Shahid Chamran University of Ahvaz
OPEN ACCESS Adv. Appl. Geol. Autumn 2025, Vol. 15(3): 222 - 240

Research Article

Stratigraphy of the Pleistocene marine deposits in the northern coasts of the Persian Gulf and introduction of a reference section for the Khark Formation in the Qeshm Island

Hossein Gholamalian[1]*, Mohammad Javad Hassani[2], Mahmood Khorramin[3]

1- Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2- Department of Ecology, Institute of Sciences and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.
3- Qeshm Cement Company, Qeshm Island, Hormozgan Province, Iran.

Keywords: *Khark Formation, Pleistocene, Persian Gulf, Zagros.*

1-Introduction

The Bakhtiari Formation, known for decades as the Pleistocene strata in Iran's Zagros region, is characterized by thick conglomerates lacking in-situ fossils, with its age inferred from stratigraphy. Although widely recognized across the Zagros zones and neighboring countries (Jassim and Goff, 2006; Aghanabati, 2013; Haji Karim et al., 2015; 2025, Abdula et al., 2025), many geologists have mistakenly labeled all similar Pleistocene deposits as the Bakhtiari Formation, despite notable lithological differences, especially in the northern Persian Gulf's coastal areas where carbonate-rich sediments prevail. This discrepancy is evident in geological maps and studies, prompting a reevaluation of the region's lithostratigraphy. Motiei (1994) identified these carbonate deposits on Khark Island as the Khark Formation, though its type of section remains largely problematic and its report remains formally unpublished. Consequently, new research has focused on comparable deposits along the northern Persian Gulf coast, establishing a reference section for the Khark Formation on Qeshm Island to clarify these stratigraphic distinctions.

2-Material and methods

Six stratigraphic sections on Qeshm Island were studied, with the Mesen section chosen for its accessibility and clear boundaries, where diverse marine fossils were collected and identified. Also, the abundant fauna were collected and identified.

3-Results and discussions

3-1 Geology of Qeshm Island

The geology of Qeshm Island shows its oldest layers in the Ediacaran-Cambrian Hormuz series, followed by Miocene marl deposits of the Mishan Formation, which are found centrally. The Aghajari Formation is composed of gray and green marls, limestone, and sandstone, and it dominates much of the island's terrain and dates to the Late Miocene to Middle Pleistocene. The overlying sequence is a Late Pleistocene unit of marly and massive limestone alongside green and gray marls, correlating with the Bakhtiari Formation and central to this study. The island's youngest beds are recent marine deposits visible along its beaches.

3-2 Khark Formation

Name: The name of this formation is taken from Khark Island, where the type section is located.

* Corresponding author: hossein_gholamalian@yahoo.com
DOI: 10.22055/aag.2025.50726.2536
Received: 2025-09-29
Accepted: 2025-12-21

ISSN: 2717-0764

Synonymy: Khark limestone, Qeshm Formation, Qeshm limestone.

History of Formation: These deposits in the Khark Island were described by Motiei (1994) as the "Khark Formation". The equivalent strata of this unit were called "Qeshm Limestone" by Sharonizadeh and Afghah (2017). Also, Gholami Zadeh and Shafeii (2021) referred to the equivalent strata of this unit in the Khark and Kish Islands as the Khark Formation. Sometimes this unit is called Khark Limestone in the Khark Island. In addition, Allahyari et al. (2007) used the name "Qeshm Formation" on their map of Bandar Lengeh but did not provide an official description.

Location of reference section: The Mesen section is the type of section of the Khark Formation, located 35 km southwest of Qeshm city and 550 meters west of Mesen town. This section can be accessed via the island's southern coastal road. This section is just to the side of the road. The geographical coordinates of the Mesen section are as follows: E 55˚, 59', 47.49", N 26˚, 44', 30.42".

Lithological description of reference section: The Khark Formation has a thickness of 5.2 meters in the reference section, and from the bottom to the top includes:

1.6 meters of marl containing numerous shells. This part is a coquina bed composed of abundant ostreid shells and a small number of pectinids, set in a marly background. The thickness of this part of the formation varies from 0.3 m to 6.8 m in different areas of the Qeshm Island.

- One meter of light-colored marl with a few ostreids. The thickness of this part varies from 0 to 35.3 meters across different areas. This part laterally changes to limestone layers in some areas.

- 2.6 meters of white limestone lomashell bed are the highest part of this formation. This limestone is full of shells (especially Pectinidae), echinoderms, and corals. The thickness of this part reached 4 meters in the center of the island, while it is measured up to 15.6 meters on the northern coast.

Lower and upper boundaries: The Khark Formation in the reference section conformably and sharply overlies the marls of the Aghajari Formation. The base of the oysterid-bearing marl is considered the base of the Khark Formation, but this bed laterally grades into a white, thick-bedded limestone containing pectinids. Holocene marine sediments continuously cover the top of the section.

Geographical expansion: The formation described is widespread along the margins of Qeshm Island, appearing as coastal cliffs and atop many inland heights. It extends along the northern Persian Gulf coast from Bushehr to Bandar Lengeh and is also found on the Kish and Khark Islands. Despite its relatively thin layers, the gentle dip of 5 to 8 degrees allows it to spread nearly horizontally, making it visible on detailed maps such as the 1/100000 Qeshm Island map, where it is identified as the Bakhtiari Formation. Similar strata occur along the southern Persian Gulf coasts in Saudi Arabia, the UAE, and Qatar, known there as the Fuwayrit Formation, and comparable deposits are present in southeast Iran's Makran coastal region (Evans, 2011; Kirkham & Evans, 2020).

Fossil component and age: This formation hosts a diverse and abundant fauna, including 16 bivalves, three echinoids, and several coral species. Bivalves are as follows: Pecten jacobaeus, Flabellipecten flabelliformis, F. costisulcatus, Manupecten pesfelis, Aequipecten opercularis, Chlamys varia, Hinnites gigantean, Pectinidae Gen. et sp. Idet., Alectryonella plicatula, Crossostrea virginica, Lopha virleti, Lopha cristagalii, Ostrea edulis, Callista umbonella, Circentia callypiga, Tridacna maxima. Some foraminifers, such as Milliolidae, are observed in thin sections.

Despite this rich fauna, none of these species are index fossils; therefore, age determination of the strata is possible only by using radioactive methods. The absolute age of these layers in Qeshm Island was determined by Pirazolli et al. (2004) based on the measurement of the weight ratio of 230Th/232Th isotopes. They measured the ages of the mentioned layers as 138±6ky to 104±5ky. Also, the cited authors have evaluated the age of these layers using electron spin resonance (ESR), yielding ages of 138±12 ky to 115±9 ky. Reyss et al. (2014) estimated the age of these beds to be between 139ky±6ky and 104ky±5ky using isotopic ratios of 230Th/232Th, 230Th/234U, and 234U/238U. Also, Preusser et al. (2003), using the ESR method, determined the age of similar beds in the Kish Island from 252ky±35ky to 100ky±9ky. Also, Gholamalian et al. (2022) determined the age of the Bandar Dayyer to be 153 ky based on the 86Sr/87Sr ratio. Considering all of the above, the age of the studied beds ranges from 252ky±35ky to 100ky±9ky, corresponding to the late Pleistocene.

Correlation: There are many outcrops of the Khark Formation on the coasts and inside the Qeshm Island, but six of them have been investigated here. In all investigated coastal areas, the base of the Khark

ISSN: 2717-0764
CC BY

Formation overlies the marls at the top of the Aghajari Formation. In contrast, in the two sections of the Tanndis-ha and Bangali valleys, a cream-colored sandstone unit forms the uppermost layer of the Aghajari Formation.

The correlation of the stratigraphic columns of the studied sections shows that although most of the sediments of the Khark Formation consist of limestone beds, there is a significant relationship between the lithological composition and the thickness of the sections. In sections such as Tula, Cement Factory, Mesen, Tanndis-ha Valley, and Gambron, which are mainly composed of limestone, the total thickness of the formation ranges from 5.2 to 18.6 meters, in the Bengali section, where marl deposits, sandy marl and sandy limestone form a significant part of the column, the thickness of the whole formation has increased significantly to 44.7 m. The increase in sedimentation is probably due to higher sediment input into the sea in the mentioned area. In areas where more carbonate was deposited, calm, warm conditions probably prevailed in the sea, and the arrival of detrital sediment was very rare.

In the Dayyer section studied by Gholamalian et al. (2022), several conglomerate layers in the lower half of the stratigraphic column indicate an interfingering relationship between the Qeshm and Bakhtiari formations and their age equivalence.

4-Conclusions

Present research reveals that the Pleistocene strata in the Zagros region, previously grouped under the continental Bakhtiari Formation, are actually marine carbonate deposits found not only on Qeshm Island but also in Kish, Khark, and along the southern coast of Iran. Due to their distinct lithology, these deposits have been reclassified as the Khark Formation, with a new reference section near Mesen town. Dating from roughly 252ky±35ky to 100ky±9ky (Late Pleistocene), the Khark Formation has a rich marine fauna, including bivalves, echinoderms, and corals. It lies stratigraphically between the Aghajari Formation below and Holocene sediments above, with continuous boundaries.

5-References

Abdula, R.A. Sadi Nourmohamadi, M., Delizy, B.A., Nadir Ahmed, I., 2025. Sedimentology and depositional environment of Injana Formation's sandstone member, Kurdistan Region, Iraq. Warta Geologi 51, 1-7. DOI: https://doi.org/10.7186/wg511202501

Aghanabati, S.A., 2013. Geology of Iran and adjacent countries. Geological Survey of Iran, p.714.

Allahyari, M., Moeini, M.V., Ganjavian, M.A., 2007. Geological map of Bandar Lengeh 1/250000. National Iranian Oil Company sheet no. H14.

Evans, G., 2011. An historical review of the Quaternary sedimentology of the Gulf (Persian Gulf) and its geological impact. Quaternary carbonate and evaporite sedimentary facies and their ancient analogues. A Tribute to Douglas James Shearman. In: C.G.St.C. Kendall, A.S. Alsharhan, I. Jarvis, T. Stevens (eds). IAS Special Publication 43, 11-44.

Gholamalian, H., Hassani, M.J., Keshavarz, M., 2022. Stratigraphy and palaeoceanography of late Pleistocene molluscs from the northern coast of the Persian Gulf. Geological Quarterly 66, 1-11. DOI: http://dx.doi.org/10.7306/gq.1649

Gholami Zadeh, P., Shafeii, A., 2021. Response of the Pliocene-Pleistocene carbonates to relative sea-level changes in Kish Island, Persian Gulf. Journal of African Earth Sciences 183, 1-15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104316

Haghipour, A., Aghanabati, S.A., 2005. Geological map of Qeshm 1/100000: Qeshm Free Zone Organization.

Haji Karim, K., Tofiq Mohamad, S., Ibrahim Fattah, A., 2025. Record of the Equivalent of The Upper Bakhtiari (Bai Hassan) Formation in The Chwarta-Mawat Area Within Zagros Thrust Zone, Kurdistan Region, NE-Iraq. Iraqi National Journal of Earth Science 25, 87-102. DOI: 10.33899/earth.2024.144691.1178

Jassim, S.Z., Goff, J.C., 2006. Geology of Iraq. Dolin, Prague and Moravian Museum, p. 341.

Kirkham, A., Evans, G., 2020. Quaternary sequence stratigraphy of onshore Abu Dhabi Emirate. Arabian Journal of Geosciences 13, 1-10. DOI: 10.1007/s12517-019-4998-4.

ISSN: 2717-0764

Motiei, H., 1994. Quaternary deposits of Khark Island. National Iranian Oil Company, General Directorate of Research and Central Laboratories, Report P-4457, p. 19. (unpublished).

Pirazzoli, P.A., Reyss, J.L., Fontugne, M., Haghipour, A., Hilgers, A., Kasper, H.U., Nazari, H., Preusser, F., Radtke, U., 2004. Quaternary coral-reef terraces from Kish and Qeshm Islands, Persian Gulf: new radiometric ages and tectonic implications. Quaternary International 120, 15-27.

Preusser, F., Radtke, U., Fontugne, M., Haghipour, A., Hilgers, A., Kasper, H.U., Nazari, H., Pirazzoli, P.A. 2003. ESR dating of raised coral reefs from Kish Island, Persian Gulf. Quaternary Science Reviews 22, 1317-1322. DOI: 10.1016/S0277-3791(03)00038-6

Reyss, J.L., Priazzoli, P.A., Haghipour, A., Hatte, C., Fontugne, M., 2014. Quaternary marine terraces and tectonic uplift rates on the south coast of Iran. In: Stewart, I.S. and Vita-Finzi, C. (eds). Coastal Tectonics. Geological Society London Special publications 146, 225-237.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:
Gholamalian, H., Hassani, M.j., Khorramin, M., 2025. Stratigraphy of the Pleistocene marine deposits in the northern coasts of the Persian Gulf and introduction of a reference section for the Khark Formation in the Qeshm Island. Adv. Appl. Geol. 15 (3), 222-240.
DOI: 10.22055/aag.2025.50726.2536
https://aag.scu.ac.ir/article_20458.html

©2025 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers

ISSN: 2717-0764

مقاله پژوهشی

چینه‌نگاری نهشته‌های دریایی پلئیستوسن در کرانه‌های شمالی خلیج فارس و معرفی یک برش مرجع برای سازند خارک در جزیره‌ی قشم

حسین غلامعلیان
گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان
محمد جواد حسنی
گروه اکولوژی، موسسه علوم و فناوری پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی پیشرفته، کرمان
محمود خرمین
شرکت سیمان قشم، قشم، استان هرمزگان
hossein_gholamalian@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

چکیده
نهشته‌های دریایی پلئیستوسن در جزیره‌ی قشم در این نوشتار از دیدگاه سنگ‌چینه‌نگاری مورد بازنگری قرار گرفته‌اند. این چینه‌ها علاوه بر قشم، در بندر لنگه، کنگان، بندر دیر و جزایر کیش و خارک هم وجود دارند و در بیشتر نقشه‌ها و منابع به نام سازند بختیاری گزارش شده‌اند. این نامگذاری با داده‌های بدست آمده از مشاهدات میدانی و بررسی‌های جدید چینه‌نگاری همخوانی ندارد، زیرا لایه‌های یاد شده ترکیب کربناتی داشته و از نظر سنگ‌شناسی و دیرینه شناسی با سازند کنگلومرایی بختیاری بسیار متفاوتند. به همین دلیل، برای نامیدن این نهشته‌ها، سازند خارک با سنگ‌شناسی سنگ‌آهک توده‌ای، مارن آهکی، ماسه‌سنگ و مارن قبلا معرفی و پیشنهاد شده است، ولی برش الگوی آن در دسترس نیست و گزارش آن هم به صورت رسمی چاپ نشده است. لذا نهشته‌های یاد شده در پژوهش حاضر، در جزیره‌ی قشم و سواحل شمالی خلیج فارس مطالعه شده و بر این اساس، برش مرجع برای سازند خارک با ستبرای ۵/۲ متر در نزدیکی شهر مِسِن (جنوب باختری شهر قشم) پیشنهاد می‌گردد. این سازند در برش یاد شده با دو مرز پیوسته بین سازند آغاجاری در زیر و رسوبات دریایی عهد حاضر در بالا قرار می‌گیرد. لایه‌های یاد شده براساس اندازه‌گیری ایزوتوپ‌های رادیواکتیو، سن پلئیستوسن پسین دارند.

واژه‌های کلیدی: *چینه‌نگاری، سازند خارک، پلئیستوسن، خلیج فارس، زاگرس.*

۱-مقدمه
چینه‌های پلئیستوسن ناحیه‌ی زاگرس از دیرباز در فرهنگ زمین‌شناسی ایران، با نام سازند بختیاری شناخته می‌شوند. برش الگوی این سازند در دره‌ی گدار لندر (شمال مسجد سلیمان) قرار دارد و شامل ۵۵۰ متر کنگلومرای سخت و توده‌ای تا ستبر لایه می‌باشد (James and Wynd, 1965). این سازند فاقد سنگواره‌های برجا است و سن آن را صرفا براساس موقعیت چینه‌شناسی، برابر پلئیستوسن ارزیابی کرده‌اند (James and Wynd, 1965; Kalantari, 1992; Motiei, 1993).

سازند بختیاری در سراسر زاگرس از جمله پهنه‌های زاگرس بلند، فروافتادگی دزفول، لرستان، فارس و پس‌خشکی بندرعباس به خوبی گسترش دارد (Motiei, 1993; Aghanabati, 2004). همچنین این سازند و معادل‌های آن در کشورهای عراق، ترکیه و حتی سوریه وجود دارد (Jassim and Goff, 2006; Aghanabati, 2013; Haji Karim et al., 2015; 2025; Abdula et al., 2025).

با پایان مراحل بسته شدن اقیانوس نئوتیتس در نئوژن، چین‌خوردگی ناحیه‌ی زاگرس در کواترنری شدت یافته و باعث تشکیل نهشته‌های آواری قاره‌ای شده که به نام سازند بختیاری خوانده می‌شوند. گسترش فراوان این نهشته‌ها در زاگرس باعث شده که اکثر زمین‌شناسان با این تصور که چینه‌های عصر پلئیستوسن در همه جای زاگرس کاملا" یکسان هستند، تمامی آنها را سازند بختیاری بنامند. حتی در مناطقی که لایه‌های رسوبی از نظر جنس کاملا" با برش الگوی سازند بختیاری متفاوت هستند، باز هم از همین نام برای آنها استفاده شده است. این مشکل در بسیاری از پژوهش‌های مربوط به کواترنری خلیج فارس و نقشه‌های زمین‌شناسی سواحل و جزایر این دریا به وضوح دیده می‌شود. این در حالی است که این نهشته‌های

رسوبی در مناطق یاد شده بیشتر از جنس کربنات بوده و از نظر سنگ‌شناسی کاملاً با برش الگوی سازند بختیاری، تفاوت بنیادین دارند. به عنوان مثال این وضعیت را می‌توان در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ و بسیاری از نقشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ مناطق ساحلی دید. این در حالی است که بررسی‌های اخیر اطلاعات ارزشمندی در مورد این نهشته‌ها در اختیار قرار داده است. این بررسی‌ها لزوم بازنگری در سنگ‌چینه‌نگاری لایه‌های یاد شده را به ویژه در جزایر و نواحی ساحلی شمال خلیج فارس نشان می‌دهند.

۱-۱-پیشینه‌ی پژوهشی

قدیمی‌ترین گزارش‌ها از وجود نهشته‌های دریایی کواترنری در سواحل و جزایر ایرانی خلیج فارس مربوط به Litte (۱۹۵۶) و Cook (۱۹۵۸) می‌باشد که به وجود این چینه‌ها در جزیره‌ی خارک اشاره کرده‌اند. Fakhari (۱۹۹۳a, bb) در نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ خورموج و کنگان، این نهشته‌ها را به سازند آواری بختیاری نسبت داده است که البته بررسی‌های میدانی کنونی و پژوهش‌های پیشین توسط نگارندگان این موضوع را تأیید نمی‌کند (Gholamalian et al., 2022).

Haghipour و Aghanabati (۲۰۰۵) در برگه‌ی ۱/۱۰۰۰۰۰ قشم، چینه‌های یاد شده را سازند بختیاری نامیده‌اند. البته درستی نظر نامبردگان مورد تردید است، زیرا این لایه‌ها هم‌ارز زمانی سازند بختیاری هستند و از نظر سنگ‌شناسی با آن متفاوتند، از طرف دیگر هیچ کنگلومرایی با ویژگی‌های سازند بختیاری در این جزیره وجود ندارد. Allahyari و همکاران (۲۰۰۷) در برگه‌ی بندر لنگه لایه‌های یاد شده را با عنوان "سازند قشم" نامیده‌اند ولی هیچ گزارشی که توصیف این سازند در آن نوشته شده باشد از ایشان در دست نیست.

در بسیاری از نقشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ نواحی ساحلی مانند برگه‌های چارک و چیرو، رسوبات دریایی عصر پلئیستوسن با نام سازند بختیاری معرفی شده‌اند (Farmani, 2003; Ehsani and Goodarzi, 2004). همین وضعیت در نقشه‌های مند شمالی و جنوبی هم دیده می‌شود (Llewellyn and Ahdoot, 1976; Llewellyn et al., 1977). البته همان طور که قبلا گفته شد، این نظر ایراد جدی دارد.

البته برخی افراد مانند Mahdipour Haskouei و همکاران (۲۰۲۵) این نهشته‌ها را در جزیره‌ی قشم به صورت اشتباه به سازند آغاجاری نسبت داده‌اند و بدون توجه به پژوهش‌های انجام شده‌ی قبلی، سن این لایه‌ها را میوسن-پلیوسن در نظر گرفته‌اند.

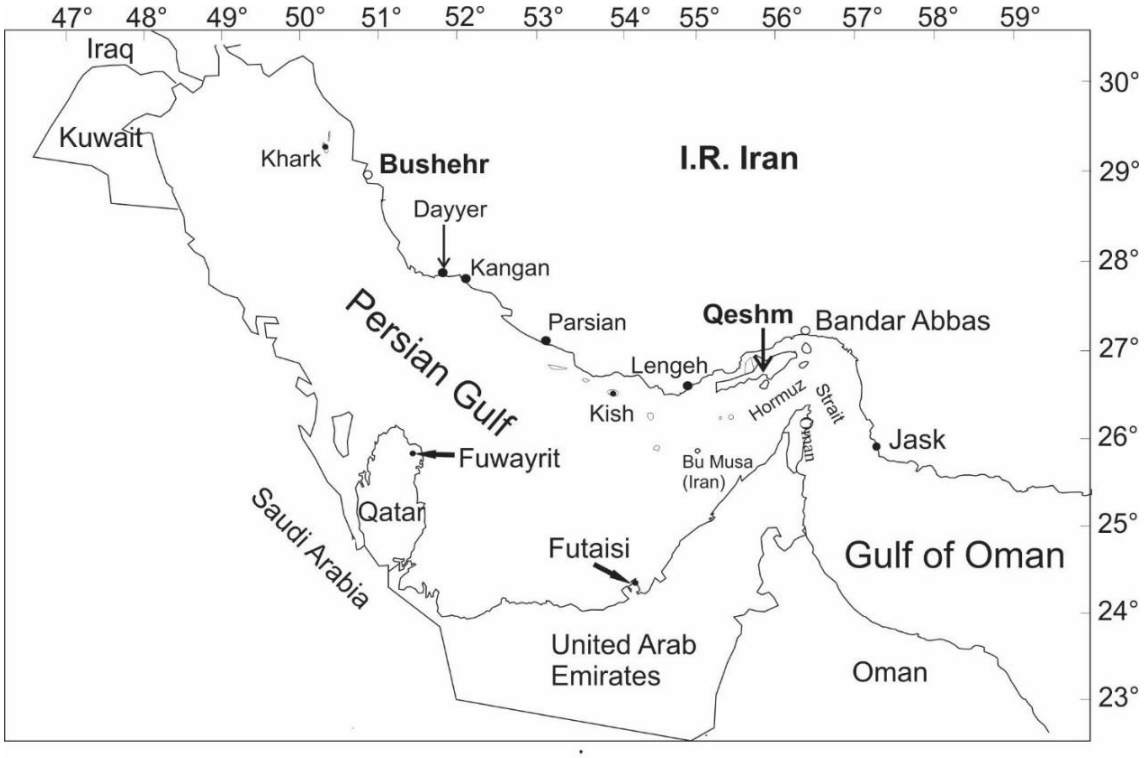
برخی از پژوهشگران در بررسی‌های خود به تفاوت چینه‌های دریایی پلئیستوسن خلیج فارس با سازند آواری-قاره‌ای بختیاری پی برده‌اند که از آن جمله می‌توان به Motiei (۱۹۹۴) و Gholami Zadeh و Shafeii (۲۰۲۱) اشاره نمود. Motiei (۱۹۹۴) با مطالعه‌ی توالی آهکی کواترنری در جزیره‌ی خارک، آن را متفاوت از سازند بختیاری دانست. این توالی ۱۴/۷۵ متر ستبرا دارد و از نظر سنگ‌شناسی شامل مارن، مارن آهکی، سنگ‌آهک نازک لایه، ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ آهکی و سنگ-آهک توده‌ای صدف‌دار می‌باشد. بر اساس پیشنهاد Motiei (۱۹۹۴)، این توالی به نام سازند خارک خوانده شده و دارای دو پاره سازند می‌باشد. پاره سازند خارک زیرین شامل مارن آهکی، سنگ‌آهک نازک لایه، ماسه‌سنگ آهکی و سنگ‌آهک توده‌ای پرصدف می‌باشد و خارک بالایی از سنگ‌آهک توده‌ای، سنگ-آهک نازک‌لایه (دارای بریوزوئر و مرجان) به همراه ماسه‌سنگ تشکیل شده است و چینه‌بندی چلیپایی دارد. بنا به گزارش Motiei (۱۹۹۴)، سازند خارک با دو مرز از نوع ناپیوستگی فرسایشی بین سازند آغاجاری در زیر و رسوبات دریایی امروزی در بالا قرار گرفته است. وی همچنین با در نظر گرفتن موقعیت چینه‌شناسی، سن سازند خارک را برابر پلئیستوسن می داند. البته او تعیین سن مطلق انجام نداده است و همچنین به گفته‌ی وی، سنگواره‌های موجود در این سازند برای تعیین سن دقیق کارساز نبوده‌اند (Motiei, 1994).

لازم به یادآوری است که توصیف سازند خارک توسط Motiei (۱۹۹۴) در یک گزارش داخلی شرکت ملی نفت ایران چاپ شده است که در دسترس عموم زمین‌شناسان به ویژه کارشناسان خارج از آن سازمان قرار ندارد. از سوی دیگر، برش الگوی این سازند در جزیره‌ی خارک است که به خاطر وجود پایانه‌های نفتی در آن و مسائل حفاظتی، عملا سفر به آنجا و بازدید از محل برش برای بیشتر زمین‌شناسان بسیار مشکل می‌باشد. به گفته‌ی Motiei (۱۹۹۴)، برش الگوی سازند خارک در محدوده‌ی تأسیسات ذخیره و بارگیری شرکت ملی نفت قرار دارد که ورود به این منطقه را سخت‌تر می‌کند.

برخی زمین‌شناسان، چینه‌های آهکی مشابهی را از مناطق اطراف بندر لنگه و جزایر قشم، کیش و خارک گزارش نموده‌اند (Allahyari et al., 2007; Sharoonizadeh and Afghah, 2017; Gholami Zadeh and Shafeii, 2021)

(Samadian, 1990;). علاوه بر این، Gholamalian و همکاران (۲۰۲۲) نهشته‌های یاد شده را از بندر دیر گزارش کرده‌اند.

با وجود گزارش‌های اندک در مورد چینه‌های دریایی پلئیستوسن در سواحل خلیج فارس که در بالا به آنها اشاره شد، بررسی‌های میدانی نشان دهنده‌ی گسترش وسیع این نهشته‌ها در بسیاری از مناطق مانند پارسیان، کنگان، بندر چارک، مند شمالی و جنوبی، جزایر هنگام، لارک، کیش، خارک و بوموسی و سراسر جزیره‌ی قشم می‌باشد (شکل ۱). در همه‌ی مناطق یاد شده به ویژه جزیره‌ی قشم، توالی‌های پلئیستوسن به صورت پادگانه‌های دریایی هستند و تشکیل سواحل سنگی پرتگاهی را داده‌اند و البته در رأس بلندی‌های میانه‌ی جزیره هم به خوبی دیده می‌شوند. این پادگانه‌ها به صورت پرتگاه‌های ساحلی با ارتفاع کم تا متوسط، دور تا دور جزیره را فراگرفته‌اند و البته در میانه‌ی آن هم با ارتفاع بیشتر دیده می‌شوند. از ویژگی‌های این چینه‌ها می‌توان به وجود سنگواره‌های فراوان دوکفه‌ای‌ها، شکم-پایان و خارپوستان در آنها اشاره کرد. همچنین وجود ساختمان-های رسوبی مانند چینه‌بندی چلیپایی (که گاه طول آنها به چند ده متر می‌رسد) از ویژگی‌های دیگر این نهشته‌ها است. این ویژگی‌ها در کنار گستردگی رخنمون‌ها و تعدد برش‌های قابل مطالعه و در دسترس بودن آنها باعث شد که ارزیابی مجدد در سنگ‌چینه‌نگاری توالی‌های پلئیستوسن نوار ساحلی جنوب کشور پیشنهاد شود. از سوی دیگر، رفت و آمد به جزیره‌ی قشم برای همه آسان است و مشکلات خارک را ندارد و تمام برش‌های مورد بررسی در حاشیه‌ی جاده‌های اصلی جزیره قرار دارند و به سادگی در دسترس هستند. همچنین سن دقیق این لایه‌ها به روش‌های رادیواکتیو توسط Preusser و همکاران (۲۰۰۳)، Pirazzoli و همکاران (۲۰۰۴)، Reyss و همکاران (۲۰۱۴) وGholamalian و همکاران (۲۰۲۲) مشخص گردیده است. با توجه به موارد یاد شده، نگارندگان بر آن شدند تا در جزیره‌ی قشم یک برش مرجع برای سازند خارک تعریف نمایند تا اشکالات گفته شده برطرف گردد.

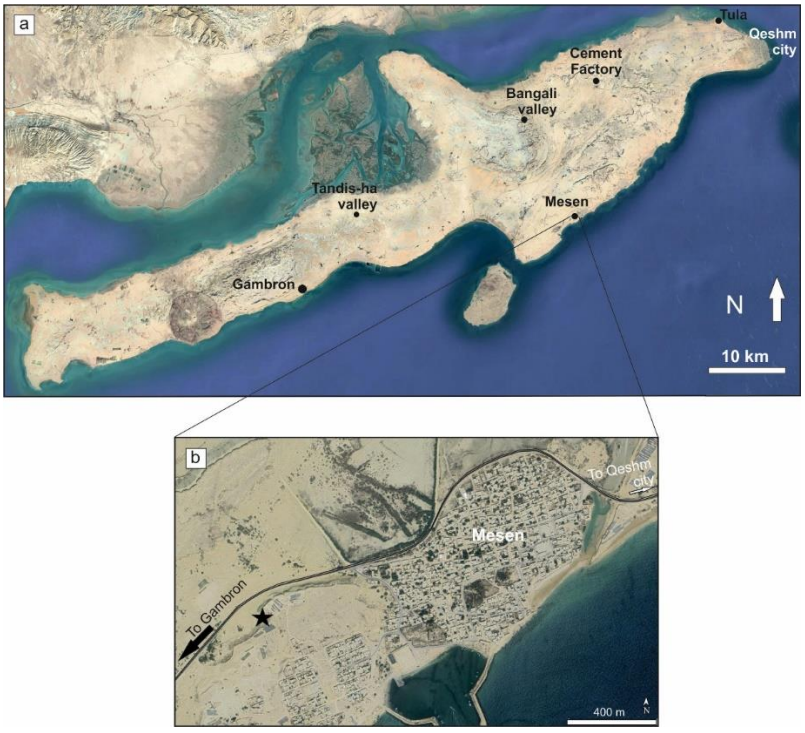


شکل ۱- نقشه جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه. تمام مناطق مورد اشاره در متن از جمله دیر، قشم و دو برش از سازند فویرط در شمال قطر و امارات متحده عربی با پیکان‌های سیاه نشان داده شده‌اند.

Fig. 1. Geographic map of the areas discussed in the text. All localities mentioned in the text including Dayyer, Qeshm and two sections of Fuwayrit Formation in the north of Qatar and United Arab Emirates are shown here by black arrows.

۲-روش پژوهش

در مرحله اول این مطالعه، شش برش چینه‌شناسی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌ی زمین‌شناسی قشم شناسایی شدند و برای بررسی میدانی مناسب تشخیص داده شدند (جدول ۱). با انجام چندین بازدید میدانی در فصول پاییز و زمستان ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳، تمام برش‌های انتخاب شده اندازه‌گیری شدند و برش مِسِن برای تحقیق حاضر انتخاب شد (شکل‌های ۱ و ۲). این برش در مقایسه با سایر برش‌ها، مسیر دسترسی بهتری دارد و مرزهای بالایی و پایینی آن به وضوح قابل تشخیص است. علاوه بر این، تنوع سنگواره‌ها در آن بهتر از سایر برش‌ها است. نمونه-های متعدد و متنوعی از دوکفه‌ای‌ها، خارپوستان و مرجان‌ها از این مکان جمع‌آوری و شناسایی شدند.



شکل ۲- (a) موقعیت مقاطع اندازه‌گیری شده در جزیره قشم. (b) مسیر دسترسی به برش مسن. محل برش مسن با علامت ستاره‌ی سیاه نشان داده شده است.

Fig. 2. (a) The location of the measured sections on the Qeshm Island. (b) The access way to the Mesen section. The position of the Mesen section is shown by a black asterisk.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی و نشانی محل برش‌های مورد بررسی

Table 1. geographic coordinates and the address of studied sections.

Section	Coordinates	Access way
Tula	N 26° 59' 43", E 56° 12' 32.8"	2.5 km northwest of the Qeshm city
CementFactory	N 26° 54' 39", E 56° 2' 1"	In the mid-way between the Ramkan and Giahdan villages (2.4 km to Giahdan)
Mesen	N 26° 44' 30.42", E 55° 59' 47.49"	550 meters west of the Mesen city, south of the island
Gambron	N 26° 39' 8", E 55° 38' 6.7"	6.7 km southwest of Gambron village and 8.3 km southwest of Salakh
Tandis-ha Valley	N 26° 45' 3.5", E 55° 41' 57.3"	3.5 km southwest of Tabl city
Bangali	N 26° 51' 39.5", E 55° 57' 9.3"	2 km southwest of Bangali village and 3 km west of Gorbehdan

برش مِسِن به دلیل دسترسی آسان، مرزهای پایینی و بالایی مشخص با سازند آغاجاری و رسوبات هولوسن و وجود محتوای سنگواره‌ای فراوان و متنوع، به عنوان برش مرجع انتخاب شده است. پنج نمونه سنگ جهت مطالعه‌ی میکروسکوپی جمع‌آوری گردید و ده مقطع نازک برای شناسایی ریزجانداران تهیه شد. سنگواره‌های درشت (به ویژه دوکفه‌ای‌ها) با استفاده از منابعی مانند Caprotti (۱۹۷۶)، Carpenter و Niem (۱۹۹۸)، Ciampalini و همکاران (۲۰۱۴) و Leesen (۲۰۱۶) شناسایی شدند.

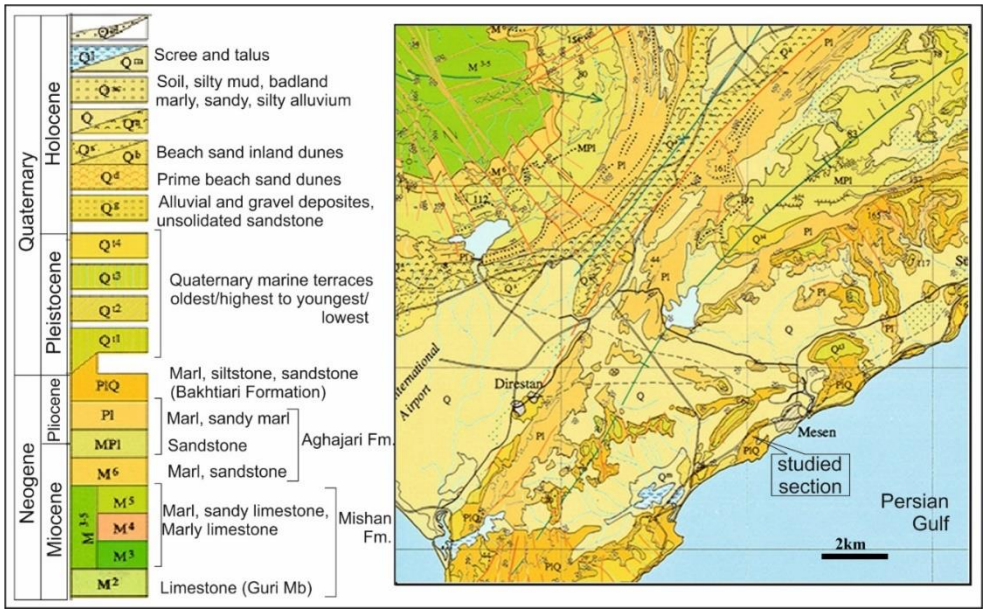
تمام داده‌ها و مطالب ارائه شده در اینجا، شامل سنگواره‌ها، نمونه‌های سنگ، مقاطع نازک، عکس‌ها، نقشه‌ها و غیره، در گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان ذخیره شده و قابل دسترسی هستند. نمونه‌های عکس‌برداری شده در موزه زمین‌شناسی دانشگاه هرمزگان با کدهای مخزن HUIM254 تا HUIM264 نگهداری می‌شوند.

۳-زمین‌شناسی عمومی

قشم جزیره‌ای پیکان مانند است که با روند کلی شمال خاوری-جنوب باختری در دهانه‌ی تنگه‌ی هرمز قرار دارد. این جزیره در واقع یک تاقدیس مرکب بزرگ است که از تاقدیس‌های کوچکتری ساخته شده است.. امتداد کلی این تاقدیس شمال خاوری- جنوب باختری می‌باشد که با امتداد اصلی اکثر تاقدیس‌های زاگرس متفاوت است ولی تاقدیس‌هایی با روند مشابه با آن در پس‌خشکی بندرعباس وجود دارند (Fakhari, 1995).

از نظر چینه‌شناسی قدیمی‌ترین نهشته‌های موجود در جزیره، شامل توده‌های نمکی و سنگ‌های آذرین و رسوبی متعلق به سری هرمز با سن ادیاکارن – کامبرین می‌باشند که در گنبد نمکی نمکدان دیده می‌شوند (Haghipour and Aghanabati, 2005). همچنین نهشته‌های مارنی منتسب به سازند میشان که در مرکز جزیره رخنمون دارند، به عصر میوسن مربوط می‌باشند (شکل ۳). سازند آغاجاری با سنگ‌شناسی مارن‌های خاکستری و سبز و میان لایه‌های سنگ‌آهک و ماسه-سنگ، در جزیره رخنمون فراوانی دارد و بخش عمده‌ای از سیمای جزیره را می‌سازد و بخش اصلی ارتفاعات و دشت‌های آن را تشکیل داده است. براساس نظر Hassani و Hosseinipour (۲۰۱۷)، سن این سازند در پس خشکی بندرعباس میوسن پسین تا پلئیستوسن میانی می‌باشد.

واحد بعدی که در کل جزیره رخنمون دارد شامل سنگ آهک مارنی، سنگ‌آهک توده‌ای و مارن‌های سبز و خاکستری می‌باشد که سن پلئیستوسن پسین دارد و هم‌ارز سنی سازند بختیاری در نظر گرفته می‌شود و موضوع همین پژوهش می‌باشد (شکل ۳). جدیدترین نهشته‌های رسوبی جزیره شامل رسوبات دریایی عهد حاضر هستند که در سواحل به خوبی دیده می‌شوند.



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه (برگرفته از حقی پور و آقانباتی، ۱۳۸۴).

Fig. 3. Geological map of the studied area (after Haghipour and Aghanabati, 2005).

۴ـ سنگ‌چینه‌نگاری

۴ـ۱ـ سازند خارک

نام: نام این سازند از جزیره‌ی خارک یعنی جایی که برش الگو در آن قرار دارد گرفته شده است.

همنامی سازند: آهک خارک، آهک قشم، سازند قشم.

تاریخچه‌ی سازند:

این نهشته‌ها در جزیره‌ی خارک توسط Motiei (۱۹۹۴) با نام "سازند خارک" توصیف شده‌اند. چینه‌های معادل این واحد توسط Samadian (۱۹۹۰) و Sharoonizadeh و Afghah (۲۰۱۷) به نام "سنگ‌آهک قشم" خوانده شده‌اند. همچنین Gholami Zadehو Shafeii (۲۰۲۱)، چینه‌های هم‌ارز این واحد را در جزایر خارک و کیش به نام سازند خارک خوانده‌اند. گاهی نیز در جزیره‌ی خارک به این واحد، آهک خارک گفته شده است (Litte, 1956; Cook, 1958). علاوه بر این، Allahyari و همکاران (۲۰۰۷) در نقشه‌ی بندر لنگه نام "سازند قشم" را بکار برده‌اند ولی هیچ توصیف رسمی از آن ارائه نکرده‌اند.

محل برش مرجع:

برش مِسِن به عنوان برش مرجع سازند خارک انتخاب شده که در فاصله‌ی ۳۵ کیلومتری جنوب باختری شهر قشم و ۵۵۰ متری غرب شهر مِسِن (Mesen) قرار دارد. دسترسی به این برش از طریق جاده‌ی ساحلی جنوبی جزیره ممکن است و برش یاد شده در حاشیه‌ی جاده قرار دارد (شکل ۲). مختصات جغرافیایی برش مِسِن "N 26°, 44', 30.42 و "E 55°, 59', 47.49 می‌باشد.

توصیف سنگ‌شناسی برش مرجع:

سازند خارک در برش مرجع ۵/۲ متر ستبرا دارد و از پائین به بالا شامل بخش‌های زیر است:

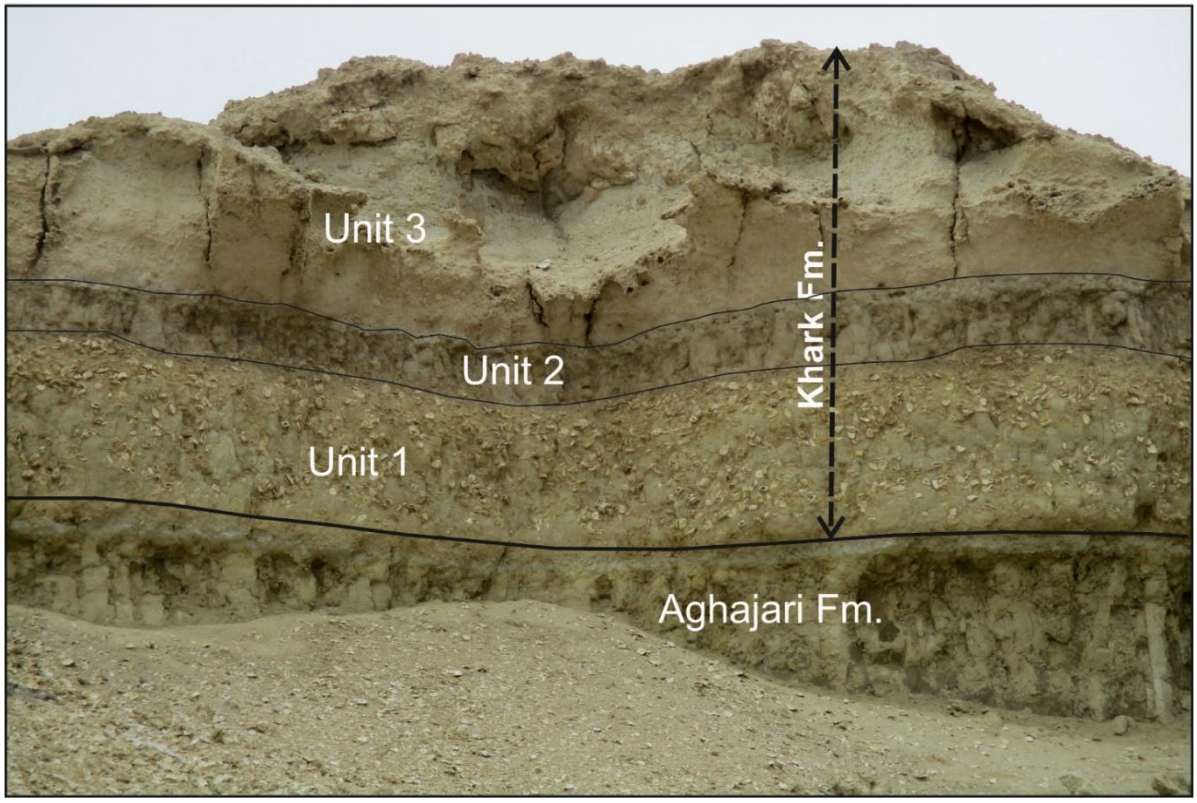
- ۱/۶ متر مارن که دارای دوکفه‌ای‌های اوسترهآی فراوان است. این بخش در واقع یک لایه‌ی لوماشل است که از انبوه صدف‌های اوسترهآ و تعداد اندکی پکتینید در یک زمینه‌ی مارنی تشکیل شده است. ستبرای این بخش از سازند در مناطق مختلف جزیره از ۰/۳ متر تا ۶/۸ متر متغیر است.

- یک متر سنگ‌آهک مارنی روشن که تعداد کمی اوسترهآ دارد. ضخامت این بخش در برخی مناطق به صفر رسیده و در واقع بصورت جانبی تبدیل به لایه‌های آهکی شده است، ولی در مرکز جزیره (برش بنگالی) شامل ۲۱ متر مارن و ۶/۳ متر آهک ماسه‌ای می‌باشد.

- ۲/۶ متر سنگ‌آهک لوماشل توده‌ای به رنگ سفید بالاترین بخش این سازند است (شکل‌های ۴ تا ۶). این بخش آهکی مملو از انواع صدف‌های دوکفه‌ای (به ویژه پکتینیدا)، خارپوستان و مرجان‌ها می‌باشد. ستبرای این بخش در جنوب جزیره (برش گامبرون) تا ۴ متر رسیده در حالی که در حاشیه شمالی (برش طولا) تا ۱۵/۶ متر اندازه‌گیری شده است.

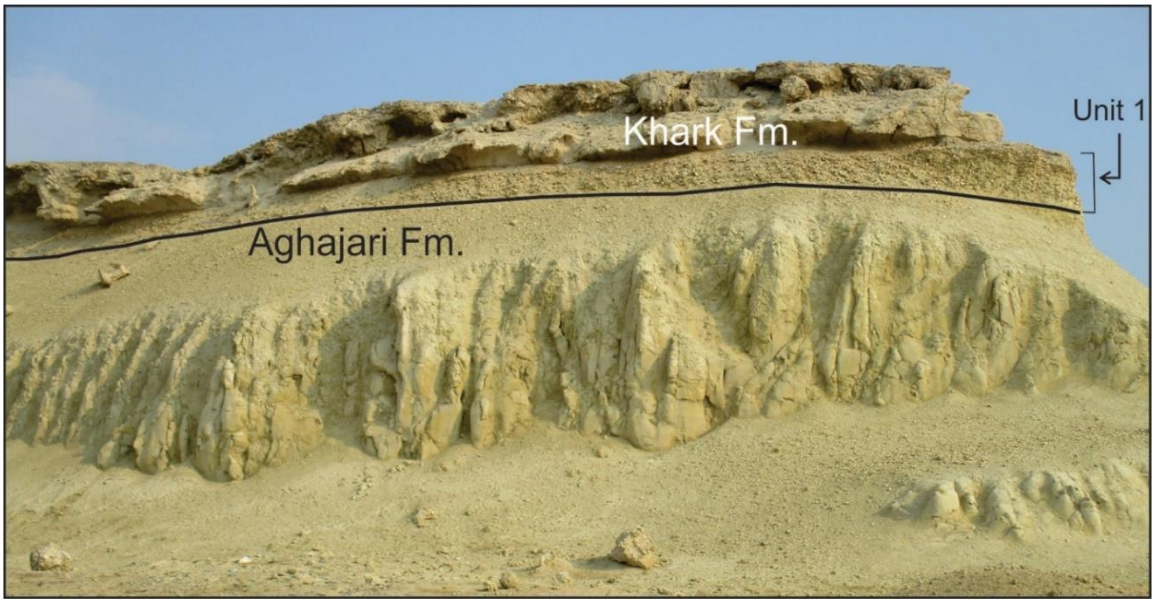
مرزهای بالایی و پایینی:

سازند خارک در برش مرجع به صورت پیوسته بر روی مارن‌های رأس سازند آغاجاری قرار می‌گیرد. قاعده‌ی لایه‌ی مارن اویستردار به عنوان شروع سازند خارک در نظر گرفته می‌شود (شکل‌های ۷ و ۸). این واحد در بعضی از مناطق با یک لایه سنگ‌آهک پکتن‌دار جایگزین می‌شود. در واقع قاعده‌ی سازند خارک در بیشتر برش‌ها با پیدایش اولین لایه‌ی مارن مملو از اوسترهآ شناخته می‌شود ولی در برخی مناطق لایه‌ی یاد شده به صورت جانبی به یک واحد سنگ‌آهک دارای پکتن تبدیل شده است. رأس این سازند به صورت پیوسته در زیر نهشته‌های دریایی هولوسن قرار می‌گیرد (شکل ۶).



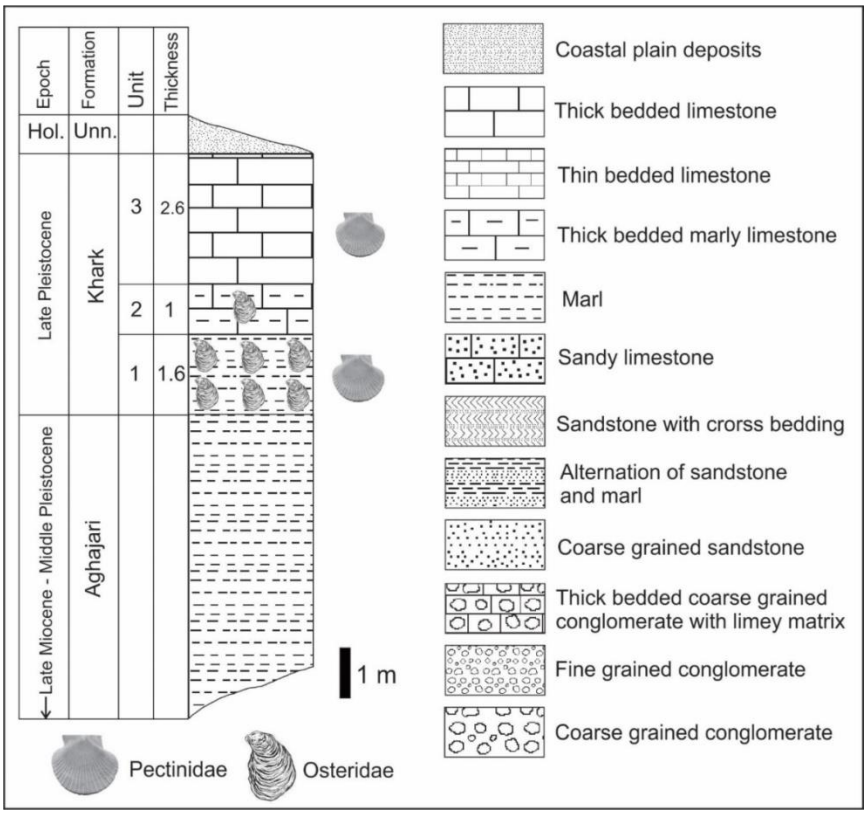
شکل ۴- برش مرجع سازند خارک و واحدهای آن در باختر شهر مسن. مرز پیوسته بین سازندهای آغاجاری و قشم نشان داده شده است.

Fig. 4. Reference section of the Khark Formation and its units in the west of Mesen town. Conformable boundary between Aghajari and Khark Formations is shown here.



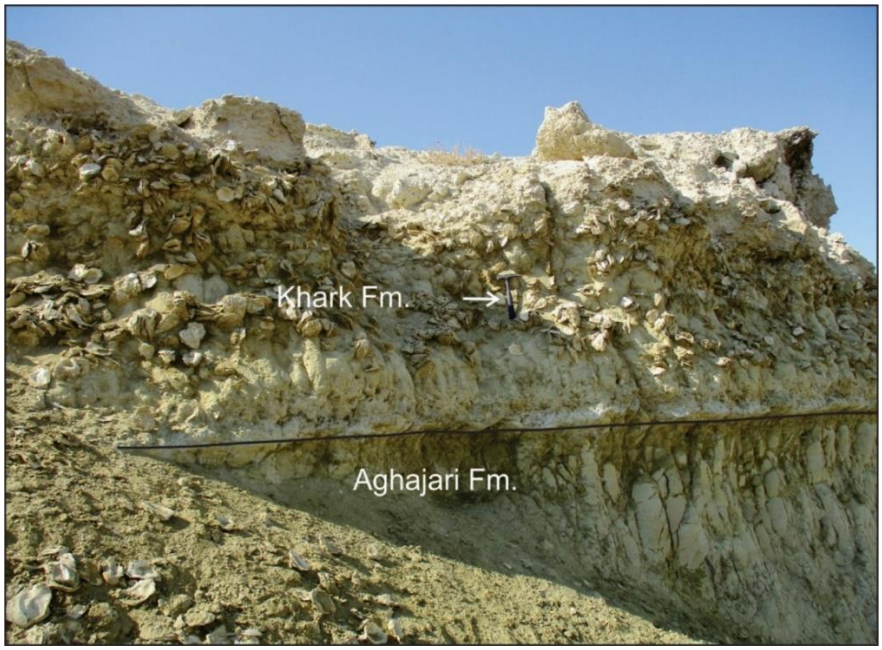
شکل ۵- نمای دیگری از سازندهای آغاجاری و خارک در باختر شهر مسن و ۱۰۰ متری شمال خاوری برش مرجع.

Fig. 5. Another view of the Khark and Aghajari Formations in the west of Mesen town and 100 m northeast of the reference section.



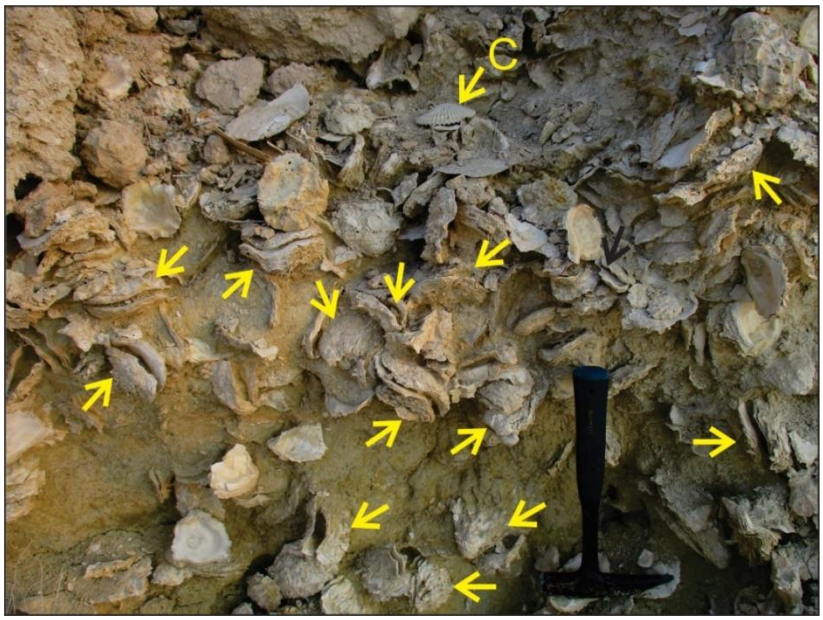
شکل ۶- ستون چینه‌نگاری برش مرجع سازند خارک. هردو مرز پائینی و بالایی سازند خارک با سازند آغاجاری و نهشته‌های هولوسن پیوسته هستند.

Fig. 6. Stratigraphic column of the reference section of Khark Formation. Both lower and upper boundaries of this formation with the Aghajari Formation and Holocene sediments are conformable.



شکل ۷- مرز پیوسته بین دو سازند آغاجاری و خارک. به فروانی دوکفه‌ای‌های Ostreidae در بخش پائینی سازند خارک توجه کنید. چکش (۳۵ سانتیمتر) با پیکان سفید نشان داده شده است.

Fig. 7. Conformable boundary between Khark and Aghajari Formations. Pay attention to the abundance of the Ostreidae bivalves in the lower part of the Khark Formation. Hammer (35 cm) is shown by the white arrow.



شکل ۸- نمای نزدیک لایه حاوی Ostreidae (واحد ۱) سازند خارک که در آن کفه‌های دوکفه‌ای‌های اوسترید به هم متصلند و با پیکان زرد نشان داده شده‌اند و شرایط آب و هوای گرم و آرام را نشان می‌دهند. C: صدف جنس Chlamys. چکش به عنوان مقیاس است.

Fig. 8. Close-up of Ostreidae-bearing bed (unit 1) of the Khark Formation, in which valves of Osteridae shells are articulated (yellow arrows) and show a warm and calm marine environment. C: *Chlamys* pectinid shell. Hammer is for scale.

گستره‌ی جغرافیایی:

این سازند در تمام سواحل جزیره‌ی قشم به صورت صخره‌های پرتگاهی ساحلی وجود دارد و همچنین در رأس اکثر بلندی‌های درون جزیره دیده می‌شود. این سازند کل پرتگاه‌های ساحلی شمال خلیج فارس را از بوشهر، دیر و کنگان تا پارسیان و بندرلنگه تشکیل داده و در جزایر کیش و خارک هم رخنمون دارد.

ستبرای این سازند در برش‌های اندازه‌گیری شده از ۵/۲ تا ۴۴/۷ متر می‌باشد و چندان قابل توجه نیست، اما خوشبختانه شیب لایه‌ها در بیشتر مناطق کمتر از ۱۰ درجه (غالبا بین ۵ تا ۸ درجه) بوده که باعث شده لایه‌ها به صورت تقریبا افقی در سواحل گسترش خوبی داشته باشند و حتی در راس بسیار از بلندی‌های درون جزیره‌ی قشم هم دیده شوند. همین وضعیت باعث شده که در نقشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ و گاه ۱/۲۵۰۰۰۰ قابل نشان دادن باشند، همان طور که توسط Haghipour و Aghanabati (۲۰۰۵) در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ قشم (البته با نام سازند بختیاری) نشان داده شده است. نهشته‌های معادل این سازند در نواحی ساحلی مکران نیز قابل مشاهده هستند (Tajvar et al., 2023).

محتوای سنگواره‌ای و سن سازند در برش مرجع:

این سازند در برش مرجع دارای زیای متنوع و فراوان است و شامل ۱۶ گونه دوکفه‌ای، سه گونه خاردار و تعدادی مرجان می باشد. گونه‌های دوکفه‌ای یافته شده بدین شرح است:

Pecten jacobaeus, Flabellipecten flabelliformis, F. costisulcatus, Manupecten pesfelis, Aequipecten opercularis, Chlamys varia, Hinnites gigantean, Pectinidae Gen. et sp. Idet., Alectryonella plicatula, Crossostrea virginica, Lopha virleti,Lopha cristagalli, Ostrea edulis, Callista umbonella, Circentia callypiga, Tridacna maxima (شکل‌های ۹ و ۱۰).

گونه‌های خارداران عبارتند از: Clypeaster sp., Laganum depressus, Temnopleurus toreumaticus.

همچنین گونه‌های روزنبرانی مانند Cibicides sp., Amphistegina sp., Ammonia beccari و خانواده‌ی Milliolidae در مقاطع نازک دیده شده‌اند. با وجود این زیای جانوری، هیچ کدام از گونه‌های یاد شده، شاخص سنی نبوده و

بنابراین، تعیین سن این چینه‌ها فقط با روش‌های رادیواکتیو ممکن است. تعیین سن مطلق این لایه‌ها در جزیره‌ی قشم توسط Pirazzoli و همکاران (۲۰۰۴) انجام شده و بر اساس اندازه‌گیری نسبت وزنی ایزوتوپ‌های 230Th/232Th، سن لایه‌های یاد شده را از ۱۰۴±۵ هزار سال تا ۱۳۸±۶ هزار سال تعیین کرده‌اند. همچنین نویسندگان یاد شده، سن همین لایه‌ها را با استفاده از روش تشدید چرخش الکترون (ESR) ۱۱۵±۹ تا ۱۳۸±۱۲ هزار سال ارزیابی نموده‌اند. Reyss و همکاران (۲۰۱۴) با بهره گیری از نسبت‌های ایزوتوپی 230Th/232Th و 230Th/234U و 234U/238U سنی از ۱۰۴±۵ هزار تا ۱۳۹±۶ هزار سال برای این چینه‌ها برآورد نموده‌اند. همچنین Preusserو همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از روش تشدید چرخش الکترون (ESR) سن لایه‌های مشابه را در جزیره‌ی کیش از ۲۵۲±۳۵ هزار سال تا ۱۰۰±۹ تا هزار سال تعیین کرده‌اند. از طرف دیگر Gholamalian و همکاران (۲۰۲۲) چینه‌های مشابه را در سواحل بندر دیر بررسی نموده و سن آنها را براساس نسبت 86Sr/87Sr برابر ۱۵۳ هزار سال تعیین نموده‌اند. با در نظر گرفتن همه‌ی موارد بالا، در مجموع سنی از ۲۵۲±۳۵ هزار تا ۱۰۰±۹ هزار سال برای چینه‌های یاد شده در نظر گرفته می‌شود که برابر پلئیستوسن پسین می‌باشد.

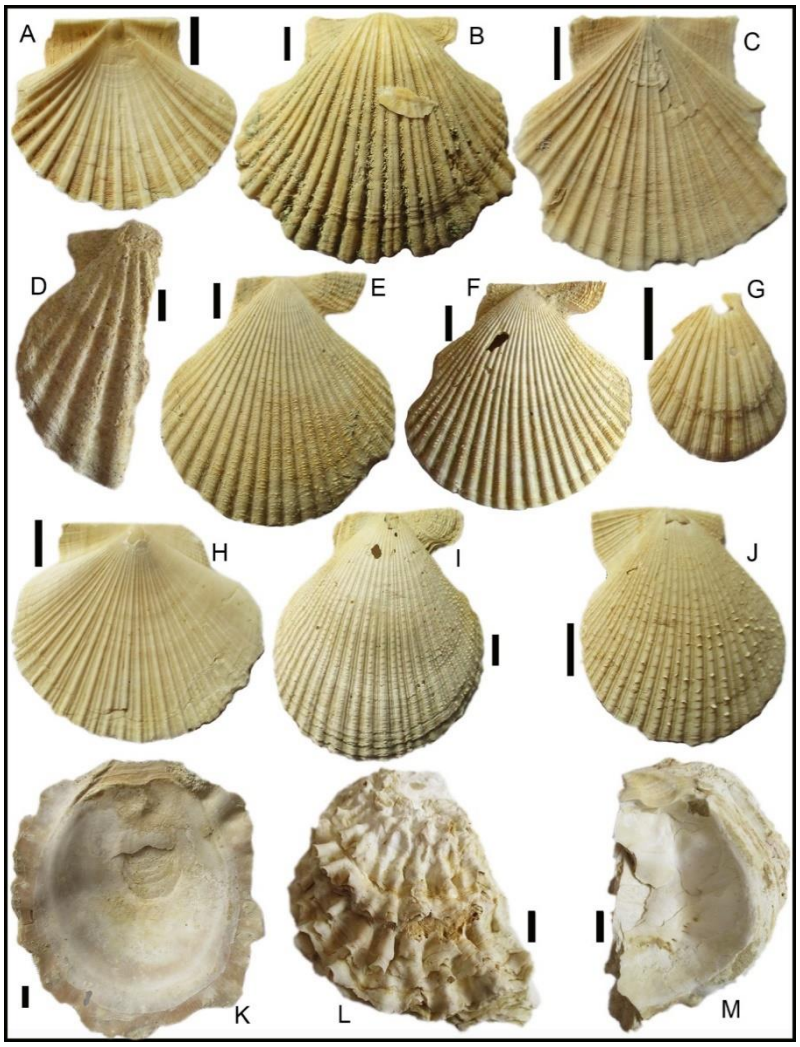
تطابق سنگ‌چینه‌نگاری:

همان گونه که قبلا گفته شد، رخنمون‌های بسیاری از سازند خارک در سواحل و درون جزیره‌ی قشم وجود دارد که در اینجا شش تا از آنها بررسی شده‌اند (شکل ۱۱). در تمام مناطق ساحلی مورد بررسی، قاعده‌ی سازند خارک به صورت پیوسته بر روی مارن‌های راس سازند آغاجاری قرار می‌گیرد، در حالی که در دو برش دره‌ی تندیس‌ها و بنگالی یک واحد ماسه‌سنگ کرم رنگ، آخرین لایه‌ی سازند آغاجاری را تشکیل داده است.

تطابق ستون‌های چینه‌نگاری برش‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که گرچه بیشتر ستبرای سازند خارک را لایه‌های سنگ‌آهک تشکیل می‌دهند ولی رابطه‌ی معناداری بین ترکیب سنگ‌شناسی و ستبرای کل سازند وجود دارد. در برش‌هایی مانند طولا، کارخانه سیمان، مسن، دره تندیس‌ها و گامبرون که ترکیب سازند عمدتا از جنس سنگ‌آهک است، ضخامت کل آن از ۵/۲ تا ۱۸/۶ متر می‌باشد. در برش بنگالی که نهشته‌های مارنی، مارن ماسه‌ای و آهک ماسه‌ای بخش قابل توجهی از ستون را تشکیل داده‌اند، ستبرای کل سازند افزایش قابل توجهی یافته و به ۴۴/۷ متر رسیده است (شکل ۱۱). افزایش ستبرا احتمالا بدین خاطر است که در منطقه‌ی نام‌برده، میزان ورود رسوبات آواری به دریا بیشتر از سایر جاها بوده است. برعکس، در مناطقی که کربنات بیشتر نهشته می‌شده، احتمالا شرایط آرام و گرم بر دریا حاکم بوده و ورود رسوب آواری بسیار اندک بوده است و لذا ستبرای کل توالی چندان زیاد نشده است.

در برش بندر دیر که توسط Gholamalian و همکاران (۲۰۲۲) مطالعه شده است، تعدادی لایه‌ی کنگلومرایی در نیمه‌ی پائینی ستون چینه‌نگاری وجود دارد که بیانگر وجود حالت بین انگشتی میان دو سازند خارک و بختیاری و هم ارزی سنی آنها با هم است (شکل ۱۱).

علاوه بر این، چینه‌های هم‌ارز سازند خارک در سواحل جنوبی خلیج فارس (کشورهای عربستان، امارات متحده عربی و قطر) با نام سازندهای غیاثی (Ghayathi Fm.) و فویریط (Fuwayrit Fm.) شناخته شده و توسط William و Walkden (۲۰۰۲)، Kirkham و Evans (۲۰۰۸، ۲۰۲۰) و Evans (۲۰۱۱) بررسی شده است. رخنمون این سازندها در منطقه‌ی فطیسی امارات متحده عربی و شمال قطر به خوبی توسط افراد یاد شده توصیف شده است (شکل ۱۲). سازند غیاثی شامل نهشته‌های بادی است که عمدتا به شکل تپه‌های ماسه‌ای در سواحل کشورهای امارات، قطر و عربستان سعودی گسترش دارند و از دانه‌های کوارتز تشکیل شده‌اند. این واحد بصورت پیوسته توسط سازند فویرط پوشیده می‌شود. سازند فویرط بیشتر از سنگ‌آهک‌هایی تشکیل شده که در دریایی کم‌عمق نهشته شده‌اند. سن مجموع دو سازند غیاثی و فویرط برابر پلئیستوسن پسین تعیین شده است شده است (William and Walkden, 2002; Stevens et al., 2014). هیچ سنگواره‌ای از این لایه‌ها گزارش نشده است، بنابراین تمام تفسیرها بر اساس موقعیت چینه‌شناسی هستند. مجموع دو سازند غیاثی و فویرط معادل زمانی سازند خارک می‌باشد (شکل ۱۲).



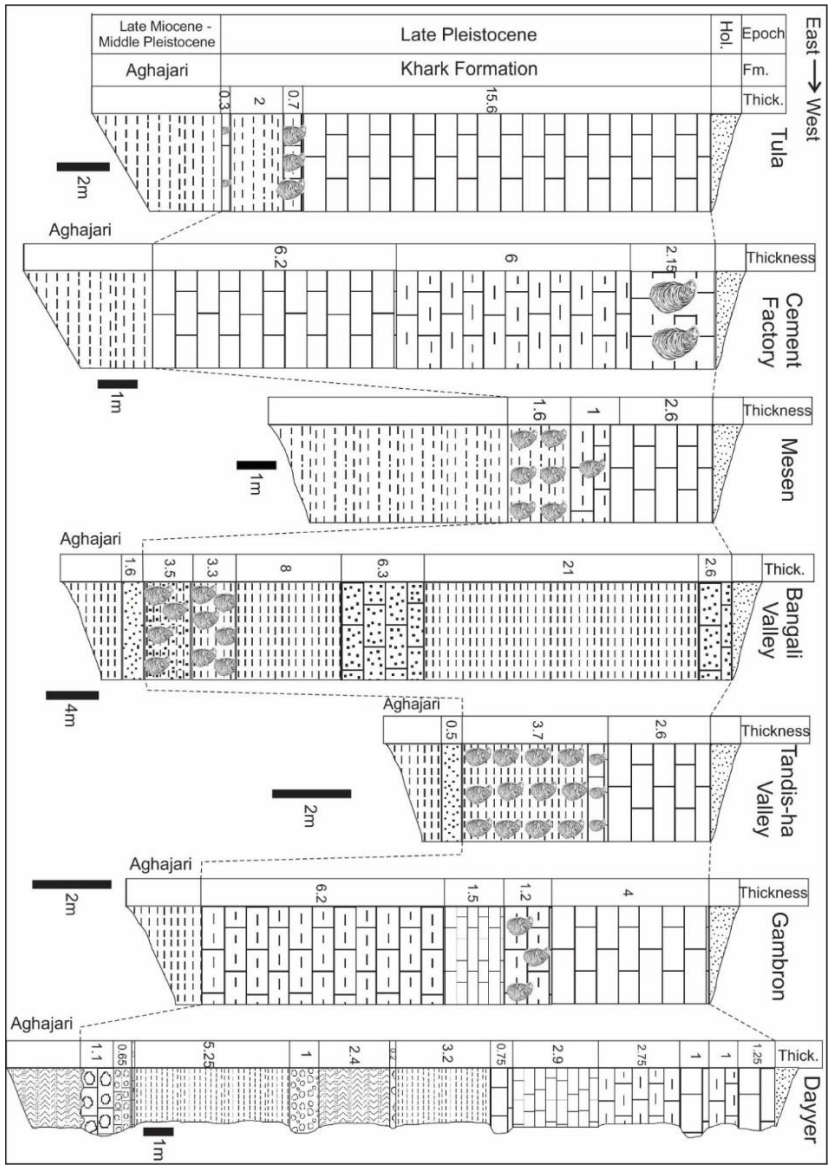
شکل ۹- منتخبی از دوکفه‌های پتریومورف جمع آوری شده از برش مرجع سازند خارک. تصاویر A تا J مربوط به واحد ۳ هستند و K تا M از واحد ۱ می‌باشند. (A) Pecten jacobaeus (Linnaeus, 1758) ، نمونه HUIM254: کفه چپ، سازند خارک، واحد ۳. (B-C) Flabellipecten costisulcatus (Almera and Bofill, 1897)، نمونه HUIM255: کفه‌های راست و چپ، سازند خارک، واحد ۳. (D) Flabellipecten flabelliformis (Brocci, 1814)، نمونه HUIM256: کفه چپ، سازند خارک، واحد ۳. (E-F) Aequipecten opercularis (Linnaeus, 1758)، نمونه‌های HUIM257-258: کفه راست، سازند خارک، واحد ۱. (G) Manupecten pesfelis (Linnaeus, 1758)، نمونه HUIM259: کفه راست، سازند خارک، واحد ۳. (H) Pectinidae Gen. et sp. Idet، نمونه HUIM260: کفه چپ، سازند خارک، واحد ۳. (I-J) Chlamys varia (Linnaeus, 1758)، نمونه‌های HUIM261-262: کفه‌های راست و چپ، سازند خارک، واحد ۱. (K) Crossostrea virginica، نمونه HUIM263: کفه چپ، سازند خارک، واحد ۱. (L-M) Lopha virleti Cox, 1936، نمونه HUIM264: نمای درونی و بیرونی کفه چپ، سازند خارک، واحد ۱. تمام مقیاس‌ها برابر یک سانتیمتر هستند.

Fig. 9. Selected Pteriomorphia bivalves from the reference section of Khark Formation. Specimens of figures A to J are from unit 3 and K to M from unit 1. (A) Pecten jacobaeus (Linnaeus, 1758), HUIM254: left valve left valve, Khark Formation, unit 3. (B-C) Flabellipecten costisulcatus (Almera and Bofill, 1897), HUIM255: right and left valves respectively, Khark Formation, unit 3. (D) Flabellipecten flabelliformis (Brocci, 1814), HUIM256: left valve, Khark Formation, unit 3. (E-F) Aequipecten opercularis (Linnaeus, 1758), HUIM257-258: right valves, Khark Formation, unit 1. (G) Manupecten pesfelis (Linnaeus, 1758), HUIM259: right valve, Khark Formation, unit 3. (H) Pectinidae Gen. et sp. idet., HUIM260: left valve, Khark Formation, unit 3. (I-J) Chlamys varia (Linnaeus, 1758), HUIM261-262: right and left valves respectively, Khark Formation, unit 1. (K) Crossostrea virginica, HUIM263: left valve, Khark Formation, unit 1. (L-M) Lopha virleti Cox, 1936, HUIM264: left valve, inner and outer views, Khark Formation, unit 1. All scale bars are 1 cm.



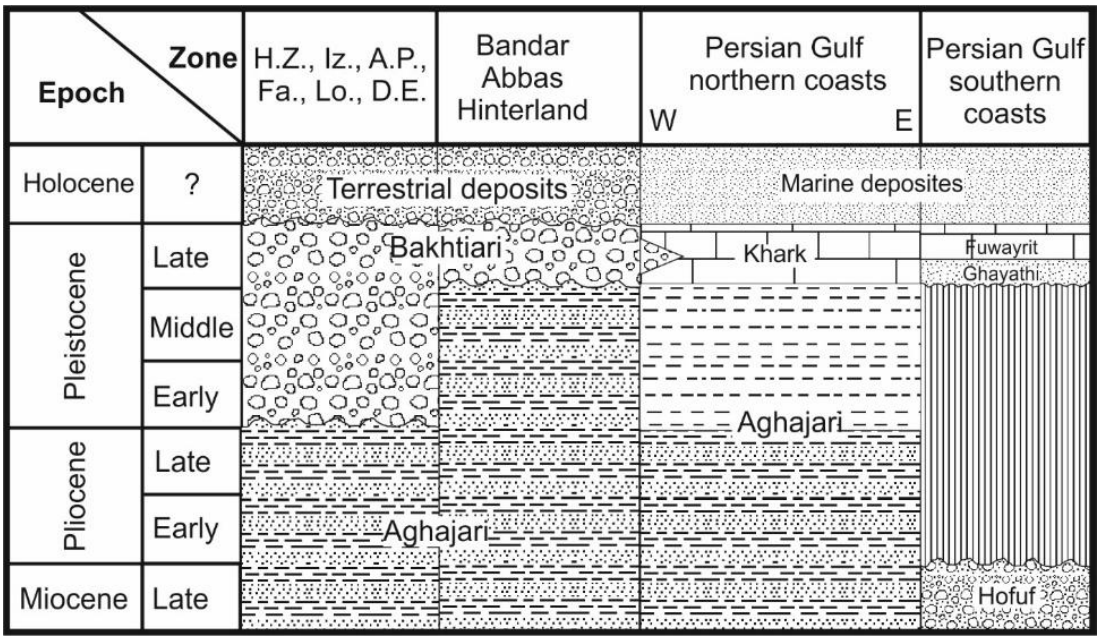
شکل ۱۰- دوکفه‌ای بزرگ Tridacna maxima که از واحد ۳ سازند خارک بدست آمده است. چکش به عنوان مقیاس است.

Fig. 10. Large bivalves *Tridacna maxima* those are found in unit 3 of the Khark Formation. Hammer is for scale.



شکل ۱۱- تطابق ستون‌های چینه‌نگاری سازند خارک در برش‌های جنوب ایران. ستون چینه‌نگاری برش دیر از مقاله‌ی خود نویسندگان (Gholamalian et al. 2022) برگرفته شده است. برای راهنمای ستون‌ها به شکل ۶ مراجعه شود.

Fig. 11. Correlation of stratigraphic columns of the Khark Formation sections in south of Iran. The stratigraphic column of Dayyer section is taken from the authors' article (Gholamalian et al. 2022). See Figure 6 for the legend.



شکل ۱۲- تطابق واحدهای سنگ‌چینه‌نگاری میوسن پسین تا هولوسن زاگرس و کرانه‌های شمالی و جنوبی خلیج فارس. شباهت سنگی و برابری سنی سازندها در اینجا مورد توجه می‌باشد. جهت راهنمای تصویر به شکل ۶ مراجعه شود.

Fig. 12. Late Miocene – Holocene lithostratigraphic units of Zagros and Persian Gulf coasts. Lithology uniformity and age equivalence of formations are considered here. Abbreviations used here are: H.Z. = High Zagros, Iz. = Izeh, A.P. = Abadan Plain, Fa. = Fars, Lo. = Lorestan, D.E. = Dezful Embayment. See Figure 6 for the legend.

۵-نتیجه‌گیری

اگر چه تاکنون همه‌ی چینه‌های عصر پلئیستوسن ناحیه‌ی زاگرس به نام سازند آواری ـ قاره‌ای بختیاری خوانده شده‌اند، اما بررسی‌های جدید بر روی توالی‌های یاد شده در جزیره‌ی قشم نشان می‌دهد که این رسوبات دریایی بوده و عمدتا کربناتی هستند. بررسی منابع علمی و بازدیدهای میدانی توسط نگارندگان نشان داده است که این چینه‌ها نه تنها در قشم، بلکه در سایر جزایر (مانند کیش و خارک) و در نوار ساحلی جنوب کشور وجود دارند. با توجه به تفاوت آشکار سنگ‌شناسی لایه‌های یاد شده با سازند بختیاری، محققین قبلی نام "سازند خارک" را برای این چینه‌ها پیشنهاد داده‌اند. برش الگوی سازند خارک قبلا در جزیره‌ی خارک توصیف شده است، ولی به دلیل مشکلاتی که دارد، در پژوهش حاضر یک برش مرجع برای آن در نزدیکی شهر مسن (واقع در جنوب باختری شهر قشم) تعریف شد. لایه‌های سازند خارک دارای گونه‌های متنوع و فراوان جانوری (دوکفه‌ای، خارپوست و مرجان) هستند. این سازند ۳۵±۲۵۲ هزار تا ۹±۱۰۰ هزار سال سن دارد که برابر پلئیستوسن پسین می‌باشد. سازند خارک با دو مرز پیوسته در پائین و بالا، بین سازند آغاجاری و رسوبات عهد حاضر قرار می‌گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش در راستای طرح پژوهشی با عنوان "معرفی ظرفیت‌های زمین‌گردشگری نهشته‌های کواترنری جزیره‌ی قشم" (دستور شماره ۲۲۵/م ژ مورخ ۱۴۰۳/۳/۱) با حمایت مالی و معنوی سازمان منطقه آزاد قشم و ژئوپارک جهانی قشم انجام شده است و نگارندگان برخود لازم می‌دانند که از مدیریت محترم هر دو اداره تشکر بنمایند. معاونت زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، جناب آقای دکتر سید جعفر عمرانی در تهیه منابع علمی کمک کردند که مورد تقدیر است. همچنین از ریاست محترم دانشکده علوم پایه دانشگاه هرمزگان (جناب آقای دکتر زارعی) به خاطر انجام هماهنگی‌های لازم سپاس‌گزاری می‌شود. از آقای مهندس ابراهیم عبدی، مدیر عامل محترم شرکت سیمان قشم که اجازه‌ی بازدید و اندازه‌گیری برش "کارخانه سیمان" را دادند صمیمانه قدردانی می‌شود. نویسندگان از ناخدا امینی و خانواده محترم ایشان به خاطر پذیرایی در مدت انجام این پژوهش تشکر می‌نمایند.

مراجع

Abdula, R.A. Sadi Nourmohamadi, M., Delizy, B.A., Nadir Ahmed, I., 2025. Sedimentology and depositional environment of Injana Formation's sandstone member, Kurdistan Region, Iraq. Warta Geologi 51, 1-7. DOI: https://doi.org/10.7186/wg511202501

Aghanabati, S.A., 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran, p. 586.

Aghanabati, S.A., 2013. Geology of Iran and adjacent countries. Geological Survey of Iran, p.714.

Allahyari, M., Moeini, M.V., Ganjavian, M.A., 2007. Geological map of Bandar Lengeh 1/250000. National Iranian Oil Company sheet no. H14.

Caprotti, E., 1976. Malacofauna dello stratotipo Piacenziano (Pliocene di Castell'Arquato). Conchiglie 12, 1-56.

Carpenter, K.E., Niem, V.H., 1998. The living marine resources of the western central Pacific, Vol. 1 Seaweeds, corals, bivalves and gastropods. FAO species identification guide for fishery purposes, p. 686.

Ciampalini, A., Forli, M., Guerrini, A., Sammartino, F., 2014. The marine fossils malacofauna in a Plio-Pleistocene section from Vallin Buio (Livorno, Italy). Biodiversity Journal 5, 9-18.

Cook, R.E., 1958. Geological engineering report of Khark Island. IOOC Report 865 (Unpublished).

Ehsani, M.H., Goodarzi, M., 2004. Geological map of Chiru 1/100000. National Iranian Oil Company sheet no. 20879E.

Evans, G., 2011. An historical review of the Quaternary sedimentology of the Gulf (Persian Gulf) and its geological impact. Quaternary carbonate and evaporite sedimentary facies and their ancient analogues. A Tribute to Douglas James Shearman. In: C.G.St.C. Kendall, A.S. Alsharhan, I. Jarvis, T. Stevens (eds). IAS Special Publication 43, 11-44.

Fakhari, M., 1993a. Geological map of Khurmoj 1/250000. National Iranian Oil Company sheet no. F-12.

Fakhari, M., 1993b. Geological map of Kangan 1/250000. National Iranian Oil Company sheet no. F-13.

Fakhari, M., 1994. Geological map of Beyram 1/250000. National Iranian Oil Company sheet no. G-13.

Fakhari, M., 1995. Geological map of Bandar Abbas 1/250000. National Iranian Oil Company sheet no. I-13.

Farmani, F., 2003. Geological map of Bandar Charak 1/100000. National Iranian Oil Company sheet no. 20880W.

Gholamalian, H., Hassani, M.J., Keshavarz, M., 2022. Stratigraphy and palaeoceanography of late Pleistocene molluscs from the northern coast of the Persian Gulf. Geological Quarterly 66, 1-11. DOI: http://dx.doi.org/10.7306/gq.1649

Gholami Zadeh, P., Shafeii, A., 2021. Response of the Pliocene-Pleistocene carbonates to relative sea-level changes in Kish Island, Persian Gulf. Journal of African Earth Sciences 183, 1-15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104316

Haghipour, A., Aghanabati, S.A., 2005. Geological map of Qeshm 1/100000: Qeshm Free Zone Organization.

Haji Karim, K., Ibrahim Fattah, A., Mohammed Qader, F. 2015. First record of bedded limestone inside Upper Bakhtiari Formation, Sulaimani Governorate, Kurdistan Region, NE-Iraq. IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics 3, 1-8. DOI: 10.9790/0990-03510108

Haji Karim, K., Tofiq Mohamad, S., Ibrahim Fattah, A., 2025. Record of the Equivalent of The Upper Bakhtiari (Bai Hassan) Formation in The Chwarta-Mawat Area Within Zagros Thrust Zone, Kurdistan Region, NE-Iraq. Iraqi National Journal of Earth Science 25, 87-102. DOI: 10.33899/earth.2024.144691.1178

Hassani, M.J., Hosseinipour, F., 2017. Lithostratigraphy and microbiostratigraphy of the Neogene deposits (Mishan and Aghajari Formations) in the north-east of Bandar Abbas. Paleontology 4, 141-154. DOI: 10.22067/paleos.v4i2.62427

James, G.A., Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area: American Association of Petroleum Geologists Bulletin 49, 2182–2245.

Jassim, S.Z., Goff, J.C., 2006. Geology of Iraq. Dolin, Prague and Moravian Museum, p. 341.

Kalantari, A., 1992. Lithostratigraphy and microfacies of Zagros orogenic area, South-West Iran. National Iranian Oil Company, Exploration and Production, Geological Laboratories Publication 12, p. 421.

Kirkham, A., Evans, G., 2008. Giant burrows in the Quaternary Limestones of Futaysi Island and Al Dabb'iya, Abu Dhabi Emirate. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 270, 324-331.

Kirkham, A., Evans, G., 2020. Quaternary sequence stratigraphy of onshore Abu Dhabi Emirate. Arabian Journal of Geosciences 13, 1-10. DOI: 10.1007/s12517-019-4998-4.

Leesen, G.K.G., 2016. The Mediterranean Sea during the Pleistocene - bivalve shells and their potential to reconstruct decadal and seasonal climate signals of the past. Msc thesis. Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, p. 55.

Llewellyn, P.G., Ahdoot, H., 1976. Geological quadrangle map of South Mond, scale 1/100000. National Iranian Oil Company sheet no. 20860 W.

Llewellyn, P.G., Ahdoot, H., Fakhari, M., 1977. Geological quadrangle map of North Mond, scale 1/100000. National Iranian Oil Company sheet no. 20855 W.

Litte, D.G., 1956. Investigation of building stone sources for proposed Kuh-i-Bang break water. IOOC Report 834 (Unpublished).

Mahdipour Haskouei, F., Bahrami, A., Yazdi, M., Vega, F.J., 2025. Review of Mio-Pliocene pectinids and ostracods from Minab region and Qeshm Island, Persian Gulf, southern Iran. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 77, 1-30. DOI: http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2025v77n1a251224

Motiei, H., 1993. Stratigraphy of Zagros. Gological Survey of Iran, p. 543.

Motiei, H., 1994. Quaternary deposits of Khark Island. National Iranian Oil Company, General Directorate of Research and Central Laboratories, Report P-4457, p. 19. (unpublished).

Pirazzoli, P.A., Reyss, J.L., Fontugne, M., Haghipour, A., Hilgers, A., Kasper, H.U., Nazari, H., Preusser, F., Radtke, U., 2004. Quaternary coral-reef terraces from Kish and Qeshm Islands, Persian Gulf: new radiometric ages and tectonic implications. Quaternary International 120, 15-27.

Preusser, F., Radtke, U., Fontugne, M., Haghipour, A., Hilgers, A., Kasper, H.U., Nazari, H., Pirazzoli, P.A. 2003. ESR dating of raised coral reefs from Kish Island, Persian Gulf. Quaternary Science Reviews 22, 1317-1322. DOI: 10.1016/S0277-3791(03)00038-6

Reyss, J.L., Priazzoli, P.A., Haghipour, A., Hatte, C., Fontugne, M., 2014. Quaternary marine terraces and tectonic uplift rates on the south coast of Iran. In: Stewart, I.S. and Vita-Finzi, C. (eds). Coastal Tectonics. Geological Society London Special publications 146, 225-237.

Samadian, M.R., 1990. Evidence of Late Cenozoic movements of the Zagros salt domes: Proceeding of symposium on diapirism with special reference to Iran, Bandar Abbas 1, 259-326.

Sharoonizadeh, N., Afghah, M., 2017. Paleontological study of Mesen, Suza and Olympic stratigraphic sections in Qeshm and Kish Islands, Persian Gulf, Iran. Carbonates and Evaporites 32, 37-48. DOI: 10.1007/s13146-016-0302-9

Stevens, T., Jestico, M.J., Evans, G., Kirkham, A., 2014. Eustatic control of Late Quaternary sea-level change in the Persian Gulf. Quaternary Research 82, 175-184.

Williams, A.H., Walkden, G.M., 2002. Late Quaternary highstand deposits of the southern Persian Gulf: a record of sea-level and climate change. Geological Society Special Publications 195, 371-386.

Tajvar, A., Ahrari Roudi, M., Elyaspour, N., 2023. Introducing the Lomashell of Makran coast and their use for supplementing aquatic feed. Journal of Oceanography 55, 94-104.