

Research Article

Significance of paleoecological calcified sponges (*Neuropora lusitanica*, *Cladocoropsis mirabilis*) in Esfandiar carbonate platform in Gazu area (East Central Iran)

Hoseinali Bagi^{1*}, Koroosh Rashidi²

1-Department of Basic Sciences, Technical and vocational University, Tehran, Iran

2- Geology department, Yazd University, Iran

Keywords: *Esfandiar carbonate platform*; *Cladocoropsis mirabilis*; *Neuropora lusitanica*; *Paleoecology*; *Tethys*.

1-Introduction

Upper Jurassic strata were cropping out and *notably* exposed in east-central Iran's Shotori Range (Tabas area). The base of the Esfandiar Subgroup is marked by a shift from siliciclastic to carbonate. The top boundary of the Esfandiar Subgroup is marked by a tectonic event, *seemingly* of the Kimmeridgian age.

Preceding studies (Stocklin et al. 1965; Ruttner et al. 1968) of the Jurassic strata of the Shotori Range were predominantly concerned with mapping. These researchers broadly characterized the Esfandiar Limestone Formation as the reefal limestone sediments. Calcified sponges are *extensive* in many Upper Jurassic reefs in the epicontinental seas bordering the Northern Tethyan Ocean (Leinfelder 1993). In the southern *fraction* of the Tethys, reef occurrence was more local (Schlagintweit 2005). Better-known local occurrences are in Saudi Arabia (El-Asaad 1991). Leinfelder et al. (2005) recognized that in the Late Jurassic, different types of coral, sponge, and microbiolite reefs and calcified demosponges are *announced* from two Jurassic stages, Oxfordian and Kimmeridgian.

This study aims to analyze a cross-section through the depositional setting of the Esfandiar Formation in the Shotori Range based on microfacies analysis of 245 thin sections and to document the calcified sponge's assemblage.

2- Material and methods

The samples were extracted at 1 to 2 m intervals in the carbonate sediments, and numerous macrofossils were observed in the middle layers of the profile. The rocks were described using a lup lens according to their depositional fabric and then sampled for thin-section analysis. More than 245 thin sections were examined with a polarizing microscope (Olympus CX31 with DP-21 camera attachment). Macrofauna, microfauna, and ichnological traces were documented, and sedimentary structures and bedding features were noted and integrated into the facies analysis. Calcified sponges (*Neuropora lusitanica*, *Cladocoropsis mirabilis*, and chaetetid) and benthic foraminiferal identifications were mainly based on the inspection of casually oriented foraminiferal remains in petrographic thin sections.

3- Discussion

3-1- Sponges

This calcified sponge represents a cosmopolitan species among the Upper Jurassic shallow-water reefal and peri-reefal biotic communities of the Esfandiar Carbonate Platform and throughout synchronous rimmed carbonate platforms of the Tethyan domain (Ples et al., 2021). In the generic description of *Neuropora*,

* Corresponding author: hbagi@tvu.ac.ir

DOI :10.22055/AAG.2022.40590.2294

Received: 2022-04-27

Accepted: 2022-06-24

Termier *et al.* (1985) expressed that "This genus presents a double behavior: encrusting in the early ontogenetic stages, then beginning to be branched." Considering this, the "encrusting" *N. lusitanica* forms represent an incipient development stage in the ontogeny of this calcified sponge rather than a general morphostructural. As accepted from the initial growth stages of chaetetids, the selective or inconstantly emergence of a growth center (or centers) of tubules

represents a key parameter in the morphological development of the skeleton. Therefore *it can be inferred* that more advanced ontogenetic stages of *N. lusitanica* can have a slightly different growth pattern. Furthermore, according to Bagi and West (2015), specimens of the same species can develop different growth morphologies if they die before achieving an advanced ontogenetic stage.

It is well-accepted that environmental conditions are the main controlling element of the growth phases and external morphological variations in many calcified sponges. Given the agitated environment, some adult *N. lusitanica* specimens might develop encrusting patterns in clusters (agglomerations) with other encrusting sponges.

The internal morphology of *Neurospora lusitanica* is related to a linked tubular system (with more or less parallel longitudinal tubes) from which bifurcating radially arranged tubules are developing perpendicular (or bent) towards the skeleton's outer wall. The lateral elements (tubules) in horizontal sections resemble a conically superimposed arrangement divided by thin tabulae. Termier *et al.* (1985) reported that septate walls are spread at relatively specific intervals, and a "crown of spiculous tubercles characterizes the peripheral openings of the lateral tubes."

In analogy with other *Neuropora* species, *N. lusitanica* can possess astrophoroid/ stellate-type or mamelonar microstructures at the skeleton's surface (West *et al.* 2013). The skeleton has a fibrous microstructure best attended in longitudinal and oblique/longitudinal sections. The known stratigraphic distribution of *Neuropora lusitanica* ranges betwixt the upper Oxfordian (Termier *et al.* 1985) and the lower Aptian with an acme period during the late Kimmeridgian-Tithonian interval (Pleř *et al.* 2021)

The family Cladocoropsidae was offered by Termier *et al.* (1977) to include mostly rod-shaped branching or unbranching stromatoporoid with a reticulate ("sarmentoid") internal structure of skeletal elements ordinary displaying a fibrose calcitic microstructure. The microstructure of *Cladocoropsis mirabilis* is fasciculated fibrous. The mainly irregular rod-shaped *Cladocoropsis mirabilis* representatives by its subparallel multibranching columns (branches).

Hypercalcified sponges with a chaetetid skeleton are members of the sessile marine benthos. The skeleton of hypercalcified demosponges is a rigid specular skeleton or a combination of both (West 2011). Growth forms of chaetetids in the Esfandiar Limestone Formation are bulbous, domical, laminar, and complex.

Most of the chaetetids at the base of the Esfandiar Limestone Formation have ragged margins indicating episodic sedimentation. The general growth form of the chaetetids in the Esfandiar Limestone Formation is domical to columnar, suggesting that they grew in relatively clean water with low turbidity (Bagi and West, 2015).

3-2- Paleocology and Paleoenvironment

The carbonates in the Esfandiar platform were deposited in a shallow environment that evolved from an external platform facies with *Cladocoropsis mirabilis*, *N. lusitanica*, chaetetid and foraminifers (shallow subtidal, intertidal to supratidal) dominated by cyanobacteria (the Limestones with cyanobacteria), followed by a platform margin (reef and para-reef environments).

Palaeogeographic reconstructions of the Tabas Block during the Oxfordian to Lower Kimmeridgian are based on facies distribution. The Tabas block was located between 20° and 30°N at the northern margin of the Neo-Tethys (Bagi and West, 2015; Fürsich *et al.*, 2009).

In the Early Kimmeridgian, the Tabas Block was situated around 20°N. Climatic indicators are rare intercalations of thin red beds and the development of gypsum in the self-lagoon facies (Magu gypsum Formation).

The Esfandiar Limestone Formation entirely comprises medium-bedded to massive carbonates of light-grey–brownish–yellow colour, which were deposited on a broad carbonate platform (Bagi and West, 2015). The production of large amounts of carbonate mud, aggregate, and ooid is typical of tropical warm-water carbonates (Fürsich et al., 2009). A detailed microfacies analysis of the Esfandiar Limestone Formation displays a shallow- and warm-water depositional system.

Cladocoropsis mirabilis, *Neuropora lusitanica* and chaetetids, were abundant on the Esfandiar platform. Mud-rich mound structures containing significant scleractinian corals are found within the Esfandiar Limestone Formation. *Neuropora* is a standard component of Upper Jurassic carbonate depositional systems and occupies a wide bathymetric and ecologic range, from shallow coral to deeper siliceous sponge facies (Bagi et al., 2015).

Despite a paleogeographical position favouring reef growth, the absence of more extensive coral reefs on the Esfandiar platform needs an explanation. Scleractinian corals are extremely adapted to nutrient-deficient environments, and the evolution of modern and fossil coral reefs is highly reduced by excess nutrients (Nikitenko et al., 2015). However, nutrient input from the hinterland of the Esfandiar platform was possibly low, as indicated by the low terrigenous content of the rocks due to the arid climate.

4. Conclusion

Neuropora lusitanica is reported for the first time in Upper Jurassic sediments in Iran. *Neuropora lusitanica* is the subject of numerous debates regarding its systematic placement among the complex hierarchy of the calcified sponge's phylogeny.

Upper Jurassic chaetetids, *Neuropora lusitanica*, and *Cladocoropsis mirabilis* were examined, and three dominant growth forms were recognized and reconstructed.

Sedimentation and related turbulence are simply recognizable, and these sponges, especially chaetetids, recorded events on the seabed while they were alive.

References

- Bagi, H., West, R.R., 2015. Microfacies and environmental significance of hypercalcified demosponges of the Upper Jurassic Esfandiar platform (Shotori Mountains, Tabas Block, eastcentral Iran). *Carbonates Evaporites* 30, 483–493. <https://doi.org/10.1007/s13146-015-0269-y>
- Cladocoropsis mirabilis* Felix, 1907 in Paleobiology Database (2022). The Paleobiology Database. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/zzoyxi> accessed via GBIF.org on 2022-03-30.
- El-Asaad, G.M.A., 1991. Oxfordian hermatypic coral from central Saudi Arabia, *Geobios* 24, 267–287.
- Fürsich, F.T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., 2009. Lithostratigraphy of the Upper Triassic–Middle Jurassic Shemshak Group of Northern Iran. Geological Society, London, Special Publications 312 (1), 129-160. <https://doi.org/10.1144/SP312.6>
- [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(09\)90006-7](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(09)90006-7)
- Leinfelder, R.F., Schlagintweit, W., Werner, O., Erbli, M., Nose, D.U., Schmid, G., Hughes, W., 2005. Significance of stromatoporoids in Jurassic reefs and carbonate platforms-concepts and implications. *Facies* 51, 287–325. <https://doi.org/10.1007/s10347-005-0055-8>
- Leinfelder, R.R., Krautter, M., Nose, M., Ramalho, M.M., Werner, W., 1993. Siliceous sponge facies from the Upper Jurassic of Portugal. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 189, 199-254. https://www.academia.edu/18063684/Siliceous_sponge_facies_from_the_Upper_Jurassic_of_Portugal
- Nikitenko, B.L., Knyazev, V.G., Peshchevitskaya, E.B. and Glinskikh, L.A., 2015. The Upper Jurassic of the Laptev Sea: interregional correlations and paleoenvironments. *Russian Geology and Geophysics* 56(8), 1173-1193. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.07.008>

- Ples, G., Schlagintweit, F., Lazar, I., Bucur, I.I., Sasaran, E., Gradinaru, M., 2021. Exceptionally preserved calcified sponge assemblages in Upper Jurassic carbonates of the eastern Getic Carbonate Platform (Southern Carpathians, Romania). *Comptes Rendus Palevol*, 20(31), pp. 641-666.
- Ruttner, A., 1968. Geology of the Shirgesht area (Tabas area, east Iran). *Geological Survey of Iran* 4, 1-133. <https://searchworks.stanford.edu/view/3017148>. <https://searchworks.stanford.edu/view/3017148>
- Schlagintweit, F., 2005. *Neogyroporella? gawlicki n. sp.*, a New Dasycladale from the Upper Jurassic–Lower Cretaceous Lärchberg Formation of the Northern Calcareous Alps, Austria. *Geologia Croatica* 58(2), 103-117. <https://doi.org/10.4154/GC.2005.05>
- Stocklin, J., 1965. Geology of the Shotori range (Tabas area, east Iran). *Geological Survey of Iran* 3, 69. https://books.google.com/books/about/Geology_of_the_Shotori_Range_Tabas_Area.html?id=8IRPAQAAIAAJ
- Termier, G., Termier, H., Ramalho, M., 1985. Spongiofaunes du Jurassique supérieur du Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 71(2), 197-222. <https://www.lneg.pt/product/tomo-71-fasc-1-1985/>
- Termier, H., Termier, G., Vachard, D., 1977. On Moravamminida and Aoujgaliida (Porifera, Ischyrospongia): Upper Paleozoic “Pseudo Algae”. In *Fossil Algae*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-66516-5_23
- West, R.R., 2011. *Treatise Online*, no. 21: Part E, Revised, Volume 4, Chapter 2B: Functional morphology of the fossil hypercalcified chaetetid-type Porifera (Demospongiae). *Treatise Online*. <https://doi.org/10.17161/to.v0i0.4138>
- West, R.R., Vacelet, J., Wood, R.A., Willenz, P., Hartman, W.D., 2013. Hypercalcified extant and fossil chaetetid-type and Post-Devonian stromatoporoid-type Demospongiae: Systematic descriptions. *Treatise on Invertebrate Paleontology on Line* 58, 1-95. <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/16731/3/FullText.pdf>

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Bagi, H., Rashidi, K., 2023. Significance of paleoecological calcified sponges (*Neuropora lusitanica*, *Cladocoropsis mirabilis*) in Esafandiar carbonate platform in Gazu area (East Central Iran). *Adv. Appl. Geol.* 13(2), 483-501.

DOI :10.22055/AAG.2022.40590.2294

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_18303.html

©2023 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

اهمیت پالئوآکولوژی گونه های *Cladocoropsis mirabilis* , *Neuropora lusitanica* در پلاتفرم کربناته سازند اسفندیار در منطقه گزو (شرق ایران مرکزی)

حسینعلی بگی*

گروه علوم پایه، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران

کوروش رشیدی

گروه زمین شناسی، دانشگاه یزد

hbagi@tvu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۳

چکیده

در راستای پیشرفت در فهم تحولات اقلیم تیتیس مرکزی در ژوراسیک بالایی، مطالعه اسفنج‌های کلسیفای در پلاتفرم کربناته اسفندیار بررسی گردید. برای اولین بار گونه کلسیفای *Neuropora lusitanica* به همراه تجمع قابل توجهی از اسفنج‌های دمواسپونژی که در تفسیر محیط دیرینه پلاتفرم کربناته سازند اسفندیار (در منطقه گزو در کوه‌های شتری-ایران مرکزی) می‌توانند نقش موثری داشته باشند، شناسایی گردید. در بین این گروه از نمونه‌های اسفنجی، پس از Chaetetid‌های هیپرکلسفای، گونه *Cladocoropsis mirabilis* فراوانی قابل توجهی دارند و گونه *N. lusitanica* به صورت نادر در سازند اسفندیار گسترش دارند. در این پژوهش مشخص گردیده که نوسانات ورود مواد مغذی تاثیر مهمی در فهم تطابق و سازش شکلی اسفنج‌ها دارد. به طوری که پالئوآکولوژی و محیط دیرینه متفاوت، نقش موثری در الگوی پراکندگی گونه‌های اسفنجی در تیتیس مرکزی در پلاتفرم کربناته اسفندیار در جنوب تیتیس داشته است. در غیاب شبکه ریفی عظیم این گروه از اسفنج‌های کلسیفای، شکل آنها تحت تاثیر همزیستان، دیگر گروه‌های زیستی و نوسانات تولید کربنات در تیتیس قرار داشته است. اشکال مختلف اسفنجی، عدم تشکیل شبکه گسترده ریفی و همچنین وجود فرامینیفر *Alveosepta jaccardi* در این سازند آهکی نشانگر تداوم پلاتفرم اسفندیار در طی اکسفوردین میانی-کیمرجین پایینی در شرایط آب و هوایی نسبتاً گرم و خشک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: *Cladocoropsis mirabilis*، *Neuropora lusitanica*، پالئوآکولوژی، سازند اسفندیار، ایران مرکزی

۱- مقدمه

اسفندیار) در راستای شناخت وضعیت پالئوژئوگرافی، پالئوآکولوژی و محیط دیرینه این پلاتفرم در ژوراسیک بالایی کوه‌های شتری در شرق ایران مرکزی متمرکز شده است. غالباً رشد اسفنج‌ها نسبت به محیط رسوبی دیرینه واکنش نشان می‌دهند و منجر به تکوین انواع فرم‌های اسفنجی می‌گردد (اشکال گنبدی، حالت پوششی، به ندرت سیلندری و...). علاوه بر آن میزان رسوبات ورودی به حوضه و مواد مغذی موجود نقش مهمی در فهم سازش اشکال اسفنج‌ها در این منطقه به عنوان بخشی از قلمرو تیتیس دارند (Bagi et al., 2021).

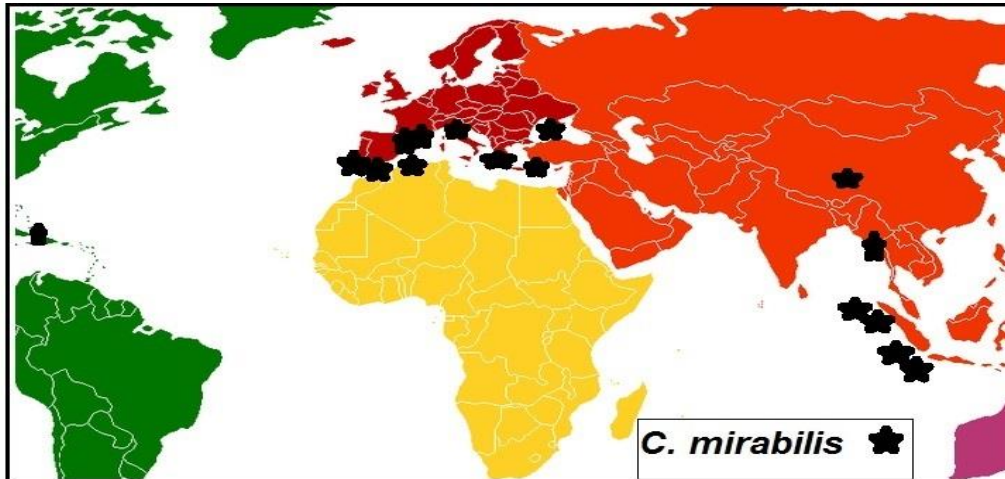
اسفنج‌های هیپرکلسفای یا کلسیفای (برای مثال استرماتوپوریدا) نقش مهمی در گسترش و تکامل در حاشیه پلاتفرم ریفی در داخل تیتیس در طی ژوراسیک بالایی داشته است (Rusciadelli et al., 2011; Bagi et al., 2015). مرجان‌ها، اسفنج‌ها و میکروارگانیزم‌های پوشش دهنده همزیست نقش ویژه‌ای در تعداد زیادی از پلاتفرم‌های مجزا که در شکل‌گیری شبکه ساختمانی ریف‌هایی که رسوبات آب‌های کم عمق را تحکیم و تثبیت می‌کنند، دارند (Ples et al., 2021). این مطالعه بر روی تحلیل تجمع اسفنج‌های کلسیفای به خصوص کلاووکروپسیس میرابیلیس و معرفی گونه جدید شناسایی شده در بلوک طیس در ایران مرکزی (پلاتفرم کربناته

۲- مروری بر تجمعات اسفنجی در ژوراسیک بالایی در قلمرو تیتیس

اسفنج‌ها به طور قابل توجهی در رسوبات دریایی ژوراسیک

(میکرواینکراستر) هستند، در طی ژوراسیک بالایی (اکسفوردین – کیمریدجین) توسعه داشته‌اند. اما در بخش جنوبی تتیس این سازندگان ریفی عمدتاً به صورت محلی گسترش داشته‌اند (Schlagintweit et al., 2005; Leinfelder et al., 2005)؛ همچنین بهترین رخنمون‌های شناخته شده ریف‌ها در ژوراسیک بالایی در جنوب تتیس از عربستان سعودی گزارش شده است (El-Asaad, 1991).

بالایی در حاشیه شمالی تتیس گسترش داشته‌اند. در چند دهه گذشته اطلاعات و داده‌های جامعی از رسوبات کربناته تتیس (پرتغال، اسپانیا، فرانسه و جنوب آلمان) بدست آمده است (Leinfelder et al., 2005). داده‌های موجود نشان می‌دهند که در قلمرو شمال تتیس، اسفنج‌های کلسیفای، اسفنج‌های میکروبیولیتی، موندهای گلی، ریف‌های مرجانی توده‌ای که همراه با استروماتوپوریداها و پوشش‌های میکروبی



شکل ۱- گسترش اسفنج‌های کلسیفای به خصوص کلادوکروپسیس میرابیلیس در رسوبات بالایی ژوراسیک بالایی تتیس مطابق با گزارش‌های (Schlagintweit et al., 2005; Ples et al., 2021)

Fig.1. Distribution map of sponges (*C. mirabilis*) in Upper Jurassic strata (Ples et al., 2021; Schlagintweit et al., 2005)

کرتاسه (۱۲۵-۱۹۹ میلیون سال قبل) تاکنون شناسایی شده‌اند (Wilmsen et al., 2021; Ples et al., 2021).

۳- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

بررسی‌های اولیه بلوک طبس با مطالعات نقشه‌برداری در سال‌های ۱۹۶۰ آغاز (Huckriede et al., 1962; Stocklin, 1965) و در طی ده‌های بعد تکمیل گردیده است (Ruttner et al., 1968; Aghanabati, 1977; Kluyver et al., 1983).

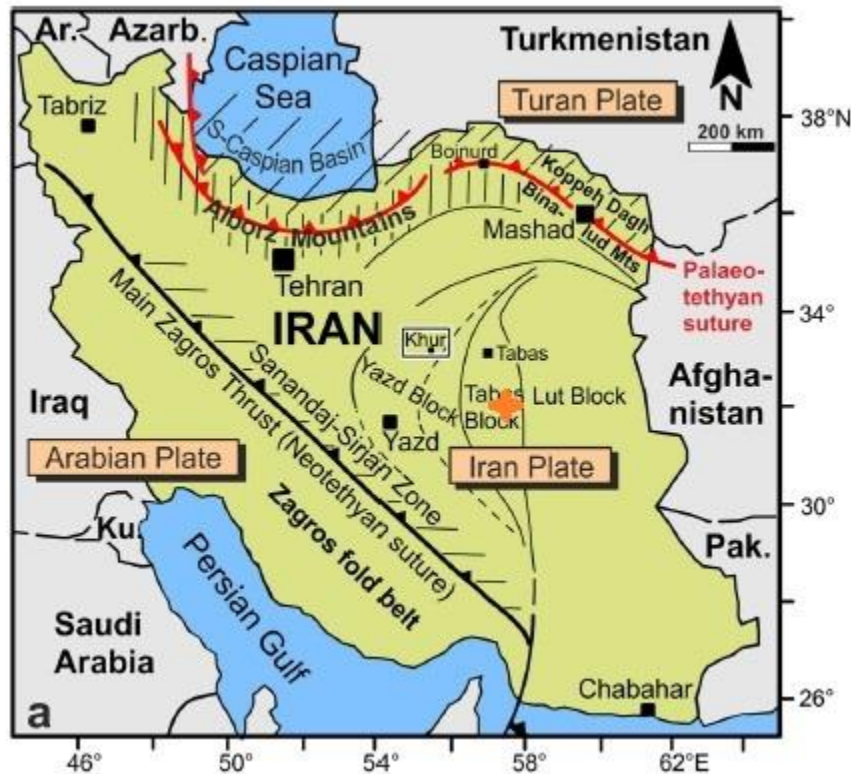
تکامل و گسترش حوضه‌های رسوبی خرده قاره شرق ایران مرکزی توسط تصادم بلوک‌های لوت و یزد کنترل گردیده است (Wilmsen et al., 2021). خرده قاره شرق ایران مرکزی (اشکال ۲ و ۳)، بخشی از پلیت ایران مرکزی است و مشتمل بر واحدهای ساختمانی بلوک‌های لوت، طبس و یزد می‌باشد (Soffel et al., 1984; Bagi et al., 2021).

بلوک طبس در شرق ایران مرکزی شامل توالی‌های ضخیم

از نظر ساختاری، ساختمان اسکلتی استروماتوپوریدا شباهت زیادی با اسفنج‌ها داشته اما فاقد اسپیکول هستند، استفاده از اصطلاح اسفنج‌های آهکی یا کلسیفای برای بیشتر اسفنج‌های ژوراسیک رایج‌تر است. در این راستا محققى به نام (West, 2011) اصطلاح دمواسپونژی را برای این گروه از اسفنج‌های کلسیفای استفاده نموده است. همچنین مجموعه‌ای از اسفنج‌های دمواسپونژی و کلسیفای (Chaetetid، *Neuropora* sp.، *Cladocoropsis mirabilis*) در پلاتفرم کربناته سازند آهکی اسفندیار در کوه‌های شتری در بلوک طبس شناسایی شده‌اند. بر خلاف گسترش وسیع چینه‌شناسی اسفنج‌های Chaetetid که از اردویسین تا میوسن بوده است (به خصوص رسوبات کربونیفر، پرمین، ژوراسیک)، گونه‌های *C. mirabilis* از انتهای تریاس تا کرتاسه بالایی (۱۹۶ تا ۸۵ میلیون سال قبل) در محدوده تتیس مرکزی گزارش شده‌اند و گونه *N. lusitanica* از رسوبات ژوراسیک زیرین تا ابتدای

به دلیل تغییرات جانبی رخساره‌ای فراوان پیچیده بوده، به طوری که در مطالعات و نقشه‌برداری‌های اولیه واحدهای سنگی اشتباهات قابل توجهی انجام گردیده است (Bagi et al., 2015). بدنبال مطالعات تکمیلی در سنگ نگاری چینه‌ای (شکل ۵)، بازنگری قابل توجهی در این رابطه توسط ویلمسن و همکاران انجام گردیده است (Wilmsen et al., 2003).

از رسوبات تریاس- ژوراسیک بوده که می‌تواند به فهم تکوین پلیت ایران مرکزی کمک شایان توجهی بنماید (Fürsich et al., 2009). ضخامت رسوبات تریاس میانی-ژوراسیک در بلوک طبس می‌تواند با عملکرد فاز سیمیرین پیشین مرتبط باشد (Fürsich et al., 2009) سنگ چینه‌نگاری رسوبات ژوراسیک میانی-بالایی به عنوان یک واحد زمین شناسی، در منطقه گزو،

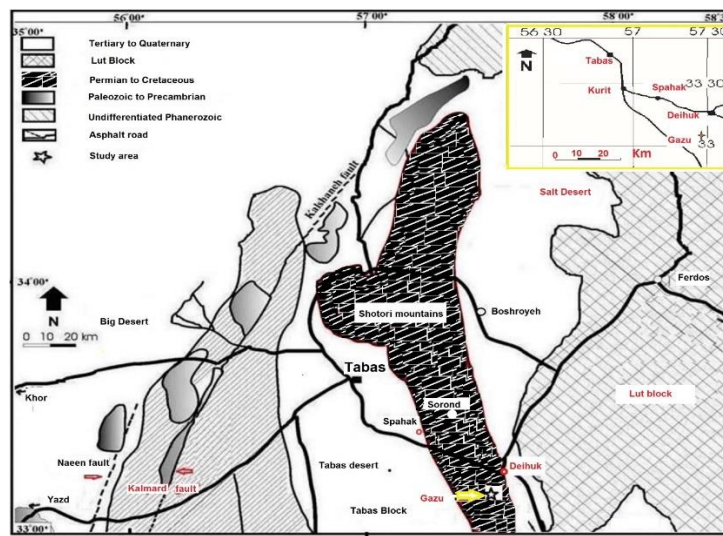


شکل ۲- نقشه زمین ساخت ایران (Wilmsen et al., 2021). منطقه مورد مطالعه با علامت ستاره مشخص شده است.

Fig. 2. Main structural units and sutures of Iran (Wilmsen et al., 2021). Location of the study area indicated with an asterisk.

است (شکل ۱)، در این منطقه سازند سیخور توسط سازند اسفندیار پوشیده شده است. سازند سیخور عمدتاً شامل رسوبات آواری است و به سمت غرب و شرق منطقه به صورت بین انگشتی با سازند سیلتی- ماری بغمشاه تبدیل و توسط سازندهای آهکی اسفندیار و قلعه دختر در بالا مرتبط می‌باشد (شکل ۳). براساس مطالعات چینه شناسی سن کالوین برای سازند سیخور در نظر گرفته شده است (Bagi et al., 2009; Fürsich Wilmsen et al., 2021).

در طی تکوین بلوک طبس رسوبات کربناته ژوراسیک بالایی جانشین رژیم رسوبی عمدتاً سیلیسی کلاستیک (سازند سیخور) تا ماری سیلتی (سازند بغمشاه) می‌گردد، که مرتبط با عملکرد فاز سیمیرین می‌باشد. سازند عمدتاً سیلیسی کلاستیک سیخور به صورت بین انگشتی با سازند عمدتاً ماری سیلتی سازند بغمشاه مرتبط می‌باشد (Wilmsen et al., 2006; Bagi et al., 2003; al., 2003). منطقه مورد مطالعه (دیپوک) در ناحیه جنوبی کوه‌های شتری در بلوک طبس و در مجاورت بلوک لوت با مختصات " 9 ' 14 ' 33 N, " 35 ' 26 ' 57 E قرار گرفته



شکل ۳- نقشه زمین شناسی بلوک طیس در ایران و موقعیت منطقه مطالعه شده (Wilmsen et al., 2003)
 Fig. 3. Geology map of Tabas Block plus locality details (Wilmsen et al., 2003)

شناسایی شده در قاعده سازند اسفندیار غالباً شته تیت‌های هیبرکلسیفای بوده و به صورت پراکنده شامل دیگر گروه‌ها و خانواده های اسفنجی مثل کلاووکروپسیس و نوروپورا می‌باشد. اگر چه شناسایی اشکال شته تیت به صورت دوبعدی و در شکاف‌های سنگ‌ها یا نمونه‌های جدا شده به صورت سه بعدی امکان پذیر است و غالب نمونه‌های این گروه ابعاد یک تا چندین سانتی متری دارند (شکل ۴). اما شناسایی احتمالی اسفنج‌هایی مانند کلاووکروپسیس ابتدا به کمک لوپ و سپس در مقاطع نازک شناسایی قطعی کلاووکروپسیس میرابیلیس امکان پذیر می‌باشد. شناسایی گونه نوروپورا لوسیتانیکا تنها به کمک میکروسکوپ امکان پذیر است.

برای تعیین گونه‌های اسفنجی‌های دمواسپونژی در برش‌های میکروسکوپی، ابتدا از هر نمونه برش نازک تهیه گردید. با توجه به ابعاد اسفنج‌ها و برای مطالعه این برش‌ها از لامل‌هایی با ابعاد 50×50 میلی متری استفاده شده است، زیرا اکثر نمونه‌های اسفنجی ابعاد نسبتاً بزرگی دارند، و استفاده از لامل‌های 25×75 میلی‌متر غالباً نامناسب است. با این وجود استفاده از میکروسکوپ SEM برای مطالعه و شناسایی گونه‌های شته تیت توصیه شده است (West., 2011). با توجه به اهمیت ویژه فرامینی‌فرهای شاخص در تعیین سن رسوبات، همچنین برای دستیابی به نمونه مناسب برای تشخیص گونه نوروپورا، گاهی از یک نمونه سنگی چندین مقطع نازک تهیه گردید.

با توجه به این که تمرکز این پژوهش برای شناسایی

بالاترین بخش سازند سیخور شامل آهک‌های ماسه ای- سیلتی با میان لایه‌های ماسه سنگی می‌باشد. فسیل‌های بی‌مهرگان در بخش‌های آهکی این سازند عمدتاً شامل اسفنج‌های آهکی، مرجان، سوزن خارپوستان و دوکفه‌ای است. بخش پایینی سازند اسفندیار (اشکال ۳ و ۶) در این برش غالباً شامل اسفنج‌های آهکی که گاه به آن نام بیوکنگومرا اطلاق شده است (Bagi et al., 2015).

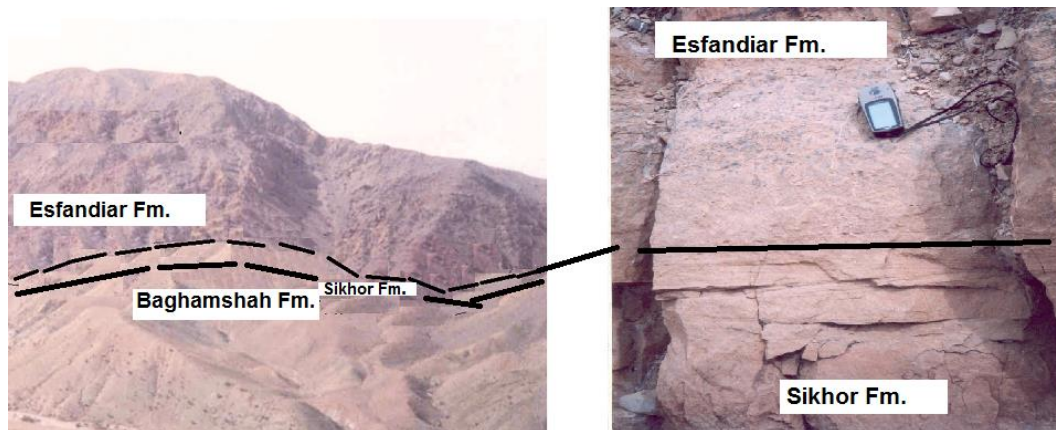
در برش مطالعه شده (منطقه گزو) رسوبات شیلی و ماسه سنگی زردرنگ متمایل به زیتونی توسط سازند اسفندیار پوشیده می‌شود. به طور کلی سازند اسفندیار متشکل از رسوبات عمدتاً کربنات توده‌ای به رنگ خاکستری روشن که در این منطقه در قاعده سازند تجمعی از اسفنج‌های کلسیفای مشاهده می‌شود. در منطقه گزو سازند اسفندیار با سنگ آهک شته تیتی تا اولیتی شروع می‌شود و به سمت بالای، شته تیت‌ها همراه با اسفنج‌های کلاووکروپسیس به صورت پراکنده مشاهده می‌گردد. بخش پایینی سازند اسفندیار از نظر رنگ کمی تیره‌تر از بخش میانی می‌باشد. بخش میانی سازند به رنگ خاکستری روشن تا سفید می‌باشد. عمده رسوبات این سازند مشتمل بر رخساره‌های مادستون ریزدانه تا وکستون می‌باشد، اما سایر رخساره‌ها همانند پلوئید پکستون و بیوفلوتستون گسترش چندانی ندارند و گاهی به صورت جانبی به رخساره مادستون یا بیوگستون تبدیل می‌شوند (اشکال ۵ و ۶).

۴- روش مطالعه و بررسی

تجمع کوچک اسفنج‌ها که عمدتاً در رخنمون منطقه گزو

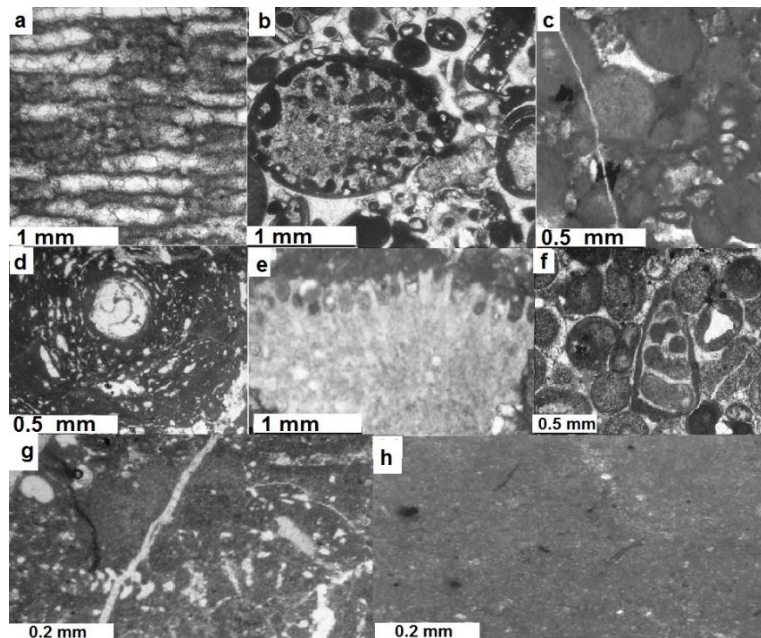
میکروسکوپ پلاریزان الیمپوس مدل CX31 بررسی و به کمک دوربین Dp-21 عکس برداری شدند. همزمان با مطالعات صحرایی، بررسی لایه بندی رسوبات، مطالعات رخساره‌ای و موندها، بررسی مقاطع نازک در آزمایشگاه انجام گردید.

کلاو کروسیسیس‌ها و نوروپوراها در سازند آهکی اسفندیار بوده است، ۲۴۵ نمونه دستی (۱۴۵ تا ۳۹۰) به کمک عدسی دستی در محل مطالعه و برای مطالعات تکمیلی و تهیه مقاطع نازک به آزمایشگاه منتقل شدند. مقاطع نازک در آزمایشگاه به کمک



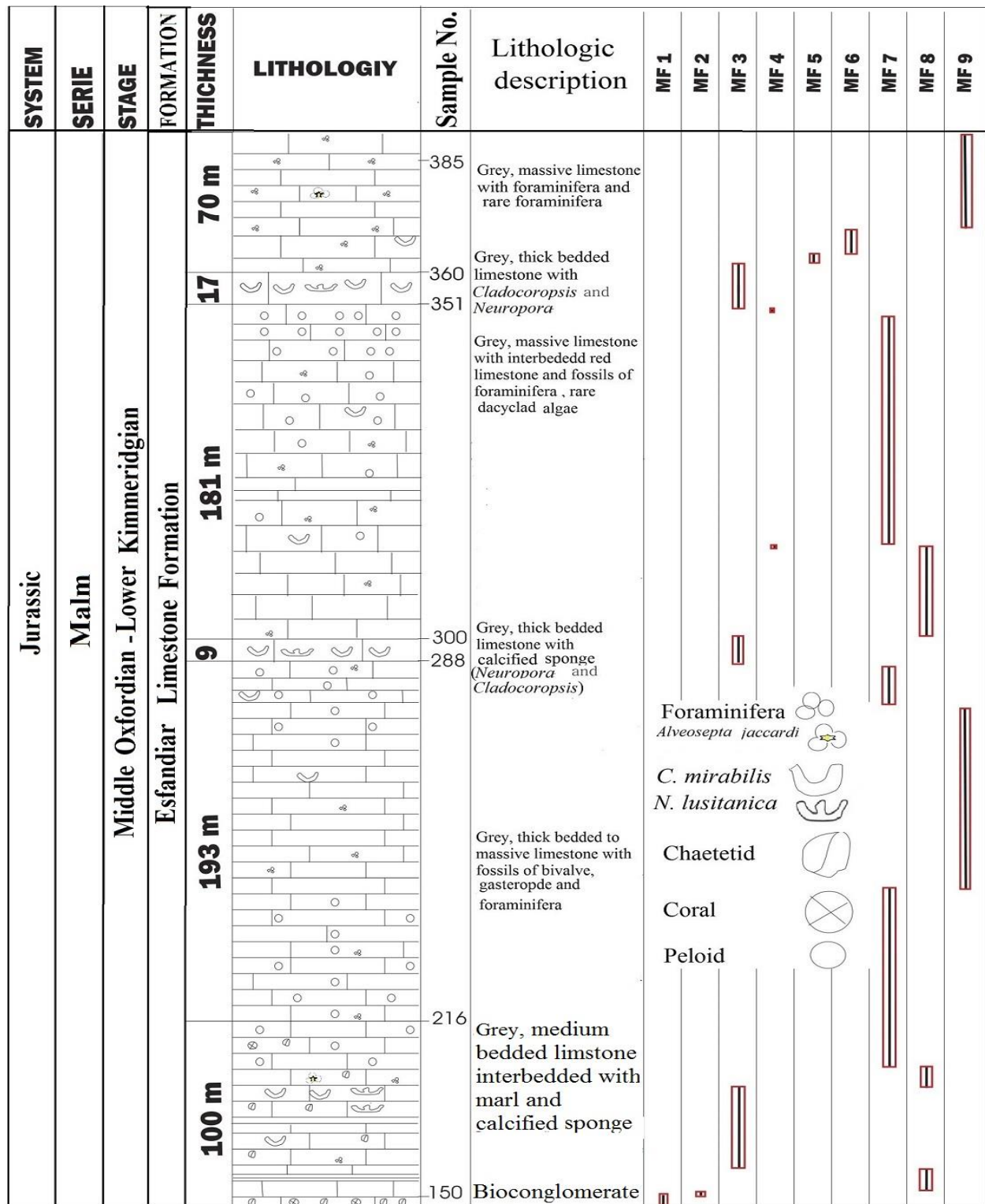
شکل ۴- سمت چپ: دور نمای سازندهای بغمشاه، سیخور و اسفندیار در منطقه گزو، سمت راست: مرز دو سازند سیخور و اسفندیار و تجمع اسفنج‌های کلسیفی در قاعده سازند اسفندیار.

Fig.5. Field aspects. (Left figure); Section of the Esfandiar Formation (right figure), Boundary between the Sikhor and the Esfandiar formations and assemblage of calcified sponge in the base of Esfandiar formation.



شکل ۵- رخساره‌های مختلف در سازند اسفندیار، در شرق ایران مرکزی، (a) MF1: شته تیت رودستون یا بیوکنگلومرا، (b) MF5: آگرگات گرینستون، (c) MF7: پلویید پکستون تا گرینستون، (d) MF4, 2: انکوئید-فلوتستون تا رودستون/بیوکلستیک رودستون، (e) MF3: نوروپورا فلوتستون، (f) MF6: اوویید گرینستون، (g) MF8: بیو وکستون (بخش پایینی سازند اسفندیار) و (h) MF9: مدستون.

Fig. 5. Facies types of the of the Upper Jurassic Esfandiar Formation (east central Iran), (a) FM1; Chaetetid, Rudstone(Bioconglomerate), (b) MF5; Aggregate Grainstone, (c) MF7; Peloid Pack - to Grainstone, (d) MF4, 2; Onco - Float to Rudstone/ bioclastic rudestone, (e) MF3; *Neuropora* Floatstone, (f) MF6; Ooid Grainstone, (g) MF8; Bio Wackstone (lower part of the Esfandiar Formation) and (h) MF9; Mudstone.



شکل ۶- ستون چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه و گسترش رخساره ای آن در سازند اسفندیار.

Fig.6. Stratigraphic column of study area and facies distribution.

۵- سیستماتیک پالئونتولوژی (قرابت در رده بندی) گونه‌های کلادوکروپسیس میرابیلیس و نوروپورا لوسیتا نیکا

۵-۱- *Cladocoropsis mirabilis* Felix, 1907

خانواده Cladocoropsidae توسط Termier و همکاران (۱۹۷۷) معرفی گردید. این گروه از اسفنج‌های کلسیفای از نظر شکلی عمدتاً به صورت میله‌های شاخه شاخه یا بدون شاخه همانند استراماتوپوریداها با شبکه‌ای از اسکلت داخلی که عموماً در ریز ساختار داخلی فیبرهای آهکی مشخص است. این خانواده شامل *Cladocoropsis Felix, 1907* و *Sarmentofascis* می‌باشند (Termier et al., 1977).

تاکسون کلادوکروپسیس از جنس دیگر به دلایل داشتن لایه خارجی نسبتاً ضخیم (کورتکس)، اسکلت سفت و سخت و ساختار داخلی متفاوت از جنس دیگر شناسایی می‌شود، با وجود آنکه قبلاً این اسفنج‌ها توسط محققین دیگر به عنوان مرجان توصیف و نامگذاری شده بود (Webby, 2011). ساختار داخلی کلادوکروپسیس میرابیلیس به راحتی به دلیل وجود تکایی نسبت ضخیم خارجی و ساختاری میکروسکوپی مخطط متضاد قابل شناسایی است. مطابق با داده‌های موجود تاکنون اسپیکولی در نمونه‌های فسیلی کلادوکروپسیس و گونه‌های متعدد آن مشاهده نگردیده است. این گونه تاکنون از رسوبات ژوراسیک در کشورهای فرانسه، آلمان، یونان، اندونزی، قطر، عربستان و ... گزارش شده است و از نظر سنی محدود گسترش این گونه فسیلی از تریاس پسین تا کرتاسه بالایی می‌باشد.

هولوتیپ گونه کلادوکروپسیس میرابیلیس که نمونه ای میله است در شکل d- ۷ نشان داده شده است. بازسازی این گونه در اشکال a, b, c- ۷ نمایش داده شده است. در شکل c برش طولی *Cladocoropsis mirabilis* Felix 1907 نشان داده شده است و در برش طولی ساختمان داخلی مخطط و از نوع خطوط متضاد که از مشخصه این گونه است، مشاهده می‌گردد، همچنین پوسته ضخیم خارجی یا کورتکس با حرف c مشخص شده است. در اشکال a و b به ترتیب برش‌های عرضی و مایل این گونه ترسیم گردیده است. در تمام اشکال مشخص است که این اسفنج‌ها فاقد سیفون مرکزی بوده و همچنین کورتکس ضخیم کانال‌های با ضخامت زیاد حفرات متعدد را در برگرفته‌اند.

در شکل ۸ مقاطع نازک *Cladocoropsis mirabilis*

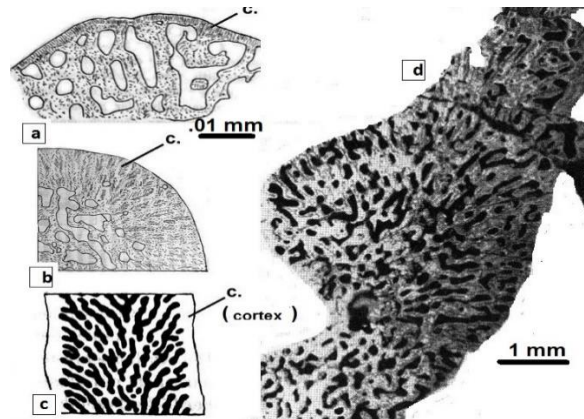
1907 Felix مشاهده می‌گردد. این نمونه‌ها در سرتاسر سازند آهکی اسفندبار و در رخساره‌های مختلف مشاهده می‌گردد. حاشیه خارجی این گونه می‌تواند در تفسیر انرژی محیط موثر باشد. برای مثال نمونه‌هایی که در محیط آرام رشد داشته‌اند حاشیه خارجی یا کورتکس صافی دارند اما آنهایی که حاشیه مضرس یا فرورفته دارند بیانگر محیط‌هایی با انرژی متغیر و نوسانی پرانرژی هستند (شکل ۸- d, f). این نمونه‌ها مربوط به رخساره کلادوکروپسیس/نوروپورا فلوتستون می‌باشد. در اشکال ۸ (c) و ۱۰ (g, f)، حاشیه این نمونه نسبتاً صاف است و مربوط به محیط کم انرژی و رخساره مدستون می‌باشد. با توجه به این که این اسفنج‌ها در زمینه آهکی سخت قرار گرفته اند مطالعه بعد سوم یا مشاهده سه بعدی این گونه در سازند آهکی اسفندیار ناممکن است.

۵-۲- *Neuropora Bronn, 1825*

Neuropora lusitanica Termier, 1985

نوروپوراها نوعی از گروه اسفنج‌های دمواسپونژی محسوب می‌شوند و در خانواده نوروپوریداها توسط محققان قرار داده شده‌اند (Sepkoski et al., 2002). بررسی مورفولوژی و ساختمان داخلی گونه *Neuropora lusitanica* نشان می‌دهد که این گونه دارای یک سیستم لوله‌ای مرکزی (با لوله‌های طولی کم و بیش موازی) است و از لوله مرکزی، لوله‌های شعاعی منشعب شده‌اند. این لوله‌های انشعابی به سمت اسکلت بیرونی عمود و یا کمی خمیده هستند. در برش‌های طولی عناصر جانبی (تابوله‌ها) مشابه با حالت مخروطی و با تقسیم‌شدگی به تابوله‌های نازک آرایش یافته‌اند. مطابق با نظر Termier و همکاران (۱۹۸۵) دیواره‌های سپتایی به صورت تقریباً بینابینی گسترش یافته‌اند و شکاف‌ها یا سوراخ‌های پیرامونی لوله‌های جانبی توسط یک تاج توپرکولی-اسپیکولی مشاهده می‌گردند. در مقایسه با دیگر گونه‌های نوروپورا، گونه *N. lusitanica* دارای ریز ساختار ستاره‌ای یا برجستگی‌های ریز در پیرامون می‌باشد. در برش‌های طولی یا مایل این گونه، ریز ساختار فیبری به خوبی مشاهده می‌گردد (West et al., 2013). نمونه به خوبی محافظت شده این گونه اولین بار از رسوبات ژوراسیک بالایی از پلاتفرم ژتیک (رومانی) گزارش شده است (Ples et al., 2021). در این نمونه که در معرض فرسایش سطحی قرار گرفته، کانال مرکزی کاملاً مشخص است. همچنین لوله‌های شعاعی از کانال مرکزی منشعب گردیده است. در شکل ۹ (a, b, c) نمونه‌های مختلف *N. lusitanica* (برش

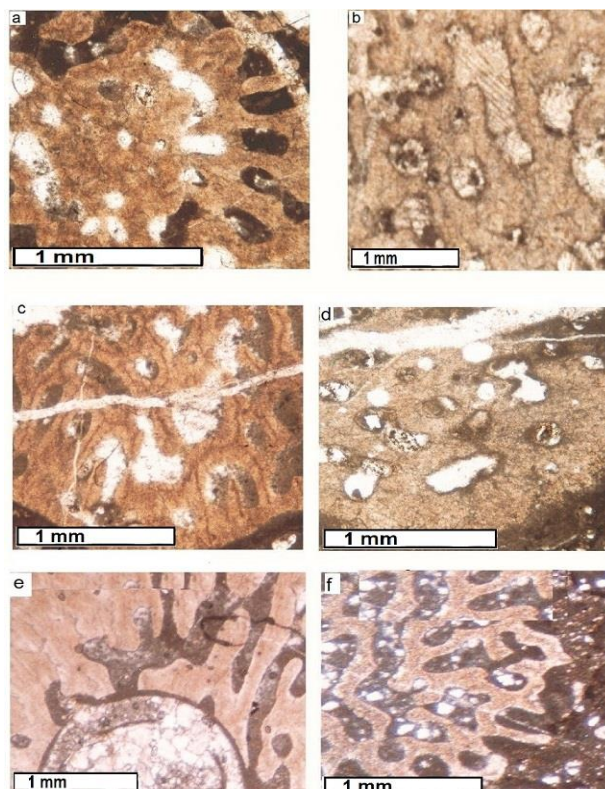
باشد. اشکال a, b مربوط به نزدیک قاعده سازند اسفندیار می- باشد و شکل c مربوط از رخساره نوروپورا فلوتستون می باشد (شکل ۶).



مایل) مربوط به سازند اسفندیار مشاهده می گردد. حاشیه های مضرس این گونه نشانگر محیطی پر انرژی در زمان تشکیل می-

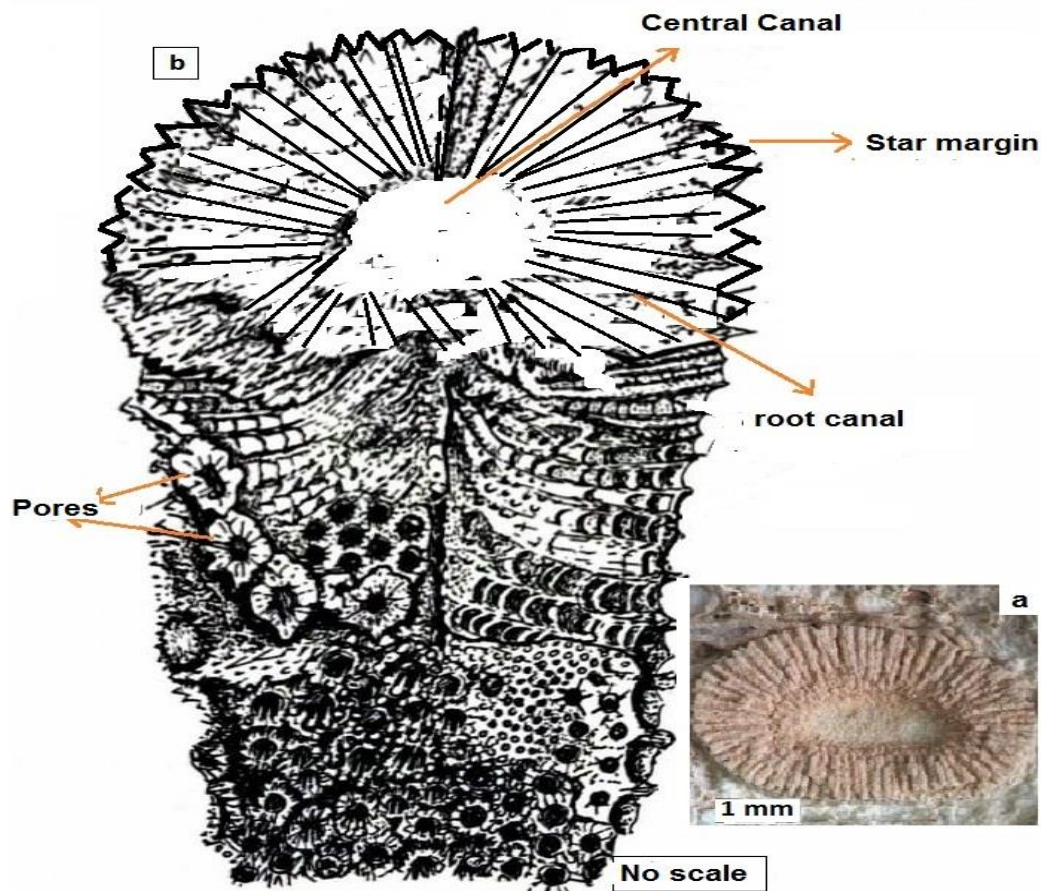
شکل ۷- (a) طرحی از برش عرضی- مایل گونه کلاو کروپسیس ، (b) طرحی از برش عرضی (c) *Cladocoropsis mirabilis* Felix, 1907 و (d) نمونه معرفی شده برای این گونه. طرحی از برش طولی *Cladocoropsis mirabilis* Felix, 1907

Fig.7. (a) A sketch of an oblique cross-section of *Cladocoropsis* , (b) A sketch of a cross section of *Cladocoropsis mirabilis* Felix, 1907 (c) A sketch of a longitudinal section of *Cladocoropsis mirabilis* Felix, 1907 and (d) type species of *Cladocoropsis* Felix, 1907.



شکل ۸- برش های مایل *C. mirabilis* Felix 1907 ، (a) نمونه ۱۸۱ ، (b) نمونه ۱۸۲ ، (c) نمونه ۳۷۵ ، (d) نمونه ۲۹۲ ، (e) نمونه ۳۵۹ و (f) نمونه ۳۶۰ در برش مطالعه شده (شکل ۶)

Fig. 8. Oblique sections of *C. mirabilis* Felix 1907, (a) sample 181, (b) sample 182, (c) sample 375, (d) sample 292, (e) sample 359 and (f) sample 360 in the studied area (fig. 6)



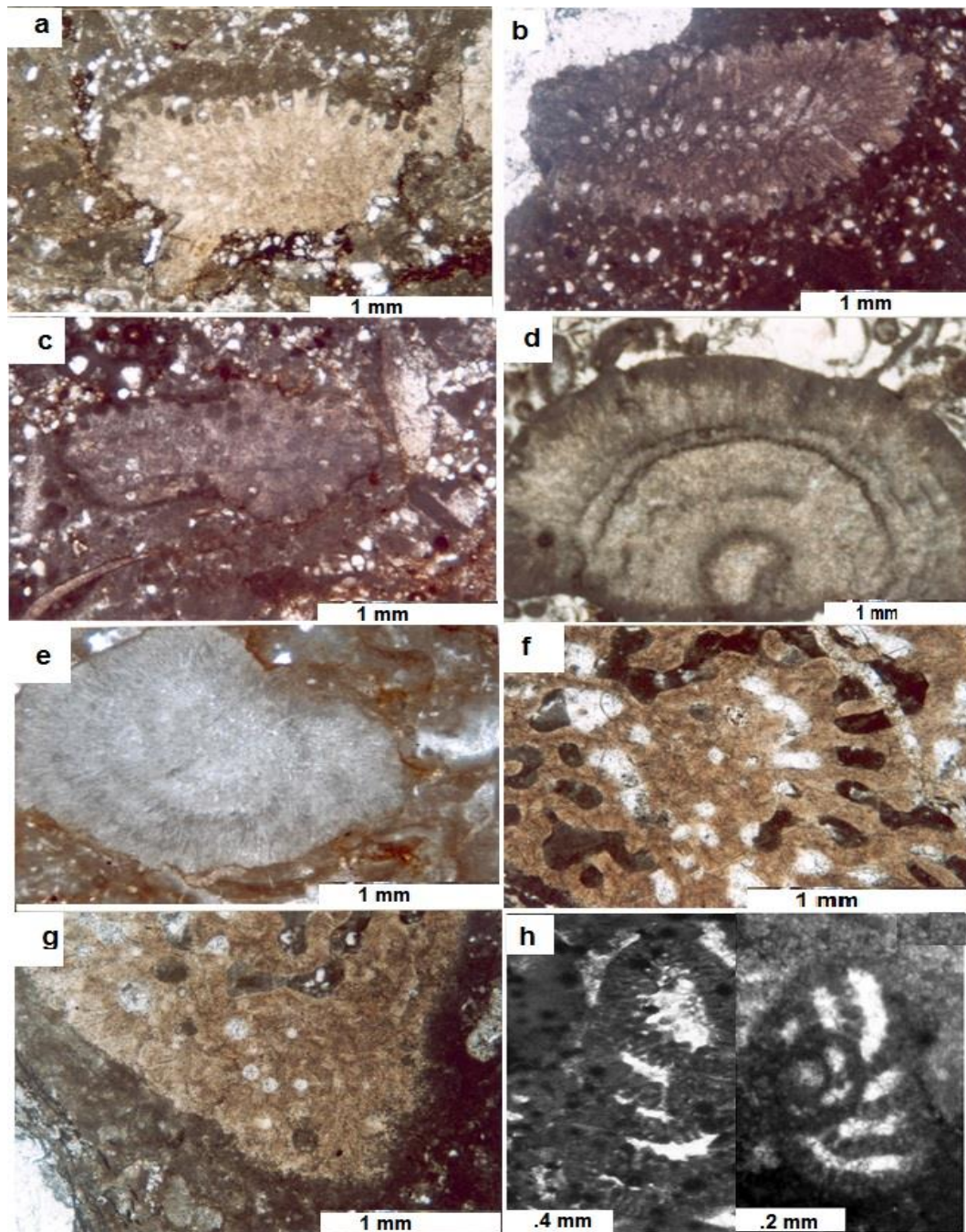
شکل ۹- (a) سمت راست نمونه فسیلی *N. lusitanica* از پلاتفرم ژتیک در رومانی (Ples et al., 2021) و (b) طرح باز سازی شده از گونه *N. lusitanica*.

Fig. 9. (a) A Fossil sample of *N. lusitanica* (right hand) from Getic Platform in Romani (Ples et al., 2021) and (b) A sketch of a **reconstruction** of *N. lusitanica*.

می‌باشد (Clark et al., 2001). عوامل کنترل کننده اصلی گسترش، ترکیب، جنس اسفنج‌ها و رخساره‌های آن به عمق سرعت رسوب‌گذاری، نوسانات میزان اکسیژن و میزان مواد مغذی هستند (Leinfelder et al., 1993).
 بعضی از گونه‌های فرامینی‌فرهای بنتیک ارزش چینه شناسی مهمی در تتیس در دوره ژوراسیک دارند. تجزیه و تحلیل مقاطع نازک و با توجه به فرامینی‌فر شاخص *Alveosepta jaccardi* SCHORODT 1894 آکسفوردین میانی تا کیمریدجین پایینی برای سازند آهکی اسفندیار در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱۰: h). این گونه فسیلی بنتیک به عنوان یک شاخص مهم در منطقه تتیس محسوب می‌شود (Sfidari et al., 2021; Adefris et al., 2021).

۶- بیواستراتیگرافی، جغرافیای دیرینه و پالئوکولوژی سازند اسفندیار در جنوب تتیس مرکزی

مطالعه بیواستراتیگرافی رسوبات مزوزویک ناحیه مدیترانه به خصوص ژوراسیک نیاز به فهم بهتر پالئوکولوژی و پالئواوشنوگرافی (اقیانوس‌شناسی دیرینه) اقیانوس نفوتتیس و تاریخچه ترکیبات اصلی ساختمانی پلیت‌های آن می‌باشد. رسوب‌گذاری در طی آکسفوردین- کیمریدجین اطراف منطقه مدیترانه‌ای عمدتاً در آب‌های گرم و محیط‌های کم عمق کربناته در محیط‌های شلف داخلی انجام شده و منجر به تشکیل مخازن نفتی و هیدروکربوری شده است. این رسوبات بیوژنیک عمدتاً شامل، اسفنج، مرجان، فرامینی‌فرهای بنتیک و جلبک



شکل ۱۰- (a) و (b) و (c) به ترتیب نمونه های ۱۵۱، ۱۵۲ و ۲۹۹ (برش های مایل از *N. lusitanica*)، (d, e) به ترتیب برش های طولی *Diversocallis moesicus* (نمونه های ۳۸۸ و ۲۶۶)، (f و g) برش های مایل از *C. mirabilis* (نمونه ۳۶۱) و (h) برش مایل *Alveosepta jaccardi* (نمونه های ۳۸۳ و ۲۱۵).

Fig.10. (a), (b) and (c) respectively samples of 151,152, 299 (oblique section of *N. lusitanica*), (e, d) longitudinal section of *Diversocallis moesicus* (respectively samples of 388 and 266), (f, g) oblique sections of *C. mirabilis* and (h) oblique sections of *Alveosepta jaccardi* (samples of 383 and 215)

ومدی عمیق و پلاتفرمهای محصور شده گزارش شده‌اند. در شرق ایران مرکزی (شکل‌های ۱۱ و ۱۲)، از غرب به شرق به ترتیب بلوک‌های یزد، طبس و لوت که هم اکنون به صورت روند شمالی تغییر جهت داده‌اند. این بلوک‌ها در ژوراسیک ابتدایی تا میانی روندی شرقی غربی داشته‌اند و همچنین بلوک لوت در معرض فرورانش نئوتتیس قرار داشته‌اند (شکل ۱۱) به طوری که مرزهای این بلوک توسط گسل‌های نرمال یا طبیعی مشخص می‌شود.

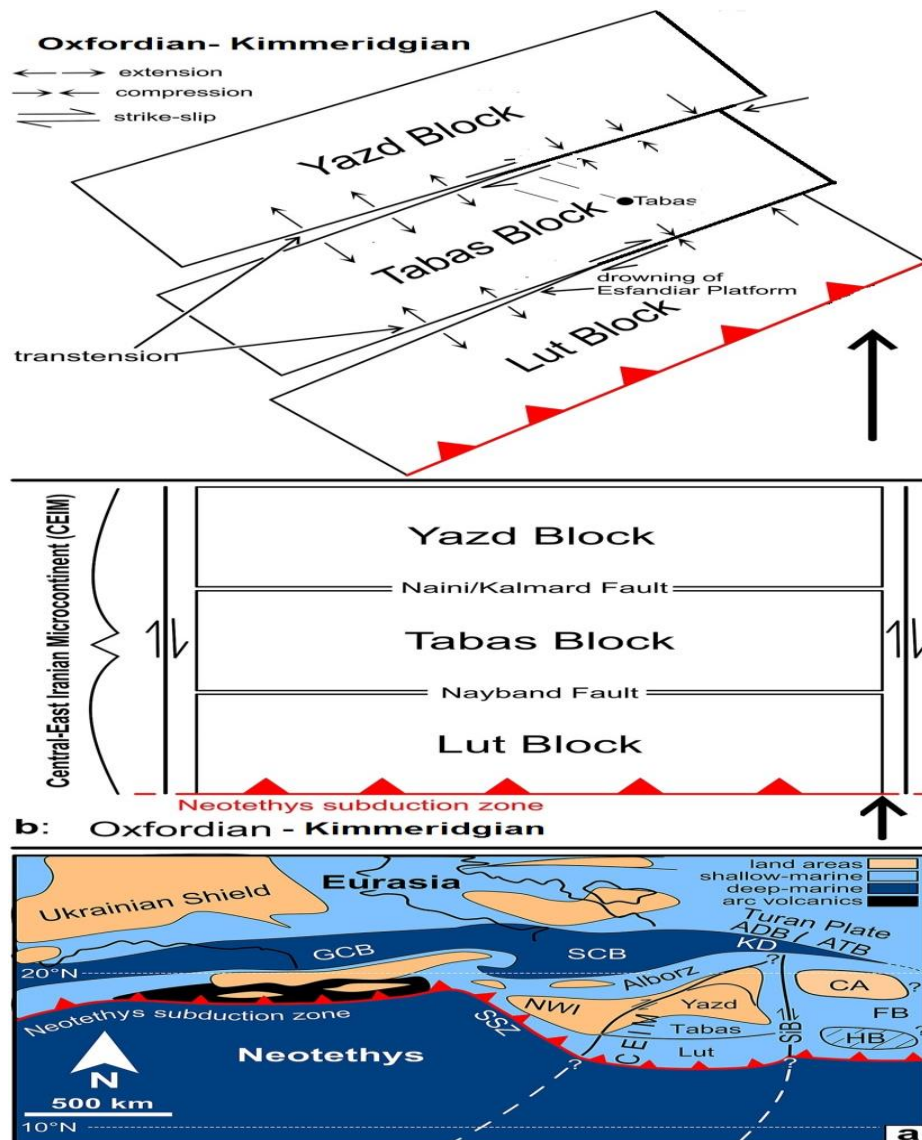
تغییرات رخساره‌ای، ضخامت و تغییرات جانبی در محدوده زمانی آکسفوردین بالایی-کیمیریدجین زیرین نشانگر نوسانات ژئودینامیک در حوزه رسوب‌گذاری در فاصله نسبتاً کم می‌باشد. همچنین تغییر رخساره‌ای شدید در انتهای ژوراسیک علامتی از اثبات حوادث سیمیرین بالایی در منطقه می‌باشد که باعث بالا آمدگی و پایین آمدگی بلوک‌ها گردیده و نهایتاً منجر به غرق شدگی پلاتفرم اسفندیار در جنوب کوه‌های شتری شده است. این حوادث هم زمان، نشانگر تغییر فاز از حالت فشاری به کششی در طول مرزهای بین بلوک طبس و بلوک لوت می‌باشد. آغاز رسوب‌گذاری سازند گردو به طور مشخص بیانگر تغییر ژئودینامیکی بزرگ با شروع فاز تکتونیک فشاری سیمیرین پایانی می‌باشد (شکل ۱۱)، به طوری که با غرق شدگی پلاتفرم کربناته سازند اسفندیار، رسوب‌گذاری کربناته قطع شده و رسوبات سیلیسی آواری ارغوانی جایگزین می‌گردد، این وضعیت در جنوب کوه‌های شتری به وضوح قابل مشاهده است و نشانگر تغییر فاز فشاری به فاز کششی در امتداد مرز بین بلوک‌های طبس و لوت می‌باشد.

بازسازی جغرافیای دیرینه و محیط گذشته بلوک طبس (شرق ایران مرکزی) در حین آکسفوردین تا کیمیریدجین پایینی نشان می‌دهد که این ناحیه در حاشیه نئوتتیس در عرض جغرافیایی حدود بیست درجه شمالی (شکل ۱۱) بوده است (Wilmsen et al., 2021). بالا آمدگی و همزمان فرسایش در حاشیه شرقی بلوک طبس در ابتدای کالوین در حین چرخش بلوک طبس سبب تشکیل رسوبات شبه دلتایی سازند سیخور گردیده (Fursich et al., 2003) و باعث شکل‌گیری روند شمالی جنوبی کوه‌های شتری شده است.

همچنین جلبک‌های آهکی همانند *Diversocallis moesicus* DRAGASTON از رسوبات مادونی از کشور ایتالیا گزارش شده است (Senowbari- Darian et al., 1994) و از شاخص‌های محیط پلاتفرم داخلی محسوب می‌گردد و به صورت پراکنده در سازند اسفندیار در رخساره مدستون دیده می‌شود. این جلبک‌ها در سازند اسفندیار به صورت نیمه کروی با تالوس‌هایی به ابعاد دو تا سه میلی متری مشاهده می‌شوند.

Chaetetid ها در رسوبات آکسفوردین و کیمیریدجین در نقاط مختلفی همانند مکزیک، اروپای جنوبی، مراکش، عربستان سعودی گزارش شده‌اند. از نظر زمانی این اسفنج‌ها در چند محدود زمانی شامل کربونیفر بالایی (باشکرین-کاسیموین)، پرمین (گودالوپین-لوپینگین) و ژوراسیک بالایی (آکسفوردین-کیمیریدجین) به قدری فراوان بوده‌اند که به عنوان ریف‌سازها شناخته شده‌اند. این گروه از اسفنج‌های هیپرکلسیفای به عنوان ماکروفسیلی فراوان در سازند آهکی اسفندیار به خصوص در قاعده آن در منطقه گزو گسترش یافته‌اند.

رخساره‌های این سازند عمدتاً مدستون و بیوکلاستیک و کستون، پلوتند پکستون، کلاووکروپسیس/نوروپورا فلوتستون می‌باشد (شکل ۶). گونه اسفنجی *Cladocoropsis mirabilis* در این رخساره به خوبی محافظت شده و با ابعاد حدود ۱ سانتی متر یا بیشتر به صورت انکوئید دیده می‌شود. قطعات کلاووکروپسیس معمولاً بیش از یک سانتی متر طول دارند اما قطعات نوروپورا غالباً کمتر از ۶ سانتی متر طول داشته و عمدتاً به حالت شاخه‌ای یافت می‌شوند. بعضی از قطعات از این اسفنج‌ها توسط لایه میکروبی پوشیده می‌شوند. این رخساره با ضخامت بین ۱/ تا ۱/۲ متر در این منطقه مشاهده می‌شود و بیانگر محیط داخل پلاتفرمی می‌باشد (Schlagintweit., et al., 2015; Nikitenko et al., 2015). وجود قطعات بزرگ از chaetetidها ممکن است بیانگر حوادث طوفانی قوی در حاشیه پلاتفرم باشد (Fursich et al., 2003; Henriques et al., 2022). *C. mirabilis* از نظر اکولوژی به بستر ثابتی در اعماق کم چسبیده و داری همزیست در منطقه نورانی یا فوتیک می‌باشد. از نظر محیطی از محل‌هایی که مواد مغذی محدود بوده، مناطق ریفی، بیوهرمی، کم عمق جزرومدی، لاگون، جزر



شکل ۹- (a) بازسازی پالئو ژئوگرافی بلوک طبس (Wang et al., 2022) و (b) مدل ژئودینامیکی برای سازند اسفندیار با کمی تغییر (Wilmsen et al., 2021)

Fig. 9. (a) Palaeogeographic reconstruction of Tabas block (Wang et al., 2022) and (b) geodynamic model for the Esfandiar Formation with a slight change (Wilmsen et al., 2021).

فرورانش لبه میانی نئو نئوتتیس به طور مشخصی پاسخگوی تغییرات زیاد رسوبی در ژوراسیک می باشد. اقیانوس اتلانتیک مرکزی در ابتدای زمان ژوراسیک باز و سپس به سمت شرق تتیس آلمپی توسعه یافته است (Ma et al., 2017).

۷- نتیجه گیری

نمونه‌هایی بسیار مناسب از اسفنج‌های آهکی یا کلسیفای در پلاتفرم آهکی اسفندیار در منطقه گزو در کوه‌های شتری در بلوک طبس (شرق ایران مرکزی) شناسایی شدند. به طوری که بررسی مقاطع نازک، دیدگاه جدیدی درباره ساختمان داخلی،

شاخص‌های آب و هوایی همانند لایه‌های نازک ارغوانی رنگ سازند گردو و گسترش گچ در رخساره لاگونی سازند کمر مهدی می‌توانند موید شرایط آب و هوایی خشک در مالم باشند و این موضوع می‌تواند با مدل‌های جهانی برای آکسفوردین - کیمبریدجین ایران تطابق داشته باشد (Bagi et al., 2015). تولید مقدار فراوان گل کربناته، اگرگات و اووید از مشخصه‌های محیط‌های کربناته گرم می‌باشد (Fursich et al., 2009). تفسیر دقیق میکروفاسیس‌های سازند اسفندیار نشانگر محیطی کم عمق و گرم در زمان رسوب گذاری می‌باشد. شاید بتوان گفت

در داخل تتیس مرکزی حکم فرما باشد، می تواند توجیه کننده شکل گیری تجمع اسفنجی-مرجانی همراه با پوشش های میکروبی در رسوبات منطقه باشد. فقدان شبکه حقیقی ریفی در این پلتفرم منجر به تنوع اشکال اسفنج های کلسیفی و سازش و همزیستی با دیگر گروه های حیاتی شده است.

بررسی گونه های مختلف فسیلی اسفنج های آهکی به خصوص *Cladocropsis*، *Neuropora lusatanica*، *Diversocallis mirabilis*، گونه های جلبکی مانند *moesicus*، فرامینی فرهای شاخص ژوراسیک بالایمانند *Alveosepta jaccardi* و همچنین مطالعه رخساره های مختلف نشان می دهد که پلاتفرم آهکی اسفندیار در طی اکسفوردین میانی تا کیمرجین پایینی در عرض جغرافیایی کم و عمق نسبتا پایین تداوم داشته است، ضخامت نسبتا زیاد پوشش میکروب های همزیست در آنکویدها موید عمق نسبتا کم حوضه در طول زمان رسوب گذاری می باشد.

تشکر و قدردانی

از داوران محترم که با ارائه پیشنهادات ارزنده، تاثیر شایسته ای در ارتقای کیفیت مقاله داشته اند، سپاسگزاریم. همچنین لازم می دانم آقای پروفسور لوآن بوکور از دانشگاه بایس بولیاآ رومانی که نظرات ارزنده ای برای بهبود این پروژه داشته اند، تشکر و قدردانی نمایم. از مسئولان دانشگاه یزد که در این پژوهش ما را یاری نموده اند، سپاسگزاریم

الگوی رشد گونه های اسفنجی شناسایی شده و رمزگشایی زیستی و موقعیت های پالئوژئوگرافی داشته اند. تحلیل مقاطع نازک اسفنج ها می توانند در بازسازی سه بعدی گونه های اسفنجی کمک شایان توجهی داشته باشند. در این راستا گونه *Neuropora lusatanica* از رسوبات اکسفوردین-کیمریدجین پلاتفرم کربناته اسفندیار برای اولین بار در ایران معرفی گردید. تفسیر ریز رخساره ها نشانه های مفیدی در فهم محیط دیرینه رسوبی در پلتفرم محصور شده آهکی اسفندیار در آب و هوای گرم ژوراسیک بالایی در این ناحیه از نتوتتیس داشته اند.

وجود قطعات متعدد شسته تیت ها و اسفنج های *C. mirabilis* و همچنین مورفولوژی های مختلف صاف و مژرس اسفنج ها بیانگر ناپایداری و تغییرات پیوسته در میزان انرژی محیطی در پلاتفرم اسفندیار می باشد.

الگوی رشد اسفنج های مشاهده شده تنوع زیادی داشته و غالبا اسفنج ها اشکالی گنبدی کوتاه، کروی و گاه سیلندری دارند. مورفوتیپ ها یا اشکال سیلندری یا کروی ارتباط مستقیمی به ورود مواد مغذی و انرژی محیطی در پلتفرم اسفندیار دارد. با توجه به این که گستردگی اسفنج ها در مقایسه با مرجان ها قابل توجه می باشد نشانگر وجود آب های گرم و ورود مواد مغذی کم در محیط در طول تداوم پلاتفرم اسفندیار در جنوب نتوتتیس مرکزی می باشد و به نظر می رسد در صورتی که در طی ژوراسیک بالایی تصویری از رژیم تکتونیک کششی

منابع

- 277, 141-151. <https://doi.org/10.1127/njgpa/2015/0508>
- Adefris, D., Nton, M.E., Boboye, O.A., Atnafu, B., 2021. Benthic foraminiferal assemblages and biostratigraphy of the Antalo Limestone, Mekelle Basin. Northern Ethiopia. *Revue de Micropaléontologie* 70, 100479. <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2020.100479>
- Aghanabati, S.A., 1977. Étude géologique de la région de Kalmard (W. Tabas): stratigraphie et tectonique. Geological Survey of Iran. <http://www.gsinet.ir/GetFile.aspx?m=244&f=213&e=pdf>
- Bagi, H., Atesampour, A., Rahimi, A., 2021. Environmental significance of benthic foraminifera and microfacies of central Tethyan Upper Triassic strata, central Iran. *Stratigraphy* 18(2), 89-102. <https://www.micropress.org/microaccess/stratigraphy/issue-369/article-2230>
- Bagi, H., Tasli, K., Hamedani, A., 2006. Microfacies and paleoenvironmental interpretation of the Upper Jurassic Esfandiar Formation (east-central IRAN). *Carbonates and evaporates* 21, 115-123. <https://doi.org/10.1007/BF03175661>
- Bagi, H., West, R.R., 2015. Microfacies and environmental significance of hypercalcified demosponges of the Upper Jurassic Esfandiar platform (Shotori Mountains, Tabas Block, eastcentral Iran). *Carbonates Evaporates* 30, 483-493. <https://doi.org/10.1007/s13146-015-0269-y>

- Cladocoropsis mirabilis Felix, 1907 in Paleobiology Database (2022). The Paleobiology Database. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/zzoyxi> accessed via GBIF.org on 2022-03-30.
- Clark, G.N., Boudagher-Fadel, M.K., 2001. The larger benthic foraminifera and stratigraphy of the Upper Jurassic/Lower Cretaceous of Central Lebanon. *Revue de micropaleontology* 44(3), 215-232. <https://doi.org/10.22059/JGEOPE.2016.59089>
- El-Asaad, G.M.A., 1991. Oxfordian hermatypic coral from central Saudi Arabia, *Geobios* 24, 267–287.
- Fürsich, F.T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., 2009. Lithostratigraphy of the Upper Triassic–Middle Jurassic Shemshak Group of Northern Iran. Geological Society, London, Special Publications 312 (1), 129-160. <https://doi.org/10.1144/SP312.6>
- Fürsich, F.T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K., Schairer, G. and Majidifard, M.R., 2003. Platform-basin transect of a Middle to Late Jurassic large-scale carbonate platform system (Shotori Mountains, Tabas area, east-central Iran). *Facies* 48(1), 171-198. <https://doi.org/10.1007/BF02667538>
- Henriques, M.H., dos Reis, R.P., Garcia, G.G., João, P., Marques, R.M., Custódio, S., 2022. Developing paleogeographic heritage concepts and ideas through the Upper Jurassic record of the Salgado and Consolação geosites (Lusitanian Basin, Portugal). *Resources Policy* 76, 102594 <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102594>
- <https://annali.unife.it/museologia/article/viewFile/521/465>
- <https://doi.org/10.17161/to.v0i0.4193>
- <https://doi.org/10.1127/njgpa/168/1984/165>
- [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(09\)90006-7](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(09)90006-7)
- <https://searchworks.stanford.edu/view/3017148>. <https://searchworks.stanford.edu/view/3017148>
- Huckriede, R., Kürsten, M., Venzlaff, H., 1962. Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand. <https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510967971>
- Kluyver, H.M., Griffis, R.J., Tirrul, R., Chance, P.N. and Meixner, H.M., 1983. Explanatory text of the Lakar Kuh Quadrangle Map 1: 250,000: Geological Survey of Iran. <https://gsi.ir/Files/Congress/Lecture/Lecture/sedimentology/6.pdf>
- Leinfelder, R.F., Schlagintweit, W., Werner, O., Erbli, M., Nose, D.U., Schmid, G., Hughes, W., 2005. Significance of stromatoporoids in Jurassic reefs and carbonate platforms-concepts and implications. *Facies* 51, 287–325. <https://doi.org/10.1007/s10347-005-0055-8>
- Leinfelder, R.R., Krautter, M., Nose, M., Ramalho, M.M., Werner, W., 1993. Siliceous sponge facies from the Upper Jurassic of Portugal. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 189,199-254. https://www.academia.edu/18063684/Siliceous_sponge_facies_from_the_Upper_Jurassic_of_Portugal
- Ma, X., Xu, Z., Meert, J., Santosh, M., 2017. Early Jurassic intra-oceanic arc system of the Neotethys Ocean: Constraints from andesites in the Gangdese magmatic belt, south Tibet. *Island Arc* 26(5), p.e12202. <https://doi.org/10.1111/iar.12202>.
- Nikitenko, B.L., Knyazev, V.G., Peshchevitskaya, E.B., Glinskikh, L.A., 2015. The Upper Jurassic of the Laptev Sea: interregional correlations and paleoenvironments. *Russian Geology and Geophysics* 56(8), 1173-1193. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.07.008>
- Ples, G., Schlagintweit, F., Lazar, I., Bucur, I.I., Sasaran, E., Gradinaru, M., 2021. Exceptionally preserved calcified sponge assemblages in Upper Jurassic carbonates of the eastern Getic Carbonate Platform (Southern Carpathians, Romania). *Comptes Rendus Palevol*, 20(31), 641-666.
- Rusciadelli, G., Ricci, C. and Lathuilière, B., 2011. The Ellipsactinia Limestones of the Marsica area (Central Apennines): a reference zonation model for Upper Jurassic Intra-Tethys reef complexes. *Sedimentary Geology*, 233(1-4), 69-87. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2010.10.011>
- Ruttner, A., 1968. Geology of the Shirgesht area (Tabas area, east Iran). Geological Survey of Iran 4, 1-133.
- Schlagintweit, F., 2005. *Neogyroporella? gawlicki* n. sp., a New Dasycladale from the Upper Jurassic–Lower Cretaceous Lärchberg Formation of the Northern Calcareous Alps, Austria. *Geologia Croatica* 58(2), 103-117. <https://doi.org/10.4154/GC.2005.05>
- Schlagintweit, F., Krajewski, M., 2015. *Sarmentofascis? digitatus* n. sp., a new cladocoropsid stromatoporoid from the Tithonian-early Berriasian (Late Jurassic-Early Cretaceous) of the Ay-Petri massif (Crimea Peninsula). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen*

- Senowbari-Daryan, B., Bucur, I.I., Abate, B., 1994. Upper Jurassic calcareous algae from the Madonie Mountains, Sicily. *Beiträge zur Paläontologie Österreich-Ungarns und des Orients* 19, 227-259.
- Sepkoski, J.J., 2002. A compendium of fossil marine animal genera. *Bulletins of American paleontology* 363, 1-560 <https://www.biodiversitylibrary.org/item/40634>.
- Sfidari, E., Sharifi, M., Amini, A., Zamanzadeh, S.M., Kadkhodaie, A., 2021. Reservoir quality of the Surmeh (Arab-D) reservoir in the context of sequence stratigraphy in Salman Field, Persian Gulf. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 198, 108180. https://journals.scholarsportal.info/details/09204105/v198icomplete/nfp_rqotsrsisfpg.xml
- Soffel, H.C. and Förster, H.G., 1984. Polar wander path of the Central-East-Iran Microplate including new results. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 165-172.
- Stocklin, J., 1965. Geology of the Shotori range (Tabas area, east Iran). *Geological Survey of Iran* 3, 69. https://books.google.com/books/about/Geology_of_the_Shotori_Range_Tabas_Area.html?id=8IRPAQA AIAAJ
- Termier, G., Termier, H., Ramalho, M., 1985. Spongiofaunes du Jurassique supérieur du Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 71(2), 197-222. <https://www.lneg.pt/product/tomo-71-fasc-1-1985/>
- Termier, H., Termier, G., Vachard, D., 1977. On Moravamminida and Aoujgaliida (Porifera, Ischyrospongia): Upper Paleozoic "Pseudo Algae". In *Fossil Algae*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-66516-5_23
- Wang, X., Lang, X., Klemd, R., Deng, Y., Tang, J., 2022. Subduction initiation of the Neo-Tethys oceanic lithosphere by collision-induced subduction transference. *Gondwana Research* 104, 54-69. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.08.012>
- Webby, B.D., Kershaw, S., 2011. *Treatise Online*, no. 25: Part E, Revised, Volume 4, Chapter 9B: External morphology of the Paleozoic Stromatoporoidea: Shapes and growth habits. *Treatise Online*.
- West, R.R., 2011. *Treatise Online*, no. 21: Part E, Revised, Volume 4, Chapter 2B: Functional morphology of the fossil hypercalcified chaetetid-type Porifera (Demospongiae). *Treatise Online*. <https://doi.org/10.17161/to.v0i0.4138>
- West, R.R., Vacelet, J., Wood, R.A., Willenz, P., Hartman, W.D., 2013. Hypercalcified extant and fossil chaetetid-type and Post-Devonian stromatoporoid-type Demospongiae: Systematic descriptions. *Treatise on Invertebrate Paleontology on Line* 58, 1-95. <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/16731/3/FullText.pdf>
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., Seyed-Emami, K., 2003. Revised lithostratigraphy of the Middle and Upper Jurassic Magu Group of the northern Tabas Block, east-central Iran. *Newsletters on Stratigraphy* 39, 143-156. <https://doi.org/10.1127/nos/39/2003/143>
- Wilmsen, M., Fürsich, F.T., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., 2021. The Upper Jurassic Garedu Red Bed Formation of the northern Tabas Block: elucidating Late Cimmerian tectonics in east-Central Iran. *International Journal of Earth Sciences* 110(3), 767-790. <https://doi.org/>