



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

Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan
Vol. 34, Issue 1, No. 70, Spring 2018
pp. 21-26
Received: 18.09.2016 Accepted: 25.06.2018

Palynology of the Dalichai Formation in the Guydagh section, southeastern Maragheh, according to dinoflagellate

Freshteh Sajjadi *

Associate Professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Iran

Somayeh Dermanaki Farahani

M.Sc. in Stratigraphy & Palaeontology, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Iran

Firoozeh Hashemi-Yazdi

Ph. D. in Stratigraphy & Palaeontology, School of Geology, College of Science, University of Tehran

*Corresponding author email: sajjadi39@ut.ac.ir

Introduction

The Dalichai Formation is represented by greenish-grey color shales, calcareous shales, marls, and richly ammonitiferous limestones (Steiger, 1966), being widely distributed in the Alborz Mountain, northern Iran. It disconformably overlies the dark, siliciclastic coal bearing Shemshak Formation and underlies gradually by the light colored, more uniform Lar Limestone containing chert concretions. The Dalichai Formation is represented the first rock unit of the Jurassic marine sediments of the Alborz Mountain. This Formation includes a diverse fauna as ammonites, belemnites, bivalves, brachiopods, echinoderms, sponges, bryozoans and foraminifera (Stöcklin 1972; Sussli 1976; Nabavi & Seyed-Emami 1977; Alavi-Naini et al. 1982; Schairer et al. 1991; Seyed-Emami et al. 1985, 1989, 1995, 1996; Shafeizad et al. 2002; Shafeizad and Seyed-Emami 2005; Alvani 2006; Niknahad 2007; Shahrabi 1994; Vaziri et al. 2008, 2011; Shams 2007; Makvandi 2000; Tutunchi 2001). Due to presence of shale and marl layers, this formation has been the subject of many palynological studies. (such as Wheeler & Sarjeant 1990; Ghasemi-Nejad et al. 2012; Mafi et al. 2013; Dehbozorgi et al. 2013; Hashemi-Yazdi et al. 2015; Skupien et al. 2015; Dehbozorgi 2013; Saadati Jafarabadi et al. 2013; Hashemi Yazdi 2008, 2015; Orak 2010; Sajjadi et al. 2009; Sabbaghiyan 2009; Ghasemi-Nejad et al. 2008; Boroumand et al. 2011, 2013; Farisi Kermani 2003; Ghasemi-Nejad & Khaki 2002; Navidi 2013). The purpose of this study was to determine the palaeoenvironmental interpretation of the Dalichai Formation based on inferred palaeoecological preferences of dinocyst types, and quantitative analysis of the palynofacies in the Dalichai Formation at the Guydagh section, southeastern Maragheh.

Material and Methods

Totally 23 palynologically possible samples collected from the Dalichai Formation at Guydagh section, southeastern Maragheh. All samples were prepared following standard palynological processing procedures (Phipps & Playford, 1984), including HCl (10-50%) and HF (40%) utilized for dissolution of carbonates and silicates, respectively. Then the residues were saturated with ZnCl₂ solution (specific gravity 1.9 g/ml) for density separation. All the residues were sieved with a 20 µm mesh sieve previous to making strew slides. Three slides for each preparation were examined by transmitted light microscope.

For quantitative study of the prepared slides, 15 field views were randomly selected from each slide and studied with a 16 - microscope magnification lens. The particles were counted for each sample to determine palynodebries and palynofacies. An analysis of facies including identification of palynomorphs, plant remains and amorphous particles, ratios of different particles, their size range in determination the paleoenvironment is highly important. Three main parameters including percentage of palynomorphs, phytoclasts, and

organic matter (AOM) were transferred to Tyson triple diagram (Tyson 1993) for plotting and interpretations.

Discussion of Results and Conclusions

Diverse and moderately preserved palynofloras of marine and terrestrial derivation occur in surface samples of the Dalichai Formation Guydagh stratigraphic section in the southeast of Maragheh, western Alborz, northwestern Iran. In order to determine the age and reconstruct the paleoenvironment of the study section (including 198 meter of limestone, calcareous shale, marl and shale) was selected and examined palynologically.

The palynofloras comprise dinoflagellate cysts, miospores (spores and pollen grain), acritarchs, scolecodonts, fungal and algal spores. The palynological investigations led to recognition of 85 species of dinocysts belong to 43 genera. Based on recorded dinocyst assemblages, especially marker species, three palynozones including *Cribrorperidinium crispum* Total Range Zone (late Bajocian), *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Zone (Bathonian – early Callovian) and *Ctenidodinium continuum* Interval

Zone? (late Callovian) and one subzone (subzone "a" from early to middle Bathonian) were identified.

The high similarity of western Alborz dinoflagellate assemblages with assemblages recorded from different parts of Iran (such as central and eastern part of Alborz and Binalud) and other parts of world (northwest of Europe, China, Qatar, Canada, Denmark, Egypt and etc.) proved presence of seaway connections between the mentioned basins through the late Bajocian - late Callovian.

Also based on the palynofacies studies, four palynofacies of Tyson (1993) (II, IVa, VI, IX) were determined that proposed domination of a dysoxic shallow marine environment throughout the sedimentation of Dalichai Formation. Palynological evidence such as high frequency of proximate dinocysts to chorate forms; the high proportion of the equidimensional opaque palynomaceral to the blade-shape opaque palynomaceral; the high ratio of phytoclasts to marine palynomorphs, and the abundance of transparent amorphous organic matter in comparison to the opaque amorphous organic matter, all indicates that the Dalichai sediments, accumulated in a dysoxic shallow marine environment at the Guydagh section, southeastern Maragheh.

Keywords: Palynology, Dalichai Formation, Guydagh section, southeastern Maragheh, dinoflagellate

References

- Aghanabati S.A. 2010. Geology of Iran. Geological Survey and Mining Exploration of Iran, Tehran, Third edition, 586p. In Persian.
- Aghanabati S.A. 2014. Stratigraphic lexicon of Iran. Geological Survey and Mining Exploration of Iran, Tehran, 4 (Jurassic), 544p. In Persian.
- Alavi-Naini M. Hajian J. Ahmadi M. and Bolourchi H. 1982. Geology of Takab-Sain-Qaleh 1:250000. Geological Survey of Iran. Report No. 50: 1-99.
- Alvani P. 2006. Study of rock and bio facies of Dalichai Formation in the Gazanak area of Bayjan (Central Alborz). Master's Thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch. In Persian.
- Armstrong H.A. and Brasier M.D. 2005. Microfossil in: Hart M. (Ed.). Geological Magazine. 2nd (ed.) Blackwell Publishing, Malden, Oxford, Carlton.
- Atawy S.A.M. 2009. Palynological investigation of some rock units from Palaeozoic Mesozoic of the Sheiba-1 Well, Western Desert, Egypt. Journal of Applied Sciences Research. 5(1): 122-136.
- Barski M. 2012. Dinoflagellate cysts from neptunian dykes in the Middle Jurassic of Poland- A stratigraphical approach. Review of Palaeobotany and Palynology. 169: 38- 47.
- Beisel A.L. Zanin Y.N. Zamirailova A.G. Ilyina V.I. Lebedeva N.K. Levchuk L.K. Levchuk M.A. Meledina S.V. Nikitenko B.L. Shurygin B.N. and Yan P.A. 2002. Reference section for the Upper Jurassic and Callovian in Northern West Siberia. Russian Geol. Geophys. 43(9): 763-777.
- Bombardiere L. and Gorin G.E. 2000. Stratigraphical and lateral distribution of sedimentary organic matter in Upper Jurassic carbonates of SE France. Sedimentary Geology. 132: 177-203.
- Borges M.E.N. Riding J.B. Fernandes P. and Pereira Z. 2011. The Jurassic (Pliensbachian to Kimmeridgian) palynology of the Algarve Basin and the Carrapateira outlier, southern Portugal. Review of Palaeobotany and Palynology. 163: 190-204.
- Boroumand Z. Ghasemi-Nejad E. And Majidifard. F. 2011. Palynofacies and interpretation of sedimental environment of the Dalichai Formation at Talu section (NW Damghan) to base palynomorphs. Proceedings of the thirteenth Earth Science Forum, Geological Survey of Iran, Institute of Earth Sciences. In Persian.
- Boroumand Z. Ghasemi-Nejad E. And Majidifard. F. 2013. Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Talu (North-eastern of Damghan) based on the dinoflagellates. Journal of Earth Sciences. 87: 3-8. In Persian.
- Boulter M.C. and Riddick A. 1986. Classification and analysis of palynodebris from the Palaeocene sediments of the Forties Field. Sedimentology. 33: 871-886.
- Bujak J. P. and Williams G. L. 1977. Jurassic palynostratigraphy of offshore eastern Canada, In Swain F.M. (Ed.). Stratigraphic micropaleontology of Atlantic Basin and border lands. Developments in Palaeontology & stratigraphy. 6: 321-339. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.
- Burkhardt S. and Monteil E. 1997. Dinoflagellate cysts from the Bajocian stratotype (Calvados, Normandy, western France). Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine. 21: 31-105.
- Dehbozorgi A. 2013. Palynological and paleoecology Middle Jurassic sediments (Dalichai and Baghamshah formation) East of Semnan (Jam). Ph. D. Thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, University of Tehran, 320 p. In Persian.
- Dehbozorgi A. Sajjadi F. and F. Hashemi 2013. Middle Jurassic palynomorphs of the Dalichai Formation, central Alborz Ranges, northeastern Iran. Paleocological inferences, Science China Earth Sciences. 56 (12): 2107-2115.
- El-Beialy S.Y. Zalat A.F.A. and Ali A.S. 2002. Palynology and palaeoenvironment of the Bahrein Formation, Zeitun-1 Well, Western Desert, Egypt. Egyptian Journal of Paleontology. 2: 371-384.
- Farisi Kermani M. 2003. palynostratigraphy of middle and upper Jurassic sediments in the Frisian section (Binalud zone) northwest of Mashhad. Master's thesis, Geosciences Research Institute, Geological Survey of Iran. In Persian.
- Fauconnier D. 1995. Jurassic palynology from a borehole in the Champagne area, France-correlation of the lower Callovian-middle Oxfordian using sequence stratigraphy. Review of Palaeobotany and Palynology. 87: 15-26.
- Fensome R.A. 1979. Dinoflagellate cysts and acritarchs from the Middle and Upper Jurassic of Jameson Land, East Greenland. Bulletin Grønlands Geologiske Undersøgelse. 132: 98 p.
- Fisher M.J. Barnard P.C. and Cooper B.S. 1980. Organic maturation and hydrocarbon generation in the Mesozoic sediments of the Sverdrup Basin, Arctic Canada. 4th International Palynological Conference, Lucknow (1976-1977). Lucknow. Geologiczny. 51: 1031-1040.

- Ghasemi- Nejad E. and Khaki V. 2002. Palynostratigraphy of the Middle Upper Jurassic sediments of the Agh-Dagh area Soltaniyeh Mountains south – east Zanjan. *Journal of Science University of Tehran*1, 28: 111-130. In Persian.
- Ghasemi-Nejad E. 2001. Dinocyst Morphotype Groups Versus Sequence Stratigraphy of the Upper Jurassic Sediments of the Northern Switzerland Sedimentary Basin. *Iranian International Journal Science*. 2.
- Ghasemi-Nejad E. Sabbaghiyan H. and Mosaddegh H. 2012. Paleobiogeographic implications of late Bajocian-late Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts from the Central Alborz Mountain, northern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*. 43: 1-10.
- Ghasemi-Nejad E. Sajadi F. and Hashemi Yazdi F. 2008. Palaeoenvironmental reconstructions of the Dalichai Formation at the Balu section, northern Semnan, based on palynomorphs. *Iranian Journal of Geology*. 2 (8): 85-94. In Persian.
- Götz A.E.S. Feist-Burkhardt and Ruckwied K. 2008. Palynofacies and sea-level changes in the Upper Cretaceous of the Vocontian Basin, southeast France. *Cretaceous Research*. 29: 1047- 1057.
- Hashemi Yazdi F. 2008. Palynostratigraphy of Dalichai Formation in the Blue section, north of Semnan. Master's thesis, Faculty of Geology, University of Tehran, 129 p. In Persian.
- Hashemi Yazdi F. 2015. Palynology and palaeoecology of the Dalichai Formation in central-eastern Alborz Basin and the Hojedk Formation at the east-central Iran. Ph.D. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 388 p. In Persian.
- Hashemi Yazdi F. Sajjadi F. and Dehbozorgi A. 2015. A new lycophyte miospore species from the middle Jurassic of Iran. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 18(2): 251-260.
- Ibrahim M.I.A. Kholeif S.E. and Al-Saad H. 2003. Dinoflagellate cyst biostratigraphy and paleoenvironment of the Lower-Middle Jurassic succession of Qatar, Arabian (Persian) Gulf. *Revista Española de Micropaleontología*. 35(2): 171-194.
- Ied I.M. and Lashin G.M.A. 2016. Palynostratigraphy and paleobiogeography of the Jurassic- Lower Cretaceous succession in Kabrit-1 well, northeastern Egypt. *Cretaceous Research*. 58: 69-85.
- Khaki V. 2001. Palynostratigraphy of Upper Jurassic sediments of the Soltanieh mountain range in southeast of Zanjan. Master's thesis, Faculty of Geology, University of Tehran, 192 p. In Persian.
- Lund J.J. and Pedersen K.R. 1985. Palynology of marine Jurassic formation in the Vardekløft ravine, Jameson Land, East Greenland. *Bull Geology Society Denmark*. 33: 371- 399.
- Mafi A. Ghasemi-Nejad E. Ashouri A. and Vahidi-Nia M. 2013. Dinoflagellate cysts from the Upper Bajocian-Lower Oxfordian of the Dalichai Formation in Binalud Mountains (NE Iran): their biostratigraphical and biogeographical significance. *Arabian Journal of Geosciences*. 7(9): 3683-3692.
- Mahmoud M.S. and Moawad A.R.M.M. 2000. Jurassic-Cretaceous (Bathonian to Cenomanian) Palynology and stratigraphy of the west Tiba-1 borehole, Northern Western Desert Egypt. *Journal of African Earth Science*. 30: 401-416.
- Makvandi R. 2000. Stratigraphic and Fossil Study of Dalichai Formation and Lar Formations in Abgarm (Avaj Hamadan). Master's thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch. In Persian.
- Mantle D.J. and Riding J.B. 2012. Palynology of the Middle Jurassic (Bajocian-Bathonian) Wanaea verrucosa dinoflagellate cyst zone of the North West Shelf of Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 180: 41-78.
- Mao Sh. and Bian L. 2000. Middle Jurassic dinoflagellate cysts from Qiangtong, northern Tibet. *Geoscience, (Journal of the Graduate School, University of Geosciences, China)*. 14(2): 115-122.
- Martínez M.A. Ferrer N.C. and Asensio M.A. 2008. Primer registro de algas dulceacuicolas del Paleogeno de la Cuenca de Niriuhau, Argentina. *descripciones sistematicas y analisis palinofacial*. Ameghiniana. 45: 719-735.
- Nabavi M.H. and Seyed-Emami K. 1977. Sinemurian ammonites from the Shemshak Formation of North Iran (Semnan area, Alborz). *Neues Jahrbuch für und Geologie Palaeontologie, Abhandlungen*. 153(1): 70-85.
- Navidi N. 2013. Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Diktash section, north east of Semnan. M.Sc. thesis. Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 197p. In Persian.
- Niknahad M. 2007. Paleontology and stratigraphy of the Dalichai Formation in southeast Maragheh (West Alborz) with special attention to the Fauna ammonite. M.Sc. Thesis, Institute of Earth Sciences, Geological Survey of Iran. In Persian.
- Orak Z. 2010. Biostratigraphy and lithostratigraphy of the Dalichai Formations in Malekan of Maragheh. M.Sc. thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran. In Persian.
- Phipps D. and Playford G. 1984. Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. *Department of Geology, University of Queensland*. 11(1): 1-23.
- Poulsen N.E. 1992. Jurassic dinoflagellate cyst biostratigraphy other Danish Subbasin in relation to sequences in England and Poland; a preliminary review. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 75: 33 - 52.
- Poulsen N.E. and Riding J.B. 2003. The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. In: Ineson J.R. and Surlyk F. (eds.). *The Jurassic of Denmark and Greenland*. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin. 1: 115-144.
- Quattrocchio M.E. Volkheimer W. Borrromei A.M. and Martínez M.A. 2011. Changes of the palynobiotas in the Mesozoic and Cenozoic of Patagonia: a review. *Biological Journal of the Linnean Society*. 103: 380-396.
- Riding J. B. Mantle D. J. and Backhouse J. 2010. A review of the chronostratigraphical ages of Middle Triassic to Late Jurassic dinoflagellate cyst biozones of the North West Shelf of Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 162: 543-575.

- Riding J. B., Quattrocchio M. E. and Martínez M.A. 2011. Mid Jurassic (Late Callovian) dinoflagellate cysts from the Lotena Formation of the Neuquén Basin, Argentina and their palaeogeographical significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 163: 227-236.
- Riding J.B. 1987. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Nettleton Bottom Borehole (Jurassic: Hettangian to Kimmeridgian), Lincolnshire, England. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*. 46: 231-266.
- Riding J.B. and Hubbard N.L.B. 1999. Jurassic (Toarcian to Kimmeridgian) Dinoflagellate Cysts and Paleoclimates. *Palynology*. 23: 15-30.
- Riding J.B. and Thomas J.E. 1992. Dinoflagellate cysts of the Jurassic System. In: Powell A.J. (ed.), *A stratigraphic index of dinoflagellate cysts*. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall, London. p. 7-97.
- Riley L.A. and Fenton J.P.G. 1982. A dinocyst zonation for the Callovian to Middle Oxfordian succession (Jurassic) of northwest Europe. *Palynology*. 6: 193-202.
- Saadati Jafarabadi Sh., Allameh M., Poursoltani M.R. and Sajjadi F. 2013. Paleoecology and palynostratigraphy of the Dalichai Formation, according to miospores, in the Bar Village section, East of Binaloud Basin. *Paleontology*, 1 (1): 67-80. In Persian.
- Sabbaghiyan H. 2009. Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Kuhe Rahband, South of Mahdishahr, Central Alborz, Iran. M.Sc. thesis. Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 120p. In Persian.
- Sajjadi F., Hashemi H. and Hashemi Yazdi F. 2009. Miospores-based palynostratigraphy of the Dalichai Formation at the Balu section, north of Semnan. *Iranian Journal of Geology*, 3 (10): 59-68. In Persian.
- Sarjeant W.A.S. 1974. *Fossil and living dinoflagellates*. London: Academic Press. 182 p.
- Schairer G., Seyed-Emami K. and Zeiss A. 1991. Ammoniten aus der oberen Dalichai-Formation (Callovian) ostlich von Semnan (SE-Alborz, Iran). *Mitteilungen der Bayerische Staatssammlung für Paläontologie Historische und Geologie*. 31: 47-67.
- Seyed-Emami K., Schairer G. and Alavi-Naini M. 1989. Ammoniten aus der unteren Dalichy - Formation (Unterbathon) ostlich von Semnan (SE- Alborz, Iran). *Muncher Geowiss. Abhandlungen*. A(15): 79-91.
- Seyed-Emami K., Schairer G. and Alavi-Naini M. 1996. Ammoniten aus dem oberen Bajoc (Mittlerer Jura) des SE-Koppeh dagh und SEAlborz (NE-Iran). *Mitteilungen der Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie*. 36: 87-106.
- Seyed-Emami K., Schairer G. and Bolourchi M. H. 1985. Ammoniten aus der unteren Dalichy - Formation (oberes Bajocium bis unteres Bathonium) der Umgebung von Abe - Garm (Avaj, NW - Zentraliran). *Zitteliana*. 12: 57-85.
- Seyed-Emami K., Schairer G. and Zeiss A. 1995. Ammoniten aus der Dalichai - Formation (Mittlerer bis Oberer Jura) und der Lar - Formation (Oberer Jura) N Emamzadeh - Hashem (Zentralalborz, Nordirn). *Mitteilungen der Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie*. 35: 39-52.
- Shafeizad M. and Seyed-Emami K. 2005. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Dalichai Formation west of Shahroud (Eastern Alborz). *Journal of Earth Sciences*, 57: 98- 113. In Persian.
- Shafeizad M., Seyed-Emami K., Vaziri H. and Kohansal Ghadimvand N. 2002. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Dalichai Formation in the west of Shahroud. *Proceedings of the Sixth Conference of Geological Society of Iran*, Kerman University: 629-633. In Persian.
- Shahrabi M. 1994. Description of the Urumieh geological map (scale 1/250000): Geological Survey of Iran, B3, 90 p. In Persian.
- Shams M. 2007. Stratigraphic and Fossil Study of Dalichai Formation in Parvar District, North Semnan (Central Alborz, with Special Note to Von Ammonites). Master's Thesis, Faculty of Science, University of Tehran. In Persian.
- Skupien P., Pavlus J., Falahatgar M. and Javidan M. 2015. Middle Jurassic organic-walled dinoflagellate cysts and palynofacies from Telma- Dareh, south of Sari, northern Iran. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 223: 128-137.
- Smelror M. 1987. Bathonian and Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts and acritarchs from Franz Josef Land, Arctic Soviet. *Polar Research*. 5: 221-238.
- Smelror M. 1993. Biogeography of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates: arctic, NW Europe and circum Mediterranean regions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 102: 121-160.
- Smelror M. and Dietl G. 1994. Dinoflagellates cysts of the Bathonian/Callovian boundary beds in Southern Germany. *Geobios*. 17: 453-459.
- Smelror M. and Leereveld H. 1989. Dinoflagellate and acritarch assemblages from the late Bathonian to Early Oxfordian of Montagne Crussol, Rhone Valley, southern France. *Palynology*. 13: 121-141.
- Smelror M., Arhus N., Melendez G.L.M. and Lardies M. D. 1991. A reconnaissance study of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates and acritarchs from the Zaragoza region (NE Spain) and Figueira da Foz (Portugal). *Revista Española de Micropaleontología*. 23(2): 47-82.
- Steffen D. and Gorin G.E. 1993. Palynofacies of the upper Tithonian - Berriasian deep- sea carbonates in the Vocontian Trough (SE France). *Centres Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*. 17: 235-247.
- Stöcklin J. 1972. *Lexique Stratigraphique International*. Vol. III, Fascicule 9b: 1-238.
- Sussli P.E. 1976. The geology of the lower Haraz Valley Area. Central Alborz, Iran. Geological Survey of Iran. Report 38: 1-118.
- Thusu B. and Vigran J.O. 1985. Middle- Late Jurassic (L. Bathonian- Thitonian) palynomorphs. *Journal Micropaleontology*. 4: 113-130.
- Traverse A. 2007. *Paleopalynology*. 2nd ed. Springer, Dordrecht, Netherlands, 813 p.
- Tutunchi B. 2001. Stratigraphic and Fossil Study of Dalichai Formation in the Southern Region of Plover (Southeast of Pol-e Dokhtar) Master's Thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch. In Persian.

- Tyson R.V. 1993. Palynofacies analysis. In: Jenkins D.G. (ed). Applied Micropaleontology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 153-172.
- Tyson R.V. 1995. Sedimentary organic matter; organic facies and palynofacies. Chapman and Hall, London, 615 pp.
- 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.
- Vaziri H. Majidifard M.R. Jahani D. and Tahmasebi M. 2011. Lithostratigraphy, biostratigraphy and palaeoenvironment of the Dalichai Formation in the Ayeneh Varzan, Central Alborz. Journal of the Earth, 19. In Persian.
- Vaziri S.H. Majidifard M.R. Jahani D. and Jamshidi A. 2008. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Dalichai Formation in the North-West Emamzadeh-Hashem (Fil-e Zamin section), Central Alborz. Journal of the Earth, 3 (4): 83-96. In Persian.
- Waveren I. and Visscher H. 1994. Analysis of the composition and selective preservation of organic matter in surficial deep-sea sediment from a high-productivity area (Banda Sea, Indonesia). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology, 112: 85-111.
- Wheeler J.W. and Sarjeant W.A.S. 1990. Jurassic and Cretaceous palynomorphs from the central Alborz Mountains, Iran. Their significance in biostratigraphy and palaeogeography, Modern Geology. 14(4): 375p.
- Woollam R. and Riding J.B. 1983. Dinoflagellate cyst zonation of the English Jurassic. Institute of Geological Sciences, Report No. 83/2, 42p.
- Zobaa M.K. El- Beialy S.Y. El-Sheikh H.A. and El-Beshtawy M.K. 2013. Jurassic - Cretaceous palynomorphs, palynofacies, and petroleum potential of the Sharib - 1X and Ghoroud - 1X wells, north Western Desert, Egypt. Journal of African Earth Sciences, 78: 51 – 65.

پالینولوژی سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ، جنوب شرقی مراغه بر مبنای داینوفلاژله‌ها

فرشته سجادی، دانشیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، ایران*

سمیه درمنکی فراهانی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، ایران

فیروزه هاشمی یزدی، دکتری چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ در حوضه رسوبی البرز غربی حاوی گروه‌های مختلف پالینومورفی مانند داینوفلاژله‌ها، میوسپورها، آستر داخلی فرامینیفرها، اکریتارک‌ها، اسکلوکودونت‌ها و مواد ارگانیکی بی‌شکل با حفظ‌شدگی متوسط است. در مجموع ۸۵ گونه داینوسیست متعلق به ۴۳ جنس در برش چینه‌شناسی یادشده شناسایی شد. باتوجه به گسترش چینه‌شناسی داینوسیست‌های شاخص، سه بایوزون *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval، *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone به سن باژوسین پسین، *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone به سن کالوین پیشین - میانی و یک زیرزون به نام زیرزون a به سن باتونین پیشین - میانی معرفی شد و باتوجه به بایوزون‌های یادشده، سن باژوسین پسین - کالوین برای سازند دلیچای پیشنهاد شد. تشابه زیاد گونه‌های داینوسیستی شناسایی‌شده از سازند دلیچای در حوضه رسوبی البرز غربی با داینوسیست‌های معرفی‌شده از نهشته‌های معادل آن در سایر نواحی ایران مانند حوضه رسوبی البرز شرقی، مرکزی و بینالود و سایر نقاط جهان مانند شمال‌غربی اروپا، چین، قطر، کانادا، دانمارک، مصر و ... وجود ارتباط دریایی بین نقاط یادشده در بازه زمانی باژوسین پسین - کالوین را نشان می‌دهد. مطالعه محیط دیرینه با استفاده از داده‌های پالینولوژی به شناسایی چهار نوع پالینوفاسیس (IX و VI، IVa، II) منجر شد. وجود این رخساره‌های پالینولوژی نشان می‌دهد سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی مطالعه‌شده در محیط دریایی کم‌عمق، کم‌اکسیژن با میزان رسوب‌گذاری کم تشکیل شده و در یک دوره زمانی شاهد پیشروی‌های کوتاه‌مدت دریا و افزایش نسبی عمق حوضه رسوب‌گذاری بوده است.

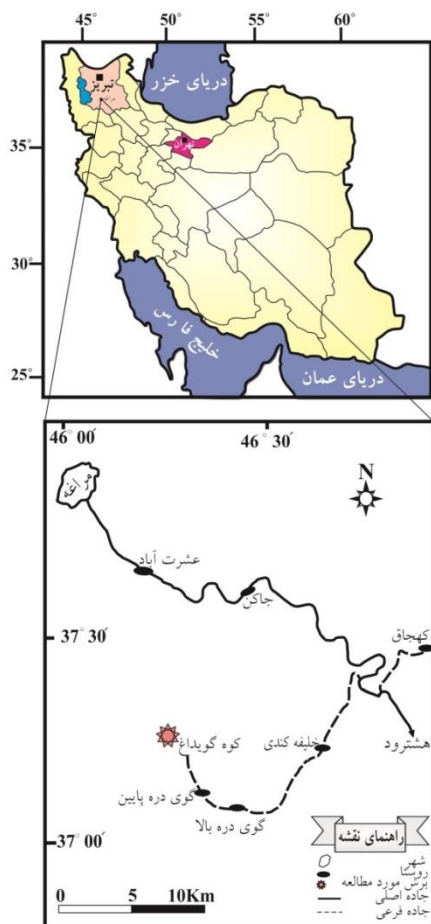
واژه‌های کلیدی: پالینولوژی، سازند دلیچای، برش چینه‌شناسی گویداغ، جنوب شرقی مراغه، داینوفلاژله

مقدمه

سازند دلیچای معرف نخستین واحد سنگی از رسوبات دریایی ژوراسیک البرز است که مجموعه جانوری متنوعی شامل آمونیت، بلمنیت، دوکفه‌ای، براکیوپود، خارپوست، اسفنج، بریوزوئر و فرامینیفر دارد (Stöcklin 1972; Sussli 1976; Nabavi & Seyed-Emami 1977; Alavi-Naini et al. 1982; Schairer et al. 1991; Shahrabi 1994; Seyed-Emami et al. 1985, 1989, 1995, 1996; Makvandi 2000; Tutunchi 2001; Shafeizad et al. 2002; Shafeizad & Seyed-Emami 2005; Alvani 2006; Shams 2007; Niknahad 2007; Vaziri et al. 2008, 2011) و با بررسی لایه‌های شیلی سازند یادشده مطالعه‌های متعددی درباره محتوای پالینولوژی آن انجام شده است (Wheeler & Sarjeant 1990; Khaki 2001; Ghasemi-Nejad & Khaki 2002; Farisi Kermani 2003; Ghasemi-Nejad et al. 2008; Sajjadi et al. 2009; Hashemi Yazdi 2008, 2015; Sabbaghiyan 2009; Orak 2010; Ghasemi-Nejad et al. 2012; Mafi et al. 2013; Dehbozorgi et al. 2013; Boroumand et al. 2011, 2013; Dehbozorgi 2013; Navidi 2013; Saadati Jafarabadi et al. 2013; Skupien et al. 2015; Hashemi-Yazdi et al. 2015). سازند دلیچای با ریخت‌شناسی نسبتاً پست و رنگ سبز از نهشته‌های دریاچه‌ای-مردابی تیره‌رنگ زیرین (گروه شمشک) و ردیف‌های کربناته ضخیم‌لایه بالایی (سازند لار) متمایز می‌شود (Aghanabati 2010, 2014). هدف مطالعه حاضر تعیین سن نسبی سازند دلیچای بر اساس داینوسپست‌ها و بازسازی محیط دیرینه آن بر اساس داده‌های پالینولوژی است.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی برش چینه‌شناسی مطالعه‌شده

برش چینه‌شناسی گویداغ در غرب هشتروند و در ۱۴ کیلومتری جنوب شرقی مراغه، در عرض جغرافیایی $37^{\circ} 16' N$ و طول جغرافیایی $46^{\circ} 16' 59/6'' E$ قرار دارد (شکل ۱). برای دسترسی به این برش چینه‌شناسی در ۸ کیلومتری جاده مراغه به هشتروند به جاده فرعی روستای خلیفه کندی می‌رسیم و پس از گذر از روستای یادشده و طی ۹ کیلومتر در جاده خاکی به روستای گوی دره پایین می‌رسیم؛ برش چینه‌شناسی مطالعه‌شده در ۲ کیلومتری شمال این روستا در کوه گویداغ واقع شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ، جنوب شرقی مراغه

روش کار

برش چینه‌شناسی گویداغ با ۱۹۸ متر ضخامت به منظور تعیین سن و بازسازی محیط دیرینه سازند دلیچای در البرز غربی انتخاب شد. برش یادشده با یک لایه آهکی بسیار نازک‌لایه آغاز می‌شود که با لایه‌های شیل آهکی و شیل نازک‌لایه و تناوبی از لایه‌های آهک متوسط‌لایه با میان‌لایه‌های شیل آهکی و آهک شیلی دنبال می‌شود. از ۶۰ متر به بالا یک لایه مارن و به دنبال آن تناوبی از لایه‌های آهک متوسط‌لایه با میان‌لایه‌های شیل آهکی و آهک شیلی تا ۱۱۷ متری برش چینه‌شناسی مشاهده می‌شوند و پس از آن، لایه‌های آهکی تا انتهای برش چینه‌شناسی دیده می‌شوند.

مرز زیرین سازند دلیچای با سازند شمشک به علت نبود شواهد ناپیوستگی از جمله خاک دیرینه، ترک‌های گلی، افق کنگلومرایی کوارتزی سفیدرنگ و قلوه‌های لیمونیتی به شکل تدریجی در نظر گرفته شد و ظهور شیل‌های سبز-خاکستری و لایه‌های آهکی مبنای شروع سازند دلیچای قرار گرفت. مرز بالایی آن با سازند لار نیز به شکل تدریجی و با حذف لایه‌های شیلی و مارنی و شروع آهک چرت‌دار تعیین شد. برای انجام مطالعه‌های پالینولوژی، ۲۳ نمونه از افق‌های مناسب این سازند (شامل شیل، شیل آهکی و مارن) و ۲ نمونه از بخش انتهایی سازند شمشک برداشت شد؛ سپس آماده‌سازی (Maceration) نمونه‌ها در آزمایشگاه به روش فیپس و پلی‌فورد (Phipps & Playford 1984) انجام و در مجموع ۷۵ اسلاید پالینولوژی تهیه شد. اسلایدهای تهیه‌شده با لنزهای ۴۰ و ۱۰۰ میکروسکوپ نوری مطالعه شدند و عکس‌برداری از نمونه‌ها با لنز ۱۰۰ میکروسکوپ و استفاده از روغن ایمرسیون (Immersion Oil) به کمک دوربین دیجیتالی انجام شد. پس از شناسایی پالینومورف‌ها، گسترش چین‌شناسی داینوسیست‌های موجود در اسلایدهای پالینولوژی مشخص شد و پالینوزون‌های تعیین‌شده در برش چین‌شناسی گویداغ با پالینوزون‌های معرفی‌شده در ایران و سایر نقاط دنیا مقایسه شدند. به منظور انجام مطالعه‌های آماری و ترسیم نمودارهای مقایسه‌ای برای بازسازی محیط دیرینه سازند دلیچای، ۱۵ میدان دید از هر اسلاید به طور اتفاقی انتخاب و با لنز ۱۰ مطالعه شد. عناصر پالینولوژی از جمله سیستم داینوفلاژله‌ها (Dinoflagellate cysts)، اسپورها (Spores)، پولن‌ها (Pollen grains)، خرده‌های چوب دیرینه، کوتیکول، مواد ارگانیکی بی‌شکل (Amorphous Organic Matter (AOM)، پوسته داخلی فرامینیفرها (Foraminiferal test lining) و اکریتارک‌ها (Acritarchs) به طور جداگانه شمارش و از یکدیگر تفکیک شدند و سپس نمودار درصد فراوانی هریک از آنها در طول ستون چین‌شناسی رسم شد. برای بررسی شرایط محیط دیرینه حوضه رسوبی مطالعه‌شده، درصد فراوانی نسبی سه گروه

اصلی عناصر پالینولوژیکی (مواد ارگانیکی بی‌شکل، پالینومورف‌های دریایی (Marine Palynomorphs (MP)) و فیتوکلاست‌ها (Phytoclast (PH)) محاسبه و نتایج به منظور تعیین پالینوفاسیس به دیگرام تایسون (Tyson 1993) منتقل شد. با توجه به اینکه گاهی در تعیین محیط دیرینه برای یک پالینوفاسیس بیش از یک محیط رسوبی در نظر گرفته می‌شود، برای تعیین دقیق‌تر محیط دیرینه از نسبت مواد ارگانیکی بی‌شکل به پالینومورف‌های دریایی (AOM/MP)، نسبت پالینوماسرال‌های تیره هم‌بعد (Equidimensional Opaque palynomaceral (P1)) به پالینوماسرال‌های تیره تیغه‌ای شکل (Blade-shape Opaque palynomaceral (P2)) (P1/P2)، نسبت مواد ارگانیکی شفاف (Transparent Amorphous Organic Matter (TAOM)) به تیره (Opaque Amorphous Organic Matter (OAOM)) (TAOM/OAOM)، نسبت فیتوکلاست‌ها به پالینومورف‌های دریایی (PH/MP) نیز استفاده شد. بررسی و مقایسه عوامل یادشده، میزان انرژی، اکسیژن و میزان رسوب‌گذاری محیط دیرینه را نشان می‌دهد.

پالینواستراتیگرافی

سازند دلیچای در برش چین‌شناسی گویداغ حاوی مجموعه‌ای از پالینومورف‌ها شامل سیستم داینوفلاژله‌ها (Dinoflagellate cysts)، میوسپورها (Miospores)، آستر داخلی فرامینیفرها (Foraminiferal test linings)، اکریتارک‌ها (Acritarchs)، اسکلوکودونت‌ها (Scolecodonts) و اسپورهای قارچ است. با مطالعه اسلایدهای پالینولوژی، ۸۵ گونه داینوفلاژله (متعلق به ۴۳ جنس) به سازند دلیچای و ۲۱ گونه (متعلق به ۱۷ جنس) به دو نمونه انتهایی سازند شمشک مربوط هستند (شکل ۲ و ۱، PLATES). بر اساس پراکندگی چین‌شناسی داینوفلاژله‌های موجود در برش چین‌شناسی یادشده و مطابق با پالینوزون‌های رسمی، سه پالینوزون و یک زیرزون معرفی شد که عبارتند از:

در نمونه شماره ۴ (۲۱ متری از قاعده برش چینه‌شناسی) و آخرین حضور گونه *Ctenidodinium combazii* در نمونه ۲۲ (۱۱۱/۶۵ متری از قاعده برش چینه‌شناسی) قرار گرفته است. مرز بین باتونین و کالوین پیشین باتوجه به آخرین حضور گونه *Ctenidodinium combazii* و نخستین حضور گونه‌های شاخص کالوین مانند *Compositosphaeridium polonicum* در نمونه شماره ۲۲ (۱۱۱/۶۵ متری از قاعده برش چینه‌شناسی) قرار داده شد.

بایوزون یادشده با پالینوزون *Ctenidodinium sellwoodii* Zone مربوط به شمال‌غربی اروپا (Riding & Thomas 1992; Poulsen & Riding 2003) و *Ctenidodinium combazii*- Zone *Ctenidodinium sellwoodii* انگلستان (Woollam & Riding 1983) منطبق است.

داینوسیست *Dichadogonyaulax sellwoodii* گونه شاخص باتونین- کالوین پیشین در انگلستان و مصر است (Riding 1987) و حداکثر محدوده زمانی *Ctenidodinium combazii* نیز در کالوین پیشین قرار دارد (Riley & Fenton 1982; Riding & Thomas 1992; Smelror & Dietl 1994; Riding & Hubbard 1999). این گونه همچنین از کالوین پیشین پرتغال (Smelror et al. 1991) نیز گزارش شده است.

گونه‌های مختلف *Ctenidodinium* در بایوزون یادشده دارای فراوانی بسیاری هستند و بجز گونه‌های *C. perforans*, *Cribroperidinium crispum*, *Nannoceratopsis*, *Circulodinium densebarbatum*, *Sirmiodiniopsis orbis*, *N. raunsgardii*, *spiculata*, *Cometodinium*, *Meiourugonyaulax valensii*, *Aldorfia*, *Glossodinium dimorphum*, *jurassicum*, *Pareodinia*, *Apteodinium warringtonii*, *aldorfensis* و *Trichodinium* sp., *Scrinodinium* sp., *halosa* و *Prolixosphaeridium granulosum* سایر گونه‌های بایوزون اول در این بایوزون نیز حضور دارند. همچنین نخستین حضور گونه‌های زیر در این بایوزون قرار دارد:

(۱) *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone

این بایوزون بر اساس نخستین (FAD) و آخرین حضور (LAD) گونه *Acanthaulax crispa* (*Cribroperidinium crispum*) تعریف شده است. بایوزون یادشده از قاعده برش چینه‌شناسی تا نمونه شماره ۴ (۲۱ متری از قاعده برش چینه‌شناسی) را دربرمی‌گیرد. این بایوزون معرف بازوسین پیشین تا پسین (Riding & Thomas 1992) و بازوسین پسین (Woollam & Riding 1983) در انگلستان است؛ علاوه‌براین، وجود گونه کلیدی بازوسین پسین *Meiourugonyaulax valensii* نیز تأییدکننده سن یادشده است (Riding & Thomas 1992).

گونه‌های *N. spiculata*, *Nannoceratopsis pellucida* و *N. gracilis* در این بایوزون به‌وفور حضور دارند و سایر گونه‌های این بایوزون عبارتند از:

Aldorfia aldorfensis, *Apteodinium* sp., *A. warringtonii*, *Barbatacysta pilosa*, *B. sp.*, *Carpododinium predae*, *Chytroesphaeridia chytroides*, *Circulodinium densebarbatum*, *Cleistosphaeridium* sp., *Cometodinium jurassicum*, *Conosphaeridium* sp., *Cribroperidinium perforans*, *C. sp.*, *Ctenidodinium continuum*, *C. cornigera*, *C. ornatum*, *C. tenellum*, *Dichadogonyaulax sellwoodii*, *Ellipsiodictyum cinctum*, *Endoscrinium luridum*, *E. sp.*, *Epiplosphaera* sp., *Escharisphaeridia pocockii*, *Glossodinium dimorphum*, *Gonyaulacysta centricornata*, *G. eisenackii*, *G. jurassica*, *G. pectinigera*, *Kalypteia stegasta*, *Lanterna sportula*, *Leptodinium subtile*, *Meiourugonyaulax caytonensis*, *M. planoseptata*, *Mendicodinium groenlandicum*, *Nannoceratopsis raunsgardii*, *N. senex*, *Pareodinia* sp. cf. *P. granulo-perforata*, *P. ceratophora*, *P. halosa*, *P. prolongata*, *P. sp.*, *Pilosidinium* sp., *Prolixosphaeridium granulosum*, *Rhynchodiniopsis angulosa*, *Scrinodinium* sp., *Sentusidinium villersense*, *S. sp.*, *Sirmiodiniopsis orbis*, *S. sp.*, *Trichodinium* sp., *Tubotuberella apatella*, *T. dangeardii*, *T. sp.*, *Valensiella ovulum*, *V. vermiculata*.

(۲) *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone

این بایوزون با آخرین حضور گونه کلیدی *Cribroperidinium crispum* و آخرین حضور گونه *Ctenidodinium combazii* به سن باتونین تا کالوین پیشین مشخص می‌شود. این بایوزون با ضخامت ۹۰/۶۵ متر در فاصله بین آخرین حضور گونه *Cribroperidinium crispum*

continuum Zone (Poulsen & Riding 2003) مربوط به شمال غربی اروپا منطبق است. همچنین این بایوزون با *Ctenidodinium ornatum*- *Ctenidodinium continuum* Zone معرفی شده در انگلستان (Woollam & Riding 1983) متعلق به کالوین پیشین- میانی مطابقت دارد.

این بایوزون از نمونه شماره ۲۲ (۱۱۱/۶۵ متری از قاعده برش چین‌شناسی) تا نمونه شماره ۲۳ (۱۱۷ متری از قاعده برش چین‌شناسی) به ضخامت ۵/۳۵ متر به سن کالوین پیشین تا میانی را شامل می‌شود.

نخستین حضور گونه‌های *Adnatosphaeridium caulleryi*, *Oligosphaeridium*, *Compositosphaeridium polonicum*, *Surculosphaeridium* sp., *Rhynchodiniopsis* sp., *Surculosphaeridium*, *Systematophora penicillata* و *Stephanolatron* sp. در این بایوزون دیده می‌شود و دیگر گونه‌های همراه بایوزون یادشده عبارتند از:

Apteodinium sp., *Barbatocysta pilosa*, *B.* sp., *Chalmydophorella wallala*, *Chytroesphaeridia chytroides*, *Cleistosphaeridium lumectum*, *C.* sp., *Compositosphaeridium* sp., *Conosphaeridium striatoconum*, *C.* sp., *Ctenidodinium continuum*, *C. cornigera*, *C. tenellum*, *Dichadogonyaulax sellwoodii*, *Downiesphaeridium polytrichum*, *Ellipsiodictyum cinctum*, *Epiplosphaera areolate*, *E. gochtii*, *E. reticulospinosa*, *E.* sp., *Escharisphaeridia pocockii*, *Gonyaulacysta centriconnata*, *G. dualis*, *G. jurassica*, *G. pectinigera*, *Kalyptea stegasta*, *Lanterna sportula*, *Leptodinium subtile*, *Meiourogonyaulax caytonensis*, *Mendicodinium mataschenensis*, *Nannoceratopsis gracilis*, *N. pellucida*, *N. senex*, *Pareodinia* sp. cf. *P. granuloperforata*, *P. ceratophora*, *P.* sp., *Sentusidinium* sp., *Systematophora* sp., *Tubotuberella apatella*, *T. rhombiformis*, *Valensiella ovulum*, *V. vermiculata*.

گفتنی است به علت آهکی بودن لایه‌ها در ۸۱ متر انتهایی برش چین‌شناسی گویداغ (۱۱۷ متری تا ۱۹۸ متری از قاعده برش چین‌شناسی) پالینومورفی مشاهده نشد.

در مجموع، سن سازند دلیچای در برش چین‌شناسی گویداغ بر اساس داینوسیست‌های شاخص بازوسین پسین- کالوین تعیین شد.

Mancodinium semitabulatum, *Cleistosphaeridium lumectum*, *Epiplosphaera areolate*, *E. gochtii*, *E. reticulospinosa*, *Downiesphaeridium polytrichum*, *Ctenidodinium combazii*, *Prolixosphaeridium anasillum*, *Tubotuberella rhombiformis*, *Gonyaulacysta dentate*, *G. dualis*, *Chalmydophorella wallala*, *Systematophora* sp., *Pareodinia antennata*, *Conosphaeridium striatoconum*, *Compositosphaeridium* sp., *Mendicodinium mataschenensis*.

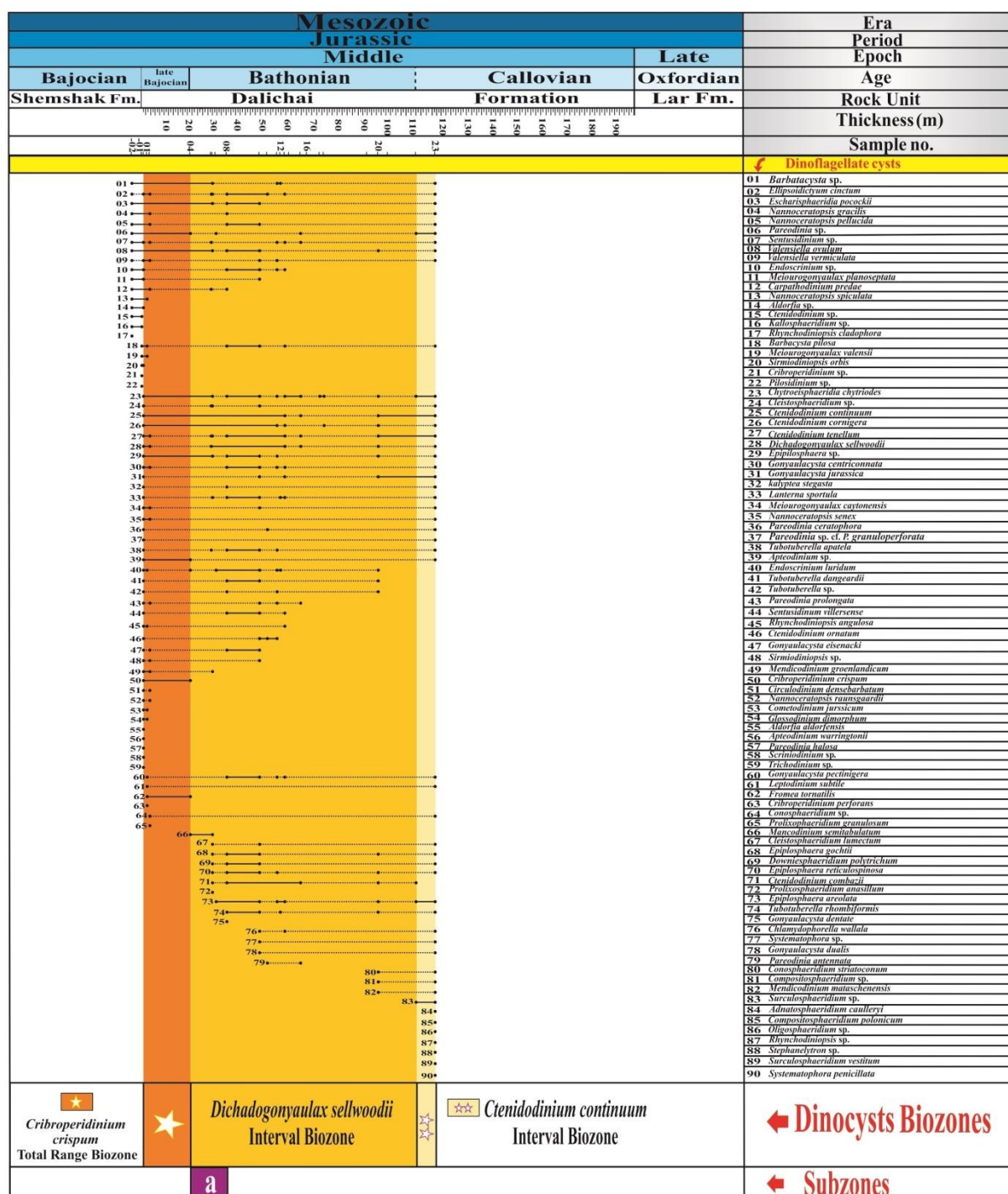
زیرزون a (Subzone a): بایوزون *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone شامل یک زیرزون به نام a (به سن باتونین پیشین تا میانی) است. زیرزون یادشده در حدفاصل آخرین حضور *Cribroperidinium crispum* و آخرین حضور *Carchodinium predae* قرار دارد (Riding & Thomas 1992). زیرزون a با زیرزون DSJ15 قابل انطباق است که بخشی از بایوزون *Ctenidodinium sellwoodii* Zone مربوط به شمال غربی اروپا (Poulsen & Riding 2003) است. این زیرزون به ضخامت ۱۵/۱۰ متر در فاصله بین آخرین حضور *Cribroperidinium crispum* در نمونه شماره ۴ (۲۱ متری از قاعده برش چین‌شناسی) و آخرین حضور *Carchodinium predae* در نمونه ۸ (۳۶/۱۰ متری از قاعده برش چین‌شناسی) قرار دارد و مشخص کننده باتونین پیشین تا میانی است.

۳) *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone? اگرچه بایوزون یادشده بر مبنای فاصله بین آخرین حضور گونه *Ctenidodinium combazii* و نخستین حضور *Scrinioidinium crystallinum* معرفی شده است (Riding & Thomas 1992)، در برش چین‌شناسی گویداغ به علت نبود گونه *Scrinioidinium crystallinum* تنها انقراض گونه *Ctenidodinium combazii* مدنظر قرار گرفته است. احتمالاً باتوجه به نبود شواهد ناپیوستگی مانند گسل، خاک دیرینه و غیره و در نظر گرفتن نخستین حضور فسیل‌های همراه شاخص کالوین مانند *Adnatosphaeridium caulleryi* و *Compositosphaeridium polonicum* که به فراوانی در این بایوزون مشاهده می‌شوند می‌توان این زون را معرفی کرد.

بایوزون یادشده با *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone (Riding & Thomas 1992) و *Ctenidodinium*

Ctenidodinium combazii/*Ctenidodinium ornatum*
Acme-zone علاوه بر دو پالینوزون رسمی ۱ و ۲
شناسایی شده در برش مطالعه شده معرفی کرده است.

مقایسه پالینوزون‌های برش چینه‌شناسی مطالعه شده از سازند دلیچای با پالینوزون‌های هم‌زمان در سایر نقاط ایران برومند (۱۳۹۲) از برش چینه‌شناسی طالو (در شمال شرقی دامغان) یک پالینوزون محلی



شکل ۲- پالینوزون‌ها و گسترش چینه‌شناسی داینوسیت‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ

مقایسه داینوسیست‌های برش چینه‌شناسی مطالعه‌شده با

داینوسیست‌های هم‌زمان در سایر نقاط دنیا

مقایسه داینوسیست‌های برش چینه‌شناسی مطالعه‌شده با داینوسیست‌های گزارش‌شده از نهشته‌های انگلستان (Woollam & Riding 1983; Riding & Thomas 1992)، فرانسه (Smelror & Leereveld 1989; Fauconner 1995; Burkhardt & Monteil 1997)، اسپانیا (Smelror et al. 1991)، شمال غربی اروپا (Smelror 1993; Poulsen & Riding 2003)، لهستان (Barski 2012)، جنوب پرتغال (Borges et al. 2011)، روسیه (Smelror 1987)، چین (Mao & Bian 2000)، قطر (Ibrahim et al. 2003)، دانمارک (Lund & Pedersen 1985)، استرالیا (Riding et al. 2010; Mantle & Riding 2012)، مصر (Mahmoud & Moawad 2000; El Beialy et al. 2002; Atawy (Thusu 2009; Zobaa et al. 2013; Ied & Lashin 2016)، لیبی (Vigran 1985)، آرژانتین (Riding et al. 2011)، شمال سبیری (Beisel et al. 2002) و شرق کانادا (Bujak & Williams 1977) تطابق زیاد رسوبات هم‌زمان در این نقاط را نشان می‌دهد (پالینوزون‌های معرفی‌شده در برخی نقاط نام‌برده در جدول ۱ آمده است).

قاسمی‌نژاد و همکاران (Ghasemi-Nejad et al. 2012) برای

سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی راهبند مهدی‌شهر (البرز مرکزی)، ده‌بزرگی (۱۳۹۲) در برش چینه‌شناسی شرف (البرز مرکزی)، هاشمی یزدی (۱۳۹۴) در برش‌های چینه‌شناسی یونجه‌زار، پل دختر و بلو (البرز مرکزی) و برش‌های چینه‌شناسی لوان، طالو و تپال (البرز شرقی) سه بایوزون *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone (باژوسین پسین)، *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone (باتونین - کالوین پیشین)، *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone (کالوین پیشین تا میانی) و یک زیرزون (Subzone a) به سن باتونین پیشین تا میانی شناسایی کرده‌اند که مشابه بایوزون‌های برش چینه‌شناسی گویداغ هستند.

مافی و همکاران (Mafi et al. 2013) در نهشته‌های سازند

دلیچای در رشته‌کوه‌های بینالود شمال شرق ایران، یک بایوزون رسمی به نام *Ctenidodinium tenellum* Acme biozone (آکسفوردین پیشین) علاوه بر سه پالینوزون رسمی شناسایی‌شده در برش چینه‌شناسی مطالعه‌شده شناسایی کردند (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه پالینوزون‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ با سایر نقاط ایران و جهان (اقتباس از ده‌بزرگی ۱۳۹۲؛ هاشمی یزدی ۱۳۹۴ با تغییرات)

Era	Period	Epoch	Age	England		Dinoflagellate biohorizon	Egypt	Qatar	Subboreal Northwest Europe	Iran (Dalicai Formation)										
				Wollam & Riding, 1983	Riding & Thomas, 1992					Central Alborz	Eastern Alborz	Binalud NE Iran	Western Alborz							
Mesozoic	Jurassic	Late	Oxfordian	<i>Wanacea fimbriata</i> (Wfi)	<i>Wanacea fimbriata</i>	<i>Aldorfia alderfensis</i> <i>Ctenidodinium combazii</i> <i>Vulvacodium spinosum</i> <i>Carpathodinium predax</i> <i>Acanthaulax crispus</i>	<i>Gonyaulax jurassica</i> - <i>Korycysta ketanensis</i> Assemblage Zone	<i>Syctenutaphora penicillata</i> - <i>Exchistopleridia pocockii</i> Assemblage Zone (part)	<i>Wanacea fimbriata</i>	DSJ20										
				<i>Wanacea thysanota</i> (Wth)	<i>Wanacea thysanota</i>					<i>Wanacea thysanota</i>	DSJ19	Not zoned	Not zoned							
			Callovian	<i>Ctenidodinium ornatum</i> - <i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i> (Cco)						<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	<i>Ctenidodinium continuum</i>	
				Middle	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>					<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)	c		DSJ17	<i>Dicladogonyaulax sellwoodii</i>	<i>Dicladogonyaulax sellwoodii</i>	<i>Dicladogonyaulax sellwoodii</i>	<i>Dicladogonyaulax sellwoodii</i>	<i>Dicladogonyaulax sellwoodii</i>	<i>Dicladogonyaulax sellwoodii</i>	
			b									DSJ16								
			Early	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)					a		DSJ15		a		a		a		
			Bathonian	Middle	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>					<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)										
			Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>					<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)										
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidodinium combazii</i> - <i>Ctenidodinium sellwoodii</i>	<i>Ctenidodinium sellwoodii</i> (Cse)																	
Bajocian	Late	<i>Ctenidod</i>																		

گذر از نواحی نزدیک منشأ حوضه به‌سوی نواحی عمیق حوضه نیز باشد.

– پالینوفاسیس VI

این نوع پالینوفاسیس در حدفاصل نمونه‌های ۱۳ تا ۱۶ یعنی در ضخامت ۵۹ تا ۶۸ متری برش چینه‌شناسی گویداغ مشاهده می‌شود. میزان حضور فیتوکلاست در این رخساره نسبت به پالینوفاسیس نوع IVa کمتر (۴۱ تا ۶۰ درصد) است، هرچند هنوز مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده عناصر پالینولوژی در نمونه‌های یادشده به شمار می‌رود. در این نوع پالینوفاسیس، حداکثر میزان پالینومورف‌های دریایی به ۸ درصد کاهش و میزان مواد ارگانیکی بی‌شکل (AOM) افزایش (۳۷ تا ۵۸ درصد) یافته است؛ این تغییرات عمیق‌تر شدن نسبی حوضه رسوبی را نشان می‌دهد. طبق نظر تایسون (Tyson 1993) محیط رسوب‌گذاری این رخساره یک محیط کم‌عمق ساحلی تا شلف نزدیک به منشأ با اکسیژن کم است (شکل ۳).

– پالینوفاسیس IX

این نوع پالینوفاسیس حدفاصل نمونه‌های ۱۶ تا ۱۹ یعنی ضخامت ۶۸ تا حدود ۹۲ متری برش چینه‌شناسی یادشده را شامل می‌شود. در این پالینوفاسیس میزان فیتوکلاست به شدت کاهش (۶ تا ۱۳ درصد) یافته و در مقابل میزان مواد ارگانیکی بی‌شکل (AOM) به شدت افزایش (بیش از ۹۰ درصد) یافته است. مقدار پالینومورف‌های دریایی نیز کمتر از ۰/۲ درصد است. محیط رسوب‌گذاری این رخساره محیط دور از ساحل تا شلف دریایی با اکسیژن بسیار کم تا بدون اکسیژن است (شکل ۳).

درمجموع، مطالعه پالینوفاسیس‌های سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی نشان‌دهنده محیط دریایی کم‌عمق و کم‌اکسیژنی است که سطح آب حوضه رسوبی در ضخامت‌های حدود ۶۸ تا ۹۲ متری (حدفاصل نمونه‌های ۱۶ تا ۱۹) افزایش یافته است.

(Phytoclast, Marine Palynomorph, AOM) محاسبه شد، نتایج به دیاگرام تایسون (Tyson 1993) منتقل شدند و درمجموع رخساره‌های II، VI، IVa و IX شناسایی شدند (شکل ۳)؛ همچنین نمودار فراوانی سایر عناصر پالینولوژی رسم (شکل ۴) و محیط دیرینه سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ بررسی شد.

– پالینوفاسیس II

این نوع پالینوفاسیس در برش چینه‌شناسی گویداغ در حدفاصل نمونه‌های ۳ تا ۶ (ضخامت ۳/۳ تا ۲۹/۲۵ متری)، ۹ تا ۱۳ (ضخامت ۴۹/۵ تا ۵۹ متری) و ۱۹ تا ۲۲ (ضخامت ۹۲ تا ۱۰۱ متری) دیده می‌شود. در این رخساره، درصد فیتوکلاست نمونه‌ها بین ۶۶/۵ تا ۸۱ درصد است، پالینومورف‌های دریایی دارای کمترین مقدار (حداکثر تا ۸/۳ درصد) و مواد ارگانیکی بی‌شکل (AOM) کمتر از ۳۵ درصد هستند. پالینوفاسیس نوع II بیان‌کننده محیط دیرینه کم‌عمق حاشیه‌ای و کم‌اکسیژن است و درکل زیادبودن نسبت اجزای قاره‌ای به اجزای دریایی نشان‌دهنده محیط رسوب‌گذاری نزدیک به منشأ است (شکل ۴). حضور هرچند اندک پالینومورف‌های دریایی معرف این است که شرایط دیرینه محیطی کاملاً بدون اکسیژن نبوده است (Van der Zwan 1990) (شکل ۴).

– پالینوفاسیس IVa

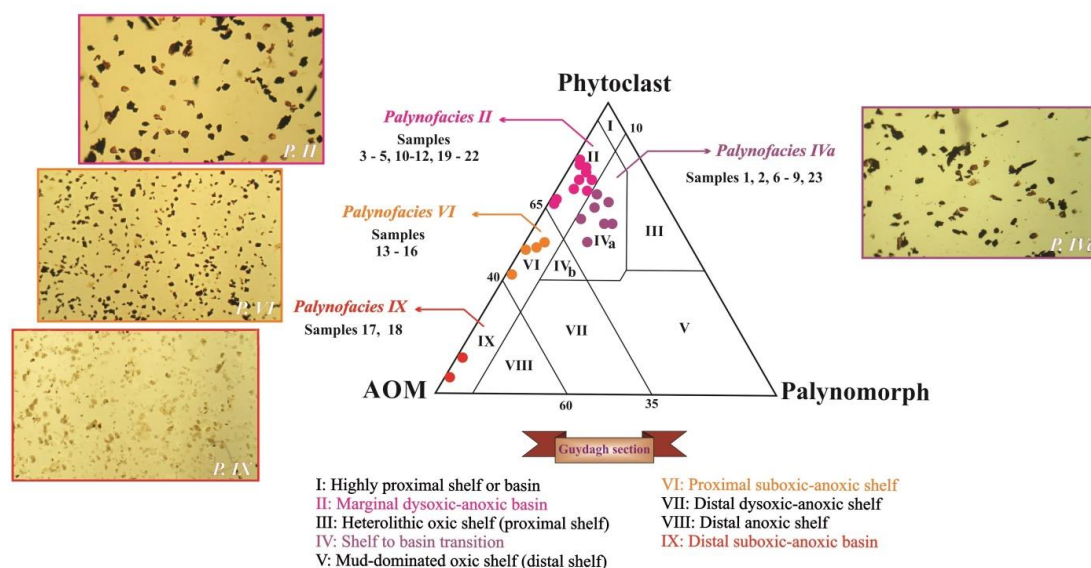
این پالینوفاسیس در حدفاصل نمونه‌های ۱ تا ۳ (۳/۳ متر قاعده‌ای)، ۶ تا ۹ (ضخامت ۲۹/۲۵ تا ۴۹/۵ متری) و ۲۲ تا ۲۳ (۶ متر انتهایی) برش چینه‌شناسی گویداغ پیشنهاد می‌شود. در این پالینوفاسیس میزان مواد ارگانیکی بی‌شکل (۱۶ تا ۲۹ درصد) و فیتوکلاست‌ها (۵۴ تا ۷۳ درصد) کاهش و تنوع و فراوانی سیست داینوفلاژله‌ها (۱۰ تا ۲۲ درصد) افزایش می‌یابد. این نوع پالینوفاسیس نشان‌دهنده ته‌نشست رسوبات در محیط دریایی باز و کم‌عمق است که ممکن است محدوده

تیره تیغه‌ای شکل در مناطق دور از ساحل و فراوانی نسبت پالینوماسرال‌های تیره هم‌بعد در محیط‌های کم عمق حوضه دیده می‌شود (Van der Zwan 1990; Steffen and Gorin 1993; Tyson 1995; Götz et al. 2008). اصولاً در طول ستون چینه‌شناسی برش چینه‌شناسی گویداغ میزان پالینوماسرال‌های تیره هم‌بعد نسبت به پالینوماسرال‌های تیره تیغه‌ای شکل بیش از یک است؛ هرچند در حدفاصل نمونه‌های ۱۶ تا ۱۹ (ضخامت ۶۸ تا ۹۲ متری) افزایش تعداد پالینوماسرال‌های تیره تیغه‌ای شکل مشاهده می‌شود که مؤید بالا آمدگی سطح آب حوضه رسوب گذاری در این محدوده است (شکل ۴، نمودار ۲).

به منظور دستیابی به محیط رسوبی دیرینه دقیق‌تر، برخی عوامل مؤثر بر درجه حفظ‌شدگی مواد ارگانیکی (علاوه بر انواع پالینوفاسیس‌ها) نیز مطالعه شدند که عبارتند از:

- نسبت پالینوماسرال‌های تیره هم‌بعد به پالینوماسرال‌های تیره تیغه‌ای شکل ($P1/P2$):

پالینوماسرال‌های تیره بر اساس نسبت جورشدگی و گردشگی به دو دسته هم‌بعد و تیغه‌ای شکل تقسیم می‌شوند که این نسبت معرف میزان انرژی محیط است. پالینوماسرال‌های تیره تیغه‌ای شکل شناوری بهتری نسبت به پالینوماسرال‌های تیره هم‌بعد دارند (Boulter & Riddick 1986) و نسبت آنها نشان‌دهنده روند پروکسیمال-دیستال محیط رسوب گذاری است. اصولاً افزایش پالینوماسرال‌های



شکل ۳- نمایش نمونه‌های مطالعه‌شده سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی گویداغ روی دیاگرام تایسون (Tyson 1993)

هستند؛ درحالی که مواد ارگانیکی بی‌شکل تیره حاصل فعالیت باکتری‌های هوازی هستند؛ بنابراین تغییرات میزان اکسیژن محیط دیرینه با محاسبه نسبت مواد ارگانیکی بی‌شکل شفاف به تیره بررسی می‌شود. اگر نسبت مواد ارگانیکی بی‌شکل شفاف به تیره بیشتر از یک باشد معرف شرایط کم اکسیژن (Dysoxic) تا بدون اکسیژن (Anoxic) (شرایط احیایی) است (Bombardiere & Gorin 2000) و اگر نسبت کمتر از یک باشد

- نسبت مواد آلی بی‌شکل شفاف به مواد آلی بی‌شکل تیره (TAOM/OAOM): از آنجاکه اکسیژن یکی از عوامل مؤثر در تعیین آب‌وهوای دیرینه و تفسیر محیط رسوبی دریایی است، تعیین میزان آن در محیط دیرینه یکی از عوامل مؤثر در مطالعه‌های پالینولوژی محسوب می‌شود. مواد ارگانیکی بی‌شکل شفاف حاصل عملکرد باکتری‌های بی‌هوازی در محیط بدون اکسیژن تا کم اکسیژن کمی پایین‌تر از سطح رسوبات

شرایط دارای اکسیژن (Oxic) یا اکسیدان را نشان می‌دهد؛ این نسبت در طول برش چینه‌شناسی گویداغ بیش از یک است (شکل ۴، نمودار ۳) که نشان‌دهنده وجود شرایط دارای اکسیژن کم و سرعت کم رسوب‌گذاری در حوضه مطالعه شده است (Bombardiere & Gorin 2000).

نسبت فیتوکلاست‌ها به پالینومورف‌های دریایی (PH/MP): این نسبت روند دیستال-پروکسیمال را در محیط رسوب‌گذاری نشان می‌دهد. هرچه درصد عناصر خشکی (میوسپور، کوتیکول، چوب دیرینه و بافت گیاهان) نسبت به درصد عناصر دریایی (داینوسیست‌ها، اکریتارک‌ها، پوسته داخلی فرامینیفر، تاسمانیت، اسکلوکودونت) بیشتر باشد، به منشأ عناصر خشکی نزدیک‌تر و عمق حوضه رسوب‌گذاری کمتر است (Traverse 2007; Martínez et al. 2008; Quattrocchio et al. 2011). در طول ستون چینه‌شناسی گویداغ نیز میزان فراوانی عناصر خشکی بیشتر از عناصر دریایی است (شکل ۴، نمودار ۱).

- نسبت مواد ارگانیکی بی‌شکل شفاف به پالینومورف‌های دریایی (TAOM/MP): این نسبت معرف میزان اکسیژن و میزان رسوب‌گذاری در محیط دیرینه است. مواد ارگانیکی بی‌شکل شفاف در محیط‌های کم‌اکسیژن با میزان رسوب‌گذاری کم بیشتر حفظ می‌شوند و پالینومورف‌های دریایی در محیط‌های بدون اکسیژن با سرعت رسوب‌گذاری زیاد بیشتر حفظ می‌شوند (Tyson 1993; Waveren & Visscher 1994; Bombardier & Gorin 2000). در طول ستون چینه‌شناسی گویداغ، نسبت مواد ارگانیکی بی‌شکل شفاف به پالینومورف‌های دریایی بیش از یک است که نشان‌دهنده محیط دیرینه کم‌اکسیژن با ریتم رسوب‌گذاری کم است (شکل ۴، نمودار ۴).

بازسازی عمق و انرژی محیط دیرینه بر اساس پالینومورف‌های دریایی:

مطالعه‌ها نشان می‌دهند تحلیل و تفسیر پالئوآکولوژی، بررسی اقلیم دیرینه و تغییرات سطح آب دریا با استفاده از نسبت فراوانی شکل‌های مختلف سیست داینوفلاژله‌ها به شکل گسترده انجام می‌شود (Armstrong & Brasier 2005). داینوفلاژله‌ها بر

اساس ریخت‌شناسی به چهار شکل پروکسیمیت (Proximate)، پروکسیموکوریت (Proximochorate)، کویت (Cavate) (دارای پروسس‌های کوتاه یا بدون پروسس، دیواره ضخیم‌تر و دارای صفحه‌بندی، معرف محیط‌های ساحلی و نزدیک به ساحل، پراثری و کم‌عمق) و کوریت (Chorate) (دارای پروسس‌های بلند، پیچیده و دیواره نازک‌تر، شاخص محیط‌های دور از ساحل، آرام و کم‌انرژی، فراوانی آنها معرف شرایط دریایی باز) تقسیم می‌شوند (Sarjeant 1974; Ghasemi-Nejad 2001). به‌طورکلی در برش چینه‌شناسی گویداغ شکل‌های پروکسیمیت، پروکسیموکوریت و کویت نسبت به شکل‌های کوریت فراوان‌تر هستند و فراوانی داینوفلاژله‌های پروکسیمیت شاخص محیط‌های کم‌عمق مانند *Dichadogonyaulax sellwoodii*, *Pareodinia*, *Valensiella ovulum*, *Ctenidodinium* spp., *ceratophora* و *Nannoceratopsis gracilis* محیط دیرینه پراثری، نسبتاً کم‌عمق و نزدیک به ساحل را نشان می‌دهد (Fensome 1979; Fisher et al. 1980; Riley & Fenton 1982). هرچند گاهی افزایش شکل‌های کوریت در طول ستون چینه‌شناسی عمیق‌تر شدن حوضه رسوبی در برخی بازه‌های زمانی را نشان می‌دهد.

حضور اکریتارک‌هایی با خارهای کوتاه نظیر گونه *Fromea tornatilis* و *Micrhystridium* sp. بدون خار مانند *Cribroperidinium crispum* که ویژگی محیط‌های کم‌عمق و آشفته هستند (Wheeler & Sarjant 1990; Poulson 1992) نیز مؤید عمق کم حوضه رسوبی دیرینه در برش چینه‌شناسی گویداغ است.

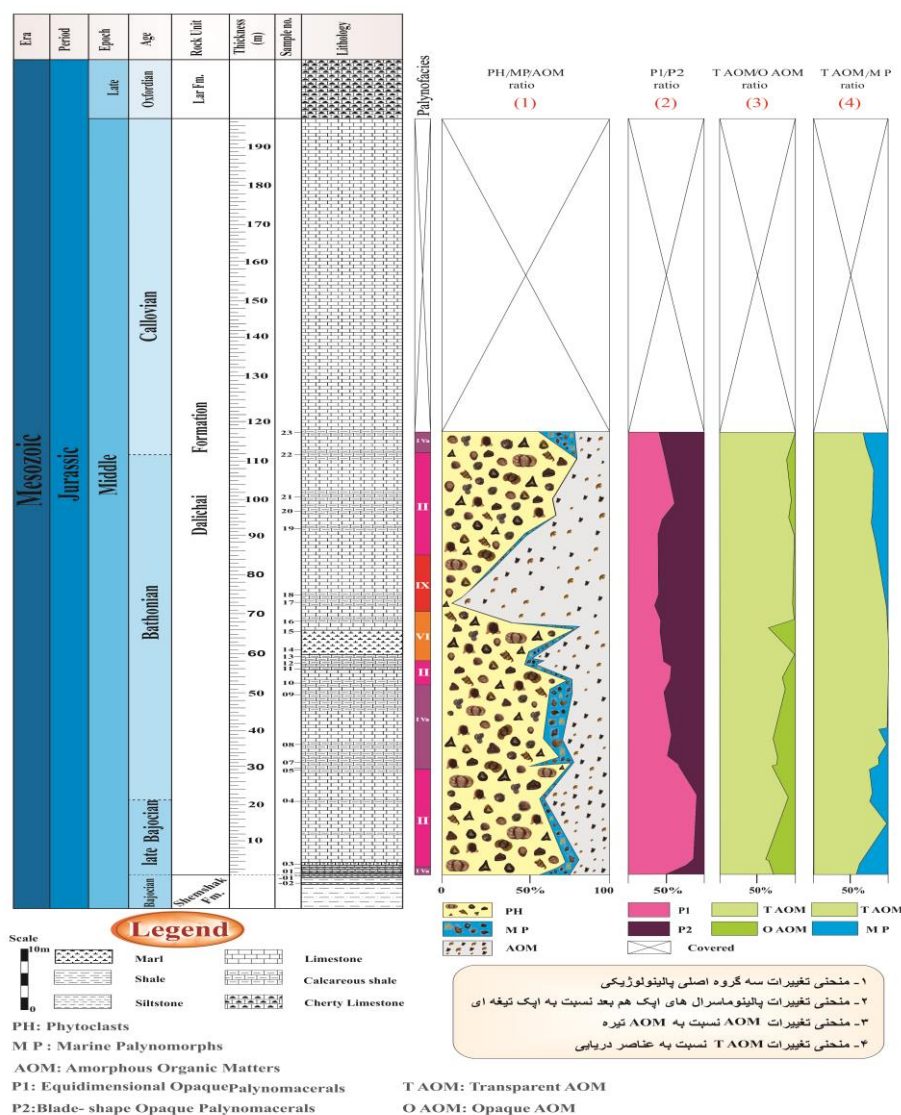
نتیجه

باتوجه به گسترش چینه‌شناسی داینوفلاژله‌های شاخص در برش چینه‌شناسی گویداغ، سه بایوزون *Cribroperidinium crispum* Total Range Biozone (باژوسین پسین)، *Dichadogonyaulax sellwoodii* Interval Biozone (باتونین-کالوین پیشین) و *Ctenidodinium continuum* Interval Biozone (کالوین میانی) و نیز یک زیرزون به نام زیرزون a (باتونین پیشین-میانی) معرفی شد و سن سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یادشده باژوسین پسین-کالوین تعیین شد. شباهت نزدیک گونه‌های

و محیط دیرینه سازند دلیچای در برش چینه‌شناسی یادشده را محیط دریایی کم‌عمق، کم‌اکسیژن با میزان رسوب‌گذاری کم معرفی کرد که در حدفاصل نمونه‌های ۱۶ تا ۱۹ (ضخامت ۶۸ تا ۹۲ متری) شاهد افزایش سطح آب حوضه رسوب‌گذاری بوده است. فراوانی زیاد داینوسیست‌های پروکسیمت به کوریت، نسبت زیاد پالینوماسرال‌های تیره هم‌بعد به تیغه‌ای‌شکل، زیادبودن نسبت فیتوکلاست‌ها به پالینومورف‌های دریایی و فراوانی مواد ارگانیکی بی‌شکل شفاف به تیره مؤید وجود محیط دیرینه یادشده است.

داینوسیستی شناسایی شده از سازند دلیچای در حوضه رسوبی البرز (البرز شرقی، مرکزی و غربی) با حوضه رسوبی بینالود و داینوسیست‌های گزارش شده از نهشته‌های هم‌زمان در برخی نقاط جهان (شمال غربی اروپا، انگلستان، فرانسه، اسپانیا، کانادا، دانمارک، روسیه، چین، قطر، مصر، پرتغال و ...) ارتباط دریایی بین حوضه‌های رسوبی یادشده در بازه زمانی باژوسین پسین-کالوین را نشان می‌دهد.

مطالعه عناصر پالینولوژی در برش چینه‌شناسی گویداغ به شناسایی چهار نوع پالینوفاسیس (II، Iva، VI، IX و II) منجر شد



شکل ۴- نمودار نسبت فراوانی عناصر مختلف پالینولوژی در سازند دلیچای، برش چینه‌شناسی گویداغ

PLATE 1

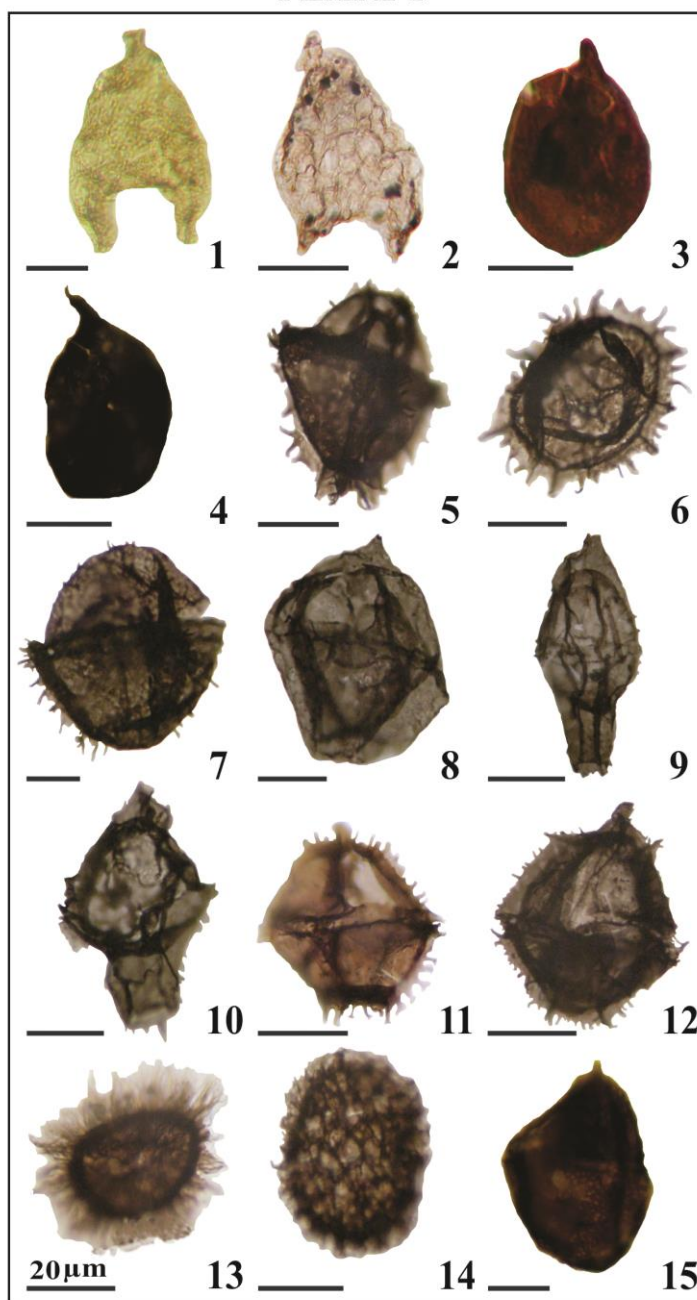


PLATE 1

Fig.1- *Nannoceratopsis pellucida* (Deflandre) emend. Evitt, 1961.; **Fig. 2-** *Nannoceratopsis spiculata* Stover, 1966.; **Fig. 3-** *Pareodinia ceratophora* Deflandre, 1947. **Fig. 4-** *Pareodinia antennata* (Gitmez&Sarjeant) Wiggins, 1975.; **Fig. 5-** *Ctenidodinium combazii* Dupin, 1968.; **Fig. 6-** *Ctenidodinium continuum* Gocht, 1970.; **Fig. 7-** *Dichadogonyaulax sellwoodii* (Sarjeant) Stover & Evitt, 1978.; **Fig. 8-** *Endoscrinium luridum* (Deflandre) Goch, 1970.; **Fig. 9-** *Tubotuberella apatela* (Cookson & Eisenack) Ioannides *et al.*, 1977.; **Fig. 10-** *Tubotuberella rhombiformis* Vozzhennikova, 1967.; **Fig. 11-** *Gonyaulacysta centricornata* Riding, 1983.; **Fig. 12-** *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris & Sarjeant, 1965.; **Fig. 13-** *Cometodinium jurassicum* Poulsen, 1996.; **Fig. 14-** *Valensiella ovulum* (Deflandre) Eisenack, 1963.; **Fig. 15-** *Rhynchodiniopsis angulosa* (Gitmez) Courtinat, 1989 .

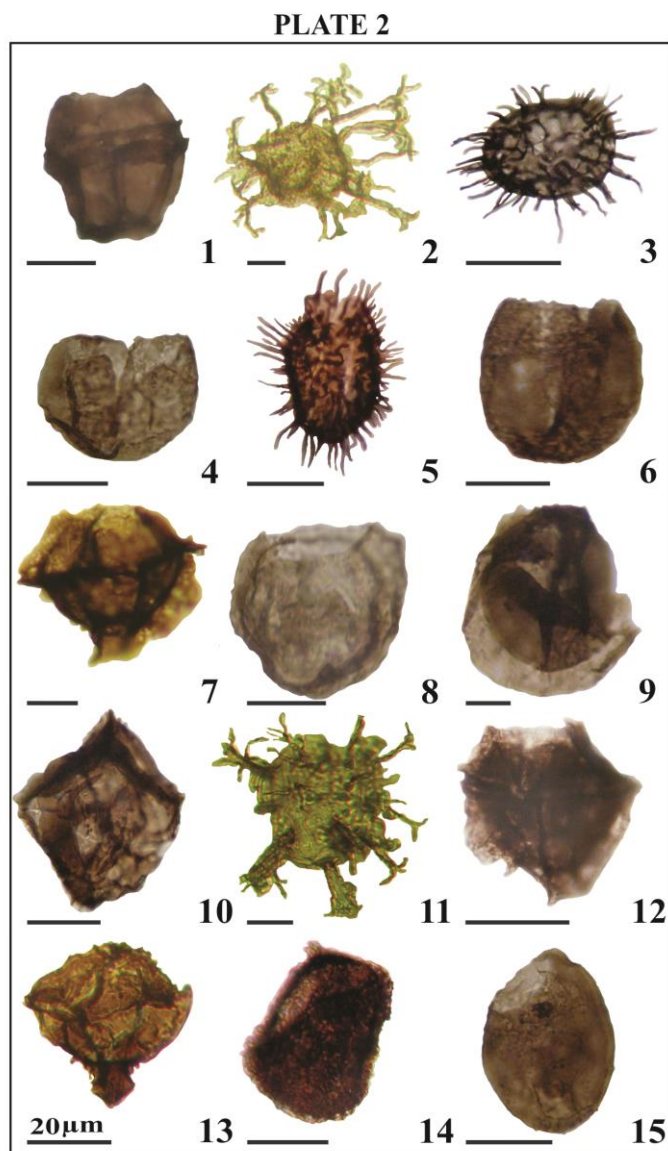
**PLATE 2**

Fig. 1- *Carpathodinium predae* (Beju) Drugg, 1978.; **Fig. 2-** *Adnatosphaeridium caulleryi* (Deflandre) Williams & Downie, 1969.; **Fig. 3-** *Downiesphaeridium polytrichium* (Valensi) Fauconnier & Masure, 2004.; **Fig. 4-** *Escharisphaeridia pocockii* (Sarjeant) Erkmén & Sarjeant, 1980.; **Fig. 5-** *Prolixosphaeridium anasillum* Erkmén and Sarjeant, 1980.; **Fig. 6-** *Meiourogoniaulax caytonensis* (Sarjeant) Sarjeant, 1969.; **Fig. 7-** *Meiourogoniaulax valensii* Sarjeant, 1966b.; **Fig. 8-** *Chytroeisphaeridia chtroeioides* (Sarjeant 1962) Downie & Sarjeant 1965.; **Fig. 9-** *Sirmiodiniopsis orbis* Drugg 1978.; **Fig. 10-** *Cribroperidinium crispum* (Wetzel) Fenton, 1981.; **Fig. 11-** *Systematophora penicillata* (Ehrenberg) Sarjeant, 1980.; **Fig. 12-** *Aldorfia aldorfensis* Gocht, 1970 b.; **Fig. 13-** *Glossodinium dimorphum* Ioannides et al., 1976.; **Fig. 14-** *Apteodinium warringtonii* Poulsen, 1996.; **Fig. 15-** *Fromea tornatilis* (Drugg 1978) Lentin & Williams 1981.

References

- Aghanabati S.A. 2010. Geology of Iran. Geological Survey and Mining Exploration of Iran, Tehran, Third edition, 586p. In Persian.
- Aghanabati S.A. 2014. Stratigraphic lexicon of Iran. Geological Survey and Mining Exploration of Iran, Tehran, 4 (Jurassic), 544p. In Persian.
- Alavi- Naini M. Hajian J. Ahmadi M. and Bolourchi H. 1982. Geology of Takab-Sain-Qaleh 1:250000. Geological Survey of Iran. Report No. 50: 1-99.
- Alvani P. 2006. Study of rock and bio facies of Dalichai Formation in the Gazanak area of Bayjan (Central Alborz). Master's Thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch. In Persian.
- Armstrong H.A. and Brasier M.D. 2005. Microfossil in: Hart M. (Ed.). Geological Magazine. 2nd (ed.) Blackwell Publishing, Malden, Oxford, Carlton.
- Atawy S.A.M. 2009. Palynological investigation of some rock units from Palaeozoic Mesozoic of the Sheiba-1 Well, Western Desert, Egypt. Journal of Applied Sciences Research. 5(1): 122-136.
- Barski M. 2012. Dinoflagellate cysts from neptunian dykes in the Middle Jurassic of Poland- A stratigraphical approach. Review of Palaeobotany and Palynology. 169: 38- 47.
- Beisel A.L. Zanin Y.N. Zamirailova A.G. Ilyina V.I. Lebedeva N.K. Levchuk L.K. Levchuk M.A. Meledina S.V. Nikitenko B.L. Shurygin B.N. and Yan P.A. 2002. Reference section for the Upper Jurassic and Callovian in Northern West Siberia. Russian Geol. Geophys. 43(9): 763-777.
- Bombardiere L. and Gorin G.E. 2000. Stratigraphical and lateral distribution of sedimentary organic matter in Upper Jurassic carbonates of SE France. Sedimentary Geology. 132: 177-203.
- Borges M.E.N. Riding J.B. Fernandes P. and Pereira Z. 2011. The Jurassic (Pliensbachian to Kimmeridgian) palynology of the Algarve Basin and the Carrapateira outlier, southern Portugal. Review of Palaeobotany and Palynology. 163: 190-204.
- Boroumand Z. Ghasemi-Nejad E. And Majidifard. F. 2011. Palynofacies and interpretation of sedimental environment of the Dalichai Formation at Talu section (NW Damghan) to base palynomorphs. Proceedings of the thirteenth Earth Science Forum, Geological Survey of Iran, Institute of Earth Sciences. In Persian.
- Boroumand Z. Ghasemi-Nejad E. And Majidifard. F. 2013. Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Talu (North-eastern of Damghan) based on the dinoflagellates. Journal of Earth Sciences. 87: 3-8. In Persian.
- Boulter M.C. and Riddick A. 1986. Classification and analysis of palynodebris from the Palaeocene sediments of the Forties Field. Sedimentology. 33: 871-886.
- Bujak J. P. and Williams G. L. 1977. Jurassic palynostratigraphy of offshore eastern Canada, In Swain F.M. (Ed.). Stratigraphic micropaleontology of Atlantic Basin and border lands. Developments in Palaentology & stratigraphy. 6: 321-339. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.
- Burkhardt S. and Monteil E. 1997. Dinoflagellate cysts from the Bajocian stratotype (Calvados, Normandy, western France). Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine. 21: 31-105.
- Dehbozorgi A. 2013. Palynological and paleoecology Middle Jurassic sediments (Dalichai and Baghamshah formation) East of Semnan (Jam). Ph. D. Thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, University of Tehran, 320 p. In Persian.
- Dehbozorgi A. Sajjadi F. and F. Hashemi 2013. Middle Jurassic palynomorphs of the Dalichai Formation, central Alborz Ranges, northeastern Iran. Paleoeological inferences, Science China Earth Sciences. 56 (12): 2107-2115.
- El-Beialy S.Y. Zalat A.F.A. and Ali A.S. 2002. Palynology and palaeoenvironment of the Bahrein Formation, Zeitun-1 Well, Western Desert, Egypt. Egyptian Journal of Paleontology. 2: 371-384.
- Farisi Kermani M. 2003. palynostratigraphy of middle and upper Jurassic sediments in the Frisian section (Binalud zone) northwest of Mashhad. Master's thesis, Geosciences Research Institute, Geological Survey of Iran. In Persian.
- Fauconnier D. 1995. Jurassic palynology from a borehole in the Champagne area, France- correlation of the lower Callovian-middle Oxfordian using sequence stratigraphy. Review of Palaeobotany and Palynology. 87: 15-26.
- Fensome R.A. 1979. Dinoflagellate cysts and acritarchs from the Middle and Upper Jurassic of Jameson Land, East Greenland. Bulletin Grønlands Geologiske Undersøgelse. 132: 98 p.

- Fisher M.J. Barnard P.C. and Cooper B.S. 1980. Organic maturation and hydrocarbon generation in the Mesozoic sediments of the Sverdrup Basin, Arctic Canada. 4th International Palynological Conference, Lucknow (1976-1977). Lucknow. Geologiczny. 51: 1031-1040.
- Ghasemi-Nejad E. and Khaki V. 2002. Palynostratigraphy of the Middle Upper Jurassic sediments of the Agh-Dagh area Soltaniyeh Mountains south – east Zanjan. Journal of Science University of Tehran1, 28: 111- 130. In Persian.
- Ghasemi-Nejad E. 2001. Dinocyst Morphotype Groups Versus Sequence Stratigraphy of the Upper Jurassic Sediments of the Northern Switzerland Sedimentary Basin. Iranian International Journal Science. 2.
- Ghasemi-Nejad E. Sabbaghiyan H. and Mosaddegh H. 2012. Paleobiogeographic implications of late Bajocian-late Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts from the Central Alborz Mountain, northern Iran. Journal of Asian Earth Sciences. 43: 1-10.
- Ghasemi-Nejad E. Sajadi F. and Hashemi Yazdi F. 2008. Palaeoenvironmental reconstructions of the Dalichai Formation at the Balu section, northern Semnan, based on palynomorphs. Iranian Journal of Geology. 2 (8): 85-94. In Persian.
- Götz A.E.S. Feist-Burkhardt and Ruckwied K. 2008. Palynofacies and sea-level changes in the Upper Cretaceous of the Vocontian Basin, southeast France. Cretaceous Research. 29: 1047- 1057.
- Hashemi Yazdi F. 2008. Palynostratigraphy of Dalichai Formation in the Blue section, north of Semnan. Master's thesis, Faculty of Geology, University of Tehran, 129 p. In Persian.
- Hashemi Yazdi F. 2015. Palynology and palaeoecology of the Dalichai Formation in central-eastern Alborz Basin and the Hojedk Formation at the east-central Iran. Ph.D. thesis, Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 388 p. In Persian.
- Hashemi Yazdi F. Sajjadi F. and Dehbozorgi A. 2015. A new lycophyte miospore species from the middle Jurassic of Iran. Revista Brasileira de Paleontologia. 18(2): 251-260.
- Ibrahim M.I.A. Kholeif S.E. and Al-Saad H. 2003. Dinoflagellate cyst biostratigraphy and paleoenvironment of the Lower-Middle Jurassic succession of Qatar, Arabian (Persian) Gulf. Revista Española de Micropaleontología. 35(2): 171-194.
- Ied I.M. and Lashin G.M.A. 2016. Palynostratigraphy and paleobiogeography of the Jurassic-Lower Cretaceous succession in Kabrit-1 well, northeastern Egypt. Cretaceous Research. 58: 69-85.
- Khaki V. 2001. Palynostratigraphy of Upper Jurassic sediments of the Soltanieh mountain range in southeast of Zanjan. Master's thesis, Faculty of Geology, University of Tehran, 192 p. In Persian.
- Lund J.J. and Pedersen K.R. 1985. Palynology of marine Jurassic formation in the Vardekløft ravine, Jameson Land, East Greenland. Bull Geology Society Denmark. 33: 371- 399.
- Mafi A. Ghasemi-Nejad E. Ashouri A. and Vahidi-Nia M. 2013. Dinoflagellate cysts from the Upper Bajocian- Lower Oxfordian of the Dalichai Formation in Binalud Mountains (NE Iran): their biostratigraphical and biogeographical significance. Arabian Journal of Geosciences. 7(9): 3683-3692.
- Mahmoud M.S. and Moawad A.R.M.M. 2000. Jurassic-Cretaceous (Bathonian to Cenomanian) Palynology and stratigraphy of the west Tiba-1 borehole, Northern Western Desert Egypt. Journal of African Earth Science. 30: 401-416.
- Makvandi R. 2000. Stratigraphic and Fossil Study of Dalichai Formation and Lar Formations in Abgarm (Avaj Hamadan). Master's thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch. In Persian.
- Mantle D.J. and Riding J.B. 2012. Palynology of the Middle Jurassic (Bajocian-Bathonian) Wanaea verrucosa dinoflagellate cyst zone of the North West Shelf of Australia. Review of Palaeobotany and Palynology. 180: 41-78.
- Mao Sh. and Bian L. 2000. Middle Jurassic dinoflagellate cysts from Qiangtong, northern Tibet. Geoscience, (Journal of the Graduate School, University of Geosciences, China). 14(2): 115-122.
- Martínez M.A. Ferrer N.C. and Asensio M.A. 2008. Primer registro de algas dulceacuicolas del Paleogeno de la Cuenca de Nirihuau, Argentina. descripciones sistematicas y analisis palinofacial. Ameghiniana. 45: 719-735.
- Nabavi M.H. and Seyed-Emami K. 1977. Sinemurian ammonites from the Shemshak Formation of North Iran (Semnan area, Alborz). Neues Jahrbuch für und Geologie Palaeontologie, Abhandlungen. 153(1): 70-85.
- Navidi N. 2013. Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Diktash section, north east of

- Semnan. M.Sc. thesis. Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 197p. In Persian.
- Niknahad M. 2007. Paleontology and stratigraphy of the Dalichai Formation in southeast Maragheh (West Alborz) with special attention to the Fauna ammonite. M.Sc. Thesis, Institute of Earth Sciences, Geological Survey of Iran. In Persian.
- Orak Z. 2010. Biostratigraphy and lithostratigraphy of the Dalichai Formations in Malekan of Maragheh. M.Sc. thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran. In Persian.
- Phipps D. and Playford G. 1984. Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. Department of Geology, University of Queensland. 11(1): 1-23.
- Poulsen N.E. 1992. Jurassic dinoflagellate cyst biostratigraphy other Danish Subbasin in relation to sequences in England and Poland; a preliminary review. Review of Palaeobotany and Palynology. 75: 33 - 52.
- Poulsen N.E. and Riding J.B. 2003. The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. In: Ineson J.R. and Surlyk F. (eds.). The Jurassic of Denmark and Greenland. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin. 1: 115-144.
- Quattrocchio M.E. Volkheimer W. Borrromei A.M. and Martínez M.A. 2011. Changes of the palynobiotas in the Mesozoic and Cenozoic of Patagonia: a review. Biological Journal of the Linnean Society. 103: 380-396.
- Riding J. B. Mantle D. J. and Backhouse J. 2010. A review of the chronostratigraphical ages of Middle Triassic to Late Jurassic dinoflagellate cyst biozones of the North West Shelf of Australia. Review of Palaeobotany and Palynology. 162: 543-575.
- Riding J. B. Quattrocchio M. E. and Martínez M.A. 2011. Mid Jurassic (Late Callovian) dinoflagellate cysts from the Lotena Formation of the Neuquén Basin, Argentina and their palaeogeographical significance. Review of Palaeobotany and Palynology. 163: 227-236.
- Riding J.B. 1987. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Nettleton Bottom Borehole (Jurassic: Hettangian to Kimmeridgian), Lincolnshire, England. Proceedings of the Yorkshire Geological Society. 46: 231-266.
- Riding J.B. and Hubbard N.L.B. 1999. Jurassic (Toarcian to Kimmeridgian) Dinoflagellate Cysts and Paleoclimates. Palynology. 23: 15-30.
- Riding J.B. and Thomas J.E. 1992. Dinoflagellate cysts of the Jurassic System. In: Powell A.J. (ed.), A stratigraphic index of dinoflagellate cysts. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall, London. p. 7-97.
- Riley L.A. and Fenton J.P.G. 1982. A dinocyst zonation for the Callovian to Middle Oxfordian succession (Jurassic) of northwest Europe. Palynology. 6: 193-202.
- Saadati Jafarabadi Sh. Allameh M. Poursoltani M.R. and Sajjadi F. 2013. Paleocology and palynostratigraphy of the Dalichai Formation, according to miospores, in the Bar Village section, East of Binaloud Basin. Paleontology, 1 (1): 67-80. In Persian.
- Sabbaghiyan H. 2009. Palynostratigraphy of the Dalichai Formation at Kuhe Rahband, South of Mahdishahr, Central Alborz, Iran. M.Sc. thesis. Faculty of Geology, College of Science, University of Tehran, 120p. In Persian.
- Sajjadi F. Hashemi H. and Hashemi Yazdi F. 2009. Miospores-based palynostratigraphy of the Dalichai Formation at the Balu section, north of Semnan. Iranian Journal of Geology, 3 (10): 59-68. In Persian.
- Sarjeant W.A.S. 1974. Fossil and living dinoflagellates. London: Academic Press. 182 p.
- Schairer G. Seyed-Emami K. and Zeiss A. 1991. Ammoniten aus der oberen Dalichai-Formation (Callovian) ostlich von Semnan (SE-Alborz, Iran). Mitteilungen der Bayerische Statsammlung für Paläontologie Historische und Geologie. 31: 47-67.
- Seyed-Emami K. Schairer G. and Alavi-Naini M. 1989. Ammoniten aus der unteren Dalichy - Formation (Unterbathon) ostlich von Semnan (SE - Alborz, Iran). Muncher Geowiss. Abhandlungen. A(15): 79-91.
- Seyed-Emami K. Schairer G. and Alavi-Naini M. 1996. Ammoniten aus dem oberen Bajoc (Mittlerer Jura) des SE-Koppeh dagh und SEAlborz (NE-Iran). Mitteilungen der Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie. 36: 87-106.
- Seyed-Emami K. Schairer G. and Bolourchi M. H. 1985. Ammoniten aus der unteren Dalichy - Formation (oberes Bajocium bis unteres Bathonium) der Umgebung von Abe - Garm (Avaj, NW - Zentraliran). Zitteliana. 12: 57-85.

- Seyed-Emami K. Schairer G. and Zeiss A. 1995. Ammoniten aus der Dalichai - Formation (Mittlerer bis Oberer Jura) und der Lar - Formation (Oberer Jura) N Emamzadeh - Hashem (Zentralalborz, Nordirn). Mitteilungen der Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie. 35: 39-52.
- Shafeizad M. and Seyed-Emami K. 2005. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Dalichai Formation west of Shahroud (Eastern Alborz). Journal of Earth Sciences, 57: 98- 113. In Persian.
- Shafeizad M. Seyed-Emami K. Vaziri H. and Kohansal Ghadimvand N. 2002. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Dalichai Formation in the west of Shahroud. Proceedings of the Sixth Conference of Geological Society of Iran, Kerman University: 629-633. In Persian.
- Shahrabi M. 1994. Description of the Urumieh geological map (scale 1/250000): Geological Survey of Iran, B3, 90 p. In Persian.
- Shams M. 2007. Stratigraphic and Fossil Study of Dalichai Formation in Parvar District, North Semnan (Central Alborz, with Special Note to Von Ammonites). Master's Thesis, Faculty of Science, University of University of Tehran. In Persian.
- Skupien P. Pavlus J. Falahatgar M. and Javidan M. 2015. Middle Jurassic organic-walled dinoflagellate cysts and palynofacies from Telma- Dareh, south of Sari, northern Iran. Review of Palaeobotany and Palynology. 223: 128-137.
- Smelror M. 1987. Bathonian and Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts and acritarchs from Franz Josef Land, Arctic Soviet. Polar Research. 5: 221-238.
- Smelror M. 1993. Biogeography of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates: arctic, NW Europe and circum Mediterranean regions. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 102: 121-160.
- Smelror M. and Dietl G. 1994. Dinoflagellates cysts of the Bathonian/Callovian boundary beds in Southern Germany. Geobios. 17: 453-459.
- Smelror M. and Leereveld H. 1989. Dinoflagellate and acritarch assemblages from the late Bathonian to Early Oxfordian of Montagne Crussol, Rhone Valley, southern France. Palynology. 13: 121-141.
- Smelror M. Arhus N. Melendez G.L.M. and Lardies M. D. 1991. A reconnaissance study of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates and acritarchs from the Zaragoza region (NE Spain) and Figueira da Foz (Portugal). Revista Española de Micropaleontología. 23(2): 47-82.
- Steffen D. and Gorin G.E. 1993. Palynofacies of the upper Tithonian - Berriasian deep- sea carbonates in the Vocontian Trough (SE France). Centres Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine. 17: 235-247.
- Stöcklin J. 1972. Lexique Stratigraphique International. Vol. III, Fascicule 9b: 1-238.
- Sussli P.E. 1976. The geology of the lower Haraz Valley Area. Central Alborz, Iran. Geological Survey of Iran. Report 38: 1-118.
- Thusu B. and Vigran J.O. 1985. Middle- Late Jurassic (L. Bathonian- Thitonian) palynomorphs. Journal Micropaleontology. 4: 113-130.
- Traverse A. 2007. Paleopalynology. 2nd ed. Springer, Dordrecht, Netherlands, 813 p.
- Tutunchi B. 2001. Stratigraphic and Fossil Study of Dalichai Formation in the Southern Region of Plover (Southeast of Pol-e Dokhtar) Master's Thesis, Islamic Azad University, North Tehran Branch. In Persian.
- Tyson R.V. 1993. Palynofacies analysis. In: Jenkins D.G. (ed). Applied Micropaleontology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 153-172.
- Tyson R.V. 1995. Sedimentary organic matter; organic facies and palynofacies. Chapman and Hall, London, 615 pp.
- 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.
- Vaziri H. Majidifard M.R. Jahani D. and Tahmasebi M. 2011. Lithostratigraphy, biostratigraphy and palaeoenvironment of the Dalichai Formation in the Ayeneh Varzan, Central Alborz. Journal of the Earth, 19. In Persian.
- Vaziri S.H. Majidifard M.R. Jahani D. and Jamshidi A. 2008. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Dalichai Formation in the North-West Emamzadeh-Hashem (Fil-e Zamin section), Central Alborz. Journal of the Earth, 3 (4): 83-96. In Persian.
- Waveren I. and Visscher H. 1994. Analysis of the composition and selective preservation of organic matter in surficial deep-sea sediment from a high-productivity area (Banda Sea, Indonesia). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 112: 85-111.

- Wheeler J.W. and Sarjeant W.A.S. 1990. Jurassic and Cretaceous palynomorphs from the central Alborz Mountains, Iran. Their significance in biostratigraphy and palaeogeography, *Modern Geology*. 14(4): 375p.
- Woollam R. and Riding J.B. 1983. Dinoflagellate cyst zonation of the English Jurassic. Institute of Geological Sciences, Report No. 83/2, 42p.
- Zobaa M.K. El- Beialy S.Y. El-Sheikh H.A. and El-Beshtawy M.K. 2013. Jurassic - Cretaceous palynomorphs, palynofacies, and petroleum potential of the Sharib - 1X and Ghoroud - 1X wells, north Western Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 78: 51 – 65.