



Investigating four Metal (Ni, V, Co, Fe) and Organic (Petroleum) Pollutants in the Sediments of Nayband Gulf

Document Type
Research Paper

Received
2022/06/28

Accepted
2023/06/12

Ali Ghanavati Asl¹, Seyed Mohammad Bagher Nabavi*², Maryam Mohammadi Rouzbahani³, Sima Sabz Alipour⁴, Seyed Masood Monavari⁵

1. PhD student, Department of environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor, Department of environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
3. Associate Professor, Department of environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
4. Assistant Professor, Department of environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
5. Associate Professor, Department of environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

DOI: 10.22034/eiap.2023.179869

Abstract

The most common marine environmental pollutants are metal pollutants, petroleum hydrocarbons, and aromatic hydrocarbons. In the present research, metallic and organic pollutants of Nayband Gulf were investigated. Sampling was done from 20 stations in the winter of 2018. From each station, two sediment samples for organic matter and heavy metals (with 3 replications) were collected and a total of 120 sediment samples were collected using Van Veen Grab. To measure metals and petroleum hydrocarbons, ICP(Agilent7500cx) and GC (Agilent 6890n) devices were used, respectively. Data were analyzed using SPSS 22 software. The mean concentrations (mg/kg) of iron (7980), nickel (19.71), vanadium (14.90), and cobalt (5.71) were measured. Although it did not exceed domestic and international standards, nearby stations Asaluyeh region showed a significant difference ($P < 0.05$) with other stations. The total amount of petroleum hydrocarbons (TPH) with an average of 14.33 mg/kg and the maximum concentration of 42.16 were recorded at a station (19) near Asaluyeh wharf and the amount of polycyclic aromatic compounds (PAH) with an average of 223.09 $\mu\text{g}/\text{kg}$ and maximum concentration of 657.68 were recorded at a station (20). Based on the data, Nayband gulf has low levels of pollution ($\text{TPH} > 15$) in terms of TPH compounds and moderate levels of pollution ($\text{PAH} > 100$) in terms of PAH compounds. The difference between stations near Asaluyeh and other stations in terms of pollution shows that the gradual increase of pollution caused by industries and its impact on the functioning of Nayband gulf ecosystem should be considered as a serious issue.

Keywords: Nyband bay, Petroleum hydrocarbons, Heavy metals, Pollution, Organic

* Corresponding author:

Email: nabavishiba@yahoo.com

Introduction

With the development of agriculture and industry as well as population explosion in the world, the problem of marine environment pollution has become increasingly serious (Wang et al., 2020). Pollution of the marine environment, especially in the coastal waters and the continental shelf, is one of the great challenges of the environment. Metal pollutants, aromatic halogenated hydrocarbons (HAHs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are among the most common types of marine environmental pollutants that can be widely detected in the coastal waters of industrial areas. Heavy metal pollution has increasingly become a problem and has been of concern due to its adverse effects worldwide. These mineral pollutants are dumped into our waters, soils and atmosphere due to the rapid growth of agriculture and metal industries, improper waste disposal, fertilizers and pesticides (Briffa, 2020). In addition, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are an important class of persistent organic pollutants with carcinogenic, mutagenic, and persistent degradation properties that are of particular concern (Sofowote et al., 2008; Wang et al., 2020). Heavy metals are natural components of the marine environment and also enter the sea through human activities. Some of them exist in very low concentrations and others are biologically necessary (Nies, 1999). Heavy metals are among the persistent pollutants and are among the pollutants that are not biodegradable (Hyun et al., 2006). The ecological effects of heavy metals on aquatic organisms depend on the type of metal, concentration and duration of metal exposure and the physical and chemical conditions of the environment (Shulkin et al., 2003).

Nayband Bay is one of the most important marine ecosystems of Iran in the waters of the Persian Gulf, which has been affected by industrial and production pollutants from the aforementioned industries, including heavy metals and oil pollutants, due to its proximity to the South Pars Energy Special Economic Zone. The source of pollutants entering Nayband Bay can be caused by the traffic of various ships carrying hydrocarbon materials, the output of wastewater treatment systems of refinery and petrochemical complexes, or the entry of various chemical and hydrocarbon materials that enter this ecosystem in an unrefined and raw form as a result of industrial interactions. In other words, due to its proximity to the South Pars Energy Special Economic Zone, this area is affected by the refinery and petrochemical projects that have been implemented or are being implemented in this area, or at least, the potential of pollution caused by the aforementioned industries can always be considered a threat to Naiband Bay. Despite the creation of centralized wastewater treatment systems and dozens of environmental plans and projects implemented and under implementation, industrial effluents are considered the most important threat to the coastal ecosystem of this region. Therefore, conducting research studies on the effects of pollution on regional ecosystems is of particular importance. In the current research, the study and measurement of metal and organic (petroleum) pollutants in the sediments of 20 stations from Naiband Bay (Persian Gulf) has been studied.

Methodology / Experimental Design

• Determination of study stations

Nayband Marine National Park is located about 320 km southeast of Bushehr city and includes: Nayband Bay, Nayband region and mangrove forests (borders of Asaluyeh, Basatin and Hale). After studying the research carried out in Nayband region and conducting a land and sea patrol of the region's coasts, various ecosystems and habitats as well as urban and industrial polluting sources were identified and recorded. Then, based on the collected data, 20 stations were selected for sampling. In the selection of study stations, two factors were taken into consideration: 1) attention to the inputs of polluting sources and 2) the maximum coverage of Nayband Bay (Fig. 1).

• Laboratory operations

The concentration of nickel, cobalt, vanadium and iron metals was measured by Agilent 7500cx ICP-MASS device. The samples of PAHs obtained by Agilent 6890n gas chromatography and mass spectrometer with a silica gel column with a length of 30 meters and an inner diameter of 0.32 mm and a thin film of 0.25 micrometer installed on the device were measured.

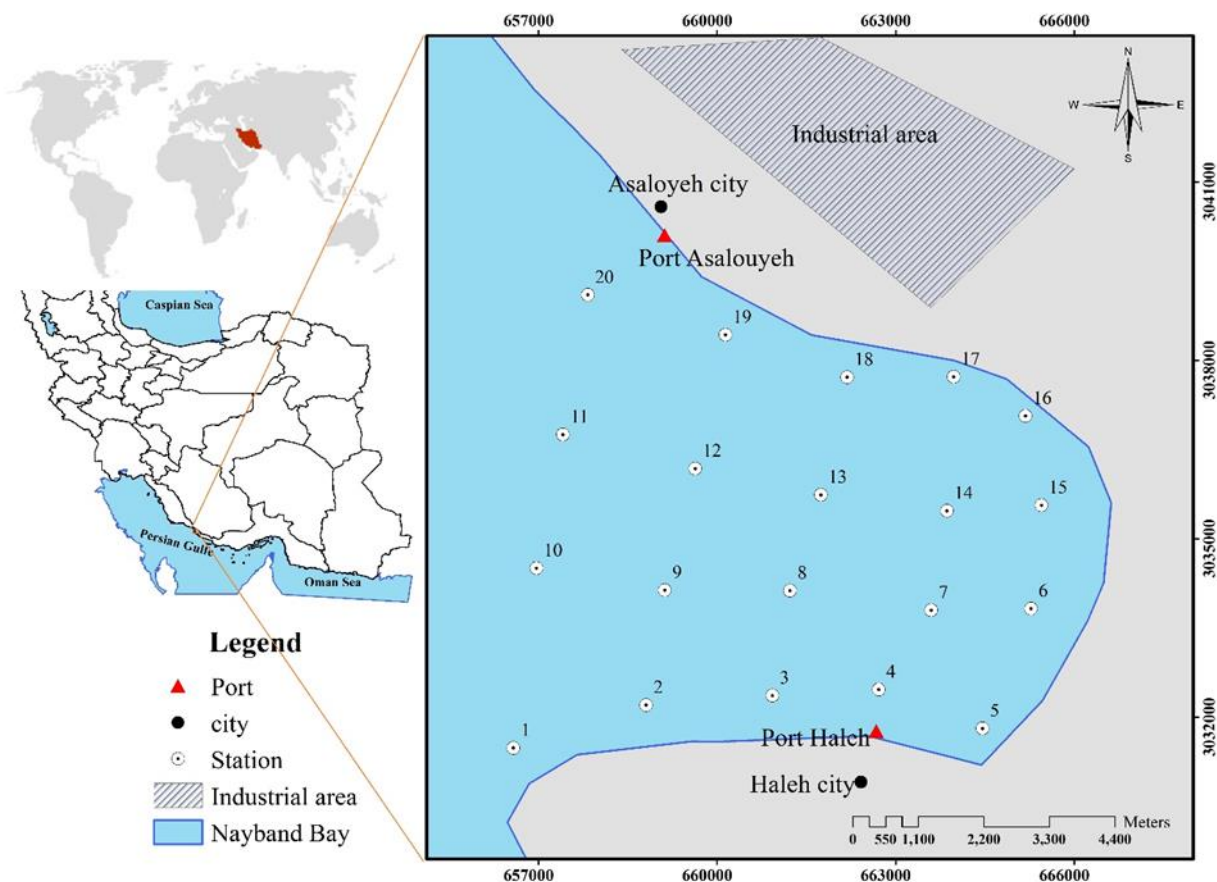


Figure (1): Geographical Location of study stations in the study area

Results and Discussion

In this study, four metals, iron (Fe), nickel (Ni), vanadium (V) and cobalt (Co) were measured in all stations. Based on the results, the amount of iron and vanadium in all stations is lower than the background values of these metals on a global and regional scale, and regarding nickel, the amount of this metal is higher in all the studied stations except station 1, 2 and 3. It is beyond the limits of the background values of these metals on a global and regional scale. Also, regarding cobalt metal, it is more in stations 11, 19 and 20 and in other stations it is less than the background values of these metals in global and regional scale. In addition, in Figure 6, maps related to the distribution of iron, nickel, vanadium and cobalt metal pollution are shown. As the results of the distribution of metal pollution show, the level of these metals near stations 20, 19, 18, 17 and 11, which is close to the urban and industrial area of Asaluyeh, has a higher level of pollution than other areas of the Gulf. The average amount of TPA and Σ PAHs was 14.33 mg/kg based on dry weight and 223.09 μ g/kg based on dry weight, respectively. Also, figures 7, 8 and 9 show the changes of TPH and PAHs in the study stations. In addition, based on the results of Figures 7, 8 and 9, the distribution results of metal pollution show that the level of TPH and PAHs near stations 20, 19, 18, 17 and 11, which is close to the urban and industrial area of Asaluyeh, has a higher level of pollution than to other areas of the Gulf.

Conclusion

Therefore, according to the results of this research, the majority of polluted stations were located in the vicinity of Asaluyeh region, and looking at the data obtained from measuring the pollutants, the type of gradient and the flow of pollution from the facilities of the South Pars Special Economic Zone to the interior of Nayband Bay can be inferred. In general, the level of pollution in the studied area is lower than the level of pollution of the compared standards, and the damage to benthic organisms of the studied sediments seems to be low, but this small level of pollution has the potential to change the macrobenthic communities of Naiband Bay in the long term.

References

- Wang, C., He, S., Zou, Y., Liu, J., Zhao, R., Yin, X., Zhang, H. & Li, Y. 2020. Quantitative evaluation of in-situ bioremediation of compound pollution of oil and heavy metal in sediments from the Bohai Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 150, p.110787.
- Briffa, J., Sinagra, E. & Blundell, R. 2020. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans, Volume 6, Issue 9.
- Sofowote, U.M., McCarry, B.E. & Marvin, C.H. 2008. Source apportionment of PAH in Hamilton Harbour suspended sediments: comparison of two factor analysis methods. *Environmental science & technology*, 42(16), pp.6007-6014.
- Nies, D.H. 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Applied microbiology and biotechnology*, 51(6), pp.730-750
- Hyun, S., Lee, T., Lee, C.H. & Park, Y.H. 2006. The effects of metal distribution and anthropogenic effluents on the benthic environment of Gwangyang Bay, Korea. *Marine pollution bulletin*, 52(1), pp.113-120.
- Shulkin, V.M., Presley, B.J. & Kavun, V.I. 2003. Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. *Environment International*, 29(4), pp.493-502.

بررسی میزان چهار آلاینده فلزی (Ni, V, Co, Fe) و آلاینده‌های آلی (نفتی) در رسوبات خلیج نایبند (خلیج فارس)

علی قنواتی اصل^۱، سید محمد باقر نبوی^{۲*}، مریم محمدی روزبهانی^۳، سیما سبزلعلیپور^۴، سید مسعود منوری^۵

۱. دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. دانشیار، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳. دانشیار، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۴. استادیار، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۵. دانشیار، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۷

چکیده

آلاینده‌های فلزی، هیدروکربن‌های نفتی و هیدروکربن‌های آروماتیک (PAHs) از شایع‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست دریاها بشمار می‌روند. در این مطالعه به بررسی و سنجش آلاینده‌های فلزی و آلی خلیج نایبند (خلیج فارس) پرداخته شده است. نمونه‌برداری از ۲۰ ایستگاه در زمستان ۱۳۹۷ انجام گرفت. از هر ایستگاه نمونه رسوب جداگانه برای فلزات سنگین و آلاینده‌های نفتی (با ۳ تکرار) با گرب Van veen برداشت شد. از دستگاه‌های ICP-MASS مدل Agilent 7500cx برای سنجش فلزات و GC با شناسگر MASS مدل Agilent 6890n برای سنجش هیدروکربن‌های نفتی استفاده شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 22 آنالیز شدند. میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده آهن، نیکل، وانادیوم و کبالت به ترتیب ۷۹۸۰، ۱۹/۷۱، ۱۴/۹۰ و ۵/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد، نتایج به دست آمده در حدود استانداردهای داخلی و جهانی بود اما ایستگاه‌های نزدیک به منطقه عسلویه اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) را با سایر ایستگاه‌ها نشان دادند. در مورد آلاینده‌های نفتی، میزان کل هیدروکربن‌های نفتی (TPHs) با میانگین ۱۴/۳۳ mg/kg و حداکثر غلظت ۴۲/۱۶ در ایستگاه (۱۹) مجاور اسکله عسلویه و میزان ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) با میانگین ۲۲۳/۰۹ $\mu\text{g/kg}$ و حداکثر غلظت ۶۵۷/۶۸ در ایستگاه (۲۰) اسکله عسلویه ثبت گردید. بر اساس داده‌ها، خلیج نایبند از نظر ترکیبات TPH دارای سطوح اندک آلودگی ($\text{TPH} < 15$) و از نظر ترکیبات PAHs دارای سطوح متوسطی از آلودگی ($\text{PAHs} < 100$) است. اختلاف بین ایستگاه‌های نزدیک به عسلویه و سایر ایستگاه‌ها از نظر میزان آلودگی نشان داد موضوع افزایش تدریجی آلودگی صنایع و تاثیر آن بر اکوسیستم خلیج نایبند می‌بایست به عنوان یک مساله جدی مورد بررسی و پیگیری قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: خلیج نایبند، فلزات سنگین، هیدروکربن‌های نفتی، آلودگی، آلاینده‌های آلی.

سرآغاز

با توسعه کشاورزی و صنعت و همچنین انفجار جمعیت در دنیا، مشکل آلودگی محیط‌زیست دریایی به طور فزاینده‌ای جدی شده است (Wang et al., 2020). آلودگی‌های محیط‌زیست دریایی به‌ویژه در آب‌های ساحلی و فلات قاره، یکی از چالش‌های بزرگ محیط‌زیست است. آلاینده‌های فلزی، هیدروکربن‌های هالوژنه آروماتیک (HAHs) و هیدروکربن‌های چند حلقوی آروماتیک (PAHs) از شایع‌ترین انواع آلاینده‌های محیط‌زیست دریاها به شمار می‌روند که به‌طور گسترده‌های در آب‌های ساحلی مناطق صنعتی قابل کشف می‌باشند. آلودگی‌های فلزات سنگین به طور فزاینده‌ای به یک معضل تبدیل شده و به دلیل اثرات نامطلوبی که در سراسر جهان ایجاد می‌کند، نگران‌کننده بوده است. این آلاینده‌های معدنی به دلیل رشد سریع کشاورزی و صنایع فلزی، دفع نامناسب زباله، کودها و آفت‌کش‌ها در آب‌ها، خاک‌ها و اتمسفر ما دور ریخته می‌شوند (Briffa, 2020). به‌علاوه، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) یک دسته مهمی از آلاینده‌های آلی پایدار با خواص سرطان‌زایی، جهش‌زایی و مقاوم در برابر تخریب که نگرانی خاصی دارند (Sofowote et al., 2008; Wang et al., 2020). فلزات سنگین از اجزا طبیعی محیط‌زیست دریایی می‌باشند و همچنین از طریق فعالیت‌های انسانی وارد دریا می‌شوند. برخی از آن‌ها در غلظت‌های بسیار پایین وجود دارند و برخی دیگر از لحاظ بیولوژیکی ضروری می‌باشند (Nies, 1999). فلزات سنگین جزء آلاینده‌های پایدار می‌باشند و از جمله آلاینده‌هایی می‌باشند که قابلیت تجزیه بیولوژیکی ندارند (Hyun et al., 2006). اثرات اکولوژیکی فلزات سنگین روی موجودات آبی به نوع فلز، غلظت و مدت‌زمان در معرض قرارگیری فلز و شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط بستگی دارد (Shulkin et al., 2003). سمیت فلزات سنگین می‌تواند ساختار، اجتماع و جمعیت آبزیان موجود را تغییر دهد، همچنین سمیت می‌تواند اثرات بافتی و سلولی را ایجاد کند (Kennish, 2019). غلظت بالای فلزات سنگین در بدن آبزیان موجب اختلال در مبادله مواد، توقف رشد (Kennish, 2000)، بروز تغییرات رفتاری و ژنتیکی در لاروها و کاهش ذخایر آبزیان و غیره می‌شود (Mance, 2012). از آنجایی که مناطق ساحلی و مصبی مکان‌های عمده برای توسعه‌های شهری و صنعتی می‌باشد، این مناطق می‌توانند به‌عنوان مکان‌های هدف برای بسیاری از آلاینده‌ها همانند فلزات سنگین مطرح شوند

(Suzuki et al., 2012). تولیدات نفتی بیشتر از طریق تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، فعالیت‌های کشتیرانی، اکتشافات نفتی دور از ساحل^(۱)، ریزش‌های نفتی، سوختن سوخت‌های فسیلی و نشتی‌های طبیعی به محیط دریایی وارد می‌شوند (Medeiros et al., 2005). هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs)^(۲) گروهی از ترکیبات آلی چربی‌دوست هستند که از دو یا بیشتر حلقه‌های آروماتیک به هم جوش‌خورده تشکیل شده‌اند، که به‌طور عمده از طریق فعالیت‌های انسانی وارد محیط‌زیست می‌شوند (McGroddy & Farrington, 1995) و صدمات جدی به محیط دریایی وارد می‌کنند. برخی از اجزای آن در موجودات آبی تجمع پیدا کرده و به‌طور مثال در ماهیان به ترکیبات میانجی سرطان‌زا و جهش‌زا انتقال پیدا کرده که سبب ایجاد جراحات کبدی، بلوغ گنادی زودرس و کنترل نشده، بازدارندگی از تخم‌ریزی و توسعه تومورها می‌شود (Barbour et al., 2008). مطالعات متعدد دیگری در منطقه مورد مطالعه و سایر مناطق مشابه در جهان در ارتباط با تاثیر فلزات سنگین و آلودگی نفتی بر محیط‌زیست وجود دارد. در یک مطالعه، تغییرات طولانی مدت در آلودگی فلزات سنگین و آلودگی نفتی و تاثیر آن بر جوامع ماکروبتیک مجاور ایستگاه McMurdo در قطب جنوب بررسی شده است. نتایج نشان داد با وجود کاهش غلظت برخی از آلاینده‌ها از جمله Cu، Hg، ارگانوکلرین‌ها و PAHها در رسوبات دریایی مجاور ایستگاه مذکور در طی یک بازه زمانی مشخص، بهبودی در وضعیت جامعه ماکروبتیک مشاهده نشده است (Palmer et al., 2021). همچنین در مطالعه دیگری توزیع ژئوشیمیایی عناصر فلزات سنگین و ارزیابی خطر بالقوه محیط‌زیستی رسوبات خلیج ماتسوشیما در ژاپن طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۶ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد محتوای Zn، Pb، V، Fe، Ti و Zn در رسوبات خلیج ماتسوشیما به محتوای گل بستگی داشته است. همچنین محاسبه فاکتور غنی شدن فلزات سنگین نشان داد فلزات سنگین Zn، Pb، V، Fe و Zn غنی نشده‌اند. فلزات سنگین Cu و Mn به‌صورت آلودگی متوسط تا شدید و فلزات سنگین U و Mo به‌صورت آلودگی شدید بوده است (Otta et al., 2021). در یک مطالعه مهم دیگر در منطقه عسلویه، تاثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی بر تجمع‌زیستی و قابلیت دسترسی فلزات سنگین در رسوبات منطقه بین جزر و مدی منطقه عسلویه ارزیابی شده است. در این پژوهش آزمون استخراج قابلیت دسترسی

میزان فلزات سنگین رسوب در جزیره خارک با استانداردهای کیفیت رسوب مشخص کرد که میزان فلزات سنگین در رسوبات این منطقه در حد قابل قبولی قرار دارد و میزان غلظت فلزات سنگین بسیار کمتر از حد خطرناک و آلوده کننده است (Yazdan Panah et al., 2017). در مطالعه دیگری غلظت عناصر کادمیوم و نیکل در جوامع درشت بی‌مهرگان بستر زی‌خوریاخت موسی و همبستگی آن با غلظت فلزات در رسوب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین غلظت تمام عناصر مورد ارزیابی کمتر از حد استاندارد می‌باشد (Sobhanardakani et al., 2016). همچنین در مطالعه پژوهشی دیگر، با هدف کمی سازی شدت آلودگی در منطقه ماهشهر، فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی در رسوبات خوریاخت ماهشهر مورد پایش قرار گرفت. مطابق نتایج حاصله میانگین غلظت کل هیدروکربن‌های نفتی در منطقه مورد مطالعه ۴۲ mg/kg و تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین غلظت آلومینیوم در رسوبات خوریاخت ماهشهر و مقدار میانگین آن در پوسته زمین وجود داشت. همچنین میانگین غلظت کل هیدروکربن‌های نفتی (TPHs) در منطقه بر مبنای شاخص CF بیانگر آلودگی متوسط تا آلودگی قابل ملاحظه بود (Vaezi et al., 2014).

خلیج نایبند از مهم‌ترین اکوسیستم‌های دریایی ایران در آب‌های خلیج فارس می‌باشد که به دلیل مجاورت با منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس جنوبی تحت تاثیر آلاینده‌های صنعتی و تولیدی صنایع مذکور از جمله فلزات سنگین و آلاینده‌های نفتی قرار گرفته است. منشأ آلاینده‌های ورودی به خلیج نایبند می‌تواند ناشی از تردد انواع کشتی‌های حمل مواد هیدروکربنی، خروجی سیستم‌های تصفیه پساب مجتمع‌های پالایشگاهی و پتروشیمی و یا ورود انواع مواد شیمیایی و هیدروکربنی باشد که در نتیجه فعل و انفعالات صنعتی و به‌صورت تصفیه نشده و خام وارد این اکوسیستم می‌گردد. به عبارت دیگر این منطقه به دلیل مجاورت با منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس جنوبی متأثر از طرح‌های پالایشگاهی و پتروشیمی اجرا شده یا در دست اجرا در این منطقه است یا حداقل، پتانسیل آلودگی ناشی از صنایع مذکور همواره می‌تواند تهدیدی برای خلیج نایبند محسوب گردد. با وجود ایجاد سیستم‌های متمرکز تصفیه پساب و ده‌ها طرح و پروژه محیط‌زیستی اجرا شده و در دست اجرا، پساب‌های صنعتی مهم‌ترین تهدید اکوسیستم ساحلی این منطقه محسوب می‌شوند.

(SBET)، فاکتور غنی سازی (EF) و عوامل تاثیرگذار بالقوه از جمله ویژگی‌های رسوب که ممکن است تجمع زیستی و قابلیت دسترسی زیستی فلزات سنگین را تحت تاثیر قرار دهند، مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که در میان فلزات، Zn، Mn، V، Cu و Cd تحرک نسبتاً بالاتری نشان می‌دهند، در حالی که Ni، Cr، Pb، Ti به طور عمده در کسر باقی مانده رخ می‌دهد. براساس مقادیر متوسط، قابلیت دسترسی زیستی فلزات به ترتیب کاهش یافت: $Zn < Cd (46.26\%) < Mn(50.1\%) < Ni(9.2\%) < Pb(10.88\%) < V(13.97\%) < Ti(8.43\%) < Cr(6.66\%) < Cu(6.23\%)$. همچنین نتایج نشان داد که بیشتر فلزات با منشأ انسانی با قابلیت حل‌الیت بالاتر در مقایسه با منشأ طبیعی، قابلیت دسترسی زیستی بیشتری دارند. (Keshavarzifard et al., 2019). همچنین در مطالعه دیگری غلظت ۱۰ عنصر آرسنیک، کادمیم، کروم، مس، آلومینیوم، آهن، نیکل، آنتیموان، سرب و روی در رسوبات چهار ایستگاه ساحلی از جمله بندر امام حسن، بندر عامری، بندر بوشهر و خلیج نایبند مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج، همبستگی معنی‌داری را بین برخی عناصر به‌عنوان مثال، Cr-Ni، Cr-Al، Cr-Fe، Cr-Zn و Cr-Cu نشان داد (Bibak et al., 2018). در مطالعه دیگر تاثیر آلاینده‌های هیدروکربنی بر ساختار جوامع ماکروبتوزی در دو خور بزرگ در خلیج Guanabara و خلیج Laranjeiras در برزیل بررسی شد. نتایج نشان داد که خلیج Guanabara به دلیل وجود یک مجتمع صنعتی بزرگ و تراکم جمعیت بالا، به شدت آلوده شده است. غلظت PAH در این خلیج به طور معنی‌داری بالاتر از مقادیر آستانه بود. همچنین هیچ نشانه‌ای از آلودگی هیدروکربنی در خلیج Laranjeiras مشاهده نشد. تنوع و فراوانی ماکروفون‌ها بین دو خلیج متفاوت بود. با استفاده از روش تجزیه و تحلیل کانیکال که برای بررسی رابطه بین سطوح ماکروفونا و PAHها استفاده شد، نشان داده شد که این کلاس از هیدروکربن‌ها عامل اصلی سازنده Soft-Bottom assemblages در هر دو خلیج می‌باشند (Camargo et al., 2017). در مطالعه مشابه دیگری در خلیج فارس، میزان آلودگی رسوبات جزیره خارک نسبت به فلزات سنگین روی، مس، نیکل، سرب و کادمیوم با نمونه‌برداری از ۵ ایستگاه در اطراف جزیره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت فلزات مس، نیکل و سرب در رسوب جزیره خارک در فصل زمستان بیشتر از فصل تابستان است. همچنین مقایسه

پس از مطالعه پژوهش‌های صورت گرفته در منطقه نایبند و انجام یک گشت زمینی و دریایی از سواحل منطقه نسبت به شناسایی و ثبت اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌های مختلف و نیز منابع آلاینده شهری و صنعتی اقدام شد. سپس بر اساس داده‌های گردآوری شده، ۲۰ ایستگاه جهت نمونه‌برداری انتخاب شد. در گزینش ایستگاه‌های مطالعاتی دو عامل: ۱. توجه به ورودی‌های منابع آلاینده و ۲. پوشش حداکثری خلیج نایبند مورد توجه قرار گرفت. جدول (۱) مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها و شکل (۱) محل قرارگیری ایستگاه‌ها را در تصویر ماهواره‌ای نرم‌افزار Google Earth نشان می‌دهد.

بنابراین انجام مطالعات پژوهشی در زمینه اثرات آلودگی‌ها بر اکوسیستم‌های منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در پژوهش حاضر به مطالعه و سنجش آلاینده‌های فلزی و آلی (نفتی) در رسوبات ۲۰ ایستگاه از خلیج نایبند (خلیج فارس) پرداخته شده است.

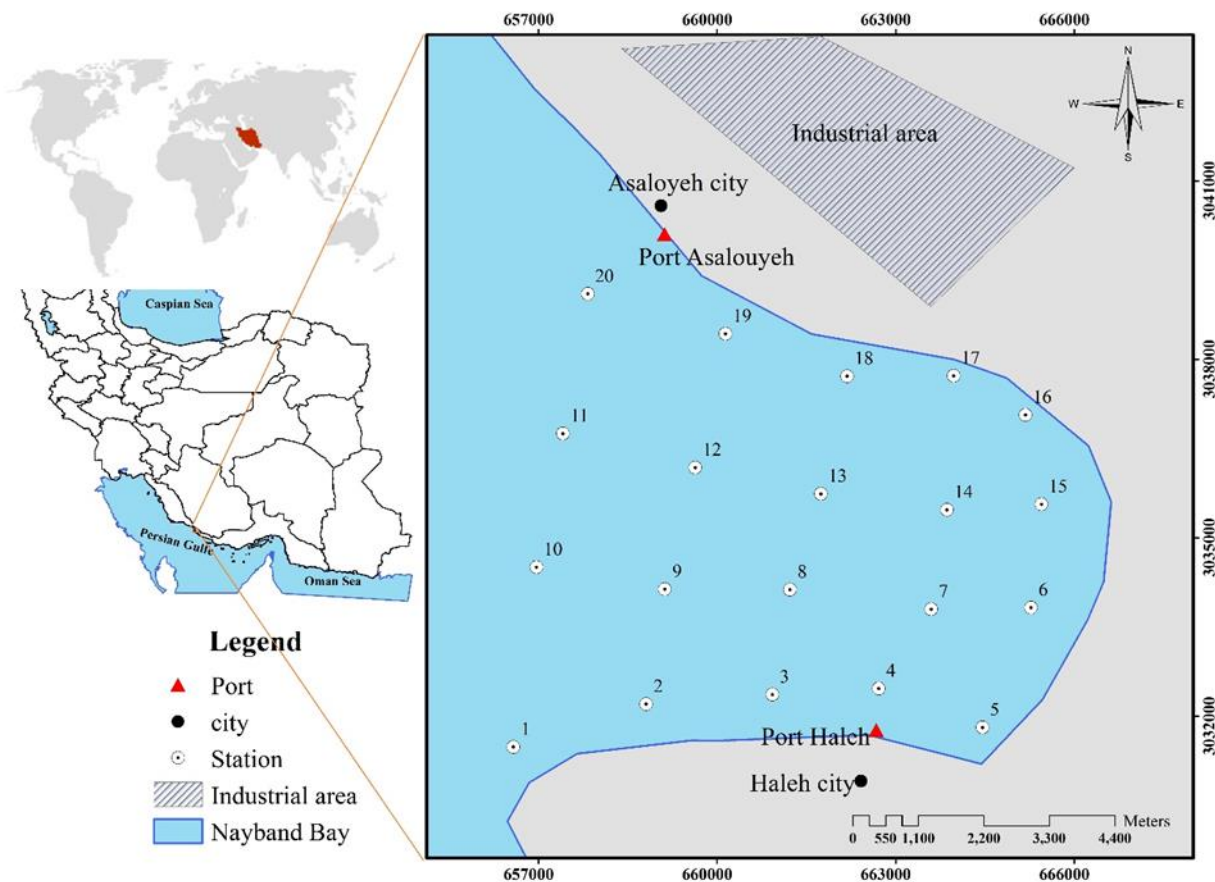
مواد و روش‌ها

• تعیین ایستگاه‌های مطالعاتی

پارک ملی دریایی نایبند در حدود ۳۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان بوشهر قرار گرفته است و شامل: خلیج نایبند، منطقه نایبند و جنگل‌های حرا (مرزهای عسلویه، بساتین و هاله) می‌باشد.

جدول (۱): مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی (خلیج نایبند - ۱۳۹۷)

شماره ایستگاه	مشخصه خاص	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	دماغه نایبند	52°35'1.18"E	27°23'51.84"N
۲	منطقه مرجانی	52°36'22.58"E	27°24'14.30"N
۳	منطقه مرجانی	52°37'39.94"E	27°24'18.61"N
۴	اسکله هاله: تردد قایق‌ها و لنج‌های صیادی	52°38'44.97"E	27°24'21.15"N
۵	ابتدای خور بساتین	52°39'48.20"E	27°23'59.18"N
۶	منطقه مانگرو	52°40'18.81"E	27°25'4.19"N
۷	-	52°39'17.71"E	27°25'4.15"N
۸	-	52°37'51.54"E	27°25'15.76"N
۹	-	52°36'35.04"E	27°25'16.94"N
۱۰	-	52°35'16.67"E	27°25'29.85"N
۱۱	-	52°35'33.94"E	27°26'42.56"N
۱۲	-	52°36'54.64"E	27°26'23.07"N
۱۳	-	52°38'11.24"E	27°26'7.90"N
۱۴	-	52°39'28.20"E	27°25'58.22"N
۱۵	منطقه مانگرو	52°40'26.05"E	27°26'0.56"N
۱۶	مانگرو بیدخون	52°40'17.05"E	27°26'49.48"N
۱۷	مانگرو بیدخون	52°39'33.44"E	27°27'11.35"N
۱۸	کانال فاضلاب شهری	52°38'28.57"E	27°27'11.85"N
۱۹	نزدیک به منطقه ویژه	52°37'14.10"E	27°27'35.98"N
۲۰	اسکله عسلویه: نزدیک‌ترین ایستگاه به پتروشیمی	52°35'50.23"E	27°27'58.72"N



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در منطقه مورد مطالعه

• عملیات نمونه‌برداری

عملیات نمونه‌برداری در اسفندماه ۱۳۹۷ و در طی یک روز انجام شد. موقعیت هر ایستگاه به وسیله یک دستگاه موقعیت‌یاب جهانی GPS کنترل گردید. نمونه‌برداری از رسوبات با استفاده از روش‌های استاندارد و به‌ویژه دستورالعمل اختصاصی کشورهای منطقه خلیج فارس (MOOPAM) انجام گرفت (Moopam, 1999). در این مطالعه مجموعاً ۱۲۰ نمونه رسوب از ۲۰ ایستگاه مطالعاتی برداشت شد. ۶۰ نمونه رسوبی به منظور سنجش آلاینده‌های آلی (PAHs & TPHs) و ۶۰ نمونه رسوبی به منظور سنجش آلاینده‌های فلزی آهن (Fe)، نیکل (Ni)، وانادیوم (V) و کبالت (Co) توسط گرب ون وین با سطح مقطع ۰/۰۲۵ متر مربع از ایستگاه‌های مطالعاتی به گونه‌ای برداشت شد که سطوح مختلف خلیج ناپیوند را پوشش دهد. نمونه‌برداری از لایه سطحی رسوبات (۵-۰ cm) به کمک گرب ون وین انجام گرفت. رسوبات در مجاورت یخ تا مجتمع آزمایشگاهی شاخه زیتون لیان (آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست) در بوشهر جهت

استخراج و سنجش فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی (نفثی) رسوبات حمل گردید و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا شروع مراحل هضم نگهداری شدند.

• عملیات آزمایشگاهی

سنجش غلظت فلزات نیکل، کبالت، وانادیوم و آهن توسط دستگاه ICP-MASS^(۳) مدل Agilent 7500cx صورت گرفت. نمونه‌های PAHs به‌دست آمده توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی مدل Agilent 6890n دارای ستون سلیکاژل با طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۳۲ میلی‌متر و فیلم نازک ۰/۲۵ میکرومتر نصب شده بر روی دستگاه سنجش شدند.

جهت هضم و آنالیز فلزات سنگین، نمونه‌های رسوب در دمای ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون کاملاً خشک شدند (Sidoumou et al., 2006). پوسته‌ها و اجسام خارجی از رسوبات کاملاً جدا و به کمک هاون، پودر و سپس با استفاده از الک ۶۳ میکرون الک گردیدند. نمونه‌های آماده شده تا زمان شروع مرحله هضم در ظروف پلی اتیلنی نگهداری شدند. کلیه ظروفی

جهت آماده‌سازی نمونه رسوب ابتدا ۱۰ گرم از رسوبات همگن شده بر مبنای وزن خشک، به منظور آگیری با سدیم سولفات (Na_2SO_4) یکنواخت شدند (در تمامی مراحل کار، سدیم سولفات قبل از استفاده در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت قرار گرفت). نمونه‌های همگن شده به استوانه‌های سلولزی (با نام تجاری کارتوش) انتقال یافتند، سپس به هر کارتوش حاوی نمونه، مقدار معینی (۵۰ میکرولیتر) استانداردهای داخلی برای سنجش دقت انجام کار و مقدار بازیافت نمونه اضافه شد. در مرحله بعد عمل استخراج توسط سیستم سوکسله، با ریختن ۳۵۰ سی‌سی از حلال دی کلرومتان، در بالن‌های سوکسله انجام شد. تمامی حلال‌های مورد استفاده تقطیر شدند. عمل استخراج رسوب به شیوه گرم برای گردش سه دور در ساعت و مدت ۸ ساعت تنظیم گردید. نمونه‌های استخراج شده به مدت یک شب با سدیم سولفات تیمار داده شدند. بعد از گذشت این زمان، نمونه‌ها از سدیم سولفات خارج شدند. به منظور بالا بردن دقت کار پس از خارج نمودن نمونه‌ها از سدیم سولفات، بالن‌های حاوی سدیم سولفات سه مرتبه با حلال مورد استفاده در سیستم سوکسله (دی کلرومتان) و دستگاه ارتعاش‌گر شستشو داده شدند و حلال حاوی بقایای نمونه‌ها در بالن‌های حاوی نمونه جمع‌آوری شدند. در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت یک شب با مس احیا شده (به منظور سولفورزدایی) تیمار داده شدند. بعد از گذشت این زمان، نمونه‌ها از مس احیا شده خارج شدند. به منظور بالا بردن دقت کار و اطمینان از عدم وجود کوچکترین ذره از نمونه در مس احیا شده همانند روش سدیم‌سولفات عمل شد. پس از تیمار نمونه‌ها در سدیم‌سولفات و مس احیا شده، نمونه‌ها توسط روتاری تا حجم ۱ میلی‌لیتر کاهش حجم داده شدند و بدین‌ترتیب برای عبور از ستون‌های کروماتوگرافی آماده شدند. قبل از آماده‌سازی ستون‌های کروماتوگرافی، سوسپانسیون سیلیکاژل - ان هگزان غیر فعال شده با آب ۵ درصد و سوسپانسیون سیلیکاژل - ان هگزان فعال تهیه شد. برای ساخت ستون یک کروماتوگرافی از ستونی با طول ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۱ سانتی‌متر حاوی سوسپانسیون سیلیکاژل - ان هگزان فعال شده با آب ۵ درصد استفاده شده است. عمل فشرده سازی سوسپانسیون به منظور کارایی بهتر ستون توسط دستگاه فشرده ساز انجام گرفت. ستون دو کروماتوگرافی نیز ستونی با طول ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۵/۰ سانتی‌متر است که از سوسپانسیون سیلیکاژل - ان هگزان غیر فعال پر شده و عمل فشرده‌سازی سوسپانسیون همانند ستون یک کروماتوگرافی انجام شده است.

که در طی مراحل آزمایش مورد استفاده قرار گرفت، قبل از شروع آزمایشات کاملاً اسید شویی شدند. بدین ترتیب که آنها ابتدا با مواد شوینده کاملاً شسته شدند. سپس محلول اسیدنیتریک ۱۰٪ با مخلوط اسیدنیتریک خالص غلیظ (۶۵٪) Merck و آب دوبار تقطیر تهیه شد و ظروف به مدت ۲۴ ساعت در محلول قرار داده شدند. بعد از اتمام این مرحله آنها با استفاده از آب دوبار تقطیر کاملاً شستشو و توسط آون در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک گردیدند (Yap et al., 2002; Orescanin et al., 2006).

برای هضم حدود یک گرم از نمونه کاملاً پودر شده، نمونه‌ها درون لوله‌های اسید شویی شده و مخصوص رفلاکس ریخته شده و ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۶۵ درصد و ۴ میلی‌لیتر اسید پرکلریدریک ۷۰ درصد به آهستگی به آن اضافه می‌گردد و یک شب در دمای آزمایشگاه نگهداری می‌شود. سپس نمونه‌ها برای هضم کامل بر روی دستگاه Digester Hot Plate با دمای متوسط ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده می‌شوند. پس از اتمام هضم و در لحظه‌ای که محلول تقریباً شفاف باقی می‌ماند و دیگر گاز خرمایی رنگی خارج نمی‌شود، دستگاه خاموش می‌گردد. نمونه‌ها پس از سرد شدن از روی صفحه داغ برداشته و از کاغذ صافی عبور داده می‌شوند و به بالن ژوژه با حجم ۵۰ میلی‌لیتر و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شود. نمونه‌های محلول از بالن ژوژه به ظروف پلی اتیلنی انتقال داده شده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین نگهداری می‌شود. سنجش غلظت فلزات نیکل، کبالت، وانادیوم و آهن توسط دستگاه ICP-MASS (Agilent) 7500cx^(۴) صورت گرفت.

جهت استخراج و سنجش آلاینده‌های آلی (نفثی) ابتدا کلیه شیشه آلات و وسایل آزمایشگاهی مورد استفاده برای نمونه‌برداری آلودگی‌های آلی در رسوبات با آب شیر سپس با محلول آب و صابون به طوری که ظروف برای چندین ساعت متوالی به طور کامل در محلول آب و صابون غوطه‌ور بمانند شسته شدند و آبکشی آن‌ها به خوبی انجام گرفت. سپس با آب مقطر و در مرحله بعد با حلال‌های متانول، استن و در مرحله آخر به وسیله هگزان نرمال شستشو داده شده و برای خشک شدن در آون مدل UFE 500 با دمای ۷۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شدند. برای جلوگیری از آلودگی مجدد، دهانه ظروف با فویل آلومینیوم پوشانده شد.

بار توسط حلال‌های دی کلرومتان/ متانول با نسبت ۱:۱ حجمی، آن‌هگزان و ایزواکتان شستشو داده شدند. ستون دستگاه GC-MS نیز پس از هر بار تزریق توسط ۲ میکرولیتر ایزواکتان شستشو داده شد (Mirza et al., 2002; Zakaria et al., 2012).

• آنالیز آماری

پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها جهت مقایسه غلظت فلزات سنگین و ترکیبات PAHs در رسوبات بین ایستگاه‌های مختلف از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها، جهت جدا کردن گروه‌های مختلف از پس‌آزمون Tukey استفاده شد. برای رسم نمودارها و جداول نیز از نرم‌افزار Excel-2010 و به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS-22 استفاده شد. در این مطالعه جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده گردید و نرمال نبودن توزیع داده‌ها با استفاده از روش تبدیل لگاریتمی (log X+1) برای داده‌های محیطی استفاده شد.

نتایج تحقیق

• نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های فلزی

در این پژوهش چهار فلز آهن (Fe)، نیکل (Ni)، وانادیوم (V) و کبالت (Co) در تمامی ایستگاه‌ها مورد سنجش قرار گرفت. میانگین، بیشترین و کمترین غلظت اندازه‌گیری شده این فلزات در جدول (۲) نشان داده شده است. همچنین غلظت‌های فوق، با میانگین جهانی این فلزات در منابع مختلف از جمله جدول راهنمای SQiRT^(۴) مقایسه شد. مطابق نتایج اختلاف میان ایستگاه در اکثر موارد معنی‌دار بود ($P > 0.05$). جدول (۲) خلاصه اطلاعات و اشکال (۲ تا ۵) تغییرات مقدار فلزات سنگین را در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان می‌دهند. براساس نتایج ارائه شده در جدول (۲) و نمودارهای شکل (۲ تا ۵) میزان آهن و وانادیوم در تمام ایستگاه‌های از مقادیر زمینه این فلزات در مقیاس جهانی و منطقه‌ای پایین تر می‌باشد، و در خصوص فلز نیکل میزان این فلز در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه به جز ایستگاه ۱، ۲ و ۳ بیشتر از حد مقادیر زمینه این فلزات در مقیاس جهانی و منطقه‌ای است. همچنین در خصوص فلز کبالت در ایستگاه‌های ۱۱، ۱۹ و ۲۰ بیشتر و در بقیه ایستگاه‌های کمتر از حد مقادیر زمینه این

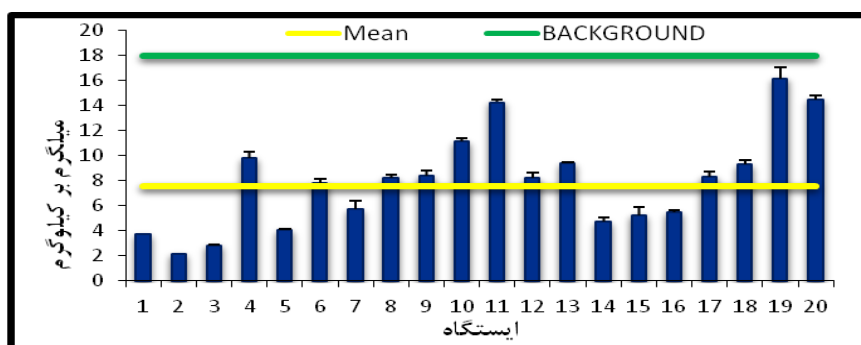
نمونه‌های کاهش حجم یافته تا حد ۲-۳ میلی لیتر به ستون یک کروماتوگرافی اضافه شدند تا ترکیبات آب دوست نمونه حذف شوند. در این مرحله ۳ مرتبه هر بار به اندازه ۱ میلی لیتر حلال دی کلرومتان/ آن‌هگزان با نسبت ۳:۱ حجمی به ستون اضافه شد و در هر مرتبه اجازه داده شد تا نمونه به طور کامل از ستون پایین بیاید. در مرحله بعد ۱۷ میلی لیتر از این حلال به طوره یکباره به ستون اضافه و نمونه رد شده از ستون جمع‌آوری شد. نمونه‌ای که از ستون یک جمع‌آوری شد توسط روتاری تا نزدیکی خشک شدن کاهش حجم یافت. با اضافه شدن نمونه به ستون دو، ترکیبات آلی (حلقوی) نمونه جداسازی شدند. با ریختن ۱۴ میلی لیتر حلال دی کلرومتان/ آن‌هگزان با نسبت ۳:۱ حجمی روی ستون، ترکیبات حلقوی شامل PAHs به دست آمدند. نمونه PAHs به دست آمده از ستون دو کروماتوگرافی، تحت دمش جریان ملایم گاز نیتروژن خالص تا حد ۲-۱ میلی لیتر کاهش حجم یافته و به ظروف شیشه‌ای ۲ میلی‌لیتری از قبل شسته شده انتقال یافتند. در این مرحله نمونه‌ها مجدداً تا نزدیک به خشک شدن تحت دمش جریان ملایم گاز نیتروژن خالص قرار گرفته، سپس ۲۰۰ میکرولیتر ایزواکتان به منظور نگهداری از نمونه‌ها تزریق گردید. شیشه‌ای ۲ میلی‌لیتری انتقال پیدا کردند. نمونه‌ها این بار به لوله‌های داخل ظروف و این بار به تیوب‌های داخل ویال انتقال پیدا کردند. از جمله مزیت استفاده از این لوله‌ها می‌توان به قرارگیری راحت و مستقیم سرنگ مخصوص تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی و طیف سنجی جرمی GC-MS به داخل نمونه اشاره کرد. دستگاه GC-MS مورد استفاده مدل Agilent 6890n دارای ستون سلیکاژل با طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۳۲ میلی متر و فیلم نازک ۰/۲۵ میکرومتر نصب شده بر روی دستگاه با آشکار ساز انتخاب جرمی بود. (شکل ۳-۵). تزریق به دستگاه به روش انتخاب یونی، با استفاده از گاز هلیوم تحت جریان ۱/۵ میلی لیتر بر دقیقه و استاندارد خارجی انجام شد. شرایط GC-MS، ظرفیت یونی ۷۰ الکترون ولت، دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و ولتاژ الکترونی معادل ۲۰۰۰ الکترون ولت بود. دمای ستون ابتدا در ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای ۲ دقیقه نگه داشته شد سپس برنامه افزایش دما به صورت ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، ۴ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا ۳۱۰ درجه سانتی‌گراد به دستگاه داده شد و دما برای ۱۰ دقیقه ثابت ماند. سرنگ‌های مخصوص تزریق به دستگاه GC-MS پس از هر بار تزریق چندین

ایستگاه‌های ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷ و ۱۱ که نزدیک به منطقه شهری و صنعتی عسلویه می باشد دارای میزان آلودگی بالاتری نسبت به دیگر مناطق خلیج می باشد.

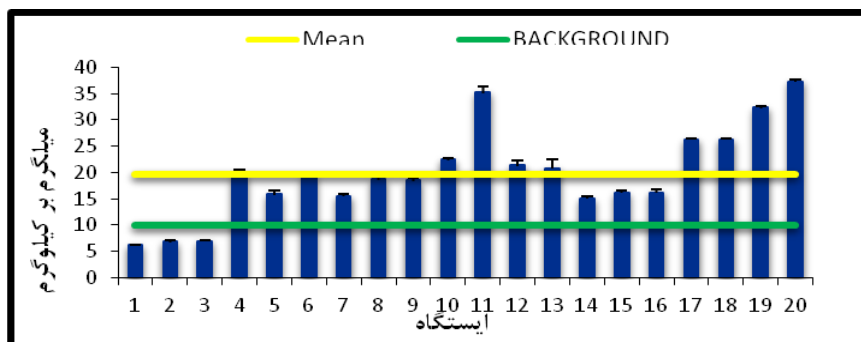
فلزات در مقیاس جهانی و منطقه‌ای است. به‌علاوه در شکل (۶) نقشه‌های مربوط به پراکنش آلودگی‌های فلزی آهن، نیکل، وانادیوم و کبالت نشان داده شده است. همانطور که نتایج پراکنش آلودگی فلزی نشان می‌دهد میزان این فلزات در نزدیکی

جدول (۲): خلاصه پارامترهای آماری مربوط به غلظت (ppm) فلزات سنگین در منطقه نایبند

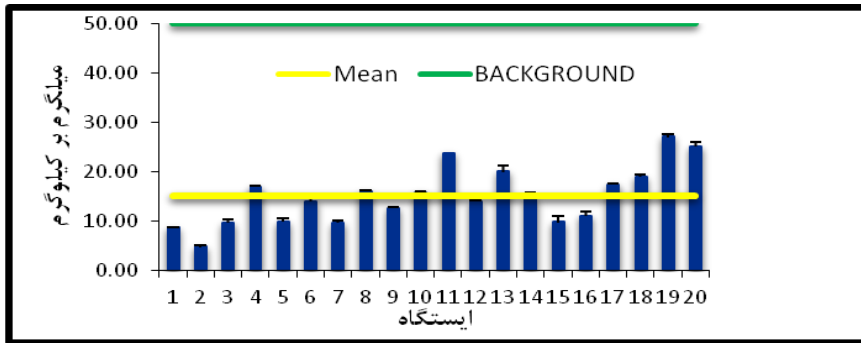
کبالت	وانادیوم	نیکل	آهن	
۵/۷۱	۱۴/۹۰	۱۹/۷۱	۷۹۸۰/۹۷	میانگین
۱/۵۷	۱/۳۱	۱/۹۲	۸۹۴/۹۹	خطای استاندارد
۹/۹۶(۱۹)	۲۶/۹۸(۱۹)	۳۴/۲۴(۱۱)	۱۶۱۹۵/۶۷(۱۹)	حداکثر غلظت (ایستگاه)
۲(۲)	۴/۶۹ (۲)	۶/۰۳ (۱)	۲۱۵۰(۲)	حداقل غلظت (ایستگاه)
۱۹	۱۳۰	۶۸	۴۸۰۰۰	میانگین شیل ^(۵) (Bibak et al., 2018)
۱۱/۶۶	۵۳	۱۸	۳۰۹۰۰	میانگین پوسته قاره‌ای ^(۶) (Camargo et al., 2017)
۱۴	۱۰۵	۵۲	۴۱۰۰۰	میانگین رسوبات جهانی ^(۷)
۱۰	۵۰	۹/۹	۱۸۰۰۰-۹۹۰۰	Background (SquiRTs) (سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس)



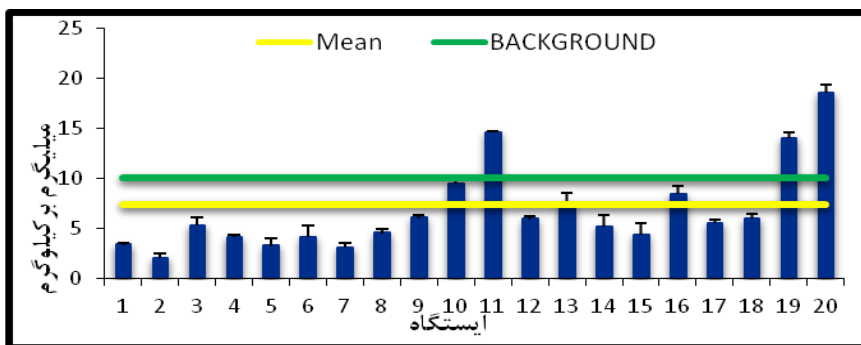
شکل (۲): میانگین (خطای استاندارد) غلظت آهن (ppm) در ایستگاه‌های مطالعاتی



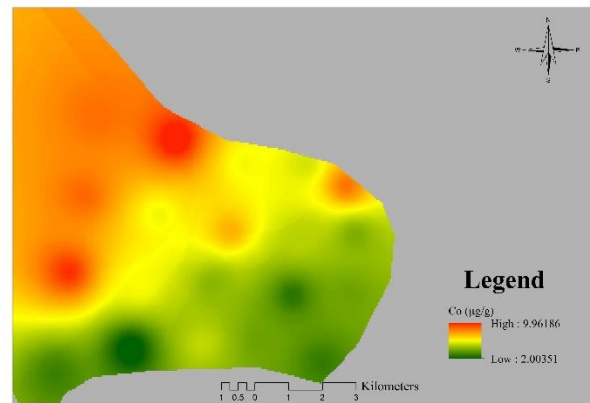
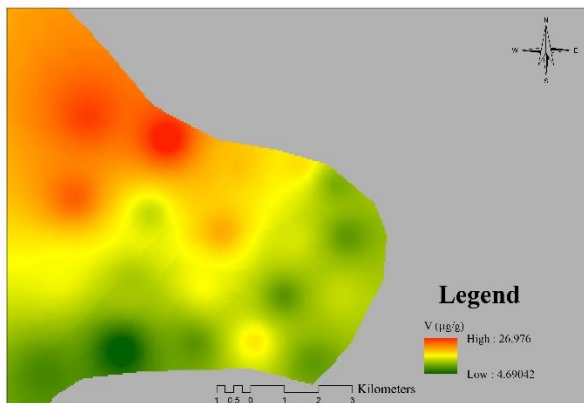
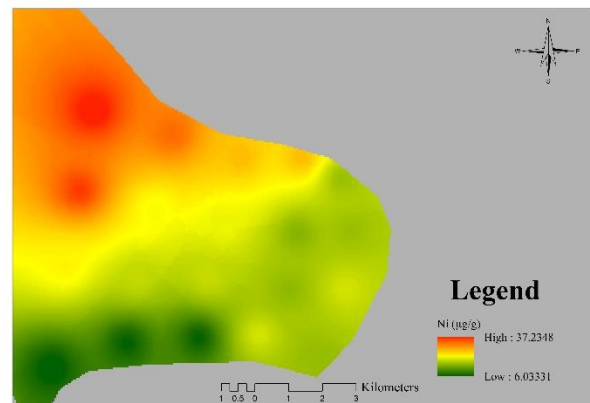
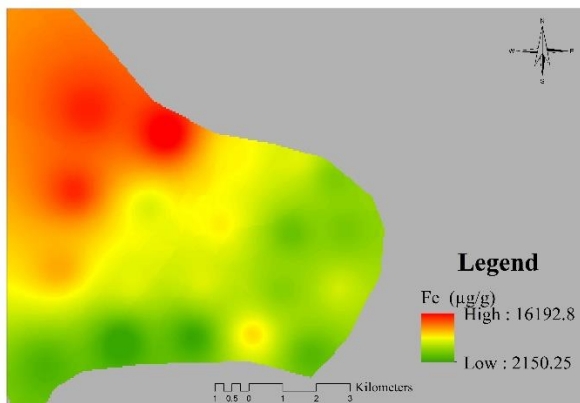
شکل (۳): میانگین (خطای استاندارد) غلظت نیکل (ppm) در ایستگاه‌های مطالعاتی



شکل (۴): میانگین (خطای استاندارد) غلظت وانادیوم (ppm) در ایستگاه‌های مطالعاتی



شکل (۵): میانگین (خطای استاندارد) غلظت کبالت (ppm) در ایستگاه‌های مطالعاتی



شکل (۶): نقشه‌های مربوط به پراکنش آلودگی‌های فلزی آهن، نیکل، وانادیوم و کبالت

• نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های آلی (نفی)

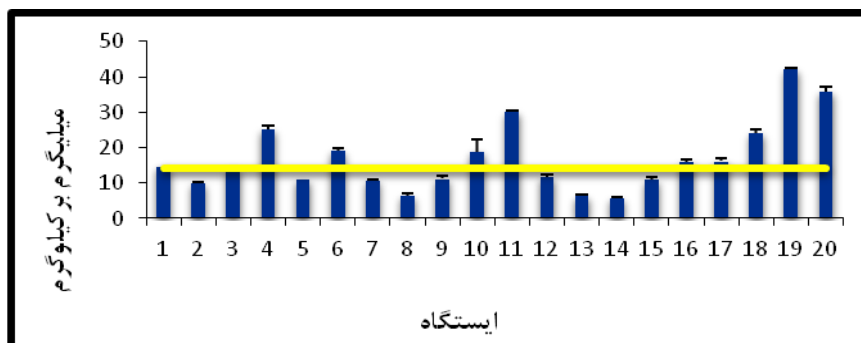
میزان TPH و PAHS در نزدیکی ایستگاه‌های ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷ و ۱۱ که نزدیک به منطقه شهری و صنعتی عسلویه می باشد دارای میزان آلودگی بالاتری نسبت به دیگر مناطق خلیج می باشد.

در این پژوهش کل هیدروکربن‌های آلی TPH و ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای PAHS موردسنجش قرار گرفت. به دلیل این که در اکثر نمونه‌های برداشت شده غلظت ترکیبات PAH کمتر از حد تشخیص دستگاه بود و امکان مقایسه میان ایستگاه وجود نداشت از مجموع PAH برای آنالیز استفاده شد. خلاصه اطلاعات این دو پارامتر در جدول (۳) ارائه شده است براساس نتایج به‌دست آمده میزان TPA و Σ PAHS به‌صورت میانگین به ترتیب ۱۴/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم براساس وزن خشک و ۲۲۳/۰۹ میکروگرم بر کیلوگرم براساس وزن خشک به‌دست آمد. همچنین اشکال (۷، ۸ و ۹) تغییرات TPH و PAHS را در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان می‌دهند. به‌علاوه براساس نتایج شکل‌های ۷، ۸ و ۹ که نتایج پراکنش آلودگی فلزی نشان می‌دهد

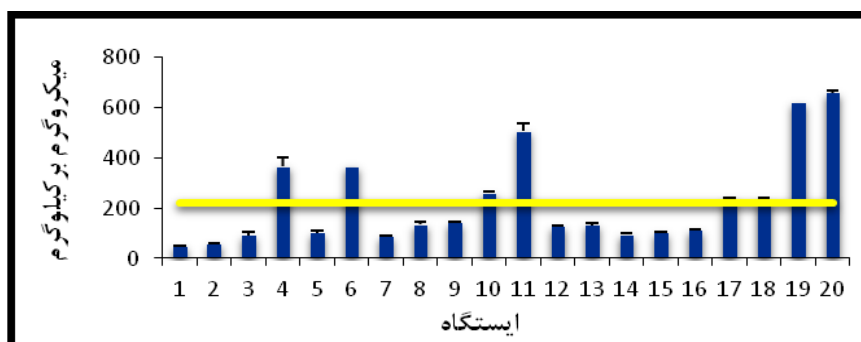
جدول (۳): خلاصه مقادیر آلاینده‌های هیدروکربنی

پارامتر آماری	TPH mg/kg wd	Σ PAHS μ g/kg wd
حداکثر	۴۲/۱۶	۶۵۷/۶۸
حداقل	۵/۷۲	۴۷/۵۷
میانگین	۱۴/۳۳	۲۲۳/۰۹
خطای استاندارد	۲/۱۶	۴۱/۵۳

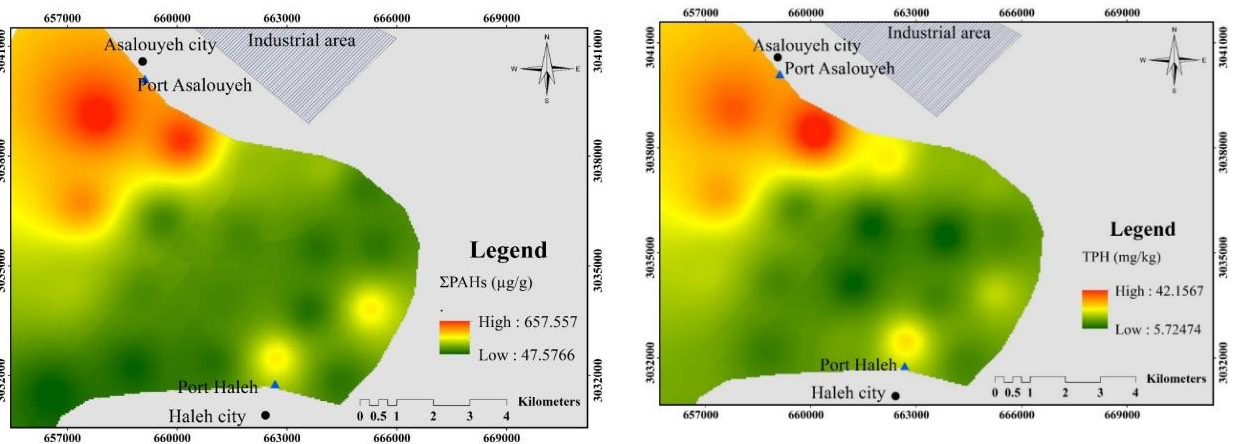
شکل‌های (۷ و ۸) غلظت این آلاینده‌ها را به تفکیک ایستگاه نشان می‌دهد.



شکل (۷): میانگین (خطای استاندارد) غلظت TPH (mg/kg wd) در ایستگاه‌های مطالعاتی



شکل (۸): میانگین (خطای استاندارد) غلظت کل ترکیبات PAHS (μ g/kg wd) در ایستگاه‌های مطالعاتی



شکل (۹): نقشه‌های مربوط به پراکنش آلودگی‌های آلاینده‌های آلی PAHs و TPH

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه ۴ فلز سنگین آهن، نیکل، وانادیوم و کبالت موردسنجش قرار گرفتند. براساس نتایج مقایسه میانگین‌های در شکل‌های ۲ تا ۵ و نقشه مربوط به پراکنش آلودگی فلزات مورد مطالعه، میزان آلودگی فلزات در ایستگاه‌های ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷ و ۱۱ دارای بیشترین مقدار اندازه‌گیری شد. همچنین، به طور کلی توالی غلظت فلزات سنگین در رسوبات ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده به صورت آهن < نیکل < وانادیوم < کبالت می‌باشد. به جز نیکل که در ایستگاه شماره ۱۱ حداکثر غلظت را داشت، سایر فلزات در ایستگاه شماره ۱۹ بیشترین مقدار را نشان دادند این ایستگاه در ساحل عسلویه قرار گرفته است و به احتمال زیاد حجم آلودگی آن می‌تواند نشأت گرفته از فعالیت‌های منطقه پارس جنوبی باشد. کمترین مقدار فلزات نیز در ایستگاه‌های ۱ و ۲ که تقریباً در دماغه خلیج نایبند و با فاصله از تاسیسات صنعتی عسلویه قرار گرفته‌اند مشاهده شد. اختلافات معنی‌داری بین ایستگاه‌های مطالعاتی در مورد غلظت هر یک از فلزات وجود داشت ($P < 0.01$). جدول (۲) و اشکال (۲) الی (۶) نمودار تغییرات مقدار فلزات سنگین را در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان می‌دهد. Rahmani و همکاران نیز در سال ۲۰۲۰ با استفاده از مدل GNOME سواحل عسلویه را به دلیل ورود پساب کارخانجات صنعتی بلافضل، واجد آلودگی تشخیص داده‌اند (Rahmani et al., 2020). براساس نتایج Vaziri et al., (2021) روی فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم، سرب، وانادیوم و جیوه) در رسوبات خوربات ماهشهر، آنها بیان کردند که میزان نیکل در رسوبات منطقه دارای بیشترین غلظت و بعد سرب، کادمیوم، وانادیوم و جیوه قرار دارد که با نتایج ما که

نیکل دارای مقادیر بیشتر از دیگر فلزات به جز آهن و همچنین بیشتر از وانادیوم می‌باشد مطابقت دارد. به‌علاوه نتایج آنها نشان داد که میزان نیکل در ایستگاه‌های مورد مطالعه آنها در در رسوبات خوربات ماهشهر بیشتر از مقادیر زمینه به‌دست آمد و مقادیر وانادیوم کمتر از مقادیر زمینه اندازه‌گیری شد که این نتایج آنها نیز با نتایج مطالعه ما تطابق دارد (Vaziri et al., 2021). زمانی افشار و همکاران نیز در سال ۱۴۰۱ در مطالعه‌ای روی فلزات سنگین روی، نیکل، مس و سرب در رسوبات منطقه حفاظت‌شده خورخوران گزارش کردند که میزان نیکل بیشتر از سایر فلزات اندازه‌گیری شد و مقدار فلز نیکل در ایستگاه‌های مورد مطالعه آنها برابر و بالاتر از مقادیر زمینه این فلزات در مقیاس جهانی اندازه‌گیری شد که نتایج آنها با نتایج مطالعه ما تطابق داشت، به‌علاوه آنها بیان کردند که احتمال غلظت زیاد نیکل در رسوبات این منطقه ممکن است با آلودگی‌های انسانی مانند تردد کشتی‌ها یا فاضلاب‌های شهری و صنعتی ارتباط مستقیم داشته باشد (Zamani Afshar et al., 2022). مورکی نیز در سال ۱۳۹۵ که ارتباط بین پراکنش مکانی و تراکم جمعیت روزنه داران کف زی با غلظت چهار فلز سنگین جیوه، کادمیوم، سرب و نیکل را در خلیج نایبند و خور هاله را مورد مطالعه قرار می‌داد، در مورد وضعیت آلودگی خلیج نایبند بیان داشت: از نقطه نظر مقادیر فلزات سنگین اندازه‌گیری شده غلظت جیوه، کادمیوم، نیکل و سرب پایین‌تر از حد قابل قبول برای مناطق غیر آلوده ارزیاب شده توسط NOAA و ISQG^(۸) می‌باشد (Mooraki et al., 2016). منطقه خلیج نایبند طی تحقیقی که در سال ۱۳۸۵ توسط ربانی و همکاران انجام پذیرفت نیز منطقه‌ای عاری از آلودگی از نقطه نظر وجود عناصر

گیری شد، که می‌توان علت آن نزدیکی این منطقه از خلیج نایبند به منطقه شهری و صنعتی عسلویه بیان کرد.

فعالیت‌های انسانی سبب ایجاد دو منبع برای ترکیبات PAHs شامل منبع نفتی (پتروژنیک) و سوختی (پایروژنیک) در محیط‌زیست می‌شوند. منبع پایروژنیک شامل ترکیباتی است که از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی وارد محیط‌زیست می‌شوند و منبع پتروژنیک به ترکیباتی اطلاق می‌شود که از نفت خام منشأ می‌گیرند (Elias et al., 2007). تردد بالای شناورهای کوچک و بزرگ جهت مقاصد حمل و نقل تولیدات پتروشیمی‌ها، قایقرانی‌های کوچک تجاری و تفریحی در منطقه خلیج نایبند به دلیل مجاورت با بندر عسلویه و اسکله‌های صیادی می‌تواند سبب افزایش منابع پایروژنیک گردد. یکی دیگر از منابع پایروژنیک ترکیبات PAH، انتقال این ترکیبات از طریق چسبیدن به ذرات معلق در هوا می‌باشد که می‌تواند از فواصل بسیار زیادی منتقل شده و در اثر فرآیندهایی مانند ریزش باران به آب دریا و رسوبات آن وارد شود (Tam et al., 2001). همچنین نتایج مطالعه دشت بزرگ و همکاران که در سال ۱۳۹۸ انجام شد نشان داد که منشأ هیدروکربن‌های موجود در رسوبات سطحی سواحل خلیج فارس در محدوده استان بوشهر (بندر گناوه، بندر عسلویه، منطقه نایبند و بندر بهرگان) پتروژنیک (نفتی) هستند که ممکن است ناشی از نشت مواد نفتی از خطوط انتقال نفت خام، نشت از سکوها، بهره‌برداری نفت خام، تردد نفت کش‌ها و عوامل دیگر باشد (Dashtbozorg et al., 2019). به‌طورکلی می‌توان گفت فعالیت‌های صنعتی و اکوتوریسم سهم بسزایی در آلودگی منابع محیط‌زیستی دارند (Domine et al., 1994). میرزا و همکاران در سال ۱۳۹۰ بیان کردند که منشأ هیدروکربن‌های موجود در رسوبات سطحی جمع‌آوری شده از سواحل استان بوشهر تحت تاثیر مخلوطی از PAHs های ناشی از منابع پتروژنیک و پایروژنیک هستند (Mirza et al., 2011). بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق، اکثریت ایستگاه‌های آلوده در مجاورت و نزدیکی منطقه عسلویه قرار داشتند و نگاهی به داده‌های حاصل از سنجش آلاینده‌ها، نوع گرادیان و جریان آلودگی را از سمت تاسیسات منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی به سمت داخل خلیج نایبند می‌توان استنباط نمود. به‌طورکلی میزان آلودگی در منطقه مورد مطالعه پایین‌تر از میزان آلودگی استانداردهای مقایسه شده است و آسیب‌رسانی به موجودات کفزی رسوبات مورد مطالعه پایین به‌نظر می‌رسد اما همین میزان آلودگی اندک پتانسیل تغییر در

فلزی سنگین نیکل، سرب، کادمیوم و جیوه اعلام شد (Rabani et al., 2007)؛ اما تحقیق مورد نظر قبل از راه‌اندازی بخش قابل‌توجهی از مجتمع‌های پتروشیمی صورت گرفته بود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان اذعان داشت که فعالیت مجتمع‌های صنعتی در منطقه تاکنون تاثیر قابل‌توجهی بر تغییر غلظت این عناصر نداشته است. همچنین در مقایسه داده‌های حاصل از انجام تحقیق ربانی با مطالعات انجام‌شده در سال ۱۳۷۹ توسط کرباسی (Karbasi, 2000) مشخص گردید که پس از گذشت چندین سال و شروع به کار طیف وسیعی از صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، تردد کشتی‌ها و شناورهای کوچک و بزرگ، غلظت کادمیوم و جیوه نیز در خلیج نایبند دستخوش تغییر قابل‌توجهی نشده است. Davari در مقاله خود به این نکته اشاره دارد که فلزات سنگین به‌عنوان آلاینده‌های غیر نقطه‌ای امروزه به یک معضل محیط‌زیستی در جهان تبدیل شده و اثرات نامطلوب بر انسان و محیط زیست وارد می‌کند. او بر اساس یافته‌های خود نتیجه می‌گیرد که فعالیت‌های نفت و گاز پارس جنوبی به شدت بر جنگل‌های مانگرو خلیج نایبند اثر گذاشته و با ادامه این روند، احتمال نابودی کامل این اکوسیستم وجود دارد (Davari et al., 2010). Delshab و همکاران نیز در ارزیابی وضعیت آلودگی در عسلویه بیان می‌کنند که رسوبات سطحی منطقه به طور قابل‌توجهی با Hg و Cu، به‌ویژه در جنوب بندر عسلویه غنی شده‌اند (Delshab et al., 2017).

هیدروکربن‌های نفتی از مهم‌ترین عوامل آلاینده در اکوسیستم‌های دریایی هستند و باعث ایجاد آشوب و تغییر در جمعیت جوامع بنتیک می‌شود (Aghadadashi et al., 2019). خلیج فارس و سواحل استان بوشهر و به‌ویژه منطقه عسلویه محل انجام بسیاری از فعالیت‌های استخراج و حمل و نقل مواد نفتی است و احتمال می‌رود مقادیر چشمگیری از این ترکیبات در آب و آبزیان این منطقه وجود داشته باشد. در این پژوهش کل هیدروکربن‌های نفتی و مجموع غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی (PAHs) مورد سنجش قرار گرفت و بیشترین غلظت TPH در ایستگاه ۱۹ با $42/16 \text{ mg/kg}$ و بیشترین غلظت PAH در ایستگاه ۲۰ با $657/68 \mu\text{g/kg}$ به ثبت رسید. براساس نتایج جدول ۳ و نمودارهای تغییرات غلظت TPH و PAHs در شکل‌های ۷ و ۸ و نقشه پهنه بندی در شکل ۹ نشان می‌دهند، میزان آلودگی آلاینده‌های آلی TPH و PAHs در ایستگاه‌های ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷ و ۱۱ مانند آلاینده‌های فلزی دارای بیشترین مقدار اندازه

4. SQuiRT: Screening Quick Reference Tables
 5. Average contents in the Earth's shale
 6. Average contents in the upper continental crust
 7. Average contents in the global sediment
 8. Interim Sediment Quality Guideline
- جوامع ماکروبتیک خلیج نایبند را در بلند مدت دارد.
- یادداشت‌ها
1. Offshore
 2. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
 3. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

فهرست منابع

- Aghadadashi, V., Neyestani, M.R., Mehdinia, A., Bakhtiari, A.R., Molaei, S., Farhangi, M., Esmaili, M., Marnani, H.R. & Gerivani, H. 2019. Spatial distribution and vertical profile of heavy metals in marine sediments around Iran's special economic energy zone; Arsenic as an enriched contaminant. *Marine pollution bulletin*, 138, pp.437-450.
- Barbour, E.K., Sabra, A.H., Shaib, H.A., Berckley, A.M., Farajalla, N.S., Zurayk, R.A. & Kassaify, Z.G. 2008. Baseline data of polycyclic aromatic hydrocarbons correlation to size of marine organisms harvested from a war-induced oil spill zone of the Eastern Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 56(4), pp.770-777.
- Briffa, J., Sinagra, E. & Blundell, R. 2020. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans, Volume 6, Issue 9. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 17(5), pp.765-776.
- Bibak, M., Sattari, M., Agharokh, A., Tahmasebi, S. & Imanpour Namin, J. 2018. Assessing some heavy metals pollutions in sediments of the northern Persian Gulf (Bushehr province). *Environmental Health Engineering and Management Journal*, pp.175-179.
- Camargo, M.Z., Sandrini-Neto, L., Carreira, R.S. & Camargo, M.G. 2017. Effects of hydrocarbon pollution in the structure of macrobenthic assemblages from two large estuaries in Brazil. *Marine pollution bulletin*, 125(1-2), pp.66-76.
- Davari, A., Danehkar, A., Khorasani, N. & Poorbagher, H. 2010. Heavy metal contamination of sediments in mangrove forests of the Persian Gulf. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3/4 part 2), pp.1280-1284.
- Dashtbozorg, M., Riahibakhtiari, A., Shooshizadeh, M. & Taghavi, L. 2019. Determining the origin of hydrocarbons in the surface sediments of the Persian Gulf coasts in Bushehr province using normal alkane biomarkers. *Journal of Marine Biology*, 11 (44), pp.75-92. (In Persian)
- Delshab, H., Farshchi, P. & Keshavarzi, B. 2017. Geochemical distribution, fractionation and contamination assessment of heavy metals in marine sediments of the Asaluyeh port, Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1-2), pp.401-411.
- Domine, D., Devillers, J., Garrigues, P., Budzinski, H., Chastrette, M. & Karcher, W. 1994. Chemometrical evaluation of the PAH contamination in the sediments of the Gulf of Lion (France). *Science of the total environment*, 155(1), pp.9-24.
- Elias, M.S., Wood, A.K., Hashim, Z., Siong, W.B., Hamzah, M.S., Rahman, S.A., Salim, N.A.A. & Talib, A. 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination in the sediments of East Coast Peninsular Malaysia. *Malays J Anal Sci*, 11(1), pp.70-75.
- Hyun, S., Lee, T., Lee, C.H. & Park, Y.H. 2006. The effects of metal distribution and anthropogenic effluents on the benthic environment of Gwangyang Bay, Korea. *Marine pollution bulletin*, 52(1), pp.113-120.
- Kamalifar, R., Aeinjamshid, K., Nurinejad, M., Dehghan-Mediseh, S. & Vazirizadeh, A. 2016. Ecological status assessment of Bidkhun mangrove swamp from Bushehr province, Persian Gulf, using macrofauna

- community structure. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 9(1), pp.8-19.
- Keshavarzifard, M., Moore, F. & Sharifi, R. 2019. The influence of physicochemical parameters on bioavailability and bioaccessibility of heavy metals in sediments of the intertidal zone of Asaluyeh region, Persian Gulf, Iran, *Geochemistry*, 79(1), pp.178-87.
- Kennish, M.J. 1997. *Practical handbook of estuarine and marine pollution*. Boca Raton: CRC press.
- Kennish, M.J. 2000. *Practical Handbook of Marine Science*. CRC press.
- Kennish, M.J. 2019. *Ecology of estuaries: anthropogenic effects*. CRC press.
- Karbasi, A. 2000. Standard concentration and origin of Fe, V, Cd, Co, Cu, Zn, Ni, Mn, Pb in surface sediments of Persian Gulf. *Journal of Environmental Science and Technology*, 5, pp.53-66. (In Persian)
- Mance, G. 2012. *Pollution threat of heavy metals in aquatic environments*. Springer Science & Business Media.
- McGroddy, S.E. & Farrington, J.W. 1995. Sediment porewater partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons in three cores from Boston Harbor, Massachusetts. *Environmental Science & Technology*, 29(6), pp.1542-1550.
- Medeiros, P.M., Bicego, M.C., Castelao, R.M., Del Rosso, C., Fillmann, G. & Zamboni, A.J. 2005. Natural and anthropogenic hydrocarbon inputs to sediments of Patos Lagoon Estuary, Brazil. *Environment International*, 31(1), pp.77-87.
- Moopam, R. 1999. *Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods*. ROPME. Kuwait, 1, p.20.
- Mooraki, N., Moghadasi, B., Manuchehri, H. & Chankizi, R. 2016. Measuring the concentration of heavy metals and evaluating the degree of pollution in the sediments of Khor Hale and Naiband Bay and its effect on benthic foraminifera communities. *Journal of Wetland Ecobiology*, 29(8), pp.45-48. (In Persian)
- Mirza, R., Dadollahi, A., Safaieh, A., Mohammadi, M., Savari, A. & Abedi, E. 2011. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) in Sediments and Rockyshore Oysters (*Saccostrea cucullata*) in Intertidal Area of Boushehr State (Persian Gulf). *Journal of Oceanography*, 2 (5), pp.11-19. (In Persian)
- Mirza, R., Mohammadi, M., Sohrab, AD., Safahieh, A., Savari, A. & Hajeb, P. 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons in seawater, sediment, and rock oyster *Saccostrea cucullata* from the northern part of the Persian Gulf (Bushehr Province), *Water Air Soil Pollut*, 223(1), pp.189–198.
- Nies, D.H. 1999. Microbial heavy-metal resistance. *Applied microbiology and biotechnology*, 51(6), pp.730-750.
- Otta, Y., Suzuki, A., Yamaoka, K., Nagao, M., Tanaka, Y., Irizuki, T., Fujiwara, O., Yoshioka, K., Kawagata, S., Kawano, S. & Nishimura, O. 2021. Geochemical distribution of heavy metal elements and potential ecological risk assessment of Matsushima Bay sediments during 2012–2016, *Science of The Total Environment*, V.751.
- Orescanin, V., Lovrencic, I., Mikelic, L., Barisic, D., Matasin, Z., Lulic, S. & Pezelj, D. 2006. Biomonitoring of heavy metals and arsenic on the east coast of the Middle Adriatic Sea using *Mytilus galloprovincialis*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 245(2), pp.495-500.
- Palmer, TA., Klein, AG., Sweet, ST, Montagna, PA., Hyde, LJ., Sericano, J., Wade, TL., Kennicutt II, MC. & Beseres Pollack, J. 2020. Long-term changes in contamination and macrobenthic communities adjacent to McMurdo Station, Antarctica, *Science of The Total Environment*, V.764.
- Rahmani, S., Farzingohar, M. & Kabiri, K. 2020. Mapping of Pollution Dimensions of Areas Affected by Asaluyeh Petrochemical Wastewater Based on GNOM model. *Journal of oceanography*, 11(41),

pp.139-149.

- Rabani, M., Jafarabadi, A. & Mehrdadsharif, A. 2007. Measurement of lead, nickel and mercury heavy metals in water and sediment in Persian Gulf - Asalouye operating area. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9 (3), pp.23-31. (In Persian)
- Shulkin, V.M., Presley, B.J. & Kavun, V.I. 2003. Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. *Environment International*, 29(4), pp.493-502.
- Suzuki, N., Koizumi, N. and Sano, H., 2001. Screening of cadmium-responsive genes in *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell & Environment*, 24(11), pp.1177-1188.
- Sidoumou, Z., Gnassia-Barelli, M., Siau, Y., Morton, V. & Romeo, M. 2006. Heavy metal concentrations in molluscs from the Senegal coast, *Environment international*, 32(3), pp.384-387.
- Sofowote, U.M., McCarry, B.E. & Marvin, C.H. 2008. Source apportionment of PAH in Hamilton Harbour suspended sediments: comparison of two factor analysis methods. *Environmental science & technology*, 42(16), pp.6007-6014.
- Sobhanardakani, S., Mohammadi, R.M. & Mashalpoor, F.R. 2016. Assessment of Cd, Cr and Ni concentrations in macrobenthos communities of Khor Musa and correlation with metals accumulation in sediments. *Journal of Natural Environment*, 69 (3), pp.681-696. (In Persian)
- Tam, N.F.Y., Ke, L., Wang, X.H. & Wong, Y.S. 2001. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of mangrove swamps. *Environmental Pollution*, 114(2), pp.255-263.
- Vaezi, A., Karbasi, A., Samani, A., Hedary, M., Fakhrai, M. & Rahmati, A. 2014. Zoning, distribution and origin of total petroleum hydrocarbons (TPH) and metal pollutants in the sediments of Khor Mahshahr, Persian Gulf. *Journal of Environmental Science and Technology*, 16 (93), pp.1-19. (In Persian)
- Vaziri, B., Hakimi Abed, M., Nabavi, S M B. & Shariat Feizabadi, F. 2021. Bioaculation, Lead, Vanadium, Feather, Ordinary Coke, Havaer-e-Azim Wetland. *Journal of Oceanography*, 12 (45), pp.99-112. (In Persian)
- Zamani Afshar, R., Esmailpour, Y., Naji, A. & Gholami, H. 2022. Investigation of accumulation of heavy metals in sediment and *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. plants of Khorkhoran protected area. *Iranian Journal of Forest*, 14(1), pp.61-73. (In Persian)
- Wang, C., He, S., Zou, Y., Liu, J., Zhao, R., Yin, X., Zhang, H. & Li, Y. 2020. Quantitative evaluation of in-situ bioremediation of compound pollution of oil and heavy metal in sediments from the Bohai Sea, China. *Marine Pollution Bulletin*, 150, p.110787.
- Yang, G.P. 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the South China Sea. *Environmental Pollution*, 108(2), pp.163-171.
- Yap, CK., Ismail, A., Tan, SG. & Omar, H. 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia, *Environment international*, 28(1-2), pp.117-126.
- Zakaria, MP., Takada, H., Tsutsumi, S., Ohno, K., Yamada, J., Kouno, E. & Kumata, H. 2002. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in rivers and estuaries in Malaysia: a widespread input of petrogenic PAHs, *Environmental science & technology*, 36(9), pp.1907-18
- Yazdan Panah, D., Safahieh, A., Salari Aliabadi, A. & Kamal, G. 2017. Comparison of Heavy Metals (Zn, Cu, Ni, Pb and Cd) Concentration in the Intertidal Sediments of the Kharg Island during Summer and Winter. *Journal of Oceanography*, 8 (30), pp.1-9. (In Persian)