



<http://ui.ac.ir/en>

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan  
Vol. 34, Issue 3, No. 72, Autumn 2018  
pp. 1-2  
Received: 11.01.2018 Accepted: 23.07.2018

## New finding on the biostratigraphy and paleoecology of the Farrokhi Formation in northwest of Khur, Central Iran, based on palynomorphs and foraminifera

**Sedigheh Jedavi**

*M.Sc., Student in Stratigraphy and Paleontology, Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran*

**Ebrahim Ghasemi-Nejad\***

*Professor, Department of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran*

**Mahmoud Reza Majidifard**

*Associate Professor, Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.*

\*Corresponding author, e-mail: [eghasemi@khayam.ut.ac.ir](mailto:eghasemi@khayam.ut.ac.ir)

### Introduction:

Upper Cretaceous deposits of Iran do not have the same facial features everywhere. Indeed it seems that contrary to the same conditions of the lower Cretaceous the upper Cretaceous sedimentary basins were separated from each other and had a special condition on each basin accordingly, except for the Zagros and Koppeh-Dagh they have not been officially named (Aghanabati, 2006). Several sedimentary facies have been reported to be existing during the Cretaceous period. The sequences formed in these basins in different regions, although are similar in terms of fossil content but, they are very different in terms of petrography, thickness and deposition time. Also, Cretaceous rocks are diverse in Central Iran, with varying thickness and age, and have not been officially named yet and are generally investigated. Since the most complete Cretaceous sequence in Central Iran was in the Yazd block and in the Khur area, we decided that the Farrokhi formation (Aistove et al., 1984), which is the youngest Cretaceous rock unit in the Khur region, should be studied. The Farrokhi formation is one of the Upper Cretaceous rocky units, with a variable thickness of 65 to 180 meters (Aistove et al., 1984), and made up of limestone, limestone with rubble or strips which is characterized by abundance of echinoid and bivalves. The lowest part of this formation is reportedly 45 to 120 meters of marl with sandstone layers. Based on the brachiopods, bivalves and echinoid, the formation has been aged as Senonian-Danian (Aistove et al., 1984). Therefore, in order to complete the stratigraphic and paleontological data, the Farrokhi formation is selected and studied. The formation is the youngest Cretaceous rock unit in the Khur, Anarak and Jandag areas, which in most areas there is a marl body in its base. The Farrokhi formation in this section is 233 meters thick and is placed continuously on limestones of Haftuman formation while, its upper contact with the limestones of the Chupanan formation is conformable. The formation has been divided into four informal divisions.

### Materials and methods:

In order to study lithostratigraphy and biostratigraphy of the Farrokhi informal formation, an outcrop of the formation was selected and sampled at Azizabad village northwest of Khur city. A total of 81 rock samples were taken of them 25 samples for palynological studies, 17 samples were washed for their foraminiferal contents and 39 samples were used to prepare thin sections.

### Discussion of Results & Conclusions:

The Azizabad section is located 400 kilometers northeast of Isfahan and on the edge of the great desert, northwest of the city of Khur. In this section, the Farrokhi formation conformably overlay limestones of the Haftuman fm. while, it is in turn overlain by the Chupanan formation. The Farrokhi formation at this section is mostly composed of marl and limestone so that the lower part is formed from green to buffy marls containing sponges and in the upper parts from marly limestones and marly intercalation which turn into the massive limestones of the Chupanan formation.

Study of the palynological slides showed that only two samples in the lower part of the formation were rich in

dinoflagellate cysts containing 46 genera and 71 species. The assemblage is well fitted in the *Odontochitina costata* Interval Zone according to the previous reports of this cyst zone.

Two foraminiferal biozones were also differentiable according to the assemblages and index forms identified. These include:

*Globotruncana aegyptiaca* Interval Zone (Late to Latest Campanian) and *Gansserina gansseri* Interval Zone (Latest Campanian to Early Maastrichtian).

According to the fossil set, the Farrokhi formation at this locality is of middle Campanian to Maastrichtian age.

The study of the three major groups of palynological elements, as well as the organic factors, the ratio of the transparent (AOM) to the marine elements and the lability factor in the two samples indicated that this part of the section was deposited in an open shallow marine environment forming a transitional zone to the deepest part of the basin in which planktonic foraminifera bloomed.

**Keywords:** Farrokhi formation, Dinoflagellate cysts, Foraminifera, Paleoecology, Central Iran.

**Keywords:** Farrokhi formation, "Dinoflagellate cysts,

## Foraminifera, Paleocology, Central Iran

## References

- Aistov I. Melnikov B. Krivyakin. B. and Morozov L. 1984. Geology of khur area (Central Iran), Explanatory text of the khur Quadrangle map 1:250,000, Report Te/No.20-1984.
- Atlas of roads of Iran. 2010. Publishing Institute of Geography and Cartography of Iran.
- Allameh M. and Torabian B. 2016. Palynofacies and paleoenvironment of marl segment in Farokhi formation (Central Iran), Journal of Earth Sciences, Geological Survey of Iran, 26(101):57-108.
- Batten D.J. 1979. Miospores and other acid-resistant microfossils from the Aptian/Albian of holes 400A and 402A. DSDP-IPOD leg 48. Bay of Biscay. Initial reports of the Deep Sea Drilling Project 48: 579-587.
- Brinkhuis H. and Schioler P. 1996. Palynology of the Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Limburg, SE Netherlands). In: Brinkhuis H. Smit J. editors. The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian Type Area, SE Netherlands). *Geologie en Mijnbouw* 75: 193-213.
- Brinkhuis H. and Zachariasse W. J. 1988. Dinoflagellate cysts, sea level changes and planktonic foraminifers across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Haria, northwest Tunisia. *Marine Micropaleontology* 13: 153-191.
- Brinkhuis H. Bujak J.P. Smit J. Versteegh G.J.M. and Visscher H. 1998. Dinoflagellate-based sea surface temperature reconstruction across the Cretaceous/Tertiary boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 141: 67-83.
- Clark R.F. and Verdier J.P. 1967. An investigation of microplankton assemblages from the Chalk of the Isle of Wight, England. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde, Eerste Reeks* 24: 1-96.
- Combaz A. 1964. Les palynofaciès. *Revue de Micropaléontologie*, 7: 205-218.
- Del Papa C. Garcia V. and Quattrocchio M. 2002. Sedimentary facies and palynofacies assemblages in an Eocene perennial lake, Lumbra formation, Northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 15:553-569.
- Gedl P. 2004. Dinoflagellate cyst record of the deep-sea Cretaceous-Tertiary boundary at Uzgruň, Carpathian Mountains, Czech Republic, Geological Society, London, Special Publications 230(1): 257-273.
- Hoek R.P. and Eshet. Y. 1996. Dinoflagellate Cyst Zonation of Campanian-Maastrichtian Sequences in Israel. *Micropaleontology*, 12(2):125-150.
- Khosro Tehrani K. 1977. Stratigraphie du Cretace Superieur et du Paleocene de la partie mediane de l'Iran (region comprise entre Esfahan-jandagh et Yazd) C.R.Sc. *Geol. FR. DA.* 1977; 4:239-241.
- Kirsch K.H. 1991. Dinoflagellatenzysten aus der Oberkreide des Helvetikums und Nordultrahelvetikums von Oberbayern. *Munchner Geowissenschaftlicher Abhandlungen*, 22:306.
- Lister J.K. and Batten D.J. 1988. Stratigraphic and paleoenvironmental distribution of Early Cretaceous dinoflagellate cysts in the Hurlands Farm borehole, West Sussex, England. *Palaeontographica Abteilung B* 210(1-3): 9-89.
- Lentin J. K. and Williams G. L. 1980. Dinoflagellate provincialism with emphasis on Campanian peridiniaceans. AASP Contributions Series 7, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 47.
- Mahmoud M.S. and Moawad A.R.M. 2000. Jurassic-Cretaceous (Bathonian to Cenomanian) palynology and stratigraphy of the West Tiba-1 borehole, northern Western Desert, Egypt, *Journal of African Earth Sciences* 30(2): 401-416.
- Mohafez and Moshtaghian. 1963. Geology and oil possibilities of khur-Jandaq-Biabanak area.
- Premoli Silva I. and Verga D. 2004. Partial Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera, Course 3, in Verga D. and Rettori R. (Editors). International School on Planktonic Foraminifera: Universities of Perugia and Milano, 283p.
- Razmjoe A. 2011. Lithostratigraphic and biostratigraphic finding on the Farokhi formation in Northwest of khur (Central Iran), Master's Thesis, Institute for Earth Sciences. Geological Survey of Iran.
- Saif H. 2013. Lithostratigraphic and biostratigraphic finding on the Farokhi Formation in Southwest of khur (Central Iran), Master's Thesis, Institute for Earth Sciences. Geological Survey of Iran, Tehran
- Schrank E. 1988. Effects of chemical processing on the preservation of peridinioid dinoflagellate: A case from the Late Cretaceous of NE Africa. Review of Palaeobotany and Palynology, 56:123-140.
- Schrank E. 1984. Organic-geochemical and palynological studies of Dakhla Shale profile (Late Cretaceous) in southeast Egypt. Part A: Succession of microfloras and depositional environment— *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen A* 50: 189-207.
- Skupien P. and Mohamed O. 2008. Campanian to Maastrichtian palynofacies and dinoflagellate cysts of the Silesian Unit, Outer Western Carpathians, Czech Republic. *Bulletin of Geosciences* 83(2): 207-224.
- Traverse A. 2007. *Paleopalynology*. 2nd Edition Springer, 816 p.
- Tremolada F., Erba E., Van de Schootbrugge B., and Mattioli E. 2006. Calcareous nannofossil changes during the late Callovian-early Oxfordian cooling phase. *Marine micropaleontology*, 59:197-209.
- Tyson R.V. 1993. Palynofacies analysis. *Applied Micropaleontology*, pp. 153-191.
- Tyson R.V. 1987. The genesis and palynofacies characteristics of marine petroleum source rocks. Geological Society, London, Special Publications 26(1): 47-67.
- Van der Zwan C.J. 1990. Palynostratigraphy and palynofacies reconstruction of the Upper Jurassic to lowermost Cretaceous of the Draugen Field, offshore Mid Norway. Review of Palaeobotany and Palynology 62: 157-186.
- Wilmsen M. Fürsich F.T. Majidifard M.R. 2012. Porosphaera globularis (Porifera, Calcarea) from the Maastrichtian of the Farokhi formation of Central Iran, Elsevier, *Cretaceous Research* 33 (2012), 91-96.
- Wilmsen M. Fürsich F.T. Majidifard M.R. 2014. An overview of the Cretaceous stratigraphy and facies development of the Yazd Block, western Central Iran: *Journal of Asian Earth Sciences*, 102:73-91.

## بایواستراتیگرافی و پالئواکولوژی سازند فرخی در شمال باختری خور، ایران مرکزی با استفاده از پالینومورف‌ها و فرامینیفرها

صدیقه جداوی، کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران،

ایران

ابراهیم قاسمی‌نژاد، استاد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران\*

محمودرضا مجیدی‌فرد، دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران،

ایران

### چکیده

به منظور مطالعه‌های چینه‌نگاری سنگی و زیستی سازند غیررسمی فرخی، برش عزیزآباد واقع در شمال باختری شهر خور انتخاب شد. ستبرای سازند فرخی در این برش ۲۳۳ متر است، به شکل پیوسته روی سنگ‌آهک‌های سازند هفتومان قرار گرفته و همبری بالایی آن با سازند چوپانان ناپیوسته از نوع موازی است و به چهار بخش غیررسمی تقسیم شده است. در مجموع، ۸۱ نمونه سنگی شامل ۲۵ نمونه مارنی برای مطالعه پالینولوژیکی، ۱۷ نمونه مارنی برای مطالعه فرامینیفرهای ایزوله و ۳۹ نمونه سنگی برای تهیه مقاطع نازک از این سازند برداشت شدند. از مجموع نمونه‌های آماده‌شده برای مطالعه‌های پالینولوژیکی تنها ۲ نمونه دارای سیست داینوفلاژله بودند. با مطالعه اسلایدهای پالینولوژیکی، مقاطع نازک و نمونه‌های شسته‌شده در نهایت ۴۶ جنس و ۷۱ گونه از داینوفلاژله‌ها، ۱۳ جنس و ۴۰ گونه از روزن‌بران آزاد و ۹ جنس و ۳ گونه از روزن‌بران بتیک متعلق به کامپانین میانی-ماستریشین شناسایی شدند. همچنین با مطالعه و شمارش عناصر پالینولوژیکی مربوط به ۲ نمونه مدنظر تنها یک پالینوفاسیس (IV) تشخیص داده شد که نشان‌دهنده محیط دریایی باز و کم‌عمق برای این بخش از سازند و بیان‌کننده یک زون انتقالی به بخش‌های عمیق‌تر حوضه است. بر پایه داینوفلاژله‌های شاخص محیط، محیط گرم و به نسبت کم‌ژرفا با انرژی متوسط برای این قسمت از بخش مارنی سازند فرخی در زمان انباش رسوبات پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سازند فرخی، داینوفلاژله، فرامینیفر، پالئواکولوژی، ایران مرکزی

## مقدمه

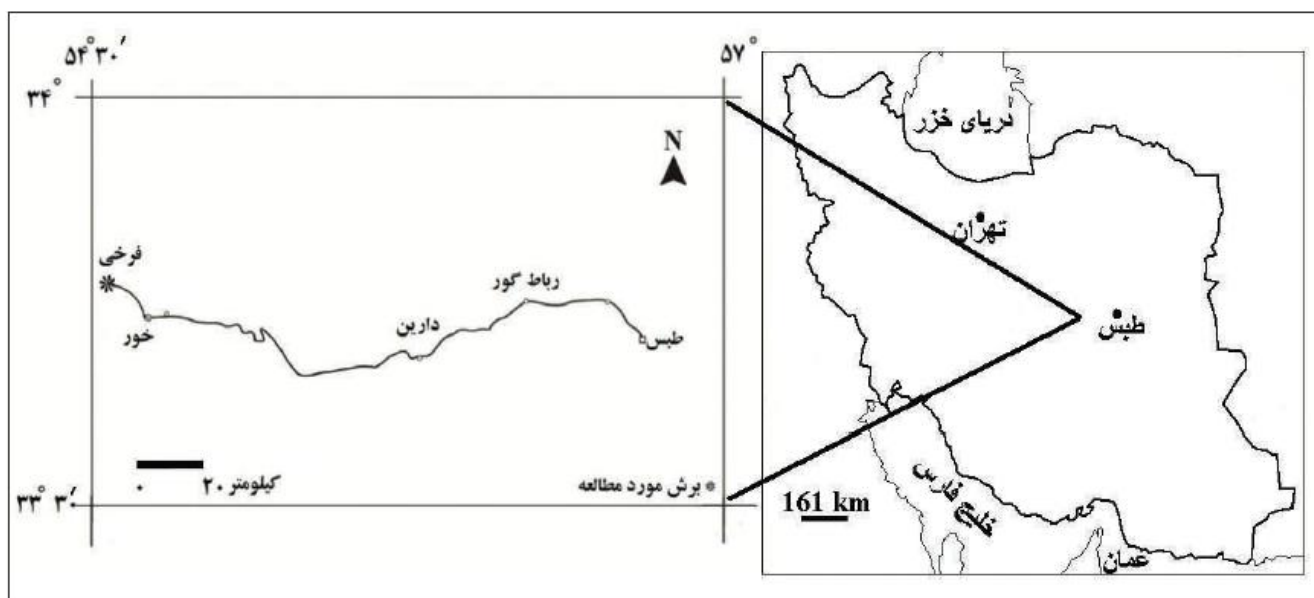
مارنی سازند فرخی، سن ماستریشتین پیشین تا پسین را تعیین کرده است. مطالعه حاضر به بایواستراتیگرافی و تطابق زون‌های داینوفلاژله با زون‌های فرامینیفر از نظر کروئولوژیکی در سازند فرخی در برش عزیزآباد می‌پردازد.

## موقعیت جغرافیایی

برای دستیابی به برش مطالعه‌شده از جاده خور- فرخی استفاده می‌شود و نمای کلی برش پس از طی ۸ کیلومتر از جاده آسفالتی دیده می‌شود. این برش تقریباً کنار جاده محسوب می‌شود و مارن‌های سبز در قاعده طبقات مطالعه‌شده کاملاً مشخص هستند (شکل ۱).

مختصات قاعده برش  $33^{\circ} 50' 49.1''$  عرض شمالی و  $E$  و  $55^{\circ} 04' 34.8''$  طول شرقی و مختصات آن در انتهای برش  $N$   $33^{\circ} 50' 08''$  عرض شمالی و  $E 55^{\circ} 01' 06''$  طول شرقی است.

سازند فرخی جوان‌ترین واحد سنگی کرتاسه در ناحیه خور، انارک و جندق است که در بیشتر مناطق یک عضو مارنی در قاعده آن وجود دارد. نمونه‌های فسیلی که محافظ و مشتاقیان (Mohafez and Moshtaghian 1963) و خسرو تهرانی (Khosrow Tehrani 1977) از آن گزارش کرده‌اند بیان‌کننده سن سنونین پسین برای این واحد سنگی هستند؛ در حالی که آیستوف و همکاران (Aistov et al. 1984) با توجه به سنگواره بی‌مهرگان موجود در این واحد سنگ‌چینه‌ای که عمدتاً شامل بازوپایان و خارپوستان است سن سنونین پسین- پالتوسن را به آن نسبت داده‌اند. رزمجویی (Razmjoe 2011) در ناحیه خور با بررسی‌های انجام‌شده روی روزن‌بران پلانکتونیک و بتیک در مقاطع نازک، سن ماستریشتین- پالتوسن را برای رسوبات سازند فرخی در برش شمال باختری خور پیشنهاد کرده است. سیف (Seif 2013) نیز با مطالعه روزن‌بران پلانکتونیک واحد



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش مطالعه‌شده

## مطالعه‌های پیشین

شامل تهیه نقشه‌های با مقیاس  $1:250000$  و  $1:100000$  خور، فرخی، چوپانان، کبودان و اردیب، اکتشافات معدنی، ولکانیسم و ... را انجام دادند. حاصل مطالعه‌های آنها علاوه بر ارائه

نخستین بار آیستوف و همکاران (Aistov et al. 1984) طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۷۸ مطالعه‌های زمین‌شناسی این ناحیه

علامه و همکاران (Allameh et al. 2016) پالینوفاسیس و محیط دیرینه بخش مارنی سازند فرخی را مطالعه کردند. مطالعه آنها نشان داد بخش مارنی در محیط دریایی کم ژرفا تا باز با انرژی متوسط نهشته شده است. آنها بر پایه داینوفلاژله‌های شاخص نیز محیط گرم و به نسبت کم ژرفا با انرژی متوسط را برای بخش مارنی سازند فرخی پیشنهاد کردند.

#### زیست‌چینه‌نگاری بر مبنای داینوفلاژله

به منظور مطالعه پالینومورف‌ها ۲۵ نمونه مارنی برداشت شده به روش استاندارد تراورس (Travers 2008) آماده‌سازی شدند. از ۲۵ نمونه آماده‌سازی شده تنها دو نمونه غنی از پالینومورف به‌ویژه داینوفلاژله بودند. بیش از ۱۰ اسلاید از این دو نمونه تهیه شد و با مطالعه اسلایدها، ۶۶ جنس و ۷۱ گونه سیست‌داینوفلاژله شناسایی شد (شکل ۵).

گروه‌های زیر بر اساس ریخت‌شناسی در داینوسیست‌های شناسایی شده تفکیک می‌شوند:

گروه داینوسیست‌های پروکسیمیت:

*Apteodinium fallax*, *Apteodinium australiense*,  
*Deflandrea convexa*, *Dinogymnium acuminatum*,  
*Pierceites* sp., *Spinidinium clavum*, *Spinidinium delicatum*,  
*Trithyrodinium* cf. *evittii*, *Trithyrodinium suspectum*.

گروه داینوسیست‌های کوریت:

*Achomosphaera ramulifera ramosasimilis*,  
*Achomosphaera fenestratum dividuum*,  
*Achomosphaera neptunii*, *Achomosphaera ramulifera*,  
*Achomosphaera sagena*, *Achomosphaera triangulate*,  
*Cannosphaeropsis utinensi*, *Cleistosphaeridium oligacanthum*,  
*Cymososphaeridium validum*, *Downiesphaeridium* sp.,  
*Exochosphaeridium bifidum*, *Exochosphaeridium muelleri*,  
*Hystrichodinium pulchrum*, *Hystrichosphaeridium recurvatum*,  
*Hystrichosphaeridium bowerbankii*,  
*Heterosphaeridium bellii*, *Homotryblium tenuispinosum*,  
*Hystrichodinium pulchrum*, *Hystrichosphaeridium recurvatum*,  
*Hystrichosphaeridium salpingophorum*,  
*Hystrichosphaeridium dowlingii*,  
*Hystrichosphaeridium tubiferum*, *Oligosphaeridium complex*,  
*Operculodinium* sp., *Pervosphaeridium monasteriense*,  
*Pervosphaeridium pseudhystrichodinium*, *Florentinia* sp.,  
*Florentinia mantellii*, *Spiniferites ramosus*,  
*Spiniferites ramosus granosus*, *Spiniferites ramosus gracilis*,  
*Florentinia mantellii*, *Hystrichosphaeropsis quasricibrata*.

نقشه‌ها و گزارش کامل زمین‌شناسی منطقه، تعیین و نام‌گذاری واحدهای سنگی مختلف گستره خور بود. آنها برای سازندهای کرتاسه ناحیه خور از اسامی غیررسمی نقره، شاه‌کوه، بازیاب، بیابانک، میرزا، دبرسو، هفتومان و فرخی استفاده کردند.

محافظ و مشتاقیان (Mohafez and Moshtaghian 1963) چینه‌شناسی دریایی کرتاسه- پالئوسن ناحیه خور، جندق و بیابانک را با هدف پی‌جویی نفت و گاز در این واحدها مطالعه کردند. آنها تعدادی از برش‌های چینه‌شناسی را در منطقه شناسایی و مطالعه کردند و برخی از آنها را شرح دادند. خسرو تهرانی (Khosrow Tehrani 1977) در سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۳۷۷ مطالعه‌های چینه‌شناسی مبتنی بر شناخت رخساره‌های سنگی و زیستی مقاطع مختلف کرتاسه بالایی و پالئوسن را در نواحی اصفهان، نایین، عقدا- اردکان، یزد، خور، جندق، نخلک، چوپانان و هفتومان در قالب رساله دکتری و مقاله در نشریه‌های مختلف چاپ کردند.

ویلمسن و همکاران (Wilmsen et al. 2012) گونه‌های *Porosphaera globularis* (Phillips 1829) را که نوعی اسفنج آهکی است برای نخستین بار در ایران و خاورمیانه از ماستریشتین سازند فرخی توصیف و گزارش کردند.

ویلمسن و همکاران (Wilmsen et al. 2014) نمایی کلی از چینه‌شناسی کرتاسه و رخساره بلوک یزد، غرب ایران مرکزی را بررسی کردند و داده‌های جدیدی از نظر سن، ضخامت، محیط ته‌نشست سازندهای کرتاسه، مرزهای ناپیوسته و درک بهتری از رسوبات و حوادث ژئودینامیک بلوک یزد ارائه کردند.

رزمجویی (Razmjoe 2011) با مطالعه روزن‌بران پلانکتونیک و بتیک ناحیه خور، سن ماستریشتین- پالئوسن را برای رسوبات سازند فرخی در برش شمال باختری خور پیشنهاد کرد.

مطالعه‌های سیف (Seif 2013) روی روزن‌بران پلانکتونیک واحد مارنی سازند فرخی نیز به شناسایی سه بایوزون منجر شدند و باتوجه به مجموعه فسیلی شناسایی شده، سن سازند فرخی ماستریشتین پیشین تا پسین تعیین شد.

شباهت بسیار زیادی به گونه‌ها و زون هم‌سن خود در اروپا دارند (مانند Clarke and Verdier 1967; Kirsch 1991).

#### بایوزوناسیون بر اساس روزن‌بران

پس از جداسازی فرم‌های آزاد و بررسی مقاطع نازک، مجموعه‌ای از روزن‌بران پلانکتونیک و بتتیک شناسایی شد و از مطالعه کل نمونه‌ها، ۴۰ گونه متعلق به ۱۳ جنس از روزن‌بران پلانکتونیک و ۹ جنس از روزن‌بران بتتیک شناسایی شدند (شکل‌های ۶ تا ۸).

با استفاده از فرامینیفرهای پلانکتون به دست آمده، دو بایوزون در طبقه‌های کامپانین میانی - ماستریشتین منطبق با زوناسیون استاندارد شده (Premoli Silva and Verga 2004) به شرح زیر تشخیص داده شد.

#### بایوزون ۱: *Globotruncana aegyptiaca* Interval Zone

(Caron 1978)

این بایوزون ضخامت ۲۷ تا ۳۹ متری ستون چینه‌شناسی را به خود اختصاص داده است.

**تعریف:** فاصله بین نخستین ظهور *Globotruncana*

*aegyptiaca* تا نخستین ظهور *Gansserina gansseri* را در بر می‌گیرد.

مهم‌ترین میکروفسیل‌های همراه بایوزون ۱ عبارتند از:

*Archaeoglobigerina blowi*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Contusotruncana fornicata*, *Heterohelix globulosa*, *Globotruncana hilli*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globotruncana linneiana*, *Globotruncanella havanensis*, *Pseudotextularia nuttalli*, *Globotruncana arca*.

سن این بایوزون کامپانین پسین تا انتهای کامپانین پسین تعیین شده است.

#### بایوزون ۲: *Gansserina gansseri* Interval Zone of

(Premoli Silva and Bolli 1973)

این بایوزون ضخامت ۳۹ تا ۷۶/۵ متری ستون چینه‌شناسی را به خود اختصاص داده است.

**تعریف:** در فاصله بین نخستین ظهور *Gansserina*

گروه داینوسیست‌های کویت:

*Cerodinium speciosum*, *Cerodinium striatum*, *Cerodinium diebelii*, *Odontochitina costata*, *Odontochitina operculata*, *Manumiella* sp., *Senegalinium bicavatum*, *Isabelidinium greenense*, *Isabelidinium greenense*.

گروه داینوسیست‌های پروکسیموکوریت:

*Chlamydothorella nyei*, *Cyclonephelium* sp., *Circulodinium* sp., *Nexosispinum hesperus*, *Trichodinium* sp., *Spinidinium delicatum*, *Spiniferella cornuta*, *Spiniferites membranaceus*, *Spiniferites porosus*, *Spiniferites ramosus*.

بر اساس انتشار چینه‌شناسی پالینومورف‌های حاصل از این دو نمونه که به بخش پایینی سازند مربوط هستند تعلق این طبقه‌ها به زون *Odontochitina costata* و سن انتهای کامپانین پسین برای آنها محرز شد.

#### بایوزون: *Odontochitina costata* (Oco) Interval Zone

تعریف: فاصله بین انقراض *Senoniasphaera rotundata* تا انقراض *Odontochitina costata* است.

Alberti 1961 این زون را معرفی کرده است.

در اینجا بخشی از این بایوزون تفکیک می‌شود که ضخامت ۳۶ تا ۳۹ متری ستون چینه‌شناسی را به خود اختصاص داده است.

ویژگی‌های بایوزون: با حضور فرم‌هایی از *Odontochitina costata* Interval Zone مشخص می‌شود که با فراوانی *Isabelidinium* spp. (اساساً *Isabelidinium* *cretaceum*) و *Exochosphaeridium bifidum*، *Xenascus ceratioides*، *Odontochitina operculata*، *Cannosphaeropsis utinensis*، *Cerodinium diebelii*، *Trithyrodinium Achomosphaera*، *Spiniferites ramosus* و *Florentinia mantelii suspectum* همراه است.

سن: سن انتهای کامپانین بر اساس زون *Odontochitina costata* تعیین شده است. گونه‌های شناسایی شده داینوفلاژله و زون‌بندی انجام شده بر مبنای آنها به سن کامپانین پسین

است.

*Gansseri* تا نخستین ظهور *Contusotruncana contusa*

است.

### پالینوفاسیس

واژه پالینوفاسیس را Combaz 196 برای نخستین بار مطرح کرد و از آنجا که مواد آلی مانند رسوبات در محیط حمل و ته نشست می شوند نتایج پالینوفاسیس باید با نتایج مطالعه های رسوب شناسی تلفیق شوند (Del Papa et al. 2002). تاکنون پژوهشگران مختلفی عناصر باقیمانده در اسلایدهای پالینولوژیکی را مطالعه کرده اند و در تمام تقسیم بندی های پیشنهاد شده برای این عناصر به سه گروه اصلی خرده های آلی یعنی پالینومورفها، فیتوکلاستها (پالینوماسرالها) و مواد آلی بی شکل (Amorphous Organic Matter) توجه شده است (Traverse 2007).

تایسون (Tyson 1993) با استفاده از نمودار مثلثی شکل که سه جزء اصلی فیتوکلاست، AOM و پالینومورفها در سه رأس آن قرار دارند نه پالینوفاسیس مختلف را معرفی کرده است که هر پالینوفاسیس دارای دامنه معینی از اجزای تشکیل دهنده است؛ از این رو، برای دستیابی به محیط رسوبی و شرایط محیط رسوبی دیرینه از جمله میزان رسوب گذاری، میزان اکسیژن و تغییرات نسبی سطح آب برای هر نمونه، عناصر پالینولوژیکی در چند میدان دید (با بزرگنمایی ۱۰) شمارش شدند و سپس درصد هر کدام از سه گروه اصلی عناصر پالینولوژیکی در دو نمونه حاوی پالینومورف محاسبه شد (شکل ۲). پس از تعیین نسبت درصد عناصر پالینولوژیکی در دو نمونه مدنظر با نرم افزار Triplot در محیط Excel و انتقال آن به نمودار (Tyson 1993) رخساره پالینولوژیکی تشخیص داده شد که طبق نمودار Tyson به ناحیه IV مربوط بود (شکل ۳).

مهم ترین میکروفسیل های همراه بایوزون ۲ عبارتند از:

*Archaeoglobigerina blowi*, *Contusotruncana fornicata*, *Contusotruncana patelliformis*, *Globotruncana lapparenti*, *Heterohelix globulosa*, *Heterohelix striata*, *Macroglobigerinelloides prairiehillensis*, *Macroglobigerinelloides multispinus*, *Gansserina gansseri*, *Globotruncana arca*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globotruncanita stuarti*, *Gansserina wiedenmayeri*, *Globotruncana linneiana*, *Pseudotextularia nuttalli*, *Globotruncana aegyptiaca*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Globotruncanella havanensis*.

سن این بایوزون انتهای کامپانین پسین تا ماستریشیتین

پیشین است.

مهم ترین میکروفسیل های موجود در طبقه های بالاتر

(ضخامت ۷۶/۵ تا ۲۳۳ متری) ستون چینه شناسی عبارتند از:

*Gansserina gansseri*, *Globotruncana orientalis*, *Globotruncana hilli*, *Globotruncana lapparenti*, *Globotruncana arca*, *Globotruncana bulloides*, *Globotruncana ventricosa*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globotruncanita stuarti*, *Pseudotextularia nuttalli*, *Globotruncana linneiana*, *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana aegyptiaca*, *Archaeoglobigerina blowi*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Heterohelix globulosa*, *Contusotruncana patelliformis*, *Gansserina gansseri*, *Globotruncana lapparenti*, *Heterohelix striata*, *Macroglobigerinelloides prairiehillensis*, *Macroglobigerinelloides multispinus*, *Contusotruncana contuse*, *Contusotruncana walfishensis*, *Macroglobigerinelloides blowi*, *Globotruncanita angulate*, *Globotruncana dupeblei*, *Globotruncana orientalis*, *Rugoglobigerina cf. milamensis*, *Macroglobigerinelloides alvarezii*, *Pseudoguembelina cf. excolata*, *Muricohedbergella monmouthensis*, *Pseudotextularia elegans*, *Rugoglobigerina pennyi*, *Planoglobulina acervulinoides*.

سن این ضخامت از ستون چینه شناسی بر اساس وجود

فسیل های شاخص ماستریشیتین پیشین - پسین تعیین شده

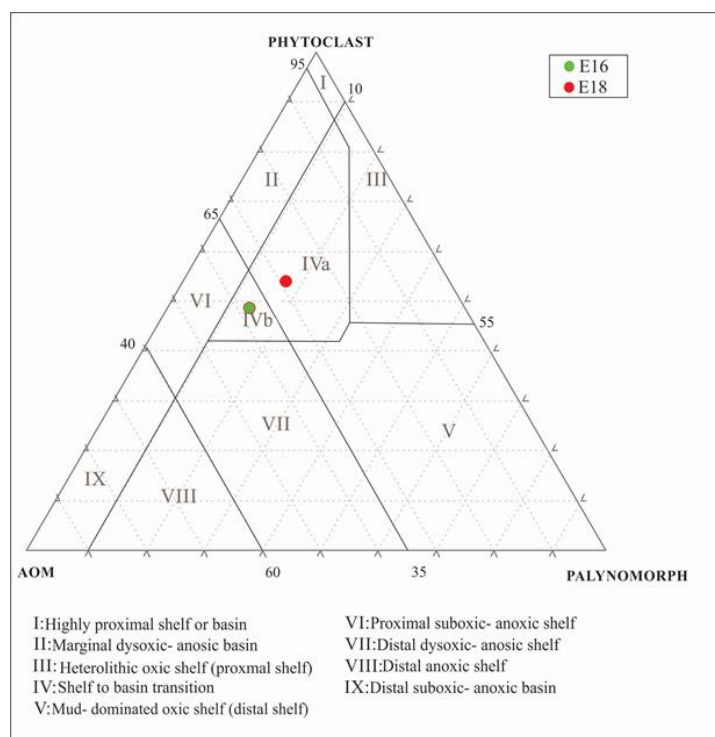
Sample No.	Palynological Elements percent		
	Pal%	Ph%	AOM%
E16	46/6	35/72	17/68
E18	50/72	31	18/28

شکل ۲- نمایش درصد عناصر پالینولوژیکی (پالینوماسرال، پالینومورف و مواد آلی بی شکل (AOM) در نمونه های بخش مارنی

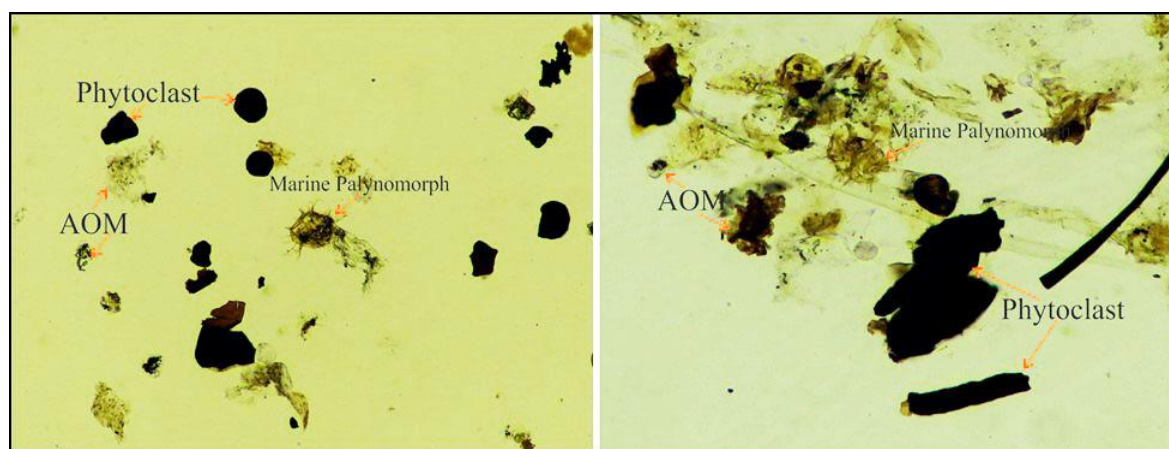
### پالینوفاسیس IV

و شرایط مناسب‌تر برای تعدد و تنوع این جلبک‌های دریایی و افزایش میزان حفظ‌شدگی سیست‌های آنها در محیط را نشان می‌دهند. این پالینوفاسیس محیط دریایی باز (Open marine) و کم‌عمق را برای این بخش از سازند که در واقع محدوده‌ی گذر از نواحی نزدیک منشأ حوضه به سوی نواحی عمیق حوضه است نشان می‌دهد.

پالینوفاسیس چهار (IV) به محیط‌های Lower offshore و Lower bar با انرژی آرام مربوط است (Van Der Zwan 1990). نکته‌ی مهم در این پالینوفاسیس تنوع و فراوانی سیست‌های داینوفلاژله است؛ به طوری که بیش از ۱۰ درصد عناصر پالینولوژیکی در مقاطع را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴)



شکل ۳- جایگاه دو نمونه مطالعه‌شده روی نمودار سه‌گانه تایسون (Tyson 1993) بر اساس نسبت درصد سه گروه اصلی عناصر پالینولوژیکی



شکل ۴- پالینوفاسیس‌های IV در نمونه‌های شماره E16 و E18

## پالئوآکولوژی

بسیاری از مؤلفان ارزش ریخت‌شناختی بالقوه فیتوپلانکتون (داینوسیست‌ها و آکریتارشاها) را شاخصی زیست‌محیطی گزارش کرده‌اند که محیط‌های دیرینه را به خوبی مشخص می‌کند (Batten 1979; Tyson 1987; Lister and Batten 1988). داینوفلاژله‌ها برای تعیین نوع محیط رسوب‌گذاری به کار می‌روند و داینوسیست‌هایی که دارای تزئینات کوتاه یا بدون تزئینات هستند به‌وفور در محیط ساحلی و نزدیک به ساحل یافت می‌شوند اما انواع دارای تزئینات طولی مؤید محیط دور از ساحل هستند.

عوامل مختلفی در تفسیرهای پالئوآکولوژیکی نقش دارند که استفاده از آنها در کنار سایر شواهد علمی به‌دست‌آمده کمک شایانی به درک صحیح شرایط دیرینه می‌کند؛ در این میان، شواهد پالینوفاسیس نیز اهمیت بسیاری دارند. مهم‌ترین عوامل پالینولوژیکی استفاده‌شده در تفسیرهای پالئوآکولوژی عبارتند از: عامل لابیلیتی، نسبت AOM شفاف به تیره، نسبت AOM به فیتوکلاست قهوه‌ای، نسبت AOM شفاف به پالینومورف دریایی، نسبت AOM تیره به پالینومورف دریایی، نسبت فیتوکلاست‌های اپیک هم‌بعد به فیتوکلاست‌های اپیک تیغه‌ای. نتیجه‌گیری انجام‌شده از بررسی و تعیین سه گروه اصلی عناصر پالینولوژیکی و همچنین بررسی عوامل حفاظت از مواد ارگانیکی، نسبت AOM شفاف به AOM تیره، نسبت AOM شفاف به پالینومورف دریایی و AOM تیره به پالینومورف دریایی و عامل لابیلیتی در دو نمونه مدنظر نشان می‌دهد این بخش از برش مطالعه‌شده که حاوی پالینومورف است در زمان انباش سازند فرخی شرایط کم‌اکسیژن تا بدون اکسیژن را متحمل شده است.

## داینوفلاژله‌های شاخص محیط

مطالعه نمونه‌های E16 و E18 در سبترای ۵۰ و ۵۳ متری

بخش مارنی سازند فرخی به شناسایی ۵۰ جنس و ۸۰ گونه منجر شد. در زیر برخی داینوفلاژله‌های شاخص محیط در بخش مدنظر بررسی می‌شوند:

جنس *Spiniferites* معمولاً نشان‌دهنده شرایط پس‌روی است و فراوانی آن شرایط محیط دریایی باز را نشان می‌دهد (Schrank 1984; Brinkhuis and Zachariasse 1988; Brinkhuis and Schioler 1996. Brinkhuis et al. 1998)

وجود برخی جنس‌های گروه *Circulodinium* و *Cribroperidinium* نشان‌دهنده شرایط نریتیک داخلی است (Mahmoud and Moawad 2000). در برش مطالعه‌شده، *Circulodinium* در نمونه‌های E16 و E18 مشاهده می‌شود.

وجود برخی جنس‌های گروه *Achomosphaera* و *Spiniferites* و *Oligosphaeridium* تفسیرکننده و نشان‌دهنده محیط دریایی باز (Open marine) است و در برخی مقاله‌ها شاخص محیط نریتیک خارجی (Open marine neritic) معرفی شده‌اند.

به عقیده (Schrank 1988) گونه‌های *Dinogymnium*، *Spiniferites ramosus* و *Cannosphaeropsis utinensis* بیان‌کننده شرایط دریایی باز (Open marine) هستند.

*Lejeunecysta*، *Cerodinium*، *Senegalinium* و *Andalusiella* نشان‌دهنده محیط گرمسیری (Tropical) تا نیمه‌گرمسیری (Subtropical) هستند (Lentin and Williams 1980). حضور گسترده گونه‌های *Cerodinium* نشان‌دهنده شرایط گرمسیری (Gedl 2004; Skupien & Mohamed 2008) و جنس *Chatangiella* مؤید محیط گرم است (Lentin & Williams 1980).

وجود داینوفلاژله‌های خاص اقلیم گرم نظیر *Chatangiella*، *Isabelidium*، *Spinidium*، *Trithyrodinium*، *Palaeocystodinium*، *Palaeocystodinium*، *Cerodinium*، *Senegalinium* و *Spiniferites ramosus*، *Circulodinium distingtum* و

حضور گونه‌ای اسفنج به نام *Porosphaera globularis* در بخش پایینی واحد مارنی که ساکن آب‌های عمیق است حوضه رسوبی واحد مارنی را عمیق در نظر گرفته‌اند؛ نمونه‌ای از این گونه اسفنج در مطالعه‌های صحرایی مشاهده و جمع‌آوری شد که خود شاهد دیگری بر عمیق‌بودن حوضه رسوبی واحد مارنی است.

مارن بالایی پس از میان‌لایه‌ای از سنگ‌آهک مارنی آغاز می‌شود و ترکیب روزن‌بران در این بخش تفاوت عمده‌ای با مارن زیرین دارد؛ به طوری که نسبت روزن‌بران پلانکتونیک به بتیک کاهش چشمگیری یافته است، *C. formicata* که در بخش‌های ابتدایی واحد مارنی فراوانی زیادی دارد کاهش چشمگیری نشان می‌دهد، گسترش گونه *G. linneiana* به مارن زیرین محدود است و پیش از رسیدن به این قسمت از توالی حذف می‌شود، *Globotruncanita* و *Racemiguemblina* بیشترین فراوانی را در میان پلانکتونیک‌ها به خود اختصاص می‌دهند و گونه‌های دوردیفی نیز فراوانی بیشتری دارند.

درکل، دریای باز یعنی گستره‌ای از نرتیک خارجی تا شیب قاره (باتیال) محیط تشکیل واحد مارنی در نظر گرفته می‌شود. واحدهای دوم تا چهارم در محیط نرتیک و شرایط الیگوستروفیک تشکیل شده‌اند.

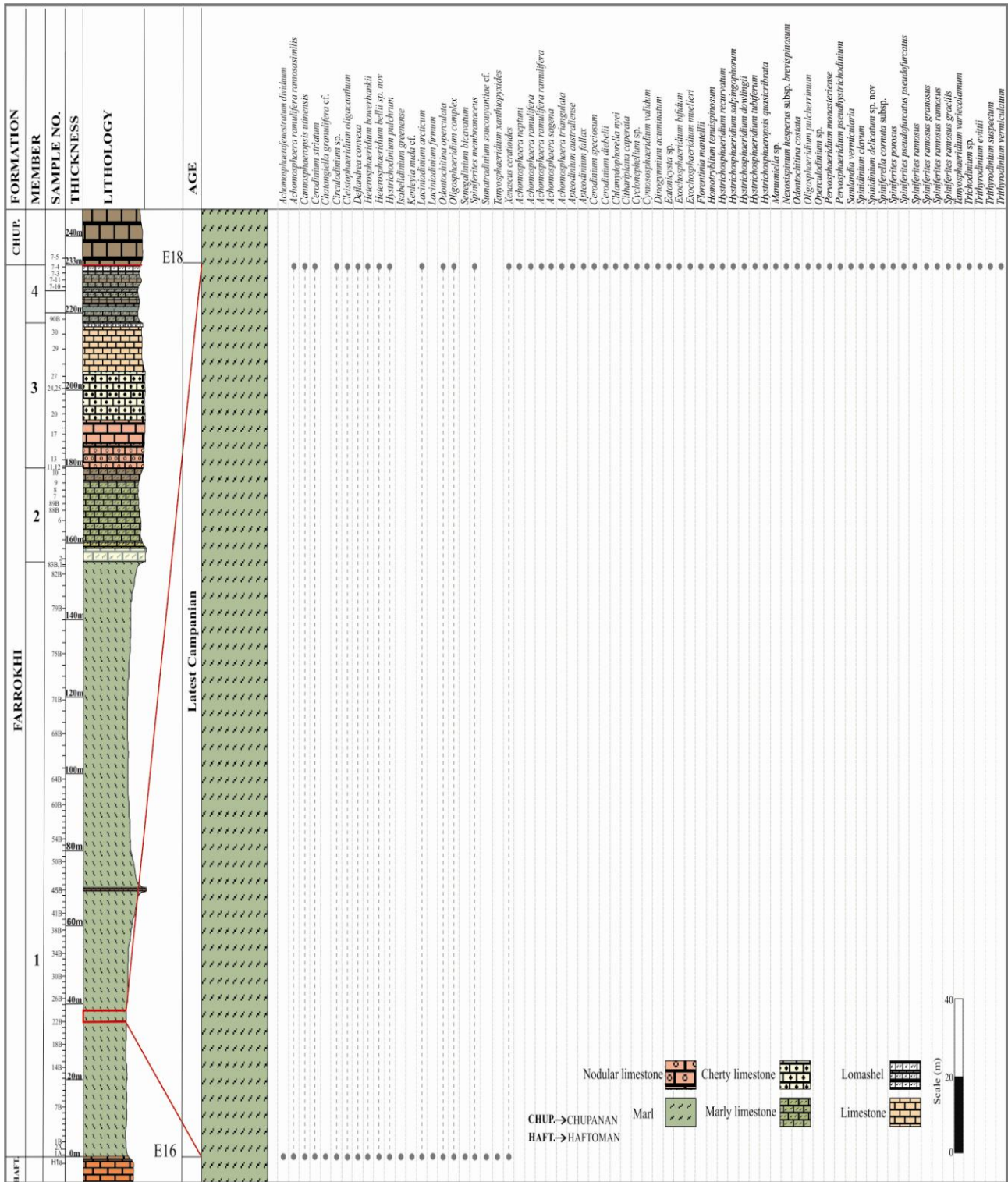
*Oligosphaeridium complex* در نمونه‌های E16 و E18 از برش مطالعه‌شده نشان‌دهنده اقلیم گرم (warm) در زمان رسوب‌گذاری نهشته‌های این بخش از سازند فرخی است؛ باتوجه به موارد یادشده، این بخش از سازند فرخی در زمان انباش رسوبات در محیط گرم نهشته شده است.

#### پالئوآکولوژی بر اساس فرامینیفرهای پلانکتونیک

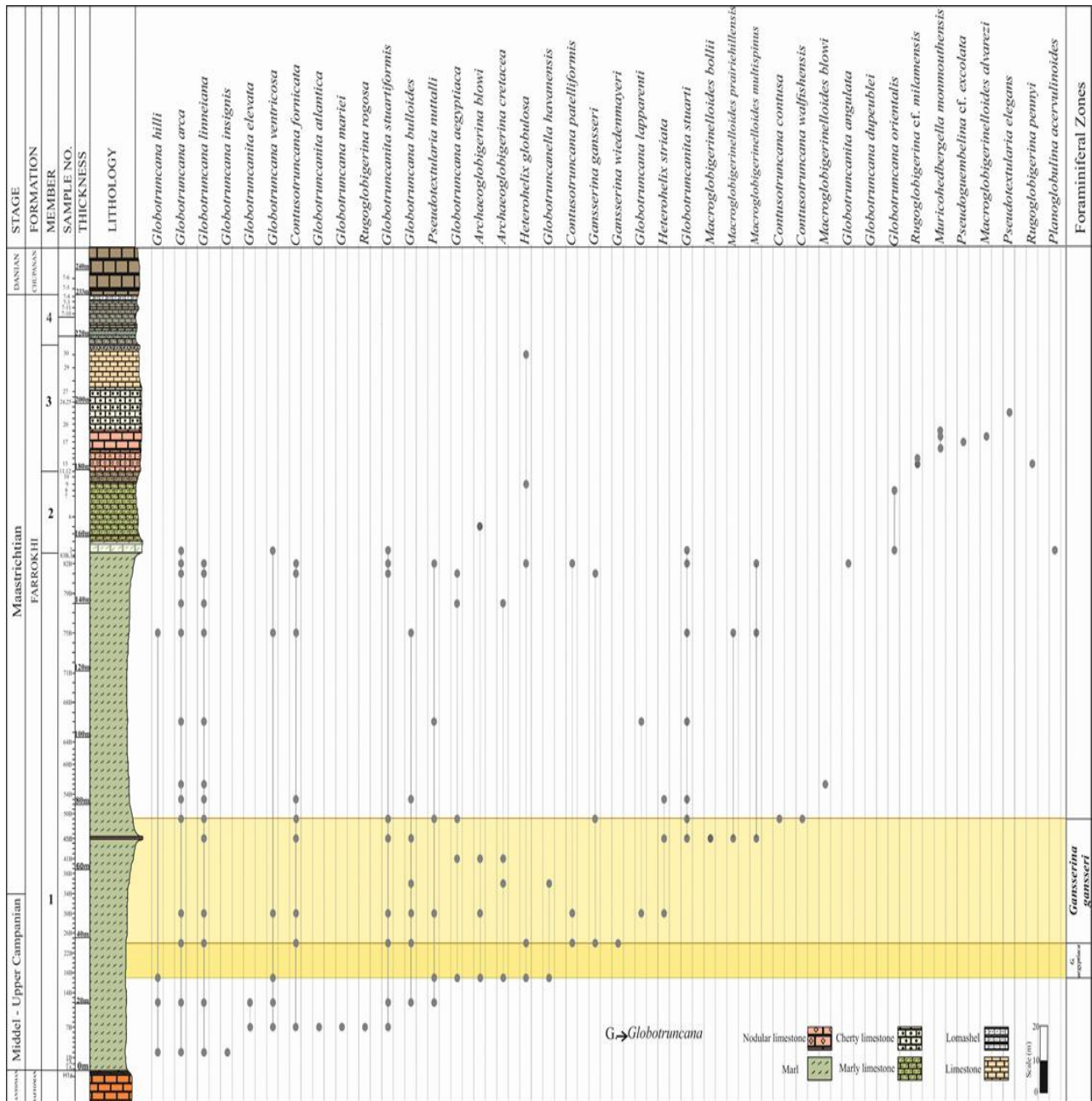
روزن‌بران پلانکتونیک و بتیک در واحد مارنی سازند فرخی فراوانی زیادی دارند. آنها در مارن پایینی برخلاف فراوانی زیاد تنوع کمی دارند و شامل گونه‌های محدودی از *Globotruncanita* و *Contusotruncana* هستند که در میان آنها، *Globotruncanita linneiana* و *Contusotruncana formicata* بیشترین فراوانی را به خود اختصاص می‌دهند. فرم‌های دوردیفی در این بخش از توالی به جنس *Heterohelix* و در میانه واحد مارنی به *Pseudotextularia* محدود هستند. حضور فراوان روزن‌بران بتیک و پلانکتونیک در این بخش از توالی بیان‌کننده محیط همی‌پلاژیک و دریای باز است.

علاوه بر روزن‌بران، واحد مارنی سازند فرخی دربردارنده بی‌مهرگان فراوانی مانند براکیوپودا و خارپوستان است که خود مؤید شرایط دریای باز با عمق نسبتاً زیاد است.

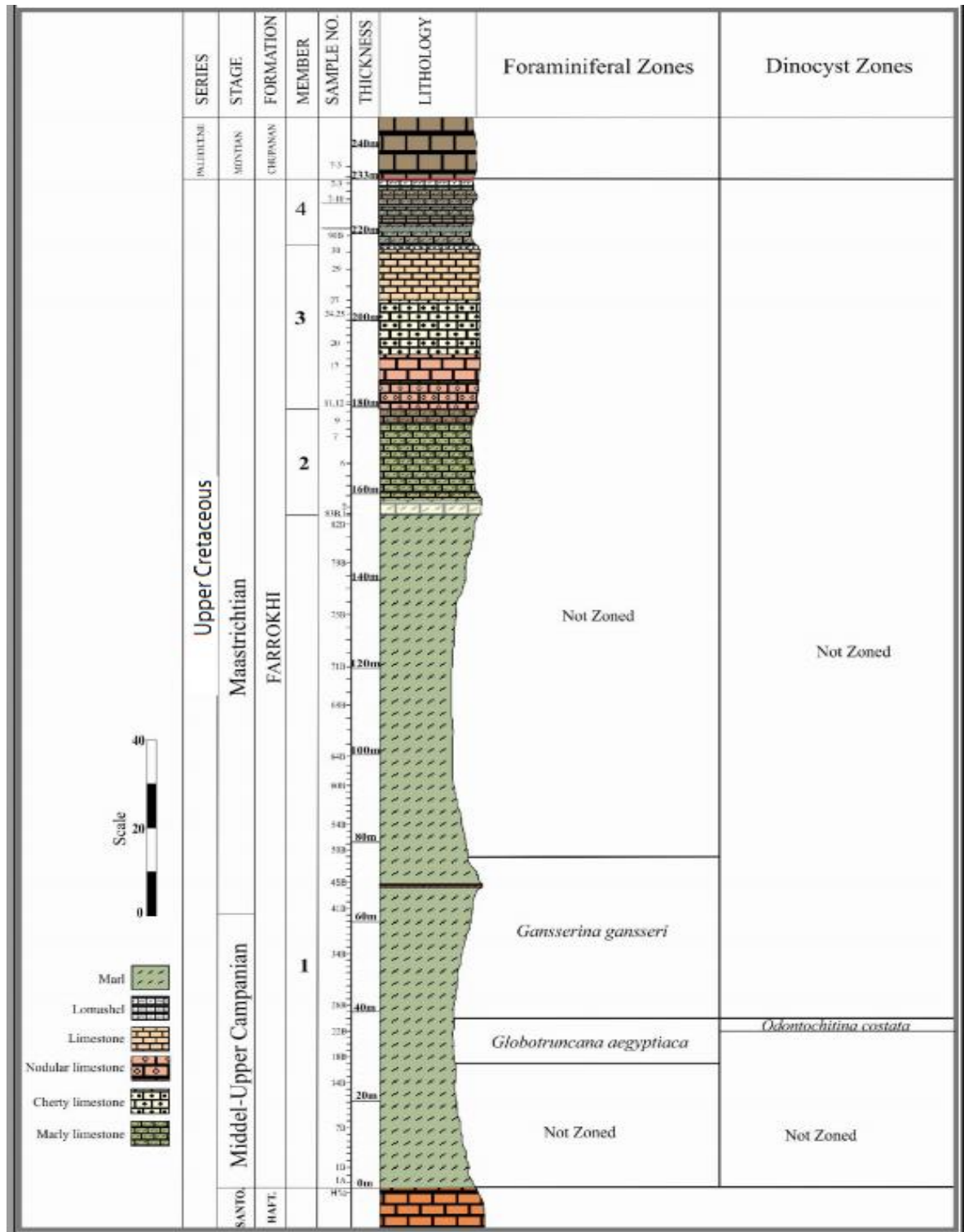
ویلمسن و همکاران (Wilmsen et al. 2012) باتوجه به



شکل 5- نمایش چگونگی حضور داینوفلاژله‌ها در طبقه‌های کرتاسه بالایی سازند فرخی در برش عزیزآباد



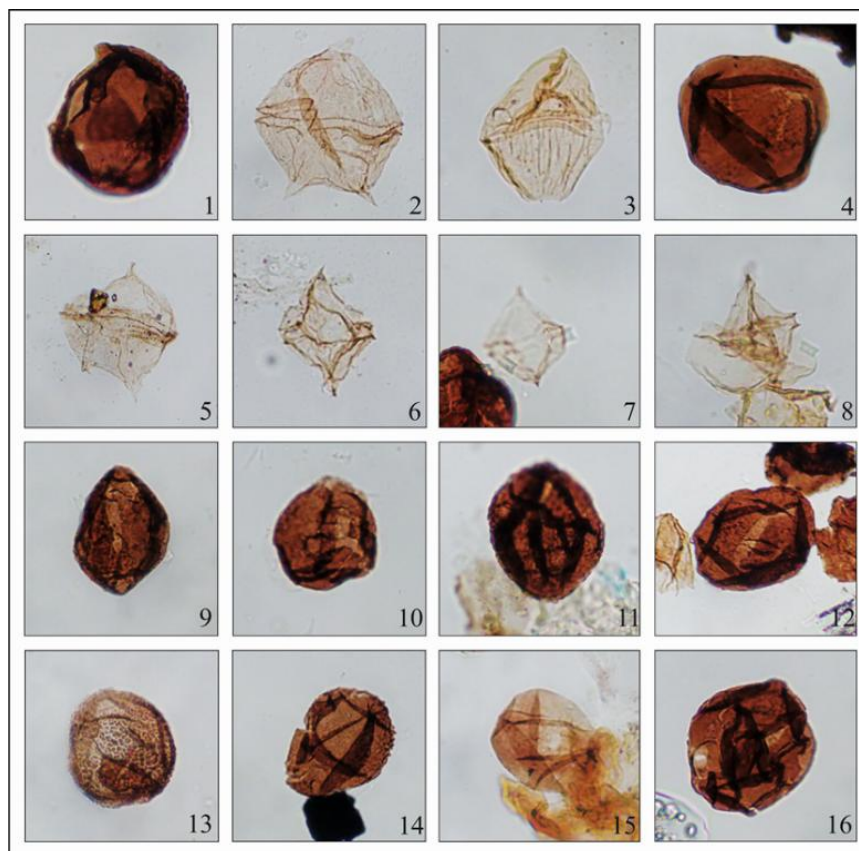
شکل ۶- بایوزوناسیون طبقه‌های کرتاسه بالایی سازند فرخی در برش عزیزآباد بر مبنای فرامینیفرهای پلانکتونیک



شکل ۷- تطابق زون‌های فرامینیفر و پالینومورفی تفکیک‌شده در طبقه‌های سازند فرخی در برش عزیزآباد واقع در شمال باختری خور

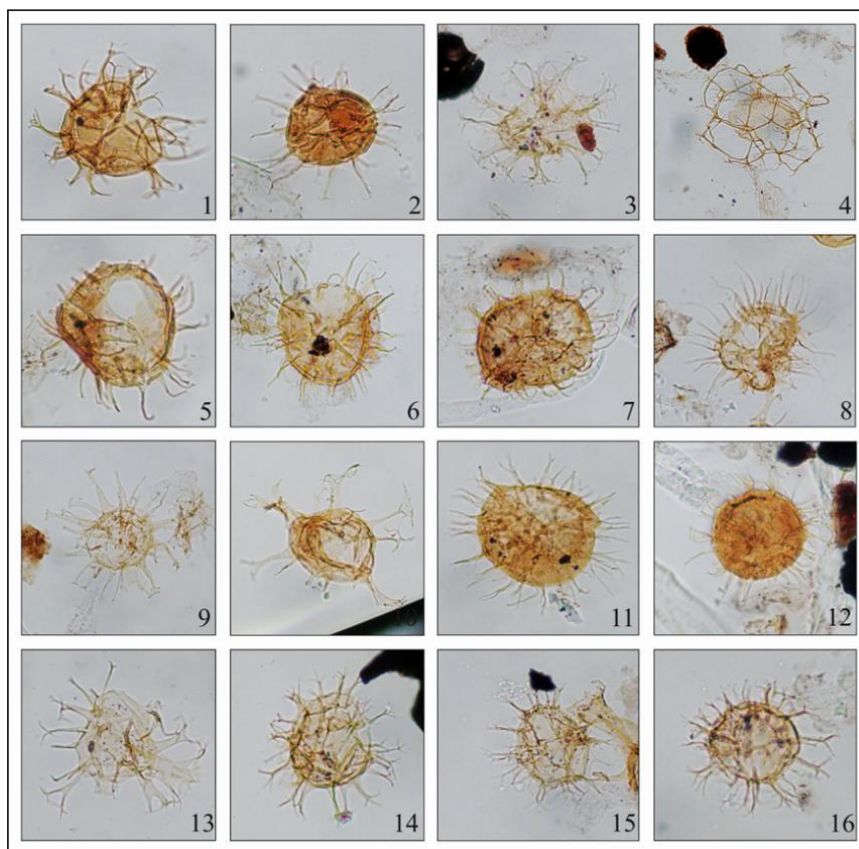


## Plate 1



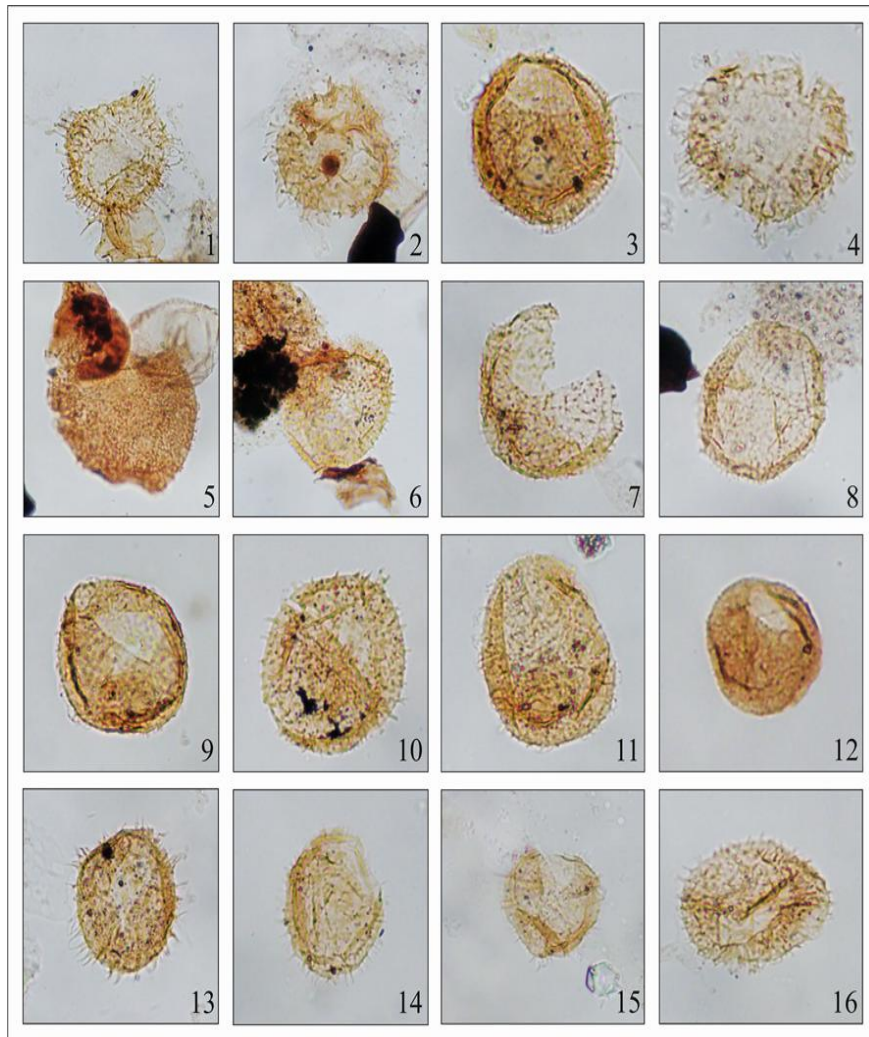
1: *Apteodinium fallax* (Morgenroth 1968) Stover et Evitt, 1978; 2: *Deflandrea convexa* (Wilson 1988); 3: *Dinogymnium acuminatum* (Evitt, Clarke & Verdier 1967); 4: *Pierceites* sp.; 5: *Senegalinium bicavatum* ; (Jain and Millepied 1973); 6: *Spinidinium clavum*; (Harland 1973); 7, 8: *Spinidinium delicatum* ;; 9-12: *Trithyrodinium* cf. *evittii*. (Drugg 1967); 13,14: *Trithyrodinium suspectum* ; (Manum and Cookson 1964) Devey 1969 b; 15,16: *Trithyrodinium* sp.

Plate 2



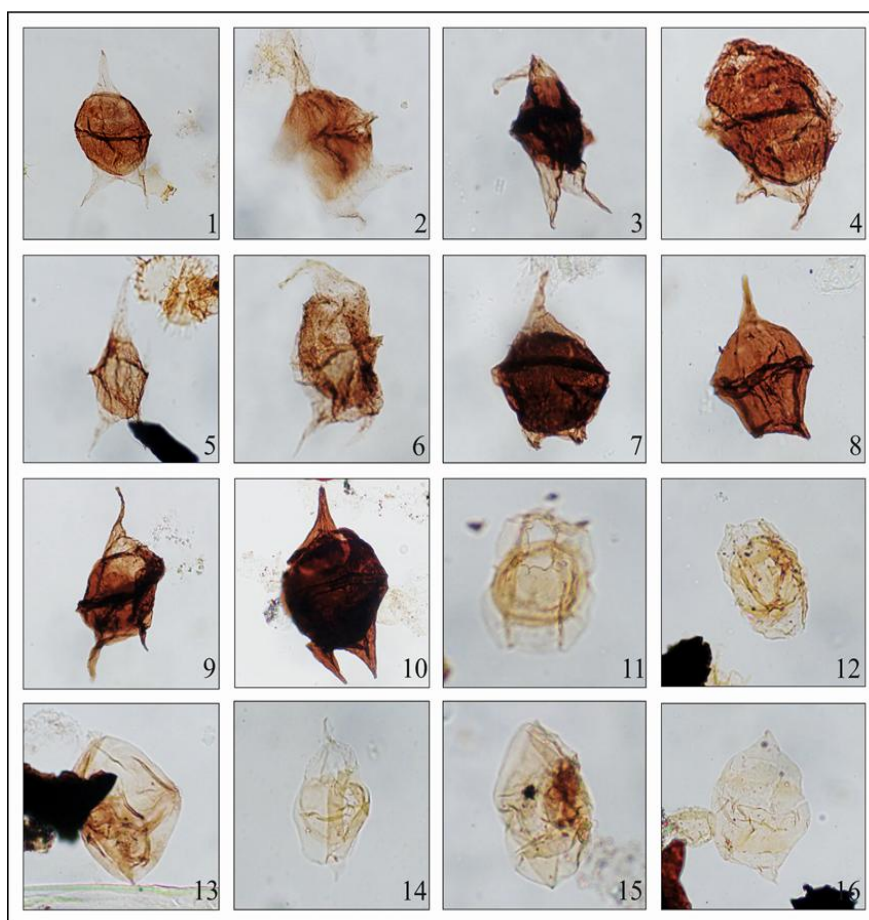
1: *Achomosphaera ramulifera ramosasimilis* (Yun Hye-su 1981); 2: *Achomosphaera ramulifera* (Deflandre 1937); 3: *Achomosphaera neptunii*; (Eisenack 1958a) Devey and Williams, 1966a; 4: *Cannosphaeropsis utinensis* (O. Wetzel 1933b ;Emendation: May 1980; Duxbury 1980; Sarjeant 1985; Marheinecke, 1992); 5, 6: *Cleistosphaeridium oligacanthum* (W.Wetzel 1952) Davey et al. 1969; 7: *Exochosphaeridium bifidum*; (Clarke & Verdier 1967);Clarke et al. 1968. Emendation: Devey 1969; 8: *Hystrichodinium pulchrum* (Deflandre & Cookson 1955) ; 9: *Hystrichosphaeridium recurvatum* (White 1842) ALejenue - Carpentier 1940; 10: *Oligosphaeridium complex*; Devey & Williams 1966; 11: *Operculodinium sp.*; Matsuoka, 1983; 12: *Pervosphaeridium monasteriense*; Yun Hye-su 1981; 13: *Florentinia sp.*; 14: *Spiniferites ramosus*; (Ehrenberg, 1838) Loeblich & Loeblich, 1966; 15: *Spiniferites ramosus granosus*; (Davey and Williams 1966a) Lentin and Williams 1973; 16: *Spiniferites ramosus gracilis*; (Davey and Williams 1966a) Lentin and Williams 1973.

## Plate 3



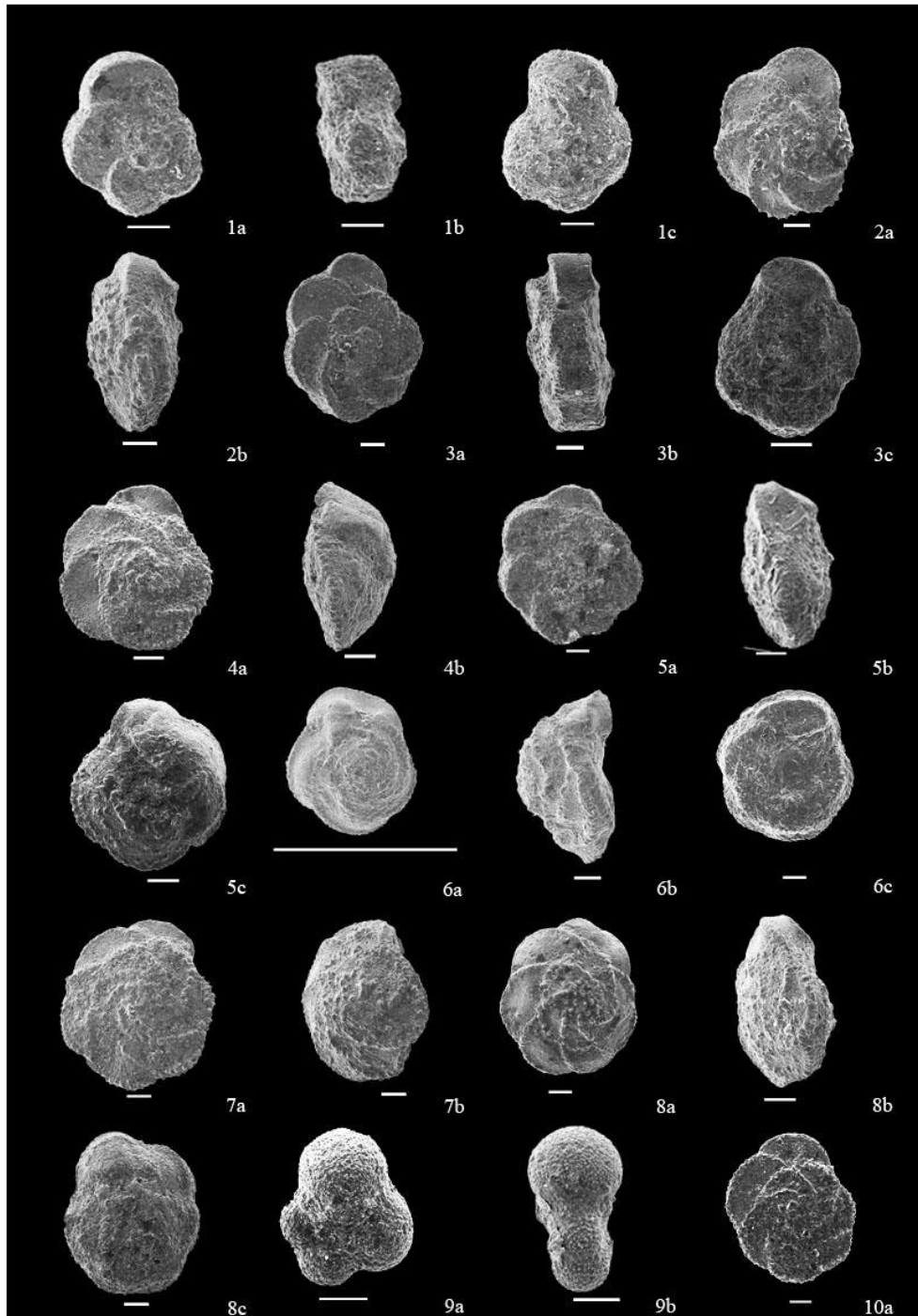
1: *Chlamydophorella nyei* (Cookson and Eisenack 1958); 2-4: *Circulodinium* sp.; 5-7: *Cyclonephelium* sp.; 8-12: *Nexosispinum hesperus* subsp. *brevispinosum* (Davey 1979); 13: *Sumatradinium soucouyantiae*. (de Verteuli and Norris 1992); 14-16: *Trichodinium* sp.

Plate 4



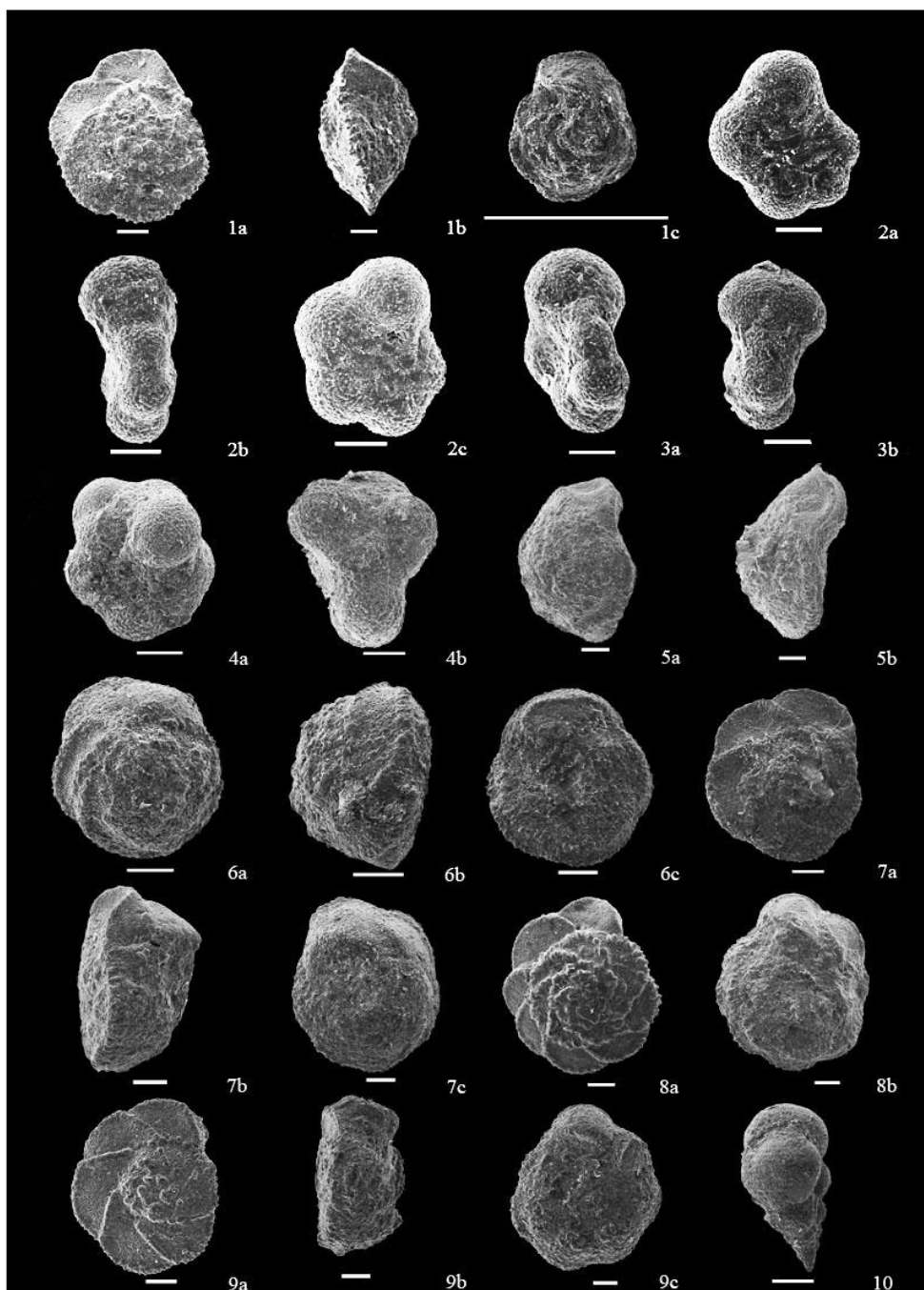
1, 2: *Cerodinium speciosum* (Alberti 1959) Lentin and Williams, 1987; 3, 4: *Cerodinium striatum*; (Drugg 1967) Lentin and Williams, 1987; 5, 6: *Cerodinium diebelii* (Alberti 1959b) Lentin and Williams 1987; 7-10: *Cerodinium* sp.; 11,12: *Hystrichosphaeropsis quasicribrata* (O. Wetzel 1961) Gocht 1976; 13,15: *Manumiella* sp.; 14: *Isabelidinium greenense* ; Marshall, 1990a; 16: *Isabelidinium* sp.

## Plate 5



1 (a,b,c): *Globotruncana hilli* (Pessagno 1967), 2 (a,b): *Globotruncana arca* (Cushman 1926); 3 (a,b,c): *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny 1839); 4 (a,b): *Globotruncana insignis* (Gandolfi 1955); 5 (a,b,c): *Globotruncana ventricosa* (White 1928); 6 (a,b,c): *Contusotruncana fornicata* (Plummer 1931); 7 (a,b): *Globotruncanita atlantica* (Caron 1972); 8 (a,b,c): *Globotruncana mariei* (d'Orbigny 1839); 9 (a,b): *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer 1926); 10a: *Globotruncanita stuartiformis* (Dalbiez 1955).

Plate 6



**1 (a,b,c):** *Globotruncanita stuarti* (de Laparent 1918); **2 (a,b,c):** *Macroglobigerinelloides bolli* (Pessagno 1967); **3 (a,b):** *Macroglobigerinelloides prairiehillensis* (Pessagno 1967); **4(a,b):** *Macroglobigerinelloides multispinus* (Jallicker 1948); **5(a,b):** *Contusotruncana contusa* (Cushman 1926); **6(a,b,c):** *Contusotruncana walfishensis* (Todd 1970); **7 (a,b,c):** *Globotruncanita angulata* (Tilley 1951); **8 (a,b):** *Globotruncana dupeblei* (Caron et al. 1984); **9 (a,b,c):** *Gansserina gansseri* (Bolli 1951); **10:** *Heterohelix striata* (Ehrenberg 1840).

## نتیجه

به‌طور کلی بر اساس تغییرات محیطی از نظر عمق، این بخش از سازند فرخی که حاوی پالینومورف است به محیط دریایی باز، کم‌عمق و کم‌اکسیژن مربوط است و نشان‌دهنده زون انتقالی به بخش‌های عمیق‌تر حوضه است. تغییرات فراوانی و تنوع گونه‌های مختلف روزن‌بران و تغییر نسبت پلانکتونیک‌ها به بنتیک‌ها بیان‌کننده محیط رسوبی دریای باز شامل نرتیک بیرونی تا مناطق شیب قاره برای واحد مارنی است هرچند این شرایط پایدار نبوده و گاهی به محیط بنتیک تبدیل شده است.

## References

- Aistov I. Melnikov B. Krivyakin. B. and Morozov L. 1984. Geology of khur area (Central Iran), Explanatory text of the khur Quadrangle map 1:250,000, Report Te/No.20-1984.
- Atlas of roads of Iran. 2010. Publishing Institute of Geography and Cartography of Gates.
- Allameh M. and Torabian B. 2016. Palynofacies and paleoenvironment of marl segment in Farokhi formation (Central Iran), Journal of Earth Sciences, Geological Survey of Iran, 26(101):57-108.
- Batten D.J. 1979. Miospores and other acid-resistant microfossils from the Aptian/Albian of holes 400A and 402A. DSDP-IPOD leg 48. Bay of Biscay. Initial reports of the Deep Sea Drilling Project 48: 579-587.
- Brinkhuis H. and Schioler P. 1996. Palynology of the Geulhemmerberg Cretaceous/ Tertiary boundary section (Limburg, SE Netherlands). In: Brinkhuis H. Smit J. editors. The Geulhemmerberg Cretaceous/ Tertiary boundary section (Maastrichtian Type Area, SE Netherlands). Geologie en Mijnbouw 75: 193-213.
- Brinkhuis H. and Zachariasse W. J. 1988. Dinoflagellate cysts, sea level changes and planktonic foraminifers across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Haria, northwest Tunisia. Marine Micropaleontology 13: 153-191.
- Brinkhuis H. Bujak J.P. Smit J. Versteegh G.J.M. and Visscher H. 1998. Dinoflagellate-based sea surface temperature reconstruction across the Cretaceous/ Tertiary boundary. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 141: 67-83.
- Clark R.F. and Verdier J.P. 1967. An investigation of microplankton assemblages from the Chalk of the Isle of Wight, England. Verhandelingen der koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde, Eerste Reeks 24: 1-96.

برش عزیزآباد در ۴۰۰ کیلومتری شمال‌شرق اصفهان و در حاشیه کویر بزرگ، شمال باختری شهر خور قرار گرفته است. سازند فرخی در این برش به‌طور پیوسته روی سنگ‌آهک‌های سازند هفتومان قرار گرفته و مرز بالایی آن با سازند چوپانان ناپیوسته و از نوع موازی است. سازند فرخی در این برش اغلب از مارن و سنگ‌آهک مارنی تشکیل شده است؛ به‌شکلی که در بخش پایینی برش اغلب از مارن‌هایی به رنگ سبز تا زرد نخودی حاوی اسفنج و در بخش بالایی بیشتر از سنگ‌آهک‌های مارنی با میان‌لایه‌های مارنی تشکیل شده و در نهایت به سنگ‌آهک‌های متوسط‌لایه تا توده‌ای سازند چوپانان ختم شده است.

بررسی اسلابدهای پالینولوژیکی نشان داد تنها دو نمونه در بخش پایینی سازند غنی از داینوفلاژله هستند و تعداد ۴۶ جنس و ۷۱ گونه داینوفلاژله در این طبقه‌ها شناسایی شد. بر اساس گونه‌های شاخص یافت‌شده، بایوزون *Odontochitina costata* Interval Zone برای طبقه‌های دربرگیرنده این مجموعه داینوسیستی معرفی شد.

بر اساس مطالعه‌های روزن‌بران پلانکتون ۱۳ جنس و ۴۰ گونه شناسایی شدند و دو بایوزون جهانی به شرح زیر تفکیک شد.

بایوزون ۱: *Globotruncana aegyptiaca* Interval Zone (Late to Latest Campanian)

بایوزون ۲: *Gansserina gansseri* Interval Zone (Latest Campanian to Early Maastrichtian)

باتوجه به مجموعه فسیلی شناسایی‌شده، سن سازند فرخی کامپانین میانی - ماستریشتین است.

بررسی و تعیین سه گروه اصلی عناصر پالینولوژیکی و بررسی عوامل حفاظت از مواد ارگانیکی، نسبت AOM شفاف به AOM تیره، نسبت AOM شفاف به پالینومورف دریایی و AOM تیره به پالینومورف دریایی و عامل لابیلیتی در دو نمونه مدنظر نشان می‌دهد در این بخش از برش چینه‌شناسی عزیزآباد که شامل ۳ متر است در زمان رسوب‌گذاری سازند فرخی شرایط کم‌اکسیژن بر محیط رسوبی حاکم بوده است.

- formation in Northwest of khur (Central Iran), Master's Thesis, Institute for Earth Sciences. Geological Survey of Iran.
- Saif H. 2013. Lithostratigraphic and biostratigraphic finding on the Farrokhi Formation in Southwest of khur (Central Iran), Master's Thesis, Institute for Earth Sciences. Geological Survey of Iran, Tehran
- Schrank E. 1988. Effects of chemical Processing on the preservation of peridinioid dinoflagellate: A case from the Late Cretaceous of NE Africa. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 56:123-140.
- Schrank E. 1984. Organic-geochemical and palynological studies of Dakhla Shale profile (Late Cretaceous) in southeast Egypt. Part A: Succession of microfloras and depositional environment— *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen A* 50: 189-207.
- Skupien P. and Mohamed O. 2008. Campanian to Maastrichtian palynofacies and dinoflagellate cysts of the Silesian Unit, Outer Western Carpathians, Czech Republic. *Bulletin of Geosciences* 83(2): 207-224.
- Traverse A. 2007. *Paleopalynology*. 2nd Edition Springer, 816 p.
- Tremolada F., Erba E., Van de schootbrugge B., and Mattioli E. 2006. Calcareous nannofossil changes during the late callovian- early oxfordian cooling phase. *Marine micropaleontology*, 59:197- 209.
- Tyson R.V. 1993. Palynofacies analysis. *Applied Micropaleontology*, pp. 153-191.
- Tyson R.V. 1987. The genesis and palynofacies characteristics of marine petroleum source rocks. Geological Society, London, Special Publications 26(1): 47-67.
- Van der Zwan C.J. 1990. Palynostratigraphy and palynofacies reconstruction of the Upper Jurassic to lowermost Cretaceous of the Draugen Field, offshore Mid Norway. *Review of Palaeobotany and Palynology* 62: 157-186.
- Wilmsen M. Fürsich F.T. Majidifard M.R. 2012. *Porosphaera globularis* (Porifera, Calcarea) from the Maastrichtian of the Frokhi formation of Central Iran, Elsevier, *Cretaceous Research* 33 (2012), 91-96.
- Wilmsen M. Fürsich F.T. Majidifard M.R. 2014. An overview of the Cretaceous stratigraphy and facies development of the Yazd Block, western Central Iran: *Journal of Asian Earth Sciences*, 102:73-91.
- Combaz A. 1964. Les palynofacies. *Revue de Micropaleontologie*, 7: 205-218.
- Del Papa C. Garcia V. and Quattrocchio M. 2002. Sedimentary facies and palynofacies assemblages in an Eocene perennial lake, Lumbra formation, Northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 15:553-569.
- Gedl P. 2004. Dinoflagellate cyst record of the deep-sea Cretaceous-Tertiary boundary at Uzgruň, Carpathian Mountains, Czech Republic, Geological Society, London, Special Publications 230(1): 257-273.
- Hoek R.P. and Eshet. Y. 1996. Dinoflagellate Cyst Zonation of Campanian-Maastrichtian Sequences in Israel. *Micropaleontology*. 12(2):125-150.
- Khosro Tehrani K. 1977. Stratigraphie du cretace Superieur et du Paleocene de la partie mediane de l'Iran (region comprise entre Esfahan-jandagh et yazd) C.R.Sc. Geol. FR. DA. 1977; 4:239-241.
- Kirsch K.H. 1991. Dinoflagellatenzysten aus der Oberkreide des Helvetikums and Nordultrahelvetikums von Oberbayern. *Munchner Geowissenschaftlicher Abhandlungen*, 22:306.
- Lister J.K. and Batten D.J. 1988. Stratigraphic and palaeoenvironmental distribution of Early Cretaceous dinoflagellate cysts in the Hurlands Farm borehole, West Sussex, England. *Palaeontographica Abteilung B* 210(1-3): 9-89.
- Lentin J. K. and Williams G. L. 1980. Dinoflagellate provincialism with emphasis on Campanian peridiniaceans. AASP Contributions Series 7, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 47.
- Mahmoud M.S. and Moawad A.R.M. 2000. Jurassic-Cretaceous (Bathonian to Cenomanian) palynology and stratigraphy of the West Tiba-1 borehole, northern Western Desert, Egypt, *Journal of African Earth Sciences* 30(2): 401-416.
- Mohafez and Moshtaghian. 1963. Geology and oil possibilities of khur-Jandaq-Biabanak area.
- Premoli Silva I. and Verga D. 2004. Partial Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera, Course 3, in verga D. and Rettori R. (Editors). *international School on Planktonic Foraminifera: Universities of Perugia and Milano*, 283p.
- Razmjoe A. 2011. Lithostratigraphic and biostratigraphic finding on the Farrokhi