

Research Paper

Investigating the Effects of Desalination Effluent on the Physical and Chemical Factors of Sea Water and Macrobenthic Communities (Noro Vision Desalination Plant, Bandar Shirino)

Mohammad Garami², Seyyed Mohammad Bagher Nabavi^{1*}, Maryam Mohammadi Rozbahani²



10.22125/IWE.2024.426950.1770

Received:
November 25, 2023

Accepted:
March 15, 2024

Available online:
June 29, 2024

Keywords:
Chemical Parameters,
Coastal Control,
Desalination,
Macrobenthos, Physical

Abstract

In this study, the effects of salinity pollution and temperature of Norwegian desalination plant effluent on the physicochemical factors of sea water (salinity, temperature, dissolved oxygen, pH, hardness, percentage of organic matter and granularity of bed sediments) and macrobenthic communities were investigated. It placed. Sampling was done from 8 stations in two hot seasons and cold seasons (2013-2014) in Shirino port, located 20 km north of Aslaviyeh. A total of 24 macrobenthic genera were identified. The highest and lowest frequency of macrobenthos in hot season and cold season was at station 8 at the rate of 1954 (individuals per square meter) and stations 3, 4 and 5 at the rate of 92.8 (individuals per square meter). Among the physical and chemical factors, the most changes were related to salinity and temperature and were measured between stations 1 and 8 ($P < 0.05$). In the cold season, the salinity and temperature at station 1 (freshwater effluent outlet) were 38.67 ± 0.32 ppt and 23 ± 0.58 degrees centigrade, respectively, and at station 8 (control point), ppt 35.67 ± 0.78 and 19.33 ± 0.21 °C and in the hot season the salinity and temperature in station 1 were 36.33 ± 0.60 ppt and 17.17 respectively 31.67 ± 0 °C and 40.67 ± 0.23 ppt and 35.67 ± 0.10 °C were measured at station 8. In this study, the dominance of the macrobenthos population in summer was with Amphipoda and in winter with Isopoda. The diversity index in station 1 was the lowest compared to the index station. The findings of this study show the effect of desalination wastewater discharge on the physical and chemical characteristics of water and the population of macrobenthos. Among the investigated parameters, salinity and temperature were the most effective influencing parameters, which decreased with the distance from the wastewater discharge point.

1. Introduction

Excessive use of drinking water has led to a decrease in the availability of surface and underground water (Hosseini et al., 2021). These benefits are equally accompanied by negative effects. Nevertheless, desalination plants that use advanced technologies have created the risk of creating high environmental concerns (Aljohani et al., 2023).

According to the mentioned explanations, the present study has investigated the effect of Norwegian desalination effluent on the physical and chemical factors of sea water and macrobenthic communities.

2. Materials and Methods

In order to study the impact of the pollution caused by the Norwegian desalination plant on water quality factors and macrobenthic communities, 8 stations around this plant were selected.

Station 1 at the effluent outlet of this factory, stations 2 and 3, stations 4 and 5 and stations 6 and 7 each at a distance of 200 meters from each other and towards the depth and station 8 by 4 They were located a kilometer from the exit of the factory

Sampling of bed sediments was done by Van Veen model grab with a cross-sectional area of 0.025 square meters. From each station, 4 samples of bed sediments (3 samples for biological investigation and one sample for granulation and measurement of organic matter) were taken. The samples related to biological investigation were fixed with 4% formalin.

In order to identify and diagnose macrobenthos, the samples were counted with 1 g/L rose bengal in painted petri dishes and stereoscope model OlympusST-SZ.

3. Results

The statistical results showed a significant difference in dissolved oxygen values between two seasons and sampling stations ($P < 0.05$).

The results of sediment grading showed that the bed material of the studied area in the studied stations and in the two sampling seasons was mainly sand with a size smaller than 500 microns ($P < 0.05$).

In this study, the total abundance of macrobenthos identified was 7765.6 individuals per square meter and included 24 genera, 23 families, 18 orders and 7 categories.

The average number of macrobenthos in winter and summer was 5.10 ± 0.02 and 20.12 ± 3.15 individuals per square meter, respectively. In the winter season, the highest frequency in station 2 was 5.33 ± 1.45 and the lowest in stations 3, 4 and 5 was 2.33 individuals per square meter. In the summer season, the highest and lowest frequency was observed in station 8 with 47.6 ± 33.93 individuals per square meter and station 1 with 2.10 ± 0.52 individuals per square meter.

4. Discussion and Conclusion

The findings of this study showed a slightly different flow of salinity compared to the reference point around the effluent site of the desalination plant, which approached the salinity of sea water as it moved away from the salinity solution site. Macrobenthos was observed in station 1 due to the stress caused by the leaf juice of the plant and compared to other stations. The results of this study show that in order to minimize the environmental treatment of desalination wastewater, it should be done in places with strong water flow and built with sand boards and detection can be done through distribution systems.

5. Six important references

- 1) Aljohani, N.S., Kavil, Y.N., Al-Farawati, R.K., Aljohani, N.H., Orif, M., Ghandourah, M.A., Bahshwan, S. M., Aloufi, F.A., R.F. Halawani and M.A. Salam. 2023. The assessment of environmental parameter along the desalination plants in the Kingdom of Saudi Arabia. *Open Chemistry*, 21: 20220274.
- 2)-Aljohani, N.S., Kavil, Y.N., Shanas, P.R., Al-Farawati, R.K., Shabbaj, I.I. and N.H. Aljohani. 2022. Environmental impacts of thermal and brine dispersion using hydrodynamic modelling for Yanbu desalination plant, on the Eastern Coast of the Red Sea. *Sustainability (Basel)*, 14(8): 4389
- 3)-Fallatah, M.M., Kavil, Y.N., Shanas, P.R., Al-Farawati, R., Shaban, Y.A. and M.I. Orif. 2021. Environmental impact assessment of desalination plants through observations and modeling over Central Red Sea-Yanbu and Rabig. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(5):1–15.
- 4)-Hosseini, H., Saadaoui, I., Moheimani, N., Al Saidi, M., Al Jamali, F. and H. Al Jabri. 2021. Marine health of the Arabian Gulf: Drivers of pollution and assessment approaches focusing on desalination activities. *Marine Pollution Bulletin*, 164:112085.
- 5)-Kenigsberg, C., Abramovich, S. and O. Hyams-Kaphzan. 2020. The effect of long-term brine discharge from desalination plants on benthic foraminifera. *PLoS One*. 15(1): 0227589.
- 6)-Xing, Y., Liu, Q., Zhang, M., Zhen, Y., Mi, T. and Z. Yu. 2020. Effects of temperature and salinity on the asexual reproduction of *Aurelia Coerulea* polyps. *Journal of Oceanology and Limnology*, 38(1):13342

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.



بررسی اثرات پساب آبشیرین کن بر روی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب دریا و اجتماعات ماکروبنیتیک (آبشیرین کن نورویتزه، بندر شیرینو)

محمد گرامی^۱، سید محمد باقر نبوی^{۲*}، مریم محمدی روزبهانی^۳

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱۲/۲۵

مقاله پژوهشی

چکیده

در این مطالعه، اثرات آلاینده‌گی شوری و دمای پساب آبشیرین کن نورویتزه بر روی اجتماعات ماکروبنیتیک مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری از ۸ ایستگاه در دو فصل گرم و سرد در بندر شیرینو انجام شد. بیشترین و کمترین فراوانی ماکروبنیتوز، در فصل گرم و فصل سرد به ترتیب در ایستگاه ۸ به میزان ۱۹۵۴ (فرد در متر مربع) و ایستگاه ۳، ۴ و ۵ به میزان ۹۲/۸ (فرد در متر مربع) بود. بیشترین تغییرات مربوط به شوری و دما بود و بین ایستگاه‌های ۱ و ۸ اندازه‌گیری شد ($P < 0.05$). در فصل سرد، میزان شوری و دما در ایستگاه ۱ (دهانه خروجی پساب آب شیرین) به ترتیب $۳۶۷/۷۸ \text{ppt} \pm ۳۵/۰$ و $۱۹/۳۳ \pm ۰/۲۱$ درجه سانتی‌گراد و در فصل گرم میزان شوری و دما در ایستگاه ۱ به ترتیب $۳۳۳/۶۰ \text{ppt} \pm ۳۶/۰$ و $۳۱/۶۷ \pm ۰/۱۷$ درجه سانتی‌گراد و در ایستگاه ۸ $۳۶۷/۲۳ \text{ppt} \pm ۴۰/۰$ و $۳۵/۶۷ \pm ۰/۱۰$ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. همبستگی پیرسون رابطه منفی و معنی‌داری بین تراکم ماکروبنیتوزها با شوری و دما نشان داد. یافته‌های این مطالعه نشان دهنده تاثیر تخلیه پساب آبشیرینکن بر روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و نیز جمعیت ماکروبنیتوزها است.

واژه‌های کلیدی: آبشیرین کن، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، کنترل سواحل، ماکروبنیتوز.

^۱گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. m.gerami2021@gmail.com
^۲گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی، خرمشهر، ایران. nabavishiba@yahoo.com
^۳گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. mmohammadirozbahani@yahoo.com



مقدمه

در طول ۳۰ سال گذشته کارخانه‌های آبشیرینکن به یک راه حل بسیار موفق برای تامین آب آشامیدنی و کاهش بحران آب، تبدیل شده است. هر سلول برای تکمیل فعالیت‌های شیمیایی که هر مرحله از چرخه زندگی سلول را تعریف می‌کند به آب نیاز دارد (Aljohani et al., 2022). منابع آب شیرین در بسیاری از کشورها در سراسر جهان، به ویژه در کشورهای در حال توسعه و خاورمیانه، کمیاب است. در این کشورها، منابع آب زیرزمینی و سطحی بخش اصلی آب آشامیدنی قابل دسترس را تامین می‌کنند (Semiat, 2000). استفاده بیش از حد از آب آشامیدنی منجر به کاهش در دسترس بودن آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است (Buros, 2000; Schiffler, 2004). بسیاری از کشورهای خلیج فارس، به آبشیرین‌کن‌ها وابسته هستند (Ibrahim and Eltahir, 2019). در کشورهای عربستان، کویت، امارت متحده عربی و لیبی، ۷۰ درصد آب شیرین مورد نیاز از این کارخانه‌ها تامین می‌شوند (Isaka, 2012). بسیاری از کشورها در سراسر جهان نگران در دسترس بودن آب شیرین هستند که در آینده نزدیک حتی ارزشمندتر خواهد شد. در واقع نمک‌زدایی از آب دریا دارای مزایایی زیادی برای سلامت، بهبود وضعیت اجتماعی و اقتصادی و تامین آب آشامیدنی با کیفیت بالا برای آشامیدن و حتی تولیدات کشاورزی دارند (Lattemann and Hopner, 2008). این مزایا به همان اندازه با اثرات منفی همراه است. با این وجود، کارخانه‌های آبشیرین‌کن که از فناوری‌های پیشرفته استفاده می‌کنند، خطر ایجاد نگرانی‌های زیست محیطی بالایی را ایجاد کرده‌اند (Aljohani et al., 2023).

به منظور جلوگیری از توسعه ناپایدار آبشیرین‌کن، باید محیط زیست دریایی، دریافت‌کننده پساب این مجتمع‌ها به دقت مدیریت شود و اثرات نامطلوب آن بررسی و این اثرات نامطلوب تا حد امکان کاهش یابد (Jones et al., 2019). مطالعات متعددی اثرات زیست محیطی ناشی از دفع آب نمک این کارخانه‌ها را بر روی محیط زیست مورد بررسی قرار داده‌اند. این اثرات به ویژگی‌های آب نمک دفع شده شامل نوع آب و نوع فرآیند نمک‌زدایی بستگی دارد

(Aljohani et al., 2021). نگرانی‌های اصلی در این گونه مطالعات، ناشی از تخلیه آب‌های فوق العاده شور و پیامدهای آن برای موجودات دریایی و محیط زیست است. علاوه بر این، کارخانه‌ها، سموم شیمیایی بسیار متنوعی را نیز دفع می‌نمایند (Kenigsberg et al., 2020) و افزایش دما نیز بر روی ساختار گیاهی و جانوری نیز تاثیر می‌گذارند (Fallatah et al., 2021). با توجه به توضیحات ذکر شده، مطالعه‌ی حاضر، تاثیر پساب آبشیرین‌کن نوریژه بر روی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب دریا و اجتماعات میکروبتیک را مورد بررسی قرار داده است.

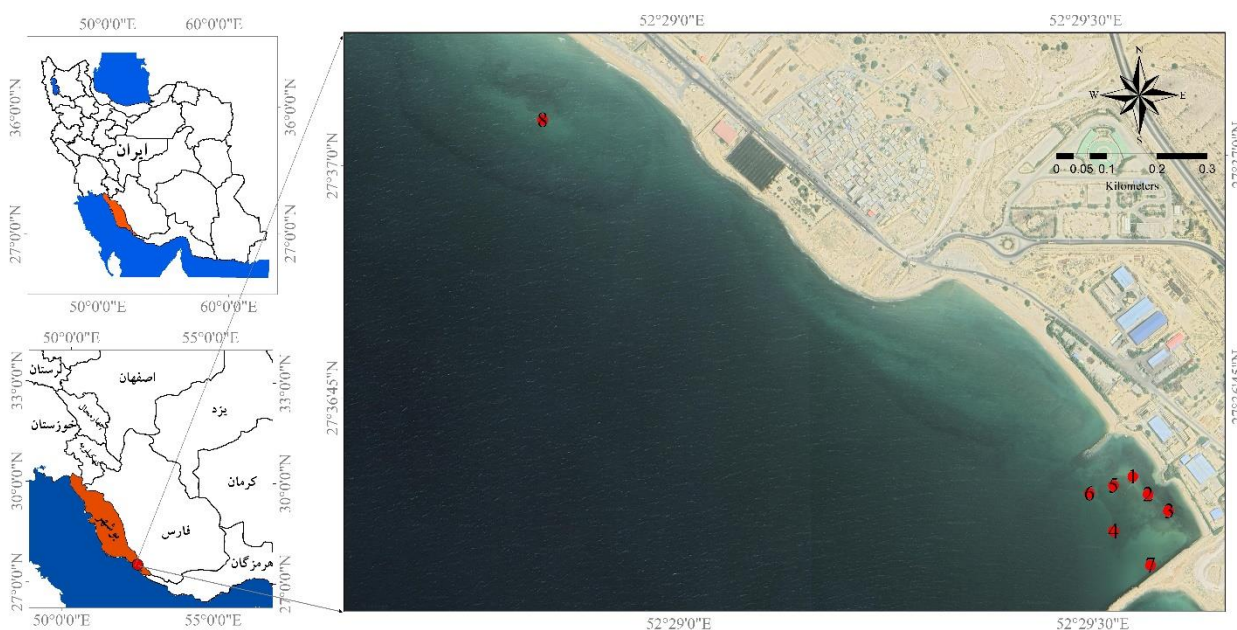
مواد و روش‌ها

نمونه برداری و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

به منظور مطالعه تاثیر آلاینده‌ی ناشی از کارخانه آب-شیرین‌کن نوریژه بر فاکتورهای کیفی آب و اجتماعات میکروبتیک، ۸ ایستگاه در اطراف این کارخانه انتخاب شد (جدول ۱). ایستگاه ۱ در دهانه خروجی پساب این کارخانه، ایستگاه‌های ۲ و ۳، ایستگاه‌های ۴ و ۵ و ایستگاه‌های ۶ و ۷ هرکدام در فاصله ۲۰۰ متری نسبت به هم و بطرف عمق و ایستگاه ۸ در ۴ کیلومتری از محل خروجی کارخانه قرار داشتند (شکل ۱).

جدول (۱): مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری در بندر شیرینو

مختصات جغرافیایی		شماره ایستگاه
y	x	
y=۳۰.۵۴۹۹۲	x=۰.۶۴۷۲۷۶	۱
y=۳۰.۵۴۹۴۵	x=۰.۶۴۷۳۱۷۲	۲
y=۳۰.۵۴۹۲۴	x=۰.۶۴۷۳۴۷	۳
y=۳۰.۵۴۹۱۲	x=۰.۶۴۷۲۴۵۴	۴
y=۳۰.۵۴۹۸۴	x=۰.۶۴۷۲۲۱۲	۵
y=۳۰.۵۴۹۵۹	x=۰.۶۴۷۱۹۰	۶
y=۳۰.۵۴۸۱۶	x=۰.۶۴۷۳۱۱	۷
y=۳۰.۵۵۷۰۱	x=۰.۶۴۶۱۰۳	۸



شکل (۱): موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

و یک نمونه جهت دانه بندی و سنجش مواد آلی) برداشت شد. نمونه‌های مربوط به بررسی بیولوژیکی با فرمالین ۴٪ در محل تثبیت شدند.

جداسازی و شناسایی ماکروبنوتوزها

نمونه‌های رسوب بر روی الک ۰/۵ میلی متری با آب شستشو داده شده تا وقتی که آب زلالی از الک خارج شد. سپس به منظور شناسایی و تشخیص ماکروبنوتوزها، نمونه‌ها با رزبنگال ۱ گرم در لیتر در ظروف پتری دیش رنگ آمیزی و بوسیله استریوسکوپ مدل SZ-Olympus شماره ۴

نمونه برداری از آب و رسوبات در دو فصل سرد (اسفند سال ۱۳۹۱) و فصل گرم (تیرماه سال ۱۳۹۲) انجام شد. در هر ایستگاه سه نمونه آب بوسیله بطری نانس به منظور سنجش فاکتورهای کیفی آب (دما، شوری، اکسیژن محلول، اسیدیته، سختی کل) گرفته شد. دما بوسیله دماسنج جیوه-ای در محل نمونه برداری بر روی قایق اندازه‌گیری و سایر فاکتورها در آزمایشگاه مورد سنجش قرار گرفت. نمونه-برداری از رسوبات بستر بوسیله گریپ مدل Van Veen با سطح مقطع ۰/۲۵ مترمربع انجام شد. از هر ایستگاه ۴ نمونه از رسوبات بستر (۳ نمونه به منظور بررسی بیولوژیکی



محاسبه شاخص های زیستی

شاخص تنوع شانون-وینر

در این شاخص عدد صفر نشان دهنده محیطی آلوده و پر استرس و عدد ۶ نشان دهنده محیطی سالم است. هر چقدر تعداد کل افراد گونه‌های تشکیل دهنده یک نمونه بیشتر باشد و نیز توزیع فراوانی در بین این گونه‌ها بیشتر باشد شاخص عدد بیشتری را نشان داده که بیانگر تنوع بیشتر است و از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (Shannon and Weaner, 1963).

$$H' = \sum (N_i/N) \times \ln (N_i/N)$$

شاخص غالبیت سیمپسون

این شاخص بین صفر تا یک متغیر است. هنگامی که دو فرد از یک جمعیت بطور تصادفی خارج می‌شوند این شاخص احتمال تعلق به یک گونه را مشخص می‌کند که اگر احتمال بالا باشد تنوع در محل نمونه برداری شده پایین است و میزان غالبیت بالاست. صفر مبنی بر عدم غالبیت و یک مبنی بر وجود غالبیت در بین گونه‌هاست. (Shannon and Weaner, 1963).

$$\lambda = \sum N_i(N_i - 1)/N(N - 1)$$

شاخص بریلیون

این شاخص، در واقع تایید کننده شاخص تنوع شانون بوده و نمودار آن منطبق بر نمودار شاخص شانون است.

شاخص یکنواختی کامارکو

این شاخص، چگونگی توزیع فراوانی افراد یک جامعه را بین گونه‌های مختلف بیان می‌کند اگر توزیع فراوانی افراد متعلق به گونه‌های مختلف در نمونه یکسان باشد مقدار شاخص فوق حداکثر بوده و چنانچه توزیع افراد گونه‌ها از تغییرات بیشتری برخوردار باشد درجه یکنواختی پراکنش به حداقل می‌رسد.

تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه از نرم افزارهای SPSS 13 برای آنالیزهای آماری استفاده شد. با استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه تفاوت بین پارامترهای محیطی و در صورت اختلاف معنی-دار برای جدا کردن گروه‌های مختلف از آزمون دانکن استفاده شد. با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون،

گردیدند. شناسایی تا حد گونه و جنس با توجه به کلید شناسایی Eleftheriou و McIntyre (۲۰۰۵) انجام شد

اندازه گیری مواد آلی کل

سنجش مواد آلی کل (TOM) رسوبات به روش Buchanan (۱۹۸۴) انجام شد. نمونه‌ها در بوت‌های چینی علامت گذاری شده و با ترازوی مدل AND-GF300 توزین شدند. پس از ثبت وزن اولیه، بوت‌های چینی تا نیمه با رسوب پر و بمدت ۸ ساعت در دمای ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند. پس از سرد شدن و وزن کردن نمونه‌ها، بوت‌ها در کوره با دمای ۶۰۰-۵۰۰ سانتی-گراد بمدت ۸ ساعت قرار داده شده و سپس وزن شدند. میزان مواد آلی کل از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$TOM = \frac{A - B}{A - C} \times 100$$

A=وزن بوت‌های چینی با رسوب خشک شده، B=وزن بوت‌های

با رسوب سوزانده شده، C=وزن بوت‌های خالی

آنالیز دانه بندی رسوبات

دانه بندی رسوبات به روش الک خیس انجام شد. ۵۰ گرم رسوب در آون در دمای ۸۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. سپس ۲۵ گرم از رسوب خشک شده داخل بشر ریخته و ۲۵۰ میلی لیتر آب و ۱۰ میلی لیتر محلول ۶/۲ گرم در لیتر سدیم هگزا متا فسفات به آن اضافه و به مدت ۱۶ دقیقه همزده شد. سپس به مدت ۸ ساعت ته نشین گردید. سپس مخلوط از یک الک ۶۳ میکرون عبور داده شد. رسوبات باقیمانده در الک به آرامی (با کمی آب) به یک بشر منتقل کرده و در آون بمدت ۸ ساعت خشک گردید. رسوبات خشک شده از الک‌های استاندارد ۴، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵ و ۰/۰۶۳ میلی متر عبور داده شده و رسوبات باقیمانده در هر الک وزن و مجموع وزن رسوبات از ۲۵ گرم کسر نموده و این عدد وزن رسوبات کوچکتر از ۰/۰۶۳ میلی‌متر خواهد بود. در نهایت با محاسبه میزان درصد رسوبات باقیمانده در هر الک (رابطه ۲)، گروهی که بیشترین درصد را شامل شود مشخص کننده نوع دانه بندی رسوبات است.

$$\%GS = \frac{W}{M} \times 100$$

W=وزن رسوب در هر الک، M=وزن رسوب اولیه

ترتیب ۴/۸۷±۰/۰۳۴ و ۳/۹۵±۰/۰۴ میلی گرم بر لیتر بود (P<۰/۰۵). در فصل سرد بیشترین اکسیژن محلول در ایستگاه ۸ به میزان ۴/۹۷±۰/۰۶ میلی گرم بر لیتر و کمترین در ایستگاه ۱ به میزان ۴/۵۰±۰/۱۰ میلی گرم بر لیتر بود. در فصل گرم بیشترین و کمترین اکسیژن محلول به ترتیب در ایستگاه ۸ به میزان ۴/۱۷±۰/۰۶ میلی گرم بر لیتر و در ایستگاه ۱ به میزان ۳/۵۳±۰/۰۶ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد (P<۰/۰۵).

میانگین دما بر حسب درجه سانتی گراد در فصل سرد و فصل گرم به ترتیب ۲۰/۲۹±۰/۵۸ و ۳۳/۷۵±۰/۶۳ درجه سانتی گراد بود.

همچنین میانگین اسیدیته در این دو فصل ۸/۰±۱۷/۰۳ (سرد) و ۸/۴۱±۰/۰۲ (گرم) بوده است. مقادیر اندازه گیری شده دما و اسیدیته بیشترین میانگین را در فصل سرد در ایستگاه ۱ و کمترین میانگین این پارامتر را در فصل گرم در ایستگاه های ۷ و ۸ داشتند (P<۰/۰۵).

همبستگی بین پارامترهای محیطی و تراکم ماکروبتوزها بررسی شد. اختلاف بین فصول گرم و سرد با استفاده از آزمون F تعیین شد با استفاده از نرم افزار پرایمرتشابه و تفاوت ایستگاه های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. شاخص های اکولوژیک با استفاده از نرم افزار PAST محاسبه شدند.

نتایج

مقایسه میانگین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در ایستگاه های نمونه برداری در بندر شیرینو

مقایسه میانگین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در ایستگاه های نمونه برداری در بندر شیرینو در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج آماری اختلاف معنی داری را در مقادیر اکسیژن محلول بین دو فصل و ایستگاه های نمونه برداری نشان داد (P<۰/۰۵). میانگین اکسیژن محلول بر حسب میلی گرم بر لیتر در فصل سرد و فصل گرم به

جدول (۲): مقایسه میانگین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در ایستگاه‌های نمونه برداری در بندر شیرینو

ایستگاه	فصل	اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر)	دما (درجه سانتی‌گراد)	pH	شوری (قسمت در هزار)	سختی (بر حسب کربنات کلسیم)	مواد آلی (درصد)
۱	زمست	۴/۵۰±۰/۱۰ Bb	۲۳/۶۷±۰/۳۳ Aa	۷/۴۷±۰/۰۶ Bd	۳۸/۶۷±۰/۵۸ Aa	Aa	۴/۲۳±۰/۲۵ Be
	ان					۱۰۵۱۴/۲۳±۳۳/۶۶	
۲	تابستان	۳/۵۳±۰/۳۶ Ad	۵۶/۶۷±۰/۵۸ Ba	۷/۰۳±۰/۰۷ Ad	۴۰/۶۷±۰/۱۷ ad	۳۰۱۶۱±۱۹/۱۰ Ba	۳/۵۳±۰/۲۵ Ad
	زمست	۴/۹۳±۰/۰۶ Ba	Ab	۸/۲۰±۰/۱۰ Ac	۳۸/۳۳±۰/۱۰ Aa	۱۰۱۳/۴۶±۶۷/۰۳Ab	۵/۲۰±۰/۱۷ Bc
۳	ان		۲۱/۳۳±۰/۱۰			۱	
	تابستان	۳/۸۳±۰/۱۱ Ac	۳۵/۶۷±۰/۱۳ Ba	۱/۵۷±۰/۰۱ Bbc	۳۷/۶۷±۰/۴۲ Ab	۲۰۵۱۰±۲۰/۱۶ Bb	۴/۲۷±۰/۲۵ Ac
۴	زمست	۴/۹۰±۰/۱۰ Ba	۲/۶۷±۰/۰۸ Abc	۱/۲۲±۰/۰۳ Abc	Ab	۹۱۵۸±۵۵/۰۵ Ac	۴/۳۵±۰/۰۵ Ade
	ان		.	۸	۳۷/۳۳±۰/۳۲		
۵	تابستان	۳/۸۷±۰/۰۹ Ac	۳۵/۳۳±۰/۴۰ Ba	۸/۵۲±۰/۰۲ Bc	۳۷/۶۷±۰/۰۹ Ab	۱۸۵۰۸±۴۴/۷۸ Bc	۱/۲۸±۰/۲۲ Ba
	زمست	۴/۹۳±۰/۱۲ Ba	Ad	۱/۲۳±۰/۱۱ Abc	۳۶/۳۳±۰/۷۸ Ac	۹۰۶۲±۷۲/۵۵ Ad	۴/۳۴±۰/۰۳ Ade
۶	ان		۱۹/۳۳±۰/۱۱	۸			
	تابستان	۴/۰۳±۰/۰۶ Ab	۳۴±۰/۹۹ Bb	۸/۶۳±۰/۰۱ Ba	۳/۳۳±۰/۱۳ Bbc	۱۷۵۱۱±۶۹/۱۳ Bd	۴/۲۳±۰/۲۵ Ac
۷	زمست	۴/۹۰±۰/۱۰ Ba	۱/۶۷±۰/۱۹ Aab	۱/۲۳±۰/۰۵ Abc	۳۵/۳۳±۰/۱۹ Ac	۹۰۰۳±۵۲/۶۴ Ad	۴/۶۳±۰/۰۳ Be
	ان		۹	۸			
۸	تابستان	۱/۰۷±۰/۲۳ Aab	۳۲/۶۷±۰/۶۸ B	۸/۶۲±۰/۰۲ Bab	۳۶/۳۳±۰/۴۲ Bc	۱۶۵۰۶±۳۳/۸۸ Be	۴/۴۷±۰/۲۵ Ac
	زمست	۴/۸۳±۰/۰۶ Bb	۱/۶۷±۰/۲۲ Aab	۱/۳۰±۰/۰۱ Aab	۳۵/۳۳±۰/۲۵ Ac	۹۰۰۱±۹۰/۹۲ Ad	۸/۱۷±۰/۱۵ Bb
۹	ان		۹	۸			
	تابستان	۴/۰۳±۰/۱۶ Ab	۳۲/۳۳±۰/۱۱ Bc	۸/۶۳±۰/۰۳ Ba	۳۶/۶۷±۰/۶۴ Bbc	۱۶۰۶۱±۳۰/۱۴ Bf	۴/۴۰±۰/۲۵ Ac
۱۰	زمست	۵±۰/۱۰ Bb	Ad	۸/۳۶±۰/۰۱ Aa	۳۵/۶۷±۰/۰۸ Ac	۹۰۰۷±۵۲/۲۳ Ae	۱۴/۲۷±۰/۳۱ Ba
	ان		۱۹/۳۳±۰/۱۳				
۱۱	تابستان	۱/۰۷±۰/۲۳ Aab	۳۲/۶۷±۰/۴۴ Bc	۸/۶۴±۰/۰۴ Ba	۳۶/۳۳±۰/۱۱ Bc	۱۵۸۱۸±۷۱/۳۵ Bg	۴/۴۷±۰/۲۵ Ac
	زمست	۴/۹۷±۰/۰۶ Ba	Ad	۸/۳۷±۰/۰۱ Aa	۳۵/۶۷±۰/۱۷ Ac	۸۹۹۶±۴۵/۷۰ Ad	Ade
۱۲	ان		۱۹/۳۳±۰/۵۳				۴/۴۴±۰/۰۹
	تابستان	۴/۱۷±۰/۰۲ Aa	۳۱/۶۷±۰/۵۸ Bc	۸/۶۵±۰/۰۶ Ba	۳۶/۳۳±۰/۳۲ Bc	۱۵۰۱۲±۶۶/۱۱ Bh	۷/۴۳±۰/۲۵ Bb

حروف غیر مشابه کوچک به معنی اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها در هر فصل و حروف غیر مشابه بزرگ به معنی اختلاف معنی‌دار بین دو فصل در هر ایستگاه است (P<۰/۰۵).

میزان سختی تحت تاثیر ایستگاه و فصل اختلاف معنی‌دار داشت و بالاترین میزان خود را در فصل زمستان و تابستان در ایستگاه ۱ با مقادیر ۲۳/۶۶ ± ۱۰۵۱۴/۳۳ و ۳۰۱۶۱ ± ۱۹/۱۰ بر حسب کربنات کلسیم اندازه‌گیری شد (P<۰/۰۵).

میانگین شوری بر حسب قسمت در هزار در فصل سرد و فصل گرم به ترتیب ۳۶/۵۸ ± ۰/۵۸ و ۳۷/۳۷ ± ۰/۵۸ بود.

میزان سختی تحت تاثیر ایستگاه و فصل اختلاف معنی‌دار داشت و بالاترین میزان خود را در فصل زمستان و تابستان در ایستگاه ۱ با مقادیر ۲۳/۶۶ ± ۱۰۵۱۴/۳۳ و ۳۰۱۶۱ ± ۱۹/۱۰ بر حسب کربنات کلسیم اندازه‌گیری شد (P<۰/۰۵).

نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی داری بین ایستگاه‌ها مشخص کرد ($P < 0/05$). در فصل سرد بیشترین و کمترین میانگین شوری به ترتیب در ایستگاه ۱ به میزان $35/33 \pm 0/58$ و $38/0 \pm 67/58$ در هزار در ایستگاه‌های ۵ و ۶ و در فصل گرم بیشترین و کمترین میانگین شوری به ترتیب $40/67 \pm 0/58$ در ایستگاه ۱ و $36/0 \pm 33/58$ قسمت در هزار در ایستگاه‌های ۵، ۷ و ۸ اندازه‌گیری شد ($P < 0/05$). در فصل سرد بیشترین و کمترین مواد آلی به ترتیب $14/27 \pm 0/31$ درصد در ایستگاه ۷ و $4/0 \pm 23/25$ درصد در ایستگاه ۱ مشاهده شد و در فصل گرم بیشترین و کمترین میانگین مواد آلی به ترتیب $11/28 \pm 0/22$ در ایستگاه ۳ و $3/53 \pm 0/25$ در ایستگاه ۱ اندازه‌گیری شد ($P < 0/05$).

دانه‌بندی بافت بستر

نتایج حاصل از دانه‌بندی رسوبات نشان داد که جنس بستر منطقه مورد مطالعه در ایستگاه‌های مورد بررسی و در دو فصل نمونه‌برداری عمدتاً ماسه و با اندازه کوچکتر از ۵۰۰ میکرون بود ($P < 0/05$). میانگین درصد ماسه در فصل سرد و گرم به ترتیب $99/44 \pm 0/02$ درصد و $87/06 \pm 0/05$ درصد و بیشترین و کمترین درصد ماسه در فصل سرد به ترتیب در ایستگاه ۳ و در فصل گرم بیشترین و کمترین میانگین در ایستگاه ۵ و ۱ اندازه‌گیری شد ($P < 0/05$) (جدول ۳).

جدول (۳): تغییرات میانگین درصد ماسه، شن و سیلت و رس در ایستگاه‌های نمونه برداری در بندر شیرینو در فصل گرم و سرد

ایستگاه	فصل	ماسه (کوچکتر از ۵۰۰ میکرون)	شن (بزرگتر از ۵۰۰ میکرون)	سیلت و رس (کوچکتر از ۰/۰۶۳ میکرون)
۱	زمستان	$99/55 \pm 0/05$ Bb	$0/28 \pm 0/0$ Af	$0/14 \pm 0/0$ Ac
	تابستان	$50/22 \pm 0/12$ Aa	$0/40 \pm 0/03$ Bf	$5/51 \pm 0/36$ Bf
۲	زمستان	$99/32 \pm 0/01$ Bb	$0/52 \pm 0/03$ Ba	$0/17 \pm 0/0$ Ad
	تابستان	$97/31 \pm 0/09$ Aa	$0/03 \pm 0/02$ Aa	$2/66 \pm 0/10$ Bc
۳	زمستان	$98/85 \pm 0/04$ Ba	$0/92 \pm 0/02$ Ah	$0/20 \pm 0/0$ Ae
	تابستان	$96/12 \pm 0/11$ Ad	$1/22 \pm 0/03$ Bg	$2/66 \pm 0/09$ Bc
۴	زمستان	$99/74 \pm 0/01$ Bb	$0/01 \pm 0/01$ Aa	$0/27 \pm 0/02$ Af
	تابستان	$96/19 \pm 0/03$ Ad	$0/04 \pm 0/02$ Bb	$3/77 \pm 0/02$ Bd
۵	زمستان	$99/38 \pm 0/02$ Bb	$0/36 \pm 0/03$ Bg	$0/26 \pm 0/01$ Af
	تابستان	$98/33 \pm 0/04$ Af	$0/08 \pm 0/02$ Ad	$1/59 \pm 0/03$ Ba
۶	زمستان	$99/80 \pm 0/02$ Bb	$0/07 \pm 0/02$ Bd	$0/12 \pm 0/02$ Aa
	تابستان	$97/92 \pm 0/02$ Ae	$0/06 \pm 0/01$ Ac	$2/02 \pm 0/02$ Bb
۷	زمستان	$99/24 \pm 0/04$ Bb	$0/03 \pm 0/01$ Ab	$0/73 \pm 0/03$ Aa
	تابستان	$64/64 \pm 0/02$ Ab	$0/13 \pm 0/02$ Be	$35/23 \pm 0/02$ Bg
۸	زمستان	$99/65 \pm 0/03$ Bb	$0/22 \pm 0/02$ Be	$0/013 \pm 0/02$ Ab
	تابستان	$95/82 \pm 0/03$ Ac	$0/04 \pm 0/02$ Ab	$4/14 \pm 0/04$ Be

حروف غیر مشابه کوچک به معنی اختلاف معنی دار بین ایستگاه‌ها در هر فصل و حروف غیر مشابه بزرگ به معنی اختلاف معنی دار بین دو فصل در هر ایستگاه است ($P < 0/05$).



بررسی گونه های شناسایی شده

در فصل سرد مربوط به Isopoda به میزان ۴۴۸/۸ فرد در مترمربع از جنس و گونه *Apanthura sandalensis* بود. در فصل گرم کل ماکروبندوز شمارش شده ۶۲۷۵ فرد در مترمربع و بیشترین و کمترین تراکم در ایستگاه های مورد مطالعه به ترتیب در ایستگاه ۸ به میزان ۱۹۵۴ فرد در مترمربع و ایستگاه ۱ به میزان ۱۵۹/۲ فرد در مترمربع شمارش شد. بیشترین تراکم در فصل گرم مربوط به راسته Amphipoda از جنس *Orchestia* به میزان ۱۵۰۳/۲ فرد در مترمربع بود

در این مطالعه، فراوانی کل ماکروبندوزهای شناسایی شده ۷۷۶۵/۶ فرد در مترمربع و شامل ۲۴ جنس، ۲۳ خانواده، ۱۸ راسته و ۷ رده بودند (جدول ۴). در فصل سرد کل ماکروبندوز شمارش شده ۱۴۸۷/۶ فرد در مترمربع و بیشترین و کمترین تراکم در ایستگاه های مورد مطالعه به ترتیب در ایستگاه ۶ به میزان ۶۹۲ فرد در مترمربع و ایستگاه ۳، ۴، ۵ به میزان ۹۲/۸ فرد در مترمربع بود. بیشترین تراکم

جدول (۴): رده بندی گونه های شناسایی شده در زمستان و تابستان در ایستگاه های نمونه برداری در بندر شیرینو

رده	راسته	خانواده	جنس	زمستان	تابستان
Polychaeta	-	Orbinidae	Scoloplos	+	+
	Terebellida	Ciratulidae	-	-	+
	Phyllodocida	Glyceridae	Glycera	+	+
	Canalipalpata	Terebellidae	-	+	+
	Acicalata	Polynoidae	Lepidonotus	+	+
	Canalipalpata	Oweniidae	Owenia	+	+
	Canalipalpata	Flabelligeridae	Flabelligera	+	+
	-	Orbinidae	-	-	+
	Capitellida	Maldanidae	-	-	+
	-	Ophelininae	Ophelina	-	+
Malacostraca	Isopoda	-	-	+	+
	Cumacea	Bodotriidae	eocuma	+	+
	Isopoda	Anthuridae	Apanthura	+	+
	Amphipoda	Talitridae	Orchestia	+	+
	Amphipoda	-	-	+	+
Bivalvia	-	Veneridae	Periglypta	-	+
	Veneroida	Tellinidae	Telina	-	+
	Veneroida	Veneridae	Paphia	-	+
Maxillopoda Subclass:	-	-	-	+	+
Copepoda	-	-	-	-	-
Gastropoda	Neogastropoda	Columbellidae	Mitrella	-	+
	Neogastropoda	Olividae	Oliva	-	+
	Cephalasidea	Haminoea	Haminoea	-	+

میزان ۲/۳۳ فرد در مترمربع بود. در فصل تابستان بیشترین و کمترین فراوانی به ترتیب در ایستگاه ۸ به میزان ۴۷/۳۳±۶/۹۳ فرد در مترمربع و ایستگاه ۱ با ۲/۰±۱۰/۵۲ فرد در مترمربع مشاهده شد. فراوانی کلی ماکروبندوزها در ایستگاه های نمونه برداری در جدول ۵، ذکر

فراوانی ماکروبندوز

میانگین تعداد کل ماکروبندوزها در زمستان و تابستان به ترتیب ۵/۱۰±۰/۰۲ و ۳/۱۵±۲۰/۱۲ فرد در مترمربع بود. در فصل زمستان بیشترین فراوانی در ایستگاه ۲ به میزان ۵/۳۳±۱/۴۵ و کمترین در ایستگاه های ۳، ۴ و ۵ به

شده است. با توجه به این جدول به جز در ایستگاه ۱ در سایر ایستگاه‌ها فراوانی ماکروبتوزها در تابستان به شکل معنی‌داری بیشتر از زمستان بودند ($P < 0.05$).

جدول (۵): فراوانی ماکروبتوزها (تعداد در مترمربع) در ایستگاه‌های نمونه برداری در بندر شیرینو

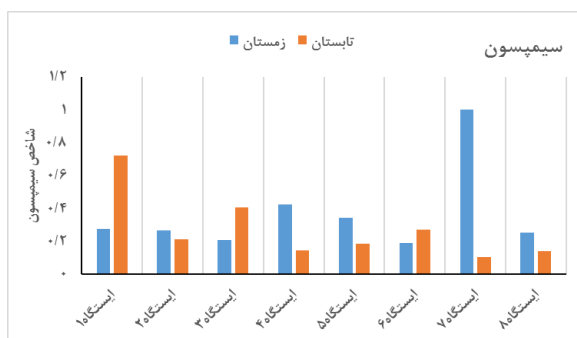
ایستگاه	زمستان	تابستان
۱	۳/۱۰ ± ۰/۰۰ Ac	۲/۱۰ ± ۰/۵۲ Aa
۲	۵/۳۳ ± ۱/۴۵ Ac	۱۳/۶۷ ± ۲/۸۸ Bc
۳	۲/۳۳ ± ۰/۳۳ Aa	۱۱/۴۰ ± ۰/۰۰ Bb
۴	۲/۳۳ ± ۰/۳۳ Aa	۲۳/۳۳ ± ۲/۱۸ Bd
۵	۲/۳۳ ± ۰/۸۸ Aa	۱۱/۳۳ ± ۴/۳۷ Bb
۶	۳/۸۱ ± ۰/۹۳ Ad	۱۸/۳۳ ± ۴/۰۶ Ac
۷	۳/۰ ± ۰/۰۰ Ab	۳۴/۶۰ ± ۰/۲۴ Be
۸	۳/۶۷ ± ۰/۳۳ Ad	۴۷/۳۳ ± ۶/۹۳ Bf
میانگین کل	۵/۱۰ ± ۰/۰۲ ^a	۲۰/۱۲ ± ۳/۱۵ ^b

حروف غیر مشابه کوچک به معنی اختلاف معنی‌دار بین ایستگاه‌ها در هر فصل است ($P < 0.05$).
و حروف غیر مشابه بزرگ به معنی اختلاف معنی‌دار بین دو فصل در هر ایستگاه است ($P < 0.05$).

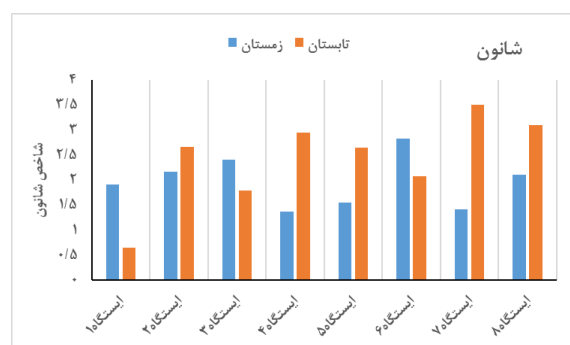
تابستان به ترتیب ۰/۳۷ ± ۰/۰۹۴ و ۰/۰۷۳ ± ۰/۰۲۷ بود. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یکطرفه در هر دو شاخص شانون و سیمپسون اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها و فصول نشان نداد ($P > 0.05$).

بررسی شاخص‌های اکولوژیک

میانگین شاخص شانون (شکل ۲-الف) در زمستان و تابستان به ترتیب ۱/۸۰ ± ۰/۳۰۴ و ۲/۴۲ ± ۰/۳۱۹ و میانگین شاخص سیمپسون (شکل ۲-ب) در زمستان و



ب

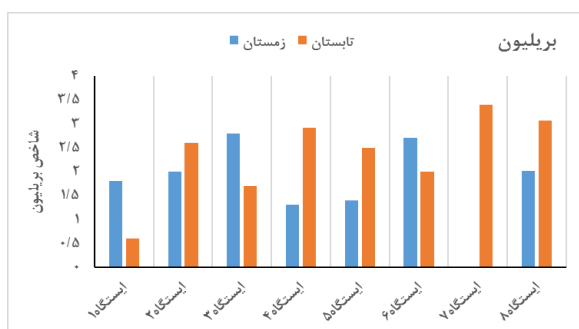


الف

شکل (۲): بررسی مقادیر شاخص‌های اکولوژیک شانون و سیمپسون در ایستگاه‌های نمونه برداری در بندر شیرینو الف- شانون، ب-

سیمپسون

در بندر شیرینومیانگین شاخص بریلیون (شکل ۳-ب) در زمستان و تابستان به ترتیب $۱/۷۹ \pm ۰/۳۱۹$ و $۰/۳۱۸ \pm ۲/۳۸$ بود. بیشترین مقدار این شاخص در تابستان در ایستگاه ۷ به میزان $۳/۴۵۷$ و کمترین مقدار آن در زمستان در ایستگاه ۷ بود. طبق نتایج آماری بین زمستان و تابستان و بین ایستگاه‌های نمونه برداری اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > ۰/۰۵$).

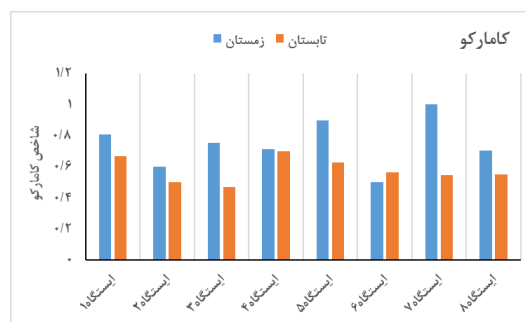


ب

شکل (۳): بررسی مقادیر شاخص‌های اکولوژیک شانون و سیمپسون در ایستگاه‌های نمونه برداری در بندر شیرینو الف - شانون، ب - سیمپسون

بین متغیر pH با شاخص‌های تعداد کفزیان، تنوع شانون و بریلیون رابطه مستقیم و بین این متغیر و شاخص‌های غالبیت سیمپسون و یکنواختی کامارکو رابطه معکوس معنی داری دیده شد ($p < ۰/۰۵$). سختی با شاخص یکنواختی کامارکو رابطه معکوس و متغیر مواد آلی با شاخص غالبیت سیمپسون رابطه مستقیم را نشان دادند در حالی که بین این متغیر و شاخص‌های تنوع شانون و بریلیون رابطه معکوس معنی داری وجود داشت ($p < ۰/۰۵$). در سایر موارد رابطه معنی داری مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$).

میانگین شاخص یکنواختی کامارکو (شکل ۳-الف) در بندر شیرینودر زمستان و تابستان به ترتیب $۰/۷۵ \pm ۰/۰۵۶$ و $۰/۵۸ \pm ۰/۰۲۸$ بود. در فصل زمستان میزان شاخص کامارکو بطور معنی داری بیشتر از مقدار متناظر آن در تابستان بود ($P < ۰/۰۵$). نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف داری بین ایستگاه‌ها نشان نداد ($p > ۰/۰۵$). بیشترین مقدار این شاخص در زمستان در ایستگاه ۷ به میزان ۱ و کمترین مقدار آن در تابستان در ایستگاه ۳ به میزان $۰/۴۶۸$ محاسبه گردید.



الف

به منظور بررسی رابطه تعداد کفزیان و شاخص‌های اکولوژیکی با فاکتورهای محیطی، با توجه به مقیاس اندازه‌گیری از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج حاصل از جدول عبیانگر آن است که بین متغیر دما با شاخص‌های تعداد کفزیان، تنوع شانون و بریلیون رابطه مستقیم معنی داری وجود دارد در حالی که بین متغیر دما و شاخص یکنواختی کامارکو رابطه معکوس معنی داری وجود داشت ($p < ۰/۰۵$). بین متغیر اکسیژن با شاخص یکنواختی کامارکو رابطه مستقیم و بین این متغیر و شاخص تعداد کفزیان رابطه معکوس معنی داری وجود داشت



جدول (۶): همبستگی بین فاکتورهای محیطی و شاخص های اکولوژیک

تعداد کفزیان	تنوع شانون	غالبیت سیمپسون	یکنواختی کامارکو	بریلیون
۰/۴۵۶**	۰/۳۰۷*	-۰/۱۸۴	-۰/۵۷۸**	۰/۲۸۵*
-۰/۱۹۴	۰/۱۹۷	۰/۱۶۷	-۰/۱۴۴	-۰/۱۸۸
۰/۵۰۶**	۰/۵۴۰**	-۰/۴۴۱**	-۰/۳۱۵*	۰/۵۳۵**
۰/۱۸۴	-۰/۰۱۷	۰/۱۱۷	-۰/۴۲۰**	-۰/۰۳۴
-۰/۱۲۹	۰/۰۸۶	-۰/۲۱۷	۰/۱۶۱	۰/۰۹۲
۰/۰۳۶	-۰/۳۹۱**	۰/۵۵۵**	۰/۱۵۲	-۰/۳۸۶**

** معنی دار در سطح ۰/۰۱

* معنی دار در سطح ۰/۰۵

غالبیت سیمپسون و یکنواختی کامارکو رابطه معکوس معنی داری وجود داشت.

به منظور بررسی رابطه تعداد کفزیان با شاخص های اکولوژیکی با توجه به همبستگی ساندازه گیری از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج جدول ۷ بیانگر آن است که بین متغیر تعداد کفزیان با شاخص های تنوع شانون و بریلیون رابطه مستقیم معنی داری و بین این متغیر با شاخص های

جدول (۷): همبستگی بین تعداد کفزیان با شاخص های اکولوژیکی

تعداد کفزیان	تنوع شانون	غالبیت سیمپسون	یکنواختی کامارکو	بریلیون
۰/۶۵۳**	۰/۴۷۴**	-۰/۴۹۷**	-۰/۴۹۷**	۰/۶۳۳**

** معنی دار در سطح ۰/۰۱

* معنی دار در سطح ۰/۰۵

میزان دما مربوط به ایستگاه های نزدیک به محل خروجی پساب بوده در حالیکه در ایستگاه های دورتر با فاصله گرفتن از خروجی اثرات ناشی از حرارت بالای پساب کاهش یافته و به حالت طبیعی برگشته و در ایستگاه شاهد (ایستگاه ۸) به کمترین میزان خود رسید. بر اساس مطالعات عبدالوهاب در خلیج عمان بین کاهش دما و فاصله از خروجی رابطه مستقیمی وجود داشت (Abdul-Wahab, 2007). بطوریکه با افزایش فاصله، دما کاهش یافته و به حالت طبیعی بر می گردد. بر اساس مطالعات Fallatah و همکاران (۲۰۱۸) در خصوص کارخانه آبشیرین کن بحرین، دمای آب خروجی ۱۵-۱۰ درجه سانتی گراد بالاتر از دمای آب دریاست و این تغییر دما تا فاصله ۲۰۰ متری از خروجی ادامه داشت. قشلاقی و همکاران (۱۴۰۱) در بررسی تاثیر پساب واحدهای آبشیرین کن شمال خلیج فارس نیز افزایش و تغییر دمای ناشی از تخلیه پساب را گزارش کرد. پساب خروجی از کارخانه های آبشیرین کن به علت گرم بودن بر روی ویژگی های فیزیکی نظیر اکسیژن محلول تاثیر

بحث

بررسی تاثیر تخلیه آب پساب کارخانه آبشیرین کن بر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی

یکی از اثرات تخلیه آب نمک به دریا، آلودگی حرارتی است که باعث افزایش دما بخصوص در اطراف خروجی پساب می گردد. آلودگی حرارتی ناشی از فناوری اسمز معکوس و یا تقطیر چندگانه به روش حرارتی است که هر دو فناوری پساب هایی با درجه حرارت بالا و غلظت زیاد املاح تا حدود دو برابر شوری آب دریا تولید می کنند که مستقیما می تواند بر روی فراوانی و تنوع زیستی ماکروبنوتوزها تاثیر بگذارد (Xing et al., 2020; Hosseini et al., 2021). در این مطالعه در تمامی فاکتورهای محیطی و فراوانی ماکروبنوتوزها بین ایستگاه های مختلف به تفکیک فصول زمستان و تابستان و همچنین بین فصول تفاوت معنی داری وجود داشت ($P < 0/05$). بیشترین



پساب پایین‌تر است. شوری در این مطالعه بین ایستگاه‌ها در هر دو فصل اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.05$). بیشترین میزان شوری در ایستگاه‌های نزدیک به محل خروجی و کمترین مقدار آن در ایستگاه‌های دورتر و شاهد مشاهده گردید که ناشی از تخلیه پساب آب شور در دریا بوده به طوریکه بتدریج با فاصله گرفتن از محل خروجی از میزان شوری کاسته شده و به حالت طبیعی خود بر می‌گردد. چنین نتیجه‌ای در مطالعه‌ی Aljohani و همکاران (۲۰۲۳) در خصوص کاهش شوری ناشی از کارخانه آب شیرین سواحل عربستان نیز گزارش شده است. در مطالعه‌ی Aljohani و همکاران (۲۰۲۳) شوری آب شیرین کن شهر دبی ۳۶/۸ (قسمت درهزار) و قشلاقی و همکاران (۱۴۰۱) ۶۹/۷ میلی‌گرم بر لیتر در آب شیرین کن خلیج فارس را گزارش کرده و بیان کردند که شوری آب دریا با فاصله گرفتن از محل تخلیه پساب به حد طبیعی رسید. در برخی از مطالعات میزان شوری تا صدها و یا کیلومترها دورتر از محل تخلیه آب نمک بالا بود. علت تفاوت در میزان شوری در مطالعات مختلف ممکن است ظرفیت متفاوت کارخانه‌ها، نوع سیستم به کار رفته، هیدرولوژی محیط زیست، سرعت باد و امواج در آن منطقه و طراحی انتشار پساب در محیط باشد (Gheshlaghi and Daliri, 2018). در تابستان میزان دما، شوری و سختی (بدلیل افزایش حرارت و تبخیر) و تعداد ماکروبن‌توزها افزایش و در زمستان میزان ماسه و مواد آلی (بدلیل آشفستگی بستر و جابجایی و ورود رواناب‌های ناشی از بارندگی) افزایش یافت. شرایط زیستی ماکروبن‌تیک‌ها بگونه‌ای است که با شروع فصل گرما فراوانی و پراکنش آنها افزایش می‌یابد (Hosseini et al., 2021). بر اساس این مطالعه پساب کارخانه آب شیرین کن بیشترین تاثیر را بر روی شوری و دما داشت. سختی در این مطالعه بین ایستگاه‌ها در زمستان و تابستان اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.05$) و بیشترین مقدار آن در ایستگاه ۱ و کمترین مقدار آن در ایستگاه شاهد بود. در حوالی خروجی مقدار سختی کل بدلیل ورود املاح موجود در پساب (فلزات سنگین) و بالا بودن میزان شوری و املاح کلرید سدیم نسبت به ایستگاه‌های دورتر، از سایر مناطق بیشتر بود. دانه بندی و مواد آلی موجود در رسوب تاثیر زیادی در پراکنش بنتوزها دارد (Ruso et al, 2008). درصد ماسه

گذاشته و باعث کاهش آن می‌گردد (Cambridge et al., 2019). اکسیژن محلول در این مطالعه در هر دو فصل، بین ایستگاه ۱ که محل تخلیه آب برگشتی کارخانه به دریاست با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$). ایستگاه ۱ دارای کمترین میزان و ایستگاه‌های دورتر و شاهد دارای بیشترین مقدار بودند. این بدین علت است که جریان‌ات گرم ناشی از پساب آب شیرین کن بر روی ویژگی‌های فیزیکی و کیفیت آب تاثیر گذاشته و باعث کاهش انحلال اکسیژن محلول در حوالی خروجی می‌گردد. در مطالعات Aljohani و همکاران (۲۰۲۳) در خلیج فارس و Kenigsberg و همکاران (۲۰۲۰) در سواحل مدیترانه کاهش اکسیژن در ایستگاه‌های نزدیک به محل تخلیه نسبت به ایستگاه‌های دورتر را گزارش کرد. مطالعات Dawoud (۲۰۱۲) در خلیج فارس خاطر نشان داد که افزایش دما و شوری باعث کاهش اکسیژن محلول شد و در این مطالعه این مساله بوضوح در حوالی خروجی قابل مشاهده است. اسیدیته در مطالعه حاضر بین ایستگاه‌ها در زمستان و تابستان اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین مقدار آن در ایستگاه ۱ محل تخلیه آب نمک و بیشترین مقدار آن در ایستگاه شاهد اندازه‌گیری شد ($P < 0.05$). بر اساس پایش‌های صورت گرفته بر روی پساب کارخانه‌های آب شیرین کن در خلیج عمان بوسیله Abdul-Wahab (۲۰۰۷) و Kenigsberg و همکاران (۲۰۲۰) در سواحل مدیترانه، مقدار pH در محل تخلیه پساب کمتر از مناطق دور از خروجی بود. این مساله را می‌توان با وجود ترکیبات آنتی اسکالانت در پساب این کارخانه‌ها که به منظور جلوگیری از رسوب گذاری در این کارخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد مرتبط دانست. از جمله ترکیبات پر مصرف آنتی اسکالانت، اسید سولفوریک بوده که در این کارخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد (قشلاقی و همکاران، ۱۴۰۱). کارخانه آب شیرین کن نرویزه در بندر شیرینو عسلویه با سیستم اسمز معکوس (RO) فعالیت می‌کند و تمام آبی که وارد کارخانه می‌گردد مورد تصفیه قرار گرفته و بنابراین پسایی با شوری بالاتر نسبت به سیستم وارد دریا می‌کند به شکلی که در سیستم تصفیه از کل آب ورودی تنها یک سوم برای تولید آب شیرین استفاده می‌شود و دو سوم دیگر برای خنک کردن سیستم‌ها بکار می‌رود در نتیجه شوری



تابستان تمامی ایستگاه‌ها از نظر فراوانی با هم اختلاف معنی داری داشتند ($P < 0/05$). کمترین فراوانی ماکروبتوزها بدلیل استرس ناشی از تخلیه آب برگشتی کارخانه و دارا بودن بیشترین مقدار شوری و حرارت نسبت به سایر ایستگاه‌ها، در ایستگاه ۱ مشاهده گردید و در این فصل به استثنای ایستگاه ۵ فراوانی ماکروبتوزها از ایستگاه ۸ الی ۸ سیر صعودی داشت. از مهمترین عوامل کاهش فراوانی، شوری بالاست زیرا پساب آب شور چگالتر از آب دریا بوده و به عمق رفته و موجودات بنتیک را تحت تاثیر قرار داده است. افزایش شوری شوری ممکن است باعث دهیدراسیون (آب زدایی) سلول‌ها شده و فشار اسمزی کاهش یافته و در نهایت منجر به مرگ لاروها و بی‌مهرگان دریایی جوان شده است (Kress and Gall, 2018).

در مطالعه حاضر نیز همبستگی منفی و معنی داری بین شوری و تراکم ماکروبتوزها مشاهده شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ماکروبتوزها به آب نمک تخلیه شده از کارخانه های آبشیرین کن حساسیت بالایی دارند. از جمله عوامل موثر بر فراوانی ماکروبتوزها در زمستان وزش باد و موج بودن دریا بوده که باعث جابجایی بستر شده و جانداران بنتیک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با کاهش فعالیت امواج دریا شمار گونه‌ها، تراکم، تنوع و غنای موجودات بنتیک افزایش یافت (Taheri et al, 2010). کاهش pH یکی از تغییرات فیزیکیوشیمیایی پساب خروجی آب شیرین کن‌ها است که ناشی از مقادیر بالای سدیم کلراید است که با تغییر بر روی فیزیولوژی سخت پوستان، مرگ و میر آنها را به دنبال دارد (Castilho et al., 2001).

شاخص‌های اکولوژیک شانون، سیمپسون، کامارکو و بریلیون در فصل زمستان و تابستان بین ایستگاه‌ها اختلاف معنی داری نداشتند ($P > 0/05$). فقط شاخص یکنواختی کامارکو در فصل زمستان و تابستان با هم اختلاف معنی داری داشتند ($P < 0/05$). بدین گونه که میزان این شاخص در زمستان ($0/75 \pm 0/159$) به شکل معنی داری بیشتر از مقدار متناظر آن در تابستان بود و این نشان دهنده تاثیر فصل بر روی شاخص اکولوژیک کامارکو است. مقادیر شاخص‌های تنوع و بریلیون در ایستگاه‌های نزدیک به محل تخلیه پساب کمتر از سایر ایستگاه‌ها بود. Riera و همکاران (۲۰۱۱) و Ruso و همکاران (۲۰۰۸)، نتایج مشابهی را

(دانه بندی غالب بستر) در هر دو فصل براساس نتایج آماری بین ایستگاه‌ها اختلاف معنی داری داشت ($P < 0/05$). علت این اختلاف موقعیت ایستگاه‌ها و اختلاف عمق و جریانات آبی است. همچنین دانه بندی رسوبات و مواد آلی در دو فصل گرم و سرد باهم اختلاف معنی داری داشت ($P < 0/05$). بیشترین میزان درصد ماسه در فصل سرد و کمترین میزان درصد آن در فصل گرم مشاهده گردید که به علت ورود رواناب‌های فصلی و در نتیجه رسوبگذاری بیشتر در فصل زمستان می‌باشد. طبق نتایج آماری بین این دو فصل اختلاف معنی داری ($P < 0/05$) وجود داشت که نشان دهنده تاثیر فصل بر روی دانه بندی است. میزان مواد آلی در رسوبات با دانه بندی ریزتر نسبت به رسوبات با دانه بندی درشت بیشتر است (Fallatahet, 2018). میانگین مواد آلی در زمستان بیشتر از تابستان بود که می‌تواند ناشی از آشفتگی بستر در این فصل و ورود و پراکنش بقایای گیاهی و جانوری در آن بوسیله جریانات دریایی و نیز رودخانه ای منتهی به دریا باشد.

بررسی تاثیر پساب کارخانه آبشیرین کن بر فراوانی ماکروبتوزها و شاخص‌های اکولوژیک

تغییر در فاکتورهای فیزیکیوشیمیایی آب دریا، بر روی پراکنش و فراوانی بنتوزها تاثیر می‌گذارد (Sharifinia et al., 2019). دانه بندی رسوبات، شوری و دما از مهمترین فاکتورهای موثر بر پراکنش ماکروبتوزها هستند (Wang et al, 2019). پساب آب شور به علت چگالتر بودن به لایه‌های پایینی و بستر نفوذ کرده و بنابراین بیشترین تاثیر را بر جوامع بنتوز می‌گذارد. در این مطالعه تغییرات معنی داری در فاکتورهای محیطی مشاهده شد که بر فراوانی ماکروبتوزها در منطقه مورد مطالعه تاثیر گذاشته است. در زمستان بیشترین تعداد کفزیان در ایستگاه ۶ مشاهده شد و کمترین تعداد کفزیان در ایستگاه ۱ شمارش شد. در فصل تابستان بیشترین تعداد کفزیان در ایستگاه ۸ و کمترین تعداد کفزیان در ایستگاه ۱ مشاهده شد.

در این مطالعه علاوه بر فاکتورهای فیزیکیوشیمیایی و دانه بندی که بر فراوانی ماکروبتوزها تاثیر می‌گذارد به نظر می‌رسد آلودگی حرارتی باعث کاهش تراکم و فراوانی بنتوزها شده و بنتوزها در برخی ایستگاه‌ها کاهش یافته‌اند. در فصل



شوری و دما بیشترین تاثیر را بر روی شاخص های اکولوژیک داشتند. بیشترین میزان تنوع در تابستان بوده و مقادیر آن در زمستان رو به کاهش گذاشت بنابراین بعد از زمستان با کاهش فعالیت امواج و آشفته بستر تنوع افزایش یافت.

نتیجه گیری

یافته های این مطالعه یک جریان شور با دمای متفاوت در مقایسه با نقطه ی شاهد را در اطراف محل تخلیه پساب کارخانه آبشیرین کنرا نشان داد که با فاصله گرفتن از محل تخلیه شوری به شوری آب دریا نزدیک شد. کمترین فراوانی ماکروبنوتوزها بدلیل استرس ناشی از تخلیه آب برگشتی کارخانه و دارا بودن بیشترین مقدار شوری و حرارت نسبت به سایر ایستگاهها، در ایستگاه ۱ مشاهده گردید. نتایج این مطالعه نشان می دهد که برای به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی تخلیه پساب آبشیرین کن، باید تخلیه در محل های با جریان شدید آب و با بسترهای شنی ساخته شده و تخلیه از طریق سیستم های پخش کننده انجام شود.

گزارش کردند. آنها نیز کاهش تنوع و غنا را در محل تخلیه آب نمک مشاهده و بیان کردند که با فاصله گرفتن از محل تخلیه میزان شاخص تنوع افزایش یافت.

در این مطالعه دما با شاخص های شانون، بریلیون، کامارکو رابطه معکوس معنی داری داشت زیرا دمای آب نمک تخلیه شده از کارخانه با دور شدن از ایستگاه ۱ کاهش یافته و با افزایش میزان تنوع در ایستگاه های دورتر، غالبیت کاهش یافت. تنوع و یکنواختی با شوری همبستگی منفی و معنی داری داشتند که نشان دهنده تاثیر منفی این فاکتور بر روی شاخص های اکولوژیک در این محیط است ($P < 0/05$). نتایج Ruso و همکاران (۲۰۰۸) با نتایج مطالعه ی حاضر هم خوانی دارد. اکسیژن با شاخص کامارکو رابطه مستقیم معنی داری داشت ($P < 0/05$). اسیدیته با شاخص شانون، بریلیون، یکنواختی رابطه مستقیم معنی داری داشت ($P < 0/05$). زیرا با دور شدن از محل تخلیه آب نمک، میزان اسیدیته آب دریا که در ایستگاه ۱ اسیدی تر بوده افزایش یافته و به حد طبیعی رسیده و تنوع ماکروبنوتوزها در ایستگاه های دورتر از کارخانه نیز افزایش یافتند. تعداد کفزیان با شاخص های شانون و بریلیون رابطه مستقیم معنی داری داشت ($P < 0/05$). با توجه به نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر به نظر می رسد که فاکتورهای

منابع

قشلاقی، پ.، کامرانی، ا.، ناجی، ا. و م. دلیری. ۱۴۰۱. اثرات پساب واحدهای آبشیرین کن تخلیه شده به محیط زیست دریایی شمال خلیج فارس بر بازماندگی و تعال یونی خرچنگ شناگر آبی *Portunus segnis*. مجله سلامت و محیط زیست، شماره ۱۵، ص ۲۴۵-۲۶۰۳.

Abdul-Wahab, S.A. 2007. Characterization of water discharges from two thermal power desalination plant in Oman. Environmental Engineering Science, 24(3):321-337.

Aljohani, N.S., Kavil, Y.N., Al-Farawati, R.K., Aljohani, N.H., Orif, M., Ghandourah, M.A., Bahshwan, S. M., Aloufi, F.A., R.F. Halawani and M.A. Salam. 2023. The assessment of environmental parameter along the desalination plants in the Kingdom of Saudi Arabia. Open Chemistry, 21: 20220274.

Aljohani, N.S., Kavil, Y.N., Shanas, P.R., Al-Farawati, R.K., Shabbaj, I.I. and N.H. Aljohani. 2022. Environmental impacts of thermal and brine dispersion using hydrodynamic modelling for Yanbu desalination plant, on the Eastern Coast of the Red Sea. Sustainability (Basel), 14(8):4389

Buchanan, J. 1984. Sediment analysis in: Method for the study of marine bentose (eds. N.A. Holme, A.D. McIntyre). Blackwell. Oxford. pp.41-64.

Buros, O.K. 2000. The ABCs of desalting. Topsfield(MA): International Desalination Association. p. 30.



- Cambridge. M.L., Zavala-Perez. A., Cawthray. G.R., Statton. J., Mondon. J. and G.A.Kendrick. 2019. Effects of desalination brine and seawater with the same elevated salinity on growth, physiology and seedling development of the seagrass *Posidonia australis*. *Marine Pollution Bulletin*, 140:462-471
- Castilho, P.C., Martins, I.A. and A. Bianchini. 2001. Gill Na⁺, K⁺-ATPase and osmoregulation in the estuarine crab, *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Decapoda, Grapsidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 256(2):215-27.
- Danoun, R. 2007. Desalination plants: Potential impacts of brine discharge on marine life. The University of Sydney (Australia), 55p.
- Dawoud, M.A. 2012. Environmental impacts of seawater desalination: Arabian Gulf case study. *International Journal Environmental Sustainability*, 1(3):22-37.
- Eleftheriou, A. and A.McIntyre. 2005. Methods for the study of marine benthos, Third edition. Oxford Blackwell Scientific publication. 418p.
- Fallatah, M.M., Kavil, Y.N., Ibrahim, A.S., Orif, M.I., Shaban, Y.A. and R.Al Farawati. 2018. Hydrographic parameters and distribution of dissolved Cu, Ni, Zn and nutrients near Jeddah desalination plant. *Open Chemistry*. 16(1):246-257.
- Fallatah, M.M., Kavil, Y.N., Shanas, P.R., Al-Farawati, R., Shaban, Y.A. and M.I.Orif. 2021. Environmental impact assessment of desalination plants through observations and modeling over Central Red Sea-Yanbu and Rabig. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(5):1-15.
- Gheshlaghi, P. and Daliri, M. 2018. Marine debris: Evaluating sources, Impacts, and Practical solutions. *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, 9(34):37-45
- Hosseini, H., Saadaoui, I., Moheimani, N., Al Saidi, M., Al Jamali, F. and H. Al Jabri. 2021. Marine health of the Arabian Gulf: Drivers of pollution and assessment approaches focusing on desalination activities. *Marine Pollution Bulletin*, 164:112085.
- Ibrahim, H.D. and Eltahir, E.A. 2019. Impact of brine discharge from seawater desalination plants on Persian/Arabian Gulf salinity. *Journal of Environmental Engineering*, 145(12):04019084.
- Isaka, M. 2012. Water desalination using renewable energy. *Technology Brief*. 1:1-12.
- Jones, D.A. 1986. A field guide to the seashores of Kuwait. Blandford press and University of Kuwait, 191p.
- Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M.T., Smakhtin, V. and S.M.Kang. 2019. The state of desalination and brine production: a global outlook. *Science of the Total Environment*, 657:1343-1356.
- Kenigsberg, C., Abramovich, S. and O.Hyams-Kaphzan. 2020. The effect of long-term brine discharge from desalination plants on benthic foraminifera. *PLoS One*. 15(1):0227589.
- Kress, N. and B.Galil. 2018. Impact of seawater desalination by reverse osmosis on the marine environment. *Efficient desalination by reverse osmosis*. London: IWA Publishing.
- Lattemann, S and T.Höpner. 2008. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination*, 220(1-3):1-15.
- Riera, R, Tuya, F., Sacramento, A., Ramos, E., Rodriguez, M. and O.Monterroso. 2011. The effect of brine disposal on a subtidal meiofauna community. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(4):359-365.
- Ruso, Y., De-la-Ossa-Carretero, J.A., Gimenez-Casalduero, F. and J.L.Sanchez-Lizaso. 2008. Effects of a brine discharge over soft bottom Polychaeta assemblage. *Environmental Pollution*, 156(2):240-250.
- Schiffler, M. 2004. Perspectives and challenges for desalination in the 21st century. *Desalination*, 165:1-9.
- Semiati, R. 2000. Present and future. *Water International*, 25(1):54-65
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1963. *The Mathematical theory of communications*. University of Illinois Press. Urbana. 117 p
- Sharifinia, M., Afshari Bahmanbeigloo, Z., Smith, J., WO, H., Yap, C.K. and M.Keshavarzifard. 2019. Prevention is better than cure: Persian Gulf biodiversity vulnerability to the impacts of desalination plants. *Global Change Biology*, 25(12):4022-4033.
- Taheri, M., Yazdani, M. and H. Bagheri. 2010. Community structure and biodiversity of intertidal sandy beach macrofauna in Chabahar bay, Northeast of Oman Gulf, IR Iran. *Persian Gulf*, 1: 17-25.



Wang, R., Huang, X., Wang, H., Lu, J., Shi, X. and G.Feng. 2019. Effects of salinity on embryonic and larval development of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (Decapoda: Brachyura) and salinity-induced physiological changes. *Journal of Oceanology and Limnology*, 37(5):177788

Xing, Y., Liu, Q., Zhang, M., Zhen, Y., Mi, T. and Z. Yu. 2020. Effects of temperature and salinity on the asexual reproduction of *Aurelia Coerulea* polyps. *Journal of Oceanology and Limnology*, 38(1):13342.