی مفید واقع گردد.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه رودخانه بهمنشیر، واقع در شهرستان آبادان (استان خوزستان)می باشد (شکل۱). این رودخانه متأثر از جریانات جزر و مدی خلیج فارس قرار دارد و جزر و مد تا دارخوین (رودخانه کارون) ادامه دارد. نمونه‌برداری در فصل بهار ۱۳۹۷ از مصب رودخانه بهمنشیر انجام‌گردید.

نمونه‌برداری از زئوپلانکتون‌ها از۵ ایستگاه تعیین‌شده رودخانه بهمنشیر در ۵ بازه زمانی که شامل یک سیکل کامل جزرومدی است؛ به‌عمل آمد. این بازه‌ها شامل بازه زمانی ۱ (ساعت۸ تا ۱۰)، بازه زمانی ۲ (ساعت ۱۰ تا ۱۲)، بازه زمانی ۳ (ساعت ۱۲ تا ۱۴)، بازه زمانی ۴ (ساعت ۱۴ تا ۱۶)، بازه زمانی ۵ (ساعت ۱۶ تا ۱۸) بود و ایستگاه‌ها به‌گونه‌ای در نظر گرفته شد که از ابتدای رودخانه تا محل ریزش به خلیج فارس پوشش دهند.

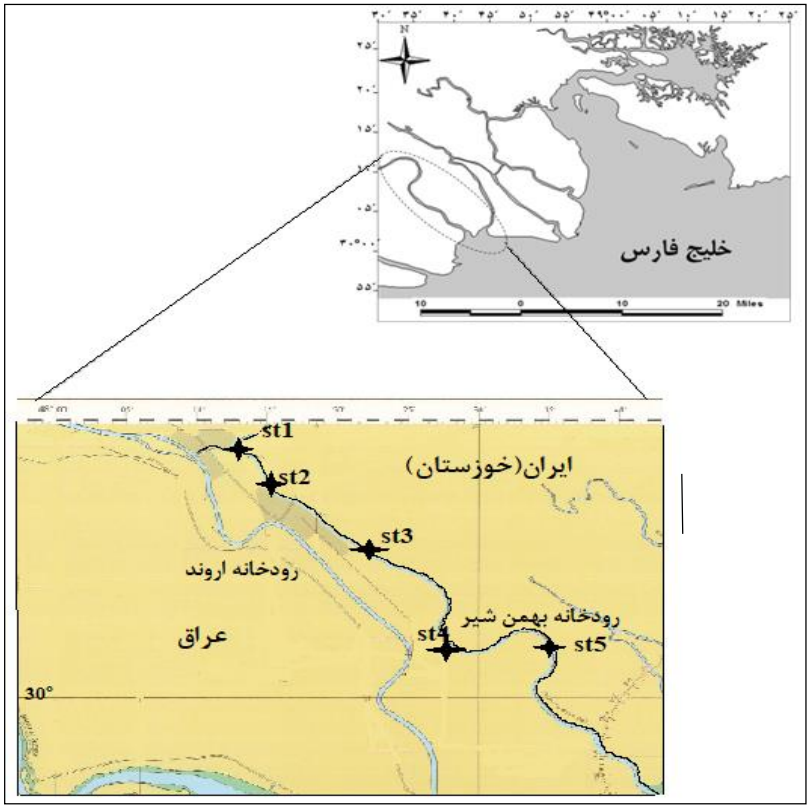
برای نمونه‌برداری از تور پلانکتون با چشمه ۱۰۰ میکرون، به طول ۱۲۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۴۵ سانتی‌متر استفاده گردید. دهانه این تور دارای مساحت ۰/۱۵ مترمربع می‌باشد. تمام نمونه‌ها را در انتهای تور جمع کرده و به ظروف پلی‌اتیلنی ۱ لیتری منتقل گردید. پس از آن، توسط فرمالین بافری ۵ درصد تثبیت و توسط آب دریا به حجم ۱ لیتر رسانده شدند (Omori and Ikeda, 1984).

از هر ایستگاه ۳ بار نمونه‌برداری، جهت تکرار آزمایش‌ها صورت گرفت. در هر نوبت نمونه‌برداری، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب

همانند دما، pH و اکسیژن محلول با استفاده از دستگاه مولتی متر مدل Lovibond Senso150 و شوری با استفاده از شوری سنج مدل ATAGO صورت گرفت.

شناسایی گونه‌های مختلف سخت پوستان با استفاده از میکروسکوپ فاز معکوس و با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبرشامل (Sandercock and Scudder, 1994; Bouvier and Marcheurs, 1940; Holliday et al, 2000; Harvey et al., 2002; Conway et al., 2003) صورت گرفت.

شاخص‌های اکولوژیکی نیز محاسبه شدند. غنای گونه‌ای با استفاده از شاخص مارگالف (رابطه ۱) محاسبه گردید (Jorgensen et al., 2005). غالبیت گونه ها با استفاده از شاخص سیمپسون (رابطه ۲) محاسبه شد (Ajmal khan, 2004). تنوع گونه‌ای با استفاده از شاخص شانون – وینر (رابطه ۳) تعیین شد (Jorgensen et al., 2005). همچنین شاخص ترازی زیستی هیل با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Hill, 1973).



شکل ۱- نقشه منطقه مطالعاتی در رودخانه بهمنشیر (خلیج فارس)

Fig. 1-The map of the study area in the Bahmanshir River (Northwest of Persian Gulf)

رابطه (۱) $R = \frac{S-1}{Ln(n)}$

R= شاخص غنای گونه‌ای مارگالف

S= تعداد گونه

N= تعداد کل افراد یک مجموعه

رابطه (۲)

$$\lambda = \sum_i^s \frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)}$$

λ = شاخص سیمپسون

n_i= تعداد افراد گونه i ام

n=تعداد کل افراد در نمونه

رابطه (۳)

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} \left[\left(\frac{n_i}{n}\right) L_n \left(\frac{n_i}{n}\right)\right]$$

H' = شاخص تنوع گونه‌ای شانون- وینر

n_i= تعداد افراد گونه iام

n= تعداد کل افراد در نمونه، S= تعداد کل افراد)

رابطه (۴)

$$E5=\frac{N2-1}{N1-1} \quad (N_1= e^{H'},\ N_2=\frac{1}{\lambda})$$

E5= شاخص ترازی هیل

N_1=تعداد گونه‌های غالب

N_2= تعداد گونه‌های بسیار غالب

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در ابتدا نرمال بودن داده‌ها، از طریق آزمون شاپیرو- ویلک در سطح ۹۵ درصد بررسی شد و جهت سنجش تفاوت بین گروه های سخت پوستان عالی زئوپلانکتون، بین ایستگاه-های مختلف، در صورت نرمال بودن داده‌ها از آنالیز واریانس ANOVA استفاده شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین داده-ها، از پس‌آزمون توکی استفاده گردید. برای این منظور از نرم افزار SPSS v.16 و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft ۲۰۱۰ Office Excel استفاده شد. همچنین برای بررسی و سنجش شاخص‌های اکولوژیکی از نرم افزار پرایمر ۵ استفاده گردید که برای دسته بندی ایستگاه‌ها بر حسب شباهت بین آن‌ها از آنالیز خوشه‌ای و برای بررسی فاکتورهای محیطی با تراکم سخت‌پوستان زئوپلانکتونی از نمودار PCA استفاده شد.

۳. نتایج

نتایج مطالعات انجام شده نشان داد که به طور کلی در طی دوره مطالعاتی ۷۲ گونه متعلق به ۲۸ خانواده که مربوط به ۳ گروه از سخت پوستان شامل کشتی چسب ها (Cirripedia)، آنتن منشعبان (Cladocera) و راسته های Harpacticoida، Cyclopoida و Calanoida از پاروپایان (Copepoda) مشاهده گردید (جدول ۱).

بیشترین تنوع گونه‌ای در بین راسته‌ها، مربوط راسته Calanoida از گروه Copepoda بود و بیشترین تنوع گونه‌ای در بین خانواده‌های پاروپایان، مربوط به خانواده Acartiidae بود که شامل ده گونه از جنس Acartia بود. همچنین گروه Cladocera بدلیل فراوانی گونه *Daphnia mendotae* از خانواده Daphniidae، بیشترین درصد فراوانی نسبی (۳۵ درصد) را نشان داد. کمترین فراوانی نسبی (۱۹ درصد) نیز مربوط به گروه Cirripedia بود که ناشی از فراوانی کم لارو این گروه در بین سخت پوستان پلانکتونیک بود (شکل ۲).

بیشترین و کمترین درصد حضور برای هر راسته در طی مدت مورد مطالعه، به ترتیب برای Cladocera با ۳۵ درصد و Calanoida با ۱۰ درصد محاسبه شد (شکل ۲).

جدول ۱ -گونه‌های سخت پوستان زئوپلانکتون شناسایی شده رودخانه بهمنشیر
Table 1- Zooplankton crustacean species identified in the Bahmanshir River

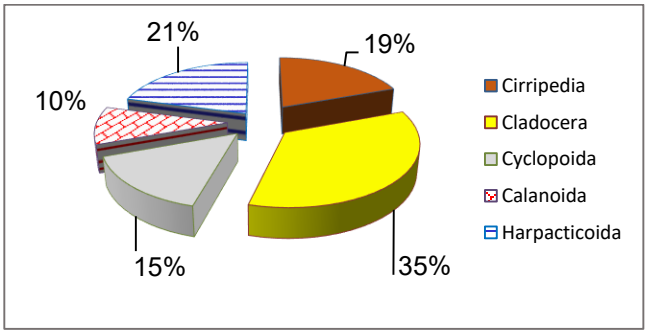
Groups	Species
Cirripedia	*Balanus nauplius (Darwin, 1854)* *Trypetesa* sp. *(Stebbing, 1910)* *Verruca stroemia (Müller, 1776)*
Cladocera	*Bosmina meridionalis (Sars, 1904)* *Daphnia longiremis (Sars, 1861)* *Daphnia mendotae (Birge, 1918)* *Daphnia retrocura (Forbes, 1882)* *Daphniopsis* sp. *(Sars, 1903)* *Daphniopsis* sp. *(Sars, 1903)* *Diaphanosma birgei (Ficher, 1850)* *Diaphanosma brachyurum (Liévin, 1848)* *Diaphanosma* sp. *(Paggi and Rocha, 1999).* *Euchaeta concina (Dana, 1849)* *Heterohabdas papilliger (Claus, 1863)* *Moina rectirostris (Leydig, 1860)* *Sida crystalline (Müller, 1776)*
Copeoda (Harpacticoida)	*Microsetella norvegica (Boeck, 1865)* *Microsetella* sp. *(Brady and Robertson, 1873)* *Miracia efferata (Dana, 1849)* *Tisbe sp. (Lilljeborg, 1853)*
Copepoda (Cyclopida)	*Acanthocyclops vernalis (S. Fischer, 1853)* *Limnoithona sinensis (Burckhardt, 1913)* *Mesocyclops edax (Forbes, 1891)* *Oithona attenuata (Farran, 1913)* *Oithona brevicornis (Giesbrecht, 1891)* *Oithona fallax (Farran, 1913)* *Oithona nana (Giesbrecht, 1893)* *Oithona plumifera (Female) (Baird, 1843)* *Oithona rigida (Giesbrecht, 1896)* *Oithona simplex (Farran, 1913)* *Tropocyclops extensus (Kiefer, 1931)*
Copepoda (Calanoida)	*Acartia (acartiella)faoensis (Khalaf, 1991)* *Acartia amboinensis (Carl, 1907)* *Acartia clausii (Giesbrecht, 1889)* *Acartia discaudata (Giesbrecht, 1881)* *Acartia erythraea (Steuer, 1915)* *Acartia margalefi (Steuer, 1915)* *Acartia pacifica (Steuer, 1917)* *Acartia spinicauda (Giesbrecht, 1889)* *Acartia tonsa (Dana, 1849)* *Acartia(odontacartia)ohtsukai (Ueda & Bucklin, 2006)* *Acrocalanus gibber (Giesbrecht, 1888)* *Acrocalanus longicornis (Giesbrecht, 1888)* *Bestiolina arabica.(Al-Yamani & Prusova, 2007)*

ادامه جدول ۱ -گونه‌های سخت پوستان زئوپلانکتون شناسایی شده رودخانه بهمنشیر

Table 1- Zooplankton crustacean species identified in the Bahmanshir River

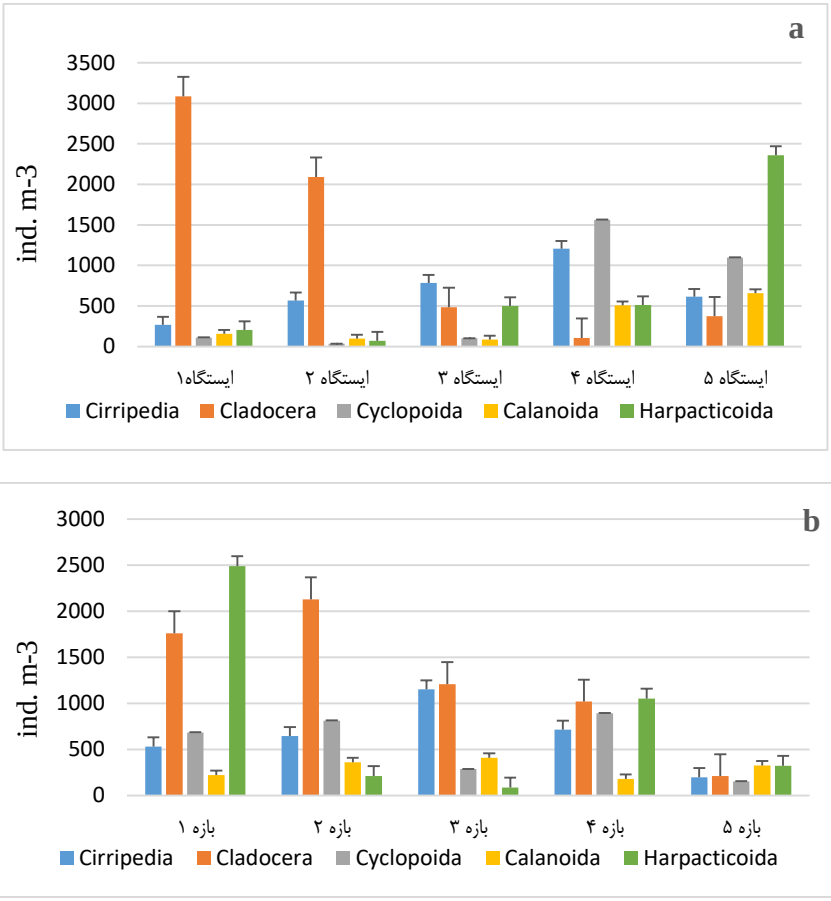
Groups	Species
Copepoda (Calanoida)	*Calanopia minor (Scott A., 1902)*
	Calanopia elliptica (Dana, 1852)
	Calanus helgolandicus (Tanaka, 1956)
	Canthocalanus Pauper (Giesbrecht, 1888)
	Canuella sp. *(Scott T. & A., 1893)*
	Centropages furcatus (Dana, 1849)
	Centropages typicus (Krøyer, 1849)
	Clausocalanus arcuicornis (Dana, 1849)
	Clausocalanus minor (Sewell, 1929)
	Clytemnestra sp. *(Dana, 1847)*
	Cyclopinoides littoralis (Brady, 1872).
	Diaptomus sp. *(Westwood, 1836)*
	Isias clavipes (Boeck, 1865)
	Metacalanus aurivilli (Cleve, 1901)
	Paracalanus indicus (Wolfenden, 1905)
	Parapontella brevicornis (Lubbock, 1857)
	Parvocalanus crassirostris (Dahl, 1894)
	Parvocalanus elegans (Andronov, 1972)
	Pseudocalanus elongates (Boeck, 1865)
	Pseudodiaptomus annandelei (Sewell, 1919)
	Pseudodiaptomus arabicus (Walter, 1998)
	Pseudodiaptomus ardjuna (Brehm, 1953)
	Stephos scoti (Sars, 1902)
	Stophos minor (Scott, 1892)
	Temora longicornis (Müller, 1785)
	Temora turbinate (Dana, 1849)
	Tortanus forcipatus (Giesbrecht, 1889)

میانگین تراکم در گروه Cirripedia، Cladocera، Cyclopoida، Calanoida و Harpacticoida به ترتیب به میزان ۹۸/۱۳±۶۸۲/۰۱، ۲۳۹/۱۲±۱۲۱۹/۳۴، ۲/۹۲±۵۳۴/۸۵، ۴۷/۳۲±۳۴۱/۴۷ و ۱۰۸/۳۹±۷۲۹/۶۱ فرد در مترمکعب محاسبه گردید. بیش‌ترین تراکم در بین ایستگاه‌های مختلف برای ایستگاه ۱ و گروه Cladocera به میزان ۳۰۸۶/۲۳ فرد در مترمکعب (شکل ۳-الف) و در بین بازه‌های زمانی (سیکل جزرومدی) در بازه زمانی ۱ و در راسته Harpacticoida به میزان ۲۴۸۹/۳۹ فرد در مترمکعب شمارش شد (شکل ۳-ب).



شکل ۲- درصد فراوانی نسبی گروه‌های سخت‌پوستان زئوپلانکتون در رودخانه بهمنشیر

Fig. 2- Relative abundance percentage of zooplankton crustacean groups in Bahmanshir River

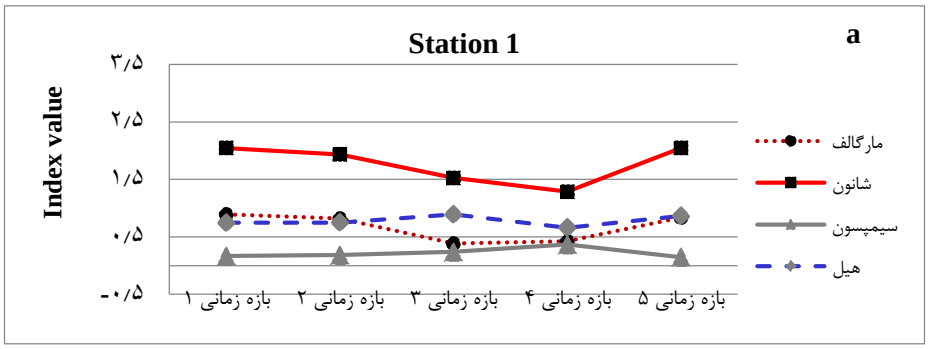


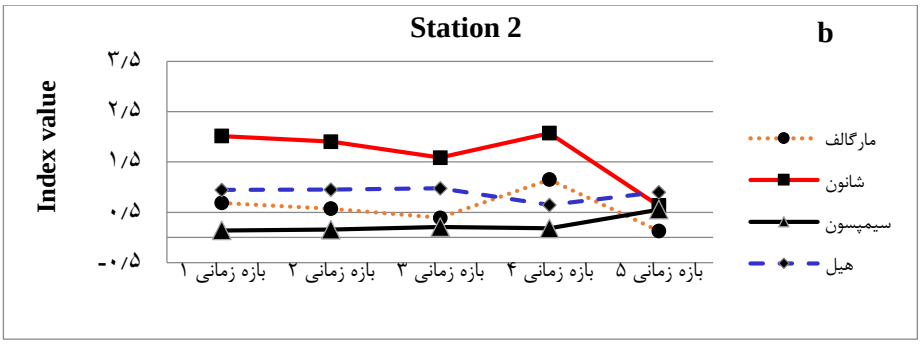
شکل ۳- تراکم راسته‌های سخت‌پوستان زئوپلانکتون ، الف) مقایسه ایستگاه‌های مختلف، ب) مقایسه سیکل جزرومدی

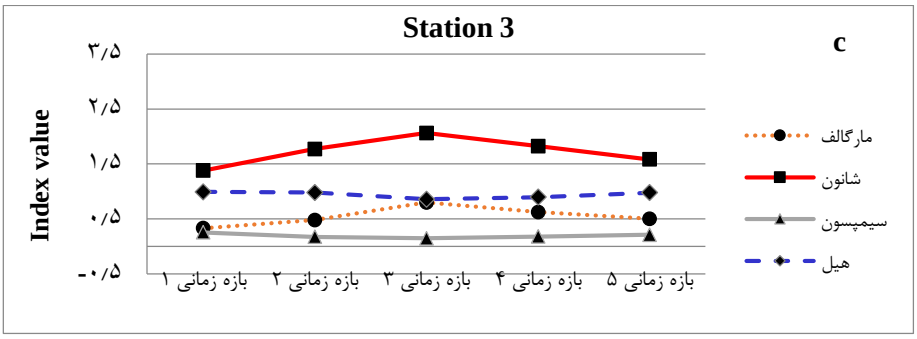
Fig. 3- Density of zooplankton crustacean groups in spring, a) comparison of different stations, b) comparison of tidal cycle

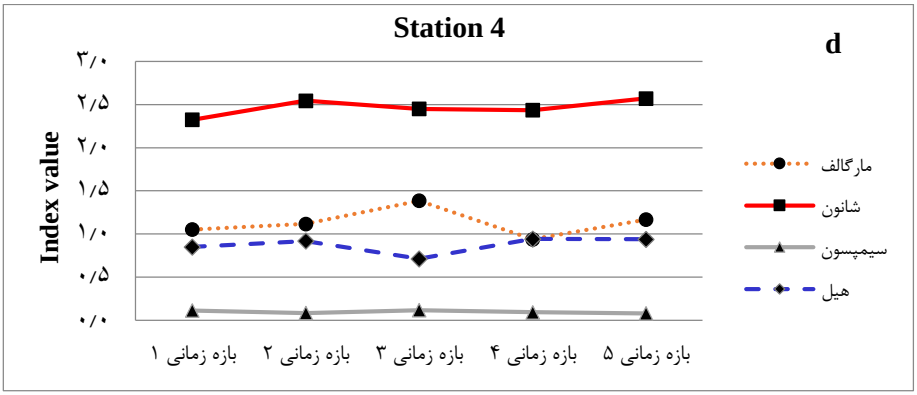
طبق آنالیز واریانس دوطرفه برای شاخص‌های اکولوژیکی در فصل بهار، نشان داد که اثر متقابل بین بازه زمانی و ایستگاه‌های مختلف و همچنین بین ایستگاه‌های مختلف برای همه شاخص‌ها اکولوژیکی معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$). طبق نتایج آنالیز واریانس برای ۵ ایستگاه به صورت جداگانه نشان داد که بین ۵ بازه زمانی برای شاخص تنوع شانون–وینر در تمام ایستگاه بر جز ایستگاه ۴ اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P<0.05$). میانگین کلی شاخص تنوع شانون–وینر در ۵ بازه زمانی به ترتیب ۱/۸۹±۰/۴۲، ۲/۱۹۴±۰/۱۷، ۲/۰±۰۵/۲۲، ۲/۰±۰۱/۵۱ و ۱/۸۶±۰/۲۹ محاسبه شد. نتایج آنالیز واریانس برای شاخص مارگالف نشان داد که در تمامی ایستگاه، بین ۵ بازه‌های زمانی مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P<0.05$).

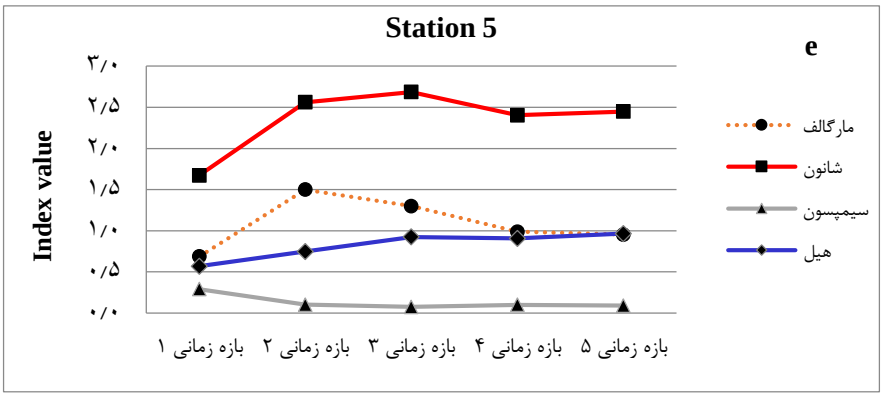
میانگین کلی شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در ۵ بازه زمانی به ترتیب ۰/۰±۷۳/۲۳، ۰/۰±۹/۱۲، ۰/۰±۸۴/۱۵، ۰/۰±۸۲/۲۳ و ۰/۷۲±۰/۳۱ محاسبه شد. نتایج آنالیز واریانس برای شاخص غالبیت سیمپسون نشان که بین بازه‌های زمانی مختلف اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($P>0.05$)، میانگین کلی شاخص غالبیت سیمپسون در ۵ بازه زمانی به ترتیب ۰/۰۱±۰/۱۹، ۰/۱۱±۰/۱۴، ۰/۰۵±۰/۱۶، ۰/۱±۰/۱۸ و ۰/۰±۲۲/۰۹ محاسبه شد. نتایج آنالیز واریانس برای شاخص تراز گونه‌ای هیل نشان که بین بازه‌های زمانی مختلف در هر ایستگاه اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($P>0.05$)، میانگین کلی شاخص تراز گونه‌ای هیل در ۵ بازه زمانی به ترتیب ۰/۱±۰/۸۲، ۰/۱۶±۰/۸۷، ۰/۰±۸۷/۲۷، ۰/۰±۸۱/۰۹ و ۰/۰۱±۰/۹۳ محاسبه شد (شکل ۴).


Station 1
a
Index value
۳/۵
۲/۵
۱/۵
۰/۵
-۰/۵
بازه زمانی ۱
بازه زمانی ۲
بازه زمانی ۳
بازه زمانی ۴
بازه زمانی ۵
مارگالف
شانون
سیمپسون
هیل


Station 2
b
Index value
۳/۵
۲/۵
۱/۵
۰/۵
-۰/۵
بازه زمانی ۱
بازه زمانی ۲
بازه زمانی ۳
بازه زمانی ۴
بازه زمانی ۵
مارگالف
شانون
سیمپسون
هیل


Station 3
c
Index value
۳/۵
۲/۵
۱/۵
۰/۵
-۰/۵
بازه زمانی ۱
بازه زمانی ۲
بازه زمانی ۳
بازه زمانی ۴
بازه زمانی ۵
مارگالف
شانون
سیمپسون
هیل


Station 4
d
Index value
۳/۰
۲/۵
۲/۰
۱/۵
۱/۰
۰/۵
۰/۰
بازه زمانی ۱
بازه زمانی ۲
بازه زمانی ۳
بازه زمانی ۴
بازه زمانی ۵
مارگالف
شانون
سیمپسون
هیل



شکل ٤ – مقایسه شاخص‌های اکولوژیکی در ۵ بازه زمانی (سیکل جزرومدی) الف) ایستگاه ۱، ب)ایستگاه ۲، ج) ایستگاه ۳، د)ایستگاه ٤ و ه) ایستگاه ۵ در رودخانه بهمنشیر

Fig. 4- Comparison of ecological indicators in 5 time periods (tidal cycle) a) station 1, b) station 2, c) station 3, d) station 4 and e) station 5, in Bahmanshir River

نتایج حاصل از فاکتورهای محیطی در ایستگاه های مختلف نشان داد که ، بیشترین میزان شوری در ایستگاه ۱ به مقدار ppt ۱/۷۵، بیشترین مقدار pH نیز به مقدار ۸/۴۸ در ایستگاه ۳ و بیشترین میانگین دما نیز به مقدار ۲۴/۷۴ درجه سانتیگراد، در ایستگاه ۳ ثبت گردید (جدول ۲).

نتایج حاصل از آنالیز PCA نشان داد، با توجه به اینکه بیش‌ترین میزان تغییرات در مؤلفه‌ی اول (۰/۵۸۱)، مؤلفه‌ی دوم (۰/۲۳۷) و مؤلفه‌ی سوم (۰/۱۲۸) می‌باشد (جدول ۳)، از بیان سایر مؤلفه‌ها چشم پوشی می‌شود. در مؤلفه‌ی اول فاکتورهای محیطی شوری بر میزان تراکم کل و تراکم Harpacticoida و Calanoida تأثیر مستقیم و دما تأثیر عکس داشته، در مؤلفه‌ی دوم میزان اکسیژن محلول بر میزان تراکم راسته Cyclopoida تأثیر مستقیم و میزان pH تأثیر معکوس داشته است. در مؤلفه‌ی سوم شوری بر تراکم راسته Calanoida تأثیر مستقیم داشته در صورتی که بر تراکم Cirripedia تاثیر معکوس می‌گذارد. شکل ۵ نمودار PCA میزان تأثیر فاکتورهای محیطی بر تراکم کل و راسته‌های شناسایی شده در تحقیق می‌باشد که نشان می‌دهد فاکتور دما با میزان شوری رابطه معکوس دارد. جایگاه ایستگاه ۱ نشان می‌دهد، مؤثرترین عامل بر این ایستگاه تراکم Cladocera می‌باشد، بیش‌ترین عامل مؤثر بر ایستگاه ۲، فاکتور دما و بر ایستگاه ۳ تا حدودی فاکتور pH می‌باشد. ایستگاه ۴ و ۵ تقریباً به هم نزدیک بوده و تحت کنترل فاکتور شوری و تراکم راسته Harpacticoida، Cyclopoida و Calanoida می‌باشند.

جدول ۲ – میانگین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در ایستگاه های مختلف رودخانه بهمنشیر

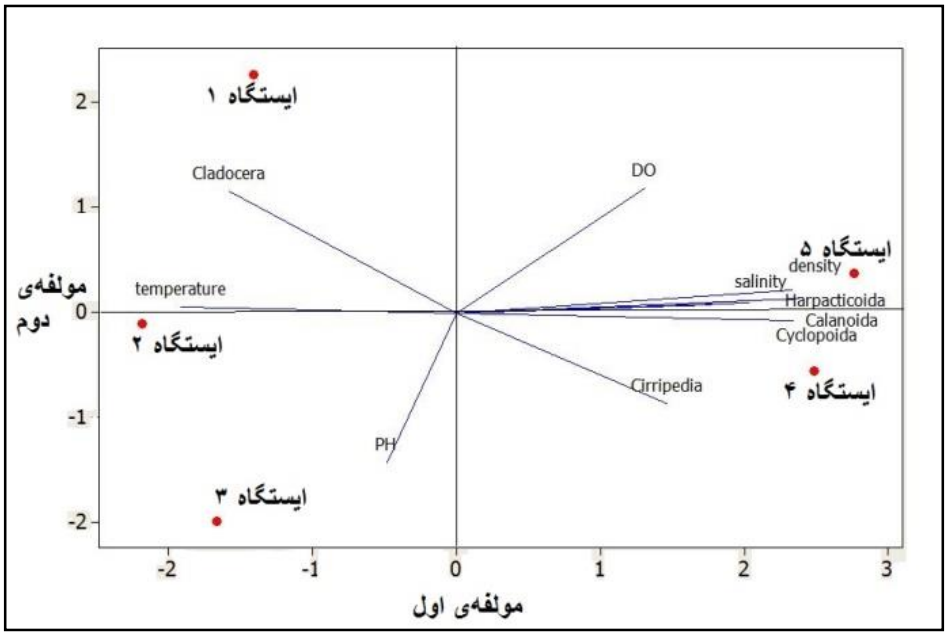
Table 2 - Average physicochemical factors in different stations of Bahmanshir River

ایستگاه	شوری(ppt)	دما(°C)	pH	اکسیژن محلول(mg/l)
۱	۱/۰±۲۸/۲۶	۲۴/۰±۵۲/۱۳	۷/۰±۹۲/۱۶	۶/۰±۰۹/۳
۲	۱/۰±۳۲/۲۳	۲۴/۰±۵/۲۱	۸/۰±۴/۲۵	۵/۰±۷۸/۳۲
۳	۱/۰±۳۱/۱۲	۲۴/۰±۷۴/۱۷	۸/۰±۴۶/۱۴	۵/۰±۵۰/۲۸
۴	۱/۰±۴۵/۲۸	۲۴/۰±۱۴/۱۹	۸/۰±۳۱/۲۱	۶/۰±۰۷/۱۴
۵	۱/۰±۷۵/۳۲	۲۴/۰±۱۶/۱۷	۸/۰±۲۱/۱۴	۶/۰±۰۱/۱۸

جدول ۳ - نتایج میزان همبستگی فاکتورهای محیطی و تراکم زئوپلانکتون‌های سخت‌پوستان در آزمون تحلیل مؤلفه‌ای اصلی (PCA)

Table 3 - The results of the correlation between environmental factors and crustacean zooplankton density in the principal component analysis (PCA).

متغیر	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
Cirripedia	۰/۲۵۱	−۰/۳۶۶	−۰/۴۹۱
Calanoida	۰/۳۰۳	۰/۰۳	۰/۵۸۳
Cladocera	−۰/۴۰۱	−۰/۰۳۲	−۰/۱۸۷
Cyclopoida	−۰/۲۷	۰/۴۸۹	−۰/۰۳۶
Harpacticoida	۰/۴۰۷	۰/۰۵۶	۰/۰۶۸
pH	−۰/۰۸۲	−۰/۶	۰/۱۶۵
DO	۰/۲۲۵	۰/۵۰۱	−۰/۲۱۸
دما	−۰/۳۲۷	۰/۰۲۳	۰/۲۷۳
شوری	۰/۳۴	۰/۰۴	۰/۴۷۳
تراکم کل	۰/۴	۰/۰۹۱	−۰/۰۷۲



شکل ۵ - تجزیه و تحلیل اجزای اصلی (PCA) اجتماعات سخت پوستان زئوپلانکتونی و متغیرهای محیطی.

Figure 5 - Principal component analysis (PCA) of crustacean zooplankton assemblages and environmental variables

٤. بحث

سخت پوستان زئوپلانکتونی تحت تاثیر عوامل محیطی گوناگون نظیر دما، نور، اکسیژن، pH، شوری و میزان غذای موجود مانند باکتری‌ها، جلبک‌ها، بعلاوه شکار شدن توسط آبزیان مختلف پیوسته در معرض تغییر و تنوع می‌باشند. چون بیشتر گونه‌ها زمان تولیدمثل کوتاهی دارند، تغییرات در ترکیب و تنوع جمعیت آن‌ها نشان دهنده تحولات و یا تخریب‌های محیطی نیز محسوب می‌شود (Paterson, 2001). سخت پوستان، به عنوان یکی از متنوع‌ترین و بزرگ‌ترین زیر شاخه بندپایان، دارای فراوانی و پراکنش وسیع در زیستگاه‌های مختلف دریایی می‌باشند (Maclaughlin et al., 2010). زمان تخم‌ریزی، تخم‌گشایی و بقا لارو سخت‌پوستان زئوپلانکتونی به میزان زیادی تحت‌تاثیر نوسانات جزرومدی، تغییرات فصلی و عوامل محیطی خصوصا، اثرات دما و شوری هستند (Paula et al., 2001).

در طول دوره مورد مطالعه بیشترین درصد فراوانی نسبی مربوط به گروه Cladocera و گونه *Daphnia mendotae* بود که گونه غالب در این مطالعه است. گونه *Daphnia mendotae* متعلق به خانواده Daphniidae بوده که به طور کلی حضور و فراوانی میکروزئوپلانکتون‌ها (پاروپایان، کلادوسرها) به طیف وسیعی از عوامل مانند تولید تخم، رشد، نسبت جنسی بالغین و دسترسی به منابع غذایی بستگی دارد(Knuckey et al., 2005). در این مطالعه، با توجه به نتایج آنالیز واریانس دوطرفه، اثر متقابل بین ۵ بازه زمانی (سیکل جزرومدی) و ۵ ایستگاه معنی‌دار نیست ($p>0.05$). بیشترین تنوع گونه‌ای در بین راسته‌ها، مربوط راسته Calanoida از زیر شاخه پاروپایان می‌باشد و بیشترین تنوع گونه‌ای در بین خانواده‌ها، مربوط به خانواده Acartiidae که دارای ده گونه از جنس Acartia می‌باشد. گونه *Acartia (Acartiella) faoensis* یکی از فراوان ترین گونه های این جنس بود که قبلاً نیز از شمال غربی خلیج فارس گزارش شده بود (Peyghan et al., 2011, Sheyamizadeh et al., 2019).

در تحقیق حاضر در فصل بهار، میانگین تراکم در Cirripedia، Cladocera، Cyclopoida، Calanoida و Harpacticoida به ترتیب با میزان ۹۸/۱۳±۶۸۲/۰۱، ۲۳۹/۱۲±۱۲۱۹/۳۴، ۸۵/۹۲±۵۳۴/۲، ۴۷/۳۲±۳۴۱/۴۷ و ۱۰۸/۳۹±۷۲۹/۶۱ فرد در مترمکعب سنجش شد. بیش‌ترین میزان در بین ایستگاه‌های مختلف برای ایستگاه ۱ و راسته Cladocera با میزان ۳۰۸۶/۲۳ فرد در مترمکعب و در بین بازه‌های زمانی (سیکل جزرومدی) در بازه زمانی ۱ (ساعت ۱۰-۸) و در راسته Harpacticoida با میزان ۲۴۸۹/۳۹ فرد در مترمکعب شمارش شد. Sakhaie et al. (2011) در مطالعه پویایی لارو خرچنگ‌های گرد در سواحل خوزستان بیان نمودند که؛ بیشترین تراکم لاروخرچنگ گرد؛ در ماه‌های گرم سال (فصل تابستان و بهار) و کمترین تراکم نیز مربوط به ماه‌های سرد سال (فصل زمستان) است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

در فصل بهار، در مؤلفه‌ی اول از بین فاکتورهای محیطی، شوری بیشترین تاثیر مستقیم بر میزان تراکم کل وتراکم Harpacticoida و Calanoida را دارا هست. در مؤلفه‌ی دوم میزان اکسیژن محلول بر میزان تراکم Cyclopoida تأثیر مستقیم دارد. در مؤلفه‌ی سوم مجددا شوری تاثیر مستقیم بر تراکم Calanoida تأثیر مستقیم را دارد. نمودار میزان همبستگی فاکتورهای محیطی و تراکم زئوپلانکتون‌های سخت‌پوستان در PCA نشان داد که در ایستگاه ۱ (ایستگاه کاملا آب شیرین با شوری کمتر) و فاکتور دما باCladocera رابطه مستقیم و با شوری رابطه معکوس دارد. ایستگاه های ۴ و ۵ (ایستگاه هایی با شوری بیشتر و به دریا نزدیکتر) بین شوری و تراکم Harpacticoida، Cyclopoida و Calanoida از پاروپایان رابطه مستقیم محاسبه گردید. که نشان دهنده تاثیر مستقیم شوری بر تراکم پاروپایان است. بسیاری از گونه های پاروپا همانند *A. clausi* و *A. tonsa* نمی تواند تغییرات شدید شوری را تحمل نمایند و فعالیت تغذیه‌ای پاروپایان به شدت با کاهش شوری کاهش یافته و باعث مرگ و میر پاروپایان باشد.

تنوع‌زیستی، یکی از مهم‌ترین مولفه‌ها برای تعیین سلامت اکوسیستم‌ها و یکی از معیارهای مهم، برای نشان دادن اهمیت زیستگاه‌های موردحفاظت می‌باشد. هم‌چنین بررسی شاخص‌های اکولوژیکی دریک اکوسیستم، تصویر روشنی از وضعیت زیست‌محیطی و ثبات منطقه ارائه می‌دهند (Price, 2002). شاخص تنوع گونه‌ای شانون–وینر، عمومی‌ترین و پرکاربردترین شاخص در بررسی اکولوژیک می‌باشد. مقدار عددی این شاخص، به تعداد نمونه‌های جمع-آوری شده وابسته نیست، بلکه به ارزش و اهمیت هر گونه و میزان حضور گونه‌ها در اکوسیستم وابسته است. به طورکلی، این شاخص بیانگر شرایط استرس‌زای محیط است (Krebs et al., 2002). بیشترین میزان شاخص شانون در بازه زمانی ۳ با میزان ۰/۱۷±۲/۶۹ در ایستگاه ۵ اندازه‌گیری شد (شکل ۴). این امر نشان‌دهنده شرایط مساعد و پایدار در فصل بهار برای زیستن سخت پوستان زئوپلانکتونی در رودخانه بهمنشیر می‌باشد. با توجه به اینکه میزان این شاخص بین ۰ تا ۵ متغیر بوده، با نزدیکتر شدن به عدد ۵ میزان تنوع گونه‌ای افزایش می‌یابد (Lamb et al., 2009)، لذا به نظر می رسد نتایج تنوع زیستی شانون تحقیق حاضر در حد مطلوبی قرار دارد. همچنین نتایج تنوع زیستی شانون تحقیق حاضر با نتایج Bazrafshan et

al. (2012) که در مورد سخت پوستان پلانکتونیک (گروه های Anomura و Mysida) انجام دادند، تطابق دارد.

۵. نتیجه گیری نهایی

نتایج کلی نشان داد که بیشترین تنوع گونه‌ای در رودخانه بهمنشیر مربوط به خانواده Acartiidae از پاروپایان بود به گونه ای که ده گونه از جنس Acartia معرفی گردید. بیشترین میزان شاخص شانون در بازه زمانی ۲ به میزان ۰/۱۷±۲/۶۹ در ایستگاه ۵ (نزدیک ترین ایستگاه به دریا) اندازه‌گیری شد که به نظر مطلوب می آید. نتایج PCA در فصل بهارنشان داد که در مؤلفه‌ی اول شوری بیشترین تاثیر مستقیم بر میزان تراکم کل وتراکم Harpacticoida، Calanoida و Cladocera را دارا هست. لذا به نظر می رسد نفوذ جزر و مد آب دریا با شوری نسبتاً زیاد به رودخانه بهمنشیر در بازه های زمانی ذکر شده در فصل بهار تاثیر نسبتاً زیادی بر تراکم و تنوع سخت پوستان پلانکتونی دارد. این نتایج تأثیر نسبتاً زیاد جزر و مد بر الگوی مکانی و زمانی مجموعه‌های سخت پوستان پلانکتونی در منطقه را نشان می-دهد. این مطالعه ممکن است برای پایش بیولوژیکی آتی و نفوذ شوری آب دریا به رودخانه‌های شمال غربی خلیج فارس مفید باشد.

Refrences:

Ajmal khan, S., 2004. Methodology for Assessing Biodiversity. Annamalai University, Centre of Advanced Study in Marine Biology, 12p. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2852551.

Ara, Z., Doustshenas, B., Sakhaei, N., Savari, A., Archangi, B., 2014. The using of microzooplankton biological indexes in identify of ecological situation of bamanshir water (NW Persian Gulf). *Journal of Aquatic Ecology*, *3*(3), pp. 53-46. (In Persian). http://jae.hormozgan.ac.ir/article-1-68-en.ht ml.

Bazrafshan, S., Sakhaee, N., Savari, Doustshenas, B., Movahedinia, A., 2012. Study of Morphology and Density of Diogenes sp. (Anomura: Diogenidae) in Bahmanshir estuary (NW Persian Gulf). *Journal of Marine Science and Technology*, *17*(1), pp. 28-36. (In Persian). Doi.org/10.2211 3/jmst.2016.40456.

Bouvier, D.L., 1940. Faune de France. *Paris, Lechevalier et Fils. 37*, pp. 1-404.

Castro, P. and Huber, M. E., 2003. Marine Biology. 5th edition. McGraw-Hill Higher Education. 468p. https://books.google.com/books/about/Marine_Biology.html?id=0lAMNgAACAAJ.

Chen, X., Zhou, W., Pickett, S.T.A., Li, W., Han, L., and Ren, Y., 2016. Diatoms are better indicators of urban stream conditions: A case study in Beijing, China. *Ecological Indicators*, 60, 265-274. DOI:10.1016/j.ecolind.2015.06.039.

Conway, D.V., White, R.G., Hugues-Dit-Ciles, J., Gallienne, C.P, and Robins, D. B., 2003. Guide to the coastal and surface zooplankton of the south-western Indian Ocean. Occasional Publication of the Marine Biological Association of the United Kingdom, No 15, Plymouth, UK, 354 pp. DOI:10.13140/2.1.1554.0165.

Harvey, A.W., Martin, J., and Wetzer, R., 2002. Phylum Arthropoda: Crustacea. Atlas of marine invertebrate larvae. Academic Press, San Diego. 337-370.

Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, *54*(2): 427-432. DOI:10.2307/1934352.

Holliday, N. P., Pollard, R.T., Read, J.F, and Leach, H., 2000. Water mass properties and fluxes in the Rock all Trough, 1975–1998, Deep Sea Research Part I: *Oceanographic Research Papers. 47* (7):1303-1332. DOI:10.1016/S0967-0637(99)00109-0.

Jørgenson, S.F., Costanza, R., Fuliu, X.u., 2005. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRC press. pp. 439. DOI:10.1201/9780203490181.

Knuckey, R.M., Semmens, G.L., Mayer, R.J., Rimmer, M.A., 2005. Development of an optimal microalga diet for the culture of the calanoid copepod *Acartia sinjiensis*: effect of algal species and feed concentration on copepod development. *Aquaculture. 249, pp.*339– 351. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.02.053.

Krebs, C. J., Boutin, S., and Boonstra, R., 2002. Ecosystem dynamics of the boreal forest. *New*

York. The Kluane Project. DOI:10.23 07/3071790.

Lamb, E. G., Bayne, E., Holloway, G., Schieck, J., Boutin, S., Herbers, J., and Haughland, D.L., 2009. Indices for monitoring biodiversity change: Are some more effective than others?. *Ecological Indicators, 9*(3), pp. 432-444. DOI:10.1016/j.ecolind.2008.06.001.

Magris, R. A. and Loureiro-Fernandes, L., 2011. Diversity and distribution of assemblages of estuarine decapod larvae (Crustacea: Decapoda: Anomura, Brachyura) in tropical southeastern Brazil. *Zootaxa,, 2758*(1), pp. 26-42. DOI:10. 11646/zootaxa.2758.1.2.

Norian, A., Amini, F., Sakhaei, N., Archangi, B., Mokhtarpour, A., 2022. Evaluation of biodiversity of phytoplankton and determination of biological health quality of Arvand River (south west of Iran) using Trophic Diatom Index (TDI). *Iranian Journal of Fisheries Sciences (IJFS), 21* (4), pp. 1047-1063. DOI:10.220 92/ijfs. 2022.127619.

Omori, M. and Ikeda, T., 1984. Methods in marine zooplankton ecology. Wiley, 332p.

Paterson, M., 2001. Ecological monitoring and assessment network protocols for measuring biodiversity: zooplankton of fresh waters. *R3T 2N, 6*, pp. 3-7.

Paula, J., Mendes, R. N., Paci, S., McLaughlin, P., Gherardi, F., Emmerson, W., 2001. Combined effects of temperature and salinity on the larval development of the estuarine mud prawn Upogebia africana (Crustacea, Thalassinidea). *In Advances in Decapod Crustacean Research*. pp. 141-148. Doi.org/10.1007/978-94-017-06 45-2_14.

Peyghan, S., Savari , A., Doustshenas, B., Sakhaei, N., Dehghan Madiseh, S., 2011. New record of *Acartia* (*Acartiella) faoensis* Khalaf, 1991 (Copepoda: Calanoida: Acartidae) from Iranian waters of NW Persian Gulf. *Iranian Journal of Animal Biosystematics (*IJAB), 7 (2), pp. 177-179. Doi: 10.22067/ijab.v7i2.25520.

Price, A.R., 2002. Simultaneous 'hotspots' and coldspots of marine biodiversity and implications for global conservation. *Marine Ecology Progress Series, 241*, pp. 23-27. DOI:10.3354/meps241023.

Sakhaie N., Savari A., Kochanian P., Nabavi S.M.B., Marammazy, J.G. and Doustshenas, B., 2011. Morphological characteristics and distribution of Ocypodidae at zoea one larvae stage from coastal waters of Khuzestan Province, Persian Gulf. *Iranian Scientific Fisheries Journal. 20*(2), pp.73-88. (In Persian). http://hdl.handle.net/1834/10560.

Sakhaei, N., .Bazrafshan, S., 2022. Basics of marine zooplankton ecobiology. Khorramshahr University of Marine Science and Technology.pp 218. (In Persian). https://w ww.gisoom.com/book/44803731.

Sandercock, G.A, and Scudder, G.G.E., 1994. An introduction and key to the freshwater calanoid copepods (Crustacea) of British Columbia. Dept. of Zool., University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environmen t/natural-resource-stewardship/nr-laws-policy/risc/background/key_to_freshwater_cala noid_copepods_of_bc.pdf.

Schwamborn, R., de Melo Júnior, M., Neumann Leitão, S., Ekau, W., Nogueira Paranaguá, M., 2017. Dynamic patterns of zooplankton transport and migration in Catuama Inlet (Pernambuco, Brazil), with emphasis on the decapod crustacean larvae. *American Journal of Aquatic Research*, *36*(1). https://doi.o rg/10.3856/vol36-issue1-fulltext-10.

Sheyamizadeh, M., Sakhaei, N., Doustshenas, B., Savari, A., Nabavi S.M.B., 2019. Study of Planktonic Crustacean Communities (Copepoda, Cladocera) of the Arvand estuary by Scanning electron microscope. *Journal of Marine Science and Technology*, *18*(3), pp. 1-10. (In Persian). Doi: 10.22113/jmst.201 9.149004.2197.

Umoren, A. E. and Edokpayi, C. A., 2006. Proceedings of the 21st Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria FISON, Calabar. 13th -17th November, 306-309pp.